



ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΔΥΤΙΚΗΣ ΑΤΤΙΚΗΣ
ΣΧΟΛΗ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ
ΤΜΗΜΑ ΜΗΧΑΝΟΛΟΓΩΝ
ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ

Επαναχρησιμοποίηση και Ανακύκλωση συσσωρευτών: Προκλήσεις και μελλοντικές προοπτικές


Διπλωματική εργασία

Υπεύθυνος σπουδαστής: Τζάτσης Αλέξανδρος

Επιβλέποντες καθηγητές: Σπυρόπουλος Γεώργιος
Καλδέλλης Ιωάννης

Αθήνα, Ιούλιος 2021

ΤΡΙΜΕΛΗΣ ΕΞΕΤΑΣΤΙΚΗ ΕΠΙΤΡΟΠΗ

Μουστράς Κων/νος	
Ζαφειράκης Δημήτριος	
Σπυρόπουλος Γεώργιος	

ΔΗΛΩΣΗ ΣΥΓΓΡΑΦΕΑ ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ

Ο κάτωθι υπογεγραμμένος Τζάτσης Αλέξανδρος του Ευαγγέλου, με αριθμό μητρώου 46145116 φοιτητής του Πανεπιστημίου Δυτικής Αττικής της Σχολής Μηχανικών του Τμήματος Μηχανολόγων Μηχανικών, δηλώνω υπεύθυνα ότι:

«Είμαι συγγραφέας αυτής της διπλωματικής εργασίας και ότι κάθε βοήθεια την οποία είχα για την προετοιμασία της είναι πλήρως αναγνωρισμένη και αναφέρεται στην εργασία. Επίσης, οι όποιες πηγές από τις οποίες έκανα χρήση δεδομένων, ιδεών ή λέξεων, είτε ακριβώς είτε παραφρασμένες, αναφέρονται στο σύνολό τους, με πλήρη αναφορά στους συγγραφείς, τον εκδοτικό οίκο ή το περιοδικό, συμπεριλαμβανομένων και των πηγών που ενδεχομένως χρησιμοποιήθηκαν από το διαδίκτυο. Επίσης, βεβαιώνω ότι αυτή η εργασία έχει συγγραφεί από μένα αποκλειστικά και αποτελεί προϊόν πνευματικής ιδιοκτησίας τόσο δικής μου, όσο και του Ιδρύματος.

Παράβαση της ανωτέρω ακαδημαϊκής μου ευθύνης αποτελεί ουσιώδη λόγο για την ανάκληση του πτυχίου μου».

Ο Δηλών



ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

ΠΕΡΙΛΗΨΗ	7
ABSTRACT	8
1^ο ΚΕΦΑΛΑΙΟ	9
ΕΙΣΑΓΩΓΗ	9
2^ο ΚΕΦΑΛΑΙΟ	19
Η ΠΕΡΙΠΤΩΣΗ ΤΟΥ ΠΑΓΚΟΣΜΙΟΥ ΙΣΤΟΥ	19
2.1) Νομοθεσία	19
2.1.1) Ευρωπαϊκή Ένωση.....	19
2.1.2) Αμερική.....	20
2.1.3) Ασία	21
2.2) Εμπορικά-Επιχειρηματικά	21
2.2.1) Η περίπτωση της Ευρώπης.....	21
2.2.2) Η περίπτωση της Αμερικής.....	29
2.2.3) Η περίπτωση της Ασίας.....	34
2.3) Περιβαλλοντικά	36
2.3.1) Περιβαλλοντικά οφέλη λόγω επαναχρησιμοποίησης	36
2.3.2) Περιβαλλοντικά οφέλη λόγω ανακύκλωσης.....	38
3^ο ΚΕΦΑΛΑΙΟ	42
Η ΝΟΜΟΘΕΣΙΑ ΣΤΗΝ ΕΛΛΑΔΑ	42
3.1) Η περίπτωση της Ελλάδας	42
3.2) Η νέα Ευρωπαϊκή οδηγία 2020/798/ΕΚ	43
3.2.1) Γενικές διατάξεις.....	49
3.2.2) Απαιτήσεις βιωσιμότητας και ασφάλειας	49
3.2.3) Απαιτήσεις σήμανσης και πληροφόρησης.....	50
3.2.4) Συμμόρφωση των συσσωρευτών	50
3.2.5) Ειδοποίηση των οργανισμών αξιολόγησης της συμμόρφωσης.....	51
3.2.6) Υποχρεώσεις των οικονομικών φορέων εκτός από τις υποχρεώσεις του κεφαλαίου VII της νομοθεσίας.....	51
3.2.7) Διαχείριση συσσωρευτών στο τέλος του κύκλου ζωής τους	52
3.2.8) Ηλεκτρονική ανταλλαγή πληροφοριών	55
3.2.9) Εποπτεία της αγοράς της ΕΕ, έλεγχος των συσσωρευτών που εισέρχονται στην αγορά της ΕΕ καθώς και διαδικασίες διασφάλισης της ΕΕ.	55
3.2.10) Πράσινες δημόσιες συμβάσεις, διαδικασία τροποποίησης των περιορισμών στις επικίνδυνες ουσίες και αναγνώριση από την Ευρωπαϊκή Επιτροπή των συστημάτων επισταμένης έρευνας της εφοδιαστικής αλυσίδας.	56
3.2.11) Εκχωρημένες εξουσίες και διαδικασίες της Ευρωπαϊκής Επιτροπής	56
3.2.12) Τροπολογίες	56

3.2.13) Τελικές διατάξεις	56
3.3) Αποτελέσματα και επιπτώσεις από την Ευρωπαϊκή Οδηγία 2020/798/ΕΚ	56
3.3.1)Καθορισμός δεικτών επιδόσεων για την παρακολούθηση της προόδου και των επιτευγμάτων.....	57
4ο ΚΕΦΑΛΑΙΟ.....	58
ΔΗΜΙΟΥΡΓΙΑ ΕΠΙΧΕΙΡΗΣΗΣ ΣΥΣΣΩΡΕΥΤΩΝ ΔΕΥΤΕΡΗΣ ΧΡΗΣΗΣ ΑΠΟ ΗΛΕΚΤΡΙΚΑ ΟΧΗΜΑΤΑ	58
4.1) Εκκίνηση επιχείρησης	58
4.1.1) Λογιστικά-φοροτεχνικά ζητήματα.....	58
4.1.2) Διαδικασίες αδειοδότησης μονάδας.....	60
4.1.3) Χρηματοδότηση μονάδας.....	61
4.1.4) Τοποθεσία μονάδας.....	62
4.1.5) Μέγεθος μονάδας.....	62
4.1.6) Κανόνες ασφαλείας.....	64
4.1.7) Βασικός τεχνολογικός εξοπλισμός μονάδας.....	65
4.2) Ανάλυση τεχνικής λειτουργίας μονάδας.....	72
4.2.1) Διάγνωση κατάστασης υγείας συσσωρευτών	76
4.2.2) Αφαίρεση και αποσυναρμολόγηση συσσωρευτών	77
4.2.2.1) Αφαίρεση του συσσωρευτή από το ηλεκτρικό όχημα	77
4.2.2.2) Αξιολόγηση του συσσωρευτή.....	80
4.2.2.3) Αποσυναρμολόγηση του συσσωρευτή (battery pack) στις επιμέρους συστοιχίες (modules).....	81
4.2.3) Επαναχρησιμοποίηση συσσωρευτών.....	84
4.2.3.1) Ασφαλής μεταφορά.....	85
4.2.3.2) Εφαρμογές επαναχρησιμοποίησης.....	86
4.2.3.3) Προβλεπόμενη διάρκεια ζωής συσσωρευτών ανάλογα με την εφαρμογή επαναχρησιμοποίησης	88
4.2.4) Ανακύκλωση συσσωρευτών	89
4.2.5) Ανάκτηση υλικών συσσωρευτών.....	93
4.3) Προσωπικό και κόστος λειτουργίας μονάδας.....	96
4.3.1) Προσωπικό μονάδας	96
4.3.2) Κόστος τεχνολογικού εξοπλισμού	97
4.3.3) Κόστος τεχνικής επεξεργασίας	100
4.4) Προβλεπόμενα κέρδη μονάδας.....	103
4.4.1) Προβλεπόμενα κέρδη λόγω επαναχρησιμοποίησης.....	103
4.4.2) Προβλεπόμενα κέρδη λόγω ανακύκλωσης.....	104
4.5) Προστασία του περιβάλλοντος και οφέλη.....	106
5ο ΚΕΦΑΛΑΙΟ	108

ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ.....	108
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ.....	111

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Η ραγδαία ανάπτυξη της ηλεκτροκίνησης παγκοσμίως έχει θέσει αρκετά ζητήματα στα οποία οι αρμόδιες αρχές έχουν στρέψει την προσοχή τους για την επίλυση αυτών. Ένα βασικό ζήτημα γύρω από τα ηλεκτρικά οχήματα αφορά τους συσσωρευτές που χρησιμοποιούνται για την πρόωση. Στην Ευρωπαϊκή Ένωση αναμένεται ραγδαία εισροή συσσωρευτών ιόντων λιθίου, που χρησιμοποιούνται στα ηλεκτρικά οχήματα τελευταίας γενιάς και το άμεσο ζήτημα εμπίπτει στον σωστό τρόπο διαχείρισης στο τέλος του πρώτου κύκλου ζωής τους. Στην παρούσα διπλωματική εργασία, αναδεικνύεται η σοβαρότητα της υπόθεσης καθώς παρουσιάζονται αναλυτικά οι προβλεπόμενοι τόνοι εισροής στην αγορά της Ευρωπαϊκής Ένωσης αλλά και οι μελλοντικές προοπτικές που γεννώνται μέσω της διαχείρισης τους, οι οποίες όπως συνίστανται από την Ευρωπαϊκή Ένωση, στρέφονται στην επαναχρησιμοποίηση και την ανακύκλωση τους. Επίσης, πραγματοποιείται εκτενής αναφορά για την περίπτωση της Ελλάδας, όσον αφορά τις διαδικασίες που ακολουθούνται στον συγκεκριμένο τομέα, παρουσιάζονται οι εν ισχύ νομοθεσίες και τονίζονται οι ελλείψεις που υφίστανται για την νομική κάλυψη των εν λόγω ζητημάτων. Ακόμα, αναλύεται με κάθε λεπτομέρεια η νέα Ευρωπαϊκή οδηγία για τους συσσωρευτές, τονίζοντας τα άρθρα που αφορούν την διαχείριση των συσσωρευτών και προτείνεται να ενταχθεί και στην ελληνική νομοθεσία άμεσα. Τέλος, για τη διαχείριση των συσσωρευτών στο τέλος του κύκλου ζωής τους, είναι απαραίτητη η κατανόηση των βασικών τεχνικών μερών κατά την επεξεργασία τους και εν συνεχεία παρουσιάζεται μια ολοκληρωμένη πρόταση δημιουργίας επιχείρησης ανακύκλωσης συσσωρευτών που θα προέρχονται κυρίως από ηλεκτρικά οχήματα στον Ελλαδικό χώρο.

Λέξεις κλειδιά: Ηλεκτροκίνηση, Συσσωρευτής, Νομοθεσία, Επαναχρησιμοποίηση, Ανακύκλωση, Μελλοντικές Προοπτικές, Επιχείρηση

ABSTRACT

The rapid development of electromobility worldwide has raised a number of issues on which the competent authorities have turned their attention into solving them. A key issue around electric vehicles concerns the batteries used for propulsion. A rapid influx of lithium-ion batteries, used in the latest generation of electric vehicles, is expected in the European Union and the immediate issue falls within the correct management mode at the end of their first life cycle. This dissertation highlights the seriousness of the case as it details the projected tones of inflow into the European Union market and the future prospects produced through their management, which, as guide-lined from the European Union, are focused on their reuse and recycling. In addition, an extensive report is made on the case of Greece, with regard to the procedures followed in this area, the laws in force are presented and the shortcomings in the legal coverage of these issues are coordinated. In addition, the new European Battery Directive is analysed in detail, highlighting the articles on battery management and proposing that it should be incorporated into Greek legislation immediately. Finally, in order to manage the batteries at the end of their life cycle, it is necessary to understand the basic technical parts during their processing and then present a comprehensive proposal for the creation of a recycling company for batteries that will come mainly from electric vehicles in Greece.

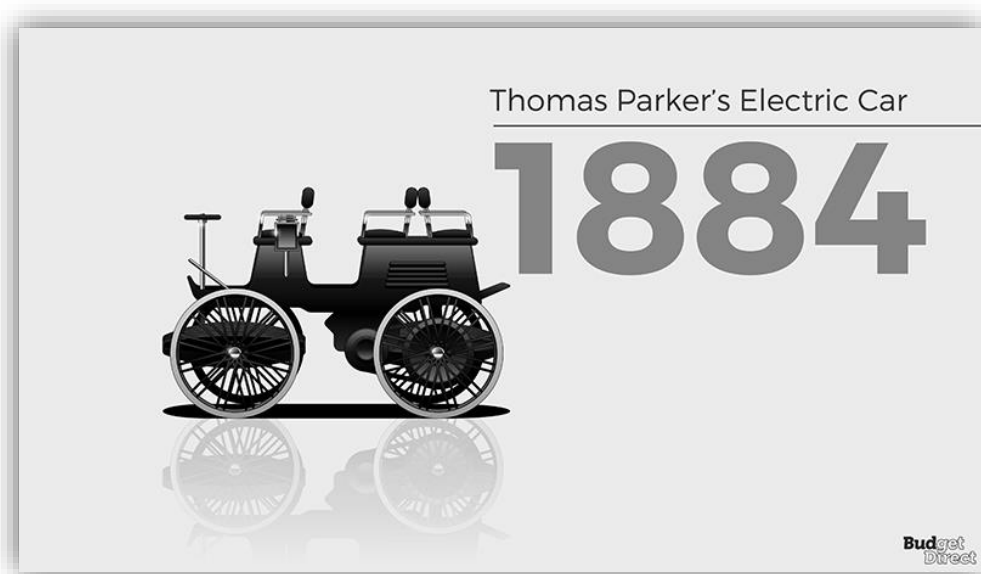
Key words: Electromobility, Battery pack, Legislation, Reuse, Recycle, Future Prospects, Business

1^ο ΚΕΦΑΛΑΙΟ

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Σύμφωνα με τα πιο πρόσφατα στοιχεία από τον Παγκόσμιο Οργανισμό Υγείας, κάθε χρόνο 4,2 εκατομμύρια άνθρωποι χάνουν τη ζωή τους εξαιτίας της αέριας ρύπανσης^[1]. Το 23% της παγκόσμιας αέριας ρύπανσης προέρχεται από τον τομέα των μεταφορών^[2]. Οι μεγαλύτερες και πιο οικονομικά ανεπτυγμένες χώρες έχουν στραφεί σε άλλες λύσεις με σκοπό τη μείωση έως και την εκμηδένιση αυτού του ποσοστού. Για τον λόγο αυτό, η ανάπτυξη της ηλεκτροκίνησης είναι πλέον ζήτημα στρατηγικής σημασίας για κάθε ήπειρο και κάθε χώρα ξεχωριστά.

Μια σύντομη ιστορική αναδρομή, αναδεικνύει ότι η τεχνολογία της ηλεκτροκίνησης δεν είναι τωρινή καθώς το πρώτο ηλεκτρικό όχημα εντοπίζεται στο μακρινό 1884.



Εικόνα 1.1: Το πρώτο ηλεκτρικό όχημα. Πηγή: BudgetDirect ^[3]

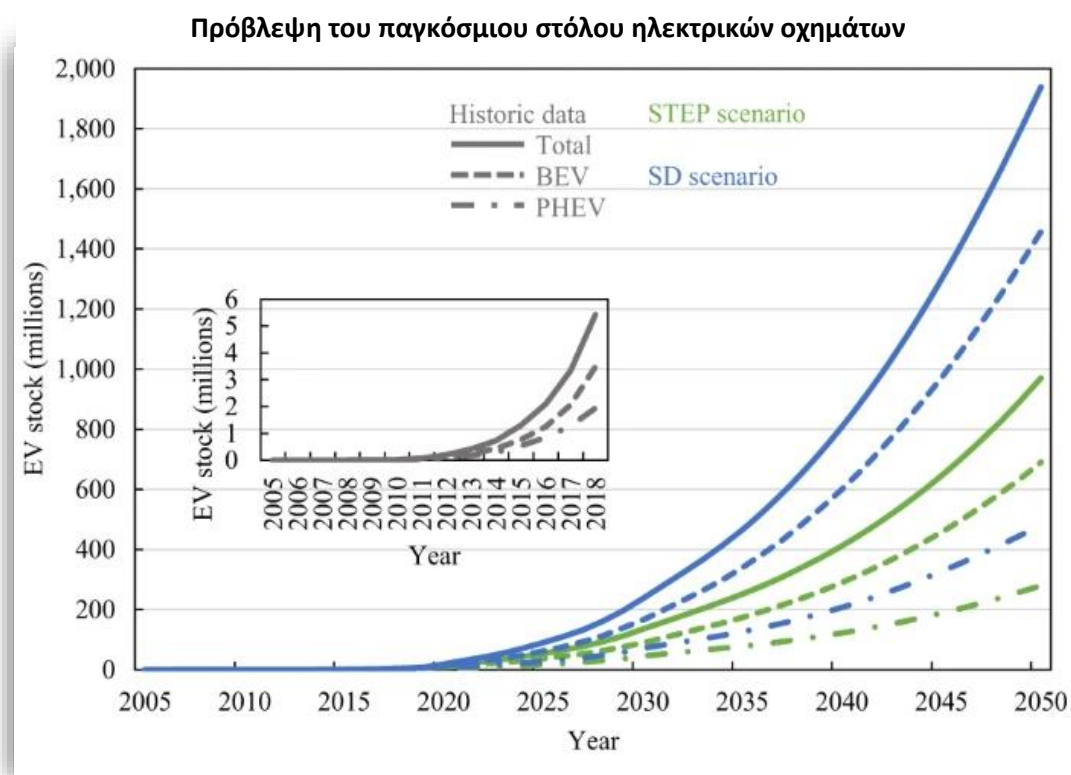
Το όχημα στην εικόνα 1.1 σχεδιάστηκε και κατασκευάστηκε από τον Βρετανό εφευρέτη Thomas Parker, ακριβώς 10 χρόνια πριν από την παραγωγή του πρώτου βενζινοκίνητου οχήματος στην Μεγάλη Βρετανία. Η πρόωση του συγκεκριμένου οχήματος βασίστηκε αποκλειστικά στην ηλεκτρική ενέργεια που αποθηκεύονταν στον συσσωρευτή, με τον οποίο ήταν εξοπλισμένο, τεχνολογίας μολύβδου-οξέος ^[3].

Στις αρχές της δεκαετίας του 1990, για την πρόωση του οχήματος, ξεκίνησαν να χρησιμοποιούνται κατά κόρον στα ηλεκτρικά οχήματα οι συσσωρευτές νικελίου-καδμίου λόγω της μεγάλης χωρητικότητας τους όπως επίσης και για την ικανότητα πολλών κύκλων φόρτισης της τάξεως των 500-1000.

Στη δεκαετία του 2000, οι συσσωρευτές που ξεκίνησαν να χρησιμοποιούνται στην αυτοκινητοβιομηχανία για τα υβριδικά και ηλεκτρικά μοντέλα ήταν οι νικελίου-υδριδίου μετάλλου λόγω της παρόμοιας συμπεριφοράς με τους νικελίου-καδμίου αλλά με τη σημαντική διαφορά ότι απουσίαζαν από τη σύνθεση τους βαρέα μέταλλα τα οποία είναι επικίνδυνα για την ανθρώπινη ζωή και το περιβάλλον.

Από το 2010 μέχρι σήμερα, οι συσσωρευτές που χρησιμοποιούνται είναι τεχνολογίας ιόντων-λιθίου λόγω της μεγάλης χωρητικότητας που προσφέρουν, συγκριτικά με τους προηγούμενους, της μεγάλης διάρκειας ζωής τους, του χαμηλού βάθους εκφόρτισης και της απουσίας του φαινομένου μνήμης ^[4].

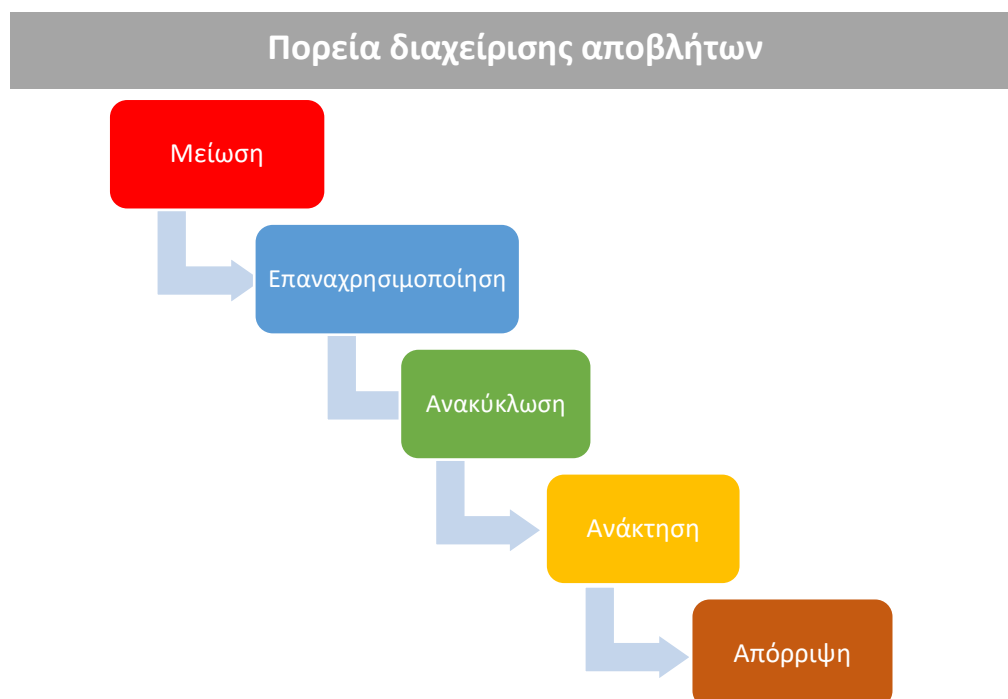
Στην παρούσα διπλωματική θα δοθεί μεγαλύτερη έμφαση στους συσσωρευτές ιόντων λιθίου διότι χρησιμοποιείται αποκλειστικά αυτή η τεχνολογία στα τωρινά ηλεκτρικά οχήματα και παρουσιάζεται μεγάλο ενδιαφέρον με τα στοιχεία που δίνονται για τα επόμενα χρόνια με τον μεγάλο αριθμό που αναμένεται να εισχωρήσει στην αγορά, λόγω ανάπτυξης της ηλεκτροκίνησης, καθώς επίσης και για την ορθή διαχείριση στο τέλος του κύκλου ζωής τους.



Διάγραμμα 1.1: Πρόβλεψη του στόλου των ηλεκτρικών οχημάτων παγκοσμίως. Πηγή: Nature ^[5]

Το διάγραμμα 1.1 παρουσιάζει την αύξηση του στόλου των ηλεκτρικών οχημάτων βασισμένη σε δύο σενάρια της διεθνούς οργάνωσης ενέργειας (IEA) ^[6]. Η πράσινη καμπύλη (STEP scenario) μας υποδηλώνει τις δηλωθείσες πολιτικές πάνω στην ηλεκτροκίνηση ενώ αντίστοιχα η μπλε καμπύλη (SD scenario) το σενάριο μιας βιώσιμης ανάπτυξης, η οποία συμβαδίζει με τους κλιματικούς στόχους που έχουν θεσπιστεί σύμφωνα με την συνθήκη του Παρισιού ^[7] όπου προβλέπεται ο στόχος, το 2030, το 30% των πωλήσεων νέων οχημάτων να είναι ηλεκτρικά. Με βάση αυτά τα σενάρια, το 2030 προβλέπεται μια αύξηση της τάξεως του 8-14% του συνολικού στόλου οχημάτων και πιο συγκεκριμένα, 89-166 εκατομμύρια αμιγώς ηλεκτρικά και επιπλέον 46-71 εκατομμύρια Plug-in υβριδικά. Παρατείνοντας αυτά τα σενάρια, έως το 2050, παρατηρείται μια αύξηση του παγκόσμιου στόλου ηλεκτρικών οχημάτων σε

ποσοστό 25% για το STEP scenario, δηλαδή περίπου 1 δισεκατομμύριο οχήματα, και 50% για το SD scenario δηλαδή περίπου 2 δισεκατομμύρια^[5].



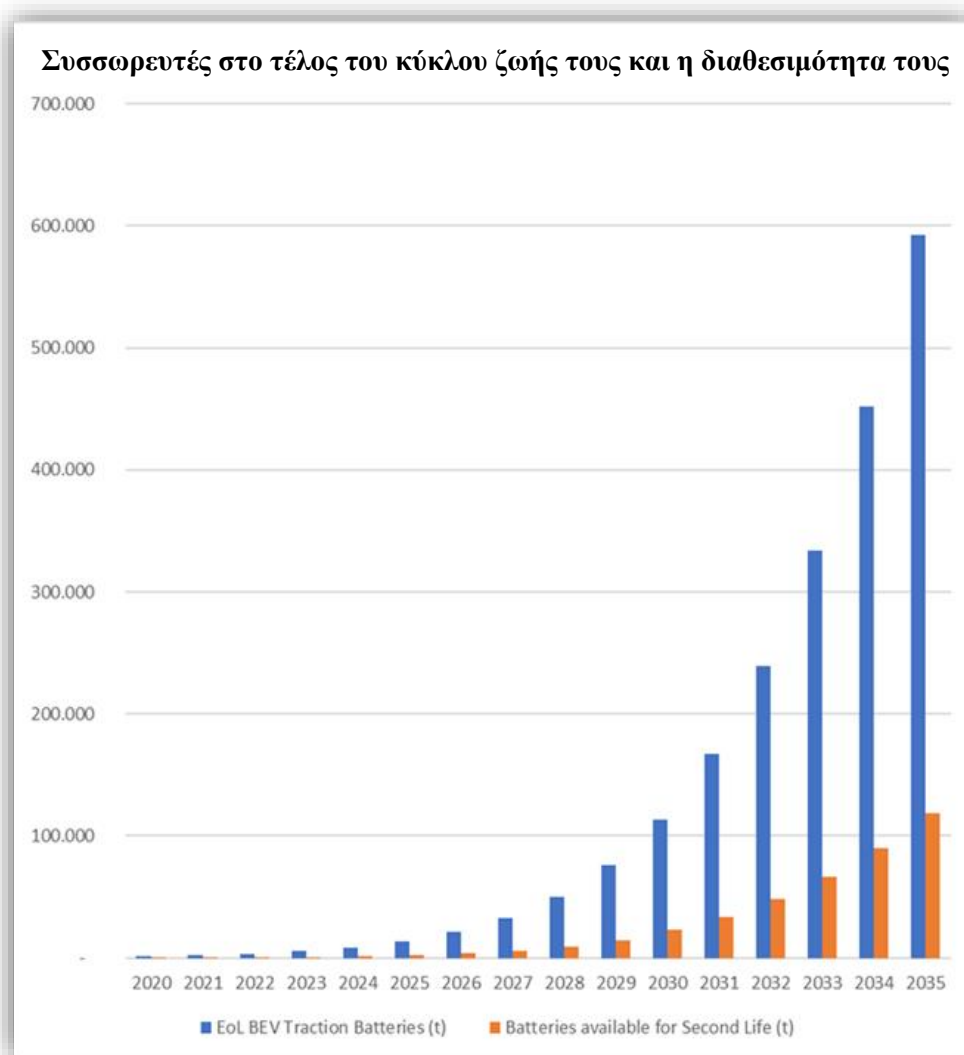
Εικόνα 1.2: Η πορεία των αποβλήτων σύμφωνα με τον οδηγό διαχείρισης αποβλήτων στην οδηγία 2008/98/ΕΚ. Πηγή: Ευρωπαϊκή Ένωση^[8]

Σύμφωνα με την εικόνα 1.2, η οποία βασίζεται στον Ευρωπαϊκό οδηγό διαχείρισης αποβλήτων αλλά και με βάση το πλάνο της ΕΕ για μια κυκλική οικονομία^[9] στην Ένωση, ως βέλτιστη πρώτη λύση παρουσιάζεται η μείωση του όγκου των αποβλήτων. Εάν αυτό δεν μπορεί να καταστεί εφικτό, η επόμενη λύση που συνιστάται είναι η επαναχρησιμοποίηση του προϊόντος σε κάποια άλλη εφαρμογή. Επόμενο στάδιο, είναι η ανακύκλωση του προϊόντος ώστε να δημιουργηθούν νέα προϊόντα και ακολουθεί η ανάκτηση εξοικονομώντας ενέργεια από τα απορρίμματα. Τέλος, ως χειρίστη λύση είναι η απόρριψη σε χώρους υγειονομικής ταφής.

Με την ταχύτερη ανάπτυξη της ηλεκτροκίνησης, όμως, προκύπτουν και άλλα ζητήματα, όπως έχει προαναφερθεί, με κυριότερο από αυτά να είναι η διαχείριση των συσσωρευτών στο τέλος του κύκλου ζωής τους.

Βάσει της Ευρωπαϊκής οδηγίας 2008/98/ΕΚ^[8] ο πρώτος τρόπος διαχείρισης είναι η επαναχρησιμοποίηση. Εφόσον υπάρχει μεγάλος αριθμός διαθέσιμων συσσωρευτών δίνεται η δυνατότητα για χρήση τους σε άλλες εφαρμογές όπου να είναι αρκετά χρήσιμοι με σημαντικά κοινωνικά, περιβαλλοντικά και επιχειρηματικά οφέλη. Συνήθως, όπως αναφέρεται και στην έκθεση εκτίμησης επιπτώσεων της νέας Ευρωπαϊκής Οδηγίας 2020/798/ΕΚ^[10], κάθε συσσωρευτής ηλεκτρικού οχήματος που η κατάσταση της υγείας του έχει φθάσει περίπου στο 75-80% τότε σταματά ο πρώτος κύκλος ζωής του και συνίσταται η αντικατάστασή του ώστε να τηρούνται και οι δοσμένες τιμές αυτονομίας του οχήματος. Εν συνεχεία, ο συσσωρευτής που

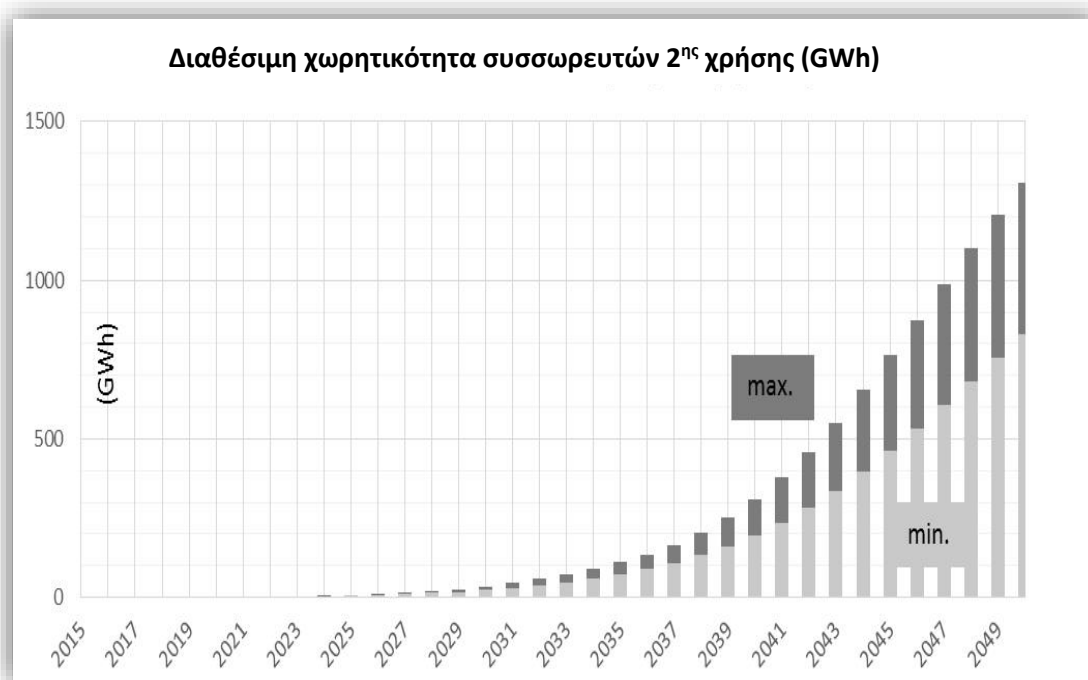
αντικαταστάθηκε, κατευθύνεται για να έχει μια δεύτερη ζωή, εφόσον είναι εφικτό και πληρούνται οι όποιες προϋποθέσεις.



Διάγραμμα 1.2: Ετήσια πρόβλεψη συσσωρευτών ηλεκτρικών οχημάτων και η διαθεσιμότητα τους για δεύτερη χρήση. Πηγή: Έκθεση εκτίμησης επιπτώσεων Ευρωπαϊκής οδηγίας 2020/798/ΕΚ^[10]

Στο διάγραμμα 1.2 παρουσιάζονται οι προβλέψεις της Ευρωπαϊκής Ένωσης για τον μεγάλο αριθμό συσσωρευτών που θα έχουν εισχωρήσει στην αγορά. Η εκθετική αύξηση που παρατηρείται είναι λογική συνυπολογίζοντας και το διάγραμμα 1.1. Άξιο αναφοράς, είναι και το γεγονός ότι το 2030 προβλέπεται να έχουν φθάσει 120.000 τόνοι συσσωρευτών στο τέλος του πρώτου κύκλου ζωής τους και από αυτούς να υπάρχει διαθεσιμότητα για επαναχρησιμοποίηση περίπου στους 20.000 τόνους. Ακόμα, σε μια πενταετία, δηλαδή το 2035, ο αριθμός αυτός υπερδιπλασιάζεται και φθάνει σχεδόν στους 600.000 τόνους όπου θα έχουν ολοκληρώσει τον πρώτο κύκλο ζωής τους ενώ αντίστοιχα η διαθεσιμότητα από αυτούς για δεύτερη ζωή υπολογίζεται στους 120.000 τόνους.

Παρατηρώντας τον μεγάλο αριθμό συσσωρευτών και την διαθεσιμότητα τους για δεύτερη ζωή, προκύπτει ένα εξαιρετικά ενδιαφέρον στοιχείο το οποίο και είναι η κάλυψη των ενεργειακών αναγκών από αυτούς.



