



ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΠΕΙΡΑΙΩΣ

ΤΜΗΜΑ ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΚΗΣ ΔΙΟΙΚΗΣΗΣ ΚΑΙ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ

ΠΜΣ «ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΚΗ ΔΙΟΙΚΗΣΗ ΚΑΙ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑ»

ΕΙΔΙΚΕΥΣΗ: «ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΚΑΙ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ»

Διπλωματική Εργασία με θέμα:

«Συγκριτική Εκτίμηση Κύκλου Ζωής Μπαταριών Ηλεκτρικών Οχημάτων με τη Χρήση του Ecodesign Pilot»

Κασρινάκης Αντώνιος

Επιβλέπουσα: Επικ. Καθηγήτρια Χατζηνταή Νικολέττα

Πειραιάς

Ιούλιος 2024

Copyright © Αντώνιος Καστρινάκης, 2024

Με επιφύλαξη παντός δικαιώματος. All rights reserved.

Απαγορεύεται η αντιγραφή, αποθήκευση και διανομή της παρούσας εργασίας, εξ ολοκλήρου ή τμήματος αυτής, για εμπορικό σκοπό. Επιτρέπεται η αναδιτύπωση, αποθήκευση και διανομή για σκοπό μη κερδοσκοπικό, εκπαιδευτικής ή ερευνητικής φύσεως, υπό την προϋπόθεση να αναφέρεται η πηγή προέλευσης.

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Μεταξύ των διαφόρων ειδών μπαταριών, οι μπαταρίες ιόντων λιθίου (Li-ion) εμφανίζονται παγκοσμίως ως οι ταχύτερα αναπτυσσόμενες μπαταρίες, λόγω των πολλαπλών εφαρμογών τους στην βιομηχανία των ηλεκτρονικών και των οχημάτων και της μεγάλης ενεργειακής πυκνότητας που παρουσιάζουν. Η στροφή όμως της σύγχρονης αγοράς εντός των τελευταίων δεκαετιών προς πιο περιβαλλοντικά φιλικά υλικά, καθιστά επιτακτική την αξιολόγηση του περιβαλλοντικού αποτυπώματος των μπαταριών.

Η μπαταρία ιόντων λιθίου αποτελείται από σημαντικό ποσοστό ανακυκλώσιμων υλικών, τα οποία σπανίως επαναχρησιμοποιούνται για την κατασκευή νέων μπαταριών, και από υλικά που οδηγούνται σε χωματερές ή διαχειρίζονται ως επικίνδυνα. Η περιβαλλοντική αξιολόγηση της μπαταρίας ιόντων λιθίου που χρησιμοποιείται σε οχήματα, σύμφωνα με τις αρχές του οικολογικού σχεδιασμού, πραγματοποιείται μέσω του Ecodesign Pilot, εργαλείο το οποίο αξιολογεί ξεχωριστά κάθε στάδιο του κύκλου ζωής ενός προϊόντος.

Η παρούσα διπλωματική εργασία θα εξετάσει τον περιβαλλοντικό αντίκτυπο της μπαταρίας, για τον μετριασμό του οποίου θα αναλυθούν στρατηγικές που προτείνονται από το εργαλείο, αλλά θα προσδιοριστούν και οι αδυναμίες του Ecodesign Pilot, όπως και προτεινόμενοι τρόποι βελτίωσης. Για την πραγματοποίηση της μελέτης περίπτωσης αξιοποιήθηκαν δεδομένα από σχετικές διαδικτυακές πηγές, βάσεις δεδομένων και επιστημονικές μελέτες.

Abstract

Among the multiple battery types, lithium-ion (Li-ion) batteries have emerged worldwide as the fastest growing batteries, due to their various applications in the electronics and automotive industries and their high energy density. However, the modern market's shift within the last decades towards more environmentally friendly materials makes the evaluation of the environmental footprint of batteries imperative.

Lithium-ion batteries contain a significant percentage of recyclable materials, which are rarely reused in the manufacture of new batteries, and a smaller portion of materials that are landfilled or treated as hazardous. The environmental assessment of the vehicle lithium-ion battery, in line with eco-design principles, is carried out through Ecodesign Pilot, a tool that assesses each stage of a product's life cycle separately.

The present thesis will examine the environmental impact of the lithium-ion battery, for the mitigation of which strategies proposed by the tool will be analysed. At the same time, weaknesses of the Ecodesign Pilot tool will also be identified and possible ways of improvement will be suggested. For this case study, data from relevant online sources, databases and scientific studies were utilised.

Ευχαριστίες

Με την ολοκλήρωση της μεταπτυχιακής διπλωματικής μου εργασίας, θα ήθελα να ευχαριστήσω θερμά τους ανθρώπους που στάθηκαν δίπλα μου κατά την εκπόνησή της. Αρχικά, ευχαριστώ θερμά την επίκουρη καθηγήτρια Νικολέττα Χατζηνταή, για την εμπιστοσύνη της και την πολύτιμη βοήθεια και υποστήριξη που μου παρείχε απλόχερα μέχρι την ολοκλήρωση της εργασίας. Επιπλέον, θα ήθελα να εκφράσω την ευγνωμοσύνη μου προς τον καθηγητή Δημήτριο Καραλέκα και τον αναπληρωτή καθηγητή Παύλο Ειρηνάκη για τις κατευθύνσεις και τα σχόλια που προσέφεραν ως προς τη συγγραφή της διπλωματικής εργασίας. Τέλος, θα ήθελα να ευχαριστήσω την οικογένεια και το στενό φιλικό περιβάλλον μου, για την αμείωτη υποστήριξή τους σε κάθε μου βήμα.

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

Εισαγωγή.....	8
1. Οικολογικός Σχεδιασμός.....	9
1.1. Η έννοια του Οικολογικού Σχεδιασμού	9
1.2. Αρχές και Εφαρμογή Οικολογικού Σχεδιασμού	9
2. Εκτίμηση Κύκλου Ζωής	13
2.1. Ορισμός της Εκτίμησης Κύκλου Ζωής	13
2.2. Ιστορική αναδρομή	14
2.3. Αξιοποίηση της εκτίμησης κύκλου ζωής στην βιώσιμη ανάπτυξη	15
2.4. Στάδια της εκτίμησης κύκλου ζωής.....	15
2.5. Χρήση και πλεονεκτήματα της εκτίμησης κύκλου ζωής	18
3. Ecodesign Pilot	20
3.1. Το εργαλείο Ecodesign Pilot	20
3.2. Αποτελέσματα του Assistant	23
3.3. Λίστες ελέγχου του Pilot και στρατηγικές βελτίωσης.....	24
4. Μπαταρίες ιόντων λιθίου	26
4.1. Γενικά στοιχεία	26
4.2. Περί κατασκευής των μπαταριών ιόντων λιθίου	28
4.2.1. Κατασκευή ηλεκτροδίων	29
4.2.2. Συναρμολόγηση κυψελών	30
4.2.3. Τελική επεξεργασία κυψελών	30
4.3. Περί μπαταριών οχημάτων	30
5. Μελέτες περίπτωσης με τη χρήση του Ecodesign Pilot.....	32
5.1. Στοιχεία και παραδοχές της μελέτης περίπτωσης	32
5.2. Περιγραφή προϊόντος	33
5.3. Χρήση πρώτων υλών	34
5.4. Κατασκευή.....	37
5.5. Μεταφορά	39
5.6. Χρήση προϊόντος	41
5.7. Τέλος κύκλου ζωής	42
6. Αποτελέσματα μελέτης περίπτωσης & λίστες ελέγχου	45
6.1. Ερμηνεία των αποτελεσμάτων.....	45

6.2.	Λίστες ελέγχου	46
6.2.1.	Ορθή επιλογή υλικών - S1	46
6.2.2.	Ανακύκλωση των υλικών - S19	51
6.2.3.	Βελτιστοποίηση της λειτουργικότητας του προϊόντος - S10.....	58
7.	Συμπεράσματα & Προτεινόμενες δράσεις	65
	Βιβλιογραφία	67
	Ξενόγλωσση	67
	Ελληνόγλωσση	69
	Παράρτημα I: Κλάσεις χρησιμοποιούμενων υλικών σύμφωνα με το Ecodesign Pilot	71
	Παράρτημα II: Δεδομένα πρώτων υλών μπαταριών οχημάτων, βάσει του μοντέλου GREET 2023	74
	Παράρτημα III: Παραγόμενα απόβλητα κατά τη διαδικασία παραγωγής μπαταριών οχημάτων	76
	Παράρτημα IV: Φόρμες αποτελεσμάτων του Ecodesign Pilot για τις εξεταζόμενες μπαταρίες οχημάτων	77

EΙΚΟΝΕΣ

Εικόνα 2.4.1:	Στάδια του κύκλου ζωής ενός προϊόντος	16
Εικόνα 2.4.2:	Στάδια της ΕΚΖ	17
Εικόνα 3.1-1:	Διαδικασία του Ecodesign	20
Εικόνα 3.1-2:	Εισαγωγή σε έννοιες και τρόπο χρήσης του Ecodesign Pilot	21
Εικόνα 3.3-1:	Λίστες ελέγχου για κάθε τύπο προϊόντος	24
Εικόνα 4.1-1:	Σχηματική απεικόνιση κυψέλης μπαταρίας.....	27
Εικόνα 4.1-2:	Μέγεθος της παγκόσμιας αγοράς μπαταριών ιόντων λιθίου σε δις δολάρια.....	28
Εικόνα 4.2-1:	Στάδια παραγωγής κυψέλης μπαταρίας ιόντων λιθίου.....	29
Εικόνα 5.2-1:	Δείγμα συμπλήρωσης της φόρμας περιγραφής προϊόντος για την μπαταρία HEV LFP.....	34
Εικόνα 5.3-1:	Δείγμα συμπλήρωσης της φόρμας πρώτων υλών για την μπαταρία HEV LFP	37
Εικόνα 5.4-1:	Δείγμα συμπλήρωσης της φόρμας κατασκευής για την μπαταρία HEV LFP	39
Εικόνα 5.5-1:	Διαδρομή μεταφοράς των μπαταριών της μελέτης περίπτωσης	40
Εικόνα 5.5-1:	Δείγμα συμπλήρωσης της φόρμας διανομής για την μπαταρία HEV LFP	41
Εικόνα 5.6-1:	Δείγμα συμπλήρωσης της φόρμας χρήσης προϊόντος για την μπαταρία HEV LFP	42
Εικόνα 5.7-1:	Δείγμα συμπλήρωσης της φόρμας τέλους ζωής του προϊόντος για την μπαταρία HEV LFP	44
Εικόνα 6.2.1-1:	Συμπλήρωση της πρώτης ερώτησης της λίστας ελέγχου της στρατηγικής S1.....	46
Εικόνα 6.2.1-2:	Συμπλήρωση της δεύτερης ερώτησης της λίστας ελέγχου της στρατηγικής S1.....	47
Εικόνα 6.2.1-3:	Συμπλήρωση της τρίτης ερώτησης της λίστας ελέγχου της στρατηγικής S1	48
Εικόνα 6.2.1-4:	Συμπλήρωση της τέταρτης ερώτησης της λίστας ελέγχου της στρατηγικής S1	49
Εικόνα 6.2.1-5:	Συμπλήρωση της πέμπτης ερώτησης της λίστας ελέγχου της στρατηγικής S1	50
Εικόνα 6.2.1-6:	Συμπλήρωση της έκτης ερώτησης της λίστας ελέγχου της στρατηγικής S1	51
Εικόνα 6.2.2-1:	Συμπλήρωση της πρώτης ερώτησης της λίστας ελέγχου της στρατηγικής S19.....	52
Εικόνα 6.2.2-2:	Συμπλήρωση της δεύτερης ερώτησης της λίστας ελέγχου της στρατηγικής S19.....	53

Εικόνα 6.2.2-3: Συμπλήρωση της τρίτης ερώτησης της λίστας ελέγχου της στρατηγικής S19.....	54
Εικόνα 6.2.2-4: Συμπλήρωση της τέταρτης ερώτησης της λίστας ελέγχου της στρατηγικής S19	55
Εικόνα 6.2.2-5: Συμπλήρωση της πέμπτης ερώτησης της λίστας ελέγχου της στρατηγικής S19	56
Εικόνα 6.2.2-6: Συμπλήρωση της έκτης ερώτησης της λίστας ελέγχου της στρατηγικής S19.....	57
Εικόνα 6.2.2-7: Συμπλήρωση της έβδομης ερώτησης της λίστας ελέγχου της στρατηγικής S19.....	58
Εικόνα 6.2.3-1: Συμπλήρωση της πρώτης ερώτησης της λίστας ελέγχου της στρατηγικής S10.....	59
Εικόνα 6.2.3-2: Συμπλήρωση της δεύτερης ερώτησης της λίστας ελέγχου της στρατηγικής S10.....	60
Εικόνα 6.2.3-3: Συμπλήρωση της τρίτης ερώτησης της λίστας ελέγχου της στρατηγικής S10.....	61
Εικόνα 6.2.3-4: Συμπλήρωση της τέταρτης ερώτησης της λίστας ελέγχου της στρατηγικής S10	62
Εικόνα 6.2.3-5: Συμπλήρωση της πέμπτης ερώτησης της λίστας ελέγχου της στρατηγικής S10	63
Εικόνα 6.2.3-6: Συμπλήρωση της έκτης ερώτησης της λίστας ελέγχου της στρατηγικής S10.....	64
Εικόνα IV-1: Φόρμα αποτελεσμάτων για την μπαταρία HEV LFP	77
Εικόνα IV-2: Φόρμα αποτελεσμάτων για την μπαταρία HEV NMC811	78
Εικόνα IV-3: Φόρμα αποτελεσμάτων για την μπαταρία PHEV LFP	79
Εικόνα IV-4: Φόρμα αποτελεσμάτων για την μπαταρία PHEV NMC811	80
Εικόνα IV-5: Φόρμα αποτελεσμάτων για την μπαταρία EV LFP.....	81
Εικόνα IV-6: Φόρμα αποτελεσμάτων για την μπαταρία EV NMC811	82

ΠΙΝΑΚΕΣ

Πίνακας I-1: Είδη χρησιμοποιούμενων πρώτων υλών και συσχέτισή τους με κλάσεις υλικών του Ecodesign Pilot	71
Πίνακας II-1: Ποσοστιαία (%) σύσταση πρώτων υλών των εξεταζόμενων μπαταριών οχημάτων.....	74
Πίνακας II-2: Αναγωγή της σύστασης πρώτων υλών των εξεταζόμενων μπαταριών οχημάτων στα 10 κιλά	75
Πίνακας III-1: Μάζα παραγόμενων αποβλήτων (σε κιλά) από τη διαδικασία παραγωγής μπαταριών οχημάτων	76

Εισαγωγή

Με τα αποτελέσματα της κλιματικής αλλαγής να γίνονται όλο και πιο έκδηλα τις τελευταίες δεκαετίες, τα κράτη και οι επιχειρήσεις παγκοσμίως έχουν ήδη ξεκινήσει να πραγματοποιούν μια στροφή προς την αειφόρο ανάπτυξη, με κύριους στόχους τον σεβασμό στο περιβάλλον, τον μετριασμό της κλιματικής αλλαγής και την ταυτόχρονη θωράκιση απέναντι στις επιπτώσεις της. Από όλους τους βιομηχανικούς τομείς, τον πλέον ενεργοβόρο και ρυπογόνο αποτελεί ο ενεργειακός τομέας. Η ανάγκη, λοιπόν, για τον εξευγενισμό του τομέα αυτού και κατ' επέκταση του παγκόσμιου ενεργειακού μίγματος κρίνεται ύψιστης σημασίας για την προσαρμογή στην κλιματική αλλαγή σε παγκόσμιο επίπεδο.

Πέραν του ενεργειακού τομέα, που αποτελεί την βάση λειτουργία όλων των βιομηχανικών και μη δραστηριοτήτων, η σχεδίαση και ανάπτυξη προϊόντων φιλικών προς το περιβάλλον αποτελεί μονόδρομο για την επίτευξη των παγκόσμιων κλιματικών στόχων. Κάθε προϊόν, από την εξόρυξη των σχετικών πρώτων υλών μέχρι την απόρριψη και το τέλος ζωής του, εμφανίζει οικονομικές, κοινωνικές και φυσικά περιβαλλοντικές επιπτώσεις, οι οποίες ζημιώνουν τόσο το άτομο όσο και το περιβάλλον. Η εκτίμηση, αξιολόγηση και βελτιστοποίηση του λεγόμενου «κύκλου ζωής» ενός προϊόντος από το λίκνο στον τάφο (cradle to grave) οδηγεί εν τέλει στον περιορισμό του περιβαλλοντικού αποτυπώματός του, και δίνει την δυνατότητα επανασχεδιασμού του, έτσι ώστε προωθείται η επαναχρησιμοποίηση και ανακύκλωση με κύκλο ζωής από το λίκνο στο λίκνο (cradle to cradle).

Η σύνθετη αυτή διαδικασία αξιοποιεί λογισμικά ανεπτυγμένα από εταιρείες, ερευνητικούς φορείς και Πανεπιστήμια, τα οποία διαθέτουν γνώση των αναγκών της σύγχρονης αγοράς. Κάθε λογισμικό χαρακτηρίζεται από διαφορετικές δυνατότητες, καθώς ορισμένα αξιοποιούνται για την ανάπτυξη προϊόντος μέσω της βάσης δεδομένων των υλικών που διαθέτουν (π.χ. Edupack), κάποια παρακολουθούν ταυτόχρονα την σχεδίαση και τον περιβαλλοντικό αντίκτυπο (π.χ. Solidworks Sustainability), ενώ άλλα προτείνουν στρατηγικές βελτίωσης του περιβαλλοντικού αντικτύπου μελετώντας ολόκληρο τον κύκλο ζωής του προϊόντος (π.χ. Ecodesign Pilot).

Στην παρούσα διπλωματική εργασία, μελετάται ο κύκλος ζωής των μπαταριών που χρησιμοποιούνται σε οχήματα, με τη βοήθεια του εργαλείου Ecodesign Pilot. Το πρώτο κεφάλαιο κάνει αναφορά στην έννοια και εφαρμογή του Οικολογικού Σχεδιασμού. Στο δεύτερο κεφάλαιο αναλύεται η έννοια και χρήση της Εκτίμησης Κύκλου Ζωής και πραγματοποιείται μια ιστορική αναδρομή. Στο τρίτο κεφάλαιο παρουσιάζεται το εργαλείο Ecodesign Pilot που θα χρησιμοποιηθεί και αναλύονται τα επιμέρους στάδια, ζητούμενα και αποτελέσματά του. Το τέταρτο κεφάλαιο αποτελεί μια εισαγωγή στον σχεδιασμό και την κατασκευή των μπαταριών και πιο ειδικά σε στοιχεία των μπαταριών οχημάτων. Στο πέμπτο κεφάλαιο διενεργείται η μελέτη περίπτωσης εφαρμογής Εκτίμησης Κύκλου Ζωής σε μπαταρίες οχημάτων με χρήση του Ecodesign Pilot και στο έκτο κεφάλαιο γίνεται ανάλυση των σχετικών λιστών ελέγχου και στρατηγικών βελτίωσης αυτών. Τέλος, το έβδομο κεφάλαιο παρουσιάζει τα αποτελέσματα της Εκτίμησης Κύκλου Ζωής και την σύνοψη των προτεινόμενων δράσεων για την βελτίωση του προϊόντος μελέτης.

1. Οικολογικός Σχεδιασμός

1.1. Η έννοια του Οικολογικού Σχεδιασμού

Ο Οικολογικός ή αλλιώς Πράσινος Σχεδιασμός ενσωματώνεται στη διαδικασία σχεδίασης και ανάπτυξης προϊόντων, με βασικό στόχο τη μείωση των περιβαλλοντικών επιπτώσεων που προκαλούνται στο σύνολο του κύκλου ζωής. Ο οικολογικός σχεδιασμός λαμβάνει υπόψην του το σύνολο του κύκλου ζωής ενός προϊόντος και συγκεκριμένα μόνο στάδια επιλεκτικά. Ο βασικός στόχος του οικολογικού σχεδιασμού είναι η άμεση μείωση των αρνητικών επιπτώσεων που προκαλούνται από ένα προϊόν σε κοινωνικό, οικονομικό και περιβαλλοντικό πλαίσιο.

Η έννοια του οικολογικού σχεδιασμού εμφανίστηκε πρώτη φορά στις αρχές της δεκαετίας του 1970, όπου ο Αμερικανός - Αυστριακός σχεδιαστής Victor Papanek, έδωσε μία καινοτόμα ματιά στην αμφίδρομη σχέση μεταξύ κέρδους και υψηλής περιβαλλοντικής απόδοσης ενός προϊόντος, με το βιβλίο του «*Design for the Real World: Human Ecology and Social Change*»¹. Την δεκαετία του 1990 εμφανίζονται για πρώτη φορά βιβλία που αφορούν τις περιβαλλοντικές επιπτώσεις. Ο Victor Papanek συνεχίζει να υποστηρίζει τον οικολογικό ή αλλιώς φυσικό σχεδιασμό με το βιβλίο του «*The Green Imperative: Natural Design for the Real World*»².

Οι προσπάθειες αυτές κορυφώθηκαν με την έκδοση ενός οδηγού εφαρμογής αρχών περιβαλλοντικού σχεδιασμού το 1997, από τους Han Brezet και Carolien Van Hemel, με τίτλο «*Ecodesign: A Promising Approach to Sustainable Production and Consumption*»³. Πεποίθησή τους ήταν πως το Ecodesign (οικολογικός σχεδιασμός) αποτελεί βασική ατομική ευθύνη, ταυτόχρονα με το περιβαλλοντικό αποτύπωμα. Έκτοτε, έχει δημοσιευτεί πληθώρα οδηγιών και συγγραμμάτων που αφορούν τον οικολογικό σχεδιασμό και την άρρηκτη σχέση του με τη βιώσιμη ή αειφόρο ανάπτυξη, λόγω κοινωνικών και περιβαλλοντικών επιπτώσεων που προκύπτουν από τα στάδια του κύκλου ζωής των προϊόντων. Επιπρόσθετα, η Ευρωπαϊκή Ένωση και κατ' επέκταση όλα τα κράτη μέλη της, έχουν υιοθετήσει και εφαρμόζουν σημαντικό όγκο νομοθεσιών που στοχεύουν στην ενίσχυση της ανάπτυξης και προόδου με γνώμονα την προστασία του περιβάλλοντος και τις αρχές της αειφορίας και βιωσιμότητας.

1.2. Αρχές και Εφαρμογή Οικολογικού Σχεδιασμού

Ο οικολογικός σχεδιασμός αφορά είτε την βελτίωση ενός υπάρχοντος προϊόντος μέσω της επανασχεδίασής του, είτε την εξαρχής σχεδίαση ενός προϊόντος με στόχο να πληροί συγκεκριμένες αρχές. Οι βασικές αρχές του οικολογικού σχεδιασμού είναι οι εξής:

1. Περιορισμός χρήσης υλικών διαφορετικής προέλευσης

Όσο περισσότερα διαφορετικά υλικά χρησιμοποιούνται κατά την παραγωγή και συναρμολόγηση ενός προϊόντος, τόσο πιο ενεργοβόρα είναι τα παραπάνω στάδια λόγω της μεταφοράς των εκάστοτε υλικών. Επιπλέον, μετά το πέρας του τέλους ζωής του προϊόντος, αυτό

¹ Papanek, V. J., 1971, *Design for the Real World: Human Ecology and Social Change*, ISBN 0-394-47036-2

² Papanek, V. J., 1995, *The Green Imperative: Natural Design for the Real World*, ISBN 0-500-27846-6

³ Brezet, H., van Hemel, C., Rathenau Instituut, 1997, *Ecodesign: A Promising Approach to Sustainable Production and Consumption*, ISBN 9789280716313

αποσυναρμολογείται και τα επιμέρους εξαρτήματα ή υλικά οδηγούνται προς περαιτέρω διαχείριση (επαναχρησιμοποίηση ή ανακύκλωση). Όσο περισσότερα και διαφορετικά τα υλικά κατασκευής, τόσο πιο δύσκολη η αξιοποίησή τους σε μια εγκατάσταση, οδηγώντας σε επιπλέον εκπομπές και διασπορά των εργασιών.

2. Μείωση περιβαλλοντικών επιπτώσεων παραγωγικής διαδικασίας

Ένα σημαντικό κομμάτι του βιομηχανικού περιβαλλοντικού αποτυπώματος αποτελεί η παραγωγική διαδικασία ενός προϊόντος. Ο περιορισμός των επιπτώσεων μπορεί να επιτευχθεί με αλλαγές σε διάφορα στάδια της διαδικασίας, όπως:

- Μείωση των σταδίων της διαδικασίας παραγωγής
- Περιορισμός απαιτούμενης ποσότητας πρωτογενών πρώτων υλών
- Μείωση της απαιτούμενης ενέργειας

3. Επιλογή φιλικών προς το περιβάλλον υλικών ή/και ανανεώσιμων πόρων

Η χρήση υλικών με ελάχιστο ή οριακά μηδενικό περιβαλλοντικό αποτύπωμα ενισχύει σημαντικά την προσπάθεια μείωσης του περιβαλλοντικού αποτυπώματος. Οι πρώτες ύλες αυτές μπορεί να προέρχονται από ανανεώσιμες πηγές ενέργειας ή από ανανεώσιμους φυσικούς πόρους που ανανεώνονται σε ρυθμό μεγαλύτερο από αυτόν που καταναλώνονται. Χαρακτηριστικό παράδειγμα αποτελεί η κατανάλωση ξυλείας που προέρχεται από βιώσιμη διαχείριση δασών.

4. Μείωση της ενέργειας που απαιτείται για χρήση ενός προϊόντος

Η μείωση της καταναλισκόμενης ενέργειας επιτυγχάνεται ευθέως μέσω της βελτίωσης της ενεργειακής αποδοτικότητας των προϊόντων. Εμμέσως, διευκολύνεται και από την κατανάλωση «πράσινης» ενέργειας, που προέρχεται από ανανεώσιμες πηγές.

5. Βελτιστοποίηση μεταφοράς προϊόντων

Όπως προαναφέρθηκε, η μεταφορά και διανομή των επιμέρους υλικών, καθώς και των τελικών προϊόντων, συνεισφέρει σημαντικά στο περιβαλλοντικό τους αποτύπωμα. Ο μεγαλύτερος όγκος αυτών των μεταφορών γίνεται οδικώς και μέσω της θάλασσας. Οι θαλάσσιες εμπορευματικές μεταφορές αποτελούν ένα κρίσιμο κομμάτι των εκπομπών των μεταφορών, αλλά, λόγω του χαμηλού κόστους τους σε σχέση με τον όγκο που μεταφέρουν, προσαρμόζονται με πιο αργούς ρυθμούς στην μείωση των περιβαλλοντικών επιπτώσεων. Ταυτόχρονα, λοιπόν, κρίνεται σκόπιμος ο σχεδιασμός προϊόντων με γνώμονα και τον όγκο που καταλαμβάνει.

6. Αύξηση προσδοκώμενης διάρκειας ζωής προϊόντων

Η αύξηση της ανθεκτικότητας ενός προϊόντος, σε συνδυασμό με την δυνατότητα επισκευής του, αυξάνει σημαντικά την διάρκεια ζωής του. Αυξημένη διάρκεια ζωής συνεπάγεται μειωμένο όγκο αποβλήτων.

7. Ορθή διαχείριση αποβλήτων

Στα πλαίσια μιας παραγωγικής διαδικασίας παράγονται στερεά και υγρά απόβλητα. Η επανένταξη αυτών στην παραγωγική διαδικασία περιορίζει την τελική διάθεση αποβλήτων και μειώνει το

κόστος, καθώς απαιτείται μικρότερη ποσότητα πρώτων υλών. Σε αυτό το πλαίσιο, κρίνεται απαραίτητη η βελτιστοποίηση της διαδικασίας συσκευασίας των προϊόντων, με στόχο την μείωση των απαιτούμενων υλικών και την ταυτόχρονη χρήση συσκευασιών από ανακυκλώσιμα ή ανακυκλωμένα υλικά.

Όπως προαναφέρθηκε, ο οικολογικός σχεδιασμός βασίζεται στην αξιολόγηση ολόκληρου του κύκλου ζωής ενός προϊόντος και όχι μεμονωμένων σταδίων. Η αξιολόγηση και εφαρμογή των αρχών του οικολογικού σχεδιασμού πρέπει να πραγματοποιείται επί του σχεδιασμού ενός προϊόντος ώστε να επιφέρει τα βέλτιστα αποτελέσματα. Η ανάλυση ολόκληρου του κύκλου ζωής ενός προϊόντος, τόσο σε περιβαλλοντικό όσο και σε οικονομικό επίπεδο, κρίνεται απαραίτητη, καθώς οι λύσεις οικολογικού σχεδιασμού που θα χρησιμοποιηθούν συχνά επιφέρουν υψηλό κόστος, λόγω υψηλής αρχικής επένδυσης. Το ιδανικό αποτέλεσμα του οικολογικού σχεδιασμού θα είναι ένα προϊόν, τα επιμέρους συστατικά του οποίου θα μπορούν να αξιοποιηθούν μέσω ανακύκλωσης ή επαναχρησιμοποίησης για τη κατασκευή του ίδιου ή ενός νέου οικολογικά σχεδιασμένου προϊόντος, εισερχόμενα έτσι σε έναν νέο κύκλο ζωής με μικρότερο περιβαλλοντικό αποτύπωμα.

Εν τέλει, ο οικολογικός σχεδιασμός έρχεται να αντικαταστήσει την πεπερασμένη λογική ότι μετά την χρήση του προϊόντος έρχεται η απόρριψη αυτού, εισάγοντας στην θέση της το στάδιο της ανάκτησης/ανακύκλωσης/επαναχρησιμοποίησης. Εστιάζει, ταυτόχρονα, στον περιορισμό του περιβαλλοντικού αποτυπώματος (ρύποι, απορρίμματα, υγρά απόβλητα κ.λπ.) και στον εκ νέου σχεδιασμό των παραγωγικών διαδικασιών που συμμετέχουν στον εκάστοτε κύκλο ζωής, με σκοπό την μείωση της σπατάλης φυσικών πόρων.

Η ορθή εφαρμογή του Ecodesign γίνεται ως εξής:

1. Ανάπτυξη νέας ιδέας ή βελτίωση υπάρχουσας

Αφορμή συνήθως αποτελεί ο σχεδιασμός μιας νέας επένδυσης ή η βελτιστοποίηση μιας υπάρχουσας, είτε για λόγους κόστους, είτε με στόχο την συμμόρφωση στην ολοένα και αυστηρότερη σχετική νομοθεσία. Η ιδέα εμπεριέχει συχνά την μείωση του αριθμού των διαδικασιών ή σταδίων στην γραμμή παραγωγής.

2. Χαρακτηρισμός των περιβαλλοντικών επιπτώσεων

Με σκοπό την βέλτιστη εφαρμογή εναλλακτικών λύσεων για τον περιορισμό του περιβαλλοντικού αποτυπώματος, κρίνεται απαραίτητος ο χαρακτηρισμός των περιβαλλοντικών επιπτώσεων προς διαχείριση. Οι επιπτώσεις μπορούν να κατηγοριοποιηθούν ως προς το σημείο της παραγωγής στο οποίο εντοπίζονται, το περιβαλλοντικό στοιχείο που επηρεάζουν (ύδατα, έδαφος, ατμόσφαιρα κ.λπ.) και την σοβαρότητα αυτών, ώστε να ομαδοποιηθούν αντίστοιχα και οι κατάλληλες διορθωτικές κινήσεις.