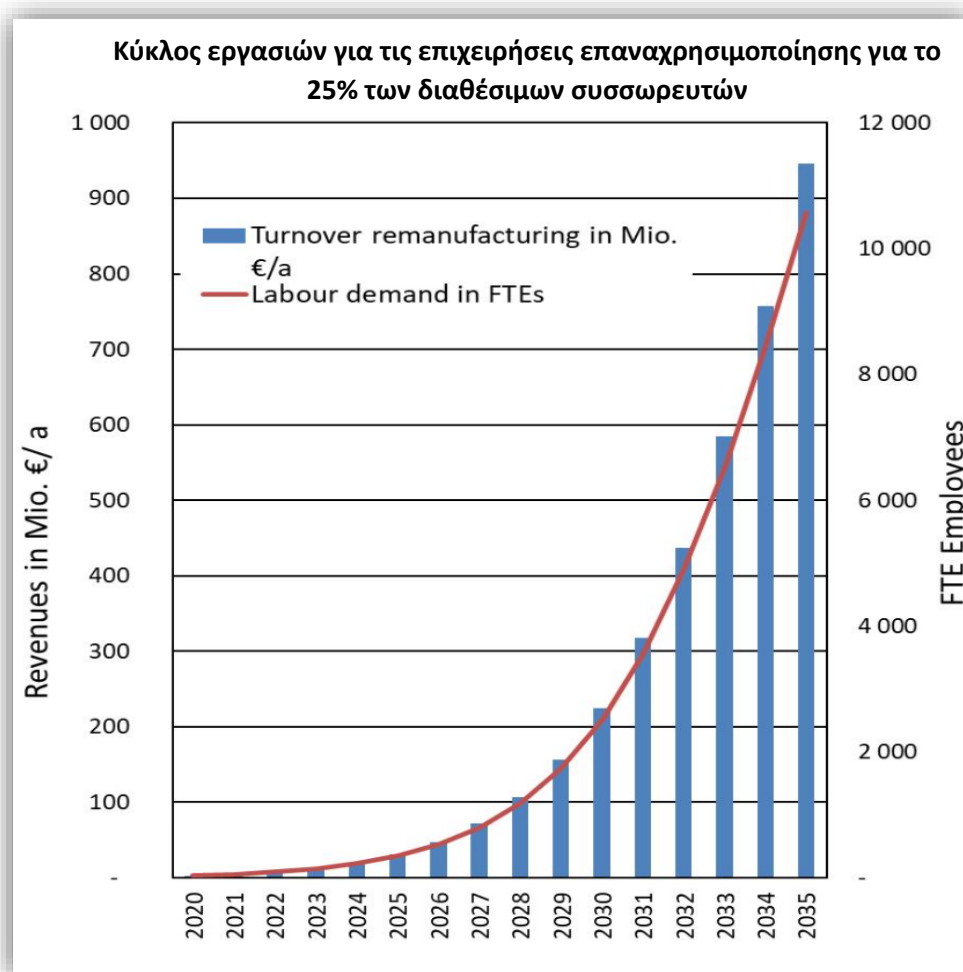
Διάγραμμα 1.3: Μέγιστη και ελάχιστη χωρητικότητα συσσωρευτών 2^{ης} χρήσης μέχρι το 2050. Πηγή: Έκθεση εκτίμησης επιπτώσεων Ευρωπαϊκής οδηγίας 2020/798/EK ^[10]

Με τη βοήθεια του διαγράμματος 1.3 δίνονται δύο σενάρια μέγιστης και ελάχιστης χωρητικότητας από συσσωρευτές 2^{ης} χρήσης. Μέχρι και το 2030, δεν παρατηρείται κάποια αξιοσημείωτη μεταβολή στην καμπύλη της διαθέσιμης χωρητικότητας για αυτούς τους συσσωρευτές λόγω του ότι τώρα ξεκινά η μεγάλη ανάπτυξη της ηλεκτροκίνησης, συνυπολογίζοντας και το γεγονός, όπως αναφέρεται και στην έκθεση εκτίμησης επιπτώσεων της Ευρωπαϊκής οδηγίας 2020/798/EK, ότι η μέση διάρκεια ζωής ενός συσσωρευτή στο ηλεκτρικό όχημα κυμαίνεται στα 8-10 έτη. Αξιοσημείωτο είναι δε, ότι η μεγάλη διαφορά στην καμπύλη διαφαίνεται από το 2040 και έπειτα. Κάθε χρόνο φανερώνεται μια μεγάλη διαφορά σε σχέση με το αμέσως προηγούμενο έτος.

Με τα παραπάνω στοιχεία, παρατηρείται ότι το 2035, η ελάχιστη διαθέσιμη χωρητικότητα θα είναι της τάξεως των 90GWh, με τη μέγιστη διαθέσιμη χωρητικότητα να αγγίζει τις 150GWh. Σταδιακά και με τη ραγδαία ανάπτυξη της ηλεκτροκίνησης, το 2040 δείχνει ελάχιστη χωρητικότητα τις 200GWh με τη μέγιστη στις 320GWh. Το 2045, η ελάχιστη κυμαίνεται στις 470GWh και η μέγιστη στις 760GWh. Τέλος, για το 2050 τα δύο σενάρια φανερώνουν την ελάχιστη χωρητικότητα στις 810GWh ενώ η μέγιστη τιμή αγγίζει τις 1300GWh.

Ένα πολύ ενδιαφέρον στοιχείο που φανερώνεται με την ανάλυση των ανωτέρω, είναι το γεγονός ότι ανά πέντε έτη η διαθέσιμη χωρητικότητα και χρήση της σε άλλες εφαρμογές, υπερδιπλασιάζεται φτάνοντας σε πολύ σημαντικές ποσότητες και ικανές να καλύψουν ένα μεγάλο εύρος ενεργειακών αναγκών.

Ο τομέας της επαναχρησιμοποίησης, εκτός από τα σημαντικά ενεργειακά οφέλη, έχει πολλές θετικές επιπτώσεις σε κοινωνικό και οικονομικό επίπεδο όπως δημοσιεύθηκε και στην έκθεση εκτίμησης επιπτώσεων της Ευρωπαϊκής οδηγίας 2020/798/EK.



Διάγραμμα 1.4: Κοινωνικές και οικονομικές επιπτώσεις λόγω 2^{ης} χρήσης για το 25% των διαθέσιμων συσσωρευτών που τεθούν σε εφαρμογές επαναχρησιμοποίησης. Πηγή: Έκθεση εκτίμησης επιπτώσεων Ευρωπαϊκής οδηγίας 2020/798/EK ^[10]

Τα στοιχεία που δίνονται από την Ευρωπαϊκή Ένωση για τις επιχειρήσεις που έχουν ως κύρια ασχολία την επαναχρησιμοποίηση είναι άκρως ενθαρρυντικά και με μεγάλες μελλοντικές προοπτικές.

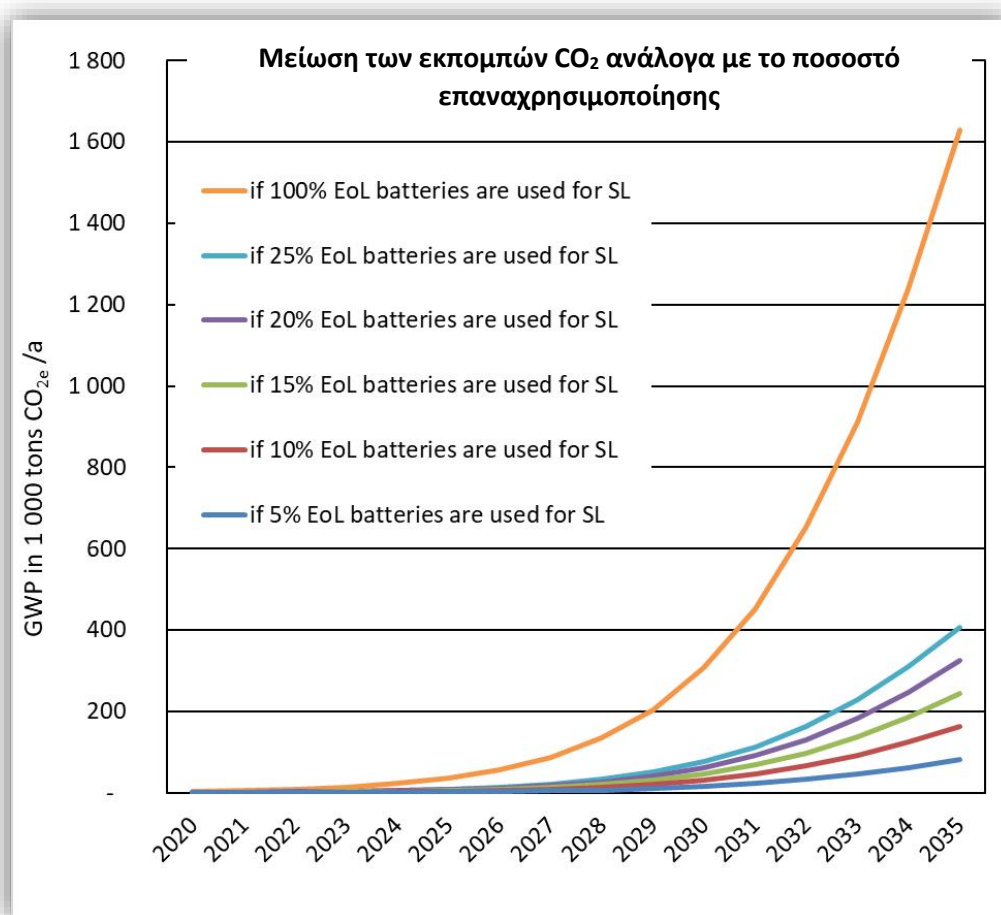
Σύμφωνα με το διάγραμμα 1.4, το 2028 θα έχουν ετήσια έσοδα 100 εκατομμύρια ευρώ και μέσα σε 2 χρόνια, το 2030, διπλασιάζονται στα 200 εκατομμύρια ευρώ. Μέχρι το 2035, όπου έχει γίνει η πρόβλεψη, τα ετήσια έσοδα θα ξεπερνούν τα 900 εκατομμύρια ευρώ. Γίνεται αντιληπτό, ότι ανοίγεται μια νέα τεράστια αγορά γύρω από την επαναχρησιμοποίηση συσσωρευτών.

Με τη λειτουργία τέτοιων επιχειρήσεων αυξάνονται και οι θέσεις πλήρους απασχόλησης, με την πρόβλεψη να κάνει λόγο έως το 2035 να έχουν δημιουργηθεί περισσότερες από 45.000 νέες θέσεις εργασίας επιστημόνων με αποτέλεσμα να έχει θετικό αντίκτυπο στην αγορά, με μεγαλύτερη απορρόφηση. Έτσι, υπάρχει μείωση της

ανεργίας όπου καταδεικνύεται η προσφορά της επαναχρησιμοποίησης και στην κοινωνία ευρύτερα.

Είναι φανερό λοιπόν το πόσο σημαντικό είναι και από οικονομικής και κοινωνικής άποψης η επαναχρησιμοποίηση, όταν δηλαδή παρουσιάζονται αυτά τα στοιχεία για συσσωρευτές που έχει τελειώσει ο κύκλος ζωής τους για τις εφαρμογές που αρχικά προορίζονταν. Εάν συνυπολογιστεί το γεγονός ότι αυτά τα στοιχεία, πρόκειται για το 25% των διαθέσιμων συσσωρευτών, στις πιο αισιόδοξες προβλέψεις για το 100% των διαθέσιμων τα προαναφερθέντα ποσά μπορούν έως και να τετραπλασιαστούν.

Τα περιβαλλοντικά οφέλη από την επαναχρησιμοποίηση είναι εξίσου σημαντικά και δεν περνούν απαρατήρητα. Όπως δίνονται τα στοιχεία πάλι από την Ευρωπαϊκή Ένωση, η μείωση των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου είναι αξιοσημείωτη ανάλογα με το ποσοστό που οδηγούνται για δεύτερη χρήση.



Διάγραμμα 1.5: Μείωση εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου για τους συσσωρευτές που υπόκεινται σε δεύτερη χρήση. Πηγή: Έκθεση εκτίμησης επιπτώσεων Ευρωπαϊκής οδηγίας 2020/798/EK ^[10]

Η εκτίμηση πραγματοποιήθηκε με βάση το μοντέλο που χρησιμοποιεί το Oeko Institut of Global Warming Potential (GWP) ^[11], σύμφωνα με το οποίο εξαρτάται το ποσοστό των συσσωρευτών που θα προωθηθούν για επαναχρησιμοποίηση. Ανάλογα με το

ποσοστό που θα έχουν δεύτερη ζωή σε άλλες εφαρμογές προκύπτει και η ανάλογη εξοικονόμηση εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου.

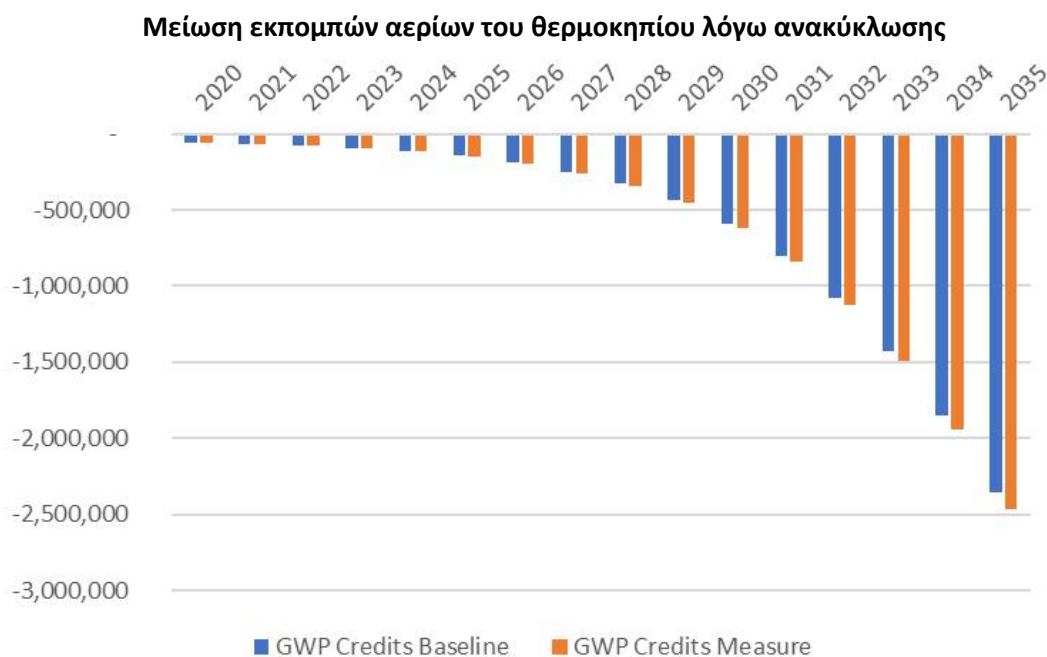
Για ένα ποσοστό επαναχρησιμοποίησης της τάξεως του 25%, το 2035, η μείωση εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου θα έφτανε τους 400.000 τόνους CO₂ ετησίως. Ιδανικά, εάν εξ' ολοκλήρου οδηγούνταν οι συσσωρευτές από ηλεκτρικά οχήματα για δεύτερη χρήση θα υπήρχαν εντυπωσιακά αποτελέσματα μείωσης εκπομπών όπως φανερώνει και το διάγραμμα 1.5, με τιμές που φθάνουν έως και 1.600.000 τόνους CO₂ ετησίως^[10].

Τα επόμενα στάδια από την επαναχρησιμοποίηση, για την πορεία των αποβλήτων συσσωρευτών, είναι η ανακύκλωση και η ανάκτηση των υλικών. Σε αυτά τα στάδια παρουσιάζεται εξίσου μεγάλο ενδιαφέρον για τα οφέλη που έχουν αυτές οι διεργασίες, όπως επίσης και οι μελλοντικές προοπτικές που εμφανίζονται.

Για την ανακύκλωση, τα κύρια πλεονεκτήματα^[12] είναι:

- Μείωση των αποβλήτων που προορίζονται σε χώρους υγειονομικής ταφής
- Διατήρηση των φυσικών πόρων όπως πολύτιμα μέταλλα και ορυκτά
- Πρόληψη της ρύπανσης και εξοικονόμηση ενέργειας καθώς μειώνεται η ανάγκη για νέες πρώτες ύλες
- Μείωση των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου τα οποία συμβάλλουν στη κλιματική αλλαγή
- Δημιουργία νέων θέσεων εργασίας
- Τα υλικά που έχουν ανακτηθεί, μπορούν άμεσα να επαναχρησιμοποιηθούν

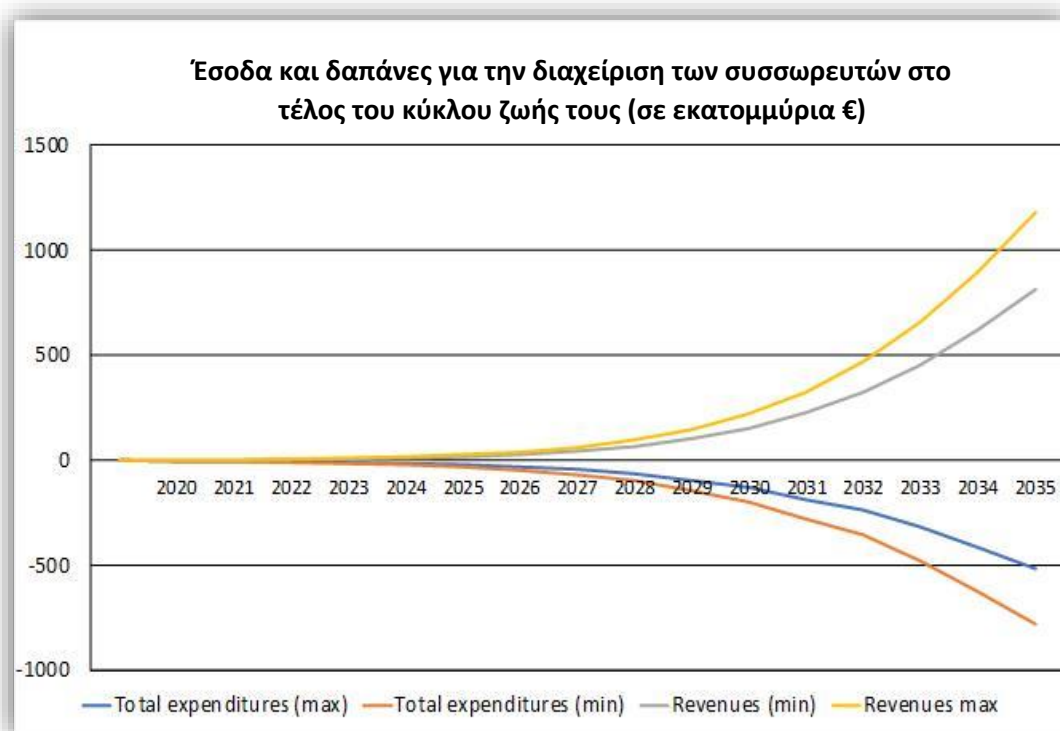
Τα περιβαλλοντικά οφέλη λόγω ανακύκλωσης είναι επίσης αξιοσημείωτα σύμφωνα με τα στοιχεία που έχει δημοσιεύσει η Ευρωπαϊκή Ένωση.



Διάγραμμα 1.6: Μείωση των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου λόγω ανακύκλωσης για τη περίοδο 2020-2035 (τόνοι/έτος). Πηγή: Έκθεση εκτίμησης επιπτώσεων Ευρωπαϊκής οδηγίας 2020/798/EK^[10]

Σύμφωνα με το διάγραμμα 1.6, παρατηρείται εκθετική μείωση των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου έως το 2035 λόγω ανακύκλωσης συσσωρευτών ιόντων λιθίου. Το 2020 εξοικονομήθηκαν περίπου 150.000 τόνοι CO₂, ενώ το 2030 που θα έχει εισχωρήσει στην αγορά της Ευρωπαϊκής Ένωσης ένας μεγάλος αριθμός συσσωρευτών, προβλέπεται να έχουν εξοικονομηθεί 620.000 τόνοι ετησίως. Συνολικά, 9,8 εκατομμύρια τόνοι CO₂ θα έχουν αποφευχθεί να εκπεμφθούν στην ατμόσφαιρα αποκλειστικά και μόνο από την ανακύκλωση των συγκεκριμένων τύπων συσσωρευτών. Ο αριθμός αυτός, σε επίπεδο Ευρωπαϊκής Ένωσης, αντιστοιχεί σε μια συνολική μείωση των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου σε ποσοστό 4,3%. Αξίζει να σημειωθεί ότι αυτές οι τιμές μείωσης των εκπομπών προϋποθέτουν μεγάλα ποσοστά ανάκτησης των υλικών^[10].

Μεγάλο ενδιαφέρον παρουσιάζεται και στις επιχειρηματικές δραστηριότητες γύρω από τη διαχείριση των συσσωρευτών στο τέλος του κύκλου ζωής τους και συγκεκριμένα στην ανακύκλωση. Με την Ευρωπαϊκή Ένωση να παρουσιάζει τις επίσημες προβλέψεις της για αυτές τις επιχειρήσεις τη περίοδο 2020-2035 τα στοιχεία είναι ενθαρρυντικά και μελλοντικά προσοδοφόρα.



Διάγραμμα 1.7: Προβλεπόμενα έσοδα-έξοδα επιχειρήσεων ανακύκλωσης για τη περίοδο 2020-2035. Πηγή: Έκθεση εκτίμησης επιπτώσεων Ευρωπαϊκής οδηγίας 2020/798/EK^[10]

Με βάση το διάγραμμα 1.7, για τις επιχειρήσεις που σχετίζονται με την διαχείριση των συσσωρευτών στο τέλος του κύκλου ζωής τους μέχρι το 2025 δεν θα υπάρχει κάποιο αξιοσημείωτο κέρδος διότι δεν θα υπάρχουν μεγάλες ποσότητες προς ανακύκλωση.

Συγκρίνοντας τα δύο σενάρια που παρουσιάζονται (μέγιστο και ελάχιστο κέρδος και αντίστοιχες δαπάνες), το κομβικό έτος, που προβλέπεται οι επιχειρήσεις ότι θα

ξεκινήσουν να είναι επικερδείς, είναι το 2028 και έπειτα, στο αισιόδοξο σενάριο όπου φαίνεται να υπάρχει αυτή η δυνατότητα λόγω της μεγαλύτερης εισροής. Το απαισιόδοξο σενάριο διαμηνύει ότι από το 2031 και έπειτα, θα δοθεί η δυνατότητα κέρδους.

Από τα στοιχεία που προαναφέρθηκαν, γίνεται αντιληπτή η ανάγκη που γεννάται ώστε να δημιουργηθεί και στην Ελλάδα μια επιχείρηση που να ασχολείται στους συγκεκριμένους κλάδους και να είναι μέρος της αλυσίδας αξίας της ηλεκτροκίνησης σε όλη την Ευρωπαϊκή Ένωση, όπως επίσης και να έχει ενεργό ρόλο σε μια Ευρωπαϊκή κυκλική οικονομία.

2ο ΚΕΦΑΛΑΙΟ

Η ΠΕΡΙΠΤΩΣΗ ΤΟΥ ΠΑΓΚΟΣΜΙΟΥ ΙΣΤΟΥ

Η επαναχρησιμοποίηση και ανακύκλωση συσσωρευτών από ηλεκτρικά οχήματα έχει αρχίσει να αναπτύσσεται ραγδαία και ακολουθώντας τις εξελίξεις, συνεχώς προκύπτουν νέες προκλήσεις.

Παρακάτω θα παρουσιαστεί η κατάσταση στην οποία βρίσκεται όλος ο παγκόσμιος ιστός γύρω από το συγκεκριμένο ζήτημα, όσον αφορά το νομοθετικό πλαίσιο, τις ήδη υπάρχουσες εμπορικές και επιχειρηματικές δραστηριότητες όπως επίσης και τα σημαντικά περιβαλλοντικά οφέλη αυτών των εγχειρημάτων, καθώς και από εταιρίες που δραστηριοποιούνται γύρω από αυτούς τους τομείς.

2.1) Νομοθεσία

Ο σχεδιασμός ενός συστήματος ή μιας μονάδας επαναχρησιμοποίησης και ανακύκλωσης συσσωρευτών από ηλεκτρικά οχήματα, για την ορθή και επιτυχή εφαρμογή του, απαιτείται η γνώση βασικών αρχών των διατάξεων που διέπουν την εθνική και ευρωπαϊκή νομοθεσία που αφορούν την εκάστοτε επιχείρηση. Για οποιαδήποτε δραστηριότητα που συνδέεται η επιχείρηση, οφείλει να είναι πλήρως εναρμονισμένη.

Αναλυτικά, παρακάτω παρουσιάζονται τα νομοθετικά πλαίσια που τηρούνται σε Ευρώπη, Αμερική και Ασία.

2.1.1) Ευρωπαϊκή Ένωση

Στην Ευρωπαϊκή Ένωση, μέχρι πρότινος χρησιμοποιούνταν ο νόμος 2006/66/ΕΚ ^[13] και η τροποποιημένη νομοθεσία 2019/1020 ^[14] για την διαχείριση των συσσωρευτών.

Παρακολουθώντας όμως τις τάσεις της αγοράς και την αυξανόμενη ζήτηση ηλεκτρικών οχημάτων η ανάγκη για μια νέα νομοθεσία με πιο αυστηρά και συγκεκριμένα κριτήρια συλλογής, ανάκτησης υλικών, σήμανσης, πιστοποίησης και ούτω καθεξής κατέστη αναγκαία. Έτσι, τον Δεκέμβριο του 2020 δημοσιεύθηκε πρώτη φορά η νέα νομοθεσία που αφορά τους συσσωρευτές με σαφώς μεγαλύτερη έμφαση στους βιομηχανικούς αλλά και σε όσους προέρχονται από ηλεκτρικά οχήματα.

Η οδηγία 2020/798/ΕΚ ^[15] δημιουργήθηκε για να καλύψει τις προαναφερθείσες ανάγκες που δημιουργούνται καθώς και να θεσπίσει συγκεκριμένες διαδικασίες για τους παραγωγούς, τους εισαγωγείς, τους διανομείς, τους φορείς επεξεργασίας και όλους όσους εμπλέκονται με την διαχείριση των συσσωρευτών.

Βασικοί στόχοι του νόμου 2020/798/ΕΚ είναι οι εξής:

- Ενίσχυση της βιωσιμότητας των συσσωρευτών καθ' όλη τη διάρκεια του κύκλου ζωής τους, εξασφαλίζοντας ελάχιστες απαιτήσεις βιωσιμότητας για

τους συσσωρευτές που τοποθετούνται στην εσωτερική αγορά της Ευρωπαϊκής Ένωσης.

- Προώθηση της παραγωγής και της διάθεσης στην αγορά της Ευρωπαϊκής Ένωσης συσσωρευτών υψηλής ποιότητας και απόδοσης.
- Ανάπτυξη και χρήση του δυναμικού των πρώτων υλών των συσσωρευτών της Ευρωπαϊκής Ένωσης, τόσο του πρωτογενούς όσο και του δευτερογενούς, διασφαλίζοντας ότι παράγονται με αποτελεσματικό και βιώσιμο τρόπο.
- Διασφάλιση της λειτουργίας των αγορών δευτερογενών πρώτων υλών και συναφών βιομηχανικών διαδικασιών.
- Προώθηση της καινοτομίας και της ανάπτυξης και εφαρμογής της τεχνολογικής εμπειρογνωμοσύνης της Ευρωπαϊκής Ένωσης.
- Αύξηση της ανθεκτικότητας της αλυσίδας εφοδιασμού των συσσωρευτών της Ευρωπαϊκής Ένωσης με το κλείσιμο του βρόχου των υλικών.
- Μείωση της εξάρτησης της Ευρωπαϊκής Ένωσης από τις εισαγωγές υλικών στρατηγικής σημασίας.
- Εξασφάλιση της κατάλληλης συλλογής και ανακύκλωσης όλων των αποβλήτων συσσωρευτών
- Μείωση των περιβαλλοντικών και κοινωνικών επιπτώσεων σε όλα τα στάδια του κύκλου ζωής των συσσωρευτών.
- Συμβολή στην υπεύθυνη προμήθεια.
- Αποτελεσματική χρήση πρώτων και ανακυκλωμένων υλικών.
- Μείωση των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου σε ολόκληρο τον κύκλο ζωής τους.
- Μείωση των κινδύνων για την ανθρώπινη υγεία και την ποιότητα του περιβάλλοντος καθώς και τη βελτίωση των κοινωνικών συνθηκών και των τοπικών κοινοτήτων.

2.1.2) Αμερική

Στις Ηνωμένες πολιτείες της Αμερικής θεσπίζονται δύο νομοθεσίες σε όλες τις πολιτείες ανεξαιρέτως. Συγκεκριμένα, βασίζονται νομοθετικά στο «Battery Act» και στο «Mercury-Containing and Rechargeable Battery Management Act»^[16].

Ακολούθως, κάθε πολιτεία ξεχωριστά έχει τη δική της νομοθεσία σχετικά με τους στόχους συλλογής, ανάκτησης, σήμανσης, διανομής και ούτω καθεξής.

Η πρώτη πολιτεία που ξεκίνησε την διαδικασία διερεύνησης ενός οδηγού διαχείρισης συσσωρευτών από ηλεκτρικά οχήματα ήταν η Καλιφόρνια^[17], το 2018, με τη συγκρότηση μιας ομάδας συμβουλευτικού χαρακτήρα, από εταιρίες που εργάζονται στους κλάδους της επαναχρησιμοποίησης και ανακύκλωσης. Σκοπός της εν λόγω πολιτείας, είναι η θέσπιση ενός συγκεκριμένου νομοθετικού πλαισίου έως τον Απρίλιο του 2022.

Στο ίδιο μήκος κύματος κινείται και ο Καναδάς έχοντας σαν βασική αρχή τον νόμο «RESOURCE RECOVERY AND CIRCULAR ECONOMY ACT, 2016»^[18].

Αυτή τη περίοδο και με την μεγάλη άνοδο της αγοράς των ηλεκτρικών οχημάτων, οι χώρες της βόρειας Αμερικής (Ηνωμένες Πολιτείες, Καναδάς) βρίσκονται σε

διαδικασίες τροποποίησης των τωρινών νομοθεσιών που βρίσκονται σε ισχύ, με βασικό σκοπό τη θεσμοθέτηση συγκεκριμένων προτύπων, στόχων και τρόπων διαχείρισης σε ομοσπονδιακό επίπεδο και όχι σε κάθε πολιτεία ξεχωριστά.

2.1.3) Ασία

Στην Κίνα, που είναι και η μεγαλύτερη αγορά του κόσμου, νομοθετικά λειτουργούν σύμφωνα με τον νόμο «000014349/2020-00104»^[19] όπου δημοσιεύθηκε πρώτη φορά το 2020 και αφορά ένα στρατηγικό νέο πλάνο, σχετικά με την ανάπτυξη της ηλεκτροκίνησης, τις νέες τεχνολογίες συσσωρευτών και την διαχείριση των αποβλήτων συσσωρευτών.

Ειδικότερα, οι βασικοί άξονες της νομοθεσίας είναι οι εξής:

- Προώθηση και ανάπτυξη μιας βιώσιμης αγοράς ηλεκτρικών οχημάτων
- Ενσωμάτωση της Κίνας στις παγκόσμιες βιομηχανικές αλυσίδες αξίας
- Βελτίωση των κανονιστικών μεταρρυθμίσεων
- Προώθηση της καινοτομίας
- Κατασκευή και βελτίωση των υποδομών
- Προώθηση, όπου είναι εφικτό, των αυτοματοποιημένων διαδικασιών
- Προστασία των πνευματικών δικαιωμάτων
- Ενίσχυση της διεθνούς συνεργασίας

Στην Ιαπωνία λειτουργούν σύμφωνα με τον νόμο «Act on the Promotion of Effective Utilization of Resources»^[20].

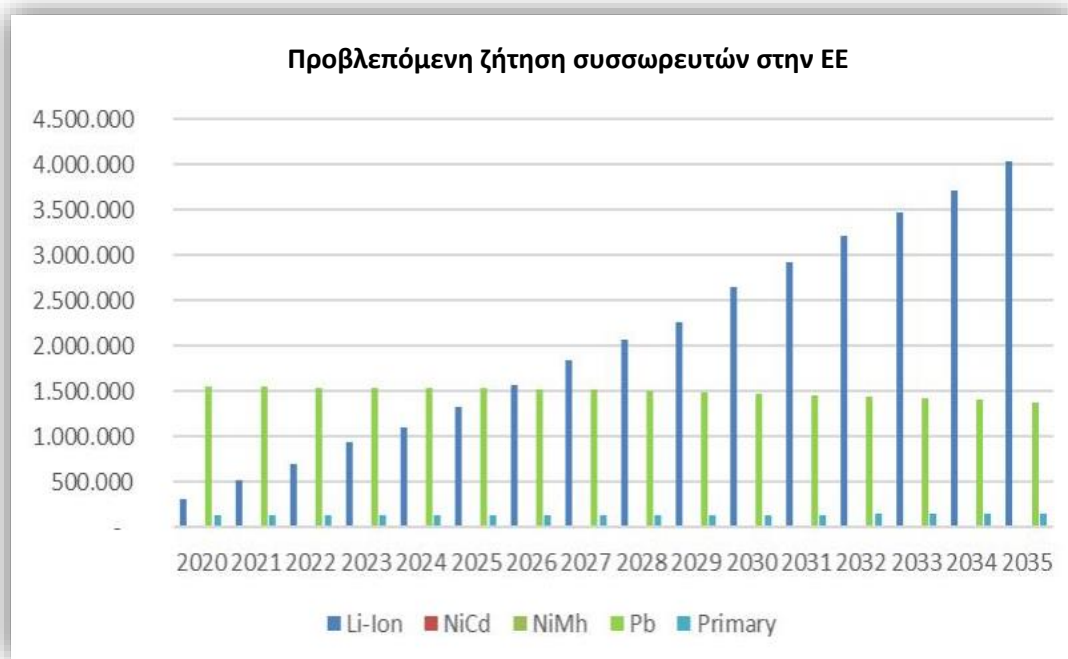
2.2) Εμπορικά-Επιχειρηματικά

Όπως είναι φυσικό, η μεγάλη ανάπτυξη της αγοράς των ηλεκτρικών οχημάτων έχει προσελκύσει το ενδιαφέρον από έναν μεγάλο αριθμό εταιριών που δραστηριοποιούνται γύρω από την επαναχρησιμοποίηση και την ανακύκλωση. Οι εταιρίες αυτές έχουν ξεκινήσει ενεργά, καθώς βρίσκονται σε εξέλιξη ένας μεγάλος αριθμός εγχειρημάτων που είτε έχουν ολοκληρωθεί, είτε είναι σε στάδιο μελετών με σκοπό τη μελλοντική τους υλοποίηση.

Παρακάτω θα παρουσιαστούν διάφορα εγχειρήματα (είτε επαναχρησιμοποίησης, είτε ανακύκλωσης) που βρίσκονται σε λειτουργία ανά τον κόσμο.

2.2.1) Η περίπτωση της Ευρώπης

Σύμφωνα με τη μελέτη επιπτώσεων^[10], που δημοσιεύθηκε εν παραλλήλω με τη νέα νομοθεσία της Ευρωπαϊκής Ένωσης 2020/798/EK, η αύξηση ζήτησης συσσωρευτών λιθίου, με χρονικό ορίζοντα το 2035, πρόκειται να υπέρ πολλαπλασιαστεί, εν συγκρίσει με τα τωρινά δεδομένα, έχοντας ως συνέπεια την κατάκτηση της αγοράς των συσσωρευτών, όπως παρουσιάζεται και στο παρακάτω διάγραμμα.



Διάγραμμα 2.1: Προβλεπόμενη ζήτηση συσσωρευτών ανάλογα τη χημική τους σύσταση στην ΕΕ (τόνοι/χρόνο). Πηγή: Έκθεση εκτίμησης επιπτώσεων Ευρωπαϊκής οδηγίας 2020/798/ΕΚ ^[10].

Το διάγραμμα 2.1 καταδεικνύει την αυξανόμενη τάση ζήτησης και εισαγωγής συσσωρευτών ιόντων λιθίου στην αγορά της Ευρωπαϊκής Ένωσης. Η βασική αιτία της συγκεκριμένης πρόβλεψης, οφείλεται στην ανάπτυξη της ηλεκτροκίνησης πανευρωπαϊκά.

Με στοιχεία που δίδονται, έως το τέλος του έτους θα έχουν εισχωρήσει στην αγορά 500.000 τόνοι συσσωρευτών ιόντων λιθίου. Συγκρίνοντας αυτή τη ποσότητα, με τη προσδοκώμενη εισροή σε μια πενταετία, το 2026, θα έχουν εισχωρήσει περισσότεροι από 1,5 εκατομμύριο τόνοι συσσωρευτών. Μέχρι το 2035, το τελευταίο έτος για το οποίο έχει πραγματοποιηθεί η πρόβλεψη, υπολογίζεται ότι θα εισχωρήσουν στην αγορά 4 εκατομμύρια τόνοι συσσωρευτών ιόντων-λιθίου.

Παρατηρείται, σε ένα τόσο μικρό χρονικό διάστημα, μέσω των δεικτών, ο τριπλασιασμός των εισροών ανά πέντε έτη. Η Ευρωπαϊκή Ένωση, αντιλαμβάνοντας το ζήτημα που θα προκύψει, προετοιμάζεται για την διαχείριση των αποβλήτων αυτών.

Αξιοσημείωτη είναι δε, η σταθερή σχετικά ζήτηση άλλων τύπων συσσωρευτών (νικελίου-καδμίου, νικελίου-υδριδίου μετάλλου, μολύβδου-οξέος)

Σε πολλά μέρη της ηπείρου, έχουν τεθεί σε λειτουργία πολλά καινοτόμα εγχειρήματα με σκοπό την ορθή διαχείριση τους.

Ένα χαρακτηριστικό παράδειγμα επαναχρησιμοποίησης συσσωρευτών από ηλεκτρικά οχήματα βρίσκεται στη Γερμανία και έχει υλοποιηθεί από την αυτοκινητοβιομηχανία της BMW ^[21].



Εικόνα 2.1: Εγκατάσταση αποθήκευσης ενέργειας από την BMW στη Λειψία. Πηγή: *Slashgear*^[21]

Η εικόνα 2.1 αντικατοπτρίζει την εγκατάσταση που έχει τεθεί σε λειτουργία από την BMW και πρόκειται για μονάδα αποθήκευσης ενέργειας στην πόλη της Λειψίας, στη Γερμανία.

Οι συσσωρευτές που χρησιμοποιούνται για την αποθήκευση ενέργειας προέρχονται σε ένα μεγάλο ποσοστό από τους ήδη αποσυρόμενους του ηλεκτρικού οχήματος που διαθέτει, το BMW i3. Για την κατάσταση της υγείας τους, όταν ξεκίνησε η δεύτερη ζωή τους, είχε θεσπιστεί σαν ελάχιστο όριο το 70%.

Για την εφαρμογή αυτή, υπάρχει η δυνατότητα να χρησιμοποιηθούν συνολικά 700 συσσωρευτές. Αυτή τη στιγμή στην εγκατάσταση, βρίσκονται 500 συσσωρευτές από τους οποίους μερικοί είναι καινούργιοι, ενώ ένα ποσοστό όπως προαναφέρθηκε, προέρχονται από το ηλεκτρικό όχημα.

Η χωρητικότητα κάθε συσσωρευτή στην εγκατάσταση, κυμαίνεται από τις 22 έως 35 kWh. Η εξήγηση για την διακύμανση της χωρητικότητας είναι προφανής, καθώς με την μικρότερη πρόκειται για τους ήδη χρησιμοποιημένους, ενώ με την μέγιστη πρόκειται για τους νέους.

Μια ακόμα εταιρία παραγωγής αυτοκινήτων, όπως η Audi, έχει υλοποιήσει ένα παρόμοιο εγχείρημα, με την επαναχρησιμοποίηση των συσσωρευτών σε εγκαταστάσεις αποθήκευσης ενέργειας στη τοποθεσία της Γερμανίας^[22].



Εικόνα 2.2: Εγκατάσταση αποθήκευσης ενέργειας στο Βερολίνο από την Audi. (Τα πνευματικά δικαιώματα της εικόνας ανήκουν αποκλειστικά στην Audi). Πηγή: Audi ^[22]

Στην εικόνα 2.2 φαίνεται η εγκατάσταση στο Βερολίνο, η οποία σχεδιάστηκε με κύριο γνώμονα την φόρτιση ηλεκτρικών οχημάτων και τη διανομή ηλεκτρικού ρεύματος στο δίκτυο του Βερολίνου.

Η χωρητικότητα της εγκατάστασης ανέρχεται στις 1,9 MWh και δίνεται η δυνατότητα φόρτισης έως και 200 ηλεκτρικών οχημάτων καθημερινά. Επίσης, για τις ενεργειακές ανάγκες των γραφείων χρησιμοποιείται ηλεκτρική ενέργεια από την συγκεκριμένη εγκατάσταση, η οποία παρέχει και τη δυνατότητα αυτόνομης ηλεκτροδότησης για διάστημα έως 2 ωρών.

Η φόρτιση των συσσωρευτών, προέρχεται αποκλειστικά από ανανεώσιμες πηγές ενέργειας, καθώς σε περιοχές πλησίον της εγκατάστασης βρίσκονται φωτοβολταϊκά και αιολικά πάρκα, κάνοντας, κυριολεκτικά, ενεργειακά αυτόνομη την εγκατάσταση.

Ένα ακόμα καινοτόμο παράδειγμα επαναχρησιμοποίησης συσσωρευτών, με σκοπό τη γρήγορη φόρτιση ηλεκτρικών οχημάτων, έχει πραγματοποιήσει μια ακόμα αυτοκινητοβιομηχανία και πρόκειται για την Volkswagen.

Η εφαρμογή αυτή, τοποθετήθηκε στην περιοχή του Βόλφσμπουργκ στη Γερμανία και πλέον βρίσκεται κανονικά σε λειτουργία μετά το πέρας ενός χρόνου πιλοτικής δοκιμής ^[23].



Εικόνα 2.3: Σταθμός φόρτισης ηλεκτρικών οχημάτων στο Βόλφσμπουργκ από την Volkswagen. (Τα πνευματικά δικαιώματα της εικόνας ανήκουν αποκλειστικά στη Volkswagen.) Πηγή: InsideEVs ^[23]

Η εικόνα 2.3 εκθέτει τον σταθμό φόρτιση που παρουσιάστηκε από την Volkswagen όπου, σχεδιάστηκε και υλοποιήθηκε με βάση την ιδέα ενός power bank για ηλεκτρικά οχήματα λόγω της εύκολης και γρήγορης πρόσβασης που παρέχεται. Αποτελείται αποκλειστικά από χρησιμοποιημένους συσσωρευτές που προέρχονται από ηλεκτρικά οχήματα και η μέγιστη χωρητικότητα που διαθέτει είναι 360kWh. Επίσης, είναι συνδεδεμένος με το δίκτυο της πόλης έτσι ώστε όταν υπάρχει περίσσεια ενέργειας, αυτή να διαμοιράζεται.

Η δυνατότητα ταχυφόρτισης παρέχεται, σε αριθμό που αγγίζει έως και 100kW. Οι συγκεκριμένοι σταθμοί φόρτισης έχουν επίσης τη δυνατότητα φόρτισης έως και 4 ηλεκτρικών οχημάτων ταυτόχρονα αλλά και την εξίσου πολύ σημαντική δυνατότητα, τη φόρτιση σε μικρότερα οχήματα όπως για παράδειγμα τα ηλεκτρικά ποδήλατα και τα ηλεκτρικά πατίνια. Το γεγονός αυτό συμβάλλει στην ανάπτυξη της μικροκινητικότητας σε μια πόλη, όπου για μικρές αποστάσεις να προτιμώνται τα συγκεκριμένα μέσα. Με τις διαστάσεις αυτού του σταθμού να είναι αρκετά διακριτικές (120x100 cm) και να μην υπάρχουν προβλήματα οριοθέτησης, μπορούν να τοποθετηθούν οπουδήποτε σε μια πόλη.

Μια από τις μεγαλύτερες εγκαταστάσεις αποθήκευσης ενέργειας με τη χρήση επαναχρησιμοποιούμενων συσσωρευτών στην Ευρώπη, βρίσκεται στην Ολλανδία, στο Άμστερνταμ και πιο συγκεκριμένα στο στάδιο Johan Cruyff Arena^[24].



Εικόνα 2.4: Εγκατάσταση αποθήκευσης ενέργειας στο στάδιο Johan Cruyff Arena. Πηγή: Mario Pagliaro & Francesco Meneguzzo ^[25]

Η συγκεκριμένη εγκατάσταση της εικόνας 2.4, σχεδιάστηκε και υλοποιήθηκε για την κάλυψη των ενεργειακών αναγκών του σταδίου κατά τη διάρκεια διαφόρων εκδηλώσεων και των αγώνων που πραγματοποιούνται, αλλά και για τις ενεργειακές ανάγκες στα γραφεία που στεγάζονται. Ακόμα, οι σταθμοί φόρτισης που εδράζονται πλησίον του σταδίου χρησιμοποιούν την ηλεκτρική ενέργεια από την εγκατάσταση.

Χρησιμοποιούνται συνολικά 590 συσσωρευτές, από τους οποίους οι 250 προέρχονται από το ηλεκτρικό όχημα Nissan Leaf αφού ολοκλήρωσαν τον πρώτο κύκλο ζωής τους και οι υπόλοιποι 340 πρόκειται για νέους συσσωρευτές που προορίζονται να εγκατασταθούν σε καινούργια ηλεκτρικά οχήματα.. Για την φόρτιση τους, έχουν τοποθετηθεί επίσης 4.200 φωτοβολταϊκά πάνελ στην οροφή του σταδίου. Η ικανότητα για την αποκλειστική ηλεκτροδότηση μέσω της εγκατάστασης, σε πλήρες φορτίο, διαρκεί 1 ώρα. Το προσδόκιμο ζωής των συσσωρευτών υπολογίζεται στην ελάχιστη διάρκεια των 10 ετών.

Τέλος, η ισχύς αυτού του συστήματος είναι 3MW με δυνατότητα αποθήκευσης 2,8 MWh. Σε περιπτώσεις όπου υπάρχει περίσσεια ενέργειας, αυτή διανέμεται στο τοπικό δίκτυο. Για την δημιουργία αυτού του εγχειρήματος συνεργάστηκαν οι κάτωθι εταιρίες και αρμόδιοι φορείς : Johan Cruyff Arena, Eaton, Nissan, BAM, The Mobility House, Municipality of Amsterdam, Amsterdam Climate & Energy Fund.

Σε μερικές χώρες στην Ευρωπαϊκή Ένωση έχουν δημιουργηθεί εταιρίες διαχείρισης αποβλήτων με ικανότητα ανακύκλωσης συσσωρευτών από ηλεκτρικά οχήματα. Παρακάτω θα παρουσιαστούν κάποιες από αυτές καθώς και ο βασικός τρόπος λειτουργίας τους.

Στη Γερμανία η εταιρία Accurec^[26] η οποία από το 2013 ξεκίνησε την ανακύκλωση συσσωρευτών ιόντων λιθίου προερχόμενοι από οχήματα όπου μετέπειτα το 2015 τέθηκε σε λειτουργία ξεχωριστό εργοστάσιο για την ανακύκλωση των συγκεκριμένων συσσωρευτών.



Εικόνα 2.5: Η εγκατάσταση της εταιρίας Accurec για την ανακύκλωση συσσωρευτών λιθίου στο Κρέφελντ στη Γερμανία. Πηγή: Accurec^[26]

Στην εικόνα 2.5 επιδεικνύεται η εγκατάσταση της εταιρίας Accurec στη Γερμανία και σύμφωνα με τα επίσημα στοιχεία από τη συγκεκριμένη εταιρία, το 2018 ανακύκλωσε συνολικά 2,5 εκατομμύρια κιλά συσσωρευτών ιόντων λιθίου έχοντας και ως βασικά χαρακτηριστικά στον τρόπο ανακύκλωσης τους τα εξής:

- Επεξεργασία κάθε στοιχείου κατά παρτίδες
- Υψηλή ασφάλεια κατά την επεξεργασία
- Χωρίς εκπομπές υδροφθορικού οξέος
- Μηδενικές εκπομπές επικίνδυνων περιβαλλοντικά ηλεκτρολυτών
- Σχεδόν μηδενικές εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου
- Χαμηλή κατανάλωση ενέργειας
- Καμία εκπομπή επικίνδυνων αερίων όπως το μονοξείδιο του άνθρακα, στους χώρους εργασίας
- Ανάκτηση υλικών με τη πυρομεταλλουργική μέθοδο

Μια ακόμα εγκατάσταση ανακοινώθηκε και παρουσιάστηκε από την Volkswagen, η οποία εδράζεται στο Σάλτσγκιτερ, στη Γερμανία και βρίσκεται ακόμα σε πιλοτικό στάδιο για την ανακύκλωση συσσωρευτών από ηλεκτρικά οχήματα^[27].



Εικόνα 2.6: Η πιλοτική εγκατάσταση της Volkswagen στο Σάλτσγκιτερ στη Γερμανία. (Τα πνευματικά δικαιώματα της εικόνας ανήκουν αποκλειστικά στη Volkswagen). Πηγή: Volkswagen ^[28]

Η εικόνα 2.6 αντικατοπτρίζει τη μονάδα ανακύκλωσης συσσωρευτών της Volkswagen που εγκαινιάστηκε τον Ιανουάριο του 2021. Σύμφωνα πάντα με τη νέα Ευρωπαϊκή οδηγία 2020/798/ΕΚ, έχει θέσει ως στόχο την ανακύκλωση 3.600 συσσωρευτών ετησίως (σε πιλοτική βάση) το οποίο μεταφράζεται σε περισσότερους από 1.600 τόνους. Μελλοντικά, υπάρχει η δυνατότητα και για μεγαλύτερες ποσότητες ανακύκλωσης.

Βασικός σκοπός της εγκατάστασης, είναι η ανάκτηση των πολύτιμων βαρέων μετάλλων που βρίσκονται στους συσσωρευτές και από τα οποία μπορούν να επαναχρησιμοποιηθούν για την παραγωγή νέων μειώνοντας σημαντικά το κόστος αλλά και το περιβαλλοντικό τους αποτύπωμα. Η συγκεκριμένη μονάδα, φθάνει στο στάδιο ανάκτησης της πολύτιμης «μαύρης μάζας» στην οποία εμπεριέχονται τα βασικά χημικά στοιχεία της καθόδου και πρόκειται για το Νικέλιο, Λίθιο, Κοβάλτιο και το μαγγάνιο. Εκτός από την μαύρη μάζα, ανακτώνται ο χαλκός με το αλουμίνιο και το πλαστικό.

Η εταιρία προσδοκά μεγάλα ποσοστά ανάκτησης της τάξεως του 90% και άνω. Για την ξεχωριστή ανάκτηση των υλικών της καθόδου, αποστέλλεται η «μαύρη μάζα» σε εξωτερικούς συνεργάτες.

Με αυτό το εγχείρημα, όπως δηλώνει η εταιρία, μειώνονται οι εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου στην ατμόσφαιρα σε έως και 1,3 τόνους ετησίως για την παραγωγή νέων συσσωρευτών.

Στην αγορά της ανακύκλωσης συσσωρευτών από ηλεκτρικά οχήματα έχουν εισχωρήσει αρκετές εταιρίες από όλη την Ευρωπαϊκή Ένωση. Στον παρακάτω πίνακα αναφέρονται αναλυτικά η κάθε εταιρία και η χώρα στην οποία εδρεύει.

Πίνακας 2.1: Εταιρίες ανακύκλωσης που εδρεύουν στην Ευρώπη. Πηγή: ^[29]

<u>Εταιρία</u>	<u>Χώρα</u>
Accurec ^[26]	Γερμανία
G&P Services ^[30]	Ηνωμένο Βασίλειο
Recupyl ^[31]	Γαλλία
SNAM ^[32]	Γαλλία
Umicore ^[33]	Βέλγιο
Duesenfeld ^[34]	Γερμανία
Volkswagen ^[35]	Γερμανία
Akkuser ^[36]	Φινλανδία
Redux ^[37]	Γερμανία-Αυστρία
Fortum ^[38]	Φινλανδία

2.2.2) Η περίπτωση της Αμερικής

Στην ήπειρο της Αμερικής έχουν δημιουργηθεί αρκετές εταιρίες επαναχρησιμοποίησης συσσωρευτών και με αρκετά εγχειρήματα που ήδη έχουν πραγματοποιηθεί. Ένα χαρακτηριστικό παράδειγμα είναι ο πύργος ενέργειας από την εταιρία Spiers New Technologies (SNT)^[39] με έδρα την Οκλαχόμα.



Εικόνα 2.7: Εφαρμογή επαναχρησιμοποίησης συσσωρευτών από την εταιρία Spiers New Technologies με την ονομασία Watt Tower. Πηγή: Spiers New Technologies ^[40]

Ο πύργος ενέργειας, όπως φαίνεται και στην εικόνα 2.7, λειτουργεί με τη βοήθεια αποσυρόμενων συσσωρευτών από μεγάλες αυτοκινητοβιομηχανίες παραγωγής ηλεκτρικών οχημάτων όπως για παράδειγμα, Nissan, General Motors, Ford. Ο πύργος αυτός χρησιμοποιείται για να καλυφθούν οι ενεργειακές ανάγκες των εργαζομένων, για την φόρτιση κινητών τηλεφώνων ή φορητών υπολογιστών φεριπήν και δεν χρησιμοποιείται για εφαρμογές πάνω σε ηλεκτρικά οχήματα [40] . [41].

Στον παρακάτω πίνακα αναφέρονται οι εταιρίες οι οποίες δραστηριοποιούνται στον τομέα της επαναχρησιμοποίησης συσσωρευτών στην Αμερική.

Πίνακας 2.2: Εταιρίες επαναχρησιμοποίησης συσσωρευτών που εδρεύουν στην Αμερική. Πηγή: [41]

<u>Εταιρία</u>	<u>Χώρα</u>
Spiers New Technologies [39]	ΗΠΑ
IT Asset Partners [42]	ΗΠΑ
Sybesma's Electronics [43]	ΗΠΑ
Battery M.D. Inc [44]	ΗΠΑ

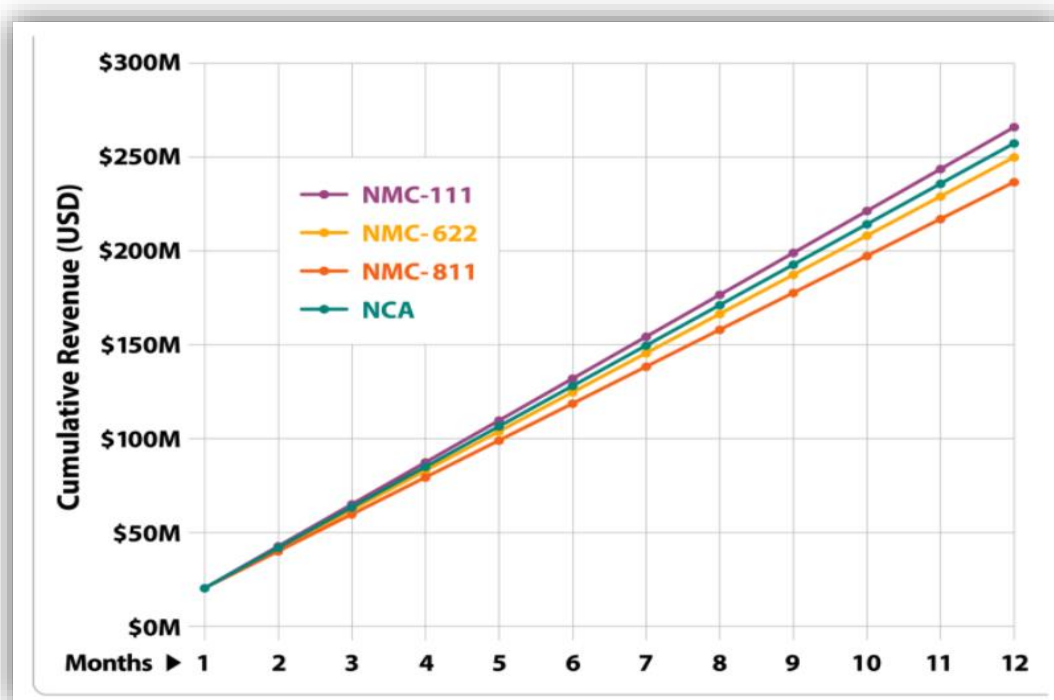
Εξίσου στον τομέα της διαχείρισης και ανακύκλωσης συσσωρευτών στην ήπειρο της Αμερικής συμβαίνει ό,τι και στην Ευρώπη λόγω της ανάπτυξης της ηλεκτροκίνησης. Αρκετές εταιρίες δραστηριοποιούνται ενεργά σε αυτόν τον κλάδο. Στον Καναδά, η εταιρία American Manganese^[45] έχει αναμειχθεί με την ανακύκλωση συσσωρευτών από ηλεκτρικά οχήματα.



Εικόνα 2.8: Ανακτημένα υλικά από την εταιρία American Manganese με χρήση της πατέντας RecycLiCo. Πηγή: American Manganese [47]

Η συγκεκριμένη εταιρία χρησιμοποιεί μια νέα μέθοδο ανακύκλωσης η οποία είναι καταχωρημένη με πατέντα με την ονομασία RecycLiCo^[46] και έχει ως αποτέλεσμα την ανάκτηση των υλικών σε ποσοστό έως 95% τα οποία μπορούν να επαναχρησιμοποιηθούν κάλλιστα σε νέους συσσωρευτές, όπως φαίνεται στην εικόνα 2.8.

Αξιοσημείωτο είναι δε και τα οικονομικά στοιχεία που δημοσιεύθηκαν από την εταιρία τον Αύγουστο του 2019 και με βάση τα οποία μπορούμε να παρατηρήσουμε την γραμμική αύξηση των εσόδων που μπορεί να υπάρξει με την ανακύκλωση των συγκεκριμένων τύπων συσσωρευτών η οποία μπορεί να φτάνει και σε ποσοστό 95% ανάκτησης των υλικών. Οι τιμές που αναγράφονται είναι σε δολάρια ανά κιλό.



Διάγραμμα 2.2: Διάγραμμα εσόδων λόγω ανακύκλωσης για το έτος 2019 της εταιρίας American Manganese. Πηγή: Recyclico ^[46]

Type	Li2CO3 (kg)	Co (kg)	Ni (kg)	Mn (kg)	Al (kg)
NMC-111	18,193	9,673	9,634	9,018	0
NMC-622	18,105	5,776	17,257	5,384	0
NMC-811	18,039	2,878	22,927	2,682	0
NCA	18,264	4,370	23,213	0	667

Metal	Li2CO3	Co	Ni	Mn	Al
Market Price (USD/kg)	\$14.00	\$35.00	\$13.00	\$2.00	\$2.00

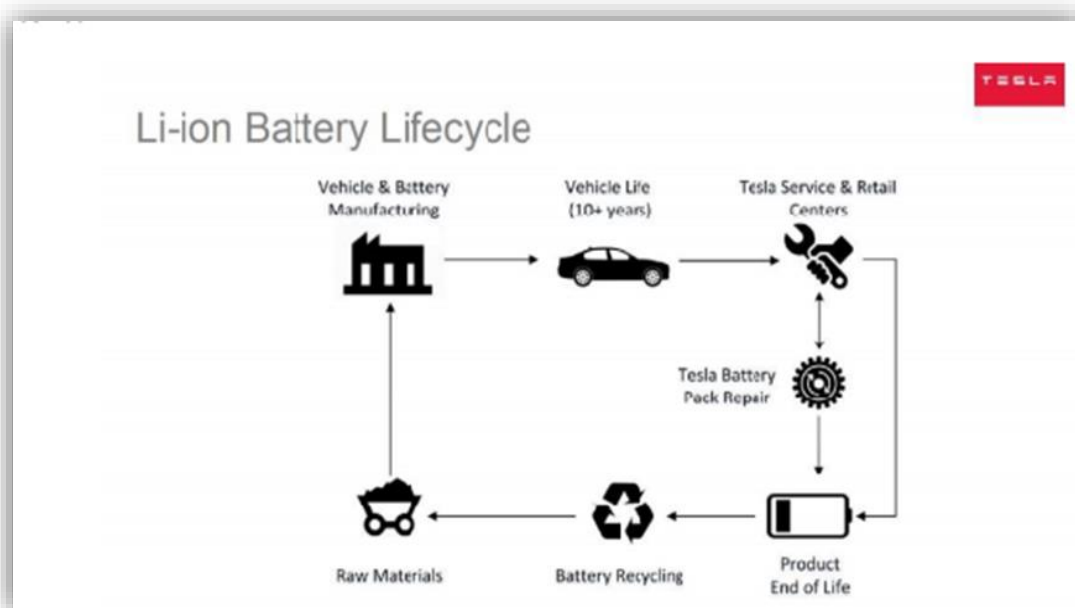
Εικόνα 2.9: Ανάκτηση υλικών και τιμή πώλησης στην αγορά σε δολάρια ανά κιλό. Πηγή: Recyclico ^[46]

Για τους τύπους των συσσωρευτών που αναγράφονται στο διάγραμμα 2.2 η αναλυτική σύσταση των υλικών της καθόδου είναι η εξής:

- NMC (Λίθιο, Νικέλιο, Μαγγάνιο, Κοβάλτιο) όπου χρησιμοποιούν αυτοκινητοβιομηχανίες όπως για παράδειγμα η Renault, η Nissan και η Volkswagen ^[48].
- NCA (Λίθιο, Νικέλιο, Κοβάλτιο, Αλουμίνιο) όπου αυτός ο τύπος χρησιμοποιείται κυρίως από την Tesla ^[48].

Η εν λόγω εταιρία μας αναδεικνύει με τον πλέον καλύτερο τρόπο για τις μελλοντικές προοπτικές που εμπίπτουν εισχωρώντας στην αγορά της ανακύκλωσης με κέρδη όπου μπορούν να ξεπερνούν τα 250 εκατομμύρια ετησίως ανάλογα με τον τύπο του συσσωρευτή που επεξεργάζεται. Οι τιμές πώλησης των ανακτημένων υλικών στην εικόνα 2.9 ορίστηκαν σύμφωνα με τις τιμές που υπήρχαν τον Απρίλιο του 2019 στις ΗΠΑ.

Επιπρόσθετα, σε πολιτείες των ΗΠΑ υπάρχουν εργοστάσια ανακύκλωσης συσσωρευτών από ηλεκτρικά οχήματα. Μια από τις μεγαλύτερες εταιρίες στον τομέα της ηλεκτροκίνησης αλλά και εισχωρώντας στον τομέα της ανακύκλωσης, η Tesla, παρουσιάζει με μια κατατοπιστική εικόνα την πορεία του συσσωρευτή από την παραγωγή έως και το τέλος του κύκλου ζωής του.



Εικόνα 2.10: Ο κύκλος ζωής των συσσωρευτών για τα οχήματα της Tesla. Πηγή: Weisman, J., 2019. "Tesla LIB and PV Recycling Programs." PowerPoint Presentation ^[49]

Όπως φαίνεται και στην εικόνα 2.10 από την στιγμή της παραγωγής του συσσωρευτή και της τοποθέτησης του στο ηλεκτρικό όχημα ακολουθείται μια συγκεκριμένη διαδικασία. Μετά το πέρας των 10 ετών για τα μοντέλα της Tesla, ο συσσωρευτής δεν μπορεί να ανταποκριθεί στις απαιτήσεις για την διαφύλαξη της δοσμένης εργοστασιακής αυτονομίας. Έτσι, είτε μπορεί να επισκευαστούν κάποια τμήματα του

συσσωρευτή είτε αφού φτάσει στο τέλος του κύκλου ζωής του οδηγείται για ανακύκλωση έτσι ώστε τα υλικά ανάκτησης να είναι υψηλής ποιότητας και να μπορούν να επαναχρησιμοποιηθούν σε νέους συσσωρευτές.

Ακόμα, παρουσιάζεται ενδιαφέρον και στο πρόγραμμα ανακύκλωσης της Tesla στο Gigafactory στη Νεβάδα όπου αναδεικνύεται ο τρόπος με τον οποίο πραγματοποιείται η ανακύκλωση.



Εικόνα 2.11: Το πρόγραμμα ανακύκλωσης της Tesla στο Gigafactory στη Νεβάδα.
 Πηγή: Tesla^[48]

Αφού αρχικά έχει εκφορτιστεί πλήρως, αποσυναρμολογείται. Εν συνεχεία και μέσω κάποιων διαδικασιών, οδηγούνται για ανακύκλωση. Προτεραιότητα της Tesla είναι η ανάκτηση υψηλής περιεκτικότητας υλικών και για αυτό το λόγο προτιμάται η λύση της υδρομεταλλουργίας όπως αναγράφεται και στην εικόνα 2.11^[41].

Ενδεικτικά αξίζουν να αναφερθούν κάποιες εταιρίες από την ήπειρο της Αμερικής οι οποίες δραστηριοποιούνται στην ανακύκλωση συσσωρευτών από ηλεκτρικά οχήματα.

Πίνακας 2.3: Εταιρίες ανακύκλωσης που εδρεύουν στην ήπειρο της Αμερικής.
 Πηγή:^{[51],[52]}

<u>Εταιρία</u>	<u>Χώρα</u>
American Manganese ^[45]	Καναδάς
Battery Solutions ^[53]	ΗΠΑ
Retriev Technologies ^[54]	Καναδάς-ΗΠΑ
Sitrasa ^[55]	Μεξικό
Li-Cycle ^[56]	Καναδάς

Πίνακας 2.3: Εταιρίες ανακύκλωσης που εδρεύουν στην ήπειρο της Αμερικής.
 Πηγή:^{[51],[52]}

<u>Εταιρία</u>	<u>Χώρα</u>
Tesla ^[57]	ΗΠΑ
Redwood Materials ^[58]	ΗΠΑ
Lithion ^[59]	Καναδάς
ReCell ^[60]	ΗΠΑ

2.2.3) Η περίπτωση της Ασίας

Σε ό,τι αφορά την ήπειρο της Ασίας είναι εύκολα αντιληπτό ότι πρόκειται για την μεγαλύτερη αγορά ηλεκτρικών οχημάτων στον κόσμο. Αυτό συμβαίνει καθώς πρόκειται για την ήπειρο με τον μεγαλύτερο πληθυσμό παγκοσμίως. Εξαιρετικό ενδιαφέρον παρουσιάζουν οι μελέτες που έχουν πραγματοποιηθεί για να αποδοθεί η σύγκριση της συγκεκριμένης ηπείρου με τις υπόλοιπες.

Στην Ιαπωνία, υπάρχουν εταιρίες που ασχολούνται στον τομέα της επαναχρησιμοποίησης αλλά και της ανακύκλωσης. Ένα καινοτόμο πρόγραμμα το οποίο υλοποιήθηκε το 2018 σε συνεργασία με την Nissan είναι το λεγόμενο «The Reborn Light» ^[61].



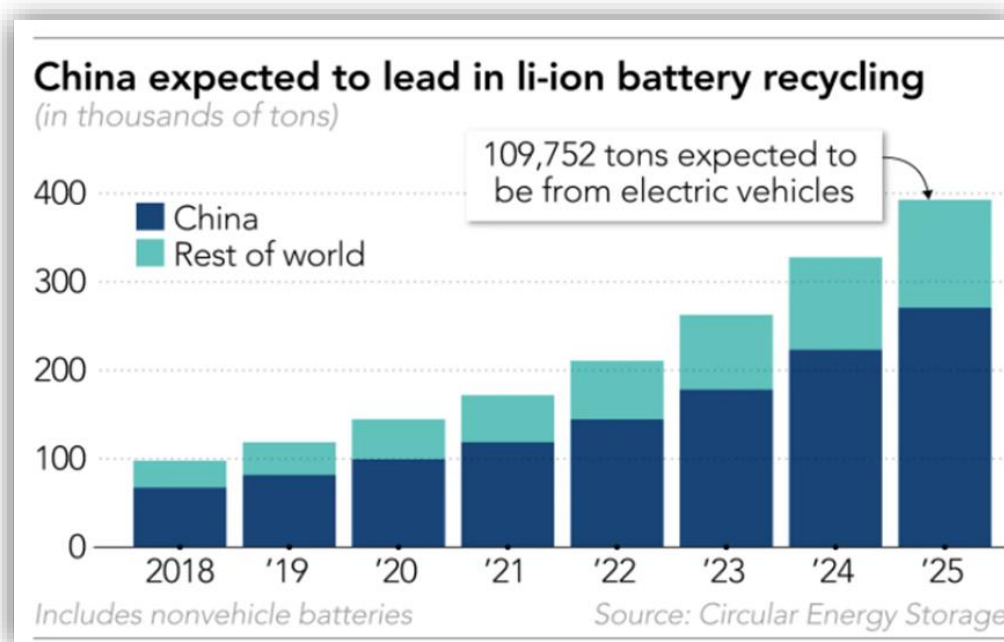
Εικόνα 2.12: Πρότυπη κατασκευή για τον φωτισμό δρόμων στην Ιαπωνία από την Nissan με την ονομασία The Reborn Light. Πηγή: Nissan ^[61]

Ο φωτισμός των δρόμων σε μια επαρχία κοντά στην πόλη της Φουκοσίμα πραγματοποιείται από αυτόνομους προβολείς.