3. Οικονομοτεχνική ανάλυση και ορισμός στρατηγικών για τον σχεδιασμό

Η επιλογή πιθανών λύσεων πρέπει να συνοδεύεται από την οικονομοτεχνική ανάλυση αυτών. Η στρατηγική που εν τέλει θα επιλεγεί πρέπει να επιτυγχάνει τυχόν ποσοτικούς και ποιοτικούς στόχους, αλλά ταυτόχρονα να είναι ρεαλιστικά εφαρμόσιμη σε τεχνικό και οικονομικό επίπεδο.

4. Δημιουργία πρωτοτύπου και πιλοτική εφαρμογή

Με τον τελικό σχεδιασμό της στρατηγικής ακολουθούνται δύο πιθανές εναλλακτικές, ανάλογα το είδος και την περιπλοκότητα του προϊόντος. Το εκάστοτε τμήμα Έρευνας και Ανάπτυξης προχωρά στην δημιουργία και αξιολόγηση ενός πρωτοτύπου, το οποίο αργότερα μπορεί να αξιολογηθεί ευκολότερα σε βιομηχανική κλίμακα. Εναλλακτικά, χρησιμοποιείται μερικές φορές η λύση της πιλοτικής εφαρμογής ή εγκατάστασης, που δίνει την δυνατότητα το προϊόν να εξεταστεί άμεσα σε πιο πραγματικές συνθήκες, αλλά αποτελεί σαφώς πιο ακριβή λύση.

Τα οφέλη του οικολογικού σχεδιασμού παρατηρούνται σε διάφορους τομείς. Από οικονομικής απόψεως, ο οικολογικός σχεδιασμός δύναται να μειώσει σημαντικά το μοναδιαίο κόστος ενός προϊόντος, λόγω της δυνατότητας παραγωγής με τη χρήση όσο το δυνατόν λιγότερων πρώτων υλών και την μείωση των σταδίων παραγωγής, βελτιστοποιώντας τις λιγότερο αποδοτικές παραγωγικές διαδικασίες.

Επιπρόσθετα, η εκάστοτε επιχείρηση αναδεικνύεται ως περιβαλλοντικά καινοτόμα και κάνει ένα σημαντικό βήμα προς όχι απλά την συμμόρφωση με τη περιβαλλοντική νομοθεσία, αλλά την υιοθέτηση υψηλότερων στόχων για τη βιωσιμότητα και την μείωση του περιβαλλοντικού αποτυπώματος.

Τέλος, η έρευνα και ανάπτυξη με γνώμονα τον οικολογικό σχεδιασμό δύναται να οδηγήσει στην δημιουργία νέων προϊόντων και κατ' επέκταση την διεύρυνση των δραστηριοτήτων της επιχείρησης.

2. Εκτίμηση Κύκλου Ζωής

2.1. Ορισμός της Εκτίμησης Κύκλου Ζωής

Τα τελευταία είκοσι χρόνια έχει καταστεί εμφανές πώς η προστασία του περιβάλλοντος αποτελεί θέμα μείζονος σημασίας σε κάθε τομέα, βιομηχανικό και μη. Οι περισσότερες μεθοδολογίες και τεχνικές ανάπτυξης προϊόντων, επικεντρώνεται σε αυτό που ονομάζουμε «Βιώσιμη Ανάπτυξη», η οποία αφορά στην ορθή χρήση των φυσικών πόρων και στην αξιοποίηση της φυσικής παραγωγής τους. Η ευαισθητοποίηση της κοινής γνώμης έχει ωθήσει τον κλάδο της βιομηχανίας στην προσπάθεια αξιολόγησης των περιβαλλοντικών επιπτώσεων των δραστηριοτήτων τους, καθώς και στην εφαρμογή συστημάτων περιβαλλοντικής διαχείρισης και λύσεων περιορισμού.

Η Εκτίμηση Κύκλου Ζωής (EKZ ή LCA) είναι ένα εργαλείο που πολύ σύντομα αναπτύχθηκε σε σημαντική διαδικασία για τους επιστήμονες και τους μηχανικούς, όσον αφορά τη διερεύνηση και την αξιολόγηση των περιβαλλοντικών επιδόσεων προϊόντων, διεργασιών και δραστηριοτήτων. Στα τέλη της δεκαετίας του '90 το Διεθνές Γραφείο Τυποποίησης ξεκίνησε μια προσπάθεια για την ολοκληρωμένη τυποποίηση της EKZ, η οποία κατέληξε στην τρέχουσα δέσμη προτύπων (ISO, 2006) - αν και, φαίνεται ότι η EKZ είναι πιο αξιόπιστη και ουσιαστικά πιο αποτελεσματική όταν συνδυάζεται με άλλες περιβαλλοντικές προσεγγίσεις.

Σύμφωνα με την SETAC (Society for Environmental Toxicology and Chemistry) η EKZ αξιολογεί τα περιβαλλοντικά στοιχεία ενός προϊόντος εξετάζοντας κάθε φάση του κύκλου ζωής του, ξεκινώντας από τη χρήση των πρώτων υλών και καταλήγοντας στην ολοκλήρωση του κύκλου ζωής. Ένα προϊόν δύναται να απαιτεί πρώτες ύλες και να παράγει άμεσες ή έμμεσες εκπομπές σε κάθε στάδιο του κύκλου ζωής του, ρυπαίνοντας έτσι συνεχώς το περιβάλλον. Στόχος της εκτίμησης του κύκλου ζωής είναι η αποτελεσματική διαχείριση και μετριασμός των περιβαλλοντικών ζητημάτων.

Το ISO 14040:2006 ορίζει την EKZ ως τη διαδικασία "συγκέντρωσης και αξιολόγησης των εισροών, των εκροών και των πιθανών περιβαλλοντικών επιπτώσεων ενός συστήματος προϊόντος καθ' όλη τη διάρκεια του κύκλου ζωής του". Η προσέγγιση μοντελοποίησης της EKZ επικεντρώνεται στα φυσικά χαρακτηριστικά βιομηχανικών δραστηριοτήτων και άλλων οικονομικών διεργασιών, και είναι κατά κόρον γραμμική. Δεν περιλαμβάνει τους μηχανισμούς της αγοράς ή τις δευτερογενείς επιπτώσεις στις τεχνολογικές εξελίξεις και θεωρεί όλες τις εμπλεκόμενες διαδικασίες και τεχνολογίες ως γραμμικές, τόσο τις οικονομικές όσο και τις περιβαλλοντικές. Επιπλέον, η EKZ επικεντρώνεται στις περιβαλλοντικές πτυχές των προϊόντων και δεν λαμβάνει υπόψη τα οικονομικά, κοινωνικά και άλλα χαρακτηριστικά τους.

Οι παραπάνω παραδοχές, αν και θέτουν διάφορους περιορισμούς, είναι απαραίτητες για τη συλλογή δεδομένων και τους υπολογισμούς. Επιπλέον, η τυποποίηση της EKZ και κατ' επέκταση η πραγματοποίησή της υπό συγκεκριμένες παραδοχές συμβάλλει στην ελαχιστοποίηση αυθαιρεσιών και σε καλύτερη συγκρισιμότητα μεταξύ αποτελεσμάτων.

Η EKZ είναι χρήσιμη ως αυτόνομη διαδικασία, αλλά ακόμα περισσότερο ως συγκριτικό εργαλείο. Η EKZ δεν είναι σε θέση να καθορίσει απλώς αν ένα προϊόν είναι "βιώσιμο" ή "περιβαλλοντικά φιλικό". Μπορεί μόνο να δείξει αν το προϊόν X είναι "πιο βιώσιμο" ή "πιο φιλικό προς το περιβάλλον" από ένα προϊόν Y ή ότι μια συγκεκριμένη φάση του κύκλου ζωής του προϊόντος X

είναι "πιο βιώσιμη" ή "πιο φιλική προς το περιβάλλον" σε σύγκριση με την ίδια φάση του κύκλου ζωής του προϊόντος Υ.

2.2. Ιστορική αναδρομή

Οι πρώτες μελέτες πάνω στην ΕΚΖ εμφανίζονται στα τέλη της δεκαετίας του 1960 και αρχές της δεκαετίας του 1970 και εστίαζαν στην ενεργειακή απόδοση και τη χρήση πρώτων υλών. Η πρώτη μελέτη εκτίμησης του κύκλου ζωής πραγματοποιήθηκε το 1969 από την εταιρεία Coca Cola, σχετικά με την μείωση ενεργειακών απωλειών και περιβαλλοντικών επιπτώσεων των υλικών συσκευασίας των προϊόντων της. Η δημοσίευση της συγκεκριμένης μελέτης πυροδότησε κι άλλες σχετικές έρευνες τα επόμενα χρόνια, και ιδιαίτερα στην Αμερική όπου, εξαιτίας και της πετρελαϊκής κρίσης, οι βιομηχανίες κατευθύνθηκαν προς την ΕΚΖ για την βελτίωση των διεργασιών τους.

Το 1972 πραγματοποιήθηκε έρευνα από τον Ian Boustead αναφορικά με την καταναλισκόμενη ενέργεια κατά την δημιουργία γυάλινων, αλουμινένιων και πλαστικών φιαλών. Εντός της δεκαετίας του '70 ανέπτυξε και εξέδωσε το 1979 το «Εγχειρίδιο για την ανάλυση της Βιομηχανικής Ενέργειας», το οποίο ώθησε την εφαρμογή της μεθοδολογίας του σε διάφορα προϊόντα.

Με την επέλαση της πετρελαϊκής κρίσης, το ενδιαφέρον για την ανάπτυξη της μεθοδολογίας της ΕΚΖ στις ΗΠΑ άρχισε να μειώνεται. Αντιθέτως, στην Ευρώπη το σχετικό ενδιαφέρον άρχισε να αναπτύσσεται με την ίδρυση της Περιβαλλοντικής Διεύθυνσης της Ευρωπαϊκής Κοινότητας το 1985. Η ευρωπαϊκή προσέγγιση της ΕΚΖ λάμβανε υπ' όψη της την συμμετοχή των στερεών αποβλήτων στις περιβαλλοντικές επιπτώσεις, λογική η οποία άρχισε να επεκτείνεται παγκοσμίως στα τέλη της δεκαετίας του '80. Το αποτέλεσμα ήταν η ΕΚΖ να αρχίσει να εφαρμόζεται σε ποικίλους τομείς που αφορούσαν χρήση πόρων και αξιοποίηση αποβλήτων, καθώς και σε προϊόντα πολλών διαφορετικών κατηγοριών.

Ένα τεράστιο βήμα προς την περαιτέρω ανάπτυξη και τυποποίηση της ΕΚΖ έγινε το 1989 με την δημοσίευση του πρώτου ευρέως χρησιμοποιούμενου λογισμικού ΕΚΖ, GaBi, από την εταιρεία Thinkstep. Ένα ακόμα πλέον πασίγνωστο λογισμικό εν ονόματι SimaPro δημοσιεύτηκε το 1990 από την εταιρεία Pre Sustainability. Σταδιακά άρχισαν να χτίζονται βάσεις δεδομένων που χρησιμοποιούνταν για την εκτέλεση ΕΚΖ με λογισμικά.

Το 1992, οι κατευθυντήριες γραμμές της ΕΚΖ δημοσιεύονται στο ISO 1400, με στόχο την προσπάθεια ενδυνάμωσης της βιώσιμης ανάπτυξης παγκοσμίως. Ταυτόχρονα, καθιερώθηκαν από την Ευρωπαϊκή Ένωση τα οικολογικά σήματα (Eco-labels) που χρησιμοποιούνται πλέον ευρέως σε τεράστια γκάμα προϊόντων. Το 1997 δημοσιεύεται το πλέον καθιερωμένο ISO 14040 σχετικά με τις αρχές και το πλαίσιο εφαρμογής της ΕΚΖ. Εντός της επόμενης τριετίας, δημοσιεύονται υποστηρικτικά και επεξηγηματικά για την ΕΚΖ πρότυπα ISO (14041, 14042, 14043, 14044), τα οποία μαζί με το 14040 εκσυγχρονίζονται το 2006.

Παράλληλα, το 2002, το Περιβαλλοντικό Πρόγραμμα των Ηνωμένων Εθνών (UNEP) σε συνεργασία με την Κοινωνία Περιβαλλοντικής Τοξικολογίας και Χημείας (SETAC) προχώρησαν

στη δημιουργία μίας διεθνούς εταιρικής σχέσης, του Life Cycle Initiative, με στόχο της ευαισθητοποίηση του κόσμου ως προς την ΕΚΖ και την επέκταση της εφαρμογής της. Μέχρι και σήμερα, η εκτίμηση του κύκλου ζωής χρησιμοποιείται τόσο σε ποσοτικές αναλύσεις του κύκλου ζωής, όσο και σε λήψεις αποφάσεων.

2.3. Αξιοποίηση της εκτίμησης κύκλου ζωής στην βιώσιμη ανάπτυξη

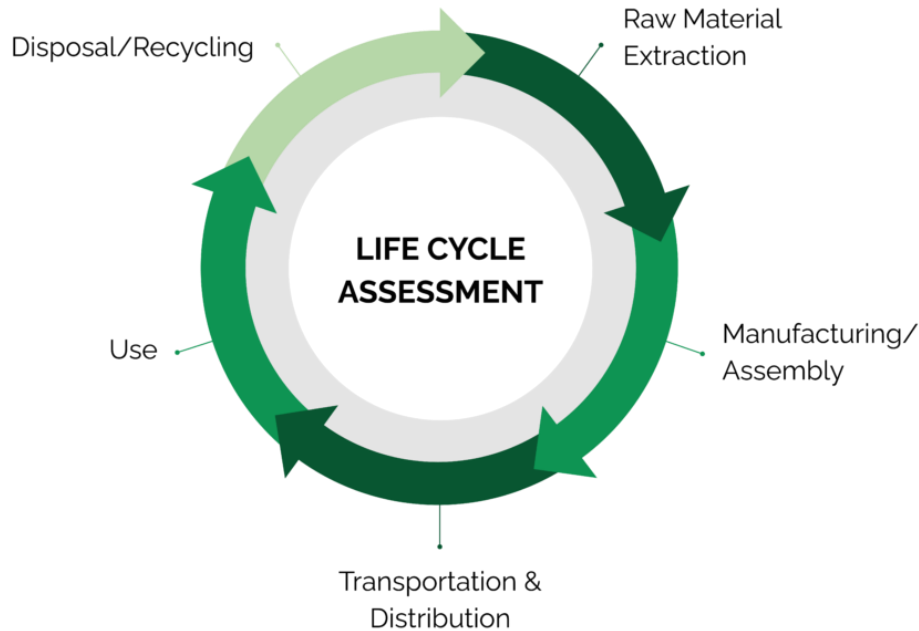
Η βιώσιμη ανάπτυξη αποτελεί μία από τις πλέον σημαντικές έννοιες και προκλήσεις για την βιομηχανία και την ανθρωπότητα, εξ' ου και η ευρεία εφαρμογή της σε επίπεδο χωρών και επιμέρους επιχειρήσεων. Ταυτόχρονα, η κοινωνία οφείλει να ενστερνιστεί την σημασία της βιώσιμης ανάπτυξης και τα πλεονεκτήματα που δύναται να προσφέρει τόσο στο περιβάλλον όσο και στην ίδια την κοινωνία. Ο όρος της βιώσιμης ανάπτυξης δεν είναι συγκεκριμένος, παρόλαυτα ο ευρέως αποδεκτός ορισμός αποδίδεται στην Παγκόσμια Επιτροπή για το Περιβάλλον και την Ανάπτυξη ως «Βιώσιμη ανάπτυξη είναι η ανάπτυξη που ικανοποιεί τις ανάγκες της παρούσας γενιάς χωρίς να θέτει σε κίνδυνο την δυνατότητα των μελλοντικών γενεών να ικανοποιούν τις δικές τους ανάγκες».

Η βιώσιμη ανάπτυξη εξαρτάται ταυτόχρονα από το περιβάλλον, την κοινωνία και την οικονομία, άξονες οι οποίοι πρέπει να αξιολογούνται καθ' όλη τη διάρκεια σχεδιασμού νέων ή βελτίωσης υφιστάμενων. Η αξιολόγηση προϊόντων πρέπει να λαμβάνει υπόψη της ολόκληρο τον κύκλο ζωής αυτών, από την εξόρυξη ή καλλιέργεια των πρώτων υλών μέχρι την τελική διάθεση του προϊόντος ως απόβλητο.

Για την διατήρηση της ισορροπίας του περιβάλλοντος, απαιτείται η αξιοποίηση της ΕΚΖ και άλλων παρεμφερών μεθοδολογιών. Η ολοκληρωμένη μεθοδολογία της ΕΚΖ λαμβάνει υπ' όψη τις πιθανές περιβαλλοντικές επιπτώσεις και την διαφορά κόστους των λύσεων αξιοποίησης πόρων και αποβλήτων, πραγματοποιώντας ουσιαστικά μια οικονομική ανάλυση με τελικό στόχο τον περιορισμό των περιβαλλοντικών επιπτώσεων.

2.4. Στάδια της εκτίμησης κύκλου ζωής

Η Εκτίμηση του Κύκλου Ζωής αποτελεί πολύπλοκο εργαλείο, καθώς μέσω αυτής αξιολογούνται όλα τα στάδια ζωής ενός προϊόντος συνδυαστικά και όχι μεμονωμένα. Η προσέγγιση αυτή ξεκινά από την εξόρυξη ή καλλιέργεια των πρώτων υλών για τη δημιουργία του προϊόντος και ολοκληρώνεται στο τέλος ζωής του προϊόντος, όταν αυτό απορρίπτεται ή ανακυκλώνεται. Έτσι, οι περιβαλλοντικές επιπτώσεις που προκύπτουν αλλά και οι λύσεις που προτείνονται λαμβάνουν υπ' όψη τους όλο τον κύκλο.



*Εικόνα 2.4.1: Στάδια του κύκλου ζωής ενός προϊόντος
[Πηγή: www.a2zmarketresearch.com]*

Διάφορα γνωστά περιβαλλοντικά φαινόμενα μπορούν να εξηγηθούν και να αναλυθούν εμπειρικά μέσω την ΕΚΖ, όπως:

- υπερθέρμανση του πλανήτη
- φαινόμενο του θερμοκηπίου
- ευτροφισμός υδάτινων σωμάτων
- οξίνιση των ωκεανών
- φωτοχημικό νέφος
- εξάντληση αβιοτικών πόρων (π.χ. μέταλλα) ή μόλυνση λόγω παρουσίας αυτών (π.χ. βαρέα μέταλλα στο έδαφος και το νερό)

Η ΕΚΖ προσεγγίζει μία ολοκληρωμένη απεικόνιση όλων των περιβαλλοντικών πλευρών ενός προϊόντος, μέσω του προσδιορισμού των σημείων εισόδου και εξόδου ενέργειας, πόρων, καθώς και των περιβαλλοντικών επιπτώσεων. Η κατανόηση των περιβαλλοντικών επιπτώσεων αυτών απορρέει από τον κατάλληλο προσδιορισμό του επηρεαζόμενου περιβάλλοντος και των συγκεκριμένων επιπτώσεων που απορρέουν από την εκάστοτε διαδικασία.

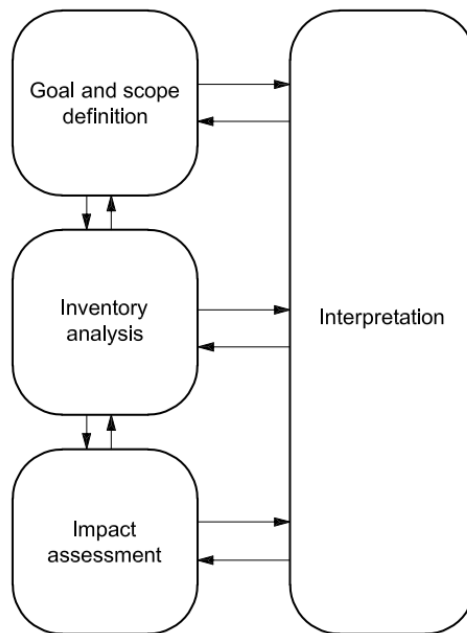
Η αναγνώριση εν τέλει των περιβαλλοντικών επιπτώσεων οδηγεί στον εντοπισμό των δυνατών και αδύναμων περιβαλλοντικών πτυχών ενός προϊόντων. Η ΕΚΖ ποσοτικοποιεί την κατανάλωση ενέργειας και πόρων, τις περιβαλλοντικές εκπομπές και τα παραγόμενα απόβλητα, εκτιμώντας εν

τέλει το μέγεθος του περιβαλλοντικού αντικτύπου. Το παραπάνω επιτυγχάνεται μέσω της αξιολόγησης όλων των σταδίων του κύκλου ζωής ενός προϊόντος, καθώς και του κύκλου ζωής ως σύνολο. Τα στάδια αυτά, όπως φαίνεται και στην Εικόνα 2.4.1 είναι:

- Εξόρυξη και χρήση πρώτων υλών
- Κατασκευή και συσκευασία του προϊόντος
- Μεταφορά και διανομή του προϊόντος
- Χρήση του προϊόντος
- Ανακύκλωση, επαναχρησιμοποίηση ή απόρριψη του προϊόντος

Οι στόχοι της εφαρμογής της ΕΚΖ είναι ποικίλοι. Μεταξύ άλλων:

1. Η καταγραφή και εξακρίβωση δεδομένων σχετικά με τον κύκλο ζωής του προϊόντος
2. Η δημιουργία μιας αξιόπιστης βάσης περιβαλλοντικών και μη δεδομένων
3. Η δημιουργία περιβαλλοντικών κανόνων, η λήψη σχετικών αποφάσεων και ο ορισμός προτεραιότητας στις στρατηγικές σχεδίασης και διαχείρισης προϊόντων
4. Ο καθορισμός εναλλακτικών υλικών και των ρόλων τους με στόχο την αντιμετώπιση των περιβαλλοντικών επιπτώσεων
5. Η κατηγοριοποίηση πιθανών λύσεων και στρατηγικών, με βάση την προτεραιότητα υλοποίησής τους



*Εικόνα 2.4.2: Στάδια της ΕΚΖ
[Πηγή: ISO 14040:2006]*

Η μεθοδολογία της ΕΚΖ χωρίζεται σε τέσσερις αλληλοεξαρτούμενες φάσεις. Οι φάσεις αυτές, όπως ορίζονται και στο αντίστοιχο πρότυπο ISO, είναι ο ορισμός στόχου και πεδίου εφαρμογής

(goal & scope definition), η ανάλυση απογραφής του κύκλου ζωής (inventory analysis), η αξιολόγηση των επιπτώσεων (impact assessment) και ταυτόχρονα η ερμηνεία (interpretation) του κύκλου ζωής και κάθε σταδίου. (βλ. Εικόνα 2.4.2)

Ορισμός στόχου και πεδίου εφαρμογής: Στο πρώτο στάδιο της διαδικασίας προσδιορίζεται ο τρόπος εφαρμογής των αποτελεσμάτων της ΕΚΖ. Προσδιορίζεται επίσης το πλαίσιο, κοινός μεταξύ ποιων σταδίων του κύκλου ζωής εφαρμοστεί η ΕΚΖ, όπως επίσης και η ποσότητα και ποιότητα των αναγκαίων δεδομένων.

Ανάλυση απογραφής: Μετά τον ορισμό στόχου και πεδίου, ξεκινά η συλλογή και διαλογή των δεδομένων. Δεδομένα συλλέγονται για κάθε στάδιο ή δραστηριότητα του κύκλου ζωής που ενέχει περιβαλλοντικό αντίκτυπο και αφορούν, μεταξύ άλλων, εξόρυξη ή καλλιέργεια πρώτων υλών, είσοδο πόρων στο σύστημα, έξοδο αποβλήτων και ρύπων, στάδια παραγωγής, στάδιο συσκευασίας, διανομή, χρήση και απόρριψη του προϊόντος, τα οποία και ποσοτικοποιούνται. Τα παραπάνω ονομάζονται παράμετροι αποθέματος. Κατόπιν, εφαρμόζονται κανόνες απόφασης προκειμένου να αποκλειστούν στάδια και λειτουργίες που εμφανίζουν τον μικρότερο περιβαλλοντικό αντίκτυπο. Η ανάλυση των συλλεχθέντων δεδομένων για τις παραμέτρους απογραφής ονομάζεται ανάλυση αποθέματος.

Εκτίμηση επιπτώσεων: Μετά τη συγκέντρωση και ανάλυση των δεδομένων, πραγματοποιείται η εκτίμηση επιπτώσεως του κύκλου ζωής και, βάσει του ISO 14040:2006, τα δεδομένα αξιολογούνται και οι παράμετροι αποθέματος αντιστοιχίζονται σε διάφορες κατηγορίες επιπτώσεων. Οι κατηγορίες αυτές περιλαμβάνουν διάφορα γνωστά περιβαλλοντικά φαινόμενα, όπως αναφέρθηκαν σε προηγούμενη παράγραφο. Άξιο αναφοράς είναι ότι ορισμένες παράμετροι επηρεάζουν παραπάνω από μια κατηγορίες, ενώ άλλες εμφανίζουν αντίκτυπο αποκλειστικά σε μία. Έπειτα, ο αντίκτυπος που δημιουργείται σε κάθε κατηγορία επιπτώσεων ποσοτικοποιείται και δημιουργεί τον λεγόμενο χαρακτηρισμό αντικτύπου. Τέλος, λαμβάνεται ένα αποτέλεσμα σε σχέση με ολόκληρο τον κύκλο ζωής του προϊόντος.

Ερμηνεία κύκλου ζωής: Το τελευταίο στάδιο της ΕΚΖ είναι η ερμηνεία του κύκλου ζωής και των αποτελεσμάτων, όπου αναλύονται τα ζητήματα που προκύπτουν από την ΕΚΖ. Αποτελεί πρακτικά την εκκίνηση της περιβαλλοντικής βελτίωσης ενός προϊόντος, μέσω του εντοπισμού των αδύνατων σημείων του κύκλου που χρίζουν επανασχεδιασμό.

2.5. Χρήση και πλεονεκτήματα της εκτίμησης κύκλου ζωής

Η εφαρμογή της ΕΚΖ προσφέρει σημαντικά οφέλη σε ένα προϊόν και εν γένει στην εκάστοτε επιχείρηση. Συνοπτικά:

1. Βελτίωση σχεδιασμού προϊόντος: Η μεθοδολογία της ΕΚΖ ενισχύει την συγκριτική αξιολόγηση σχεδιαστικών προσεγγίσεων, με στόχο τον προσδιορισμό πλεονεκτημάτων και μειονεκτημάτων αυτών.
2. Οικονομικά και επιχειρηματικά οφέλη: Η ΕΚΖ συμβάλλει στην μείωση του κόστους παραγωγής και στην μείωση αποβλήτων, μέσω της αύξησης της αποδοτικότητας των πόρων. Επιπλέον, μπορεί να αξιοποιηθεί στην προώθηση φιλικών προς το περιβάλλον προϊόντων.

3. Συλλογή πληροφοριών: Η διαδικασία της ΕΚΖ προάγει τη συλλογή δεδομένων σχετικά με τα προϊόντα και τις επιπτώσεις αυτών στο περιβάλλον. Έτσι, η επιχείρηση και εν γένει ο σχετικός κλάδος δύναται να δημιουργήσει μια ολοκληρωμένη βάση δεδομένων με υλικά με υψηλό περιβαλλοντικό αντίκτυπο και εναλλακτικά υλικά που μπορούν να τα αντικαταστήσουν με μειωμένες περιβαλλοντικές επιπτώσεις.

Σε συνδυασμό με τα προαναφερθέντα, η ΕΚΖ προτιμάται διότι μπορεί να παρέχει ολοκληρωμένη πληροφόρηση για διεργασίες που είναι περίπλοκη ή κοστοβόρα η απευθείας μελέτη περιβαλλοντικών επιπτώσεων ή η μελέτη ανάλυσης κίνδυνου. Η πλειοψηφία των χρησιμοποιούμενων μελετών αποτελούν εργαλεία γενικευμένης προσέγγισης των περιβαλλοντικών επιπτώσεων, ενώ η ΕΚΖ αξιοποιεί τη συλλογή δεδομένων για να αξιολογήσει και να βελτιώσει περιβαλλοντικά όλα τα στάδια του κύκλου ζωής. Έτσι, μια επιχείρηση μπορεί να προσαρμοστεί στην σύγχρονη αγορά, η οποία προωθεί τα φιλικά προς το περιβάλλον προϊόντα, οδηγώντας σε αύξηση των οικονομικών δραστηριοτήτων της.

Η μεθοδολογία της ΕΚΖ ωθεί την επιχείρηση στην αντιμετώπιση του περιβαλλοντικού προβλήματος εντός του σταδίου στο οποίο εντοπίζεται, χωρίς να μετατίθεται η επίπτωση σε άλλο στάδιο του κύκλου ζωής. Δίνεται, λοιπόν, έμφαση στην μείωση του κόστους παραγωγής, των περιβαλλοντικών αντικτύπων και στην βελτίωση της απόδοσης του προϊόντος, αποφεύγοντας ταυτόχρονα την ζημίωση άλλων διεργασιών του κύκλου ζωής, καθώς η ΕΚΖ θα τα εμφανίσει ξανά ως προβλήματα.

Η ΕΚΖ αποτελεί και θα συνεχίσει να αποτελεί ένα χρήσιμο επιστημονικό εργαλείο, καθώς συνδυάζει την συλλογή και ποσοτικοποίηση των δεδομένων και την αντιστοίχισή τους με περιβαλλοντικά προβλήματα, προσφέροντας στον χρήστη ένα ολοκληρωμένο και συνεχώς βελτιούμενο πλαίσιο πληροφοριών.

3. Ecodesign Pilot

3.1. Το εργαλείο Ecodesign Pilot

Το πρόγραμμα Ecodesign, παρακολουθώντας ολόκληρο τον κύκλο ζωής ενός προϊόντος, αποτελεί βασικό εργαλείο για την βελτίωση του σχεδιασμού του προϊόντος. Η ιδιαίτερη προσέγγισή του σχετικά με τον σχεδιασμό έχει οδηγήσει στο δημιουργία πολλών εργαλείων και μεθοδολογιών που αποσκοπούν στην αξιολόγηση των ιδιοτήτων και χαρακτηριστικών ενός προϊόντος.



*Εικόνα 3.1-1: Διαδικασία του Ecodesign
[Πηγή: www.ecodesigncircle.eu]*

Το πρόγραμμα περιλαμβάνει διάφορα εργαλεία, κατευθυντήριες γραμμές και λίστες ελέγχου, τα οποία σχετίζονται με τους τρόπους ανακύκλωσης ή επαναχρησιμοποίησης ενός προϊόντος, τον περιορισμό των περιβαλλοντικών επιπτώσεων κατά τη χρήση του προϊόντος και την εξόρυξη των πρώτων υλών, καθώς και τη λήψη σχετικών αποφάσεων.

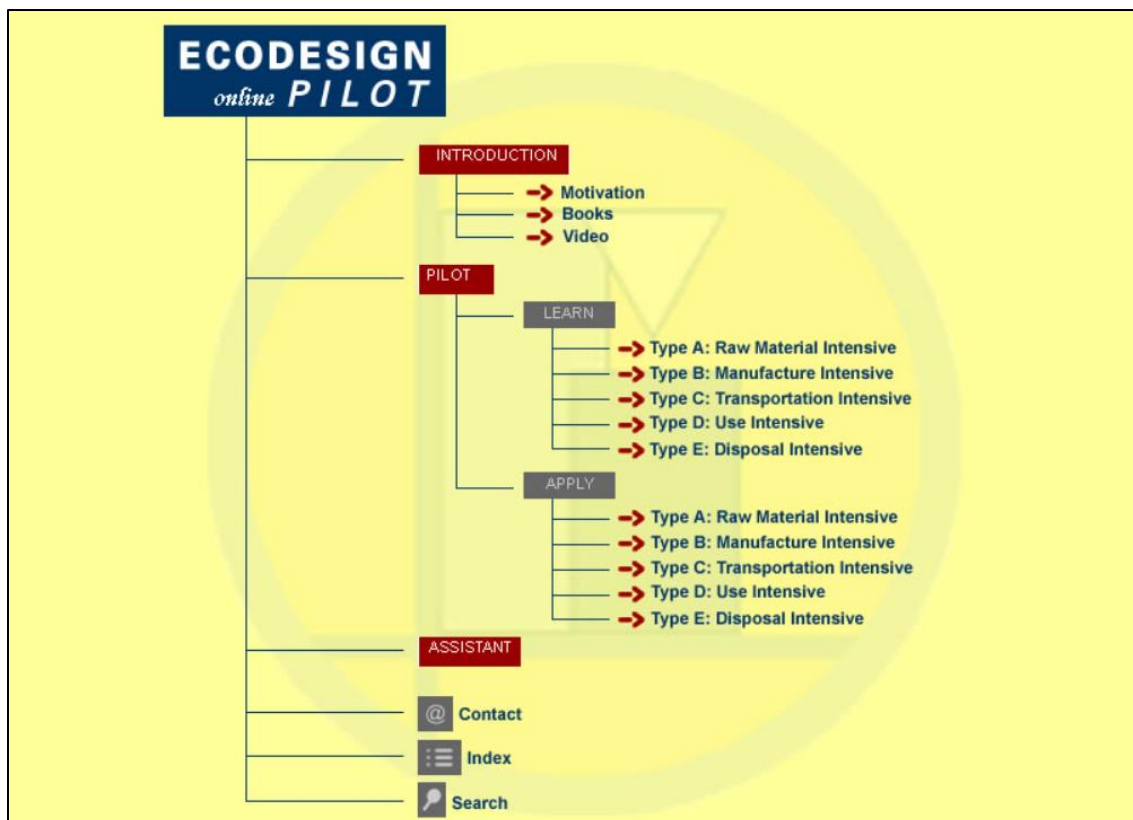
Το εργαλείο που αναπτύσσεται και αξιοποιείται στην παρούσα διπλωματική εργασία ονομάζεται Ecodesign PILOT και αποτελεί εργαλείο ανάπτυξης προϊόντων, βασιζόμενο στην λήψη αποφάσεων για τον σχεδιασμό/επανασχεδιασμό ενός προϊόντος. Με την υποβολή ερωτήσεων για τον κύκλο ζωής, το εργαλείο βοηθά στην εύρεση κατάλληλων περιβαλλοντικών λύσεων μέσω ορθής αξιοποίησης των υπάρχοντων πόρων ή αντικατάστασή τους με εναλλακτικούς.

Το εργαλείο βγάζει ως αποτέλεσμα κάποιες προτάσεις σχετικά με την εφαρμογή του οικολογικού σχεδιασμού στον σχεδιασμό του προϊόντος. Παρόλαυτα, οι προτάσεις αυτές πρέπει μετέπειτα να αξιολογούνται από ειδικούς στην περιβαλλοντική διαχείριση συστημάτων ώστε να εφαρμοστούν

ορθά στην εκάστοτε αλυσίδα αξίας. Αξίζει να αναφερθεί πως το Ecodesign Pilot αποτελεί ένα δωρεάν εργαλείο για περιβαλλοντική αξιολόγηση προϊόντος ή υπηρεσία από οποιονδήποτε χρήστη, ο οποίος μπορεί να μην διαθέτει εξειδικευμένη γνώση στον συγκεκριμένο τομέα.

Το Ecodesign Pilot υποδιαιρείται σε δύο εργαλεία:

1. Τον οδηγό (Pilot), ο οποίος περιλαμβάνει τις λίστες ελέγχου
2. Τον βοηθό (Assistant), που συγκεντρώνει τα πέντε στάδια κύκλου ζωής ενός προϊόντος.



Εικόνα 3.1-2: Εισαγωγή σε έννοιες και τρόπο χρήσης του Ecodesign Pilot
[Πηγή: pilot.ecodesign.at]

Καταρχάς, το προϊόν αξιολογείται με τη χρήση του Assistant, το οποίο εκδίδει ένα αποτέλεσμα πάνω στο οποίο θα χτιστούν οι προτεινόμενες λύσεις και στρατηγικές για τη βελτίωσή του. Κάθε ένα από τα πέντε στάδια του κύκλου ζωής αξιολογείται με βάση τις αρχές του οικολογικού σχεδιασμού. Τα στάδια, οι πληροφορίες που ζητώνται σε κάθε φόρμα και οι εργασίες που καλύπτονται έχουν ως εξής:

1. Περιγραφή προϊόντος: Το προϊόν χαρακτηρίζεται εν συντομία και πιο συγκεκριμένα παρατίθενται το όνομα του προϊόντος, η προσδοκώμενη διάρκεια ζωής του, η ποσότητα που εξετάζεται, καθώς και η κύρια λειτουργία του.

2. Χρήση πρώτων υλών: Αναλύονται τα μέρη τα οποία απαρτίζουν το προϊόν, καθώς και τα υλικά που χρησιμοποιούνται. Όσον αφορά τα υλικά, σημειώνεται το είδος και το βάρος (σε kg) καθενός στο προϊόν, προκειμένου να πραγματοποιηθεί κατηγοριοποίηση αυτών σε ομάδες ανάλογα το είδος του υλικού και τις προκαλούμενες περιβαλλοντικές επιπτώσεις. Επίσης, ο χρήστης καλείται να απαντήσει στην ερώτηση αν το προϊόν αποτελείται από υλικά που προκαλούν βλάβη στο περιβάλλον, με πιθανές απαντήσεις «Ναι», «Όχι» και «Άγνωστο».
3. Κατασκευή προϊόντος: Σε αυτή την φόρμα προσδιορίζονται τα βασικά δεδομένα κατασκευής του προϊόντος. Αφορούν σε εισροή ηλεκτρικής και θερμικής ενέργειας, χρήση υλικών κατασκευής και έξοδος αποβλήτων. Η ενέργεια πρέπει να σημειώνεται σε συγκεκριμένες μονάδες, kWh για την ηλεκτρική και MJ για την θερμική. Αντίστοιχα, για τα υλικά κατασκευής και τα απόβλητα εξόδου πρέπει να σημειωθεί το είδος και το βάρος τους, όπως πραγματοποιήθηκε και στο προηγούμενο στάδιο για τις πρώτες ύλες. Σχετικά με τα απόβλητα, πρέπει επίσης να αναφερθεί η μορφή στην οποία βγαίνουν από την παραγωγική διαδικασία (στερεά, υγρή, αέρια), καθώς και το αν είναι δυνατός ο διαχωρισμός των ρευμάτων αποβλήτων, με τη χρήση των επιλογών «διαχωρισμός των υλικών», «μερική ανακύκλωση των υλικών» και «μη δυνατότητα διαχωρισμού αποβλήτων». Εν τέλει, πρέπει να καταχωρηθεί και το ύψος των ετήσιων παραγόμενων μονάδων προϊόντος σε προκαθορισμένα εύρη (10-10.000, 10.000-100.000 και πάνω από 100.000).
4. Διανομή: Στη φόρμα αυτή καταχωρούνται δεδομένα σχετικά με την απόσταση και το μεταφορικό μέσο διανομής του προϊόντος. Σημειώνονται η απόσταση μεταφοράς (σε km), τα μέσα μεταφοράς που χρησιμοποιούνται και το είδος της συσκευασίας του προϊόντος, συγκεκριμένα αν αυτή είναι μίας χρήσης (disposable) ή επιστρεφόμενη (returnable). Τα μέσα μεταφοράς που παρέχονται είναι τα εξής:
 - Πλοίο (στο εξωτερικό)
 - Πλοίο (στην ενδοχώρα)
 - Σιδηρόδρομος
 - Φορητό όχημα
 - Βαν
 - Αυτοκίνητο
 - Αεροπλάνο
5. Χρήση προϊόντος: Η φόρμα αυτή αφορά στη συχνότητα χρήσης του προϊόντος, δηλαδή τον αριθμό χρήσεων στη διάρκεια ενός έτους. Επιπλέον, παρέχεται ως εισροή η ποσότητα (σε kg) υλικού που πιθανώς απαιτείται, η ποσότητα (σε kg) αποβλήτων που παράγονται, καθώς και η ποσότητα ηλεκτρικής ενέργειας (σε kWh) που καταναλώνεται σε κάθε μεμονωμένη χρήση. Όπως γίνεται και στα προηγούμενα στάδια, τα υλικά κατηγοριοποιούνται σε τάξεις ανάλογα το είδος και την προέλευσή τους. Ζητείται, τέλος, η ποιοτική αξιολόγηση του αν δύναται να υπάρξει κίνδυνος για το περιβάλλον σε ενδεχόμενη λανθασμένη χρήση ή δυσλειτουργία του προϊόντος, με τη χρήση των απαντήσεων «Πιθανό», «Απίθανο» ή «Αδύνατο».

6. Τέλος κύκλου ζωής: Η τελευταία φόρμα σχετίζεται με το τελευταίο στάδιο του κύκλου ζωής του προϊόντος. Εδώ καθορίζεται ο τρόπος διαχείρισης των υλικών του προϊόντος και της συσκευασίας του με την επιλογή ενός εκ των πέντε σεναρίων:
- Επαναχρησιμοποίηση
 - Ανακύκλωση
 - Αποτέφρωση
 - Απόρριψη σε χωματερή/ΧΥΤΑ
 - Διαχείριση ως επικίνδυνο απόβλητο

3.2. Αποτελέσματα του Assistant

Βάσει των δεδομένων που καταχωρήθηκαν στις φόρμες που προαναφέρθηκαν, το Assistant αξιολογεί περιβαλλοντικά κάθε στάδιο του κύκλου ζωής του προϊόντος μελέτης. Τα παρεχόμενα αποτελέσματα συνοψίζονται ως εξής.

Αρχικά, το προϊόν κατηγοριοποιείται σε έναν τύπο προϊόντος, ανάλογα το που κυρίως συγκεντρώνονται οι κίνδυνοι που θα προκαλέσουν τις σημαντικότερες περιβαλλοντικές επιπτώσεις. Κατ' επέκταση, οι κατηγορίες είναι οι εξής:

- Τύπος Α. Έντασης πρώτων υλών
- Τύπος Β. Έντασης παραγωγής
- Τύπος C. Έντασης μεταφοράς
- Τύπος D. Έντασης χρήσης
- Τύπος E. Έντασης απόρριψης

Γίνεται, λοιπόν, κατανοητό πως η συγκεκριμένη κατηγοριοποίηση επισημαίνει το στάδιο ή τα στάδια του κύκλου ζωής που είναι κρίσιμο να τροποποιηθεί. Στη συνέχεια, το Assistant παρουσιάζει στρατηγικές οικολογικού σχεδιασμού προς βελτίωση των κρίσιμων περιβαλλοντικά σταδίων, κάνοντας τον εξής διαχωρισμό:

- Κύριες στρατηγικές με υψηλή προτεραιότητα
- Επιπρόσθετες στρατηγικές για πραγματοποίηση σε δεύτερο χρόνο
- Επικουρικές προτεινόμενες στρατηγικές

Οι κύριες στρατηγικές είναι εκείνες που κρίνεται απαραίτητο να εφαρμοστούν άμεσα για την βελτίωση του προϊόντος και συνήθως επικεντρώνονται στο στάδιο ή στάδια που εμφανίζουν τις σημαντικότερες περιβαλλοντικές επιπτώσεις. Έπειτα, αναφέρονται στρατηγικές που, αν και παρουσιάζουν περιβαλλοντικά οφέλη, κρίνονται δευτερεύουσας σημασίας σε σχέση με τις κύριες και μπορούν να πραγματοποιηθούν αφού έχουν εφαρμοστεί αυτές.

Τέλος, προτείνονται ορισμένες επικουρικές στρατηγικές προς ενίσχυση των προαναφερθέντων, οι οποίες ασχολούνται με περιβαλλοντικά ζητήματα του κύκλου ζωής πιο γενικά ή λιγότερο επιβλαβή. Τα ζητήματα αυτά δεν είναι υψηλής σημασίας, αλλά οι στρατηγικές αυτές λειτουργούν συμπληρωματικά με τις προηγούμενες για να πετύχουν μια πιο ολιστική περιβαλλοντική προσέγγιση.

3.3. Λίστες ελέγχου του Pilot και στρατηγικές βελτίωσης

Πριν την εφαρμογή των στρατηγικών βελτίωσης που προτάθηκαν προηγουμένως, συζητούνται παράλληλα με τους επιθυμητούς στόχους από τους ειδικούς της ομάδας μελέτης ώστε να αναπτυχθεί ένα πλάνο εφαρμογής. Οι στρατηγικές που έχουν προταθεί από το Assistant συνδέονται στο Pilot με έναν τύπο προϊόντος και κατά συνέπεια με μια λίστα ελέγχου.



*Εικόνα 3.3-1: Λίστες ελέγχου για κάθε τύπο προϊόντος
[Πηγή: pilot.ecodesign.at]*

Για κάθε τύπο, το Pilot προτείνει λύσεις και τρόπους εφαρμογής αυτών σχετικά με την βελτίωση του σχεδιασμού του προϊόντος. Ορισμένες λύσεις που αναφέρονται είναι οι εξής (μη εξαντλητικά):

- Χρήση εναλλακτικών υλικών
- Μείωση καταναλισκόμενης ενέργειας στην παραγωγή
- Τροποποίηση ή περιορισμός υλικών συσκευασίας
- Μείωση κατανάλωσης υλικών ή ενέργειας κατά τη χρήση
- Μείωση αποβλήτων στην παραγωγή με πιο αποδοτική χρήση υλικών
- Μείωση αποβλήτων κατά τη χρήση
- Βελτιστοποίηση δυνατότητας και ευκολίας συντήρησης
- Μείωση απόστασης μεταφοράς
- Χρήση εναλλακτικού τρόπου μεταφοράς
- Αξιοποίηση υλικών στο τέλος κύκλου ζωής (π.χ. ανακύκλωση, επαναχρησιμοποίηση)

Με την βοήθεια των λιστών ελέγχου, ορίζονται τα μέτρα οικολογικού σχεδιασμού για την βελτίωση σχεδιασμού του προϊόντος.

Η εκάστοτε λίστα ελέγχου ορίζει κατευθυντήριες γραμμές του οικολογικού σχεδιασμού και παρέχει την δυνατότητα ελέγχου αν συστατικά μέρη του προϊόντος ή το ίδιο το προϊόν εξ' ολοκλήρου πληροί τα κριτήρια του οικολογικού σχεδιασμού. Η κάθε στρατηγική που προτείνεται θέτει ορισμένες ερωτήσεις αξιολόγησης, οι οποίες, σε συνδυασμό με τα δεδομένα που έχουν ήδη καταχωρηθεί, βοηθούν στον σχεδιασμό των τελικών λύσεων από την ομάδα μελέτης.

Οι προτεινόμενες στρατηγικές αναλύονται σε επιμέρους ερωτήσεις. Κάθε ερώτηση καλείται να χαρακτηριστεί βάσει τριών παραγόντων, ώστε να προσδιοριστεί η βαρύτητα που πρέπει να της αποδοθεί. Οι παράγοντες είναι οι εξής:

1. **Σχετικότητα (R):** Καθορίζει την σημασία και εφαρμοστικότητα της ερώτησης στο προϊόν. Οι τρεις δυνατές βαθμολογίες είναι δέκα (10) όταν είναι υψίστης σημασίας για το προϊόν, πέντε (5) όταν είναι λιγότερο σημαντική για το προϊόν και μηδέν (0) όταν δεν σχετίζεται με το προϊόν.
2. **Εκπλήρωση (F):** Αφορά το κατά πόσο έχει εκπληρωθεί η ερώτηση στο προϊόν. Απαντάται με μία εκ τεσσάρων πιθανών απαντήσεων, που είναι οι εξής:
 - Βαθμός 1. Έχει εκπληρωθεί
 - Βαθμός 2. Μάλλον έχει εκπληρωθεί μερικώς ή πλήρως
 - Βαθμός 3. Μάλλον δεν έχει εκπληρωθεί ή εν μέρει δεν πληροί τις προϋποθέσεις
 - Βαθμός 4. Δεν έχει εκπληρωθεί
3. **Προτεραιότητα (P):** Η προτεραιότητα τελικά του μέτρου της εκάστοτε ερώτησης εξαρτάται από την σχετικότητα και την εκπλήρωση αυτής. Υπολογίζεται με πολλαπλασιασμό της βαθμολογίας στάθμισης με την βαθμολογία αξιολόγησης ($P=F \times R$). Συνεπώς, οι πιθανές τιμές της κυμαίνονται μεταξύ 0 και 40.

Γίνεται κατανοητό πως μια υψηλή τιμή προτεραιότητας της τάξης μεγαλύτερης του 30 υποδηλώνουν πως η εκάστοτε πρόταση οικολογικού σχεδιασμού είναι περισσότερο υποσχόμενη και άξια εφαρμογής, συγκριτικά με άλλες χαμηλότερης βαθμολογίας, καθώς η υψηλή βαθμολογία υποδηλώνει και μεγαλύτερη βελτίωση του προϊόντος.

4. Μπαταρίες ιόντων λιθίου

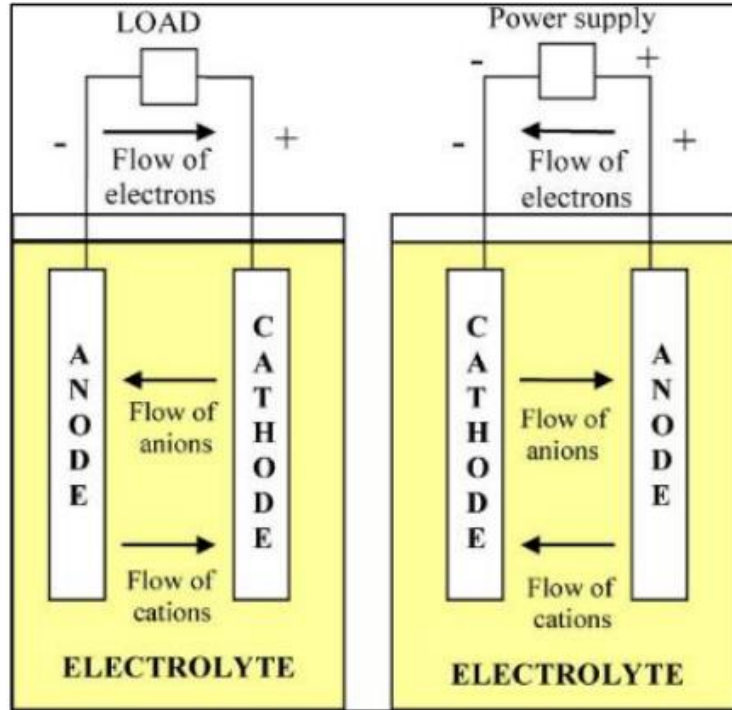
4.1. Γενικά στοιχεία

Η ηλεκτρική ενέργεια παράγεται με έναν μεγάλο αριθμό τρόπων, οι κυριότεροι των οποίων είναι η καύση καυσίμων (γαιάνθρακας, φυσικό αέριο κ.λπ.) και οι ανανεώσιμες πηγές ενέργειας (ΑΠΕ). Η παγκόσμια αγορά ενέργειας στρέφεται όλο και περισσότερο προς την επέκταση των εγκαταστάσεων ΑΠΕ, με κύριο στόχο την μείωση των εκπομπών της ηλεκτροπαραγωγής. Παρόλαυτα, οι ΑΠΕ δεν εξασφαλίζουν αδιάλειπτη και αδιάκοπη παραγωγή ενέργειας, καθώς εξαρτώνται από φυσικούς παράγοντες (ήλιος, άνεμος κ.λπ.). Κατ' επέκταση, τα συστήματα ΑΠΕ και το παγκόσμιο ενεργειακό δίκτυο θα πρέπει να επενδύσουν σε μονάδες αποθήκευσης ενέργειας, όπως είναι οι αντλησιοταμιευτήρες, οι εγκαταστάσεις υδρογόνου, υγροποιημένου φυσικού αερίου (LNG) και οι μπαταρίες.

Οι μπαταρίες αποτελούν βασική προϋπόθεση για την οικονομική επιτυχία των ηλεκτρονικών ειδών ευρείας κατανάλωσης, των συστημάτων αποθήκευσης ενέργειας και ιδίως της ηλεκτροκίνησης. Οι σημερινές μπαταρίες αποτελούν επαναφορτιζόμενα ηλεκτροχημικά συστήματα και ένα μεγάλο μέρος αυτών βασίζεται στην τεχνολογία ιόντων λιθίου (Li-ion), καθώς προσφέρει έναν συνδυασμό υψηλής ενεργειακής πυκνότητας, μεγάλου κύκλου εκφόρτισης και ικανότητας βαθιάς εκφόρτισης (deep discharge). Οι κανονισμοί πολιτικής και η προσαρμογή της αγοράς προς πιο περιβαλλοντικά βιώσιμα προϊόντα οδήγησαν σε σημαντική αύξηση των παγκόσμιων πωλήσεων μπαταριών ιόντων λιθίου (LIB) από 3.000 MWh το 2000 σε πάνω από 120.000 MWh το 2017 (Pillot, 2017).

Μια μπαταρία αποτελείται από μία ή περισσότερες κυψέλες, συνδεδεμένες παράλληλα ή σε σειρά, ανάλογα την επιθυμητή τάση εξόδου και χωρητικότητα. Όπως φαίνεται και στην εικόνα 4.1-1, κάθε κυψέλη αποτελείται από:

1. Ένα αρνητικό ηλεκτρόδιο (ανόδιο), το οποίο παρέχει ηλεκτρόνια στο φορτίο και οξειδώνεται κατά τη διάρκεια της ηλεκτροχημικής αντίδρασης
2. Ένα θετικό ηλεκτρόδιο (καθόδιο), το οποίο δέχεται ηλεκτρόνια από εξωτερικό κύκλωμα και μειώνει το φορτίο του κατά τη διάρκεια της αντίδρασης
3. Τον ηλεκτρολύτη, ένα αγωγίμο μέσο που επιτρέπει την μεταφορά ηλεκτρονίων μεταξύ των ηλεκτροδίων. Στις μπαταρίες ιόντων-λιθίου συνήθως βρίσκεται σε υγρή μορφή.
4. Τα υλικά διαχωρισμού μεταξύ θετικών και αρνητικών ηλεκτροδίων που εξασφαλίζουν την ηλεκτρική μόνωση

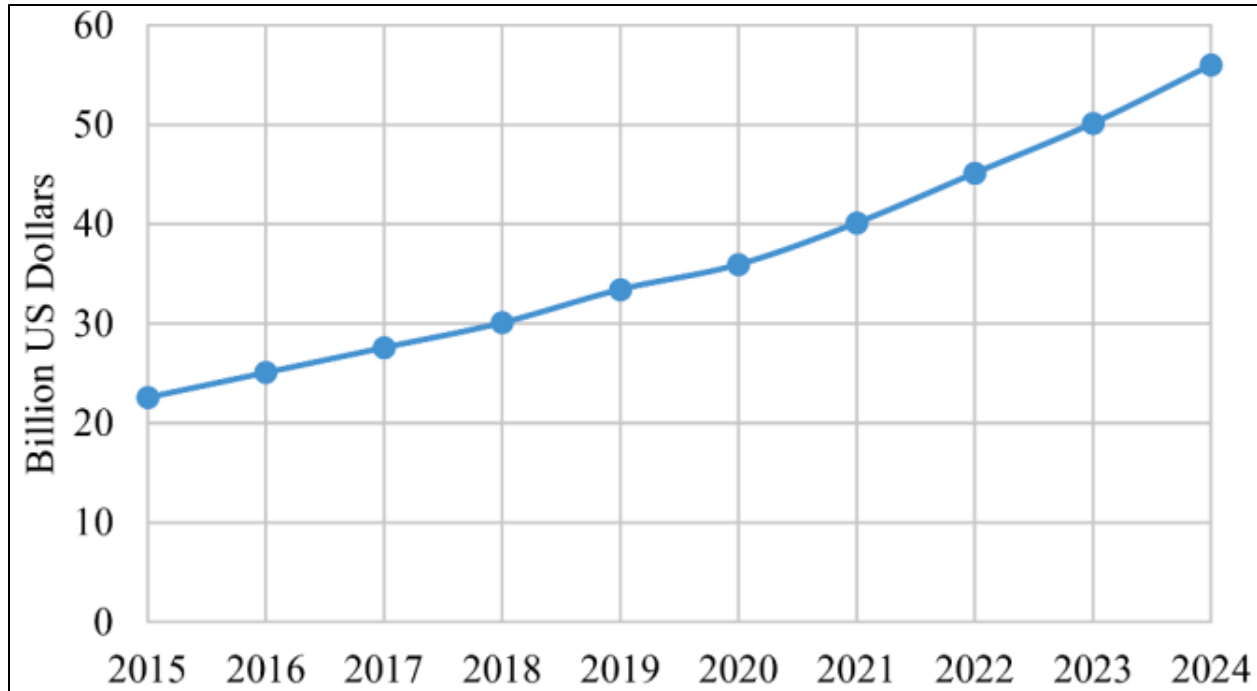


Εικόνα 4.1-1: Σχηματική απεικόνιση κυψέλης μπαταρίας
[Πηγή: Hadjipaschalis et al, 2009]

Κατά τη διαδικασία εκφόρτισης της μπαταρίας, τα ιόντα λιθίου μετακινούνται από το αρνητικό ηλεκτρόδιο προς το θετικό, ενώ στη φόρτιση από το θετικό προς το αρνητικό. Οι μπαταρίες ιόντων-λιθίου χρησιμοποιούν άλας λιθίου (συνήθως LiPF_6) ως ηλεκτρολύτη, καθώς συνδυάζει υψηλή αγωγιμότητα με χημική/ηλεκτροχημική σταθερότητα. Εμφανίζουν υψηλή ενεργειακή πυκνότητα, μικρή απώλεια ενέργειας κατά τη μη χρήση τους και ως αποτέλεσμα έχουν καθιερωθεί στην αγορά ως ο κύριος τύπος μπαταρίας που χρησιμοποιείται σε ηλεκτρονικές συσκευές και οχήματα.

Παρόλαυτα, οι μπαταρίες δεν εξαιρούνται από το θέμα των περιβαλλοντικών επιπτώσεων. Αντιθέτως, διαθέτουν επικίνδυνα και τοξικά υλικά και η περιβαλλοντική τους διαχείριση διέπεται από αυστηρή νομοθεσία, σε Ευρωπαϊκό επίπεδο με τον κανονισμό (ΕΕ) 2023/452⁴ σχετικά με μπαταρίες και απόβλητα μπαταριών και σε εθνικό επίπεδο με το Προεδρικό Διάταγμα (Π..Δ.) 115/2004 (ΦΕΚ 80/Α/5.3.2004) σχετικά με διαχείριση των Ηλεκτρικών Σηλών και Συσσωρευτών που περιέχουν ορισμένες επικίνδυνες ουσίες και εναλλακτική διαχείριση των χρησιμοποιημένων Ηλεκτρικών Σηλών και Συσσωρευτών.

⁴ <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=CELEX%3A02023R1542-20230728>



*Εικόνα 4.1-2: Μέγεθος της παγκόσμιας αγοράς μπαταριών ιόντων λιθίου σε δις δολάρια
[Πηγή: Osnpower, 2019]*

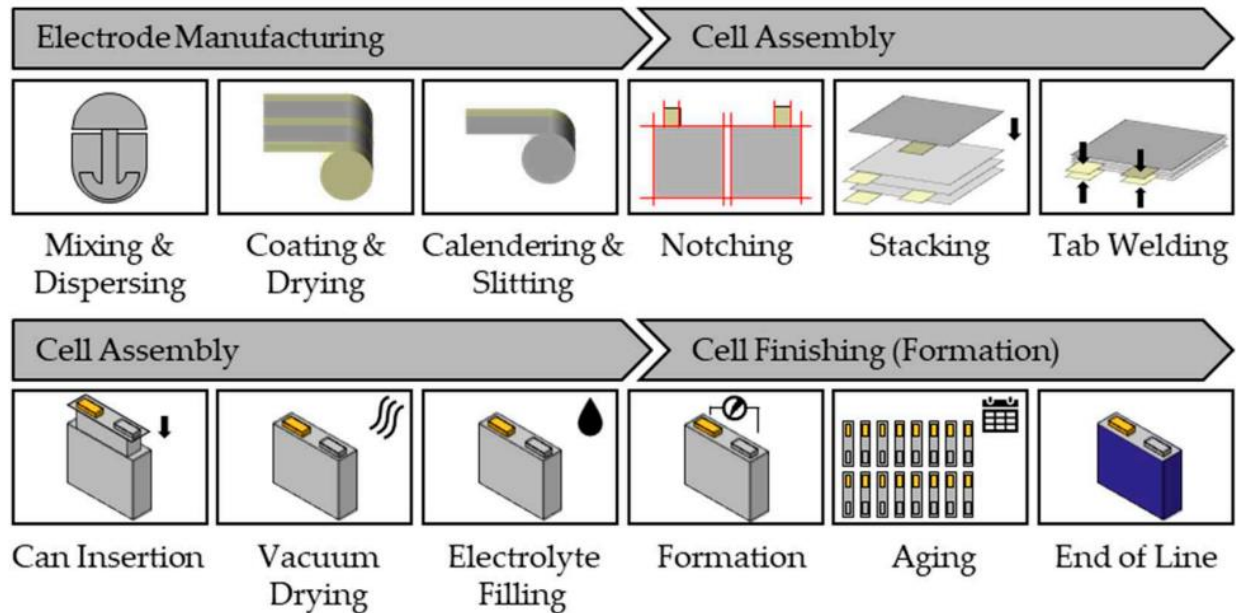
Λόγω των χαρακτηριστικών της, η μπαταρία ιόντων λιθίου θεωρείται ως η προτιμότερη μπαταρία για εμπορική χρήση με έναν τεράστιο αριθμό εφαρμογών και μια αγορά της οποίας το μέγεθος ολοένα και αυξάνεται (βλ. Εικόνα 4.1-2). Ειδικότερα, η απόδοσή της σε χαμηλές θερμοκρασίες, η χαμηλή απώλεια ενέργειας κατά τη μη χρήση της, η μεγάλη διάρκεια ζωής της και η υψηλή ενεργειακή πυκνότητα την ξεχωρίζουν από άλλους εμπορικούς τύπους μπαταριών.