Στην βάση της κατασκευής, έχει τοποθετηθεί ο συσσωρευτής (κάποιες συστοιχίες) για την παροχή ενέργειας στον προβολέα. Οι συσσωρευτές αυτοί προέρχονται από τα ηλεκτρικά οχήματα της Nissan και συγκεκριμένα από το Nissan Leaf, αφού πρώτα έχουν ολοκληρώσει τον πρώτο κύκλο ζωής τους. Στον κορμό της κατασκευής βρίσκονται οι απαραίτητες καλωδιώσεις όπως και ο μετατροπέας ρεύματος. Στην κορυφή της κατασκευής, όπως φαίνεται και στην εικόνα 2.12, έχει τοποθετηθεί ένα μικρό φωτοβολταϊκό πάνελ για την φόρτιση του συσσωρευτή.

Με τον τρόπο αυτό, γίνεται πλήρως αυτόνομη μια κολώνα φωτισμού των δρόμων χωρίς την παρουσία ή την ανάγκη για εξωτερική πηγή ενέργειας.

Πρόκειται για ένα ακόμα χαρακτηριστικό παράδειγμα για το πόσο εύχρηστη και χρήσιμη μπορεί να καταστεί η επαναχρησιμοποίηση των συσσωρευτών από ηλεκτρικά οχήματα.



Διάγραμμα 2.3: Σύγκριση ζήτησης συσσωρευτών ιόντων λιθίου της Κίνας με τον υπόλοιπο κόσμο. Πηγή: Circular Energy Storage^[62]

Σύμφωνα με το διάγραμμα 2.3 και συγκεκριμένα η μελέτη της Circular Energy Storage^[61] έως το 2025 η αγορά της Κίνας και μόνο θα κατέχει σε ποσοστό το 36% από συσσωρευτές λιθίου από ηλεκτρικά οχήματα. Μια γρήγορη σύγκριση για αυτό το ποσοστό, και σύμφωνα πάντα με την ίδια μελέτη, οι ΗΠΑ θα κατέχουν το 29% και όλη η Ευρώπη το 24%. Το υπόλοιπο 11% ανήκει στον υπόλοιπο κόσμο.

Η ανάγκη για την διαχείριση των αποβλήτων στην εν λόγω ήπειρο είναι μείζονος σημασίας και οφείλεται να στραφεί η προσοχή από τις αρμόδιες αρχές προς αυτή τη κατεύθυνση.

Οι μεγαλύτερες εταιρίες ανακύκλωσης στην Κίνα σύμφωνα με τα στοιχεία που έχουν ανακοινώσει, θα έχουν τη δυνατότητα έως 20.000-30.000 τόνων συσσωρευτών να επεξεργαστούν ετησίως^[63]. Με τη προσθήκη και άλλων ακόμα εταιριών στον τομέα αυτό, τα δεδομένα έχουν την δυνατότητα να διαφοροποιηθούν και να καλύψουν επιτυχώς την διαχείριση των συσσωρευτών από τα ηλεκτρικά οχήματα.

Ενδεικτικά αναφέρονται μερικές από τις μεγαλύτερες εταιρίες ανακύκλωσης στην ήπειρο της Ασίας στον παρακάτω πίνακα.

Πίνακας 2.4: Εταιρίες ανακύκλωσης που εδρεύουν στην Ασία. Πηγή: ^[64]

<u>Εταιρία</u>	<u>Χώρα</u>
Shenzhen Green Eco Manufacturer Hi Tech Co. ^[64]	Κίνα
Hunan BRUNP ^[64]	Κίνα
Sony Electronics Inc. Sumitomo Metals and Mining Co. ^[64]	Ιαπωνία
Nippon Recycle Centre Corp ^[65]	Ιαπωνία
JX Nippon Mining and Metals Co. Ltd ^[66]	Ιαπωνία
Dowa Eco-System Co Ltd. ^[67]	Ιαπωνία
Nissan ^[68]	Ιαπωνία
CATL ^[69]	Κίνα
SMCC Recycling ^[70]	Ν. Κορέα

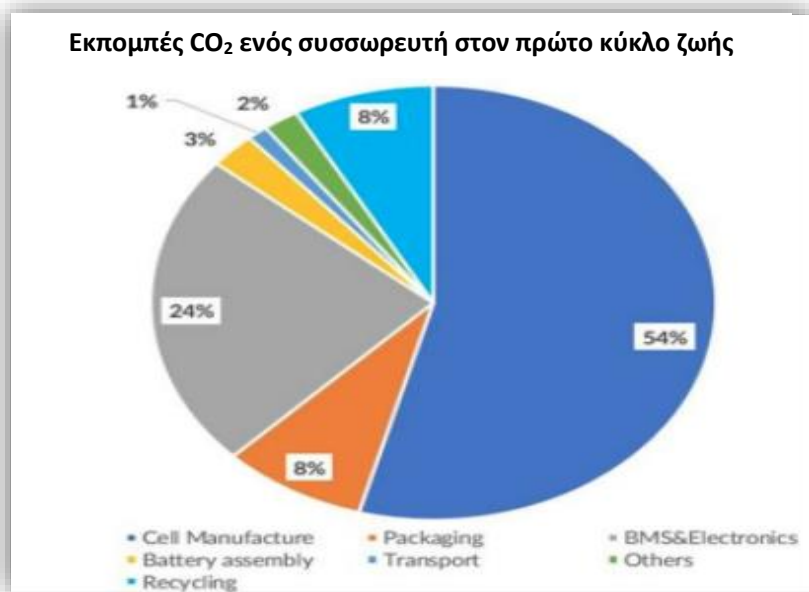
2.3) Περιβαλλοντικά

Τα περιβαλλοντικά οφέλη λόγω της επαναχρησιμοποίησης και ανακύκλωσης συσσωρευτών από ηλεκτρικά οχήματα και συγκεκριμένα, για παρόμοια εγχειρήματα όπως αυτά που παρουσιάστηκαν στη προηγούμενη ενότητα, είναι άξια αναφοράς καθώς με την θετική τους επίπτωση στο περιβάλλον και την σημαντική συμβολή στη μείωση εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου ορίζονται πλέον και ως απαραίτητα για την μετάβαση σε μια πιο πράσινη και βιώσιμη ανάπτυξη αλλά και για τη μετάβαση στη κλιματική ουδετερότητα.

2.3.1) Περιβαλλοντικά οφέλη λόγω επαναχρησιμοποίησης

Στη περίπτωση της επαναχρησιμοποίησης, τα περιβαλλοντικά οφέλη που προκύπτουν, προέρχονται από την εκάστοτε εφαρμογή που υλοποιείται ένα εγχείρημα.

Ο τρόπος υπολογισμού μείωσης των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου απορρέει με βάση τη παραγωγή ενός νέου συσσωρευτή που θα προοριζόταν για την ίδια εφαρμογή, εν συγκρίσει, με την λειτουργία ενός που υπόκειται σε δεύτερη χρήση.

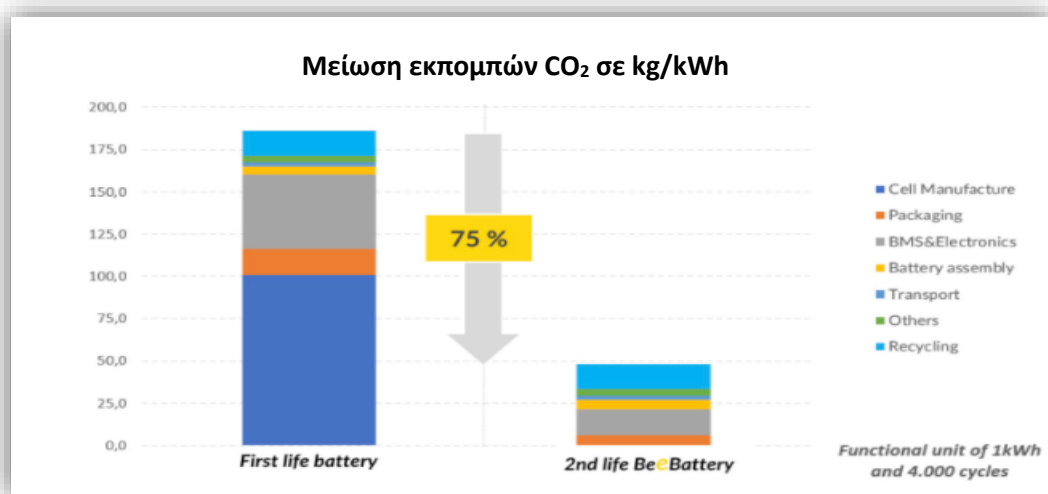


Διάγραμμα 2.4: Ποσοστιαίες εκπομπές CO₂ για τον πρώτο κύκλο ζωής ενός συσσωρευτή (σε kg CO₂/kWh). Πηγή: beeplanet factory ^[71]

Το διάγραμμα 2.4 παρουσιάζει τις εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου που εκλύονται κατά τη διάρκεια του πρώτου κύκλου ζωής ενός συσσωρευτή, από την παραγωγή έως το τέλος του κύκλου ζωής και την ανακύκλωση του.

Παρατηρείται ότι οι μεγαλύτερες εκπομπές CO₂ οφείλονται στη παραγωγή νέων κυψελών σε ποσοστό που φθάνει το 54%. Το δεύτερο μεγαλύτερο ποσοστό που ευθύνεται για τις εκπομπές CO₂, οφείλεται στη παραγωγή του κεντρικού συστήματος διαχείρισης του συσσωρευτή (BMS) και στα περιφερειακά ηλεκτρονικά σημεία. Το ποσοστό αυτό φθάνει το 24%.

Θέτοντας τους συσσωρευτές σε επαναχρησιμοποίηση, τα δεδομένα που προκύπτουν φανερώνουν μια μείωση στις εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα της τάξεως του 75%.



Διάγραμμα 2.5: Σύγκριση εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου για συσσωρευτές πρώτης και δεύτερης χρήσης για την ίδια εφαρμογή. Πηγή: beeplanet factory ^[71]

Το διάγραμμα 2.5 αναδεικνύει την μείωση των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου σε ποσοστό 75%. Αυτό οφείλεται στο γεγονός ότι για τις νέες εγκαταστάσεις που θα τοποθετηθούν, δεν απαιτείται η παραγωγή νέων κυψελών και των περιφερειακών συστημάτων του συσσωρευτή, από τα οποία απορρέει ότι από τα συγκεκριμένα κομμάτια, εκλύονται στην ατμόσφαιρα το μεγαλύτερο ποσοστό των αερίων.

2.3.2) Περιβαλλοντικά οφέλη λόγω ανακύκλωσης

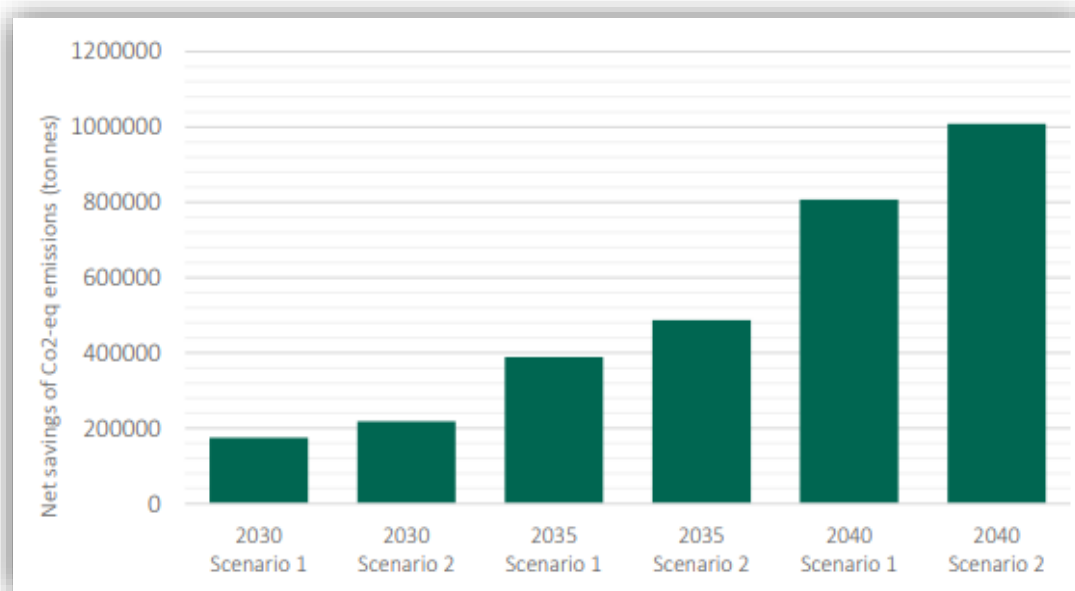
Ένας εξίσου σημαντικός παράγοντας μείωσης των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου είναι τα πλεονεκτήματα που προκύπτουν λόγω ανακύκλωσης των συγκεκριμένων συσσωρευτών.

Τα περιβαλλοντικά οφέλη και η μείωση εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου λόγω ανακύκλωσης έχουν μελετηθεί και υπολογιστεί από την Ευρωπαϊκή Ένωση μετά από έρευνα που εκπονήθηκε και υιοθετήθηκε από το Κέντρο Μελετών Ευρωπαϊκής Πολιτικής (CEPS ^[72]) βασισμένη σε δύο διαφορετικά σενάρια.

Το πρώτο σενάριο αναφέρει ότι το ποσοστό συλλογής των συσσωρευτών είναι στο 65% ενώ η ανάκτηση του Κοβαλτίου, του Νικελίου, του Αλουμινίου και του Λιθίου ανέρχονται σε ποσοστά 94%, 95%, 98% και 57% αντίστοιχα.

Στο δεύτερο σενάριο, το ποσοστό συλλογής ανέρχεται στο 85% ενώ η ανάκτηση του Κοβαλτίου, του Νικελίου, του Αλουμινίου και του Λιθίου ανέρχονται σε ποσοστά 99%, 97%, 98%, 94% αντίστοιχα.

Με βάση αυτά τα δύο σενάρια υπολογίστηκαν οι επιπτώσεις και τα αποτελέσματα τους, από τις Romare & Dahllöf ^[73] και παρουσιάζονται γραφικά.



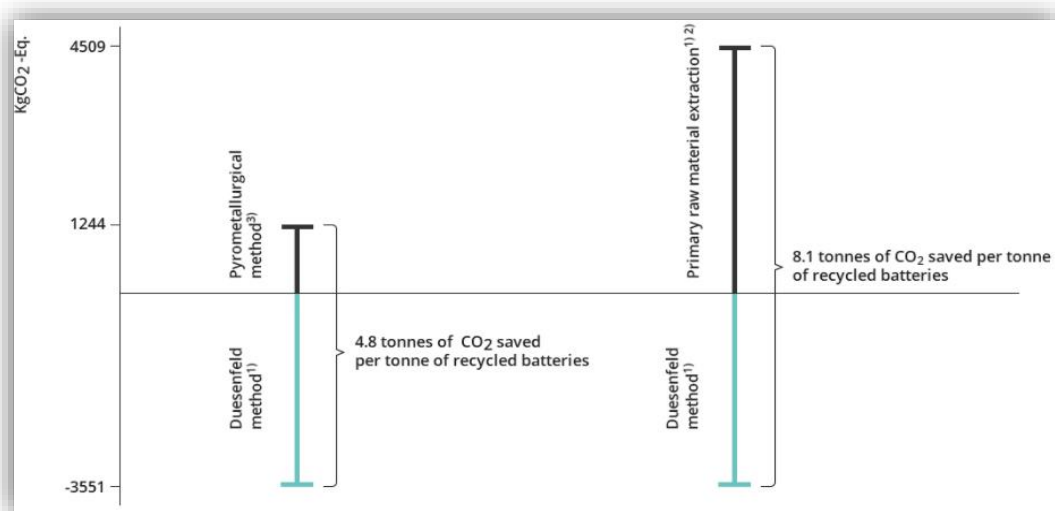
Διάγραμμα 2.6: Εξοικονόμηση εκπομπών CO₂ βάσει των δύο σεναρίων υπολογισμένα σε τόνους. Πηγή: CEPS ^[72]

Το διάγραμμα 2.6, παρουσιάζει την εξοικονόμηση των αερίων του θερμοκηπίου, λόγω ανακύκλωσης, έχοντας ως μονάδα μέτρησης τους τόνους CO₂.

Παρατηρείται ότι το 2030, στο πρώτο σενάριο, θα υπάρχει η δυνατότητα να εξοικονομηθούν 174.525 τόνοι CO₂, ενώ στο δεύτερο σενάριο 218.156 τόνοι CO₂. Το 2035 αντίστοιχα, στο πρώτο σενάριο 389.415 τόνοι CO₂ ενώ στο δεύτερο 486.769 τόνοι CO₂.

Τέλος, το 2040 προβλέπεται στο πρώτο σενάριο 807.000 τόνοι CO₂, ενώ στο δεύτερο σενάριο 1.008.750 τόνοι CO₂.

Ένα πιο συγκεκριμένο και από παράδειγμα, δίνεται από την εταιρία Duesenfeld^[34] για τα περιβαλλοντικά οφέλη που έχει η ανακύκλωση, ανάλογα με τη μέθοδο που χρησιμοποιείται.

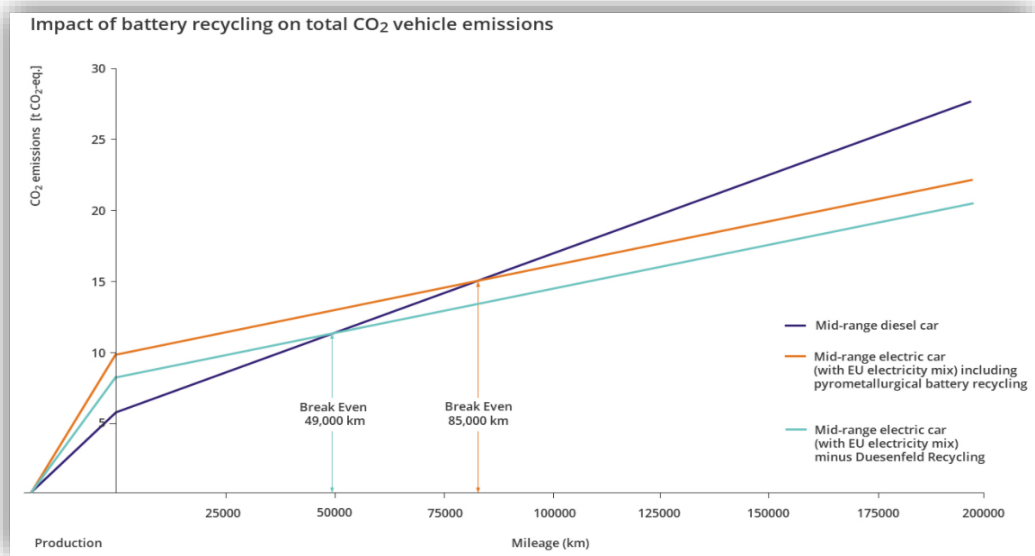


Διάγραμμα 2.7: Σύγκριση δύο διαφορετικών μεθόδων ανακύκλωσης από την εταιρία Duesenfeld. Πηγή: Duesenfeld^[74]

Στο διάγραμμα 2.7, αρχικά, πραγματοποιείται και υπολογίζεται η σύγκριση μεταξύ δύο διαφορετικών μεθόδων ανακύκλωσης, την πυρομεταλλουργική και την μέθοδο της Duesenfeld η οποία βασίζεται στην υδρομεταλλουργία.

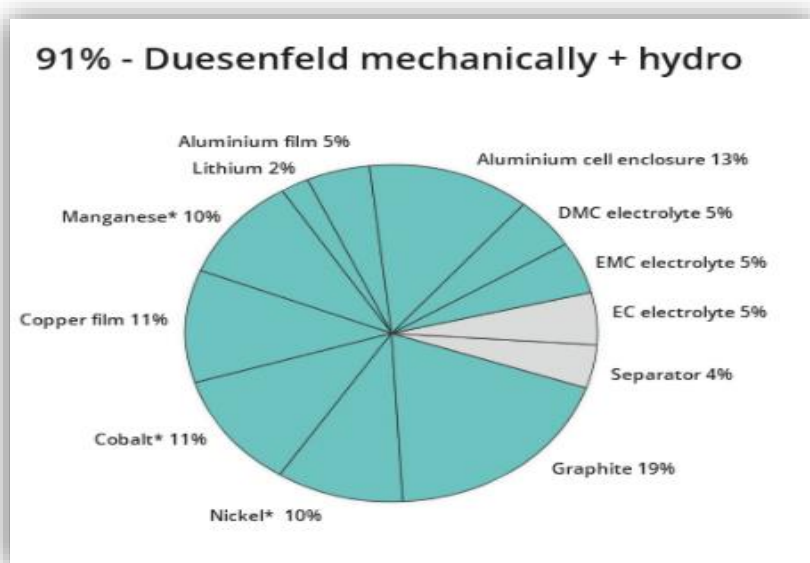
Συγκρίνοντας αυτές τις δύο μεθόδους, παρατηρείται μια μεγάλη διαφορά στην μείωση των εκπομπών CO₂ που φτάνει τους 4,8 τόνους εξοικονόμησης ανά τόνο συσσωρευτών που ανακυκλώνεται. Επίσης, η μέθοδος αυτή, συγκρινόμενη με την εξόρυξη των πρώτων υλών για τη χρήση τους σε νέους συσσωρευτές με την χρησιμοποίηση των ανακτημένων υλικών από την εν λόγω εταιρία, παρουσιάζει εντυπωσιακά αποτελέσματα με τη μείωση των αερίων του θερμοκηπίου να φτάνει στους 8,1 τόνους CO₂.

Επιπλέον, μεγάλο ενδιαφέρον παρουσιάζεται και στο περιβαλλοντικό αποτύπωμα τριών διαφορετικών οχημάτων. Στο πρώτο όχημα ο συσσωρευτής που έχει τοποθετηθεί περιέχει τα ανακτημένα υλικά με τη μέθοδο της Duesenfeld. Στο δεύτερο όχημα, ο συσσωρευτής έχει κατασκευαστεί με υλικά που έχουν ανακτηθεί με τη πυρομεταλλουργική μέθοδο και τέλος, στο τρίτο όχημα, με μηχανή εσωτερικής καύσης καυσίμου diesel. Όλα τα οχήματα είναι μεσαίας κατηγορίας.



Διάγραμμα 2.8: Σύγκριση εκπομπών διοξειδίου του άνθρακα ενός οχήματος diesel με δύο ηλεκτρικά οχήματα με διαφορετική μέθοδο ανακύκλωσης των συσσωρευτών. Πηγή: Duesenfeld^[75]

Όταν εξετάζεται ο κύκλος ζωής ενός ηλεκτρικού οχήματος, ένα σημαντικό ποσοστό του αποτυπώματος του άνθρακα αποδίδεται και στην παραγωγή του συσσωρευτή. Ένα ηλεκτρικό όχημα μεσαίας κατηγορίας στο οποίο τοποθετείται συσσωρευτής με ανακτημένα υλικά από την Duesenfeld επιτυγχάνει πολύ καλύτερο αποτύπωμα CO₂ μετά από μόλις 49.000 χιλιόμετρα, νωρίτερα από ένα παρόμοιο ηλεκτρικό αυτοκίνητο μεσαίας κατηγορίας εξοπλισμένο με έναν συσσωρευτή ανακτημένων υλικών με πυρομεταλλουργική μέθοδο ανακύκλωσης. Τέλος, σημαντικό ενδιαφέρον παρουσιάζουν τα αποτελέσματα ανάκτησης των υλικών από έναν συσσωρευτή με την υδρομεταλλουργική μέθοδο της συγκεκριμένης εταιρίας.



Διάγραμμα 2.9: Ποσοστό ανάκτησης ανά υλικό. Πηγή: Duesenfeld^[74]

Σύμφωνα με το διάγραμμα 2.9, τα υλικά που ανακτώνται σε ποσοστό με τη μέθοδο της Duesenfeld, είναι αξιοσημείωτο και εξαιρετικά σημαντικό για το περιβάλλον.

Τα υλικά ανάκτησης ανά ποσοστό που εμπεριέχονται σε έναν συσσωρευτή είναι τα εξής:

- 10% ηλεκτρολύτης
- 18% αλουμίνιο
- 2% λίθιο
- 10% μαγγάνιο
- 11% χαλκός
- 11% κοβάλτιο
- 10% νικέλιο
- 19% γραφίτης

Το συνολικό ποσοστό ανάκτησης φθάνει στο 91% με τη χρήση μηχανικών και υδρομεταλλουργικών μεθόδων. Ο τρόπος ανακύκλωσης της συγκεκριμένης εταιρίας είναι κατοχυρωμένος με πατέντα και δεν δίνονται περισσότερες πληροφορίες.

Σαφώς, οι στόχοι και τα αποτελέσματα ανακύκλωσης των συσσωρευτών είναι πλήρως εναρμονισμένα και με τη νέα Ευρωπαϊκή Οδηγία 2020/798/EK.

3^ο ΚΕΦΑΛΑΙΟ

Η ΝΟΜΟΘΕΣΙΑ ΣΤΗΝ ΕΛΛΑΔΑ

Για την δημιουργία μιας επιχείρησης, η οποία ως κύρια δραστηριότητα θα έχει την επαναχρησιμοποίηση ή/και ανακύκλωση συσσωρευτών από ηλεκτρικά οχήματα, οφείλεται η γνώση των βασικών περιβαλλοντικών αρχών και η σχετική νομοθεσία που διέπει τη χώρα, όπως επίσης και το αντίστοιχο Ευρωπαϊκό δίκαιο.

Η περιβαλλοντική νομοθεσία διαμορφώνεται αρχικά σε κοινοτικό επίπεδο όπου στη συνέχεια υιοθετούνται οι οδηγίες, οι κανονισμοί και οι αποφάσεις που έχουν κοινοποιηθεί.

3.1) Η περίπτωση της Ελλάδας

Στην Ελλάδα μέχρι σήμερα, η διαχείριση των αποβλήτων συσσωρευτών πραγματοποιείται σύμφωνα με την τροποποίηση της οδηγίας του Ευρωπαϊκού κοινοβουλίου 2006/66/ΕΚ^[76] αφού έχει πλήρως εναρμονιστεί με την οδηγία της Ευρωπαϊκής Ένωσης. Η αντίστοιχη ελληνική νομοθεσία είναι η ΚΥΑ 41624/2057/Ε103^[77] η οποία αφορά τη διαχείριση κυρίως στους φορητούς συσσωρευτές, τους βιομηχανικούς αλλά και τους συσσωρευτές που χρησιμοποιούνται σε αυτοκίνητα για την εκκίνηση τους.

Επιπλέον, με τον νόμο 4042/2012^[78] ορίστηκαν ποινικές προστασίες του περιβάλλοντος, συμπεριλαμβανομένης της ίδρυσης του Ελληνικού Οργανισμού Ανακύκλωσης (Ε.Ο.ΑΝ.)

Η ΚΥΑ 23615/651/Ε.103^[79] η οποία δημοσιεύθηκε το 2014 και ορίζει τους κανόνες, τους όρους και τις προϋποθέσεις για την εναλλακτική διαχείριση αποβλήτων συσσωρευτών.

Η ΚΥΑ 39200/2015^[80] η οποία δημοσιεύθηκε το έτος 2015, αφορά κυρίως τα θέματα διακίνησης προϊόντων στην ελληνική αγορά και θέτει συγκεκριμένα όρια σε όσους συσσωρευτές εμπεριέχονται βαρέα μέταλλα που μπορεί να μολύνουν το περιβάλλον. Επίσης, θέτει ως υποχρέωση στους παραγωγούς την εγγραφή τους στο αντίστοιχο μητρώο παραγωγών.

Με την τωρινή ισχύουσα νομοθεσία, οι στόχοι συλλογής και ανακύκλωσης είναι οι εξής:

- 65% ανακύκλωση κατά βάρος, για τους συσσωρευτές μολύβδου-οξέος
- 75% ανακύκλωση κατά βάρος, για τους συσσωρευτές νικελίου-καδμίου
- 50% ανακύκλωση κατά βάρος, όλων των υπόλοιπων τύπων συσσωρευτών

Σύμφωνα με τον Ευρωπαϊκό κανονισμό 2012/493/ΕΕ^[81] έχει γίνει υποχρεωτικός ο υπολογισμός απόδοσης της ανακύκλωσης με τον τρόπο που αναφέρεται και θα πρέπει να αποστέλλεται ετησίως η αντίστοιχη αναφορά στην Ευρωπαϊκή Ένωση.

Από τις προαναφερθείσες νομοθεσίες, προκύπτει η διαπίστωση ότι υπάρχουν πολλές νομοθετικές ελλείψεις γύρω από τις δραστηριότητες που ασχολείται η παρούσα διπλωματική. Δεν υφίσταται καμία νομοθετική πρόβλεψη σχετικά με τους συσσωρευτές ιόντων λιθίου συγκεκριμένα, καθώς η μόνη τους κατηγοριοποίηση ανήκει στην φράση «υπόλοιποι συσσωρευτές» η οποία είναι γενική και υπάρχει η πιθανότητα παρερμηνειών με τη συνέπεια κάποιων επιπτώσεων.

Στην ΚΥΑ 23615/651/Ε.103, με έτος δημοσίευσης το 2014 και βάσει της οποίας πραγματοποιείται η εναλλακτική διαχείριση, εντοπίζεται ακόμα μια έλλειψη της εθνικής νομοθεσίας, καθώς στο τέλος του νόμου και στην αρχή των παραρτημάτων αναφέρονται οι συσκευές στις οποίες έχει ισχύ ο νόμος. Για τα ηλεκτρικά οχήματα, τα ηλεκτρικά ποδήλατα, τα ηλεκτρικά πατίνια καθώς και οι συσσωρευτές υβριδικών οχημάτων και γενικότερα σε οποιοδήποτε όχημα χρησιμοποιείται ο συγκεκριμένος τύπος συσσωρευτή, δεν προβλέπεται καμία νομοθετική κάλυψη. Επίσης, δεν έχουν προβλεφθεί οι απαιτήσεις για εφαρμογές επαναχρησιμοποίησης και τη μεταφορά τους, καθώς και συγκεκριμένος στόχος συλλογής, ανακύκλωσης και ανάκτησης των υλικών από τους εν λόγω συσσωρευτές.

Η ανάγκη η νομοθεσία να εκσυγχρονιστεί σύμφωνα με τις τάσεις της αγοράς είναι απαραίτητη. Η ηλεκτροκίνηση πλέον αναπτύσσεται ραγδαία και οι ανάγκες που προκύπτουν είναι αρκετές και πρέπει πρωτίστως να καλυφθούν νομικά.

Για τον λόγο αυτό, η Ευρωπαϊκή Ένωση έχει μεριμνήσει και τον Δεκέμβριο του 2020 εξέδωσε την οδηγία 2020/798/ΕΚ ^[15] η οποία συμβαδίζει με τα νέα δεδομένα και τις νέες τάσεις της αγοράς, καθώς επίσης συμβάλλει στον εκσυγχρονισμό της νομοθεσίας όλων των κρατών μελών με την υιοθέτηση της.

3.2) Η νέα Ευρωπαϊκή οδηγία 2020/798/ΕΚ

Η ανάπτυξη, η παραγωγή και η διαχείριση των συσσωρευτών αποτελούν βασικούς πυλώνες στρατηγικής σημασίας για την εύρυθμη λειτουργία και μετάβαση σε μια κλιματική ουδετερότητα με ορίζοντα το 2050 για την Ευρωπαϊκή Ένωση. Η νέα Ευρωπαϊκή οδηγία 2020/798/ΕΚ ^[15] αναπτύχθηκε για συγκεκριμένους στόχους και παρουσιάζεται παρακάτω αναλυτικά.

Βασικοί λόγοι της πρότασης είναι η εξάλειψη των ρύπων του φαινομένου του θερμοκηπίου έως το 2050, η οικονομική ανάπτυξη θα διαχωριστεί από την χρήση των πόρων και ότι κανένα μέρος ή άνθρωπος δεν θα μείνει πίσω.

Η νομική βάση, η επικουρικότητα, η αναλογικότητα και η επιλογή των μέσων αναλύονται στην νομοθεσία μέσα καθώς επίσης και τα αποτελέσματα των αξιολογήσεων, οι διαβουλεύσεις των ενδιαφερομένων και οι εκτιμήσεις των επιπτώσεων.

Η πρόταση βασίζεται στην εκτίμηση των επιπτώσεων η οποία περιλαμβάνει 13 διαφορετικά μέτρα για την αντιμετώπιση των προβλημάτων που σχετίζονται με την έλλειψη συνθηκών πλαισίωσης για την παροχή κινήτρων για επενδύσεις και στην ικανότητα παραγωγής βιώσιμων συσσωρευτών, η μη βέλτιστη λειτουργία των αγορών ανακύκλωσης και οι κοινωνικοί και περιβαλλοντικοί κίνδυνοι οι οποίοι επί του

παρόντος δεν καλύπτονται από το περιβαλλοντικό κεκτημένο της Ευρωπαϊκής Ένωσης.

Τα εν λόγω 13 μέτρα βασίζονται στην ανάλυση από την αξιολόγηση της οδηγίας για τους συσσωρευτές, στις δημόσιες διαβουλεύσεις για την παρούσα πρωτοβουλία, στις διάφορες υποστηρικτικές μελέτες και σε πολιτικές δεσμεύσεις όπως η Πράσινη Συμφωνία. Τα μέτρα αντικατοπτρίζουν το γεγονός ότι απαιτούνται απαντήσεις κατά μήκος μιας σύνθετης αλυσίδας αξίας. Προς διευκόλυνση της ανάλυσης, τα επιμέρους μέτρα ομαδοποιούνται σε τέσσερις βασικές επιλογές πολιτικής, οι οποίες συγκρίνονται με ένα σενάριο διατήρησης της υφιστάμενης κατάστασης.