Η διάρκεια ζωής μιας μπαταρίας αποτελεί σημαντικό χαρακτηριστικό της, καθώς καθορίζει το τέλος του κύκλου ζωής. Ως ζωή μιας επαναφορτιζόμενης μπαταρίας ορίζεται ο αριθμός των κύκλων φόρτισης-εκφόρτισης κατά τη χρήση της. Μια κοινή μπαταρία ιόντων-λιθίου σπανίως ξεπερνά τους πεντακόσιους (500) κύκλους φόρτισης-εκφόρτισης, αν και οι μπαταρίες που χρησιμοποιούνται στα οχήματα, ως πιο ανθεκτικές, μπορούν σχετικά εύκολα να ξεπεράσουν τους χίλιους (1000) κύκλους προτού μειωθεί αισθητά η ποιότητά τους.

4.2. Περί κατασκευής των μπαταριών ιόντων λιθίου

Η συμβατική κατασκευή μιας κυψέλης μπαταρίας ιόντων λιθίου αποτελείται από τρία στάδια:

1. Κατασκευή ηλεκτροδίων
2. Συναρμολόγηση κυψελών
3. Τελική επεξεργασία κυψελών



*Εικόνα 4.2-1: Στάδια παραγωγής κυψέλης μπαταρίας ιόντων λιθίου
[Πηγή: Aydin et al, 2023]*

4.2.1. Κατασκευή ηλεκτροδίων

Η κατασκευή των ηλεκτροδίων ξεκινά με την παραλαβή των υλικών σε περιβάλλον με ελεγχόμενη υγρασία, θερμοκρασία και πίεση, για την αποφυγή επιμόλυνσης. Οι πρώτες ύλες σε μορφή σκόνης παραδίδονται σε σάκους. Τα υλικά αυτά είναι ενεργά, συνδετικά ή αγωγιμα υλικά.

Στο πρώτο στάδιο της διαδικασίας, τα υλικά δοσολογούνται αυτόματα σύμφωνα με τις αναλογίες βάρους που έχουν ορισθεί. Το ενεργό υλικό και ένας αγωγίμος παράγοντας αναμιγνύονται επί ξηρού, ενώ η σκόνη συνδετικού υλικού χρησιμοποιείται για την παρασκευή διαλύματος συνδετικού υλικού. Στη συνέχεια, στο ξηρό μίγμα ενεργού υλικού και αγωγίμου παράγοντα, προστίθεται το διάλυμα συνδετικού υλικού για να παραχθεί πολτός για την επίστρωση των ηλεκτροδίων. Κατά τη διάρκεια της διαδικασίας παραγωγής και επίστρωσης των ηλεκτροδίων, πραγματοποιείται σταδιακή ξήρανση με παροχή θερμότητας και επεξεργασία με χρήση διαλύτη, ο οποίος στη συνέχεια απομακρύνεται προσεκτικά και σταδιακά για να αποφευχθεί η δημιουργία επιφανειακής ζημιάς στην επίστρωση. Μετά την επικάλυψη, το πηνίο ηλεκτροδίου μεταφέρεται προς έλαση, διαδικασία η οποία μειώνει το πάχος και αυξάνει την ηλεκτρική αγωγιμότητα και την πυκνότητα ενέργειας ανά μονάδα όγκου, και τέλος προς κοπή.

Η ποιότητα του παραγόμενου ηλεκτροδίου επηρεάζεται από πολλούς παράγοντες, όπως την σύνθεση, την ομοιομορφία, το πορώδες και την απαλλαγή από ελαττώματα. Ελαττώματα στη διαδικασία παραγωγής δύνανται να οδηγήσουν σε μείωση της απόδοσης, υπερθέρμανση, διόγκωση των κυψελών και επιμετάλλωση λιθίου. Τα ελαττώματα αυτά μπορεί να είναι τμηματική αποκόλληση του αποξηραμένου πολτού, αλλοιωμένες άκρες του λόγω ανεπαρκούς ιξώδους, συσσωμάτωση σωματιδίων ή φυσαλίδες αέρα στο στρώμα επικάλυψης.

4.2.2. Συναρμολόγηση κυψελών

Το πρώτο βήμα στη συναρμολόγηση μιας κυψέλης είναι η δημιουργία εγκοπών (notching), συνήθως με την κοπή λεπτών τεμάχων ή φύλλων από τον ιστό του ηλεκτροδίου με χρήση λείζερ. Η ποιότητα της κοπής εξετάζεται όσον αφορά τη μηχανική και θερμική παραμόρφωση και η επιφάνεια του ηλεκτροδίου ελέγχεται για τυχόν μόλυνση από σωματίδια. Έπειτα, πραγματοποιείται η στοίβαξη (stacking) των ηλεκτροδίων με χρήση μηχανής ελασματοποίησης (lamination). Για να προσδιοριστεί η ηλεκτρική μόνωση μεταξύ των ανόδων και των καθόδων, εκτελείται μια δοκιμή μόνωσης, η λεγόμενη δοκιμή Hi-Pot (high potential).

Κατά τη διάρκεια της δοκιμής ηλεκτρικής μόνωσης εφαρμόζεται συνεχές ρεύμα υψηλής τάσης στη στοίβα κυψελών για την ανίχνευση πιθανών σφαλμάτων από τη διαδικασία παραγωγής. Η τάση εφαρμόζεται για χρονικό διάστημα λίγων δευτερολέπτων και στη συνέχεια μετράται το ρεύμα διαρροής, το οποίο αν είναι εκτός επιτρεπτού ορίου υποδεικνύει ελάττωμα. Τυπικά ελαττώματα είναι οι ρωγμές στο διαχωριστή ή η επιμόλυνση στα μεταλλικά στοιχεία ή τον διαχωριστή. Μετά τη δοκιμή, τα ανόδια και καθόδια λαμβάνουν την τελική τους μορφή και συγκολλούνται με χρήση υπερήχων.

Στη συνέχεια, πραγματοποιείται μόνωση με διάφορα μέσα (π.χ. προστατευτική ταινία) και η κυψέλη σφραγίζεται μέσω συγκόλλησης του δοχείου στο οποίο τοποθετείται. Μετά το σφράγισμα της κυψέλης μπαταρίας εκτελείται δοκιμή στεγανότητας με χρήση αερίου ηλίου (He) και πραγματοποιείται ξανά δοκιμή Hi-Pot. Κατόπιν, η κυψέλη ξηραίνεται σε συνθήκες κενού για την απομάκρυνση της υγρασίας και των υπολειμμάτων διαλυτών και έπειτα πληρώνεται με ηλεκτρολύτη. Ο ηλεκτρολύτης πρέπει να κατανέμεται όσο το δυνατόν πιο ομοιογενώς και η ποσότητα να μετράται με ακρίβεια για να αποφευχθεί υπερπλήρωση. Μετά την πλήρωση, το άνοιγμα κλείνει προσωρινά και ξεκινά το φινιρίσμα της κυψέλης.

4.2.3. Τελική επεξεργασία κυψελών

Το φινιρίσμα των κυψελών (σχηματισμός) ξεκινά με την διαβροχή των ηλεκτροδίων με ηλεκτρολύτη σε περιβάλλον υψηλής θερμοκρασίας (περίπου 45°C). Στην συνέχεια πραγματοποιείται η πρώτη φόρτιση των μπαταριών, κατά την οποία σχηματίζεται στο ανόδιο μία στερεή επίστρωση (solid electrolyte interface – SEI). Το στρώμα αυτό αποτελείται από προϊόντα αποσύνθεσης του ηλεκτροδίου και του ηλεκτρολύτη και προστατεύει το ανόδιο από αντιδράσεις με συστατικά του ηλεκτρολύτη.

Μετά την πρώτη διαδικασία φόρτισης πραγματοποιείται ξανά πλήρωση της κυψέλης με ηλεκτρολύτη και το τελικό σφράγισμα αυτής με συγκόλληση λείζερ. Όταν η κυψέλη σφραγιστεί οριστικά, πραγματοποιείται νέα δοκιμή διαρροής με ήλιο και προσδιορίζονται το τελικό βάρος και οι διαστάσεις της μπαταρίας.

4.3. Περί μπαταριών οχημάτων

Γενικά, οι μπαταρίες που χρησιμοποιούνται στα οχήματα είναι οι μολύβδου οξέως (Mo), νικελίου υδριδίου μετάλλου (Ni-MH) και ιόντων λιθίου (Li-ion – LIB). Οι μπαταρίες ιόντων λιθίου είναι ο

κύριος τύπος μπαταριών που χρησιμοποιούνται στα οχήματα, ηλεκτρικά ή μη. Οι κύριοι τύποι μπαταριών ιόντων λιθίου που χρησιμοποιούνται είναι οι εξής:

1. Νικελίου μαγγανίου κοβαλτίου (NMC)
2. Φωσφορικού λιθίου σιδήρου (LFP) με τύπο LiFePO_4
3. Λιθίου Νικελίου Κοβαλτίου με βάση το οξείδιο αλουμινίου (NCA) με τύπο LiNiCoAlO_2

Πιο συγκεκριμένα, τις τελευταίες δεκαετίες, οι μπαταρίες ιόντων λιθίου (κυρίως NMC και LFP) έχουν αντικαταστήσει τις νικελίου υδριδίου μέταλλου στα ηλεκτρικά και υβριδικά οχήματα σχεδόν εξ ολοκλήρου.

Η εφαρμογή των μπαταριών ιόντων λιθίου στα οχήματα εμφανίζει πολλά πλεονεκτήματα, το αμεσότερο και κυριότερο εκ των οποίων είναι η μείωση της ανάγκης για χρήση ορυκτών καυσίμων και κατ' επέκταση ο περιορισμός των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου. Η έρευνα και η πρόοδος στον τομέα αυτό έχουν βελτιώσει τα χαρακτηριστικά των οχημάτων, ηλεκτρικών και μη. Πιο συγκεκριμένα, ειδικά το κόστος ανά διανυθέν χιλιόμετρο βελτιώνεται ριζικά με εφαρμογή των εξής τεχνικών:

- Φόρτιση της μπαταρίας κατά την πέδηση
- Μείωση του μεγέθους και βάρους του κινητήρα
- Απενεργοποίηση του κινητήρα και λειτουργία μόνο με ηλεκτρική ενέργεια από την μπαταρία όταν το όχημα δεν βρίσκεται σε κίνηση (start-stop) ή όταν κινείται με πολύ χαμηλή ταχύτητα

Σαφώς, περαιτέρω βελτιώσεις μπορούν ακόμα να επιτευχθούν, ιδίως όσον αφορά την εμβέλεια των μπαταριών σε χιλιόμετρα/μίλια και την ενεργειακή πυκνότητα, με ταυτόχρονη μείωση του κόστους για τον τελικό καταναλωτή, ώστε αυτός ο τύπος οχήματος να γίνει πιο προσιτός στο ευρύ κοινό. Επιπρόσθετη έρευνα αξίζει να πραγματοποιηθεί και στην διάρκεια ζωής/χρήσης των μπαταριών, καθώς και στην αξιοποίησή τους στο τέλος του κύκλου ζωής τους, καθώς περιέχουν τόσο πολύτιμα (μέταλλα, σπάνιες γαίες) όσο και επικίνδυνα υλικά.

Πέραν των βελτιώσεων στις μπαταρίες καθαυτές, το παγκόσμιο δίκτυο ενέργειας θα πρέπει να προσαρμοστεί καταλλήλως στην αύξηση ζήτησης του ηλεκτρικού ρεύματος για να διευκολύνει και να υποστηρίξει μία πλήρη μετάβαση στην ηλεκτροκίνηση. Οι ενεργειακές υποδομές θα πρέπει να αυξήσουν σημαντικά τα ποσοστά ανανεώσιμων πηγών ενέργειας (ΑΠΕ) διαφορετικών ειδών, παράλληλα σαφώς με επικουρικές μονάδες καύσης για υποστήριξη του ενεργειακού δικτύου σε περιόδους ή στιγμές υψηλής ζήτησης (π.χ. καύσωνες). Ταυτόχρονα, θα πρέπει να αναπτυχθεί ένα εκτενές δίκτυο φορτιστών ηλεκτρικών οχημάτων, και δη ταχυφορτιστών, το οποίο, σε συνδυασμό με την αυξημένη χιλιομετρική εμβέλεια, θα επιτρέπει πρακτικά την χρήση αμιγώς ηλεκτρικών οχημάτων στο παγκόσμιο οδικό δίκτυο.

5. Μελέτες περίπτωσης με τη χρήση του Ecodesign Pilot

Στο παρόν κεφάλαιο θα αξιοποιηθεί το εργαλείο Ecodesign Pilot που αναλύθηκε προηγουμένως για την εκτίμηση του κύκλου ζωής μπαταριών οχημάτων. Πιο συγκεκριμένα, θα πραγματοποιηθεί εφαρμογή του Ecodesign Pilot και σύγκριση των πορισμάτων για τα δύο πιο ευρέως χρησιμοποιούμενα είδη μπαταριών ιόντων λιθίου, νικελίου μαγγανίου κοβαλτίου (NMC) και φωσφορικού λιθίου σιδήρου (LFP), για κάθε ένα εκ τριών τύπων οχημάτων, υβριδικό (HEV), plug-in υβριδικό (PHEV) και πλήρως ηλεκτρικό (EV).

Οι μπαταρίες ιόντων λιθίου, νικελίου μαγγανίου κοβαλτίου (NMC) υποδιαιρούνται σε πολλές κατηγορίες, οι οποίες εξαρτώνται κυρίως από την αναλογία νικελίου (Ni), μαγγανίου (Mn) και κοβαλτίου (Co) εντός αυτών. Στην προκειμένη περίπτωση θα εξεταστεί η NMC811 (αναλογία 8:1:1). Συνεπώς, το εργαλείο θα χρησιμοποιηθεί για έξι (6) διαφορετικά σενάρια μπαταρίας:

1. HEV LFP Battery
2. HEV NMC811 Battery
3. PHEV LFP Battery
4. PHEV NMC811 Battery
5. EV LFP Battery
6. EV NMC811 Battery

Σημειώνεται πως το εργαλείο χρησιμοποιείται στην Αγγλική γλώσσα και οι περισσότεροι όροι που θα χρησιμοποιηθούν αποτελούν προϊόν μετάφρασης.

5.1. Στοιχεία και παραδοχές της μελέτης περίπτωσης

Για την χρήση του Ecodesign Pilot πρέπει η εκάστοτε μπαταρία να αναλυθεί σε επιμέρους υλικά. Η σύσταση των μπαταριών λαμβάνεται μέσω του μοντέλου GREET 2023 (Greenhouse Gases, Regulated Emissions, and Energy Use in Transportation) που αναπτύχθηκε από το Εθνικό Εργαστήριο της Argonne των Ηνωμένων Πολιτειών.

Όπως προαναφέρθηκε, θα εξεταστούν μπαταρίες είδους LFP και NMC811 για τρεις τύπους οχημάτων. Καθώς τα δεδομένα του GREET προσφέρουν λεπτομέρειες για ποικίλα μεγέθη αυτονομίας, η παρούσα διπλωματική θα εξετάσει τις μπαταρίες με τη μεγαλύτερη αυτονομίας για κάθε είδος. Για τα υβριδικά (HEV) οχήματα δεν προσφέρεται κάποια επιλογή αυτονομίας, ενώ για τα plug-in υβριδικά (PHEV) επιλέγεται η μπαταρία με αυτονομία 50 μιλίων και για τα αμιγώς ηλεκτρικά (EV) αυτή με αυτονομία 400 μιλίων.

Το εργαλείο Ecodesign Pilot αποτελεί να ορισθεί ένα βάρος αναφοράς για το προϊόν που μελετάται. Οι μπαταρίες μεταξύ των εξεταζόμενων ειδών οχημάτων έχουν σημαντική διαφορά στο βάρος. Η μπαταρία ενός συνηθισμένου υβριδικού οχήματος ζυγίζει περίπου 50 kg, ενός plug-in υβριδικού περίπου 125 kg, ενώ ενός ηλεκτρικού, καθώς αξιοποιείται για πλήρη ηλεκτροκίνηση και άλλες λειτουργίες, ανέρχεται περίπου στα 450 kg⁵. Για διευκόλυνση αξιοποίησης των

⁵ The Difference Between Hybrid and EV Batteries, 2024. <https://www.jdpower.com/cars/shopping-guides/the-difference-between-hybrid-and-ev-batteries>

δεδομένων του GREET και παρουσίασης των αποτελεσμάτων, η μελέτη περίπτωσης θα γίνει για παραγωγή μπαταρίας βάρους 10 kg.

Για κάθε μπαταρία που θα εξεταστεί, τα υλικά είναι τα εξής:

- Ενεργό υλικό
- Γραφίτης
- PVDF (φθοριούχο πολυβινυλιδένιο)
- Χαλκός
- Φύλλο αλουμινίου
- Εξαφθοροφωσφορικό λίθιο (LiPF₆)
- Ανθρακικό αιθυλένιο
- Ανθρακικό διμεθύλιο
- Πολυπροπυλένιο
- Πολυμερές (πλαστικό)
- Τερεφθαλικό πολυαιθυλένιο
- Χάλυβας
- Ανοξειδωτος χάλυβας
- Καουτσούκ
- Θερμομονωτικά
- Γλυκόλη
- Ηλεκτρονικά μέρη

Όσον αφορά τα παραπάνω υλικά, αυτά πρέπει να κατηγοριοποιηθούν σε κλάσεις ανάλογα το είδος του υλικού. Για την κατηγοριοποίηση αυτή πραγματοποιήθηκαν κάποιες παραδοχές, οι οποίες θα αναλυθούν στο υποκεφάλαιο 5.3. Οι κλάσεις είναι οκτώ (8), αριθμούνται από το I έως το VIII και θα παρουσιαστούν στο Παράρτημα I της παρούσας διπλωματικής.

5.2. Περιγραφή προϊόντος

Σε κάθε εξεταζόμενο σενάριο, η ονομασία του προϊόντος είναι διαφορετική. Συγκεκριμένα, χρησιμοποιούνται τα εξής ονόματα:

1. HEV LFP Battery
2. HEV NMC811 Battery
3. PHEV LFP Battery
4. PHEV NMC811 Battery
5. EV LFP Battery
6. EV NMC811 Battery

Ως προσδόκιμη διάρκεια ζωής επιλέγεται για όλα τα είδη των μπαταριών τα **3 έτη**, ως σταθμισμένο/μέσο μέγεθος για τον χρόνο ζωής μιας μπαταρίας αυτοκινήτου.

Στο πεδίο της κύριας λειτουργίας του προϊόντος σημειώνεται «αξιοποίηση χημικής ή/και ηλεκτρικής ενέργειας για λειτουργία οχήματος εντός μπαταρίας 10 kg» για τα υβριδικά και τα plug-

in υβριδικά οχήματα, τα οποία απαιτούν και καύσιμο. Για τα αμιγώς ηλεκτρικά οχήματα σημειώνεται «αξιοποίηση ηλεκτρικής ενέργειας για λειτουργία οχήματος εντός μπαταρίας 10 kg».

The screenshot shows the 'Assistant' interface with a yellow header. Below the header is a navigation bar with tabs: 'Description' (selected), 'Raw Material', 'Manufacture', 'Distribution', 'Product Use', 'End of Life', and 'Result'. The 'Description' tab is active, displaying instructions and a form. The form fields are: 'Product Name' (HEV LFP Battery), 'Product Life Time' (3 years), and 'Functional Unit' (Use of chemical and/or electrical energy for vehicle operation, inside a 10kg battery). A 'goto next form' button is at the bottom.

Εικόνα 5.2-1: Δείγμα συμπλήρωσης της φόρμας περιγραφής προϊόντος για την μπαταρία HEV LFP

5.3. Χρήση πρώτων υλών

Για τη συμπλήρωση της παρούσας φόρμας, τα επιμέρους υλικά πρέπει να καταταχθούν στις 8 κλάσεις που προσφέρει το εργαλείο. Η κατάταξη και οι υποθέσεις που έγιναν αναλύονται παρακάτω.

Ενεργό υλικό: Το ενεργό υλικό των μπαταριών βασίζεται κυρίως στον άνθρακα. Κατ' επέκταση τοποθετείται στην κλάση **VI** που περιλαμβάνει τον άνθρακα ως πιο κοντινή κατηγοριοποίηση.

Γραφίτης: Ο γραφίτης αποτελεί την κρυσταλλική στερεά μορφή του στοιχειώδους άνθρακα. Κατ' επέκταση τοποθετείται στην κλάση **VI** που περιλαμβάνει τον άνθρακα ως πιο κοντινή κατηγοριοποίηση.

PVDF: Το φθοριούχο πολυβινυλιδένιο (PVDF) είναι είδος πολυμερούς θερμοπλαστικού, με χημικό τύπο που βασίζεται στην αλυσίδα $C_2H_2F_2$. Παρουσιάζει πολλές ομοιότητες με έναν άλλο τύπο θερμοπλαστικού, το χλωριούχο πολυβινυλιδένιο (PVDC), το οποίο εντάσσεται στην κλάση **V**. Κατ' επέκταση, τοποθετείται και αυτό στην κλάση **V**.

Χαλκός: Ο χαλκός που χρησιμοποιείται θεωρείται πρωτογενής, κοινώς πως προέρχεται από επεξεργασία μεταλλεύματος και όχι μέσω ανάκτησης από απόβλητα που περιέχουν χαλκό. Κατ' επέκταση, τοποθετείται στην κλάση **VI** ως πρωτογενής χαλκός.

Φύλλο αλουμινίου: Το φύλλο αλουμινίου που χρησιμοποιείται θεωρείται πρωτογενές. Κατ' επέκταση, τοποθετείται στην κλάση **VI**.

Εξαφθοροφωσφορικό λίθιο (LiPF₆): Το εξαφθοροφωσφορικό λίθιο, ως χημικό σε μορφή υδατοδιαλυτής σκόνης και καθώς το εργαλείο δεν προβλέπει ούτε κάποιο από τα επιμέρους

στοιχεία, ούτε αυτή τη μορφή πρώτης ύλης, **δεν θα συνυπολογισθεί στην εκτίμηση κύκλου ζωής.**

Ανθρακικό αιθυλένιο: Το ανθρακικό αιθυλένιο $[(\text{CH}_2\text{O})_2\text{CO}]$ αποτελεί κυκλικό ανθρακικό εστέρα. Καθώς το κύριο στοιχειακό συστατικό του είναι ο άνθρακας, τοποθετείται στην κλάση **VI** που περιλαμβάνει τον άνθρακα ως πιο κοντινή κατηγοριοποίηση.

Ανθρακικό διμεθύλιο: Το ανθρακικό διμεθύλιο $[\text{OC}(\text{OCH}_3)_2]$ αποτελεί επίσης ανθρακικό εστέρα. Καθώς το κύριο στοιχειακό συστατικό του είναι ο άνθρακας, τοποθετείται στην κλάση **VI** που περιλαμβάνει τον άνθρακα ως πιο κοντινή κατηγοριοποίηση.

Πολυπροπυλένιο: Το πολυπροπυλένιο (PP) αποτελεί θερμοπλαστικό με ποικίλες χρήσεις. Παρά τα διαφορετικά χαρακτηριστικά τους όσον αφορά π.χ. θερμική και χημική ανοχή, το πολυπροπυλένιο μπορεί να προσομοιαστεί με πολυαιθυλένιο υψηλής αντοχής (HDPE). Κατ' επέκταση, το πολυπροπυλένιο τοποθετείται στην κλάση **IV**, στην οποία κατατάσσεται και το HDPE.

Πολυμερές (πλαστικό): Το πολυμερές, ως είδος πλαστικού, τοποθετείται στην κλάση **IV**, στην οποία ανήκουν οι περισσότεροι κοινοί τύποι πλαστικού.

Τερεφθαλικό πολυαιθυλένιο: Το τερεφθαλικό πολυαιθυλένιο αποτελεί ένα από τα πιο κοινά θερμοπλαστικά με το ακρωνύμιο PET. Κατ' επέκταση, τοποθετείται στην κλάση **IV**.

Χάλυβας: Ο χάλυβας που χρησιμοποιείται θεωρείται πρωτογενής και όχι ανακυκλωμένος ή χυτός. Κατ' επέκταση, τοποθετείται στην κλάση **III**.

Ανοξειδωτος χάλυβας: Ο ανοξειδωτος χάλυβας αποτελείται από σίδηρο (Fe), άνθρακα (C) και ποσοστά νικελίου (Ni) και κοβαλτίου (Co), που του προσδίδουν το ανοξειδωτο χαρακτηριστικό. Κατ' επέκταση, τοποθετείται στην κλάση **VI**.

Καουτσούκ: Το καουτσούκ αποτελεί φυσικό λάστιχο (rubber) και τοποθετείται στην κλάση **IV**.

Θερμομονωτικά υλικά: Η θερμομόνωση στις μπαταρίες πραγματοποιείται στην πλειονότητα των περιπτώσεων με φύλλα πολυπροπυλενίου. Όπως αναφέρθηκε και προηγουμένως, το πολυπροπυλένιο τοποθετείται στην κλάση **IV**.

Γλυκόλη: Η γλυκόλη (γνωστή και ως αιθυλενογλυκόλη ή 1,2-αιθανοδιόλη) αποτελεί την απλούστερη σταθερή άκυκλη κορεσμένη δισθενή αλκοόλη, με τύπο $\text{C}_2\text{H}_6\text{O}_2$. Καθώς το κύριο στοιχειακό συστατικό της είναι ο άνθρακας, τοποθετείται στην κλάση **VI** που περιλαμβάνει τον άνθρακα ως πιο κοντινή κατηγοριοποίηση.

Ηλεκτρονικά μέρη: Τα ηλεκτρονικά μέρη μιας μπαταρίας δεν μπορούν να τοποθετηθούν σε μια κλάση, καθώς αποτελούνται από πολλά διαφορετικά υλικά. Ως πρακτικά μια μικρογραφία ηλεκτρονικής πλακέτας (PCB), γίνεται η παραδοχή πως τα ηλεκτρονικά μέρη αποτελούνται περίπου κατά 48% από χαλκό, κασσίτερο και χάλυβα, 3% από νικέλιο και τιτάνιο και 0,2% από πολύτιμα μέταλλα και σπάνιες γαίες, τα οποία περιλαμβάνουν χρυσό, άργυρο, γάλλιο, νεοδύμιο και παλλάδιο (Cordova-Pizarro et al, 2019). Το υπόλοιπο 48,8% αποτελείται από πλαστικό

ενισχυμένο με ίνες (fiber-reinforced plastic – FRP). Η κατηγοριοποίησή τους πραγματοποιείται ως εξής:

- Χαλκός, κασσίτερος, χάλυβας: Ο χαλκός και ο ανοξείδωτος χάλυβας τοποθετούνται στην κλάση **VI**, όπως προαναφέρθηκε. Καθώς ο κασσίτερος είναι μέταλλο και παρουσιάζει παρεμφερείς ιδιότητες κατατάσσεται και αυτός στην κλάση **VI**.
- Νικέλιο και τιτάνιο: Το νικέλιο τοποθετείται στην κλάση **VII**. Το τιτάνιο επίσης τοποθετείται στην ίδια κλάση, καθώς περιλαμβάνει κράματα του τιτανίου.
- Χρυσός, άργυρος, γάλλιο, νεοδύμιο και παλλάδιο: Ο χρυσός, ο άργυρος και το παλλάδιο τοποθετούνται στην κλάση **VIII**. Το γάλλιο και το νεοδύμιο, λόγω παρεμφερών ιδιοτήτων για χρήση σε ηλεκτρονικά μέρη, τοποθετούνται στην ίδια κλάση.
- FRP: Το FRP ταυτίζεται λόγω ιδιοτήτων με το GRP (Glassfiber reinforced plastic) και τοποθετείται στην κλάση **V**.

Τα δεδομένα μάζας των υλικών από το μοντέλο GREET βρίσκονται σε μορφή ποσοστού. Κατ' επέκταση, για την εισαγωγή τους στο εργαλείο σε μορφή kg θα πρέπει να γίνει αναγωγή στα 10 kg παραγόμενου προϊόντος μπαταρίας. Τα αρχικά δεδομένα και η μετατροπή τους για κάθε εξεταζόμενο τύπο μπαταρίας παρουσιάζονται στο Παράρτημα II.

Οι μπαταρίες οχημάτων, κατόπιν κατασκευής τους, προωθούνται σε βιομηχανικές μονάδες παραγωγής οχημάτων, περίπτωση στην οποία δεν αξιοποιείται κάποιο ιδιαίτερο είδος συσκευασίας. Οι μπαταρίες κατά τη μετακίνησή τους μπορεί να τοποθετηθούν σε παλέτες, σε κουτιά από ξύλο ή καπλαμά και πιθανώς να τυλιχθούν με κάποιο πλαστικό φιλμ (συνήθως πολυαιθυλένιο), υλικά που γενικά είναι ανακυκλώσιμα, επαναχρησιμοποιήσιμα ή επιστρέψιμα. Καθώς το βάρος της μπαταρίας-μοντέλου που αξιοποιείται είναι πολύ μικρό, θα θεωρηθεί πως δεν χρησιμοποιείται κανένα υλικό συσκευασίας.

Απαιτείται επίσης να σημειωθεί αν το προϊόν (η μπαταρία) περιέχει υλικά επικίνδυνα (hazardous) για το περιβάλλον στο τέλος ζωής τους, χωρίς ειδική διαχείριση. Η απάντηση είναι «ναι», καθώς οι μπαταρίες περιέχουν επικίνδυνα και τοξικά υλικά, τα οποία απαιτούν διαχείριση από ειδικούς φορείς διαχείρισης επικίνδυνων αποβλήτων.

Η ενδεικτική συμπλήρωση της φόρμας παρουσιάζεται στην Εικόνα 5.3-1.

Assistant

Description
Raw Material ▶
Manufacture
Distribution
Product Use
End of Life
Result

Please indicate the parts and components of your product and its packaging.
If you need support in assigning the different materials to the appropriate class of materials, click the help-symbol next to the "Class" heading.

1. Product data

Product part	Mass [kg]	Material	Class ?
Active Material	1.236	Carbon	VI ▼
Graphite	0.682	Carbon	VI ▼
PVDF	0.039	PVDC	V ▼
Copper	1.993	Copper	VI ▼
Aluminum Sheet	1.615	Aluminum (primary)	VI ▼
Ethylene Carbonate	0.268	Carbon	VI ▼
Dimethyl Carbonate	0.268	Carbon	VI ▼
Polypropylene	0.205	HDPE	IV ▼
Polyethylene Terephthalate	0.03	PET	IV ▼
Steel	1.798	Steel (primary)	III ▼
Stainless Steel	0.741	Steel with Cr, Ni	VI ▼
Rubber	0.029	Rubber	IV ▼
Thermal Insulation	0.054	HDPE	IV ▼
Glycol	0.453	Carbon	VI ▼
Electronic Parts: FRP	0.249	GRP	V ▼
Electronic Parts: Copper, Tin, Steel	0.245	Copper, Steel (primary)	VI ▼
Electronic Parts: Nickel, Titanium	0.015	Nickel, Titanium	VII ▼
Electronic Parts: Precious metals (Au, Ag, Ga, Nd, P	0.001	Gold, Silver, Palladium	VIII ▼

2. Product data

Part of packaging	Mass [kg]	Material	Class ?
<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	▼
<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	▼
<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	▼

3. Does the Product contain parts that constitute a hazard to the environment at the end of life without expert disposal ("small quantities - great impact")? yes ▼

Εικόνα 5.3-1: Δείγμα συμπλήρωσης της φόρμας πρώτων υλών για την μπαταρία HEV LFP

5.4. Κατασκευή

Στη φόρμα που αφορά την κατασκευή της μπαταρίας, απαιτούνται δεδομένα σχετικά με εισροή ενέργειας, εκροή αποβλήτων και παραγόμενες μονάδες μπαταρίας.

Βάσει του μοντέλου GREET 2023, η απαιτούμενη ενέργεια υπολογίζεται περίπου στις 600 kWh/kg παραγόμενης μπαταρίας. Καθώς η μελέτη περίπτωσης αφορά μπαταρία 10 kg, η ενέργεια εισάγεται ως **6000 kWh**. Στην ενέργεια αυτή συνυπολογίζονται η ηλεκτρική και θερμική ενέργεια, κατ' επέκταση η απαιτούμενη θερμική ενέργεια εισάγεται ως **μηδενική**. Επιπλέον, στην ενέργεια αυτή συνυπολογίζεται και τυχόν πρόσθετη ενέργεια για διάφορες λειτουργίες της

βιομηχανικής μονάδας παραγωγής (π.χ. θέρμανση, ψύξη, φωτισμός κ.λπ.), συνεπώς η πρόσθετη ενέργεια θεωρείται **συμπεριλαμβανόμενη (0%)**.

Ως απόβλητα παραγωγικής διαδικασίας ανά παραγόμενη μονάδα μπαταρίας, θα γίνει η παραδοχή πως εξέρχεται το 5% περίπου από όλα τα προαναφερθέντα υλικά, πλην των ηλεκτρονικών μερών. Θεωρείται πως τα ηλεκτρονικά μέρη, λόγω της λεπτομέρειας που απαιτούν κατά την παραγωγή υπόκεινται σε οριακά μηδενικές απώλειες πρώτων υλών. Οι ποσότητες των παραγόμενων αποβλήτων παρουσιάζονται επίσης στο Παράρτημα III.

Όσον αφορά την ετήσια παραγόμενη ποσότητα μονάδων μπαταρίας, επιλέγεται το εύρος 10-10.000 από τις διαθέσιμες επιλογές, καθώς η αμέσως επόμενη (10.000-100.000) θεωρείται πολύ μεγάλη για μια μεσαία βιομηχανική μονάδα.

Η εισαγωγή των επικίνδυνων βοηθητικών υλικών ανά παραγόμενη μονάδα ορίστηκε ως «Μάλλον λίγη», καθώς στην εξεταζόμενη περίπτωση τα βοηθητικά υλικά είναι οριακά ανύπαρκτα, γεγονός που επιτρέπει την εστίαση στα κύρια χρησιμοποιούμενα υλικά. Αντίστοιχα, το ποσοστό εξωτερικών υλικών της μπαταρίας ορίζεται στο 10-30% της μάζας, για τα οποία η απόσταση μετακίνησης θεωρείται «μάλλον μικρή», λόγω του μικρού ποσοστού εξωτερικών υλικών στο προϊόν.

Τα δεδομένα που αναφέρθηκαν θεωρούνται ίδια για όλους τους τύπους των εξεταζόμενων μπαταριών, πλην φυσικά των κιλών παραγόμενων αποβλήτων παραγωγής, τα οποία παρουσιάζονται στο Παράρτημα III.

Η ενδεικτική συμπλήρωση της παρούσας φόρμας παρουσιάζεται στην Εικόνα 5.4-1.

Assistant

Description
Raw Material
Manufacture ▶
Distribution
Product Use
End of Life
Result

Please indicate data referring to the manufacture of your product.
Again, you will get support by clicking the help-symbol next to the "Class" heading.

4. Energy input

Electric energy [kWh] Overhead energy: Energy for heating, lighting, ... in addition to process energy

Thermal energy [MJ]

5. Waste per Unit

Waste	Mass [kg]	Material	Class ?
Active Material	0.062	Carbon	VI ▼
Graphite	0.034	Carbon	VI ▼
PVDF	0.002	PVDC	V ▼
Copper	0.1	Copper	VI ▼
Aluminum Sheet	0.081	Aluminum (primary)	VI ▼
Ethylene Carbonate	0.013	Carbon	VI ▼
Dimethyl Carbonate	0.013	Carbon	VI ▼
Polypropylene	0.01	HDPE	IV ▼
Polyethylene Terephtalate	0.002	PET	IV ▼
Steel	0.09	Steel (primary)	III ▼
Stainless Steel	0.037	Steel with Cr, Ni	VI ▼
Rubber	0.001	Rubber	IV ▼
Thermal Insulation	0.003	HDPE	IV ▼
Glycol	0.022	Carbon	VI ▼
			▼

Material

6. Production volume (Units/Pieces per Year)

7. Input of environmentally hazardous auxiliary and process materials per unit produced

8. Percentage of external parts

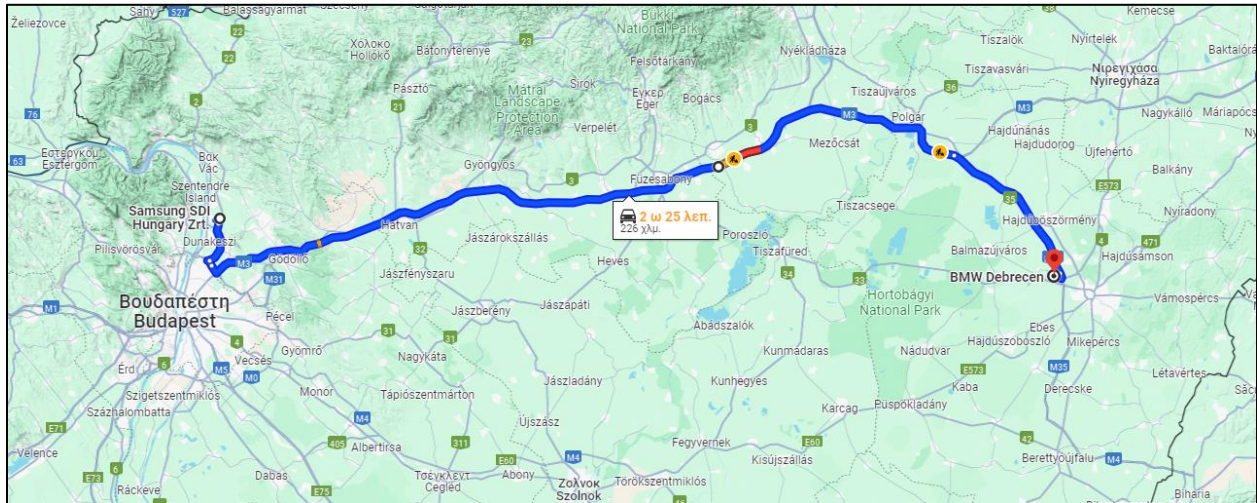
9. Hauling distance for external parts per unit

Εικόνα 5.4-1: Δείγμα συμπλήρωσης της φόρμας κατασκευής για την μπαταρία HEV LFP

5.5. Μεταφορά

Η απόσταση και ο τρόπος μεταφοράς του προϊόντος έχει σημαντικό αντίκτυπο στην αλυσίδα αξίας, τόσο οικονομικό όσο και περιβαλλοντικό. Για την παρούσα μελέτη περίπτωσης, ως αφητηρία της διαδρομής επιλέχθηκε το εργοστάσιο παραγωγής μπαταριών ηλεκτρικών οχημάτων της Samsung στο Γκοντ, Βουδαπέστη της Ουγγαρίας, το οποίο λειτουργεί από το 2018 και το 2021 προχώρησε σε αύξηση της δυναμικότητας παραγωγής του. Ως τέρμα της διαδρομής επιλέχθηκε το εργοστάσιο κατασκευής ηλεκτρικών οχημάτων της BMW στο Ντεμπρέτσεν της Ουγγαρίας, το οποίο εφοδιάζεται από το προαναφερθέν εργοστάσιο της Samsung με μπαταρίες.

Η απόσταση μεταξύ των δύο βιομηχανικών εγκαταστάσεων ανέρχεται περίπου στα 230 km (βλ. εικόνα 5.5-1) και η μεταφορά των μπαταριών γίνεται οδικώς.



*Εικόνα 5.5-1: Διαδρομή μεταφοράς των μπαταριών της μελέτης περίπτωσης
[Πηγή: Google Maps]*

Όπως αναφέρθηκε σε προηγούμενο υποκεφάλαιο, οι μπαταρίες οχημάτων τείνουν να μην περιλαμβάνουν συσκευασία. Παρόλαυτα, όπως στα περισσότερα προϊόντα που μεταφέρονται οδικώς, τυχόν συσκευασίες που χρησιμοποιούνται αποτελούνται από υλικά που γενικά είναι ανακυκλώσιμα, επαναχρησιμοποιήσιμα ή επιστρέψιμα. Κατ' επέκταση, ο τύπος συσκευασίας θεωρείται «επιστρέψιμος» για την συμπλήρωση της φόρμας. Τα δεδομένα αυτά θεωρούνται ίδια για όλους τους τύπους των εξεταζόμενων μπαταριών.

Συνεπώς, η φόρμα διανομής ολοκληρώνεται ως εξής:

Means of transportation	Hauling distance [km]
Ship (Overseas)	<input type="text"/>
Ship (Inland)	<input type="text"/>
Railroad	<input type="text"/>
Truck	230
Van	<input type="text"/>
Car	<input type="text"/>
Aircraft	<input type="text"/>

11. Type of packaging

Εικόνα 5.5-1: Δείγμα συμπλήρωσης της φόρμας διανομής για την μπαταρία HEV LFP

5.6. Χρήση προϊόντος

Στην παρούσα φόρμα, τα δεδομένα που θα εισαχθούν αφορούν τη συχνότητα, τις απαιτήσεις και τα απόβλητα της χρήσης της μπαταρίας. Όσον αφορά τον ετήσιο αριθμό χρήσεων, θα οριστεί σε **200** (εκ των 365 ημερών ετησίως), όπου κάθε χρήση ταυτίζεται με οποιονδήποτε αριθμό χρήσεων εντός μίας ημέρας. Ο αριθμός αυτός επιλέγεται καθώς, από τη μια σημαντικό ποσοστό ανθρώπων χρησιμοποιούν σε σχεδόν καθημερινή βάση το όχημά τους, ενώ επίσης μεγάλο ποσοστό ατόμων αξιοποιούν τα μέσα μαζικής μεταφοράς για την μετάβαση στην εργασία ή την γενικότερη μετακίνησή τους.

Στην ερώτηση αν το προϊόν αποτελεί δυνητικό κίνδυνο προς το περιβάλλον σε περίπτωση κακής χρήσης ή βλάβης/δυσλειτουργίας, επιλέχθηκε η απάντηση «Πιθανό», καθώς, όπως έχει προαναφερθεί, οι μπαταρίες περιέχουν υλικά επικίνδυνα προς το περιβάλλον, τα οποία σε πιθανή εμφάνιση βλάβης δύνανται να διαρρεύσουν στο περιβάλλον.

Όσον αφορά την εισροή υλικών και ενέργειας και εκροή αποβλήτων ανά χρήση της μπαταρίας, τα σχετικά πλαίσια αφήθηκαν κενά, καθώς οι απαιτήσεις και εκροές αυτές είναι μηδενικές.

Οι παραπάνω επιλογές είναι ίδιες για όλους τους τύπους των εξεταζόμενων μπαταριών.

Η ενδεικτική συμπλήρωση της φόρμας παρουσιάζεται στην Εικόνα 5.6-1:


Assistant

Description Raw Material Manufacture Distribution **Product Use** End of Life Result

This form addresses data concerning the stage of product use.
Again, you will get support by clicking the help-symbol next to the "Class" heading.


12. Use frequency: uses per year

13. Input per use

Designation	Mass [kg]	Material	Class 
<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>

Electric energy input per use ("current from the wall socket"): [kWh]

14. Waste per use

Designation	Mass [kg]	Material	Class 
<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>

15. Is the product a potential hazard to the environment if used inadequately or in the case of malfunctions?

Εικόνα 5.6-1: Δείγμα συμπλήρωσης της φόρμας χρήσης προϊόντος για την μπαταρία HEV LFP

5.7. Τέλος κύκλου ζωής

Στην τελική φόρμα του βοηθού ζητούνται δεδομένα για τη διαχείριση στο τέλος του κύκλου ζωής της μπαταρίας κάθε υλικού που αναφέρθηκε στο υποκεφάλαιο 5.3, επιλέγοντας έναν εκ των τρόπων διαχείρισης που προαναφέρθηκαν.

Ενεργό υλικό: Το ενεργό υλικό ανακτάται στο τέλος ζωής της μπαταρίας (Jena et al, 2023) και επαναχρησιμοποιείται κατόπιν επεξεργασίας σε νέες διαδικασίες παραγωγής. Επιλέγεται η **ανακύκλωση**.

Γραφίτης: Ο γραφίτης γενικά δεν ανακτάται από την μπαταρία και συνήθως οδηγείται σε χωματερές⁶, ενώ σπανιότερα προς αποτέφρωση. Επιλέγεται η απόρριψη σε **χωματερή**.

PVDF: Κατά τη διαχείριση της μπαταρίας στο τέλος ζωής, το PVDF παρουσιάζει δυσκολίες στην ανακύκλωσή του, καθώς απαιτεί επεξεργασία της μπαταρίας με ειδικούς διαλύτες για να επιτευχθεί (Golmohammadzadeh et al, 2023). Κατ' επέκταση, το PVDF συνήθως δεν ανακυκλώνεται και απορρίπτεται σε **χωματερές**.

⁶ <https://americanbatterytechnology.com/the-next-frontier-in-ev-battery-recycling-graphite-2/>

Χαλκός: Ο χαλκός, ως μεταλλικό υλικό, ανακυκλώνεται σε μεγάλο ποσοστό. Κατ' επέκταση, επιλέγεται η **ανακύκλωση**.

Φύλλο αλουμινίου: Το αλουμίνιο, επίσης ως μεταλλικό υλικό, ανακυκλώνεται σε μεγάλο ποσοστό. Κατ' επέκταση, επιλέγεται η **ανακύκλωση**.

Ανθρακικό αιθυλένιο: Το ανθρακικό αιθυλένιο χρησιμοποιείται ως ηλεκτρολύτης στις μπαταρίες. Η ανάκτηση και ανακύκλωση υλικών από μπαταρίες επικεντρώνεται κυρίως στα μεταλλικά υλικά, και κατ' επέκταση οι ηλεκτρολύτες δεν επαναχρησιμοποιούνται (Mao et al, 2023). Συνεπώς, οι ηλεκτρολύτες οδηγούνται προς διαχείριση από κατάλληλους φορείς ως **επικίνδυνα απόβλητα**.

Ανθρακικό διμεθύλιο: Ομοίως με το ανθρακικό αιθυλένιο, το ανθρακικό διμεθύλιο οδηγείται προς διαχείριση από κατάλληλους φορείς ως **επικίνδυνο απόβλητο**.

Πολυπροπυλένιο: Το πολυπροπυλένιο (PP) χρησιμοποιείται κυρίως στο εξωτερικό περίβλημα των μπαταριών⁷. Ανακυκλώνεται σε μεγάλο ποσοστό, κατ' επέκταση επιλέγεται η **ανακύκλωση**.

Πολυμερές (πλαστικό): Ομοίως με το πολυπροπυλένιο, το πολυμερές, ως είδος πλαστικού, ανακυκλώνεται σε μεγάλο ποσοστό και κατ' επέκταση επιλέγεται η **ανακύκλωση**.

Τερεφθαλικό πολυαιθυλένιο: Ομοίως με τα προαναφερθέντα, το τερεφθαλικό πολυαιθυλένιο (PET) ανακυκλώνεται σε σημαντικό ποσοστό και κατ' επέκταση επιλέγεται η **ανακύκλωση**.

Χάλυβας: Ο χάλυβας, ως μεταλλικό υλικό, ανακυκλώνεται σε σημαντικό ποσοστό. Κατ' επέκταση, επιλέγεται η **ανακύκλωση**.

Ανοξείδωτος χάλυβας: Ομοίως, ο ανοξείδωτος χάλυβας ανακυκλώνεται σε σημαντικό ποσοστό και κατ' επέκταση, επιλέγεται η **ανακύκλωση**.

Καουτσούκ: Το καουτσούκ από τις μπαταρίες δεν ανακυκλώνεται και γενικά οδηγείται σε **χωματερές**.

Θερμομονωτικά υλικά: Θεωρείται πως η θερμομόνωση πραγματοποιείται με φύλλα πολυπροπυλενίου. Κατ' επέκταση, όπως προαναφέρθηκε, επιλέγεται η **ανακύκλωση**.

Γλυκόλη: Η γλυκόλη χρησιμοποιείται γενικά ως ψυκτικό μέσο με ποικίλες εφαρμογές. Όταν χρησιμοποιείται σε μεγάλες μονάδες ψύξης (π.χ. κλιματιστικά), έπειτα οδηγείται σε μονάδες διαχείρισης επικίνδυνων αποβλήτων και μπορεί να αξιοποιηθεί αργότερα για την παραγωγή άλλων ψυκτικών υγρών. Παρόλαυτα, η εφαρμογή αυτή δεν φαίνεται να χρησιμοποιείται στον τομέα των μπαταριών και κατ' επέκταση για την φόρμα επιλέγεται η διαχείριση ως **επικίνδυνο απόβλητο**.

Ηλεκτρονικά μέρη: Τα μεταλλικά μέρη των ηλεκτρονικών μερών μιας μπαταρίας (χαλκός, κασσίτερος, χάλυβας, νικέλιο, τιτάνιο) σε μεγάλο ποσοστό ανακτώνται και ανακυκλώνονται, οπότε γι' αυτά επιλέγεται η **ανακύκλωση**. Λόγω του κόστους και της σπανιότητας των πολύτιμων μετάλλων που χρησιμοποιούνται (χρυσός, άργυρος, γάλλιο, νεοδύμιο και παλλάδιο), αυτά τείνουν

⁷ <https://cefic.org/a-solution-provider-for-sustainability/chemistrycan/driving-the-circular-economy/closing-the-loop-recycling-battery-cases/>

να ανακτώνται και άρα επιλέγεται η **ανακύκλωση**. Λόγω του είδους υλικού, το FRP συνήθως δεν ανακτάται από την μπαταρία, καθώς δεν είναι οικονομικά βιώσιμη η ανακύκλωσή του σε μεγάλη κλίμακα. Συνεπώς, το FRP θεωρείται πως οδηγείται σε **χωματερές**.

Σε γενικές γραμμές, δεν έχει εφαρμοστεί σε βιομηχανική κλίμακα όσο το δυνατόν πλήρης ανάκτηση υλικών από μπαταρίες προς ανακύκλωση. Οι διαδικασίες αυτές τείνουν να ανακτούν σχεδόν αποκλειστικά τα οικονομικώς συμφέροντα υλικά, είτε λόγω χαμηλού κόστους ανάκτησης, είτε λόγω υψηλού κόστους του υλικού.

Μια ενδεικτική συμπλήρωση της φόρμας παρουσιάζεται στην Εικόνα 5.7-1.

Assistant

Description Raw Material Manufacture Distribution Product Use **End of Life** ▶ Result

Please indicate how the product will be disposed of at the end of its service life.
The parts indicated here have been taken from the "Raw Material" form.

16. Product data

Product part	Mass [kg]	Material	Disposal ⓘ
Active Material	1.236	Carbon	recycling ▼
Graphite	0.682	Carbon	landfill ▼
PVDF	0.039	PVDC	landfill ▼
Copper	1.993	Copper	recycling ▼
Aluminum Sheet	1.615	Aluminum (primary)	recycling ▼
Ethylene Carbonate	0.268	Carbon	hazardous waste ▼
Dimethyl Carbonate	0.268	Carbon	hazardous waste ▼
Polypropylene	0.205	HDPE	recycling ▼
Polyethylene Terephthalate	0.03	PET	recycling ▼
Steel	1.798	Steel (primary)	recycling ▼
Stainless Steel	0.741	Steel with Cr, Ni	recycling ▼
Rubber	0.029	Rubber	landfill ▼
Thermal Insulation	0.054	HDPE	recycling ▼
Glycol	0.453	Carbon	hazardous waste ▼
Electronic Parts: FRP	0.249	GRP	landfill ▼
Electronic Parts: Copper, Tin, Steel	0.245	Copper, Steel (primary)	recycling ▼
Electronic Parts: Nickel, Titanium	0.015	Nickel, Titanium	recycling ▼
Electronic Parts: Precious metals (Au, Ag, Ga, Nd, P	0.001	Gold, Silver, Palladium	recycling ▼

17. Packaging data

Part of packaging	Mass [kg]	Material	Disposal ⓘ
-------------------	-----------	----------	------------

Εικόνα 5.7-1: Δείγμα συμπλήρωσης της φόρμας τέλους ζωής του προϊόντος για την μπαταρία HEV LFP

6. Αποτελέσματα μελέτης περίπτωσης & λίστες ελέγχου

6.1. Ερμηνεία των αποτελεσμάτων

Με την συμπλήρωση κάθε φόρμας του εργαλείου για τις έξι περιπτώσεις μπαταριών, το Assistant εξάγει ορισμένα αποτελέσματα για το εκάστοτε προϊόν. Όπως αναφέρθηκε στο κεφάλαιο 3.2, το προϊόν συσχετίζεται με έναν τύπο μεταξύ Α και Ε, ανάλογα με το που συγκεντρώνονται οι πιο σημαντικές περιβαλλοντικές επιπτώσεις του, και προτείνονται ορισμένες στρατηγικές περιβαλλοντικού σχεδιασμού για βελτίωση των περιβαλλοντικά κρίσιμων σταδίων.

Οι εξεταζόμενες μπαταρίες κατηγοριοποιήθηκαν στους εξής τύπους:

Τύπος Α (Έντασης πρώτων υλών): HEV LFP και HEV NMC811

Τύπος συνδυασμού Α&Ε (Έντασης πρώτων υλών και απόρριψης): PHEV LFP, PHEV NMC811, EV LFP και EV NMC811.

Παρόλαυτα, οι προτεινόμενες στρατηγικές ταυτίζονται σε όλες τις εξεταζόμενες περιπτώσεις, κοινώς η ποιοτική περιβαλλοντική αντιμετώπιση των διαφορετικών προϊόντων είναι ακριβώς η ίδια. Συγκεκριμένα, προτείνονται τα εξής:

Στρατηγικές υψηλής προτεραιότητας (Κύριες):

S1. Ορθή επιλογή υλικών

S19. Ανακύκλωση των υλικών

Στρατηγικές για πραγματοποίηση σε δεύτερο χρόνο (Δευτερεύουσες):

S2. Μείωση της ποσότητας πρώτων υλών

S9. Βελτιστοποίηση της χρήσης του προϊόντος

S10. Βελτιστοποίηση της λειτουργικότητας του προϊόντος

S11. Αύξηση της ανθεκτικότητας του προϊόντος

S15. Βελτίωση της δυνατότητας συντήρησης

S16. Βελτίωση της δυνατότητας επισκευής

S17. Βελτίωση της δυνατότητας αποσυναρμολόγησης

S18. Επαναχρησιμοποίηση μερών του προϊόντος

Επικουρικές προτεινόμενες στρατηγικές:

S12. Διασφάλιση της προστασίας του περιβάλλοντος

Η διαφορά αυτή στην κατηγοριοποίηση έγκειται στις διαφορές των ποσοτήτων των πρώτων υλών μεταξύ των μπαταριών, και πιο συγκεκριμένα στην ποσότητα που στο τέλος ζωής της μπαταρίας οδηγείται προς απόρριψη σε χωματερές και ΧΥΤΑ. Η ποσότητα υλικών στις μπαταρίες HEV που οδηγείται σε χωματερές αντιστοιχεί στο 10-11% της συνολικής μάζας του, ενώ στις άλλες περιπτώσεις, το εύρος αυτό μεταβάλλεται σε 16-20%. Αναλογικά μειώνεται και το ποσοστό των υλικών που οδηγούνται προς ανακύκλωση από περίπου 80% στην περίπτωση των μπαταριών HEV, σε 71-75% στις υπόλοιπες.

Η φόρμα των αποτελεσμάτων για κάθε περίπτωση παρουσιάζεται στο Παράρτημα IV.

6.2. Λίστες ελέγχου

Οι κύριες στρατηγικές με υψηλή προτεραιότητα για όλες τις, βάσει των αποτελεσμάτων του εργαλείου είναι οι S1 (Ορθή επιλογή υλικών) και S19 (Ανακύκλωση των υλικών). Κατόπιν αξιολόγησης των δευτερευουσών λιστών ελέγχου, και καθώς η επαναχρησιμοποίηση (S18) θα εξεταστεί σε μεγάλο μέρος στην ανακύκλωση των υλικών (S19), αποφασίσθηκε για λόγους πληρότητας, να εξεταστεί επίσης η δευτερεύουσα στρατηγική S10 (Βελτιστοποίηση της λειτουργικότητας του προϊόντος). Κάθε στρατηγική αναλύεται σε μια λίστα ελέγχου, όπως επεξηγήθηκε στο κεφάλαιο 3.3. Κάθε λίστα ελέγχου θα εξεταστεί μία φορά, καθώς η ποιοτική περιβαλλοντική αντιμετώπιση των εξεταζόμενων μπαταριών είναι η ίδια.

6.2.1. Ορθή επιλογή υλικών - S1

Η λίστα ελέγχου της στρατηγικής S1 αφορά στην περιβαλλοντική απόδοση του προϊόντος, εξετάζοντας τον αντίκτυπο των πρώτων υλών.

Οι πρώτες ύλες που χρησιμοποιούνται στο προϊόν παρουσιάζουν καλή περιβαλλοντική απόδοση;

Checklist for ECODESIGN analysis																																			
Product <input type="text" value="Li-ion vehicle battery"/>																																			
Do the materials used in the product show a good environmental performance?																																			
<table border="1"> <thead> <tr> <th>Material</th> <th>Assessment</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>FE</td><td>+</td></tr> <tr><td>FP</td><td>+</td></tr> <tr><td>PS</td><td>+</td></tr> <tr><td>PE</td><td>+</td></tr> <tr><td>...</td><td>...</td></tr> <tr><td>Carbon</td><td>+</td></tr> <tr><td>Aluminium</td><td>+</td></tr> <tr><td>Copper</td><td>+</td></tr> <tr><td>...</td><td>...</td></tr> </tbody> </table>	Material	Assessment	FE	+	FP	+	PS	+	PE	+	Carbon	+	Aluminium	+	Copper	+	What materials have been used for the product? What is the quantity of material required? What methods are applied for the environmental assessment of the materials used - and why? Is there any imaginable environmental impact that can not be detected by the methods chosen - if yes - what sort of impact would that be? How could it be taken into account?	<table border="1"> <thead> <tr> <th>Relevance (R)</th> <th>Fulfillment (F)</th> <th>Priority (P)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td><input checked="" type="radio"/> very important (10)</td> <td><input type="radio"/> yes (1)</td> <td rowspan="4" style="text-align: center; vertical-align: middle;"> <div style="font-size: 24pt; font-weight: bold; color: red;">30</div> P = R * F </td> </tr> <tr> <td><input type="radio"/> less important (5)</td> <td><input type="radio"/> rather yes (2)</td> </tr> <tr> <td><input type="radio"/> not relevant (0)</td> <td><input checked="" type="radio"/> rather no (3)</td> </tr> <tr> <td></td> <td><input type="radio"/> no (4)</td> </tr> </tbody> </table>	Relevance (R)	Fulfillment (F)	Priority (P)	<input checked="" type="radio"/> very important (10)	<input type="radio"/> yes (1)	<div style="font-size: 24pt; font-weight: bold; color: red;">30</div> P = R * F	<input type="radio"/> less important (5)	<input type="radio"/> rather yes (2)	<input type="radio"/> not relevant (0)	<input checked="" type="radio"/> rather no (3)		<input type="radio"/> no (4)	
Material	Assessment																																		
FE	+																																		
FP	+																																		
PS	+																																		
PE	+																																		
...	...																																		
Carbon	+																																		
Aluminium	+																																		
Copper	+																																		
...	...																																		
Relevance (R)	Fulfillment (F)	Priority (P)																																	
<input checked="" type="radio"/> very important (10)	<input type="radio"/> yes (1)	<div style="font-size: 24pt; font-weight: bold; color: red;">30</div> P = R * F																																	
<input type="radio"/> less important (5)	<input type="radio"/> rather yes (2)																																		
<input type="radio"/> not relevant (0)	<input checked="" type="radio"/> rather no (3)																																		
	<input type="radio"/> no (4)																																		
Measure	Use of materials with a view to their environmental performance <small>LEARN</small>																																		
Idea for Realization	<input type="text" value="Replacing Lithium (Li) with Sodium (Na)"/>																																		
Costs	<input type="radio"/> more <input type="radio"/> same <input checked="" type="radio"/> less	because <input type="text" value="sodium is an abundant resource with simple extraction process and assembly"/>																																	
Feasibility	<input checked="" type="radio"/> difficult <input type="radio"/> easy	because <input type="text" value="sodium ion batteries have a shorter life span and smaller energy density"/>																																	
Action	<input type="radio"/> at once <input checked="" type="radio"/> later <input type="radio"/> never	Responsibility <input type="text" value="Design Team"/> Deadline <input type="text" value=""/>																																	

Εικόνα 6.2.1-1: Συμπλήρωση της πρώτης ερώτησης της λίστας ελέγχου της στρατηγικής S1


Η ερώτηση απαντήθηκε ως εξής:

- | | | |
|---|---|------------------------------------|
| <ul style="list-style-type: none"> • <u>Σχετικότητα (R)</u>: Πολύ σημαντικό (10) • <u>Εκπλήρωση (F)</u>: Μάλλον όχι (3) | } | <u>Προτεραιότητα (P)</u> : 10×3=30 |
|---|---|------------------------------------|

Η τιμή 30 αναδεικνύει υψηλή προτεραιότητα για την συγκεκριμένη στρατηγική. Κατ' επέκταση, η ομάδα σχεδιασμού καλείται να επιλέξει εναλλακτικά υλικά, τα οποία χαρακτηρίζονται από καλύτερη περιβαλλοντική απόδοση. Ένα γνωστό εναλλακτικό υλικό για την αντικατάσταση του λιθίου είναι το νάτριο, το οποίο γνωρίζει ήδη εφαρμογές στον τομέα των μπαταριών και έχει μικρότερο περιβαλλοντικό αντίκτυπο λόγω αφθονίας του στη φύση και πιο απλής διαδικασίας παραγωγής μπαταρίας. Παρόλαυτα, οι μπαταρίες ιόντων νατρίου (Na-ion) εμφανίζουν πολύ μικρότερη διάρκεια ζωής και ενεργειακή πυκνότητα (Kamble et al, 2023) και η εφαρμογή τους σε οχήματα βρίσκεται ακόμα σε πειραματικό στάδιο.