Πίνακας 3.1: Προτεινόμενα μέτρα και προτιμώμενη επιλογή (Σημείωση: Πράσινο= Προτιμώμενη επιλογή, Ανοιχτό πράσινο= Προτιμώμενη επιλογή εν αναμονή μιας ρήτηρας αναθεώρησης)

Μέτρα	Επιλογή 2 – Μεσαίο επίπεδο στόχων	Επιλογή 3 – Υψηλό επίπεδο στόχων	Επιλογή 4 – Πολύ υψηλό επίπεδο στόχων
1. Ταξινόμηση και ορισμός	Νέα κατηγορία για τους συσσωρευτές η/ο με όριο βάρους 5kg για την διαφοροποίηση των φορητών από τους βιομηχ. συσσωρευτές	Νέα μεθοδολογία υπολογισμού για τα ποσοστά συλλογής φορητών συσσωρευτών με βάση τους διαθέσιμους συσσωρευτές για συλλογή	/
2. Δεύτερη ζωή των βιομηχανικών συσσωρευτών	Στο τέλος του πρώτου κύκλου ζωής, οι χρησιμοπ. συσσωρευτές θεωρούνται απόβλητα (εκτός από την επαναχρ.). Η επανατοπ. θεωρείται διαδικασία επεξ. αποβλήτων. Οι επανατοπ. συσσωρευτές θεωρούνται νέα προϊόντα, πρέπει να συμμορφώνονται με τις απαιτήσεις του προϊόντος όταν διατίθενται στην αγορά	Στο τέλος του πρώτου κύκλου ζωής, οι χρησιμοποιημένοι συσσωρευτές δεν απορρίπτονται. Οι επαναχρησιμοποιημένοι συσσωρευτές (δεύτερης ζωής) θεωρούνται νέα προϊόντα που πρέπει να συμμορφώνονται με τις απαιτήσεις του προϊόντος όταν διατίθενται στην αγορά.	Υποχρεωτική ετοιμότητα χρήσης δεύτερης ζωής.
3. Ποσοστό συλλογής για φορητούς συσσωρευτές	65% στόχος συλλογής το 2025	70% στόχος συλλογής το 2030	75% στόχος συλλογής το 2025
4. Ποσοστό συλλογής συσσωρευτών αυτοκινήτων και βιομηχανικών	Νέο σύστημα αναφοράς για συσσωρευτές αυτοκινήτων, Η/Ο και βιομηχ. χρήσης	Στόχος συλλογής για συσσωρευτές που τροφοδοτούν ελαφρά οχήματα μεταφοράς.	Σαφής στόχος συλλογής για συσσωρευτές: βιομηχανικούς, Η/Ο, αυτοκινήτων.
5. Αποδοτικότητα ανακύκλωσης και ανάκτηση υλικών	<u>Συσσωρευτές ιόντων λιθίου και Co, Ni, Li, Cu:</u> Απόδ. ανακύκλωσης για συσσωρευτές ιόντων λιθίου: 65% έως το 2025 Ποσοστά ανάκτ. υλικών για Co, Ni, Li, Cu: 90%, 90%, 35% και 90% αντίστοιχα το 2025 <u>Συσσωρευτές μολύβδου οξέος και μολύβ.:</u> Απόδ. ανακύκλωσης για συσσωρευτές μολύβδου οξέος: 75% έως το 2025 Ποσοστά ανάκτησης μολύβδου: 90% το 2025.	<u>Συσσωρευτές ιόντων λιθίου και Co, Ni, Li, Cu:</u> Απόδ. ανακύκλωσης για συσσωρευτές ιόντων λιθίου: 70% έως το 2030 Ποσοστά ανάκτ. υλικών για Co, Ni, Li, Cu: 95%, 95%, 70% και 95% το 2030. <u>Συσσωρευτές μολύβδου οξέος και μολύβ.:</u> Απόδ. ανακύκλωσης για συσσωρευτές μολύβδου οξέος: 80% έως το 2030 Ποσοστά ανάκτησης μολύβδου: 95% το 2030.	/

Πίνακας 3.1: Προτεινόμενα μέτρα και προτιμώμενη επιλογή (Σημείωση: Πράσινο= Προτιμώμενη επιλογή, Ανοιχτό πράσινο= Προτιμώμενη επιλογή εν αναμονή μιας ρήτηρας αναθεώρησης

Μέτρα	Επιλογή 2 – Μεσαίο επίπεδο στόχων	Επιλογή 3 – Υψηλό επίπεδο στόχων	Επιλογή 4 – Πολύ υψηλό επίπεδο στόχων
6. Αποτύπωμα άνθρακα βιομηχανικών και Η/Ο συσσωρευτές	Υποχρεωτική δήλωση αποτυπώματος του άνθρακα	Κατηγορίες ορίων απόδοσης αποτυπώματος άνθρακα και μέγιστα όρια ως προϋπόθεση για διάθεση στην αγορά	
7. Απόδοση και ανθεκτικότητα επαναφορτιζόμενων βιομηχανικών και Η/Ο συσσωρευτών	Απαιτήσεις πληροφοριών σχετικά με την απόδοση και την ανθεκτικότητα	Ελάχιστες απαιτήσεις απόδοσης και αντοχής για βιομηχ. συσσωρευτές ως προϋπόθεση για διάθεση στην αγορά	/
8. Μη επαναφορτιζόμενοι φορητοί συσσωρευτές	Τεχνικές παράμετροι για την απόδοση και την αντοχή φορητών πρωτογενών συσσωρευτών	Κατάργηση των φορητών πρωτογενών συσσωρευτών γενικής χρήσης	Ολική κατάργηση πρωτογενών συσσωρευτών
9. Το περιεχόμενο της ανακύκλωσης για συσσωρευτές: βιομηχανικοί, Η/Ο, αυτοκινήτων	Υποχρεωτική δήλωση των σταδίων ανακύκλωσης και του περιεχόμενου το 2025	Υποχρεωτικά στάδια ανακύκλωσης και όλο το περιεχόμενο της, το 2030 και το 2035	/
10. Διευρυμένη ευθύνη των παραγωγών	Σαφείς προδιαγραφές για τις υποχρεώσεις και τις διευρυμένες ευθύνες του παραγωγού για τις βιομηχανικές ηλεκτρικές στήλες Ελάχιστα πρότυπα για pros	/	/
11. Απαιτήσεις σχεδιασμού για τους φορητούς συσσωρευτές	Ενισχυμένη υποχρέωση για τις αποσπώμενες	Νέα υποχρέωση αντικατάστασης	Απαιτήση λειτουργικότητας
12. Παροχή πληροφοριών	Παροχή βασικών πληροφοριών (όπως ετικέτες, τεχνική τεκμηρίωση ή ηλεκτρονικά) Παροχή πιο συγκεκριμένων πληροφοριών σε τελικούς χρήστες και οικονομικούς φορείς (με επιλεκτική πρόσβαση)	Δημιουργία ηλεκτρονικού συστήματος ανταλλαγής πληροφοριών για τις ηλεκτρικές στήλες και συστήματος διαβατηρίων (μόνο για τους συσσωρευτές βιομηχανικών και ηλεκτρικών οχημάτων)	/
13. Επισταμένη έρευνα στην εφοδιαστική αλυσίδα για τις πρώτες ύλες σε βιομηχανικούς και Η/Ο συσσωρευτές	Εθελοντική επιμέλεια στην εφοδιαστική αλυσίδα	Υποχρεωτική επιμέλεια της εφοδιαστικής αλυσίδας	/

Ο Πίνακας 3.1 παρουσιάζει μια επισκόπηση των διαφόρων επιμέρους μέτρων που περιλαμβάνονται στις επιλογές πολιτικής, ενώ η προτιμώμενη επιλογή βασίζεται στην

εκτίμηση των επιπτώσεων που επισημαίνεται με πράσινο χρώμα. Η προτιμώμενη επιλογή της Επιτροπής είναι ένας συνδυασμός της επιλογής 2 και της επιλογής 3. Ο επιλεγμένος συνδυασμός παρέχει μια ισορροπημένη προσέγγιση όσον αφορά την αποτελεσματικότητα (επίτευξη των στόχων) και την αποδοτικότητα (σχέση κόστους-αποτελεσματικότητας). Η προτιμώμενη επιλογή θα διευκολύνει την ανταπόκριση της ΕΕ στις ταχέως μεταβαλλόμενες συνθήκες της αγοράς και θα υποστηρίξει τη μετάβαση προς μια οικονομία με χαμηλότερες εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα, χωρίς να διακινδυνεύσει με υπερβολικό κόστος ή διαταραχές.

Στόχος του **μέτρου 1** σχετικά με την ταξινόμηση και τον ορισμό είναι να αποσαφηνιστούν οι ισχύουσες διατάξεις για τις κατηγορίες συσσωρευτών και να επικαιροποιηθούν σύμφωνα με τις τελευταίες τεχνολογικές εξελίξεις (επιλογή 2). Οι διοικητικές αλλαγές σε ορισμένες διατάξεις της ισχύουσας ευρωπαϊκής οδηγίας για τους συσσωρευτές θα βελτιώσουν την αποτελεσματικότητα πολλών άλλων διατάξεων, χωρίς να παράγουν σημαντικό οικονομικό κόστος ή διοικητικό φόρτο. Τα ενδιαφερόμενα μέρη δήλωσαν ότι αποδέχονται πλήρως αυτό το μέτρο. Προτείνεται να αξιολογηθεί εκ νέου η δυνατότητα να καθοριστεί νέα μεθοδολογία για τα ποσοστά συλλογής με βάση τα "διαθέσιμα για συλλογή" (επιλογή 3) μέσω ρήτρας επανεξέτασης.

Όσον αφορά το **μέτρο 2** σχετικά με τους συσσωρευτές βιομηχανικών και ηλεκτρικών οχημάτων δεύτερης ζωής, τα εκτιμώμενα οικονομικά και περιβαλλοντικά οφέλη για τις επιλογές 2 και 3 θα ήταν ισοδύναμα (με την παραδοχή ίσων επιπέδων διείσδυσης στην αγορά), αναγνωρίζοντας ότι υπάρχουν συμβιβασμοί μεταξύ της προώθησης της ανάπτυξης συσσωρευτών δεύτερης ζωής, αφενός, και της ανακύκλωσης, αφετέρου. Οι διοικητικές δαπάνες της επιλογής 3 – βάσει της οποίας οι χρησιμοποιημένοι συσσωρευτές δεν θα θεωρούνταν απαραίτητα απόβλητα στο τέλος της πρώτης ζωής τους (και θα θεωρούνταν απόβλητα μόνο όταν ο κάτοχος του συσσωρευτή αποφασίσει να απορρίψει τον συσσωρευτή) – είναι σημαντικά χαμηλότερες από εκείνες της επιλογής 2. Η επιλογή 3 θεωρήθηκε η προτιμώμενη επιλογή στην εκτίμηση επιπτώσεων με το επιχείρημα ότι θα ενθάρρυνε καλύτερα την ανάπτυξη μιας αγοράς για τους συσσωρευτές δεύτερης ζωής και υποστηρίχθηκε από τα ενδιαφερόμενα μέρη. Η επιλογή 2 – βάσει της οποίας οι συσσωρευτές καθίστανται απόβλητα – θα δημιουργούσε πρόσθετες δαπάνες για τις άδειες που απαιτούνται για την αντιμετώπιση των επικίνδυνων αποβλήτων, γεγονός που αποτελούσε ζήτημα ιδιαίτερης ανησυχίας για τους ενδιαφερόμενους φορείς. Συνεπώς, η επιλογή αυτή θα μπορούσε να περιορίσει την ανάπτυξη της αγοράς δεύτερης ζωής για τους συσσωρευτές, δεδομένου ότι το κόστος είναι υψηλότερο. Η Επιτροπή κατέληξε στο συμπέρασμα ότι ένας συνδυασμός της επιλογής 2 και της επιλογής 3, σύμφωνα με την οποία καθορίζονται συγκεκριμένα κριτήρια για το τέλος των αποβλήτων, συμπεριλαμβανομένου του υγειονομικού ελέγχου, τα οποία πρέπει να πληρούν οι συσσωρευτές προκειμένου να αποστέλλονται για την επανατοποθέτηση ή την ανακατασκευή, θα παρέχει τον καταλληλότερο τρόπο για να προχωρήσουν. Η προσέγγιση αυτή, η οποία υποστηρίζεται από εκτεταμένες απαιτήσεις ευθύνης των παραγωγών, αποσκοπεί στην ενθάρρυνση της επανατοποθέτησης και της ανακατασκευής των συσσωρευτών, διασφαλίζοντας παράλληλα ότι τα απόβλητα υποβάλλονται σε κατάλληλη επεξεργασία σύμφωνα με τη νομοθεσία της Ευρωπαϊκής Ένωσης για τα απόβλητα και τις διεθνείς συμφωνίες.

Για το **μέτρο 3** σε ένα στόχο συλλογής για φορητούς συσσωρευτές, η προτιμώμενη επιλογή είναι η επιλογή 2 ένας στόχος συλλογής 65% το 2025 και η επιλογή 3, ένας στόχος 70% το 2030. Οι επιλογές αυτές εκτιμάται ότι κοστίζουν περίπου 1,09 ευρώ και 1,43 ευρώ ανά κάτοικο ετησίως αντίστοιχα, το οποίο θα χρηματοδοτηθεί μέσω του μηχανισμού της διευρυμένης ευθύνης του παραγωγού. Ο λόγος για την αύξηση των στόχων συλλογής σε σύγκριση με την αρχική τιμή είναι διττός. Πρώτον, επειδή τα περιβαλλοντικά οφέλη αυξάνονται με μη γραμμικό τρόπο λόγω της αυξημένης συλλογής των συσσωρευτών ιόντων λιθίου. Δεύτερον, διότι τα στοιχεία δείχνουν ότι υπάρχουν οικονομίες κλίμακας και αύξησης της αποτελεσματικότητας που πρέπει να γίνουν. Ως γενικά αποδεκτή αρχή, τα ενδιαφερόμενα μέρη αποδέχονται υψηλότερους στόχους συλλογής, εφόσον είναι ρεαλιστικοί και έχουν αρκετό χρόνο για να επιτύχουν τους στόχους. Αυτό θεωρείται ότι δεν ισχύει για την επιλογή 4, με στόχο συλλογής 75% έως το 2025.

Η προτιμώμενη επιλογή για το **μέτρο 4** είναι η επιλογή 2, ένα νέο σύστημα αναφοράς για τους συσσωρευτές αυτοκινήτων και για τους βιομηχανικούς. Το μέτρο αυτό δεν αναμένεται να προκαλέσει σημαντικό οικονομικό κόστος ή διοικητικό φόρτο, αλλά θα οδηγήσει σε αύξηση των ποσοστών συλλογής. Η επιλογή 3, ο ειδικός στόχος συλλογής για τους συσσωρευτές που χρησιμοποιούνται στα ελαφρά μέσα μεταφοράς, αναμένεται να οδηγήσει σε σημαντική αύξηση των ποσοστών συλλογής. Ωστόσο, λόγω της ανάγκης να αναπτυχθεί πρώτα η μεθοδολογία "διαθέσιμη για συλλογή", η επιλογή αυτή προτείνεται να επαναξιολογηθεί μέσω ρήτρας επανεξέτασης.

Η προτιμώμενη επιλογή για το **μέτρο 5** σχετικά με την αποδοτικότητα της ανακύκλωσης και την ανάκτηση υλικών είναι η επιλογή 2, η οποία αυξάνει τους στόχους για τους συσσωρευτές μολύβδου-οξέος και την επιλογή 3, φέρνοντας νέους στόχους για τις συσσωρευτές ιόντων λιθίου, το κοβάλτιο, το νικέλιο, το λίθιο και το χαλκό. Η επιλογή 2 θέτει στόχους για το 2025 με βάση το τι είναι επί του παρόντος τεχνικά εφικτό, ενώ η επιλογή 3 θέτει στόχους για το 2030 με βάση το τι θα είναι τεχνικά εφικτό στο μέλλον. Λόγω του υψηλού βαθμού αβεβαιότητας σχετικά με ορισμένες μεταβλητές, η ποσοτικοποίηση των οικονομικών και περιβαλλοντικών επιπτώσεων αυτών των επιλογών αποδείχθηκε δύσκολη. Οι εκτιμήσεις δείχνουν ότι, ακόμη και οι πιο συντηρητικές παραδοχές, θα είχαν θετικό αντίκτυπο.

Για το **μέτρο 6** σχετικά με το αποτύπωμα άνθρακα των συσσωρευτών από Η/Ο, η προτιμώμενη επιλογή είναι η επιλογή 2, μια υποχρεωτική δήλωση, η οποία συμπληρώνεται, με την πάροδο του χρόνου, με την επιλογή 3, με τον καθορισμό κατηγοριών απόδοσης αποτυπώματος άνθρακα και μέγιστων οριακών τιμών ως προϋπόθεση για την τοποθέτηση συσσωρευτών στην αγορά της Ευρωπαϊκής Ένωσης. Η αρχική εισαγωγή της επιλογής 3 θα ήταν πιο αποτελεσματική από την επιλογή 2, αλλά απαιτείται περισσότερος χρόνος για την ολοκλήρωση των απαιτούμενων πληροφοριών και μεθοδολογικών πλαισίων. Ωστόσο, η επιλογή 2 θα επιτρέψει τη σταδιακή εισαγωγή των μέτρων που προβλέπονται στην επιλογή 3. Τα μέτρα αυτά αποσκοπούν στο να συμβάλουν στην επίτευξη του στόχου της ΕΕ για την επίτευξη της κλιματικής ουδετερότητας έως το 2050 και την καταπολέμηση της κλιματικής αλλαγής, όπως αναφέρεται στο νέο σχέδιο δράσης για την κυκλική οικονομία, για μια καθαρότερη και πιο ανταγωνιστική Ευρώπη. Η κατ' εξουσιοδότηση πράξη που

καθορίζει τις τιμές των ορίων του άνθρακα θα υποστηρίζεται από μια ειδική εκτίμηση επιπτώσεων.

Για το **μέτρο 7** σχετικά με την απόδοση και την ανθεκτικότητα των επαναφορτιζόμενων συσσωρευτών βιομηχανικών και ηλεκτρικών οχημάτων, η προτιμώμενη επιλογή είναι η Επιλογή 2, προσφέροντας βραχυπρόθεσμα τις απαιτήσεις πληροφοριών. Αυτό θα συμβάλει στην εναρμόνιση του υπολογισμού και της διαθεσιμότητας των επιδόσεων και των χαρακτηριστικών αντοχής των συσσωρευτών και ως εκ τούτου επιτρέπει στους καταναλωτές και τις επιχειρήσεις να λαμβάνουν εμπειριστατωμένες αποφάσεις. Μόλις είναι διαθέσιμες οι απαραίτητες πληροφορίες και ολοκληρωθεί η εργασία τυποποίησης, θα είναι δυνατή η εισαγωγή ελάχιστων απαιτήσεων απόδοσης (Επιλογή 3) σε μεταγενέστερο στάδιο. Η Επιτροπή κατέληξε στο συμπέρασμα ότι αυτή η επιλογή είναι πιο αποτελεσματική μακροπρόθεσμα για να βοηθήσει την αγορά να στραφεί σε συσσωρευτές με καλύτερη απόδοση, και έτσι να προκαλέσει τη μετάβαση σε χαμηλότερες περιβαλλοντικές επιπτώσεις.

Για το **μέτρο 8** σε μη επαναφορτιζόμενους φορητούς συσσωρευτές, η προτιμώμενη επιλογή είναι η επιλογή 2, ορίζοντας παραμέτρους ηλεκτροχημικής απόδοσης και αντοχής για την ελαχιστοποίηση της αναποτελεσματικής χρήσης πόρων και ενέργειας. Αυτές οι παράμετροι θα ληφθούν επίσης υπόψη από τις απαιτήσεις σήμανσης που καλύπτονται από το μέτρο 12 για την ενημέρωση της απόδοσης των συσσωρευτών για τους καταναλωτές. Όσον αφορά τις επιλογές 3 και 4, το συμπέρασμα είναι ότι επί του παρόντος δεν υπάρχουν επαρκή αποδεικτικά στοιχεία που να αποδεικνύουν την αποτελεσματικότητα και τη σκοπιμότητα μιας μερικής ή πλήρους κατάργησης των μη επαναφορτιζόμενων συσσωρευτών. Οι παραγωγοί και οι εταιρίες ανακύκλωσης μη επαναφορτιζόμενων συσσωρευτών αντιτίθενται σε αυτές τις δύο πιο φιλόδοξες επιλογές.

Η προτιμώμενη επιλογή για το **μέτρο 9** είναι τόσο η επιλογή 2, η οποία θα επιφέρει μια υποχρεωτική δήλωση ανακυκλωμένου περιεχομένου, βραχυπρόθεσμα, όσο και η επιλογή 3, θέτοντας υποχρεωτικούς στόχους για ανακυκλωμένο περιεχόμενο για λίθιο, κοβάλτιο, νικέλιο και μόλυβδο το 2030 και το 2035. Οι δύο επιλογές είναι συμπληρωματικές και θα συμβάλουν στην παροχή ενός προβλέψιμου νομικού πλαισίου που θα ενθαρρύνει τους παράγοντες της αγοράς να επενδύσουν σε τεχνολογίες ανακύκλωσης, που διαφορετικά δεν θα αναπτύσσονταν επειδή δεν είναι ανταγωνιστικές ως προς το κόστος με την παραγωγή πρωτογενών πρώτων υλών.

Για το **μέτρο 10** σχετικά με την εκτεταμένη ευθύνη του παραγωγού και τις οργανώσεις υπευθυνότητας παραγωγού, δεν προτάθηκε επιλογή υψηλής φιλοδοξίας, δεδομένου ότι αφορά κυρίως τη βελτίωση των υφιστάμενων διατάξεων βάσει της ευρωπαϊκής οδηγίας για τους συσσωρευτές. Το προτεινόμενο μέτρο θα ισοσταθμίσει τον ανταγωνισμό για τα συστήματα EPR για τα ηλεκτρικά οχήματα και για τους βιομηχανικούς συσσωρευτές που επί του παρόντος ταξινομούνται ως βιομηχανικοί συσσωρευτές και για PROs για τους φορητούς. Το οικονομικό κόστος αυτού του μέτρου αναμένεται να είναι αμελητέο και σε μεγάλο βαθμό να αντισταθμίζεται από τα περιβαλλοντικά οφέλη των αυξημένων ποσοστών συλλογής.

Για το **μέτρο 11** σχετικά με τις απαιτήσεις σχεδιασμού για φορητούς συσσωρευτές, η προτιμώμενη επιλογή είναι η ενισχυμένη υποχρέωση αφαίρεσης του συσσωρευτή

(επιλογή 2) και μια νέα υποχρέωση αντικατάστασης του (επιλογή 3). Το οικονομικό κόστος αυτών των επιλογών είναι αμελητέο, ενώ θα αποφέρει περιβαλλοντικά οφέλη και εξοικονόμηση πόρων. Αυτό το κάνει διευκολύνοντας την επαναχρησιμοποίηση, την επισκευή και την ανακύκλωση συσσωρευτών και των συσκευών στις οποίες είναι ενσωματωμένες.

Για το **μέτρο 12** σχετικά με την παροχή αξιόπιστων πληροφοριών, προτιμάται ένας συνδυασμός τόσο της επιλογής 2 όσο και της επιλογής 3. Η επιλογή 2, η εισαγωγή ενός έντυπου και διαδικτυακού συστήματος σήμανσης που παρέχει βασικές και πιο προσαρμοσμένες πληροφορίες, προτιμάται επειδή θα βοηθούσε στην παροχή καλύτερης πληροφόρησης στους καταναλωτές και τους τελικούς χρήστες και θα προωθούσε τη μετατόπιση της αγοράς προς πιο φιλικούς προς το περιβάλλον συσσωρευτές. Η αρχή της επιλογής 3, ένα ηλεκτρονικό σύστημα ανταλλαγής και το διαβατήριο συσσωρευτή, όπως προτείνεται από την Global Batteries Alliance, γίνεται αποδεκτή από πολλούς παγκόσμιους οργανισμούς. Το ηλεκτρονικό σύστημα ανταλλαγών θα έχει ένα εφάπαξ διοικητικό κόστος για τη διαμόρφωσή του, αλλά θα οδηγήσει σε μια διοικητική απλούστευση και σε χαμηλότερο κόστος εφαρμογής μακροπρόθεσμα. Το διαβατήριο συσσωρευτή θα πρέπει επιπλέον να επιτρέπει στους χειριστές συσσωρευτών δεύτερης ζωής να λαμβάνουν ενημερωμένες επιχειρηματικές αποφάσεις και να επιτρέπουν στις εταιρίες ανακύκλωσης να σχεδιάζουν καλύτερα τις δραστηριότητές τους και να βελτιώνουν την αποτελεσματικότητα της ανακύκλωσής.

Για το **μέτρο 13** σχετικά με τη επισταμένη έρευνα πρώτων υλών, η προτιμώμενη επιλογή είναι η Επιλογή 3, μια υποχρεωτική προσέγγιση. Υπάρχει ένας δίκαιος βαθμός συναίνεσης μεταξύ των ενδιαφερομένων μερών ότι αυτή η επιλογή θα ήταν πιο αποτελεσματική στην αντιμετώπιση των κοινωνικών και περιβαλλοντικών κινδύνων που σχετίζονται με την εξόρυξη πρώτων υλών, την επεξεργασία και την εμπορία ορισμένων πρώτων υλών για τους σκοπούς κατασκευής των συσσωρευτών. Η επιλογή αυτή πρέπει να εξεταστεί υπό το πρίσμα των υπό εξέλιξη εργασιών σχετικά με την πρόταση διατομεακής νομοθεσίας για τη βιώσιμη εταιρική διακυβέρνηση, την οποία η Επιτροπή σχεδιάζει να παρουσιάσει το 2021.

3.2.1) Γενικές διατάξεις

Στα επιμέρους άρθρα αυτού του κεφαλαίου αναφέρεται:

- Το **άρθρο 1** όπου εξηγεί γενικά το αντικείμενο και το πεδίο εφαρμογής της νομοθεσίας.
- Το **άρθρο 2** περιλαμβάνει τους ορισμούς διαφόρων λέξεων πιο εξειδικευμένες με τους συσσωρευτές.
- Το **άρθρο 3** σε ένα σημαντικό κομμάτι και πρόκειται για την ελεύθερη κυκλοφορία των συσσωρευτών.
- Το **άρθρο 4** τις απαιτήσεις βιωσιμότητας, ασφάλειας, σήμανσης και πληροφόρησης για τις ηλεκτρικές στήλες.
- Το **άρθρο 5** αφορά την αρμόδια αρχή.

3.2.2) Απαιτήσεις βιωσιμότητας και ασφάλειας

Στα επιμέρους άρθρα αυτού του κεφαλαίου αναφέρεται:

- Το **άρθρο 6** στους περιορισμούς των επικίνδυνων ουσιών και τη σημασία αυτών.
- Το **άρθρο 7** στο αποτύπωμα άνθρακα των συσσωρευτών ηλεκτρικών οχημάτων και των επαναφορτιζόμενων βιομηχανικών συσσωρευτών.
- Το **άρθρο 8** αφορά οδηγίες για το ανακυκλωμένο περιεχόμενο σε βιομηχανικούς συσσωρευτές, συσσωρευτές ηλεκτρικών οχημάτων καθώς και σε συσσωρευτές αυτοκινήτων.
- Το **άρθρο 9** για τις απαιτήσεις απόδοσης και αντοχής για φορητούς συσσωρευτές γενικής χρήσης.
- Το **άρθρο 10** στις απαιτήσεις απόδοσης και αντοχής για επαναφορτιζόμενους συσσωρευτές βιομηχανικές και των ηλεκτρικών οχημάτων.
- Το **άρθρο 11** εξηγεί την δυνατότητα αφαίρεσης και αντικατάστασης των φορητών συσσωρευτών.
- Το **άρθρο 12** στην ασφάλεια των σταθερών συστημάτων αποθήκευσης ενέργειας με την χρήση συσσωρευτών.

3.2.3) Απαιτήσεις σήμανσης και πληροφόρησης

Στα επιμέρους άρθρα αυτού του κεφαλαίου αναφέρεται:

- Το **άρθρο 13** στη σήμανση των συσσωρευτών και από πότε θα ισχύουν οι νέοι τρόποι σήμανσης.
- Το **άρθρο 14** στις πληροφορίες σχετικά με την κατάσταση υγείας και την αναμενόμενη διάρκεια ζωής των συσσωρευτών για όλους τους συσσωρευτές με χωρητικότητα άνω των 2 kWh.

Σε αυτό το άρθρο αξίζει να τονιστεί ότι:

1. Οι επαναφορτιζόμενοι βιομηχανικοί συσσωρευτές και οι συσσωρευτές ηλεκτρικών οχημάτων (H/O) με εσωτερική αποθήκευση και χωρητικότητα άνω των 2 kWh περιλαμβάνουν σύστημα διαχείρισης συσσωρευτών που περιέχει δεδομένα σχετικά με τις παραμέτρους για τον προσδιορισμό της κατάστασης της υγείας και της αναμενόμενης διάρκειας ζωής των συσσωρευτών.
2. Η πρόσβαση στα δεδομένα του συστήματος διαχείρισης συσσωρευτών που αναφέρεται στην παράγραφο 1 παρέχεται χωρίς διακρίσεις στο νομικό ή φυσικό πρόσωπο που έχει αγοράσει νόμιμα τον συσσωρευτή ή σε τρίτους που ενεργεί για λογαριασμό τους ανά πάσα στιγμή με σκοπό:
 - α) την αξιολόγηση της υπολειμματικής αξίας του συσσωρευτή και της ικανότητας για περαιτέρω χρήση.
 - β) διευκόλυνση της επαναχρησιμοποίησης, της επανατοποθέτησης ή της ανακατασκευής του συσσωρευτή.
 - γ) τη διάθεση του συσσωρευτή σε ανεξάρτητους συλλέκτες ή συμμετέχοντες στην αγορά μέσω της αποθήκευσης ενέργειας.

3.2.4) Συμμόρφωση των συσσωρευτών

Στα επιμέρους άρθρα αυτού του κεφαλαίου αναφέρεται:

- Το **άρθρο 15** στο τεκμήριο συμμόρφωσης των συσσωρευτών.
- Το **άρθρο 16** στις κοινές προδιαγραφές που απαιτούνται.

- Το **άρθρο 17** στις διαδικασίες αξιολόγησης της συμμόρφωσης των συσσωρευτών.
- Το **άρθρο 18** παραπέμπει στη δήλωση συμμόρφωσης στην ΕΕ.
- Το **άρθρο 19** στις γενικές αρχές της σήμανσης CE.
- Το **άρθρο 20** στους κανόνες και τις προϋποθέσεις για την τοποθέτηση της σήμανσης CE.

3.2.5) Ειδοποίηση των οργανισμών αξιολόγησης της συμμόρφωσης

Στα επιμέρους άρθρα αυτού του κεφαλαίου αναφέρεται:

- Το **άρθρο 21** στην ειδοποίηση της Ευρωπαϊκής Επιτροπής σχετικά με τους οργανισμούς που αξιολογούν την συμμόρφωση.
- Το **άρθρο 22** αφορά τις κοινοποιούσες αρχές.
- Το **άρθρο 23** στις απαιτήσεις σχετικά με τις κοινοποιούσες αρχές.
- Το **άρθρο 24** στην υποχρέωση ενημέρωσης σχετικά με τις κοινοποιούσες αρχές.
- Το **άρθρο 25** στις απαιτήσεις των κοινοποιημένων αρχών.
- Το **άρθρο 26** στα τεκμήρια συμμόρφωσης των κοινοποιημένων οργανισμών.
- Το **άρθρο 27** στις θυγατρικές εταιρίες και στην υπεργολαβία από κοινοποιημένους οργανισμούς.
- Το **άρθρο 28** στην αίτηση για κοινοποίηση.
- Το **άρθρο 29** στη διαδικασία κοινοποίησης.
- Το **άρθρο 30** στους αριθμούς αναγνώρισης και στους καταλόγους των κοινοποιημένων οργανισμών.
- Το **άρθρο 31** σε τυχόν αλλαγές στις ειδοποιήσεις.
- Το **άρθρο 32** σε περίπτωση που υπάρχει αμφισβήτηση των αρμοδιοτήτων των κοινοποιημένων οργανισμών.
- Το **άρθρο 33** στις λειτουργικές υποχρεώσεις των κοινοποιημένων οργανισμών.
- Το **άρθρο 34** σε προσφυγές κατά των αποφάσεων των κοινοποιημένων οργανισμών.
- Το **άρθρο 35** στην υποχρέωση ενημέρωσης των κοινοποιημένων οργανισμών.
- Το **άρθρο 36** στην ανταλλαγή γνώσεων και εμπειριών.
- Το **άρθρο 37** στον συντονισμό όλων των κοινοποιημένων οργανισμών.

3.2.6) Υποχρεώσεις των οικονομικών φορέων εκτός από τις υποχρεώσεις του κεφαλαίου VII της νομοθεσίας.

Στα επιμέρους άρθρα αυτού του κεφαλαίου αναφέρεται:

- Το **άρθρο 38** στις υποχρεώσεις των κατασκευαστών.
- Το **άρθρο 39** στην υποχρέωση των οικονομικών φορέων εκμετάλλευσης που διαθέτουν επαναφορτιζόμενους βιομηχανικούς συσσωρευτές και συσσωρευτές ηλεκτρικών οχημάτων με εσωτερική αποθήκευση και χωρητικότητα άνω των 2 kWh στην αγορά και για τη θέσπιση συγκεκριμένων πολιτικών για την επιμέλεια της εφοδιαστικής αλυσίδας.
- Το **άρθρο 40** στις υποχρεώσεις των εξουσιοδοτημένων αντιπροσώπων.
- Το **άρθρο 41** στις υποχρεώσεις των εισαγωγέων.

- Το **άρθρο 42** στις υποχρεώσεις των διανομέων.
- Το **άρθρο 43** στις υποχρεώσεις των παρόχων υπηρεσιών.
- Το **άρθρο 44** στις περιπτώσεις κατά τις οποίες οι υποχρεώσεις των κατασκευαστών ισχύουν για τους εισαγωγείς και τους διανομείς.
- Το **άρθρο 45** στον προσδιορισμό των οικονομικών φορέων.

3.2.7) Διαχείριση συσσωρευτών στο τέλος του κύκλου ζωής τους

Στα επιμέρους άρθρα αυτού του κεφαλαίου αναφέρεται:

- Το **άρθρο 46** στο μητρώο των παραγωγών.
- Το **άρθρο 47** στη διευρυμένη ευθύνη των παραγωγών.
- Το **άρθρο 48** στη συλλογή των αποβλήτων φορητών συσσωρευτών.
- Το **άρθρο 49** στη συλλογή αποβλήτων συσσωρευτών αυτοκινήτων, βιομηχανικών συσσωρευτών και συσσωρευτών από ηλεκτρικά οχήματα.
- Το **άρθρο 50** στις υποχρεώσεις των διανομέων.
- Το **άρθρο 51** στις υποχρεώσεις των τελικών χρηστών.
- Το **άρθρο 52** στις υποχρεώσεις των εγκαταστάσεων επεξεργασίας αποβλήτων.
- Το **άρθρο 53** στη συμμετοχή των δημοσίων αρχών διαχείρισης αποβλήτων.
- Το **άρθρο 54** στη συμμετοχή των σημείων εθελοντικής συλλογής.
- Το **άρθρο 55** στα ποσοστά συλλογής για τα απόβλητα των φορητών συσσωρευτών.
- Το **άρθρο 56** στην επεξεργασία και την ανακύκλωση.
- Το **άρθρο 57** στους στόχους αποδοτικότητας της ανακύκλωσης και της ανάκτησης των υλικών.