Αποφεύγεται η χρήση τοξικών υλικών στο προϊόν;

Measure		Avoid or reduce the use of toxic materials and components <small>LEARN</small>	
Idea for Realization	Replacing Lithium (Li) with Magnesium (Mg)		
Costs	<input checked="" type="radio"/> more <input type="radio"/> same <input type="radio"/> less	because	different equipment and assembly is required
Feasibility	<input checked="" type="radio"/> difficult <input type="radio"/> easy	because	Mg-ion batteries are not commercialised yet
Action	<input type="radio"/> at once <input checked="" type="radio"/> later <input type="radio"/> never	Responsibility	Design Team
		Deadline	-

Has the use of toxic materials been avoided in the product?			
 What quantities of which materials are contained in the product? What problematic (poisonous, toxic) materials have been used? Are there any alternatives, what other materials could be used?	Relevance (R)	Fulfillment (F)	Priority (P)
	<input checked="" type="radio"/> very important (10) <input type="radio"/> less important (5) <input type="radio"/> not relevant (0)	<input type="radio"/> yes (1) <input type="radio"/> rather yes (2) <input checked="" type="radio"/> rather no (3) <input type="radio"/> no (4)	30 P = R * F


Εικόνα 6.2.1-2: Συμπλήρωση της δεύτερης ερώτησης της λίστας ελέγχου της στρατηγικής S1

Η ερώτηση απαντήθηκε ως εξής:

- Σχετικότητα (R): Πολύ σημαντικό (10)
 - Εκπλήρωση (F): Μάλλον όχι (3)
- } Προτεραιότητα (P): 10×3=30

Η τιμή 30 αναδεικνύει υψηλή προτεραιότητα για την συγκεκριμένη στρατηγική. Κατ' επέκταση, η ομάδα σχεδιασμού καλείται να επιλέξει εναλλακτικά, μη τοξικά υλικά για την αντικατάσταση του λιθίου. Μια δυνατή επιλογή είναι το μαγνήσιο (Mg), όμως η εφαρμογή του στις μπαταρίες οχημάτων βρίσκεται ακόμα σε εργαστηριακό στάδιο (Dominko et al, 2020). Επιπρόσθετα, η αντικατάσταση του λιθίου από μαγνήσιο θα απαιτούσε έναν διαφορετικό σχεδιασμό του προϊόντος και αντικατάσταση του υφιστάμενου βιομηχανικού εξοπλισμού.

Χρησιμοποιούνται ανανεώσιμες πρώτες ύλες (π.χ. βιοπολυμερή) στο προϊόν;

Have renewable raw materials (e.g. bio-polymers, etc.) been used in the product?							
 <p>What materials is the product made of? What materials characteristics are essential? Are there renewable raw materials with similar characteristics? Which of the conventional materials used could be replaced by renewables?</p>	<table border="1"> <thead> <tr> <th>Relevance (R)</th> <th>Fulfillment (F)</th> <th>Priority (P)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td> <input checked="" type="radio"/> very important (10) <input type="radio"/> less important (5) <input type="radio"/> not relevant (0) </td> <td> <input type="radio"/> yes (1) <input type="radio"/> rather yes (2) <input type="radio"/> rather no (3) <input checked="" type="radio"/> no (4) </td> <td style="text-align: center;"> <div style="border: 2px solid red; padding: 5px; font-size: 24px; font-weight: bold; color: red;">40</div> <p>P = R * F</p> </td> </tr> </tbody> </table>	Relevance (R)	Fulfillment (F)	Priority (P)	<input checked="" type="radio"/> very important (10) <input type="radio"/> less important (5) <input type="radio"/> not relevant (0)	<input type="radio"/> yes (1) <input type="radio"/> rather yes (2) <input type="radio"/> rather no (3) <input checked="" type="radio"/> no (4)	<div style="border: 2px solid red; padding: 5px; font-size: 24px; font-weight: bold; color: red;">40</div> <p>P = R * F</p>
Relevance (R)	Fulfillment (F)	Priority (P)					
<input checked="" type="radio"/> very important (10) <input type="radio"/> less important (5) <input type="radio"/> not relevant (0)	<input type="radio"/> yes (1) <input type="radio"/> rather yes (2) <input type="radio"/> rather no (3) <input checked="" type="radio"/> no (4)	<div style="border: 2px solid red; padding: 5px; font-size: 24px; font-weight: bold; color: red;">40</div> <p>P = R * F</p>					
Measure	Prefer materials from renewable raw materials <small>LEARN</small>						
Idea for Realization	Replacing a percentage of polymers with bio-polymers (e.g. from recycled plastic waste)						
Costs	<input type="radio"/> more <input checked="" type="radio"/> same because while plastic waste is readily available, processing cost for waste is higher <input type="radio"/> less						
Feasibility	<input checked="" type="radio"/> difficult because not yet commercialised in the battery industry <input type="radio"/> easy						
Action	<input type="radio"/> at once Responsibility Design Team <input checked="" type="radio"/> later <input type="radio"/> never Deadline -						


Εικόνα 6.2.1-3: Συμπλήρωση της τρίτης ερώτησης της λίστας ελέγχου της στρατηγικής S1

Η ερώτηση απαντήθηκε ως εξής:

- Σχετικότητα (R): Πολύ σημαντικό (10)
 - Εκπλήρωση (F): Όχι (4)
- } Προτεραιότητα (P): 10×4=40

Η τιμή 40 αναδεικνύει πολύ υψηλή προτεραιότητα για την συγκεκριμένη στρατηγική. Κατ' επέκταση, η ομάδα σχεδιασμού καλείται να επιλέξει πρώτες ύλες που προέρχονται εξ ολοκλήρου ή εν μέρει από στερεά απόβλητα. Ένα υποψήφιο υλικό για το εγχείρημα αυτό είναι τα διάφορα είδη πλαστικού που χρησιμοποιούνται. Παρόλαυτα, αν και το κόστος αξιοποίησης ανακυκλωμένου πλαστικού θα ήταν περίπου το ίδιο, δεν υπάρχουν ακόμα ευρείες εφαρμογές σε βιομηχανικό επίπεδο, οπότε η υλοποίηση του σχεδίου κρίνεται σχετικά δύσκολη την παρούσα χρονική περίοδο.

Αποτελείται το προϊόν από ανακυκλώσιμα υλικά;

Is the product made of recyclable materials?		Relevance (R)	Fulfillment (F)	Priority (P)									
 <p>What materials have been used for the product? What are the requisite (strength-related) material characteristics? Are the materials easily recyclable? If not - are there alternatives suitable for recycling?</p>	<input checked="" type="radio"/> very important (10) <input type="radio"/> less important (5) <input type="radio"/> not relevant (0)	<input type="radio"/> yes (1) <input checked="" type="radio"/> rather yes (2) <input type="radio"/> rather no (3) <input type="radio"/> no (4)	<div style="border: 1px solid black; padding: 5px; display: inline-block;"> 20 <small>P = R * F</small> </div>										
	<table border="1"> <thead> <tr> <th>Measure</th> <th>Prefer recyclable materials <small>LEARN</small></th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Idea for Realization</td> <td>Higher recycling percentage of materials</td> </tr> <tr> <td>Costs</td> <td> <input checked="" type="radio"/> more <input type="radio"/> same <input type="radio"/> less because requires separation of waste streams and more intense processing </td> </tr> <tr> <td>Feasibility</td> <td> <input checked="" type="radio"/> difficult <input type="radio"/> easy because high impact of replacing equipment for a small recycling percentage increase </td> </tr> <tr> <td rowspan="2">Action</td> <td> <input type="radio"/> at once <input checked="" type="radio"/> later <input type="radio"/> never Responsibility Design Team </td> </tr> <tr> <td> Deadline - </td> </tr> </tbody> </table>			Measure	Prefer recyclable materials <small>LEARN</small>	Idea for Realization	Higher recycling percentage of materials	Costs	<input checked="" type="radio"/> more <input type="radio"/> same <input type="radio"/> less because requires separation of waste streams and more intense processing	Feasibility	<input checked="" type="radio"/> difficult <input type="radio"/> easy because high impact of replacing equipment for a small recycling percentage increase	Action	<input type="radio"/> at once <input checked="" type="radio"/> later <input type="radio"/> never Responsibility Design Team
Measure	Prefer recyclable materials <small>LEARN</small>												
Idea for Realization	Higher recycling percentage of materials												
Costs	<input checked="" type="radio"/> more <input type="radio"/> same <input type="radio"/> less because requires separation of waste streams and more intense processing												
Feasibility	<input checked="" type="radio"/> difficult <input type="radio"/> easy because high impact of replacing equipment for a small recycling percentage increase												
Action	<input type="radio"/> at once <input checked="" type="radio"/> later <input type="radio"/> never Responsibility Design Team												
	Deadline -												


Εικόνα 6.2.1-4: Συμπλήρωση της τέταρτης ερώτησης της λίστας ελέγχου της στρατηγικής S1

Η ερώτηση απαντήθηκε ως εξής:

- Σχετικότητα (R): Πολύ σημαντικό (10)
 - Εκπλήρωση (F): Μάλλον ναι (2)
- } Προτεραιότητα (P): 10×2=20

Η τιμή 20 αναδεικνύει μέση προς χαμηλή προτεραιότητα για την συγκεκριμένη στρατηγική. Όπως αναλύθηκε και προηγουμένως, ένα μεγάλο ποσοστό των πρώτων υλών μιας μπαταρίας οδηγούνται προς ανακύκλωση. Η αύξηση του ποσοστού αυτού απαιτεί πιο εντατικό διαχωρισμό των ρευμάτων αποβλήτων, καθώς και μετέπειτα επεξεργασία, γεγονός το οποίο έχει υψηλό κόστος για μικρή εν τέλει αύξηση του ποσοστού ανακύκλωσης.

Μπορούν τα υλικά του προϊόντος να διαχωριστούν και αποφεύγονται τα μη διαχωριζόμενα σύνθετα υλικά;

Are the materials used in the product separable, have inseparable composite materials been avoided?		Relevance (R)	Fulfillment (F)	Priority (P)								
 <p>What materials are present in the product? Where have inseparable composite materials been used in the product? What is the reason for their being inseparable? Are there alternatives, if yes, how can separation of the materials be implemented?</p>	<input type="radio"/> very important (10) <input checked="" type="radio"/> less important (5) <input type="radio"/> not relevant (0)	<input checked="" type="radio"/> yes (1) <input type="radio"/> rather yes (2) <input type="radio"/> rather no (3) <input type="radio"/> no (4)	<div style="border: 1px solid black; padding: 5px; text-align: center;"> 5 <small>P = R * F</small> </div>									
	<table border="1"> <thead> <tr> <th>Measure</th> <th>Avoid inseparable composite materials <small>LEARN</small></th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Idea for Realization</td> <td>The electronic parts which fall under this category are already been recycled to the best extent feasible</td> </tr> <tr> <td>Costs</td> <td> <input type="radio"/> more <input checked="" type="radio"/> same because <input type="text"/> <input type="radio"/> less </td> </tr> <tr> <td>Feasibility</td> <td> <input type="radio"/> difficult because <input type="text"/> <input checked="" type="radio"/> easy </td> </tr> <tr> <td rowspan="2">Action</td> <td> <input type="radio"/> at once Responsibility <input type="text"/> <input type="radio"/> later <input type="radio"/> never Deadline <input type="text"/> </td> </tr> </tbody> </table>			Measure	Avoid inseparable composite materials <small>LEARN</small>	Idea for Realization	The electronic parts which fall under this category are already been recycled to the best extent feasible	Costs	<input type="radio"/> more <input checked="" type="radio"/> same because <input type="text"/> <input type="radio"/> less	Feasibility	<input type="radio"/> difficult because <input type="text"/> <input checked="" type="radio"/> easy	Action
Measure	Avoid inseparable composite materials <small>LEARN</small>											
Idea for Realization	The electronic parts which fall under this category are already been recycled to the best extent feasible											
Costs	<input type="radio"/> more <input checked="" type="radio"/> same because <input type="text"/> <input type="radio"/> less											
Feasibility	<input type="radio"/> difficult because <input type="text"/> <input checked="" type="radio"/> easy											
Action	<input type="radio"/> at once Responsibility <input type="text"/> <input type="radio"/> later <input type="radio"/> never Deadline <input type="text"/>											

Εικόνα 6.2.1-5: Συμπλήρωση της πέμπτης ερώτησης της λίστας ελέγχου της στρατηγικής S1

Η ερώτηση απαντήθηκε ως εξής:

- Σχετικότητα (R): Λιγότερο σημαντικό (5)
 - Εκπλήρωση (F): Ναι (1)
- } Προτεραιότητα (P): 5×1=5

Η τιμή 5 αναδεικνύει πολύ χαμηλή προτεραιότητα για την συγκεκριμένη στρατηγική. Το μόνο κομμάτι της μπαταρίας όπου οι πρώτες ύλες είναι δύσκολα διαχωριζόμενες είναι τα ηλεκτρονικά μέρη. Παρόλαυτα, όπως και στις μητρικές πλακέτες διαφόρων ηλεκτρονικών συσκευών, τα επιμέρους υλικά (θερμοπλαστικό, μέταλλα, πολύτιμα μέταλλα) διαχωρίζονται και οδηγούνται προς ανακύκλωση ή επαναχρησιμοποιούνται.

Αποφεύγεται η χρήση πρώτων υλών και συστατικά προβληματικής προέλευσης;

Measure		Avoid raw materials, components of problematic origin <small>LEARN</small>	
Idea for Realization	Replacing the types of electrolyte used, as they are treated as a hazardous material at the product end of life		
Costs	<input checked="" type="radio"/> more <input type="radio"/> same <input type="radio"/> less	because	no viable, cost-effective electrolyte replacement has been commercialised yet
Feasibility	<input checked="" type="radio"/> difficult <input type="radio"/> easy	because	different equipment, raw materials and manufacturing process might be needed
Action	<input type="radio"/> at once <input checked="" type="radio"/> later <input type="radio"/> never	Responsibility	Design Team
		Deadline	-

Εικόνα 6.2.1-6: Συμπλήρωση της έκτης ερώτησης της λίστας ελέγχου της στρατηγικής S1

Η ερώτηση απαντήθηκε ως εξής:


- Σχετικότητα (R): Πολύ σημαντικό (10)
 - Εκπλήρωση (F): Μάλλον όχι (3)
- } Προτεραιότητα (P): 10×3=30

Η τιμή 30 αναδεικνύει υψηλή προτεραιότητα για την συγκεκριμένη στρατηγική. Κατ' επέκταση, η ομάδα σχεδιασμού καλείται να επιλέξει εναλλακτικά υλικά για την αντικατάσταση των ηλεκτρολυτών, οι οποίοι στο τέλος κύκλου ζωής της μπαταρίας οδηγούνται προς διαχείριση ως επικίνδυνα απόβλητα. Παρά το γεγονός ότι πραγματοποιούνται έρευνες για εναλλακτικές λύσεις, δεν έχει αναδειχθεί κανένα σχετικό υλικό. Σε κάθε περίπτωση, είναι πολύ πιθανό ότι η αλλαγή των ηλεκτρολυτών θα απαιτούσε αλλαγές σε επίπεδο σχεδιασμού, εξοπλισμού και παραγωγικής διαδικασίας.

6.2.2. Ανακύκλωση των υλικών - S19

Η λίστα ελέγχου της στρατηγικής S19 αφορά στον διαχωρισμό ανακυκλώσιμων και μη υλικών και στην δυνατότητα ανακύκλωσης των υλικών το προϊόντος.

Το προϊόν παρέχει αναλυτικές πληροφορίες για τα χρησιμοποιούμενα υλικά και για τις ανάγκες των ετικετών, βάσει σχετικών προτύπων;

Checklist for ECODESIGN analysis			
Product <input type="text" value="Li-ion vehicle battery"/>			
Does the product provide for thorough information on materials used and for labeling conforming to standards?			
 <p>What different materials are contained in the product? Where and how can the individual components be labeled so that materials may be unequivocally identified – in particular after the product's end of life. How does labeling conforming to standards look like? Is there need for additional information?</p>	Relevance (R) <input type="radio"/> very important (10) <input checked="" type="radio"/> less important (5) <input type="radio"/> not relevant (0)	Fulfillment (F) <input checked="" type="radio"/> yes (1) <input type="radio"/> rather yes (2) <input type="radio"/> rather no (3) <input type="radio"/> no (4)	
	<table border="1"> <tr> <td style="text-align: center; font-size: 24pt;">5</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">P = R * F</td> </tr> </table>		5
5			
P = R * F			
Measure	Ensure labeling of materials conforming to standards <small>LEARN</small>		
Idea for Realization	<input type="text" value="Modification of labels to comply with new or updated legislation"/>		
Costs	<input checked="" type="radio"/> more <input type="radio"/> same <input type="radio"/> less	because <input type="text" value="use of new and different product labels"/>	
Feasibility	<input checked="" type="radio"/> difficult <input type="radio"/> easy	because <input type="text" value="each company will have to be recertified for new standards"/>	
Action	<input type="radio"/> at once <input checked="" type="radio"/> later <input type="radio"/> never	Responsibility <input type="text" value="Design Team & Legal Team"/>	
		Deadline <input type="text" value="if and when updated or new relevant legislation demands it"/>	

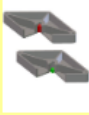
Εικόνα 6.2.2-1: Συμπλήρωση της πρώτης ερώτησης της λίστας ελέγχου της στρατηγικής S19

Η ερώτηση απαντήθηκε ως εξής:

- Σχετικότητα (R): Λιγότερο σημαντικό (5)
 - Εκπλήρωση (F): Ναι (1)
- } Προτεραιότητα (P): 5×1=5

Η τιμή 5 αναδεικνύει πολύ χαμηλή προτεραιότητα για την συγκεκριμένη στρατηγική. Η λύση που προτείνεται, η οποία εφαρμόζεται ήδη, είναι η συμμόρφωση με τυχόν νέα, ενημερωμένα πρότυπα ετικετών των προϊόντων και την σχετική νομοθεσία. Η νομική ομάδα μαζί με την ομάδα σχεδιασμού αναλαμβάνουν να ενημερώσουν τις χρησιμοποιούμενες ετικέτες, όταν και εφόσον απαιτηθεί από τη νομοθεσία.

Επιτρέπουν όλα τα συστατικά μέρη του προϊόντος τον διαχωρισμό των υλικών με σκοπό την ανακύκλωση;

Do all components of the product permit the separation of materials for the purpose of recycling?		Relevance (R)	Fulfillment (F)	Priority (P)																						
 <p>What different materials are contained in the product? How are the different materials treated or recycled? What materials are incompatible with recycling and can not be separated? What measures would facilitate the separation of materials? Is it possible to choose another, more compatible combination of materials?</p>	<input checked="" type="radio"/> very important (10) <input type="radio"/> less important (5) <input type="radio"/> not relevant (0)	<input type="radio"/> yes (1) <input checked="" type="radio"/> rather yes (2) <input type="radio"/> rather no (3) <input type="radio"/> no (4)	<div style="border: 1px solid black; padding: 5px; display: inline-block;"> 20 <small>P = R * F</small> </div>																							
	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="width: 20%;">Measure</th> <th colspan="3">Make possible separation of materials for recycling <small>LEARN</small></th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Idea for Realization</td> <td colspan="3">Better split of waste streams to achieve PVDF recycling</td> </tr> <tr> <td>Costs</td> <td> <input checked="" type="radio"/> more <input type="radio"/> same <input type="radio"/> less </td> <td>because</td> <td>special equipment and handling is needed, possibly outsourced</td> </tr> <tr> <td>Feasibility</td> <td> <input checked="" type="radio"/> difficult <input type="radio"/> easy </td> <td>because</td> <td>special equipment is needed and new hazardous waste will be produced</td> </tr> <tr> <td rowspan="2">Action</td> <td> <input type="radio"/> at once <input checked="" type="radio"/> later <input type="radio"/> never </td> <td>Responsibility</td> <td>Design Team</td> </tr> <tr> <td></td> <td>Deadline</td> <td>-</td> </tr> </tbody> </table>				Measure	Make possible separation of materials for recycling <small>LEARN</small>			Idea for Realization	Better split of waste streams to achieve PVDF recycling			Costs	<input checked="" type="radio"/> more <input type="radio"/> same <input type="radio"/> less	because	special equipment and handling is needed, possibly outsourced	Feasibility	<input checked="" type="radio"/> difficult <input type="radio"/> easy	because	special equipment is needed and new hazardous waste will be produced	Action	<input type="radio"/> at once <input checked="" type="radio"/> later <input type="radio"/> never	Responsibility	Design Team		Deadline
Measure	Make possible separation of materials for recycling <small>LEARN</small>																									
Idea for Realization	Better split of waste streams to achieve PVDF recycling																									
Costs	<input checked="" type="radio"/> more <input type="radio"/> same <input type="radio"/> less	because	special equipment and handling is needed, possibly outsourced																							
Feasibility	<input checked="" type="radio"/> difficult <input type="radio"/> easy	because	special equipment is needed and new hazardous waste will be produced																							
Action	<input type="radio"/> at once <input checked="" type="radio"/> later <input type="radio"/> never	Responsibility	Design Team																							
		Deadline	-																							


Εικόνα 6.2.2-2: Συμπλήρωση της δεύτερης ερώτησης της λίστας ελέγχου της στρατηγικής S19

Η ερώτηση απαντήθηκε ως εξής:

- Σχετικότητα (R): Πολύ σημαντικό (10)
 - Εκπλήρωση (F): Μάλλον ναι (2)
- } Προτεραιότητα (P): 10×2=20

Η τιμή 20 αναδεικνύει χαμηλή προς μέση προτεραιότητα για την συγκεκριμένη στρατηγική. Η ομάδα σχεδιασμού αναδεικνύει ως προτεινόμενη λύση τον καλύτερο διαχωρισμό των ρευμάτων αποβλήτων, με στόχο την βέλτιστη ανακύκλωση του PVDF, το οποίο παρότι είδος πλαστικού εμφανίζει χαμηλό ποσοστό ανακύκλωσης. Παρόλαυτα, όπως προαναφέρθηκε, η εξαγωγή του PVDF απαιτεί την χρήση διαλυτών και η διαδικασία αυτή προϋποθέτει εξειδικευμένο εξοπλισμό ή μεταφορά σε εξωτερικό διαχειριστή και οδηγεί στην παραγωγή άλλων επικίνδυνων αποβλήτων (διαλύτες).

Μπορούν τα βλαβερά ή πολύτιμα υλικά του προϊόντος να ταυτοποιηθούν και μπορούν, βάσει σχεδιασμού, να εξαχθούν εύκολα από το προϊόν;

Can harmful or valuable materials contained in the product be identified as such and does design provide for easy extraction of these materials?							
 <p>Does the product contain harmful or valuable materials? How could extraction prior to recycling be made easier? Is the use of these harmful or valuable materials unavoidable?</p>	<table border="1"> <thead> <tr> <th>Relevance (R)</th> <th>Fulfillment (F)</th> <th>Priority (P)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td> <input type="radio"/> very important (10) <input checked="" type="radio"/> less important (5) <input type="radio"/> not relevant (0) </td> <td> <input type="radio"/> yes (1) <input checked="" type="radio"/> rather yes (2) <input type="radio"/> rather no (3) <input type="radio"/> no (4) </td> <td style="text-align: center;"> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; display: inline-block;"> 10 P = R * F </div> </td> </tr> </tbody> </table>	Relevance (R)	Fulfillment (F)	Priority (P)	<input type="radio"/> very important (10) <input checked="" type="radio"/> less important (5) <input type="radio"/> not relevant (0)	<input type="radio"/> yes (1) <input checked="" type="radio"/> rather yes (2) <input type="radio"/> rather no (3) <input type="radio"/> no (4)	<div style="border: 1px solid black; padding: 5px; display: inline-block;"> 10 P = R * F </div>
Relevance (R)	Fulfillment (F)	Priority (P)					
<input type="radio"/> very important (10) <input checked="" type="radio"/> less important (5) <input type="radio"/> not relevant (0)	<input type="radio"/> yes (1) <input checked="" type="radio"/> rather yes (2) <input type="radio"/> rather no (3) <input type="radio"/> no (4)	<div style="border: 1px solid black; padding: 5px; display: inline-block;"> 10 P = R * F </div>					
Measure	Ensure simple extraction of harmful and valuable substances <small>LEARN</small>						
Idea for Realization	Harmful (e.g. electrolytes) and valuable (e.g. precious metals) materials are already segregated and are either treated as hazardous waste or recycled, correspondingly						
Costs	<input checked="" type="radio"/> more <input type="radio"/> same <input type="radio"/> less because higher segregation for electrolytes requires totally different industrial approach						
Feasibility	<input checked="" type="radio"/> difficult <input type="radio"/> easy because not cost effective as it would increase the extraction rate a little						
Action	<input type="radio"/> at once <input checked="" type="radio"/> later <input type="radio"/> never Responsibility Design Team Deadline -						

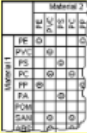
Εικόνα 6.2.2-3: Συμπλήρωση της τρίτης ερώτησης της λίστας ελέγχου της στρατηγικής S19

Η ερώτηση απαντήθηκε ως εξής:

- Σχετικότητα (R): Λιγότερο σημαντικό (5)
 - Εκπλήρωση (F): Μάλλον ναι (2)
- } Προτεραιότητα (P): 5×2=10

Η τιμή 10 αναδεικνύει χαμηλή προτεραιότητα για την συγκεκριμένη στρατηγική. Στο τέλος ζωής της μπαταρίας, τα πολύτιμα (σπάνιες γαίες) και βλαβερά (π.χ. ηλεκτρολύτες) υλικά διαχωρίζονται και διαχειρίζονται το καθένα με τον ενδεδειγμένο τρόπο. Όπως προαναφέρθηκε, ο καλύτερος διαχωρισμός των υλικών είναι μια κοστοβόρα διαδικασία, η οποία θα αυξήσει ελάχιστα το ποσοστό εξαγωγής και διαχωρισμού των υλικών αυτών.

Είναι τα υλικά των διαφορετικών συστατικών μερών του προϊόντος κατάλληλα για ανακύκλωση; Είναι τα υλικά που περιέχονται σε διαφορετικά συστατικά μέρη κατάλληλα για κοινή ανακύκλωση;

Are the materials used for the individual components of the product suitable for recycling? Are the materials contained in different components suitable for joint recycling?							
 <p>What materials is the product/component made of? Can the diversity of materials be reduced? Are the different materials separable, and how do inseparable materials behave in the recycling process?</p>	<table border="1"> <thead> <tr> <th>Relevance (R)</th> <th>Fulfillment (F)</th> <th>Priority (P)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td> <input checked="" type="radio"/> very important (10) <input type="radio"/> less important (5) <input type="radio"/> not relevant (0) </td> <td> <input type="radio"/> yes (1) <input type="radio"/> rather yes (2) <input checked="" type="radio"/> rather no (3) <input type="radio"/> no (4) </td> <td style="text-align: center;"> <div style="font-size: 24pt; font-weight: bold; color: red;">30</div> P = R * F </td> </tr> </tbody> </table>	Relevance (R)	Fulfillment (F)	Priority (P)	<input checked="" type="radio"/> very important (10) <input type="radio"/> less important (5) <input type="radio"/> not relevant (0)	<input type="radio"/> yes (1) <input type="radio"/> rather yes (2) <input checked="" type="radio"/> rather no (3) <input type="radio"/> no (4)	<div style="font-size: 24pt; font-weight: bold; color: red;">30</div> P = R * F
Relevance (R)	Fulfillment (F)	Priority (P)					
<input checked="" type="radio"/> very important (10) <input type="radio"/> less important (5) <input type="radio"/> not relevant (0)	<input type="radio"/> yes (1) <input type="radio"/> rather yes (2) <input checked="" type="radio"/> rather no (3) <input type="radio"/> no (4)	<div style="font-size: 24pt; font-weight: bold; color: red;">30</div> P = R * F					
Measure	Ensure that materials are suitable for recycling <small>LEARN</small>						
Idea for Realization	As most materials aren't suitable for joint recycling, a higher recycling rate should be pursued						
Costs	<input checked="" type="radio"/> more <input type="radio"/> same <input type="radio"/> less because <input type="text" value="product specifications or equipment must be changed"/>						
Feasibility	<input checked="" type="radio"/> difficult <input type="radio"/> easy because <input type="text" value="not cost-effective as it would increase the recycling rate a little"/>						
Action	<input type="radio"/> at once <input checked="" type="radio"/> later <input type="radio"/> never Responsibility <input type="text" value="Design Team"/> Deadline <input type="text" value=""/>						

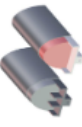
Εικόνα 6.2.2-4: Συμπλήρωση της τέταρτης ερώτησης της λίστας ελέγχου της στρατηγικής S19

Η ερώτηση απαντήθηκε ως εξής:

- Σχετικότητα (R): Πολύ σημαντικό (10)
 - Εκπλήρωση (F): Μάλλον όχι (3)
- } Προτεραιότητα (P): 10×3=30

Η τιμή 30 αναδεικνύει υψηλή προτεραιότητα για την συγκεκριμένη στρατηγική. Κατ' επέκταση, η ομάδα σχεδιασμού καλείται να τροποποιήσει τον σχεδιασμό του προϊόντος με στόχο μεγαλύτερο βαθμό ανακύκλωσης. Όπως προαναφέρθηκε στην πρώτη λίστα ελέγχου, η αύξηση του ποσοστού ανακύκλωσης απαιτεί πιο εντατικό διαχωρισμό των ρευμάτων αποβλήτων, καθώς και μετέπειτα επεξεργασία, γεγονός το οποίο έχει υψηλό κόστος για μικρή εν τέλει αύξηση της ανακύκλωσης.

Είναι το υλικό βάσης και επιφανειακής κάλυψης του προϊόντος κατάλληλα για ανακύκλωση;

Are surface coating and base material compatible for recycling?							
 <p>What components have a surface coating? Can this coating impair recyclability? Are there alternative solutions?</p>	<table border="1"> <thead> <tr> <th>Relevance (R)</th> <th>Fulfillment (F)</th> <th>Priority (P)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td> <input checked="" type="radio"/> very important (10) <input type="radio"/> less important (5) <input type="radio"/> not relevant (0) </td> <td> <input checked="" type="radio"/> yes (1) <input type="radio"/> rather yes (2) <input type="radio"/> rather no (3) <input type="radio"/> no (4) </td> <td style="text-align: center;"> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; display: inline-block;"> 10 P = R * F </div> </td> </tr> </tbody> </table>	Relevance (R)	Fulfillment (F)	Priority (P)	<input checked="" type="radio"/> very important (10) <input type="radio"/> less important (5) <input type="radio"/> not relevant (0)	<input checked="" type="radio"/> yes (1) <input type="radio"/> rather yes (2) <input type="radio"/> rather no (3) <input type="radio"/> no (4)	<div style="border: 1px solid black; padding: 5px; display: inline-block;"> 10 P = R * F </div>
Relevance (R)	Fulfillment (F)	Priority (P)					
<input checked="" type="radio"/> very important (10) <input type="radio"/> less important (5) <input type="radio"/> not relevant (0)	<input checked="" type="radio"/> yes (1) <input type="radio"/> rather yes (2) <input type="radio"/> rather no (3) <input type="radio"/> no (4)	<div style="border: 1px solid black; padding: 5px; display: inline-block;"> 10 P = R * F </div>					
Measure	Ensure that surface coating and base material are suitable for recycling <small>LEARN</small>						
Idea for Realization	Pursuing a higher recycling rate, as the relevant materials are already being recycled						
Costs	<input checked="" type="radio"/> more <input type="radio"/> same <input type="radio"/> less because <input type="text" value="product specifications or equipment must be changed"/>						
Feasibility	<input checked="" type="radio"/> difficult <input type="radio"/> easy because <input type="text" value="not cost-effective as it would increase the recycling rate a little"/>						
Action	<input type="radio"/> at once <input checked="" type="radio"/> later <input type="radio"/> never Responsibility <input type="text" value="Design Team"/> Deadline <input type="text" value="-"/>						


Εικόνα 6.2.2-5: Συμπλήρωση της πέμπτης ερώτησης της λίστας ελέγχου της στρατηγικής S19

Η ερώτηση απαντήθηκε ως εξής:

- Σχετικότητα (R): Πολύ σημαντικό (10)
 - Εκπλήρωση (F): Ναι (1)
- } Προτεραιότητα (P): $10 \times 1 = 10$

Η τιμή 10 αναδεικνύει χαμηλή προτεραιότητα για την συγκεκριμένη στρατηγική. Το υλικό βάσης (είδος πλαστικού) ήδη ανακυκλώνεται ή επαναχρησιμοποιείται σε μεγάλο βαθμό. Όπως αναφέρθηκε και σε άλλες στρατηγικές, η αύξηση του ποσοστού ανακύκλωσης απαιτεί πιο εντατικό διαχωρισμό των ρευμάτων αποβλήτων, καθώς και μετέπειτα επεξεργασία, διαφορετικό σχεδιασμό και εξοπλισμό, και εν τέλει θα οδηγήσει σε μικρή σχετικά αύξηση της ανακύκλωσης.

Είναι εφικτή η πλήρης εξαγωγή υλικών και επιβλαβών ουσιών από το προϊόν;

Is it possible to extract process materials and harmful substances completely from the product?		Relevance (R)	Fulfillment (F)	Priority (P)
 <p>Does the product contain harmful substances? Are these really unavoidable? How can simple extraction of these materials be ensured? What measures can prevent process materials from remaining in the product after use?</p>	<input checked="" type="radio"/> very important (10) <input type="radio"/> less important (5) <input type="radio"/> not relevant (0)	<input type="radio"/> yes (1) <input type="radio"/> rather yes (2) <input checked="" type="radio"/> rather no (3) <input type="radio"/> no (4)	<div style="border: 1px solid black; padding: 5px; display: inline-block;"> <b style="color: red; font-size: 24px;">30 P = R * F </div>	
	Measure Make possible extraction of process materials and unavoidable harmful substances <small>LEARN</small>			
Idea for Realization	Electrolytes cannot be feasibly replaced, so a higher extraction rate must be pursued			
Costs	<input checked="" type="radio"/> more <input type="radio"/> same <input type="radio"/> less	because	higher electrolyte extraction requires different equipment or outsourcing	
Feasibility	<input checked="" type="radio"/> difficult <input type="radio"/> easy	because	not cost-effective as it would increase the extraction rate a little	
Action	<input type="radio"/> at once <input checked="" type="radio"/> later <input type="radio"/> never	Responsibility	Design Team	
		Deadline	-	


Εικόνα 6.2.2-6: Συμπλήρωση της έκτης ερώτησης της λίστας ελέγχου της στρατηγικής S19

Η ερώτηση απαντήθηκε ως εξής:

- Σχετικότητα (R): Πολύ σημαντικό (10)
 - Εκπλήρωση (F): Μάλλον όχι (3)
- } Προτεραιότητα (P): 10×3=30

Η τιμή 30 αναδεικνύει υψηλή προτεραιότητα για την συγκεκριμένη στρατηγική. Κατ' επέκταση, η ομάδα σχεδιασμού καλείται να αυξήσει τον βαθμό εξαγωγής των ηλεκτρολυτών από το προϊόν στο τέλος κύκλου ζωής. Για την επίτευξη αυτού θα απαιτούταν πιο εξειδικευμένος εξοπλισμός με υψηλό κόστος, με μικρή σχετικά αύξηση του βαθμού εξαγωγής.

Λαμβάνει ο σχεδιασμός του προϊόντος υπόψη τις δυνατότητες διάθεσης του τελικού χρήστη και υπάρχουν οδηγίες για τη διάθεση του προϊόντος;

Does product design take into account the end-user's opportunities for disposal and is there an instruction for disposal of the product?							
 <p>What is the environmentally most acceptable way of disposing of the product? What are the end-user's opportunities for disposal? How has the end-user been informed about correct disposal of the product? What are the criteria for a clear and unambiguous instruction for disposal?</p>	<table border="1"> <thead> <tr> <th>Relevance (R)</th> <th>Fulfillment (F)</th> <th>Priority (P)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td> <input checked="" type="radio"/> very important (10) <input type="radio"/> less important (5) <input type="radio"/> not relevant (0) </td> <td> <input type="radio"/> yes (1) <input checked="" type="radio"/> rather yes (2) <input type="radio"/> rather no (3) <input type="radio"/> no (4) </td> <td style="text-align: center;"> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; display: inline-block;"> 20 P = R * F </div> </td> </tr> </tbody> </table>	Relevance (R)	Fulfillment (F)	Priority (P)	<input checked="" type="radio"/> very important (10) <input type="radio"/> less important (5) <input type="radio"/> not relevant (0)	<input type="radio"/> yes (1) <input checked="" type="radio"/> rather yes (2) <input type="radio"/> rather no (3) <input type="radio"/> no (4)	<div style="border: 1px solid black; padding: 5px; display: inline-block;"> 20 P = R * F </div>
Relevance (R)	Fulfillment (F)	Priority (P)					
<input checked="" type="radio"/> very important (10) <input type="radio"/> less important (5) <input type="radio"/> not relevant (0)	<input type="radio"/> yes (1) <input checked="" type="radio"/> rather yes (2) <input type="radio"/> rather no (3) <input type="radio"/> no (4)	<div style="border: 1px solid black; padding: 5px; display: inline-block;"> 20 P = R * F </div>					
Measure	Take into account end-user's opportunities for disposal and provide for instructions for disposal <small>LEARN</small>						
Idea for Realization	Updating the product labels and increasing the battery recycling spots						
Costs	<input checked="" type="radio"/> more <input type="radio"/> same <input type="radio"/> less because use of new and different product labels, campaigns for end-user awareness						
Feasibility	<input checked="" type="radio"/> difficult <input type="radio"/> easy because not cost-effective as it would increase the proper disposal rate a little						
Action	<input type="radio"/> at once <input checked="" type="radio"/> later <input type="radio"/> never Responsibility Design Team & Marketing Team Deadline -						

Εικόνα 6.2.2-7: Συμπλήρωση της έβδομης ερώτησης της λίστας ελέγχου της στρατηγικής S19

Η ερώτηση απαντήθηκε ως εξής:

- Σχετικότητα (R): Πολύ σημαντικό (10)
 - Εκπλήρωση (F): Μάλλον ναι (2)
- } Προτεραιότητα (P): 10×2=20

Η τιμή 20 αναδεικνύει χαμηλή προς μέση προτεραιότητα για την συγκεκριμένη στρατηγική. Η ομάδα σχεδιασμού μαζί με την ομάδα μάρκετινγκ μπορεί να προχωρήσει σε αναβάθμιση των ετικετών των μπαταριών που ωθούν σε απόρριψη μόνο σε κατάλληλα σημεία, αύξηση των σημείων αυτών και ως επιπρόσθετη λύση να δημιουργήσει καμπάνιες ή διαφημίσεις στα μέσα ενημέρωσης σχετικά με την ανακύκλωση μπαταριών. Οι στρατηγικές αυτές ήδη χρησιμοποιούνται και είναι πιο αποτελεσματικές σε επίπεδο εθνικό ή έστω Δήμου, παρά όταν πραγματοποιούνται από μία εταιρεία. Επιπρόσθετα, λόγω των πολύτιμων και επικίνδυνων υλικών που περιέχουν, η διαχείριση των μπαταριών και ο διαχωρισμός των υλικών πρέπει να πραγματοποιείται μόνο από ειδικούς φορείς.

6.2.3. Βελτιστοποίηση της λειτουργικότητας του προϊόντος - S10

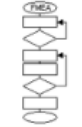
Η λίστα ελέγχου της στρατηγικής S10 εξετάζει την απόδοση λειτουργίας του προϊόντος και την δυνατότητα αντικατάστασης των συστατικών μερών του.

Είναι το προϊόν αξιόπιστο και εκπληρώνει τις λειτουργίες του χωρίς περιπτώσεις αστοχίας;

Checklist for ECODESIGN analysis

Product

Is the product reliable and does it fulfill its functions without failure?



What reasons could cause failure of the product? What parts could cause failure and how? What measures could improve reliability?

Relevance (R)	Fulfillment (F)	Priority (P)
<input checked="" type="radio"/> very important (10) <input type="radio"/> less important (5) <input type="radio"/> not relevant (0)	<input type="radio"/> yes (1) <input checked="" type="radio"/> rather yes (2) <input type="radio"/> rather no (3) <input type="radio"/> no (4)	<div style="border: 1px solid black; padding: 5px; display: inline-block;"> 20 <small>P = R * F</small> </div>

Measure	Ensure high reliability of product <small>LEARN</small>	
Idea for Realization	<input type="text" value="Replacing Lithium (Li) with Sodium (Na), as Na-ion batteries can function more reliably in extreme temperatures"/>	
Costs	<input type="radio"/> more <input type="radio"/> same <input checked="" type="radio"/> less	because <input type="text" value="sodium is an abundant resource with simple extraction process and assembly"/>
Feasibility	<input checked="" type="radio"/> difficult <input type="radio"/> easy	because <input type="text" value="Na-ion batteries have smaller energy density and they require new equipment"/>
Action	<input type="radio"/> at once <input checked="" type="radio"/> later <input type="radio"/> never	Responsibility <input type="text" value="Design Team"/> Deadline <input type="text" value="-"/>


Εικόνα 6.2.3-1: Συμπλήρωση της πρώτης ερώτησης της λίστας ελέγχου της στρατηγικής S10

Η ερώτηση απαντήθηκε ως εξής:

- Σχετικότητα (R): Πολύ σημαντικό (10)
 - Εκπλήρωση (F): Μάλλον ναι (2)
- } Προτεραιότητα (P): 10×2=20

Η τιμή 20 αναδεικνύει χαμηλή προς μέση προτεραιότητα για την συγκεκριμένη στρατηγική. Κατ' επέκταση, η ομάδα σχεδιασμού καλείται να επιλέξει εναλλακτικά υλικά, τα οποία χαρακτηρίζονται από καλύτερη λειτουργικότητα. Ένα εναλλακτικό υλικό που προαναφέρθηκε, το νάτριο (Na), μπορεί να λειτουργεί αδιάκοπα και χωρίς κίνδυνο αστοχίας σε πολύ υψηλές ή χαμηλές θερμοκρασίες, όπου οι μπαταρίες ιόντων λιθίου αδυνατούν. Παρόλαυτα, για τους λόγους που προαναφέρθηκαν, το νάτριο δεν μπορεί να εφαρμοστεί σε μπαταρίες οχημάτων σε βιομηχανική κλίμακα.

Διαθέτει το προϊόν υψηλή λειτουργική ποιότητα και εκπληρώνει τις λειτουργίες του ακόμη και σε μη ιδανικές λειτουργικές συνθήκες;

Does the product have a high functional quality and does it fulfill its functions even if service conditions are not optimal?			
 <p>What failures may happen during operation? How do these failures affect the product? What measures could avoid such disturbances?</p>	Relevance (R) <input checked="" type="radio"/> very important (10) <input type="radio"/> less important (5) <input type="radio"/> not relevant (0)	Fulfillment (F) <input type="radio"/> yes (1) <input checked="" type="radio"/> rather yes (2) <input type="radio"/> rather no (3) <input type="radio"/> no (4)	Priority (P) <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; text-align: center;"> 20 <small>P = R * F</small> </div>
	Measure Ensure high functional quality of product and minimize influence of possible disturbances <small>LEARN</small>		
Idea for Realization	<input type="text" value="Optimisation of batteries for use under extreme temperatures"/>		
Costs	<input checked="" type="radio"/> more <input type="radio"/> same <input type="radio"/> less	because <input type="text" value="most probably requires different materials and new equipment"/>	
Feasibility	<input checked="" type="radio"/> difficult <input type="radio"/> easy	because <input type="text" value="it would require the implementation of a new or different technology"/>	
Action	<input type="radio"/> at once <input checked="" type="radio"/> later <input type="radio"/> never	Responsibility <input type="text" value="Design Team"/> Deadline <input type="text" value="-"/>	


Εικόνα 6.2.3-2: Συμπλήρωση της δεύτερης ερώτησης της λίστας ελέγχου της στρατηγικής S10

Η ερώτηση απαντήθηκε ως εξής:

- Σχετικότητα (R): Πολύ σημαντικό (10)
 - Εκπλήρωση (F): Μάλλον ναι (2)
- } Προτεραιότητα (P): 10×2=20

Η τιμή 20 αναδεικνύει χαμηλή προς μέση προτεραιότητα για την συγκεκριμένη στρατηγική. Κατ' επέκταση, η ομάδα σχεδιασμού καλείται να βελτιστοποιήσει τον σχεδιασμό της μπαταρίας, ώστε αυτή να λειτουργεί αδιάκοπα ακόμα και σε μη ιδανικές συνθήκες. Όπως προαναφέρθηκε, οι μπαταρίες ιόντων λιθίου παρουσιάζουν δυσκολίες στη λειτουργία τους σε συνθήκες ακραίων θερμοκρασιών, πρόβλημα που οι μπαταρίες ιόντων νατρίου δεν εμφανίζουν. Παρόλαυτα, για τους λόγους που αναλύθηκαν προηγουμένως, το νάτριο δεν μπορεί να εφαρμοστεί σε μπαταρίες οχημάτων σε βιομηχανική κλίμακα και δεν υφίσταται κάποιος εναλλακτικός σχεδιασμός με τα υπάρχοντα υλικά που να λύνει το παρόν πρόβλημα.

Μπορεί το προϊόν να αναβαθμιστεί και να προσαρμοστεί (εξ ολοκλήρου ή σε μέρη) με βάση την καλύτερη διαθέσιμη τεχνολογία;

Can the product be upgraded and be adapted - as a whole or in parts - to the state of the art in technology?													
 <p>What parts of the product could be technologically outdated soon? What measures concerning design have therefore to be taken to ensure that the product can be upgraded later on?</p>	<table border="1"> <thead> <tr> <th>Relevance (R)</th> <th>Fulfillment (F)</th> <th>Priority (P)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td><input type="radio"/> very important (10)</td> <td><input checked="" type="radio"/> yes (1)</td> <td rowspan="4" style="text-align: center; vertical-align: middle;"> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; display: inline-block;"> 5 <small>P = R * F</small> </div> </td> </tr> <tr> <td><input checked="" type="radio"/> less important (5)</td> <td><input type="radio"/> rather yes (2)</td> </tr> <tr> <td><input type="radio"/> not relevant (0)</td> <td><input type="radio"/> rather no (3)</td> </tr> <tr> <td></td> <td><input type="radio"/> no (4)</td> </tr> </tbody> </table>	Relevance (R)	Fulfillment (F)	Priority (P)	<input type="radio"/> very important (10)	<input checked="" type="radio"/> yes (1)	<div style="border: 1px solid black; padding: 5px; display: inline-block;"> 5 <small>P = R * F</small> </div>	<input checked="" type="radio"/> less important (5)	<input type="radio"/> rather yes (2)	<input type="radio"/> not relevant (0)	<input type="radio"/> rather no (3)		<input type="radio"/> no (4)
	Relevance (R)	Fulfillment (F)	Priority (P)										
<input type="radio"/> very important (10)	<input checked="" type="radio"/> yes (1)	<div style="border: 1px solid black; padding: 5px; display: inline-block;"> 5 <small>P = R * F</small> </div>											
<input checked="" type="radio"/> less important (5)	<input type="radio"/> rather yes (2)												
<input type="radio"/> not relevant (0)	<input type="radio"/> rather no (3)												
	<input type="radio"/> no (4)												
<table border="1"> <thead> <tr> <th>Measure</th> <th>Design product for possible upgrading <small>LEARN</small></th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Idea for Realization</td> <td>Li-ion batteries are constantly upgraded and redesigned to encompass technological advances and breakthroughs</td> </tr> <tr> <td>Costs</td> <td> <input type="radio"/> more <input checked="" type="radio"/> same <input type="radio"/> less because <input type="text"/> </td> </tr> <tr> <td>Feasibility</td> <td> <input type="radio"/> difficult <input checked="" type="radio"/> easy because <input type="text"/> </td> </tr> <tr> <td rowspan="2">Action</td> <td> <input type="radio"/> at once <input type="radio"/> later <input type="radio"/> never Responsibility <input type="text"/> </td> </tr> <tr> <td> Deadline <input type="text"/> </td> </tr> </tbody> </table>	Measure	Design product for possible upgrading <small>LEARN</small>	Idea for Realization	Li-ion batteries are constantly upgraded and redesigned to encompass technological advances and breakthroughs	Costs	<input type="radio"/> more <input checked="" type="radio"/> same <input type="radio"/> less because <input type="text"/>	Feasibility	<input type="radio"/> difficult <input checked="" type="radio"/> easy because <input type="text"/>	Action	<input type="radio"/> at once <input type="radio"/> later <input type="radio"/> never Responsibility <input type="text"/>	Deadline <input type="text"/>		
Measure	Design product for possible upgrading <small>LEARN</small>												
Idea for Realization	Li-ion batteries are constantly upgraded and redesigned to encompass technological advances and breakthroughs												
Costs	<input type="radio"/> more <input checked="" type="radio"/> same <input type="radio"/> less because <input type="text"/>												
Feasibility	<input type="radio"/> difficult <input checked="" type="radio"/> easy because <input type="text"/>												
Action	<input type="radio"/> at once <input type="radio"/> later <input type="radio"/> never Responsibility <input type="text"/>												
	Deadline <input type="text"/>												


Εικόνα 6.2.3-3: Συμπλήρωση της τρίτης ερώτησης της λίστας ελέγχου της στρατηγικής S10

Η ερώτηση απαντήθηκε ως εξής:

- Σχετικότητα (R): Λιγότερο σημαντικό (5)
 - Εκπλήρωση (F): Ναι (1)
- } Προτεραιότητα (P): $5 \times 1 = 5$

Η τιμή 5 αναδεικνύει πολύ χαμηλή προτεραιότητα για την συγκεκριμένη στρατηγική. Τις τελευταίες δεκαετίες, η τεχνολογία των μπαταριών έχει κάνει άλματα όσον αφορά τον σχεδιασμό των προϊόντων, την ενεργειακή πυκνότητα, τα χρησιμοποιούμενα υλικά και τους τρόπους ανακύκλωσης ή διαχείρισης αυτών, γεγονός που επιδιώκεται επί μονίμου βάσεως σε κάθε βιομηχανικό τομέα από ομάδες έρευνας και ανάπτυξης.

Είναι το προϊόν ευέλικτο και μπορεί να εκπληρώσει πολλαπλές διαφορετικές λειτουργίες εντός του πλαισίου της προβλεπόμενης χρήσης του;

Is the product versatile and can it fulfill several different functions within the field of its intended use?											
 <p>What functions are demanded in the field the product is used? What functions could be integrated in addition to the basic functions of the product?</p>	<table border="1"> <thead> <tr> <th>Relevance (R)</th> <th>Fulfillment (F)</th> <th>Priority (P)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td> <input type="radio"/> very important (10) <input checked="" type="radio"/> less important (5) <input type="radio"/> not relevant (0) </td> <td> <input checked="" type="radio"/> yes (1) <input type="radio"/> rather yes (2) <input type="radio"/> rather no (3) <input type="radio"/> no (4) </td> <td style="text-align: center;"> 5 P = R * F </td> </tr> </tbody> </table>	Relevance (R)	Fulfillment (F)	Priority (P)	<input type="radio"/> very important (10) <input checked="" type="radio"/> less important (5) <input type="radio"/> not relevant (0)	<input checked="" type="radio"/> yes (1) <input type="radio"/> rather yes (2) <input type="radio"/> rather no (3) <input type="radio"/> no (4)	5 P = R * F				
	Relevance (R)	Fulfillment (F)	Priority (P)								
<input type="radio"/> very important (10) <input checked="" type="radio"/> less important (5) <input type="radio"/> not relevant (0)	<input checked="" type="radio"/> yes (1) <input type="radio"/> rather yes (2) <input type="radio"/> rather no (3) <input type="radio"/> no (4)	5 P = R * F									
<table border="1"> <thead> <tr> <th>Measure</th> <th>Design product for multifunctional use <small>LEARN</small></th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Idea for Realization</td> <td>Vehicle batteries are used for energy storage, distribution and functionality of almost all vehicle demands</td> </tr> <tr> <td>Costs</td> <td> <input type="radio"/> more <input checked="" type="radio"/> same because <input type="text"/> <input type="radio"/> less </td> </tr> <tr> <td>Feasibility</td> <td> <input type="radio"/> difficult because <input type="text"/> <input checked="" type="radio"/> easy </td> </tr> <tr> <td rowspan="2">Action</td> <td> <input type="radio"/> at once Responsibility <input type="text"/> <input type="radio"/> later <input type="radio"/> never </td> </tr> <tr> <td>Deadline <input type="text"/></td> </tr> </tbody> </table>	Measure	Design product for multifunctional use <small>LEARN</small>	Idea for Realization	Vehicle batteries are used for energy storage, distribution and functionality of almost all vehicle demands	Costs	<input type="radio"/> more <input checked="" type="radio"/> same because <input type="text"/> <input type="radio"/> less	Feasibility	<input type="radio"/> difficult because <input type="text"/> <input checked="" type="radio"/> easy	Action	<input type="radio"/> at once Responsibility <input type="text"/> <input type="radio"/> later <input type="radio"/> never	Deadline <input type="text"/>
Measure	Design product for multifunctional use <small>LEARN</small>										
Idea for Realization	Vehicle batteries are used for energy storage, distribution and functionality of almost all vehicle demands										
Costs	<input type="radio"/> more <input checked="" type="radio"/> same because <input type="text"/> <input type="radio"/> less										
Feasibility	<input type="radio"/> difficult because <input type="text"/> <input checked="" type="radio"/> easy										
Action	<input type="radio"/> at once Responsibility <input type="text"/> <input type="radio"/> later <input type="radio"/> never										
	Deadline <input type="text"/>										


Εικόνα 6.2.3-4: Συμπλήρωση της τέταρτης ερώτησης της λίστας ελέγχου της στρατηγικής S10

Η ερώτηση απαντήθηκε ως εξής:

- Σχετικότητα (R): Λιγότερο σημαντικό (5)
 - Εκπλήρωση (F): Ναι (1)
- } Προτεραιότητα (P): $5 \times 1 = 5$

Η τιμή 5 αναδεικνύει πολύ χαμηλή προτεραιότητα για την συγκεκριμένη στρατηγική. Οι μπαταρίες χρησιμοποιούνται για τον σκοπό αποθήκευσης και διανομής ενέργειας εντός ενός συστήματος. Η ηλεκτρική ενέργεια από αυτές αξιοποιείται για μια πληθώρα λειτουργιών εντός του οχήματος.

Είναι η αρχή λειτουργίας του προϊόντος απλή και διαθέτει απλό σχεδιασμό με τα ελάχιστα δυνατά δομικά μέρη;

Is the product's principle of functioning simple, does the product have a simple design with a minimum of structural parts?													
	<p>How complex is the design of the product and its components? Can a simplification be realized by choosing another principle of functioning? What components should be redesigned or made simpler?</p>												
<table border="1"> <thead> <tr> <th>Relevance (R)</th> <th>Fulfillment (F)</th> <th>Priority (P)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td><input type="radio"/> very important (10)</td> <td><input type="radio"/> yes (1)</td> <td rowspan="4" style="text-align: center; vertical-align: middle;"> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; display: inline-block;"> 10 P = R * F </div> </td> </tr> <tr> <td><input checked="" type="radio"/> less important (5)</td> <td><input checked="" type="radio"/> rather yes (2)</td> </tr> <tr> <td><input type="radio"/> not relevant (0)</td> <td><input type="radio"/> rather no (3)</td> </tr> <tr> <td></td> <td><input type="radio"/> no (4)</td> </tr> </tbody> </table>	Relevance (R)	Fulfillment (F)	Priority (P)	<input type="radio"/> very important (10)	<input type="radio"/> yes (1)	<div style="border: 1px solid black; padding: 5px; display: inline-block;"> 10 P = R * F </div>	<input checked="" type="radio"/> less important (5)	<input checked="" type="radio"/> rather yes (2)	<input type="radio"/> not relevant (0)	<input type="radio"/> rather no (3)		<input type="radio"/> no (4)	
Relevance (R)	Fulfillment (F)	Priority (P)											
<input type="radio"/> very important (10)	<input type="radio"/> yes (1)	<div style="border: 1px solid black; padding: 5px; display: inline-block;"> 10 P = R * F </div>											
<input checked="" type="radio"/> less important (5)	<input checked="" type="radio"/> rather yes (2)												
<input type="radio"/> not relevant (0)	<input type="radio"/> rather no (3)												
	<input type="radio"/> no (4)												
Measure	Realize simple principle of functioning <small>LEARN</small>												
Idea for Realization	The battery industry is always adapting to new technologies, including making a smaller and simpler product												
Costs	<input type="radio"/> more <input checked="" type="radio"/> same because <input type="text"/> <input type="radio"/> less												
Feasibility	<input type="radio"/> difficult because <input type="text"/> <input checked="" type="radio"/> easy												
Action	<input type="radio"/> at once Responsibility <input type="text"/> <input type="radio"/> later <input type="radio"/> never Deadline <input type="text"/>												


Εικόνα 6.2.3-5: Συμπλήρωση της πέμπτης ερώτησης της λίστας ελέγχου της στρατηγικής S10

Η ερώτηση απαντήθηκε ως εξής:

- Σχετικότητα (R): Λιγότερο σημαντικό (5)
 - Εκπλήρωση (F): Μάλλον ναι (2)
- } Προτεραιότητα (P): 5×2=10

Η τιμή 10 αναδεικνύει χαμηλή προς μέση προτεραιότητα για την συγκεκριμένη στρατηγική. Όπως προαναφέρθηκε, τα τμήματα έρευνας και ανάπτυξης της βιομηχανίας μπαταριών οχημάτων αναπτύσσουν και προσαρμόζονται συνέχεια σε νέες τεχνολογίες, μία εκ των οποίων είναι η μείωση του μεγέθους του προϊόντος μέσω καινοτόμου εναλλακτικού σχεδιασμού.

Μπορεί η φθορά του προϊόντος να αντισταθμιστεί με αναπροσαρμογή των μερών και συστατικών του;

Can wear and tear of the product be compensated for by readjustment of parts and components?		Relevance (R)	Fulfillment (F)	Priority (P)								
 <p>What parts and components are exposed to wear and tear? What precautions could ensure optimal functionality in spite of wear and tear?</p>	<input type="radio"/> very important (10) <input checked="" type="radio"/> less important (5) <input type="radio"/> not relevant (0)	<input checked="" type="radio"/> yes (1) <input type="radio"/> rather yes (2) <input type="radio"/> rather no (3) <input type="radio"/> no (4)	<div style="border: 1px solid black; padding: 5px; display: inline-block;"> 5 <small>P = R * F</small> </div>									
	<table border="1"> <thead> <tr> <th>Measure</th> <th>Design product for adjustment and adaptation at use stage <small>SEARCH</small></th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Idea for Realization</td> <td>Vehicle batteries are in large part not affected by external wear and tear, because of their location in a vehicle and robust shell</td> </tr> <tr> <td>Costs</td> <td> <input type="radio"/> more <input checked="" type="radio"/> same because <input type="text"/> <input type="radio"/> less </td> </tr> <tr> <td>Feasibility</td> <td> <input type="radio"/> difficult because <input type="text"/> <input checked="" type="radio"/> easy </td> </tr> <tr> <td rowspan="2">Action</td> <td> <input type="radio"/> at once Responsibility <input type="text"/> <input type="radio"/> later <input type="radio"/> never Deadline <input type="text"/> </td> </tr> </tbody> </table>			Measure	Design product for adjustment and adaptation at use stage <small>SEARCH</small>	Idea for Realization	Vehicle batteries are in large part not affected by external wear and tear, because of their location in a vehicle and robust shell	Costs	<input type="radio"/> more <input checked="" type="radio"/> same because <input type="text"/> <input type="radio"/> less	Feasibility	<input type="radio"/> difficult because <input type="text"/> <input checked="" type="radio"/> easy	Action
Measure	Design product for adjustment and adaptation at use stage <small>SEARCH</small>											
Idea for Realization	Vehicle batteries are in large part not affected by external wear and tear, because of their location in a vehicle and robust shell											
Costs	<input type="radio"/> more <input checked="" type="radio"/> same because <input type="text"/> <input type="radio"/> less											
Feasibility	<input type="radio"/> difficult because <input type="text"/> <input checked="" type="radio"/> easy											
Action	<input type="radio"/> at once Responsibility <input type="text"/> <input type="radio"/> later <input type="radio"/> never Deadline <input type="text"/>											

Εικόνα 6.2.3-6: Συμπλήρωση της έκτης ερώτησης της λίστας ελέγχου της στρατηγικής S10

Η ερώτηση απαντήθηκε ως εξής:

- Σχετικότητα (R): Λιγότερο σημαντικό (5)
 - Εκπλήρωση (F): Ναι (1)
- } Προτεραιότητα (P): 5×1=5

Η τιμή 5 αναδεικνύει πολύ χαμηλή προτεραιότητα για την συγκεκριμένη στρατηγική. Οι μπαταρίες οχημάτων δεν είναι εκτεθειμένες σε συνθήκες που μπορεί να δημιουργήσουν φθορά, καθώς δεν είναι τοποθετημένες εξωτερικά. Επιπλέον, το σκληρό περίβλημά τους περιορίζει σημαντικά τυχόν εξωτερική φθορά.

7. Συμπεράσματα & Προτεινόμενες δράσεις

Ο στόχος της παρούσας διπλωματικής εργασίας ήταν η χρήση του εργαλείου Ecodesign Pilot για τον προσδιορισμό περιβαλλοντικών και μη πλεονεκτημάτων και μειονεκτημάτων των μπαταριών οχημάτων, καθώς και την ανάδειξη πλεονεκτημάτων και μειονεκτημάτων του ίδιου του εργαλείου. Για την διεξαγωγή της μελέτης περίπτωσης επιλέχθηκαν συγκεκριμένοι τύποι μπαταριών ιόντων λιθίου (Li-ion) που βρίσκουν εφαρμογή σε πολλούς τύπους ηλεκτροκίνητων οχημάτων: υβριδικά, plug-in υβριδικά και αμιγώς ηλεκτροκίνητα. Οι μπαταρίες ιόντων λιθίου αξιοποιούνται στον τομέα των οχημάτων, καθώς διαθέτουν την υψηλότερη ενεργειακή πυκνότητα και μεγαλύτερη διάρκεια ζωής μεταξύ των διαθέσιμων ειδών μπαταριών.

Το Ecodesign Pilot ανέλυσε τις έξι διαφορετικές κατηγορίες μπαταριών ιόντων λιθίου για όλη τη διάρκεια ζωής τους, αξιοποιώντας δεδομένα που εισήχθησαν σε έξι στάδια: περιγραφή, χρήση πρώτων υλών, κατασκευή, διανομή, χρήση προϊόντος και τέλος κύκλου ζωής. Τα αποτελέσματα της ανάλυσης κατέδειξαν τον τύπο των μπαταριών, ανάλογα με το στάδιο στο οποίο εστιάζεται ο περιβαλλοντικός τους αντίκτυπος, και πρότειναν στρατηγικές προς εφαρμογή για τον περιορισμό του. Από τις προτεινόμενες στρατηγικές, η ομάδα σχεδιασμού του προϊόντος θα μελετήσει τις δύο που αναδεικνύονται ως κύριες και μια επιπλέον δευτερεύουσα που κρίνεται σημαντική.