Σε αυτό το άρθρο αξίζει να δοθεί έμφαση στα εξής:

1. Όλες οι χρησιμοποιημένες ηλεκτρικές στήλες που συλλέγονται εισέρχονται σε διαδικασία ανακύκλωσης.
2. Οι εταιρίες ανακύκλωσης εξασφαλίζουν ότι κάθε διαδικασία ανακύκλωσης επιτυγχάνει την ελάχιστη απόδοση ανακύκλωσης και τα επίπεδα των ανακτημένων υλικών που καθορίζονται, αντίστοιχα, στα μέρη Β και Γ του παραρτήματος XII, όπου σύμφωνα με αυτό το παράρτημα θα πρέπει:

- ❖ Το αργότερο την 1η Ιανουαρίου 2025, οι διαδικασίες ανακύκλωσης επιτυγχάνουν την ακόλουθη ελάχιστη αποτελεσματικότητα ανακύκλωσης:
 - α) ανακύκλωση κατά 75 % κατά μέσο βάρος συσσωρευτών μολύβδου-οξέος.
 - β) ανακύκλωση κατά 65 % κατά μέσο βάρος συσσωρευτών με βάση το λίθιο.
 - γ) ανακύκλωση κατά 50 % κατά μέσο βάρος άλλων αποβλήτων συσσωρευτών.
- ❖ Το αργότερο την 1η Ιανουαρίου 2030, οι διαδικασίες ανακύκλωσης επιτυγχάνουν την ακόλουθη ελάχιστη αποτελεσματικότητα ανακύκλωσης:
 - α) ανακύκλωση κατά 80 % κατά μέσο βάρος συσσωρευτών μολύβδου-οξέος.
 - β) ανακύκλωση κατά 70 % κατά μέσο βάρος συσσωρευτών με βάση το λίθιο.

Για τα χημικά στοιχεία ξεχωριστά προβλέπεται:

- ❖ Το αργότερο την 1η Ιανουαρίου 2026, όλες οι διαδικασίες ανακύκλωσης επιτυγχάνουν τα ακόλουθα επίπεδα ανάκτησης υλικών:
 - α) 90 % για το κοβάλτιο.
 - β) 90 % για το χαλκό.
 - γ) 90 % για τον μόλυβδο.
 - δ) 35 % για το λίθιο.
 - ε) 90 % για το νικέλιο.
 - ❖ Το αργότερο την 1η Ιανουαρίου 2030, όλες οι διαδικασίες ανακύκλωσης επιτυγχάνουν τα ακόλουθα επίπεδα ανάκτησης υλικών:
 - α) 95 % για το κοβάλτιο.
 - β) 95 % για το χαλκό.
 - γ) 95 % για τον μόλυβδο.
 - δ) 70 % για το λίθιο.
 - ε) 95 % για το νικέλιο.
 - Το **άρθρο 58** στις μεταφορές των αποβλήτων συσσωρευτών.
 - Το **άρθρο 59** στις απαιτήσεις σχετικά με την επανατοποθέτηση και την ανακατασκευή βιομηχανικών συσσωρευτών καθώς και συσσωρευτών ηλεκτρικών οχημάτων.
- Σε αυτό το άρθρο αξίζει να τονιστεί ότι:
1. Στους ανεξάρτητους φορείς εκμετάλλευσης παρέχεται πρόσβαση στο σύστημα διαχείρισης συσσωρευτών, επαναφορτιζόμενων βιομηχανικών συσσωρευτών και συσσωρευτών ηλεκτρικών οχημάτων με εσωτερική αποθήκευση χωρητικότητας άνω των 2 kWh, επί ίσοις όροις και προϋποθέσεις, με σκοπό την αξιολόγηση και τον προσδιορισμό της κατάστασης της υγείας και της εναπομένουσας διάρκειας ζωής των συσσωρευτών, σύμφωνα με τις παραμέτρους που καθορίζονται στο παράρτημα VII, όπου το παράρτημα VII αναφέρει τα εξής:
- ❖ Παράμετροι για τον προσδιορισμό της κατάστασης της υγείας των συσσωρευτών:
 - Υπολειπόμενη χωρητικότητα.
 - Η συνολική χωρητικότητα εξασθενεί.
 - Υπολειπόμενη ισχύς και εξασθένιση ισχύος.
 - Υπολειπόμενη απόδοση.
 - Πραγματική απαίτηση ψύξης.
 - Τα ποσοστά αυτοεκφόρτισης.
 - Ωμική αντίσταση και / ή ηλεκτροχημική σύνθετη αντίσταση.
 - ❖ Παράμετροι για τον προσδιορισμό της αναμενόμενης διάρκειας ζωής των συσσωρευτών:
 - Οι ημερομηνίες κατασκευής του συσσωρευτή και της τοποθέτησης της σε λειτουργία.
 - Ενεργειακή απόδοση.
 - Απόδοση χωρητικότητας.

2. Οι ανεξάρτητοι φορείς εκμετάλλευσης που εκτελούν εργασίες επανατοποθέτησης ή ανακατασκευής έχουν επαρκή πρόσβαση επί ίσοις όροις και προϋποθέσεις, στις πληροφορίες που αφορούν το χειρισμό και τη δοκιμή

επαναφορτιζόμενων βιομηχανικών συσσωρευτών και των συσσωρευτών ηλεκτρικών οχημάτων (H/O), ή συσκευών και οχημάτων στα οποία ενσωματώνονται οι εν λόγω συσσωρευτές, καθώς και των εξαρτημάτων των εν λόγω συσσωρευτών, συσκευών ή οχημάτων, συμπεριλαμβανομένων των πτυχών ασφαλείας.

3. Οι χειριστές που εκτελούν εργασίες επανατοποθέτησης ή ανακατασκευής των συσσωρευτών εξασφαλίζουν ότι η εξέταση, οι δοκιμές επιδόσεων, η συσκευασία και η αποστολή των συσσωρευτών και των εξαρτημάτων τους πραγματοποιούνται σύμφωνα με κατάλληλες οδηγίες ποιοτικού ελέγχου και ασφάλειας.

4. Οι φορείς εκμετάλλευσης που εκτελούν εργασίες επανατοποθέτησης ή ανακατασκευής ηλεκτρικών στηλών εξασφαλίζουν ότι η ανασχεδιασμένος ή ανακατασκευασμένος συσσωρευτής συμμορφώνεται με τον παρόντα κανονισμό, τις σχετικές απαιτήσεις προστασίας του προϊόντος, του περιβάλλοντος και της ανθρώπινης υγείας σε άλλες νομοθετικές πράξεις και τις τεχνικές απαιτήσεις για τον ειδικό σκοπό χρήσης της όταν διατίθεται στην αγορά.

- Το **άρθρο 60** για τις πληροφορίες στο τέλος του κύκλου ζωής τους.
- Το **άρθρο 61** για την υποβολή εκθέσεων στις αρμόδιες αρχές.

Σε αυτό το άρθρο αξίζει να αναφερθεί:

Όταν οι φορείς διαχείρισης αποβλήτων συλλέγουν απόβλητα ηλεκτρικών στηλών από διανομείς ή άλλα απόβλητα αυτοκινήτων, βιομηχανικών και ηλεκτρικών οχημάτων (H/O) συσσωρευτών ή τελικών χρηστών, αναφέρουν στην αρμόδια αρχή, για κάθε ημερολογιακό έτος, τις ακόλουθες πληροφορίες ανάλογα με τη χημική σύσταση τους και τους τύπους των συσσωρευτών:

α) την ποσότητα των αποβλήτων συσσωρευτών αυτοκινήτων, βιομηχανικών συσσωρευτών και των συσσωρευτών ηλεκτρικών οχημάτων (H/O) που συλλέγονται.

β) την ποσότητα των αποβλήτων συσσωρευτών αυτοκινήτων, βιομηχανικών συσσωρευτών και των συσσωρευτών ηλεκτρικών οχημάτων (H/O) που παραδίδονται για επεξεργασία και ανακύκλωση σε επιτρεπόμενες εγκαταστάσεις.

Οι φορείς εκμετάλλευσης που αναφέρονται στην παρούσα παράγραφο αναφέρουν τα στοιχεία αυτά εντός τεσσάρων μηνών από το τέλος του έτους αναφοράς για το οποίο συλλέγονται τα δεδομένα. Η πρώτη περίοδος αναφοράς αφορά το πρώτο πλήρες ημερολογιακό έτος μετά την έκδοση της εκτελεστικής πράξης που καθορίζει τη μορφή υποβολής εκθέσεων στην Επιτροπή σύμφωνα με το άρθρο 62 παράγραφος 5.

Οι αρμόδιες αρχές δημιουργούν ηλεκτρονικά συστήματα μέσω των οποίων πρέπει να τους κοινοποιούνται τα δεδομένα και προσδιορίζουν τη δομή με την οποία πρέπει να χρησιμοποιούνται. Τα ηλεκτρονικά συστήματα για την υποβολή πληροφοριών που έχουν συσταθεί από τις αρμόδιες αρχές είναι συμβατά και διαλειτουργικά με τις απαιτήσεις του συστήματος ανταλλαγής πληροφοριών που θεσπίζεται σύμφωνα με το άρθρο 64.

- Το **άρθρο 62** για την υποβολή εκθέσεων στην Ευρωπαϊκή Επιτροπή.

- Το **άρθρο 63** για την εφαρμογή του κεφαλαίου VII με καταληκτική ημερομηνία την 1^η Ιουλίου 2023.

3.2.8) Ηλεκτρονική ανταλλαγή πληροφοριών

Στα επιμέρους άρθρα αυτού του κεφαλαίου αναφέρεται:

- Το **άρθρο 64** στο ηλεκτρονικό σύστημα ανταλλαγής.
- Το **άρθρο 65** στο διαβατήριο συσσωρευτή.

Στο άρθρο αυτό αξίζει να αναφερθεί ότι:

- ❖ Έως την 1η Ιανουαρίου 2026, κάθε βιομηχανικός συσσωρευτής και κάθε συσσωρευτής ηλεκτρικού οχήματος (H/O) που διατίθεται στην αγορά ή τίθεται σε λειτουργία και της οποίας η χωρητικότητα υπερβαίνει τα 2 kWh πρέπει να διαθέτει ηλεκτρονικό μητρώο ("διαβατήριο συσσωρευτή").
- ❖ Το διαβατήριο συσσωρευτή πρέπει να είναι μοναδικό για κάθε μεμονωμένο συσσωρευτή που αναφέρεται στην παράγραφο 1 και προσδιορίζεται με μοναδικό αναγνωριστικό στοιχείο που του αποδίδει ο οικονομικός φορέας που διαθέτει τον συσσωρευτή στην αγορά και το οποίο πρέπει να τυπώνεται ή να χαράσσεται σε αυτήν.
- ❖ Το διαβατήριο συσσωρευτή συνδέεται με τις πληροφορίες σχετικά με τα βασικά χαρακτηριστικά κάθε τύπου συσσωρευτή και μοντέλου που είναι αποθηκευμένα στις πηγές δεδομένων του συστήματος που θεσπίζεται σύμφωνα με το άρθρο 64. Ο οικονομικός φορέας που διαθέτει στην αγορά έναν βιομηχανικό συσσωρευτή ή έναν συσσωρευτή ηλεκτρικού οχήματος (H/O) εξασφαλίζει ότι τα δεδομένα που περιλαμβάνονται στο διαβατήριο του συσσωρευτή είναι ακριβή, πλήρη και ενημερωμένα.
- ❖ Το διαβατήριο συσσωρευτή είναι προσβάσιμο στο διαδίκτυο, μέσω ηλεκτρονικών συστημάτων που θεσπίζονται σύμφωνα με το άρθρο 64.
- ❖ Το διαβατήριο συσσωρευτή επιτρέπει την πρόσβαση σε πληροφορίες σχετικά με τις τιμές για τις παραμέτρους απόδοσης και αντοχής που αναφέρονται στο άρθρο 10 παράγραφος 1, όταν ο συσσωρευτής διατίθεται στην αγορά και όταν υπόκειται σε αλλαγές στην κατάστασή της.
- ❖ Όταν η αλλαγή της κατάστασης οφείλεται σε δραστηριότητες επισκευής ή επανατοποθέτησης, η ευθύνη για την εγγραφή του συσσωρευτή στο διαβατήριο συσσωρευτή μεταβιβάζεται στον οικονομικό φορέα εκμετάλλευσης που θεωρείται ότι διαθέτει τον βιομηχανικό συσσωρευτή ή τον συσσωρευτή του ηλεκτρικού οχήματος (H/O) στην αγορά ή που την θέτει σε λειτουργία.
- ❖ Η Ευρωπαϊκή Επιτροπή εξουσιοδοτείται να εκδίδει εκτελεστικές πράξεις για τη θέσπιση των κανόνων πρόσβασης, ανταλλαγής, διαχείρισης, διερεύνησης, δημοσίευσης και επαναχρησιμοποίησης των πληροφοριών και των δεδομένων που είναι προσβάσιμα μέσω του διαβατηρίου για τους συσσωρευτές.

3.2.9) Εποπτεία της αγοράς της ΕΕ, έλεγχος των συσσωρευτών που εισέρχονται στην αγορά της ΕΕ καθώς και διαδικασίες διασφάλισης της ΕΕ.

Στα επιμέρους άρθρα αυτού του κεφαλαίου αναφέρεται:

- Το **άρθρο 66** στις διαδικασίες σε εθνικό επίπεδο για την αντιμετώπιση των συσσωρευτών που παρουσιάζουν κινδύνους.
- Το **άρθρο 67** στη διαδικασία διασφάλισης της ΕΕ.
- Το **άρθρο 68** στους συμμορφούμενους συσσωρευτές που ενέχουν κινδύνους.
- Το **άρθρο 69** σε άλλη μη-συμμόρφωση.

3.2.10) Πράσινες δημόσιες συμβάσεις, διαδικασία τροποποίησης των περιορισμών στις επικίνδυνες ουσίες και αναγνώριση από την Ευρωπαϊκή Επιτροπή των συστημάτων επισταμένης έρευνας της εφοδιαστικής αλυσίδας.

Στα επιμέρους άρθρα αυτού του κεφαλαίου αναφέρεται:

- Το **άρθρο 70** για τις Πράσινες δημόσιες συμβάσεις
- Το **άρθρο 71** για τη διαδικασία τροποποίησης των περιορισμών στις επικίνδυνες ουσίες.
- Το **άρθρο 72** για τα συστήματα επισταμένης έρευνας της εφοδιαστικής αλυσίδας

3.2.11) Εκχωρημένες εξουσίες και διαδικασίες της Ευρωπαϊκής Επιτροπής

Στα επιμέρους άρθρα αυτού του κεφαλαίου αναφέρεται:

- Το **άρθρο 73** τη χρήση των αντιπροσωπειών
- Το **άρθρο 74** τις διαδικασίες που χρειάζονται από την Ευρωπαϊκή Επιτροπή.

3.2.12) Τροπολογίες

Στο συγκεκριμένο κεφάλαιο αναφέρεται:

- Το **άρθρο 75** για τις τροποποιήσεις του Κανονισμού ΕΕ/2019/1020.

3.2.13) Τελικές διατάξεις

Στα επιμέρους άρθρα αυτού του κεφαλαίου αναφέρεται:

- Το **άρθρο 76** για τις προβλεπόμενες κυρώσεις.
- Το **άρθρο 77** για πιθανές αναθεωρήσεις.
- Το **άρθρο 78** για την κατάργηση και νέων μεταβατικών κανόνων.
- Το **άρθρο 79** για την έναρξη ισχύος του κανονισμού και την εφαρμογή του. Η νομοθεσία αυτή τίθεται σε ισχύ την 1^η Ιανουαρίου το 2022.

3.3) Αποτελέσματα και επιπτώσεις από την Ευρωπαϊκή Οδηγία 2020/798/ΕΚ

Ο προτεινόμενος κανονισμός θα εξασφαλίσει καλύτερη ευθυγράμμιση με τις τρέχουσες προσεγγίσεις της Ευρωπαϊκής Ένωσης για τη βιώσιμη διαχείριση των υλικών και των αποβλήτων, οι οποίες επικεντρώνονται στη βελτιστοποίηση των προϊόντων και των διαδικασιών παραγωγής. Αποσκοπεί στην ανάπτυξη ενός πλαισίου της Ευρωπαϊκής Ένωσης που θα καλύπτει ολόκληρο τον κύκλο ζωής των συσσωρευτών, το οποίο θα περιλαμβάνει εναρμονισμένους και πιο φιλόδοξους κανόνες για τους συσσωρευτές, τα εξαρτήματα, τις χρησιμοποιημένες ηλεκτρικές

στήλες και την ανακύκλωση, με σκοπό τη θέσπιση ενός κοινού συνόλου κανόνων που εγγυώνται την ομαλή λειτουργία της εσωτερικής αγοράς της Ευρωπαϊκής Ένωσης για τους συσσωρευτές και τα πρωτογενή και δευτερογενή υλικά που απαιτούνται για την κατασκευή τους, προωθώντας παράλληλα υψηλότερα επίπεδα βιωσιμότητας στην αγορά της Ευρωπαϊκής Ένωσης.

3.3.1)Καθορισμός δεικτών επιδόσεων για την παρακολούθηση της προόδου και των επιτευγμάτων.

Οι δείκτες προόδου και επίτευξης των στόχων θα είναι οι εξής:

- Αυξημένη ποιότητα των συσσωρευτών που διατίθενται στην αγορά.
- Καλύτερη αποδοτικότητα ανακύκλωσης και καλύτερη ανάκτηση υλικών για Ni, Co, Li και Cu.
- Υψηλότεροι βαθμοί ανακυκλωμένων υλικών στους συσσωρευτές.
- Περισσότεροι συσσωρευτές θα συλλέγονται και θα ανακυκλώνονται.
- Οι βιομηχανικοί συσσωρευτές και οι συσσωρευτές των ηλεκτρικών οχημάτων θα υπολογίζονται, θα παρακολουθούνται και θα αναφέρονται.
- Όλοι οι συσσωρευτές που συλλέγονται θα ανακυκλωθούν, οι διαδικασίες ανακύκλωσης θα εκτελούνται σε μειωμένους κινδύνους για την υγεία και την ασφάλεια στην εργασία.
- Οι τελικοί χρήστες θα έχουν καλύτερη και ευκολότερη πρόσβαση σε πληροφορίες σχετικά με τους συσσωρευτές που αγοράζουν όσον αφορά τα υλικά που περιέχουν, την αναμενόμενη διάρκειά τους και τον τρόπο με τον οποίο η παραγωγή τους πληροί τα περιβαλλοντικά και κοινωνικά πρότυπα.
- Όλοι οι βιομηχανικοί συσσωρευτές και οι συσσωρευτές ηλεκτρικών οχημάτων έχουν το αποτύπωμα CO₂ υπολογισμένο.
- Οι κατασκευαστές βιομηχανικών και ηλεκτρικών οχημάτων συσσωρευτών, θα παρέχουν επίσης πληροφορίες σχετικά με τον τρόπο με τον οποίο τα υλικά προμήθειας τους πληρούν τα κριτήρια κοινωνικής ευθύνης.
- Οι κατασκευαστές συσσωρευτών θα έχουν ένα σαφές και προβλέψιμο νομικό πλαίσιο της Ευρωπαϊκής Ένωσης που θα τους υποστηρίξει στην καινοτομία και την ανταγωνιστικότητα σε μια αναπτυσσόμενη αγορά.

4ο ΚΕΦΑΛΑΙΟ

ΔΗΜΙΟΥΡΓΙΑ ΕΠΙΧΕΙΡΗΣΗΣ ΣΥΣΣΩΡΕΥΤΩΝ ΔΕΥΤΕΡΗΣ ΧΡΗΣΗΣ ΑΠΟ ΗΛΕΚΤΡΙΚΑ ΟΧΗΜΑΤΑ

Όπως έχει ήδη αναλυθεί εκτενώς στα προηγούμενα κεφάλαια της παρούσας διπλωματικής, η αγορά των συσσωρευτών επρόκειτο να έχει τεράστια ζήτηση, συνεπώς και μεγάλη αύξηση των ποσοτήτων των αποβλήτων με τη ραγδαία ανάπτυξη και προώθηση της ηλεκτροκίνησης. Με τις μελέτες που έχουν εκπονηθεί και υιοθετηθεί από την Ευρωπαϊκή Ένωση και όπου παρουσιάστηκαν στην παρούσα διπλωματική, γίνεται απολύτως κατανοητό.

Με αυτήν την τάση ανάπτυξης προκύπτει το εξής εύλογο ερώτημα. Τι θα απογίνουν αυτοί οι συσσωρευτές στο τέλος του κύκλου ζωής τους;

Στις ενότητες που ακολουθούν, θα αναλυθούν τα στάδια που οφείλουν να υποστούν οι συσσωρευτές για την σωστή διαχείριση, όπως αυτή προβλέπεται από την νέα Ευρωπαϊκή οδηγία 2020/798/EK, συγχρόνως με τη πρόταση για δημιουργία επιχείρησης συσσωρευτών δεύτερης χρήσης από ηλεκτρικά οχήματα.

4.1) Εκκίνηση επιχείρησης

Για να μπορέσει να υπάρξει μια επιχείρηση διαχείρισης συσσωρευτών από ηλεκτρικά οχήματα στην Ελλάδα, χρειάζεται να αποσαφηνιστούν και να διευθετηθούν κάποια ζητήματα που αφορούν κυρίως τα λογιστικά και φοροτεχνικά θέματα, τη τήρηση συγκεκριμένων κανόνων ασφαλείας, όπως διέπονται βάσει νόμου, τις διαδικασίες αδειοδότησης βάσει της εθνικής νομοθεσίας, τη χρηματοδότηση της επιχείρησης, το μέγεθος και τη τοποθεσία της εγκατάστασης και τον βασικό εξοπλισμό.

4.1.1) Λογιστικά-φοροτεχνικά ζητήματα

Για την έναρξη μιας επιχείρησης, είναι μείζονος σημασίας η επίλυση όλων των γραφειοκρατικών ζητημάτων. Αναλυτικότερα, παρουσιάζονται όλα τα απαραίτητα πρώτα βήματα ως προς την επίλυση αυτών ^{[82],[83]}.

Αρχικά, θα πρέπει να προσδιοριστεί ο τύπος της επιχείρησης, δηλαδή εάν πρόκειται για ατομική ή εταιρική. Εφόσον πρόκειται για εταιρική, δηλαδή συνεργασία από δύο εταίρους και πάνω, καθορίζεται και το είδος της εταιρίας ανάλογα σε 4 κατηγορίες:

- Ομόρρυθμη εταιρία
- Ετερόρρυθμη εταιρία
- Ανώνυμη εταιρία
- Εταιρία Περιορισμένης Ευθύνης

Η μετέπειτα διαδικασία για την ίδρυση της επιχείρησης απαιτεί συγκεκριμένα βήματα:

- Τον χώρο εγκατάστασης

Ο χώρος εγκατάστασης μιας επιχείρησης πρέπει να είναι συγκεκριμένος και να πληροί τις προϋποθέσεις της εκάστοτε επιχείρησης όπου οφείλεται να προσδιοριστεί η περιοχή στην οποία θα υπάγεται και εάν επιτρέπεται βάσει νόμου.

Το μέγεθος της εγκατάστασης να εκφράζεται σε τετραγωνικά μέτρα και εάν επαρκεί για μελλοντική επέκταση. Η προσβασιμότητα και οι χώροι στάθμευσης για τις ανάγκες φορτώματος-ξεφορτώματος, για το προσωπικό κ.α. Η οικοδόμηση ή η ενοικίαση του χώρου καθώς και η διαθεσιμότητα ηλεκτροδότησης, ύδρευσης, αποχέτευσης.

- Επιλογή νομικής μορφής της επιχείρησης (εάν πρόκειται για ατομική επιχείρηση ή ΟΕ, ΕΕ, ΑΕ, ΕΠΕ) όπου θα χρειαστεί η συμβολή ενός οικονομικού και νομικού συμβούλου.

Στην περίπτωση μας επειδή πρόκειται για την ίδρυση μεγάλης εταιρίας και επειδή αποβλέπει σε μακροχρόνια άσκηση επιχειρηματικής δραστηριότητας, προτιμάται η ίδρυση ΑΕ. Τα πρώτα βήματα για τη σύσταση μιας ΑΕ είναι:

1ο Βήμα: Έλεγχος για το αν απαιτείται ειδική άδεια ασκήσεως επαγγέλματος.

2ο Βήμα: Εύρεση χώρου εγκατάστασης.

3ο Βήμα: Καταστατικό εταιρείας.

4ο Βήμα: Συλλογή δικαιολογητικών έναρξης.

5ο Βήμα: Προεγγραφή στον ΟΑΕΕ.

6ο Βήμα: Υποβολή δικαιολογητικών στην Υπηρεσία μιας Στάσης.

- Εγγραφή στο Επιμελητήριο (Βιοτεχνικό, Επαγγελματικό, Εμπορικό-Βιομηχανικό)

Πραγματοποιείται η αναγγελία έναρξης, η προεγγραφή, η χρήση της επωνυμίας και η κατοχύρωση του τίτλου.

- Εγγραφή σε ασφαλιστικό φορέα η οποία είναι υποχρεωτική για όλα τα φυσικά πρόσωπα και τα μέλη νομικών προσώπων.
- Τεχνική άδεια εγκατάστασης και τεχνική άδεια λειτουργίας
- Άδεια ασκήσεως επαγγέλματος-Ειδική άδεια λειτουργίας-Ειδική άδεια για ορισμένες κατηγορίες επαγγελματιών
- Δήλωση έναρξης επιτηδεύματος-ΑΦΜ-θεώρηση βιβλίων και στοιχείων.

Στο συγκεκριμένο βήμα, πρέπει να υποβληθούν στην αρμόδια ΔΟΥ τα παρακάτω:

- i. Έντυπο Μ5 «Δήλωση υπό ίδρυση επιχείρησης»
- ii. Δήλωση διακοπής εργασιών ίδρυσης
- iii. Έντυπο Μ2 "Δήλωση έναρξης / μεταβολής εργασιών Φυσικού Προσώπου" ή Έντυπο "Δήλωση έναρξης / μεταβολής εργασιών Μη Φυσικού Προσώπου"
- iv. Φόρος συγκέντρωσης κεφαλαίου και τέλη χαρτοσήμου

- Δήλωση ΚΑΔ.
- Πρόσληψη προσωπικού

Σε αυτό το βήμα απαιτείται η δήλωση και η κάρτα πρόσληψης για κάθε εργαζόμενο στον ΟΑΕΔ , η υποβολή κατάστασης προσωπικού και των ωρών εργασίας στην Επιθεώρηση Εργασίας όπως επίσης και η δήλωση των εργαζομένων στον ασφαλιστικό φορέα (ΙΚΑ).

- Κατά περίπτωση ενέργειες

Αφορούν ενέργειες όπως την κατοχύρωση του εμπορικού σήματος, του σήματος καταλληλότητας CE, την κατοχύρωση ευρεσιτεχνίας ή βιομηχανικού σχεδιασμού ή πνευματικής ιδιοκτησίας.

4.1.2) Διαδικασίες αδειοδότησης μονάδας

Σύμφωνα με το Υπουργείο Περιβάλλοντος και Ενέργειας^[84], για την περιβαλλοντική αδειοδότηση έργων και δραστηριοτήτων στην Ελλάδα εφαρμόζονται οι διατάξεις του νόμου 4014/2011^[85]. Ειδικότερα, σε συνδυασμό με την ΥΑ 1958/12^[86] όλα τα έργα και οι δραστηριότητες για τα οποία απαιτείται περιβαλλοντική αδειοδότηση έχουν καταταγεί σε δύο κατηγορίες: την Α (η οποία υποδιαιρείται στις υποκατηγορίες Α1 και Α2) και την Β σε 12 ομάδες κοινές για όλες τις κατηγορίες.

Στην υποκατηγορία Α1 κατατάσσονται τα έργα και οι δραστηριότητες που ενδέχεται να προκαλέσουν πολύ σημαντικές επιπτώσεις στο περιβάλλον. Στην υποκατηγορία Α2 κατατάσσονται αντίστοιχα όσα ενδέχεται να προκαλέσουν σημαντικές επιπτώσεις στο περιβάλλον.

Η κατηγορία Β περιλαμβάνει έργα και δραστηριότητες που χαρακτηρίζονται από τοπικές και μη σημαντικές επιπτώσεις στο περιβάλλον.

Για την περίπτωση μας, η ομάδα στην οποία κατατάσσεται είναι η 4^η που πρόκειται για συστήματα περιβαλλοντικών υποδομών.

Για την περιβαλλοντική αδειοδότηση της Α κατηγορίας ακολουθείται η εξής διαδικασία:

Ο φορέας του έργου ή της δραστηριότητας, προαιρετικά, ζητά από την αρμόδια περιβαλλοντική αρχή γνωμοδότηση Προκαταρκτικού Προσδιορισμού Περιβαλλοντικών Απαιτήσεων (ΠΠΠΑ). Εφόσον δοθεί θετική γνωμοδότηση ΠΠΠΑ, ή σε περίπτωση που δεν έχει επιλεγεί από τον φορέα να ακολουθηθεί αυτό το βήμα, υποβάλλεται Μελέτη Περιβαλλοντικών Επιπτώσεων (ΜΠΕ). Η ΜΠΕ δημοσιοποιείται και ολοκληρώνεται η διαδικασία διαβούλευσης και η αρμόδια περιβαλλοντική αρχή αφού αξιολογήσει τις σχετικές γνωμοδοτήσεις, συντάσσει την ΑΕΠΟ ή την απόφαση απόρριψης. Αρμόδια υπηρεσία για την αξιολόγηση των περιβαλλοντικών μελετών της Α1 υποκατηγορίας είναι η Διεύθυνση Περιβαλλοντικών Αδειοδοτήσεων (ΔΠΑ) του ΥΠΕΚΑ.

Για τα έργα και τις δραστηριότητες της Α2 υποκατηγορίας αρμόδιες υπηρεσίες είναι οι υπηρεσίες περιβάλλοντος των οικείων Αποκεντρωμένων Διοικήσεων και οι ΑΕΠΠ είναι αποφάσεις των Γενικών Γραμματέων αντίστοιχα.

Για την Β κατηγορία, δεν απαιτείται η υποβολή και αξιολόγηση ΜΠΕ, αλλά υπόκεινται σε Πρότυπες Περιβαλλοντικές Δεσμεύσεις (ΠΠΔ) οι οποίες αποτελούν αναπόσπαστο τμήμα των απαιτούμενων κατά περίπτωση αδειών που προβλέπονται για την κατασκευή, εγκατάσταση και λειτουργία τους.

4.1.3) Χρηματοδότηση μονάδας

Το τελευταίο πρόγραμμα επιδότησης μέσω ΕΣΠΑ ^[87] για περιβαλλοντικές υποδομές που δημοσιεύθηκε τον Σεπτέμβριο του 2020 έως τον Δεκέμβριο του 2020 αφορά την επιδότηση μονάδων διαχείρισης αποβλήτων με σκοπό την επαναχρησιμοποίηση και την ανακύκλωση τους. Σε αυτό το πρόγραμμα η συνολική επιδότηση κυμαίνεται στο 20-55%. Πιο συγκεκριμένα αφορά:

- Έως 25% σε κτίρια, εγκαταστάσεις και τον περιβάλλοντα χώρο του επενδυτικού σχεδίου
- Έως 100% για τα μηχανήματα και τον εξοπλισμό
- Έως 30% για τα μεταφορικά μέσα
- Την πιστοποίηση των συστημάτων και των δαπανών των εργαστηριακών δοκιμών
- Την απόκτηση, επικύρωση και προστασία των διπλωμάτων ευρεσιτεχνίας
- Έως 15% την συμμετοχή σε εμπορικές εκθέσεις
- Έως 10% σε εξειδικευμένα λογισμικά και στις υπηρεσίες τους
- Έως 10% σε τεχνική και συμβουλευτική υποστήριξη

Το μέγιστο ποσό που μπορεί να λάβει μια επιχείρηση συνολικά για επιδότηση ανέρχεται στα 3.000.000€ με υποχρέωση εντός 18 μηνών το επενδυτικό σχέδιο να έχει υλοποιηθεί.

Στο νέο ΕΣΠΑ 2021-2027 θεωρείται στρατηγικής σημασίας να χρηματοδοτηθούν εγκαταστάσεις με έντονο περιβαλλοντικό χαρακτήρα και όπως επισημαίνεται θα έχουν αυξημένες ευκαιρίες επιδότησης^[88].

Ακόμα, δίνεται η δυνατότητα δανειοδότησης μέσω της Ελληνικής Αναπτυξιακής Τράπεζας ^[89] και με το υποπρόγραμμα «Επιχειρηματική Χρηματοδότηση». Πρόκειται για παροχή δανείου με μέγιστο ποσό τα 1.500.000€ με ευνοϊκούς όρους καθώς το 40% του κεφαλαίου κάθε δανείου είναι άτοκο. Οι επιχειρήσεις που έχουν δικαίωμα ένταξης σε αυτό το πρόγραμμα είναι οι υπό σύσταση, νεοσύστατες, νέες αλλά και υφιστάμενες. Η διάρκεια αποπληρωμής του κυμαίνεται στα 5-10 έτη με δυνατότητα περιόδου χάριτος έως 36 μήνες.

Επιπλέον, η τράπεζα Alpha Bank^[90] σε συνεργασία με την Ευρωπαϊκή Τράπεζα Επενδύσεων, προσφέρει χρηματοδοτικά προγράμματα για νέες μικρομεσαίες επιχειρήσεις και μεσαίας κεφαλαιοποίησης δυνατότητα δανειοδότησης έως 12.500.000€ που κυμαίνεται κατά κανόνα από 2 έως 12 έτη.

Επιπρόσθετα, δίνεται η δυνατότητα χρηματοδότης από διάφορα επενδυτικά προγράμματα μέσω της Ευρωπαϊκής Ένωσης. Συγκεκριμένα, σε συνεργασία με την τράπεζα Πειραιώς^[91] μέσω του προγράμματος InnovFin παρέχεται η δυνατότητα χρηματοδότησης για νεοσύστατες επιχειρήσεις από 25.000€ έως 7.500.000€. Επίσης, η Εθνική Τράπεζα ^[92], στο πλαίσιο της πολιτικής της για την υποστήριξη της Πράσινης Οικονομίας και της έξυπνης και βιώσιμης ανάπτυξης, συνήψε συμφωνία με την Ευρωπαϊκή Τράπεζα Επενδύσεων για την χορήγηση δανείων από πόρους του Ταμείου Υποδομών για εγκαταστάσεις έργων στους τομείς της ενεργειακής αποδοτικότητας, στην παραγωγή ενέργειας από ΑΠΕ και στην προστασία του περιβάλλοντος. Για τον

σκοπό αυτό, τη περίοδο 2019-2023 θα διατεθούν 450.000.000€ για έργα και εγκαταστάσεις.

Άλλα επενδυτικά προγράμματα που χρηματοδοτούνται από την Ευρωπαϊκή Ένωση για περιβαλλοντικές υποδομές είναι το HORIZON2020, το LIFE, το COSME και το ESIF^[93].