Οι στρατηγικές αυτές αφορούσαν την ορθή επιλογή υλικών και πρώτων υλών, την ανακύκλωση των υλικών και την βελτιστοποίηση της λειτουργικότητας των μπαταριών. Το πόρισμα από την ανάλυση των στρατηγικών αυτών λύσεων επικεντρώθηκε στην ανάγκη επανασχεδιασμού των μπαταριών με εναλλακτικές πρώτες ύλες μικρότερου περιβαλλοντικού αποτυπώματος και στην αύξηση της ανακύκλωσης. Η πρόταση αυτή μπορεί να υλοποιηθεί θεωρητικά π.χ. μέσω της αντικατάστασης του λιθίου με νάτριο (Na) ή μαγνήσιο (Mg), αλλά οι τεχνολογίες αυτές παρουσιάζουν πολύ χαμηλότερο επίπεδο εμπορικής ετοιμότητας, καθώς διαθέτουν μόνο πιλοτικές ή εργαστηριακές εφαρμογές στον τομέα των μπαταριών οχημάτων. Όσον αφορά την ανακύκλωση, το 70-80% των υλικών του υφιστάμενου σχεδιασμού είναι ανακυκλώσιμα, ενώ τα υπόλοιπα οδηγούνται επί το πλείστον προς διάθεση σε χωματερές, με ένα μικρό ποσοστό να χρίζει ειδικής διαχείρισης ως επικίνδυνα απόβλητα. Υψηλότερο ποσοστό ανακυκλώσιμων υλών μπορεί να επιτευχθεί θεωρητικά, αλλά απαιτείται μεγάλο κόστος και πιο εξειδικευμένος ή τεχνολογικά ανώτερος εξοπλισμός για εν τέλει μικρή αύξηση της ανακύκλωσης.

Όπως αναλύθηκε και νωρίτερα, το εργαλείο Ecodesign Pilot επιλέχθηκε λόγω της δυνατότητας αξιολόγησης κάθε σταδίου του κύκλου ζωής ενός προϊόντος ξεχωριστά και της φιλικότητάς του προς τον χρήστη. Παρόλαυτα, με τη χρήση του εργαλείου μπορούν να εξαχθούν συμπεράσματα σχετικά με τα μειονεκτήματά του. Το βασικό είναι πως οι φόρμες συμπλήρωσης και τα ζητούμενα δεδομένα είναι ίδια, ανεξάρτητα με το είδος του εξεταζόμενου προϊόντος. Επιπλέον, οι κατηγορίες I έως VIII που αναλύθηκαν σε προηγούμενο κεφάλαιο είναι αρκετά περιοριστικές ως προς τον τύπο υλικού που εμπίπτει σε κάθε μία από αυτές και ειδικά αν το υλικό αυτό δεν είναι στερεό. Αρκετές πρώτες ύλες δεν μπορούν να συσχετιστούν με τα ενδεικτικά υλικά των κατηγοριών και έτσι δεν είναι δυνατός ο συνυπολογισμός τους στην εκτίμηση του κύκλου ζωής (π.χ. LiPF₆).

Κατ' επέκταση, το εργαλείο Ecodesign Pilot χρίζει βελτίωσης προκειμένου να επεκτείνει τις δυνατότητες ανάλυσης και πρότασης στρατηγικών, και συγκεκριμένα όσον αφορά τις κατηγορίες υλικών. Καταρχάς, η παράθεση επεξήγησης του είδους των υλικών που εντάσσονται σε κάθε

κατηγορία, ταυτόχρονα με προσθήκη περισσότερων πρώτων υλών θα διευκολύνει τον χρήστη να κατηγοριοποιήσει τις εξεταζόμενες πρώτες ύλες και να μην αφήσει εκτός κάποια που δεν μπορεί να συσχετιστεί με κατηγορία. Επιπρόσθετα, η προσθήκη νέων κατηγοριών που αφορούν υγρές και αέριες πρώτες ύλες ή η συμπερίληψή τους στις υφιστάμενες κατηγορίες θα εξομαλύνει περαιτέρω το πρόβλημα που προαναφέρθηκε.

Γίνεται εν τέλει κατανοητό πως ο επανασχεδιασμός των μπαταριών οχημάτων κρίνεται στρατηγικής σημασίας για την βελτίωση των περιβαλλοντικών χαρακτηριστικών τους. Όλες οι εξεταζόμενες μπαταρίες παρουσίασαν τα ίδια ποιοτικά περιβαλλοντικά προβλήματα, ανεξάρτητα με μικροδιαφορές στον σχεδιασμό και το είδος οχήματος στο οποίο χρησιμοποιούνται. Παρόλαυτα, εφόσον μια λύση εναλλακτικών πρώτων υλών δεν είναι οικονομικά ή βιομηχανικά βιώσιμη ακόμα, μονόδρομο αποτελεί η αύξηση του ποσοστού των υλικών που οδηγούνται προς ανακύκλωση ή επαναχρησιμοποίηση ή/και η πιο εντατική χρήση πρώτων υλών που προέρχονται από ανακύκλωση. Με τις δύο αυτές στρατηγικές, το προϊόν θα μειώσει τον περιβαλλοντικό του αντίκτυπο, καθώς θα προσδώσει προστιθέμενη αξία σε ανακυκλωμένα υλικά και θα συνεισφέρει στην προσφορά υλικών προς ανακύκλωση και επαναχρησιμοποίηση στον τομέα των μπαταριών ή άλλους βιομηχανικούς κλάδους.

Βιβλιογραφία

Ξενόγλωσση

Aulanier, H.-M., de Kermadec, A.H., Pluvinage, R., 2023. Increase the accuracy of carbon footprint for Li-ion battery: A mandatory step to structure a low-carbon supply chain in Europe (and elsewhere).

Bjørn, A., Owsianiak, M., Molin, C., Hauschild, M.Z., 2018. LCA History, in: Hauschild, M.Z., Rosenbaum, R.K., Olsen, S.I. (Eds.), *Life Cycle Assessment*. Springer International Publishing, Cham, pp. 17–30. https://doi.org/10.1007/978-3-319-56475-3_3

Boustead, I., Hancock, G. F., *Handbook of industrial energy analysis*, 1979.

Brezet, H., van Hemel, C., 1997. *Ecodesign: A Promising Approach to Sustainable Production and Consumption*, Rathenau Instituut, ISBN 9789280716313.

Cordova-Pizarro, D., Aguilar-Barajas, I., Romero, D., Rodriguez, C.A., 2019. Circular Economy in the Electronic Products Sector: Material Flow Analysis and Economic Impact of Cellphone E-Waste in Mexico. *Sustainability* 11, 1361. <https://doi.org/10.3390/su11051361>

Dominko, R., Bitenc, J., Berthelot, R., Gauthier, M., Pagot, G., Di Noto, V., 2021. Magnesium batteries: Current picture and missing pieces of the puzzle. *Journal of Power Sources* 478, 229027. <https://doi.org/10.1016/j.jpowsour.2020.229027>

Fahimi, A., Ducoli, S., Federici, S., Ye, G., Mousa, E., Frontera, P., Bontempi, E., 2022. Evaluation of the sustainability of technologies to recycle spent lithium-ion batteries, based on embodied energy and carbon footprint. *Journal of Cleaner Production* 338, 130493. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2022.130493>

Golmohammadzadeh, R., Dimachki, Z., Bryant, W., Zhang, J., Biniiaz, P., M Banaszak Holl, M., Pozo-Gonzalo, C., Chakraborty Banerjee, P., 2023. Removal of polyvinylidene fluoride binder and other organics for enhancing the leaching efficiency of lithium and cobalt from black mass. *Journal of Environmental Management* 343, 118205. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2023.118205>

Guinée, J. B., Heijungs, R., Huppes, G., Zamagni, A., Masoni, P., Buonamici, R., Ekvall, T., Rydberg, T., 2011. *Life Cycle Assessment: Past, Present, and Future*. *Environ. Sci. Technol.* 45, 90–96. <https://doi.org/10.1021/es101316v>

Hadjipaschalis, I., Poullikkas, A., Efthimiou, V., 2009, Overview of current and future energy storage technologies for electric power applications. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 13, pp. 1513-1522.

International Standard, ISO 14040:2006(E), 2006-07-01, *Environmental management – Life cycle assessment – Principles and framework*, Second Edition.

- Jena K. K., Choi D. S., 2023. Recycling of Cathode active materials from Spent Lithium-ion Batteries (LIBs): Effective Methodology for Environmental Remediation, *Materials Chemistry and Physics*, Volume 311.
- Kamble, A. V., Walvekar, A. V., 2023. A Review Paper on Comparison of Lithium and Sodium Ion Batteries for Electric Vehicle. <https://doi.org/10.13140/RG.2.2.11009.67688>
- Li, J., Li, L., Yang, R., Jiao, J., 2023. Assessment of the lifecycle carbon emission and energy consumption of lithium-ion power batteries recycling: A systematic review and meta-analysis. *Journal of Energy Storage* 65, 107306. <https://doi.org/10.1016/j.est.2023.107306>
- Llamas-Orozco, J. A., Meng, F., Walker, G. S., Abdul-Manan, A. F. N., MacLean, H. L., Posen, I. D., McKechnie, J., 2023. Estimating the environmental impacts of global lithium-ion battery supply chain: A temporal, geographical, and technological perspective.
- Lockrey, S., 2022. Enabling Design for Environmental Good Sub Report: Eco-Design Principles. Report prepared for the Department of Climate Change, Energy, the Environment and Water of Australia.
- Mao, Z., Song, Y., Zhen, A.G., Sun, W., 2024. Recycling of electrolyte from spent lithium-ion batteries. *Next Sustainability* 3, 100015. <https://doi.org/10.1016/j.nxsust.2023.100015>
- Melin, H.E., 2019. Analysis of the climate impact of lithium-ion batteries and how to measure it.
- Mohammadi, F., Saif, M., 2023. A comprehensive overview of electric vehicle batteries market. *e-Prime - Advances in Electrical Engineering, Electronics and Energy* 3, 100127. <https://doi.org/10.1016/j.prime.2023.100127>
- Osnpower. "Lithium-ion battery and lithium titanate battery market," Sep. 29, 2019. [Online], Available: <https://www.osnpower.com/lithium-ion-battery-and-lithium-titanate-battery-mark>
- Örüm Aydın, A., Zajonz, F., Günther, T., Dermenci, K., Berecibar, M., Urrutia, L., 2023. Lithium-Ion Battery Manufacturing: Industrial View on Processing Challenges, Possible Solutions and Recent Advances. *Batteries* 9, 555. <https://doi.org/10.3390/batteries9110555>
- Peiseler, L., Wood, V., Schmidt, T.S., 2023. Reducing the carbon footprint of lithium-ion batteries, what's next? *Next Energy* 1, 100017. <https://doi.org/10.1016/j.nxener.2023.100017>
- Pillot, C., 2017. *Worldwide Rechargeable Battery Market 2016-2025* (2017 edition), Advanced Battery Power.
- Romare, M., Dahllöf, L., 2017. The Life Cycle Energy Consumption and Greenhouse Gas Emissions from Lithium-Ion Batteries.
- Thomitzek, M., Cerdas, F., Thiede, S., Herrmann, C., 2019. Cradle-to-Gate Analysis of the Embodied Energy in Lithium Ion Batteries. *Procedia CIRP* 80, 304–309. <https://doi.org/10.1016/j.procir.2019.01.099>

Ελληνόγλωσση

Κανονισμός (ΕΕ) 2019/1020 του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου και του Συμβουλίου, της 20^{ης} Ιουνίου 2019 για την εποπτεία της αγοράς και τη συμμόρφωση των προϊόντων και για την τροποποίηση της οδηγίας 2004/42/ΕΚ και των κανονισμών (ΕΚ) αριθ. 765/2008 και (ΕΕ) αριθ. 305/2011, 2024.

Κανονισμός (ΕΕ) 2023/542 του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου και του Συμβουλίου της 12^{ης} Ιουλίου 2023 σχετικά με τις μπαταρίες και τα απόβλητα μπαταριών, για την τροποποίηση της οδηγίας 2008/98/ΕΚ και του κανονισμού (ΕΕ) 2019/1020 και την κατάργηση της οδηγίας 2006/66/ΕΚ, 2024.

Μιχαλολιάκου, Σ., 2021. «Περιβαλλοντική Αξιολόγηση Μπαταρίας Ιόντων-Λιθίου με Χρήση του Ecodesign Pilot», Διπλωματική εργασία, Μεταπτυχιακό πρόγραμμα «»Διοίκηση Έργων και Ανάπτυξη προϊόντων», Πανεπιστήμιο Πειραιώς.

Οδηγία 2008/98/ΕΚ του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου και του Συμβουλίου της 19^{ης} Νοεμβρίου 2008 για τα απόβλητα και την κατάργηση ορισμένων οδηγιών, 2024.

Προεδρικό Διάταγμα 115/2004 (Φύλλο Εφημερίδας της Κυβερνήσεως 80/Α/5.3.2004). Αντικατάσταση της 73537/1438/95 ΚΥΑ «διαχείριση των ηλεκτρικών στηλών και συσσωρευτών που περιέχουν ορισμένες επικίνδυνες ουσίες» (Β/781) και 19817/00 ΚΥΑ «τροποποίηση της 73537/95 ΚΥΑ κ.λπ.» (Β/963) «μέτρα, όροι και πρόγραμμα για την εναλλακτική διαχείριση των χρησιμοποιημένων Ηλεκτρικών Στηλών και Συσσωρευτών», 2008.

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑΤΑ

Παράρτημα Ι: Κλάσεις χρησιμοποιούμενων υλικών σύμφωνα με το Ecodesign Pilot

Πίνακας Ι-1: Είδη χρησιμοποιούμενων πρώτων υλών και συσχετίσή τους με κλάσεις υλικών του Ecodesign Pilot

Κλάση	Είδη υλικών		
	Μεταλλικά	Πλαστικά	Άλλα
I			<ul style="list-style-type: none"> - Τσιμέντο - Ξύλο - Γύψος
II	<ul style="list-style-type: none"> - Χάλυβας (δευτερογενής) - Αλουμίνιο (δευτερογενές) - Πλάκα χάλυβα (90% ανακυκλωμένη) 		<ul style="list-style-type: none"> - Πορσελάνη - Γυαλί, μπουκάλια κ.λπ. (100% ανακυκλωμένα) - Γυαλί, μπουκάλια κ.λπ. (88% ανακυκλωμένα) - Φύλλο γυαλιού (float glass) - Υαλοϊνα - Γυαλί, μπουκάλια κ.λπ. καφέ (61% ανακυκλωμένα) - Γυαλί, μπουκάλια κ.λπ. πράσινα (99% ανακυκλωμένα) - Γυαλί, μπουκάλια κ.λπ. διαφανή (55% ανακυκλωμένα) - Λινέλαιο - Χαρτόνι - Χαρτί (100% ανακυκλωμένο) Γυαλί, μπουκάλια κ.λπ. (πρωτογενή)
III	<ul style="list-style-type: none"> - Χάλυβας (80% πρωτογενής) - Χάλυβας (83% πρωτογενής) - Χάλυβας (89% πρωτογενής) - Χάλυβας top blown (πρωτογενής) - Χάλυβας, χαμηλά κραματοποιημένος 		<ul style="list-style-type: none"> - Χαρτί (65% ανακυκλωμένο) - Δέρμα - Λάστιχο, πράσινο – ωμό - Χαρτί, χωρίς χλωρίνη - Ψυκτικό υγρό R134a - Αμμωνία - Πετρελαϊκό καύσιμο - Βενζίνη, αμόλυβδη

IV	<ul style="list-style-type: none"> - Χυτοσίδηρος - Φύλλο χάλυβα, γαλβανισμένο - Χυτοχάλυβας 	<ul style="list-style-type: none"> - PVC, μη άκαμπτο - PVC - PVC, άκαμπτο - PVC, υψηλής αντοχής - HDPE - PP - LDPE - PPE/PS - PS (EPS), επεκτάσιμο - PS (HIPS), υψηλής αντοχής - PS (GPPS), γενικής χρήσης - PET, ρητίνη - PET - PET, σε φύλλο - PET, για μπουκάλια - SAN 	<ul style="list-style-type: none"> - Λάστιχο - Λάστιχο, πολυβουταδιένιο - Λάστιχο, EPDM - Λάστιχο, φυσικό - Λάστιχο, SBR
V	<ul style="list-style-type: none"> - Χαλκός (δευτερογενής) - Μόλυβδος (50% πρωτογενής) - Σιδηροχρώμιο (53% χρώμιο) 	<ul style="list-style-type: none"> - PB - ABS - PE, αφρός - PUR, HR αφρός - PVDC - PU, μη άκαμπτο - PUR, εύκαμπτος αφρός - PUR, ημιάκαμπτος αφρός - PUR, απορρόφησης ενέργειας - PMMA (ακρυλικό) - PC - PA 6.6 (νάιλον) - EP (εποξειδική ρητίνη) - PA (νάιλον) 	<ul style="list-style-type: none"> - Πλαστικά ενισχυμένα με υαλοίνα (GRP) - Τεχνικά κεραμικά υλικά
VI	<ul style="list-style-type: none"> - Χάλυβας V2A: 18% χρώμιο, 9% νικέλιο - Χάλυβας V4A: 17% χρώμιο, 12% νικέλιο - Σιδηρονικελιο (33% νικέλιο) - Κράματα ψευδαργύρου - Αλουμίνιο (58% πρωτογενές) - Αλουμίνιο (70% πρωτογενές) - Κράματα αλουμινίου 		<ul style="list-style-type: none"> - Ανθρακοίνα

	<ul style="list-style-type: none"> - Αλουμίνιο (πρωτογενές) - Χάλυβας υψηλά κραματοποιημένος (ανοξειδωτος) - Χρώμιο - Κράματα μαγνησίου - Χαλκός (50% πρωτογενής) - Χαλκός (60% πρωτογενής) - Χαλκός (65% πρωτογενής) - Καλώδια χαλκού - Χαλκός (πρωτογενής) - Κράματα χαλκού, ορείχαλκος - Μεταλλική σκόνη 		
VII	<ul style="list-style-type: none"> - Κράματα τιτανίου - Κράματα χαλκού - Ψευδάργυρος - Κράματα χαλκού, μπρούντζος - Νικέλιο και κράματα νικελίου 		
VIII	<ul style="list-style-type: none"> - Άργυρος - Παλλάδιο - Πλατίνα - Χρυσός - Ρόδιο 		

Παράρτημα II: Δεδομένα πρώτων υλών μπαταριών οχημάτων, βάσει του μοντέλου GREET 2023

Πίνακας II-1: Ποσοστιαία (%) σύσταση πρώτων υλών των εξεταζόμενων μπαταριών οχημάτων

Πρώτες ύλες	HEV		PHEV		EV	
	LFP	NMC811	LFP	NMC811	LFP	NMC811
Ενεργό υλικό	12.36	9.46	27.34	24.07	28.64	25.90
Γραφίτης	6.82	7.04	14.03	16.76	14.74	18.11
PVDF	0.39	0.34	0.84	0.83	0.89	0.90
Χαλκός	19.93	20.83	8.38	6.79	9.64	7.38
Φύλλο αλουμινίου	16.15	16.35	12.04	11.68	12.72	12.26
Ανθρακικό αιθυλένιο	2.68	2.23	3.21	2.77	3.46	2.99
Ανθρακικό διμεθύλιο	2.68	2.23	3.21	2.77	3.46	2.99
Πολυπροπυλένιο	2.05	2.03	1.72	1.49	2.07	1.71
Πολυμερές (πλαστικό)	-	-	0.03	0.02	0.02	0.02
Τερεφθαλικό πολυαιθυλένιο	0.30	0.27	0.30	0.28	0.29	0.28
Χάλυβας	17.98	18.74	15.72	17.61	13.82	16.22
Ανοξειδωτος χάλυβας	7.41	7.78	5.89	6.41	6.05	6.71
Λάστιχο - καουτσούκ	0.29	0.32	0.04	0.05	0.01	0.01
Θερμομόνωση	0.54	0.57	0.34	0.38	0.32	0.37
Γλυκόλη	4.35	4.61	2.55	2.80	2.05	2.25
Ηλεκτρονικά μέρη: GRP	2.49	3.12	1.57	2.10	0.28	0.41
Ηλεκτρονικά μέρη: Χαλκός, Κασσίτερος, Χάλυβας	2.45	3.07	1.54	2.06	0.28	0.40
Ηλεκτρονικά μέρη: Νικέλιο, Τιτάνιο	0.15	0.19	0.10	0.13	0.02	0.02
Ηλεκτρονικά μέρη: Πολύτιμα μέταλλα	0.01	0.01	0.01	0.01	0.001	0.002

Πίνακας II-2: Αναγωγή της σύστασης πρώτων υλών των εξεταζόμενων μπαταριών οχημάτων στα 10 κιλά

Πρώτες ύλες	HEV		PHEV		EV	
	LFP	NMC811	LFP	NMC811	LFP	NMC811
Ενεργό υλικό	1.236	0.946	2.734	2.407	2.864	2.590
Γραφίτης	0.682	0.704	1.403	1.676	1.474	1.811
PVDF	0.039	0.034	0.084	0.083	0.089	0.090
Χαλκός	1.993	2.083	0.838	0.679	0.964	0.738
Φύλλο αλουμινίου	1.615	1.635	1.204	1.168	1.272	1.226
Ανθρακικό αιθυλένιο	0.268	0.223	0.321	0.277	0.346	0.299
Ανθρακικό διμεθύλιο	0.268	0.223	0.321	0.277	0.346	0.299
Πολυπροπυλένιο	0.205	0.203	0.172	0.149	0.207	0.171
Πολυμερές (πλαστικό)	-	-	0.003	0.002	0.002	0.002
Τερεφθαλικό πολυαιθυλένιο	0.030	0.027	0.030	0.028	0.029	0.028
Χάλυβας	1.798	1.874	1.572	1.761	1.382	1.622
Ανοξείδωτος χάλυβας	0.741	0.778	0.589	0.641	0.605	0.671
Λάστιχο - καουτσούκ	0.029	0.032	0.004	0.005	0.001	0.001
Θερμομόνωση	0.054	0.057	0.034	0.038	0.032	0.037
Γλυκόλη	0.435	0.461	0.255	0.280	0.205	0.225
Ηλεκτρονικά μέρη: GRP	0.249	0.312	0.157	0.210	0.028	0.041
Ηλεκτρονικά μέρη: Χαλκός, Κασσίτερος, Χάλυβας	0.245	0.307	0.154	0.206	0.028	0.040
Ηλεκτρονικά μέρη: Νικέλιο, Τιτάνιο	0.015	0.019	0.010	0.013	0.002	0.002
Ηλεκτρονικά μέρη: Πολύτιμα μέταλλα	0.001	0.001	0.001	0.001	0.0001	0.0002

Παράρτημα III: Παραγόμενα απόβλητα κατά τη διαδικασία παραγωγής μπαταριών οχημάτων

Πίνακας III-1: Μάζα παραγόμενων αποβλήτων (σε κιλά) από τη διαδικασία παραγωγής μπαταριών οχημάτων

Είδη αποβλήτων	HEV		PHEV		EV	
	LFP	NMC811	LFP	NMC811	LFP	NMC811
Ενεργό υλικό	0.062	0.047	0.137	0.120	0.143	0.130
Γραφίτης	0.034	0.035	0.070	0.084	0.074	0.091
PVDF	0.002	0.002	0.004	0.004	0.004	0.005
Χαλκός	0.100	0.104	0.042	0.034	0.048	0.037
Φύλλο αλουμινίου	0.081	0.082	0.060	0.058	0.064	0.061
Ανθρακικό αιθυλένιο	0.013	0.011	0.016	0.014	0.017	0.015
Ανθρακικό διμεθύλιο	0.013	0.011	0.016	0.014	0.017	0.015
Πολυπροπυλένιο	0.010	0.010	0.009	0.007	0.010	0.009
Πολυμερές (πλαστικό)	-	-	0.0002	0.0001	0.0001	0.0001
Τερεφθαλικό πολυαιθυλένιο	0.002	0.001	0.002	0.001	0.001	0.001
Χάλυβας	0.090	0.094	0.079	0.088	0.069	0.081
Ανοξείδωτος χάλυβας	0.037	0.039	0.029	0.032	0.030	0.034
Λάστιχο - καουτσούκ	0.001	0.002	0.0002	0.0003	0.0001	0.0001
Θερμομόνωση	0.003	0.003	0.002	0.002	0.002	0.002
Γλυκόλη	0.022	0.023	0.013	0.014	0.010	0.011
Ηλεκτρονικά μέρη: GRP	-	-	-	-	-	-
Ηλεκτρονικά μέρη: Χαλκός, Κασσίτερος, Χάλυβας	-	-	-	-	-	-
Ηλεκτρονικά μέρη: Νικέλιο, Τιτάνιο	-	-	-	-	-	-
Ηλεκτρονικά μέρη: Πολύτιμα μέταλλα	-	-	-	-	-	-

Παράρτημα IV: Φόρμες αποτελεσμάτων του Ecodesign Pilot για τις εξεταζόμενες μπαταρίες οχημάτων

Assistant

Description	Raw Material	Manufacture	Distribution	Product Use	End of Life	Result
-------------	--------------	-------------	--------------	-------------	-------------	--------

Product

Name: Functional Unit

Life Time: years

Use: times per year

Use of chemical and/or electrical energy for vehicle operation, inside a 10kg battery

Classification

The analysed product seems to be a basic type A, the phase 'raw material' is significant here.

Recommendations

We recommend the following improvement strategies. The listed strategies forward you to the checklists of the ECODESIGN PILOT.

(Main) Strategies with high priority:

- S1. Selecting the right materials
- S19. Recycling of materials

(More) Strategies to be realized later:

- S2. Reducing material inputs
- S9. Optimizing product use
- S10. Optimizing product functionality
- S11. Increasing product durability
- S15. Improving maintenance
- S16. Improving reparability
- S17. Improving disassembly
- S18. Reuse of product parts

(Other) Additional, recommended strategies:

- S12. Ensuring environmental safety performance

Εικόνα IV-1: Φόρμα αποτελεσμάτων για την μπαταρία HEV LFP

Assistant

Description	Raw Material	Manufacture	Distribution	Product Use	End of Life	Result
-------------	--------------	-------------	--------------	-------------	-------------	---------------

Product

Name: Functional Unit

Life Time: years

Use: times per year

Use of chemical and/or electrical energy for vehicle operation, inside a 10kg battery

Classification

The analysed product seems to be a basic type A, the phase 'raw material' is significant here.

Recommendations

We recommend the following improvement strategies. The listed strategies forward you to the checklists of the ECODESIGN PILOT.

(Main) Strategies with high priority:

- S1. Selecting the right materials
- S19. Recycling of materials

(More) Strategies to be realized later:

- S2. Reducing material inputs
- S9. Optimizing product use
- S10. Optimizing product functionality
- S11. Increasing product durability
- S15. Improving maintenance
- S16. Improving reparability
- S17. Improving disassembly
- S18. Reuse of product parts

(Other) Additional, recommended strategies:

- S12. Ensuring environmental safety performance

Εικόνα IV-2: Φόρμα αποτελεσμάτων για την μπαταρία HEV NMC811

Assistant

Description	Raw Material	Manufacture	Distribution	Product Use	End of Life	Result
-------------	--------------	-------------	--------------	-------------	-------------	---------------

Product

Name: Functional Unit

Life Time: years

Use: times per year

Use of chemical and/or electrical energy for vehicle operation, inside a 10kg battery

Classification

The analysed product seems to be a hybrid type AE, the phases 'raw material' and 'end of life' are significant here.

Recommendations

We recommend the following improvement strategies. The listed strategies forward you to the checklists of the ECODESIGN PILOT.

(Main) Strategies with high priority:

- S1. Selecting the right materials
- S19. Recycling of materials

(More) Strategies to be realized later:

- S2. Reducing material inputs
- S9. Optimizing product use
- S10. Optimizing product functionality
- S11. Increasing product durability
- S15. Improving maintenance
- S16. Improving reparability
- S17. Improving disassembly
- S18. Reuse of product parts

(Other) Additional, recommended strategies:

- S12. Ensuring environmental safety performance

Εικόνα IV-3: Φόρμα αποτελεσμάτων για την μπαταρία PHEV LFP

Assistant

Description	Raw Material	Manufacture	Distribution	Product Use	End of Life	Result
-------------	--------------	-------------	--------------	-------------	-------------	---------------

Product

Name: Functional Unit

Life Time: years

Use: times per year

Use of chemical and/or electrical energy for vehicle operation, inside a 10kg battery

Classification

The analysed product seems to be a hybrid type AE, the phases 'raw material' and 'end of life' are significant here.

Recommendations

We recommend the following improvement strategies. The listed strategies forward you to the checklists of the ECODESIGN PILOT.

(Main) Strategies with high priority:

- S1. Selecting the right materials
- S19. Recycling of materials

(More) Strategies to be realized later:

- S2. Reducing material inputs
- S9. Optimizing product use
- S10. Optimizing product functionality
- S11. Increasing product durability
- S15. Improving maintenance
- S16. Improving reparability
- S17. Improving disassembly
- S18. Reuse of product parts

(Other) Additional, recommended strategies:

- S12. Ensuring environmental safety performance

Εικόνα IV-4: Φόρμα αποτελεσμάτων για την μπαταρία PHEV NMC811

Assistant

Description	Raw Material	Manufacture	Distribution	Product Use	End of Life	Result
-------------	--------------	-------------	--------------	-------------	-------------	---------------

Product

Name: Functional Unit

Life Time: years

Use: times per year

Use of electrical energy for vehicle operation, inside a 10kg battery

Classification

The analysed product seems to be a hybrid type AE, the phases 'raw material' and 'end of life' are significant here.

Recommendations

We recommend the following improvement strategies. The listed strategies forward you to the checklists of the ECODESIGN PILOT.

(Main) Strategies with high priority:

- S1. Selecting the right materials
- S19. Recycling of materials

(More) Strategies to be realized later:

- S2. Reducing material inputs
- S9. Optimizing product use
- S10. Optimizing product functionality
- S11. Increasing product durability
- S15. Improving maintenance
- S16. Improving reparability
- S17. Improving disassembly
- S18. Reuse of product parts

(Other) Additional, recommended strategies:

- S12. Ensuring environmental safety performance

Εικόνα IV-5: Φόρμα αποτελεσμάτων για την μπαταρία EV LFP

Assistant

Description	Raw Material	Manufacture	Distribution	Product Use	End of Life	Result
-------------	--------------	-------------	--------------	-------------	-------------	---------------

Product

Name: Functional Unit

Life Time: years

Use: times per year

Use of electrical energy for vehicle operation, inside a 10kg battery

Classification

The analysed product seems to be a hybrid type AE, the phases 'raw material' and 'end of life' are significant here.

Recommendations

We recommend the following improvement strategies. The listed strategies forward you to the checklists of the ECODESIGN PILOT.

(Main) Strategies with high priority:

- S1. Selecting the right materials
- S19. Recycling of materials

(More) Strategies to be realized later:

- S2. Reducing material inputs
- S9. Optimizing product use
- S10. Optimizing product functionality
- S11. Increasing product durability
- S15. Improving maintenance
- S16. Improving reparability
- S17. Improving disassembly
- S18. Reuse of product parts

(Other) Additional, recommended strategies:

- S12. Ensuring environmental safety performance

Εικόνα IV-6: Φόρμα αποτελεσμάτων για την μπαταρία EV NMC811