4.1.4) Τοποθεσία μονάδας

Η τοποθεσία της εγκατάστασης επιβάλλεται να επιλεγεί σύμφωνα με την εθνική νομοθεσία και συγκεκριμένα, από το ΠΔ 24-5-1985 (ΦΕΚ/270Δ/31.05.1985)^[94] και τον νόμο 3212/2003 (ΦΕΚ/308Α/31.12.2003)^[95], όπου με βάση τις κείμενες νομοθεσίες, οφείλει να χωροθετηθεί σε περιοχή που είναι εκτός σχεδίου πόλεως, εκτός εγκεκριμένης ζώνης οικιστικού ελέγχου και εκτός ορίων οικισμού.

Ενδεικτικά, αναφέρονται κάποιες περιοχές, γύρω από την Αθήνα, που πληρούν τις προϋποθέσεις και είναι οι εξής:

- Οινόφυτα

Η περιοχή των Οινοφύτων ανήκει στο δήμο Τανάγρας και απέχει 58 χιλιόμετρα από το κέντρο της Αθήνας έχοντας εύκολη πρόσβαση μέσω της εθνικής οδού Αθηνών Λαμίας. Ο εκτιμώμενος χρόνος άφιξης κυμαίνεται στα 52 λεπτά. Επίσης, ένας ακόμα τρόπος πρόσβασης είναι με τον προαστιακό σιδηρόδρομο.

- Ριτσώνα

Η περιοχή της Ριτσώνας ανήκει στο δήμο Χαλκιδέων και απέχει 76 χιλιόμετρα από το κέντρο της Αθήνας έχοντας εύκολη πρόσβαση μέσω της εθνικής οδού Αθηνών Λαμίας. Ο εκτιμώμενος χρόνος άφιξης κυμαίνεται στα 65 λεπτά.

- Σχηματάρι

Η περιοχή του Σχηματαρίου ανήκει στο δήμο Τανάγρας και απέχει 65 χιλιόμετρα από το κέντρο της Αθήνας έχοντας επίσης εύκολη πρόσβαση μέσω της εθνικής οδού Αθηνών Λαμίας. Ο εκτιμώμενος χρόνος άφιξης κυμαίνεται στα 60 λεπτά.

- Ελευσίνα

Η περιοχή της Ελευσίνας ανήκει στον ομώνυμο δήμο και απέχει 21 χιλιόμετρα από το κέντρο της Αθήνας, έχοντας εύκολη πρόσβαση μέσω της εθνικής οδού Αθηνών Κορίνθου. Ο εκτιμώμενος χρόνος άφιξης κυμαίνεται στα 30 λεπτά. Επιπρόσθετα, ένας ακόμα τρόπος πρόσβασης είναι με τον προαστιακό σιδηρόδρομο.

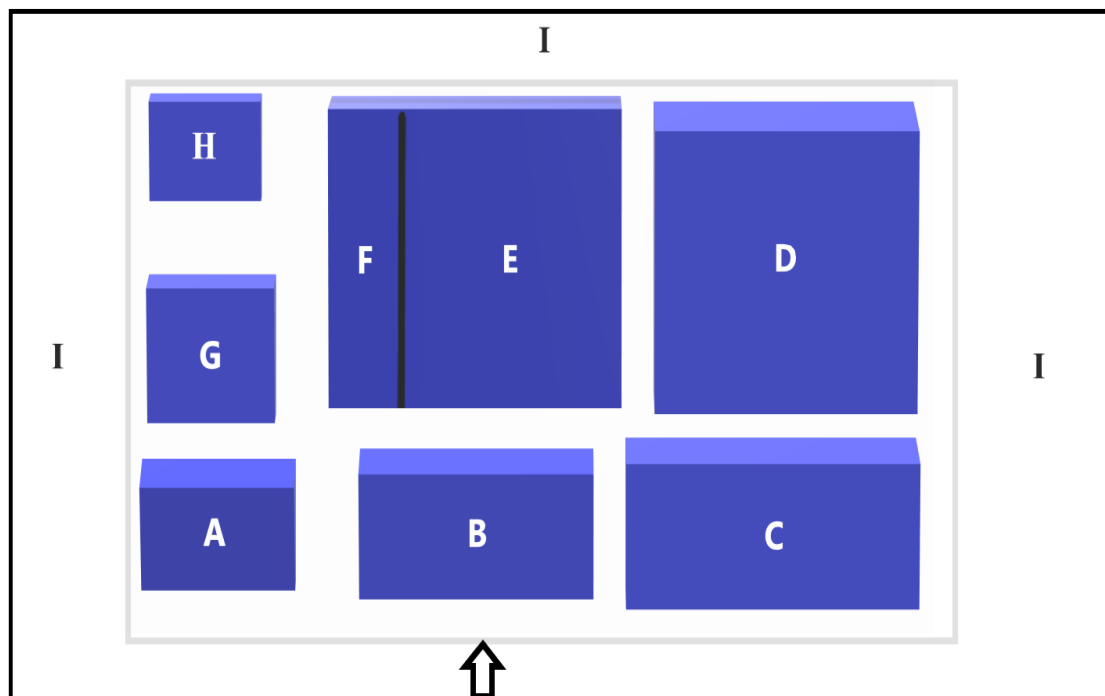
4.1.5) Μέγεθος μονάδας

Το μέγεθος της μονάδας, είναι εξίσου ένας πολύ κομβικός παράγοντας για τον προσδιορισμό της αλλά και την εύρεση του σωστού οικοπέδου.

Εκτιμάται ότι, για τον προσδιορισμό του χώρου υποδοχής και αναμονής των πελατών απαιτείται ένας χώρος 150m². Επίσης, ο χώρος διαμόρφωσης των γραφείων της επιχείρησης υπολογίζεται στα 250m². Για λοιπές χρήσεις, όπως τα αποδυτήρια και τα αποχωρητήρια, εκτιμάται ότι απαιτούνται 100m².

Για τους χώρους όπου θα πραγματοποιούνται οι τεχνικές διαδικασίες, εκτιμάται ότι απαιτούνται 300m^2 για τον χώρο διάγνωσης της κατάστασης της υγείας των συσσωρευτών και αφαίρεσης από το ηλεκτρικό όχημα. Επίσης, για την αξιολόγηση και αποσυναρμολόγηση των συσσωρευτών ο απαιτούμενος χώρος υπολογίζεται στα 450m^2 . Ακόμα, για το στάδιο της ανακύκλωσης και της μηχανικής επεξεργασίας εκτιμάται ότι απαιτούνται 600m^2 λόγω της ιδιομορφίας των μηχανημάτων. Για το στάδιο της ανάκτησης των υλικών, χρειάζονται 350m^2 . Τέλος, ο αποθηκευτικός χώρος της εγκατάστασης υπολογίζεται στα 1000m^2 .

Για να γίνει πιο εύκολα κατανοητή η χωροθέτηση και ο τρόπος λειτουργίας της επιχείρησης, δίδεται το παρακάτω σκαρίφημα της κάτοψης.



Εικόνα 4.1: Σχεδιάγραμμα της μονάδας

Ειδικότερα, κάθε χώρος που αναφέρεται με λατινικό γράμμα παραπέμπει σε έναν από τους προαναφερθέντες χώρους. Πιο αναλυτικά:

- Χώρος A

Αναφέρεται στον χώρο υποδοχής και αναμονής των πελατών

- Χώρος B

Αναφέρεται στον χώρο διάγνωσης και αφαίρεσης συσσωρευτών

- Χώρος C

Αναφέρεται στον χώρο αξιολόγησης και αποσυναρμολόγησης συσσωρευτών

- Χώρος D

Αναφέρεται στον χώρο αποθήκευσης συσσωρευτών

- Χώρος E

Αναφέρεται στον χώρο της μηχανικής επεξεργασίας

- Χώρος F

Αναφέρεται στον χώρο όπου πραγματοποιείται η ανάκτηση των υλικών

- Χώρος G

Αναφέρεται στον χώρο όπου στεγάζονται τα γραφεία της επιχείρησης

- Χώρος H

Αναφέρεται στον χώρο για λοιπές χρήσεις

- Χώρος I

Αναφέρεται στον διαθέσιμο χώρο στάθμευσης οχημάτων

Ο χώρος που καταλαμβάνουν οι θέσεις στάθμευσης υπολογίστηκαν με βάση το ΠΔ 111/04^[96] το οποίο αναφέρει ότι προβλέπεται 1 θέση στάθμευσης ανά 60m² της κτιριακής εγκατάστασης. Συνολικά, η όλη κτιριακή εγκατάσταση έχει έκταση 3200m² ήτοι, 53 θέσεις στάθμευσης διαθέσιμες. Καθεμία από αυτές καταλαμβάνει χώρο ίσο με 2,25*4,50, δηλαδή, 10,125 m².

Η λογική σειρά όπου θα ακολουθούνται οι διαδικασίες επεξεργασίας είναι αλφαβητική όπως φαίνεται και στο σχεδιάγραμμα. Μετά τον χώρο C και αφού έχουν αξιολογηθεί οι συσσωρευτές, θα οδηγούνται στον χώρο D για την αποθήκευσή τους με σκοπό τη μελλοντική επαναχρησιμοποίηση τους ή θα προωθούνται στον χώρο E ώστε να πραγματοποιηθεί η ανακύκλωση και ανάκτηση των υλικών.

Η συνολική έκταση της εγκατάστασης ανέρχεται στα 3750m².

4.1.6) Κανόνες ασφαλείας

Οι κανόνες ασφαλείας σε μια περιβαλλοντική υποδομή είναι εξέχουσας σημασίας για την ορθή λειτουργία της επιχείρησης και κυρίως για την ασφάλεια των εργαζομένων. Βάσει της εθνικής νομοθεσίας, οι συγκεκριμένοι κανόνες καθορίζονται από τα Προεδρικά Διατάγματα 396/94^[97], 186/95^[98], 338/01^[99] και τον νόμο 3850/2010^[100]. Βασικός άξονας των συγκεκριμένων προεδρικών διαταγμάτων και του νόμου, ορίζεται η χορήγηση των κατάλληλων μέσων ατομικής προστασίας, όπως για παράδειγμα, τα κατάλληλα υποδήματα, γάντια, μάσκες προστασίας, φόρμα προστασίας και ούτω καθεξής. Επισημαίνεται ακόμα, στα μέσα ατομικής προστασίας έναντι των κινδύνων που ελλοχεύουν από βιολογικούς, χημικούς ή και φυσικούς παράγοντες. Για την αποφυγή εισπνοής βλαβερών αερίων κρίνεται απαραίτητο η τοποθέτηση μονάδων καθαρισμού του αέρα για εσωτερικούς χώρους σε όλη την εγκατάσταση. Τέλος, οφείλεται η διαρκής επίβλεψη χρήσης των μέσων ατομικής προστασίας, των μονάδων αντιρρύπανσης, η σωστή συντήρηση όλου του προβλεπόμενου εξοπλισμού και η κατάλληλη πυρασφάλεια του χώρου.

4.1.7) Βασικός τεχνολογικός εξοπλισμός μονάδας

Εξίσου ιδιαίτερης σημασίας χρήζει και ο τεχνολογικός εξοπλισμός της μονάδας καθώς απαιτούνται ειδικά μηχανήματα ώστε να πραγματοποιηθεί η εκάστοτε επεξεργασία. Πιο αναλυτικά, για κάθε χώρο επεξεργασίας απαιτείται:

- Εξοπλισμός χώρου Β

Εν αρχή, για την διάγνωση της κατάστασης της υγείας των συσσωρευτών, όπου είναι ίσως μια από τις σημαντικότερες διαδικασίες, απαιτείται ειδικό διαγνωστικό μηχάνημα.



Εικόνα 4.2: Διαγνωστικό μηχάνημα Chroma model 17040. Πηγή: Chroma ^[101]

Επιπρόσθετα, για την αφαίρεση των συσσωρευτών από το ηλεκτρικό όχημα απαιτούνται δύο δικόλωνα ανυψωτικά μηχανήματα.



Εικόνα 4.3: Ανυψωτικό μηχάνημα με δύο κολώνες. Πηγή: ergonomiki ^[102]

Εν συνεχεία, για το κατέβασμα και τη μεταφορά των συσσωρευτών απαιτούνται δύο τροχήλατοι υδραυλικοί πάγκοι.



Εικόνα 4.4: Τροχήλατος υδραυλικός πάγκος. Πηγή: Mandis tools ^[103]

Στον χώρο αυτό και για τις όλες διαδικασίες απαιτούνται επιπλέον εργαλεία όπως για παράδειγμα δράπανα, κόφτες χειρός, δραπανοκατσάβιδα, κλειδιά, γάντια υψηλής τάσης, υδραυλικός κόφτης μετάλλων, βιομηχανικό πολύμετρο και ούτω καθεξής.

Αφού πραγματοποιηθεί η αφαίρεση των συσσωρευτών οδηγούνται στο επόμενο στάδιο επεξεργασίας και πιο συγκεκριμένα στον χώρο C.

- Εξοπλισμός χώρου C

Για τον εξοπλισμό του συγκεκριμένου χώρου απαιτούνται δύο ηλεκτρικά περνοφόρα (Κλαρκ) ανυψωτικά μηχανήματα για περιπτώσεις που έρχονται οι συσσωρευτές από άλλες πηγές αλλά και την μεταφορά εντός. Για τη μεταφορά μικρότερων φορτίων είθισται να χρησιμοποιούνται και παλετοφόρα.



Εικόνα 4.5: Ηλεκτρικό περνοφόρο ανυψωτικό μηχανήμα. Πηγή: Jungheinrich^[104]

Για την μετακίνηση των συσσωρευτών χρησιμοποιούνται ηλεκτρικά γερανάκια με μέγιστο βάρος ανύψωσης 1000kg.



Εικόνα 4.6: Ηλεκτρικό γερανάκι. Πηγή: FinoMachine ^[105]

Με τη βοήθεια του γερανού, οδηγείται για ζύγιση στον επιδαπέδιο βιομηχανικό ζυγό.



Εικόνα 4.7: Επιδαπέδιος ζυγός. Πηγή: ScaleSmart ^[106]

Εν συνεχεία, αποσύρεται από τον ηλεκτρονικό επιδαπέδιο ζυγό και τοποθετείται εκ νέου στον υδραυλικό πάγκο, όπου απαιτείται και για αυτόν τον χώρο, με σκοπό την εκ νέου διάγνωση του συσσωρευτή ώστε να διασφαλιστεί η κατάσταση της υγείας του και εάν επρόκειτο να οδηγηθεί στον χώρο αποθήκευσης για επαναχρησιμοποίηση ή για ανακύκλωση. Σε περίπτωση αποσυναρμολόγησης, απαιτούνται όλα τα επιπλέον εργαλεία, όπως και για τον χώρο Β.

- Εξοπλισμός χώρου D

Για τον χώρο αποθήκευσης των συσσωρευτών απαιτούνται όπως και σε προηγούμενους χώρους ηλεκτρικά γερανάκια και οι υδραυλικοί πάγκοι. Ο χώρος αυτός, απαιτεί εξοπλισμό με ειδικά βιομηχανικά ράφια βαρέως τύπου για την αποθήκευση των συσσωρευτών και συγκεκριμένων διαστάσεων μετά από ειδική παραγγελία.

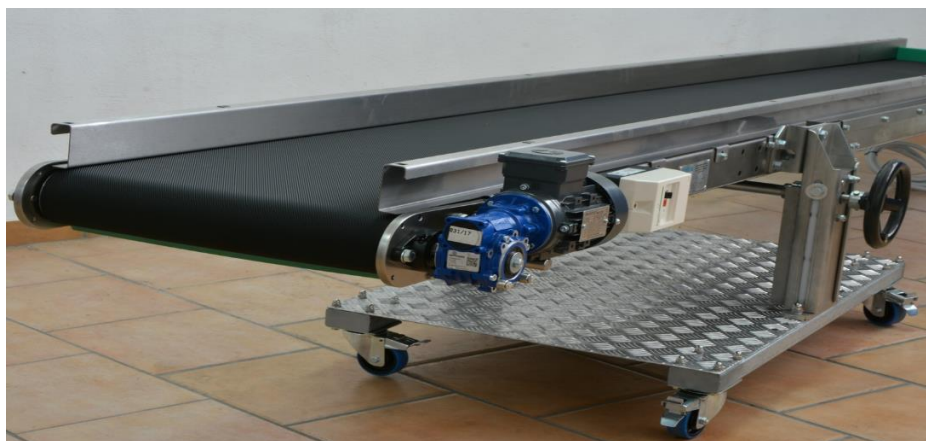


Εικόνα 4.8: Βιομηχανικά ράφια βαρέως τύπου. Πηγή: Lيفةur ^[107]

- Εξοπλισμός χώρου E

Ο εξοπλισμός του συγκεκριμένου χώρου είναι ίσως ο πιο ιδιαίτερος λόγω της πολυπλοκότητας και ιδιομορφίας των μηχανημάτων.

Αφού έχουν αποσυναρμολογηθεί οι συσσωρευτές και οι συστοιχίες αυτών που προωθούνται για ανακύκλωση, συλλέγονται και μεταφέρονται στον συγκεκριμένο χώρο. Εκεί, τοποθετούνται αρχικά στη μεταφορική ταινία και μετέπειτα στα υπόλοιπα μηχανήματα για την μηχανική επεξεργασία.



Εικόνα 4.9: Μεταφορική ταινία με ιμάντα. Πηγή : Emis Conveyor Systems ^[108]

Για την μεταφορά και την πορεία των συστοιχιών προς τον κονιορτοποιητή χρησιμοποιούνται οι μεταφορικές ταινίες, όπως διαφαίνεται και στην εικόνα 4.9.



Εικόνα 4.10: Βιομηχανικός κονιορτοποιητής. Πηγή: Weima ^[109]

Στην εικόνα 4.10 εκτίθεται ο βιομηχανικός κονιορτοποιητής. Οφείλεται να πληρούνται κάποιες βασικές προδιαγραφές καθώς και να μπορεί να σχεδιαστεί από την εταιρία ώστε να είναι κλειστός ο χώρος που πραγματοποιείται η κονιορτοποίηση αλλά και να υπάρχει η παροχή αδρανούς αερίου μέσα στον θάλαμο.



Εικόνα 4.11: Κοκκοποιητής Weima. Πηγή: Weima ^[110]

Το ίδιο ισχύει και για τον κοκκοποιητή της εικόνας 4.11, ότι πρέπει να πληρούνται συγκεκριμένες προδιαγραφές.



Εικόνα 4.12: Βιομηχανικός στεγνωτήρας AVA HTC-T. Πηγή: BHS ^[111]

Στον στεγνωτήρα της εικόνας 4.12 πρέπει να παρέχεται η δυνατότητα εναλλαγής θερμοκρασίας στον θάλαμο ανάλογα με τις απαιτήσεις και τις προδιαγραφές που ζητούνται από την εκάστοτε εφαρμογή.

- Διαχωριστής υλικών



Εικόνα 4.13: Διαχωριστής υλικών με λειτουργία δόνησης. Πηγή: EVERSUN ^[112]

Ο ειδικός διαχωριστής υλικών στην εικόνα 4.13 δίνει τη δυνατότητα διαχωρισμού έως και 5 υλικών, με χρήση της λειτουργίας της δόνησης.



Εικόνα 4.14: Αέρια ταξινόμηση με τη χρήση κοσκινίσματος ζιγκ ζαγκ. Πηγή: JOEST^[113]

Η εικόνα 4.14 παρουσιάζει την υλοποίηση της αέριας ταξινόμησης με τη χρήση κοσκινίσματος ζιγκ ζαγκ.

- Μαγνητικός διαχωριστής



Εικόνα 4.15: Μαγνητικός διαχωριστής. Πηγή: JAY KRISHNA ^[114]

Η εικόνα 4.15 αναδεικνύει έναν μαγνητικό διαχωριστή με σκοπό την ανάκτηση του σιδήρου.

Τέλος, για τον ολικό εξοπλισμό του συγκεκριμένου χώρου απαιτούνται ηλεκτρικά περονοφόρα και βιομηχανικές μεταλλικές δεξαμενές για την συλλογή και μεταφορά του ήδη ανακτημένου ηλεκτρολύτη όπως επίσης και μεγάλες βιομηχανικές τσάντες για την συλλογή των υλικών από την μηχανική επεξεργασία.

- Εξοπλισμός χώρου F

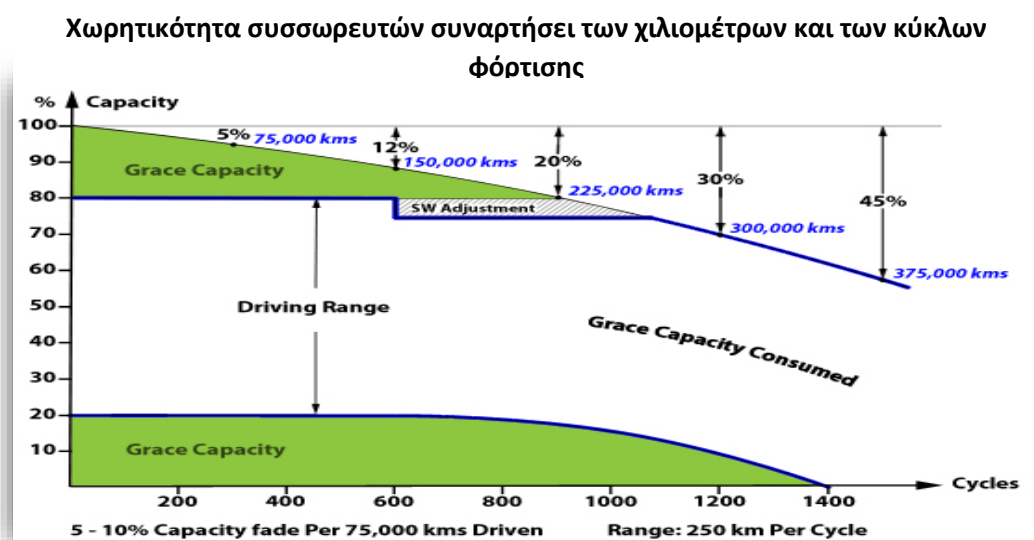
Για τον εξοπλισμό του συγκεκριμένου χώρου, απαιτούνται τα βασικά οξέα όπου θα χρησιμοποιηθούν για την ανάκτηση των υλικών, δύο μεγάλες μεταλλικές βιομηχανικές δεξαμενές καθώς και με ειδική παραγγελία κατασκευή ώστε να δίνεται η ικανότητα θέρμανσης της εκάστοτε δεξαμενής με σκοπό να επιτευχθούν τα επιθυμητά αποτελέσματα. Για τον εν λόγω χώρο, απαιτούνται και άλλα εξαρτήματα, όπως για παράδειγμα τα μετρητικά, αλλά στο συγκεκριμένο στάδιο δεν αφορούν τον βασικό εξοπλισμό.

Τέλος, σε όλους τους προαναφερθέντες χώρους τοποθετούνται συσκευές αντιρρύπανσης με σκοπό τον αερισμό, την κατακράτηση των αέριων ρύπων και συνεπώς, την καλύτερη ποιότητα αέρα.

4.2) Ανάλυση τεχνικής λειτουργίας μονάδας

Από τα σημαντικότερα κομμάτια της επιχείρησης είναι η ανάλυση του τρόπου λειτουργίας για όλες τις διαδικασίες που θα εκπονούνται. Αρχικά, η διάγνωση της κατάστασης της υγείας των συσσωρευτών είναι μείζονος σημασίας για τον προσδιορισμό και την μετέπειτα επεξεργασία τους.

Για τους περισσότερους κατασκευαστές ηλεκτρικών οχημάτων, με το πέρας της οκταετίας (σε μερικές περιπτώσεις και μετά το πέρας της δεκαετίας) ή μετά από 160.000 χιλιόμετρα, η κατάσταση της υγείας των συσσωρευτών υπολογίζεται ότι θα έχει φθάσει στο 75%-80%. Για τον λόγο αυτό, οφείλουν να ενημερώνουν τους τελικούς χρήστες για πιθανή αντικατάσταση, ώστε να πληρούνται οι αρχικές τιμές αυτονομίας που δίδονται^[115].



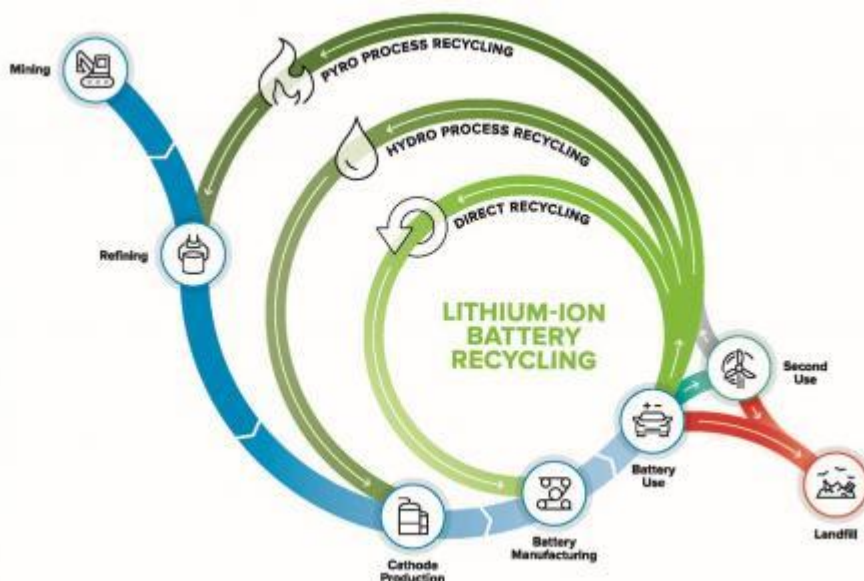
Διάγραμμα 4.1: Κατάσταση της υγείας του συσσωρευτή ανάλογα με τα χιλιόμετρα που έχει διανύσει και τους κύκλους φόρτισης που έχει υποστεί. Πηγή: Battery University^[116]

Οι μετρήσεις που έχουν παρθεί για το διάγραμμα 4.1 πραγματοποιήθηκαν κυρίως στη θερμοκρασία των 40°C, καθώς πρόκειται για έναν παράγοντα που επηρεάζει την απόδοση του συσσωρευτή και στη συγκεκριμένη τιμή, παρουσιάζεται η καλύτερη δυνατή απόδοση με ποσοστό άνω του 95% παρότι στη θερμοκρασία αυτή, τα επίπεδα καταπόνησης είναι υψηλά και ενδέχεται να υποστεί βλάβες. Επίσης, στους 25°C η απόδοση του παραμένει σε υψηλά επίπεδα με τη τιμή του να κυμαίνεται ποσοστιαία στο 93-95%. Τέλος, σε πιο ψυχρές θερμοκρασίες όπως στους 10°C, η απόδοση του μειώνεται και κυμαίνεται σε ποσοστά 89-92%.

Αφού πραγματοποιηθεί η διάγνωση της υγείας των συσσωρευτών και με την πλήρη εκφόρτιση τους, η επόμενη διαδικασία που ακολουθείται, είναι η αφαίρεση και αποσυναρμολόγηση τους. Για τις εν λόγω διαδικασίες, υπάρχουν συγκεκριμένες διεργασίες οι οποίες είναι εξαιρετικά σημαντικές έτσι ώστε να πραγματοποιηθούν σωστά χωρίς να υπάρξει πιθανότητα καταστροφής του αλλά και για το μείζων ζήτημα, την ασφάλεια των εργαζομένων.

Το επόμενο στάδιο επεξεργασίας των συσσωρευτών είναι η επαναχρησιμοποίησή τους σε άλλες εφαρμογές. Για να υλοποιηθεί το συγκεκριμένο εγχείρημα οφείλεται πρώτα να συμμορφώνονται με συγκεκριμένες απαιτήσεις όπως αυτές ορίζονται από την Ευρωπαϊκή Οδηγία 2020/798/EK.

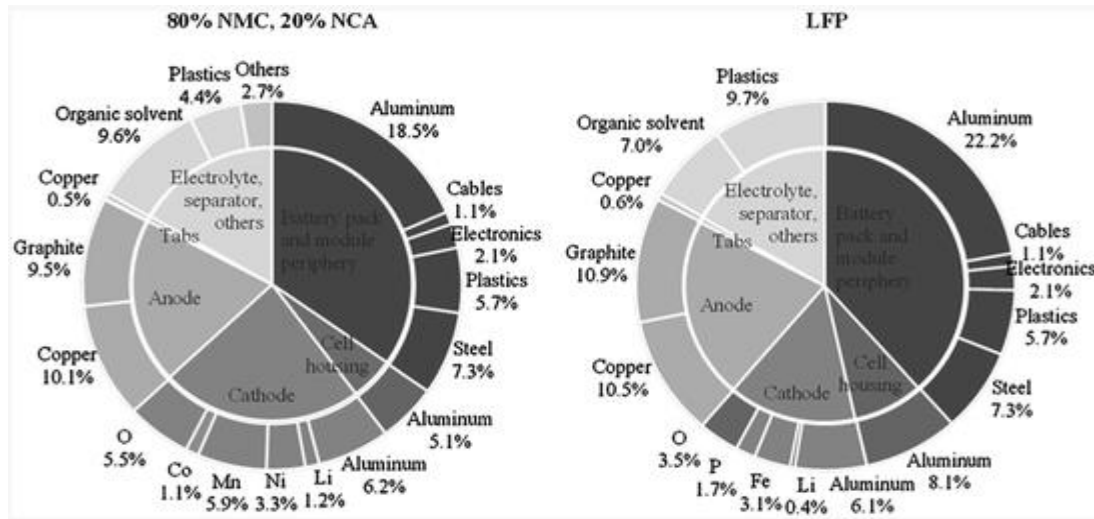
Το επόμενο στάδιο διαχείρισης και επεξεργασίας ενός συσσωρευτή, είναι η ανακύκλωση με σκοπό την ανάκτηση των υλικών από τα οποία απαρτίζεται.



Εικόνα 4.16: Τα στάδια ζωής ενός συσσωρευτή ηλεκτρικού οχήματος. Πηγή: Argonne^[117]

Στην εικόνα 4.16 παρουσιάζεται η πορεία ζωής ενός συσσωρευτή ηλεκτρικού οχήματος, από την παραγωγή, τον πρώτο κύκλο ζωής, την επαναχρησιμοποίηση, την ανακύκλωση του ανάλογα με την μέθοδο που θα επιλεγθεί, μέχρι την τελική απόρριψη.

Τα υλικά που αποτελούν έναν συσσωρευτή είναι ίσως ένα από τα σημαντικότερα στοιχεία λόγω του ότι σκοπός του είναι το μεγαλύτερο δυνατό ποσοστό ανάκτησης αναλογικά με την περιεκτικότητα του καθενός από αυτά.



Εικόνα 4.17: Τα υλικά από τα οποία αποτελείται ένας συσσωρευτής Η/Ο ανάλογα τον τύπο του. Πηγή: Tobias Elwert, Felix Römer, Kirstin Schneider, Qingsong Hua & Matthias Buchert ^[118]

Στην εικόνα 4.17, αναγράφονται αναλυτικά σε ποσοστό τα μέταλλα που αποτελούν δύο διαφορετικούς τύπους συσσωρευτών (NMC, LFP) ηλεκτρικών οχημάτων. Η σημαντική διαφορά που παρατηρείται, είναι η διαφορά των υλικών στα στοιχεία της καθόδου. Στα υπόλοιπα μέρη, όπως για παράδειγμα, στα στοιχεία της ανόδου ή στα περιφερειακά του, αντιλαμβανόμαστε μικρές ποσοστιαίες διαφορές.

Μια επίσης πολύ ενδιαφέρουσα εικόνα, δίδεται από τη Volkswagen με το νέο πιλοτικό πρόγραμμα ανακύκλωσης, όπου εκθέτει έναν συσσωρευτή ηλεκτρικού οχήματος σημειώνοντας το κάθε υλικό που περιέχεται κατά βάρος.



Εικόνα 4.18: Αναλυτικά τα στοιχεία κατά βάρος σε έναν συσσωρευτή. (Τα πνευματικά δικαιώματα ανήκουν αποκλειστικά στο Volkswagen Group.) Πηγή: Volkswagen ^{[28],[119]}

Σύμφωνα με τα στοιχεία της εικόνας 4.18, προκύπτει τεράστιο ενδιαφέρον αναδεικνύοντας κατά βάρος τα πολύτιμα μέταλλα από τα οποία αποτελείται ένας

συσσωρευτής και παρουσιάζει επίσης την μεγάλη πρόκληση για μια μονάδα ανακύκλωσης με σκοπό την μεγαλύτερη δυνατή ανάκτηση των υλικών. Τα πολύτιμα μέταλλα της καθόδου, δηλαδή, το λίθιο, το νικέλιο, το κοβάλτιο και το μαγγάνιο, αποτελούν τα 70kg από έναν συσσωρευτή συνολικού βάρους 400kg. Επιπρόσθετα, η σημαντικότητα της εικόνας και των στοιχείων, βοηθά στην καλύτερη και πιο ορθή προσέγγιση των οικονομικών δεδομένων ανάλογα με το ποσοστό που ανακτάται.

Οι μέθοδοι ανακύκλωσης, για την ανάκτηση των υλικών, που χρησιμοποιούνται αυτή τη στιγμή σε βιομηχανικό επίπεδο, είναι δύο και ονομάζονται «πυρομεταλλουργία» και «υδρομεταλλουργία». Υπάρχει και ένας επιπλέον τρόπος, με την ονομασία «άμεση ανακύκλωση» αλλά δεν προτιμάται σε μονάδες ανακύκλωσης διότι πρόκειται για νεότερη μέθοδο με μικρότερα ποσοστά ανάκτησης υλικών και όχι των βασικών χημικών στοιχείων της καθόδου όπως το λίθιο, το μαγγάνιο, το νικέλιο και το κοβάλτιο.

Η πυρομεταλλουργία^[120] χρησιμοποιείται από αρκετές εταιρίες ανακύκλωσης ως η βασική μέθοδος. Για την όλη διαδικασία, απαιτούνται μεγάλα ποσά ενέργειας διότι οι συσσωρευτές αφού, συνήθως, έχουν θρυμματιστεί οδηγούνται σε ειδικούς κλιβάνους με θερμοκρασίες που φθάνουν ή και ξεπερνούν τους 1200°C. Τα βασικά στοιχεία που μπορούν να ανακτηθούν με αυτή τη μέθοδο είναι το νικέλιο, το κοβάλτιο και ο χαλκός.

Τα κύρια πλεονεκτήματα αυτής της μεθόδου είναι:

- Μια απλή και ώριμη – δοκιμασμένη διαδικασία.
- Η διαλογή και η μείωση του μεγέθους των συσσωρευτών δεν είναι απαραίτητο να πραγματοποιηθεί.
- Τα ανακτημένα υλικά μπορούν να χρησιμοποιηθούν άμεσα για τη σύνθεση νέων υλικών καθόδου.

Τα κύρια μειονεκτήματα είναι :

- Οι μεγάλες εκπομπές CO₂ και οι μεγάλες απαιτήσεις ενέργειας κατά τη διάρκεια της τήξης.
- Τα κράματα που δημιουργούνται, απαιτούν περαιτέρω επεξεργασία για την ανάκτηση των υλικών με αποτέλεσμα να αυξάνεται το συνολικό κόστος της ανακύκλωσης.
- Διάφορα υλικά από τον συσσωρευτή δεν μπορούν να ανακτηθούν, όπως για παράδειγμα τα πλαστικά, ο γραφίτης, το αλουμίνιο και ο ηλεκτρολύτης.
- Λόγω της χαμηλής περιεκτικότητας κοβαλτίου στους συσσωρευτές ηλεκτρικών οχημάτων η ανάκτηση του συναρτίζεται με τα ποσά ενέργειας που απαιτεί η μέθοδος, οδηγεί σε σημαντική αύξηση του κόστους.

Η υδρομεταλλουργία^[120] είναι η μέθοδος που επικρατεί σε βιομηχανικό επίπεδο για την ανακύκλωση των συσσωρευτών από ηλεκτρικά οχήματα καθώς είναι σαφώς πιο αποτελεσματική, πιο φιλική προς το περιβάλλον, δεν απαιτούνται μεγάλα ποσά ενέργειας με σαφώς πολύ μικρότερες εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου. Όμως πρόκειται για μια πιο πολύπλοκη μέθοδο εν συγκρίσει με τη πυρομεταλλουργία.

Τα κύρια πλεονεκτήματα της μεθόδου αυτής είναι:

- Ανάκτηση υλικών υψηλής περιεκτικότητας

- Τα περισσότερα υλικά του συσσωρευτή μπορούν να ανακτηθούν (Αγγίζοντας ποσοστά ανάκτησης έως 95%)
- Λειτουργεί σε χαμηλές θερμοκρασίες
- Χαμηλές εκπομπές ρύπων

Τα κύρια μειονεκτήματα είναι:

- Απαιτείται η ανάγκη διαλογής, οπότε αυξάνεται η ζήτηση για μεγαλύτερους χώρους αποθήκευσης με αποτέλεσμα να αυξάνεται το κόστος.
- Για τον διαχωρισμό των πολύτιμων μετάλλων απαιτείται ειδική επεξεργασία λόγω των παρόμοιων ιδιοτήτων τους.

4.2.1) Διάγνωση κατάστασης υγείας συσσωρευτών

Για να ελεγχθεί η κατάσταση της υγείας των συσσωρευτών και να πιστοποιηθούν ότι βρίσκονται σε καλή κατάσταση, περνάνε για έλεγχο από ειδικό διαγνωστικό μηχάνημα. Ένα διαγνωστικό μηχάνημα είναι απαραίτητο καθώς έχει τη δυνατότητα να υπολογίσει πολλές παραμέτρους όπως την τάση, την ένταση του ρεύματος, να πραγματοποιεί διαφορετικούς κύκλους φόρτισης με διακυμάνσεις ρεύματος, σε προσομοίωση πραγματικών συνθηκών, ώστε να παρατηρείται η συμπεριφορά του, όπως επίσης την απόδοση και τη συμπεριφορά του συσσωρευτή σε διαφορετικές θερμοκρασίες.

Ακόμα, μια σημαντική λειτουργία είναι η δυνατότητα πλήρους εκφόρτισης του συσσωρευτή. Με αυτήν την ενέργεια που ανακτάται, δίνεται η δυνατότητα του διαμοιρασμού είτε στο δίκτυο είτε σε κάποια εγκατάσταση αποθήκευσης ενέργειας χωρίς αυτά να επηρεάζονται.

Επιπρόσθετα, σαφώς υπάρχει και η δυνατότητα φόρτισης συσσωρευτών. Η διάγνωση κάθε συσσωρευτή, εξαρτάται από τα κανάλια που διαθέτει η συσκευή. Όσα περισσότερα κανάλια διαθέτει, τόσοι περισσότεροι συσσωρευτές μπορούν να υποβληθούν σε έλεγχο ταυτόχρονα. Σε κάθε τέτοια διαγνωστική συσκευή, μπορούν να συνδεθούν παράλληλα επιπλέον κανάλια ώστε μελλοντικά, εάν απαιτείται από την εκάστοτε εφαρμογή ελέγχου περισσότεροι συσσωρευτές για δοκιμή, να παρέχεται αυτή η δυνατότητα.

Επιπλέον, με αυτόν τον τρόπο αυξάνεται και η δυνατότητα μέτρησης της έντασης του ρεύματος της συσκευής καθώς και η ισχύς. Για την μέτρηση της τάσης των συσσωρευτών, η ανώτατη τιμή στην οποία είναι ικανή η συσκευή να λειτουργήσει και έχει δοθεί από τον κατασκευαστή, δεν μπορεί να διαφοροποιηθεί.

Το μείζον ζήτημα της όλης διαδικασίας είναι η διάγνωση της υγείας των συσσωρευτών. Για να πραγματοποιηθεί η συγκεκριμένη λειτουργία, το διαγνωστικό μηχάνημα συνδέεται με τον συσσωρευτή και αντλεί όλες τις απαραίτητες πληροφορίες από το κεντρικό σύστημα διαχείρισης. Εν συνεχεία, με τη βοήθεια ειδικού λογισμικού, αποτυπώνονται στην οθόνη του συνδεδεμένου υπολογιστή όλες οι λεπτομέρειες που αφορούν τον εκάστοτε συσσωρευτή για τον ορθότερο προσδιορισμό του.



Εικόνα 4.19: Σύνδεση διαγνωστικού μηχανήματος με το BMS. Πηγή: Chroma^[101]

Η εικόνα 4.19 αναδεικνύει σύνδεση της διαγνωστικής συσκευής με το BMS των συσσωρευτών καθώς επίσης και την αναπαράσταση των αποτελεσμάτων μέσω του λογισμικού που διέπει τη συσκευή.

Αξίζει να σημειωθεί, με τις προηγούμενες νομοθεσίες σε Ευρωπαϊκό επίπεδο τουλάχιστον, η αποτύπωση και λήψη των εν λόγω στοιχείων από το κεντρικό σύστημα διαχείρισης των συσσωρευτών δεν επιτρεπόταν παρά μόνο με τη σχετική άδεια από τον κατασκευαστή. Πλέον, με τη νέα Ευρωπαϊκή Οδηγία 2020/798/EK οποιοσδήποτε εγκεκριμένος φορέας λειτουργεί για χάρη των τελικών χρηστών και έπειτα από άδεια τους, υπάρχει η δυνατότητα λήψης των συγκεκριμένων πληροφοριών. Με αυτή τη προοπτική, γίνεται αντιληπτό ότι ανοίγει επίσης μια νέα αγορά γύρω από τη διάγνωση της υγείας των συσσωρευτών και σε πολλούς διαφορετικούς τομείς, όπως για παράδειγμα η πιστοποίηση συσσωρευτών ηλεκτρικών οχημάτων, το οποίο και συμπεριλαμβάνεται στη πρόταση για την επιχείρηση.

Τέλος, κάθε συσκευή διάγνωσης είναι εναρμονισμένη με τα διεθνή πρότυπα δοκιμών όπως: ISO^[121], IEC^[122], UL^[123] και GB/T^[124].

4.2.2) Αφαίρεση και αποσυναρμολόγηση συσσωρευτών

Στα επόμενα υποκεφάλαια αναγράφονται αναλυτικά οι διεργασίες που απαιτούνται με τη λογική σειρά. Πιθανώς ανά κατασκευαστή, να υφίστανται κάποιες διαφορετικές λεπτομέρειες.

Οι ακόλουθες διεργασίες αφαίρεσης και αξιολόγησης είναι απαραίτητες έτσι ώστε να επαναχρησιμοποιηθούν οι συσσωρευτές σε άλλες εφαρμογές. Σε αντίθετη περίπτωση όπου κατά τα βήματα αυτά οι συσσωρευτές δεν θα κριθούν κατάλληλοι για επαναχρησιμοποίηση, τότε θα πρέπει να προωθηθούν στο στάδιο της ανακύκλωσης. Όμως, για το τελευταίο στάδιο ζωής των συσσωρευτών, δηλαδή την ανακύκλωσή τους, απαιτείται ακόμα ένα βήμα ώστε συνολικά ο συσσωρευτής να αποσυναρμολογηθεί πλήρως στις συστοιχίες που τον απαρτίζουν και να οδηγηθούν προς ανακύκλωση. Συγκεκριμένα οι διαδικασίες που ακολουθούνται ^[125]:

4.2.2.1) Αφαίρεση του συσσωρευτή από το ηλεκτρικό όχημα

Σε αυτό το στάδιο θα αναλυθεί λεπτομερώς η διαδικασία που πρέπει να ακολουθηθεί για να πραγματοποιηθεί η αφαίρεση του συσσωρευτή με ασφάλεια από το ηλεκτρικό όχημα.



Εικόνα 4.20: Αφαίρεση στον συσσωρευτή από το ηλεκτρικό όχημα Nissan Leaf. Πηγή: *EV battery rebuilds* ^[126]

Η εικόνα 4.20 καταδεικνύει το αποτέλεσμα της αφαίρεσης του συσσωρευτή από το ηλεκτρικό όχημα με τη βοήθεια δύο ανυψωτικών μηχανημάτων όπου το πρώτο χρησιμοποιήθηκε για την ανύψωση του οχήματος και το δεύτερο για να στερεωθεί και να κατέβει με ασφάλεια ο συσσωρευτής.

Αναλυτικότερα, παρακάτω παρουσιάζονται τα βήματα που αφορούν το πρώτο στάδιο και συγκεκριμένα, την αφαίρεση του συσσωρευτή από το ηλεκτρικό όχημα:

- Προετοιμασία του οχήματος

Το όχημα πρέπει να τεθεί στη λειτουργία Neutral (N-mode) αντί για την λειτουργία Park (P-mode) έτσι ώστε να μπορεί να ρυμουλκηθεί προς μια άλλη κατεύθυνση μετέπειτα.

- Αποσύνδεση του συσσωρευτή LV

Το πρώτο βήμα για την ασφάλεια είναι η αποσύνδεση του συσσωρευτή HV (αποσύνδεση του συσσωρευτή υψηλής τάσης χειροκίνητα). Έπειτα από αυτή τη διαδικασία ο συσσωρευτής χαμηλής τάσης πρέπει να εντοπιστεί και να αποσυνδεθεί.

Μετά την αποσύνδεση του συσσωρευτή χαμηλής τάσης, ο συσσωρευτής υψηλής τάσης διατηρεί ένα ηλεκτρικό φορτίο μέσω του μετατροπέα AC-DC (inverter). Εκείνη τη στιγμή το όχημα πρέπει να μπει στη λειτουργία Park (P-mode) και να πραγματοποιηθεί η αφαίρεση του συσσωρευτή υψηλής τάσης. Ο συσσωρευτής χαμηλής τάσης ξανά συνδέεται έτσι ώστε το όχημα να μπει σε λειτουργία Neutral (N-mode) πάλι.

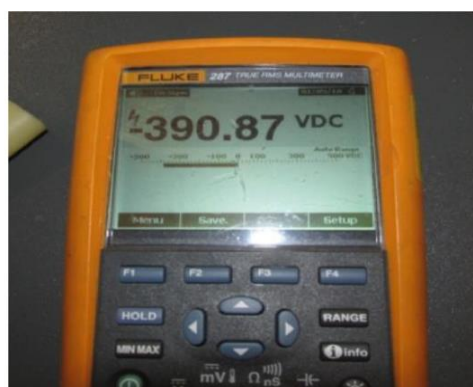
- Άνοιγμα του καλύμματος του συσσωρευτή

Η βάση αυτού του καλύμματος είναι φτιαγμένη από πλαστικό ή αλουμίνιο. Κάτω από αυτό το κάλυμμα βρίσκονται όλα τα υπόλοιπα ηλεκτρονικά συστήματα.

- Άνοιγμα της κάτω πλευράς του καλύμματος

Με τη βοήθεια ενός ανυψωτικού μηχανήματος η κάτω πλευρά του οχήματος μπορεί να προσεγγιστεί. Υπάρχουν συνήθως τρία διαφορετικά καλύμματα στην κάτω πλευρά. Το μεσαίο από αυτά καλύπτει τον συσσωρευτή υψηλής τάσης.

Κάτω από το κάλυμμα βρίσκεται εντοπίζεται η καλωδίωση του συσσωρευτή υψηλής τάσης που την συνδέουν με τα συστήματα ελέγχου, τον μετατροπέα και του συστήματος ελέγχου της θερμοκρασίας (PTC). Τα καλώδια του PTC βρίσκονται μεταξύ της κορυφής του συσσωρευτή υψηλής τάσης και του οχήματος. Χωρίς το κάτω κάλυμμα, τα βύσματα του συσσωρευτή είναι ορατά και προσβάσιμα. Η αποσύνδεση του συσσωρευτή υψηλής τάσης είναι επίσης προσβάσιμη μετά την αφαίρεση αυτού του καλύμματος.



Εικόνα 4.21: Μέτρηση τάσης του συσσωρευτή πριν αυτός αποσυναρμολογηθεί. Πηγή: Science Direct [125].

Στην εικόνα 4.21 παρουσιάζεται ο τρόπος με τον οποίο πραγματοποιείται η μέτρηση τάσης του συσσωρευτή όσο ακόμα είναι εγκατεστημένος στο ηλεκτρικό όχημα και εάν εμπεριέχεται τάση σε αυτόν.

Σε περίπτωση που υπάρχει ακόμα τάση στον συσσωρευτή, χρειάζεται προσοχή. Δεν απαιτούνται ειδικά εργαλεία, και απαγορεύεται η άμεση επαφή με τάση υψηλότερη από 60V καθώς είναι πιθανό να προκληθούν σωματικές βλάβες.

Η αφαίρεση του μπροστινού καλύμματος θα εμφανίσει τον θερμοαντήρα των συσσωρευτών, τα καλώδια της γείωσης, καθώς και το σύστημα ψύξης των συσσωρευτών.

Ο θερμοαντήρας βρίσκεται ακριβώς δίπλα από τους συσσωρευτές. Ο συσσωρευτής διαθέτει δύο καλώδια γείωσης, ένα σε κάθε πλευρά, όπου και τα δύο πρέπει να αποσυνδεθούν για να αφαιρεθεί ο συσσωρευτής.

Επιπλέον, στην μπροστινή πλευρά του συσσωρευτή στα σωληνάκια του κυκλώματος ψύξης θα πρέπει να κοπεί η ροή ώστε να αποφευχθεί κάποια διαρροή ψυκτικού υγρού και εν συνεχεία να αποσυνδεθούν. Το ψυκτικό υγρό μπορεί να αποστραγγιστεί. Αποκαλύπτοντας το μεσαίο κάλυμμα, εμφανίζονται και οι δυο, συνήθως, πλάκες ψύξης στο κάτω μέρος των συσσωρευτών.

- Κατέβασμα συσσωρευτή

Με τη χρήση ανυψωτικού μηχανήματος κατεβαίνει ο συσσωρευτής στηριζόμενος σε ένα πλαίσιο στην κάτω πλευρά του οχήματος.

4.2.2.2) Αξιολόγηση του συσσωρευτή

Σε αυτό το στάδιο θα αναλυθεί λεπτομερώς η διαδικασία που πρέπει να ακολουθηθεί αφότου ο συσσωρευτής αφαιρέθηκε από το ηλεκτρικό όχημα. Σκοπός είναι να επαληθευτεί ότι ο συσσωρευτής πληροί όλες τις απαραίτητες προδιαγραφές έτσι ώστε να έχει χρήση για δεύτερη ζωή ή σε αντίθετη περίπτωση να οδηγηθεί για ανακύκλωση.



Εικόνα 4.22: Διάγνωση και αξιολόγηση του συσσωρευτή. Η εικόνα προέρχεται από το VW recycling plant. (Τα πνευματικά δικαιώματα ανήκουν αποκλειστικά στη VW). Πηγή: VW^{[28],[119]}

Στην εικόνα 4.22 διαφαίνεται η σύνδεση ενός διαγνωστικού μηχανήματος με δύο διαφορετικούς συσσωρευτές ταυτόχρονα και κατά την οποία γίνονται οι απαραίτητες δοκιμές μέσω αυτού για να διαπιστωθεί η ακριβής κατάσταση των συσσωρευτών.

Αναλυτικότερα, παρακάτω παρουσιάζονται τα βήματα που αφορούν το δεύτερο στάδιο και συγκεκριμένα, τον τρόπο διάγνωσης και αξιολόγησης των συσσωρευτών:

- Επιθεώρηση και χειρισμός

Οπτική επιθεώρηση του συσσωρευτή ώστε να υπάρξει η διασφάλιση ότι δεν υπάρχει κάποιο κατεστραμμένο τμήμα του συσσωρευτή. Εάν παρατηρηθεί κάποιο τμήμα ή συστοιχία του συσσωρευτή (module) να είναι διογκωμένο ή για οποιαδήποτε άλλη παραμόρφωση απαιτείται η αφαίρεση του. Το τμήμα αυτό θα προωθηθεί για ανακύκλωση.

- Σύνδεση του διαγνωστικού μηχανήματος με τον συσσωρευτή

Ο συσσωρευτής συνδέεται με το διαγνωστικό μηχάνημα μέσω ειδικού καλωδίου υψηλής τάσης.

- Υπολογισμός τάσης και εξισορρόπηση της

Πραγματοποιείται η φόρτιση και εκφόρτιση του συσσωρευτή ώστε να ελεγχθεί η κατάσταση του.

- Προσδιορισμός του συσσωρευτή

Πραγματοποιείται ο προσδιορισμός του συσσωρευτή καθώς καθορίζεται η κατάσταση της υγείας του, συνεπώς και η χωρητικότητα του έχοντας παρθεί οι κατάλληλες μετρήσεις κατά την διάρκεια φόρτισης και της εκφόρτισης. Αυτές οι μετρήσεις κρατούνται σε ηλεκτρονικό αρχείο ώστε ανά πάσα στιγμή να είναι διαθέσιμες και να πιστοποιούν την κατάσταση του.

- Αποσύνδεση από το διαγνωστικό μηχάνημα

Χωρίς να πραγματοποιείται κάποια μέτρηση και να είναι σε λειτουργία δοκιμής, αποσυνδέεται από το μηχάνημα.

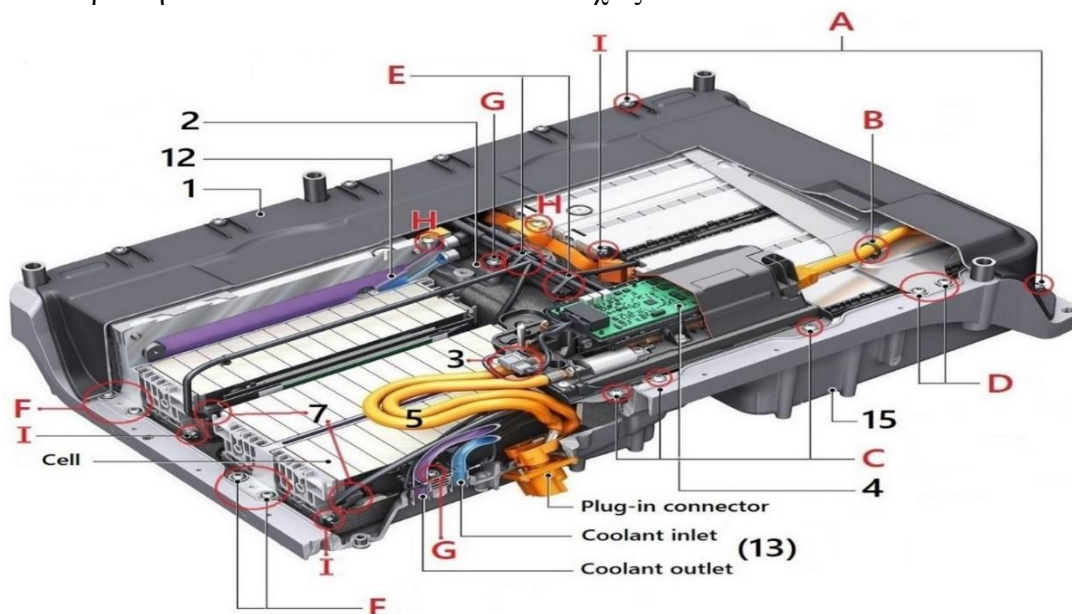
- Τελική επιθεώρηση

Μετά από όλες τις δοκιμές που αναλύθηκαν παραπάνω, πραγματοποιείται μια τελική οπτική επιθεώρηση έτσι ώστε να διασφαλιστεί ότι ο συσσωρευτής βρίσκεται σε καλή κατάσταση και δεν παρατηρήθηκε κάποια παραμόρφωση κατά τη διάρκεια των δοκιμών ώστε να είναι σε θέση να χρησιμοποιηθεί σε μια άλλη εφαρμογή για δεύτερη χρήση.

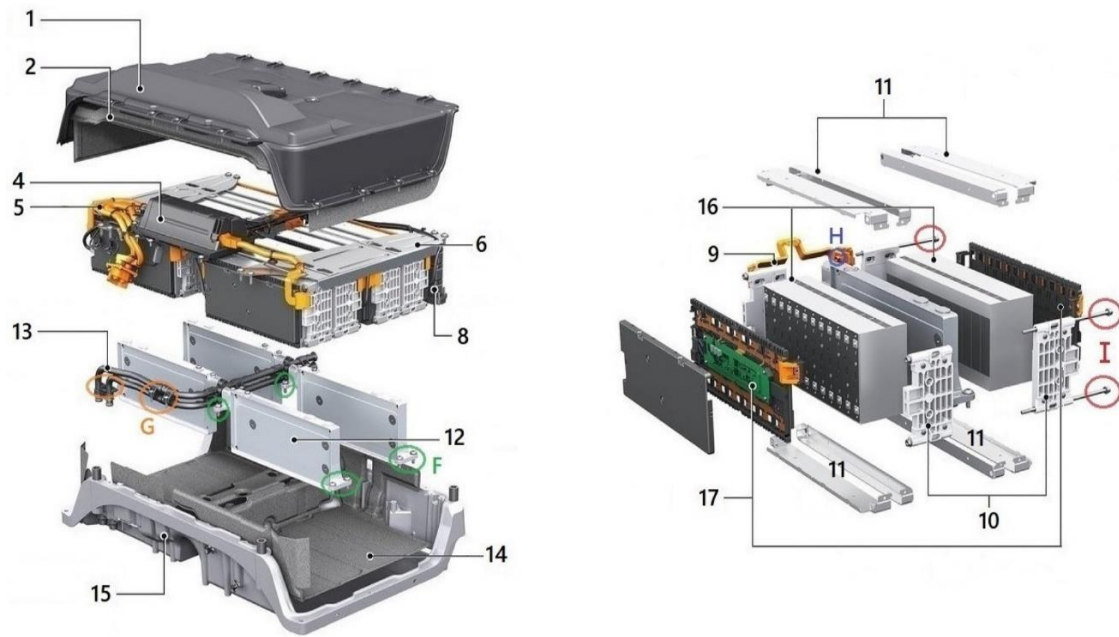
4.2.2.3) Αποσυναρμολόγηση του συσσωρευτή (battery pack) στις επιμέρους συστοιχίες (modules)

Σε αυτό το στάδιο, καταλήγουμε στην περίπτωση που θα πρέπει οι συσσωρευτές να ανακυκλωθούν ή να χρησιμοποιηθούν οι επιμέρους συστοιχίες (modules) ξεχωριστά. Ειδικότερα, θα αναλυθεί λεπτομερώς η διαδικασία αποσυναρμολόγησης του συσσωρευτή στις επιμέρους συστοιχίες από τις οποίες απαρτίζεται.

Για να γίνει πιο εύκολα κατανοητό αυτό το στάδιο, θα παρουσιαστεί ένα παράδειγμα οχήματος και συγκεκριμένα το Audi A3 Sportback e-tron Hybrid ^[127] με τον συσσωρευτή του να αποτελείται από 8 συστοιχίες ^[128].



Εικόνα 4.23: Αναλυτικά όλα τα μέρη του συσσωρευτή. Η εικόνα προέρχεται από τον συσσωρευτή του μοντέλου της Audi A3 Sportback e-tron Hybrid. (Τα πνευματικά δικαιώματα της φωτογραφίας ανήκουν αποκλειστικά στην Audi.) Πηγή: Audi ^{[127],[128]}



(a) Exploded view of the battery

(b) Exploded view of the module pack

Εικόνα 4.24: Όλα τα στοιχεία του συσσωρευτή από το μοντέλο της Audi A3 Sportback e-tron Hybrid. (Τα πνευματικά δικαιώματα της εικόνας ανήκουν αποκλειστικά στην Audi.) Πηγή: Audi [127],[128]

Οι εικόνες 4.23 και 4.24 παρουσιάζουν αναλυτικά όλα τα μέρη ενός συσσωρευτή ηλεκτρικού οχήματος. Αναλυτικότερα, παρακάτω εκτίθενται τα εξαρτήματα του καθώς και η ποσότητα καθενός από αυτά που εμπεριέχονται.

Πίνακας 4.1: Ονομαστική αναπαράσταση όλων των μερών ενός συσσωρευτή ηλεκτρικού οχήματος και συγκεκριμένα του Audi A3 Sportback e-tron Hybrid . Πηγή: [127],[128],[129]

Αναφ.	Ονομασία	Ποσ.
1	Άνω κέλυφος του καλύμματος	1
2	Μόνωση του άνω κελύφους	1
3	Καλώδιο σύνδεσης μεταξύ BJB και CMC-BMS	1
4	Κιβώτιο σύνδεσης συσσωρευτή (BJB)	1
5	Καλώδια και βύσματα υψηλής τάσης	1
6	Άνω εγκάρσιο κάλυμμα	2
7	Καλώδιο σύνδεσης CMC-BMC	1
8	Κεντρικό σύστημα διαχείρισης συσσωρευτή (BMS)	1
9	Βύσμα σύνδεσης συστοιχιών	4
10	Σύνδεσμοι πλευρικών συστοιχιών	16
11	Άνω και κάτω συνδετήριο τμήμα των συστοιχιών	32
12	Ψυκτική πλάκα	4
13	Σωλήνας ψύξης	2
14	Μόνωση του κάτω κελύφους	1
15	Κάτω κέλυφος του καλύμματος (αλουμίνιο)	1
16	Συστοιχία συσσωρευτή	8

Πίνακας 4.1: Ονομαστική αναπαράσταση όλων των μερών ενός συσσωρευτή ηλεκτρικού οχήματος και συγκεκριμένα του Audi A3 Sportback e-tron Hybrid . Πηγή: [127],[128],[129]

17	Σύστημα διαχείρισης κυψελών (CMC)	8
A	Κοιλίες του άνω κελύφους	18
B	Καλώδιο υψηλής τάσης	6
C	Κοιλίες στήριξης του BJB	6
D	Κοιλίες του κάτω κελύφους	8
E	Καλωδίωση μεταξύ του CMC-BMS	6
F	Κοιλίες βιδωμένοι στο κάτω κέλυφος για τη στήριξη των ψυκτικών πλακών	16
G	Κοιλίες σύνδεσης των ψυκτικών σωλήνων με το κάτω κέλυφος	7
H	Κοιλίες σύνδεσης των συστοιχιών	12
I	Συνδετικός κοιλίας των συστοιχιών	16

Αναλυτικότερα, παρακάτω παρουσιάζονται τα βήματα που αφορούν το τρίτο στάδιο και συγκεκριμένα, την αποσυναρμολόγηση του συσσωρευτή στις επιμέρους συστοιχίες:

- i. Ξεβιδώνονται οι κοιλίες του άνω κελύφους (A)
- ii. Αφαιρείται το άνω κέλυφος του καλύμματος (1) και η μόνωση του (2).
- iii. Αφαιρούνται τα καλώδια υψηλής τάσης (B) και ξεβιδώνονται οι κοιλίες στήριξης του κιβωτίου σύνδεσης συσσωρευτή (BJB) (C).
- iv. Αποσυνδέεται το καλώδιο σύνδεσης μεταξύ του (BJB) και CMC-BMS (3) και αφαιρείται το BJB (4) μαζί με τα καλώδια υψηλής τάσης που είναι προσαρτημένα σε αυτό (5).
- v. Ξεβιδώνονται οι κοιλίες του κάτω κελύφους (D) και αφαιρούνται τα δύο άνω εγκάρσια καλύμματα (6).
- vi. Αποσυνδέονται και αφαιρούνται όλα τα καλώδια σύνδεσης μεταξύ CNC-BMS (7) και κόβονται οι καλωδιώσεις (E).
- vii. Ξεβιδώνεται και αφαιρείται το BMS (8).
- viii. Ξεβιδώνονται οι κοιλίες που ενώνουν τις πλάκες ψύξης με το κάτω κέλυφος (F) και οι κοιλίες που συνδέουν τους ψυκτικούς σωλήνες με το κάτω κέλυφος (G).
- ix. Ξεβιδώνονται οι κοιλίες σύνδεσης των συστοιχιών (H) και αφαιρούνται τα βύσματα σύνδεσης αυτών (9).
- x. Ξεβιδώνονται οι συνδετικοί κοιλίες των συστοιχιών (I) και αφαιρούνται οι πλαστικοί σύνδεσμοι των συστοιχιών (10) και το άνω και κάτω συνδετήριο τμήμα αυτών (11).
- xi. Αφαιρούνται οι 4 πλάκες ψύξης (12), οι σωλήνες μέσω των οποίων ρέει το ψυκτικό υγρό (13) , η μόνωση του κάτω κελύφους (14) και το κάτω κέλυφος του καλύμματος (15).

xii. Αφαιρούνται οι συστοιχίες του συσσωρευτή (16) μαζί με τα CMC (17).

4.2.3) Επαναχρησιμοποίηση συσσωρευτών

Για να πραγματοποιηθεί η επαναχρησιμοποίηση ενός συσσωρευτή σε μια άλλη εφαρμογή, όπως ορίζεται από την νέα Ευρωπαϊκή οδηγία 2020/798 ^[15] στο παράρτημα VII^[130] θα πρέπει να υποστεί πρώτα κάποιες δοκιμές ώστε να προσδιοριστούν οι παράμετροι για την κατάσταση της υγείας και της αναμενόμενης ζωής του. Αυτές είναι οι εξής:

- Παράμετροι για τον προσδιορισμό της κατάστασης της υγείας
 1. Υπολειπόμενη χωρητικότητα
 2. Εξασθένηση της συνολικής χωρητικότητας
 3. Υπολειπόμενη ικανότητα ισχύος και εξασθένηση ισχύος
 4. Υπολειπόμενη απόδοση πλήρους κύκλου φόρτισης-εκφόρτισης
 5. Πραγματική ζήτηση ψύξης
 6. Εξέλιξη των ρυθμών αυτοεκφόρτισης
 7. Ωμική αντίσταση και/ή ηλεκτροχημική εμπέδηση

- Παράμετροι για τον προσδιορισμό της αναμενόμενης διάρκειας ζωής των συσσωρευτών
 1. Ημερομηνία κατασκευής του συσσωρευτή και ημερομηνία θέσης σε λειτουργία
 2. Παροχή ενέργειας
 3. Παροχή χωρητικότητας

Οι πληροφορίες για τον προσδιορισμό της αναμενόμενης ζωής των συσσωρευτών, η υπολειπόμενη χωρητικότητα, η εξασθένηση της συνολικής χωρητικότητας, η υπολειπόμενη ικανότητα ισχύος και η εξασθένηση τους δίνονται από το λεγόμενο «διαβατήριο συσσωρευτή» που θα θεσπιστεί για κάθε συσσωρευτή που εισέρχεται στην αγορά της Ευρωπαϊκής Ένωσης. Σε πολύ σύντομο χρονικό διάστημα δηλαδή, θα υπάρχει η δυνατότητα, ένας φορέας εκμετάλλευσης να έχει άμεση πρόσβαση στις απαραίτητες πληροφορίες για να αξιολογήσει τον συσσωρευτή εάν υπάρχει η πιθανότητα επαναχρησιμοποίησης. Οι υπόλοιπες πληροφορίες δίδονται αφού συνδεθεί το διαγνωστικό μηχάνημα.

Για όλες αυτές τις μετρήσεις και τα αποτελέσματα θα πρέπει να υπάρχουν τα απαραίτητα έγγραφα που να τα αποδεικνύουν. Πιο αναλυτικά, όπως αυτά αναγράφονται στην Ευρωπαϊκή οδηγία 2020/798/EK στο άρθρο 59, παράγραφος 5 ^[15]:

- α) Τα αποδεικτικά στοιχεία για την κατάσταση της υγείας ή των δοκιμών που διενεργούνται σε ένα κράτος μέλος με τη μορφή αντιγράφου του αρχείου που επιβεβαιώνει την ικανότητα του συσσωρευτή να παρέχει τις επιδόσεις που είναι σχετικές για τη χρήση της μετά από εργασίες επανατοποθέτησης ή ανακατασκευής.
- β) Η περαιτέρω χρήση του συσσωρευτή που υπόκειται σε επανατοποθέτηση ή ανακατασκευή, τεκμηριώνεται μέσω τιμολογίου ή σύμβασης για την πώληση ή τη μεταβίβαση της κυριότητας του συσσωρευτή.
- γ) Αποδεικτικά στοιχεία για την κατάλληλη προστασία από βλάβες κατά τη μεταφορά, τη φόρτωση και την εκφόρτωση, μεταξύ άλλων μέσω επαρκούς συσκευασίας και κατάλληλης στοίβαξης του φορτίου.

4.2.3.1) Ασφαλής μεταφορά και αποθήκευση συσσωρευτών

Για τα απαραίτητα πρότυπα ασφαλείας, συνίσταται να ακολουθηθούν τα πρότυπα ANSI/CAN/UL 1974^[131] που χρησιμοποιούνται στις ΗΠΑ και στον Καναδά. Ένα ακόμα πρότυπο που συνίσταται από την Ευρωπαϊκή Ένωση είναι και το IEC TC 21^[132]. Επίσης, ένα αρκετά σημαντικό κομμάτι της επαναχρησιμοποίησης (και της ανακύκλωσης) είναι ο εγκιβωτισμός και η μεταφορά του συσσωρευτή, με βάση τα πρότυπα που πρέπει να ακολουθηθούν για αυτή τη διαδικασία. Σύμφωνα με τον ΟΗΕ και την νομοθεσία περί μεταφοράς 38.3:2019^[133], η οποία συμπληρώνει την ήδη υπάρχουσα σχετικά με τις «Συστάσεις για τη μεταφορά επικίνδυνων αγαθών», οι συσσωρευτές ιόντων λιθίου ταξινομούνται με τον αριθμό UN3480 και UN3481 (ανάλογα με το εάν μεταφέρονται ξεχωριστά ή είναι εγκατεστημένοι στον εκάστοτε εξοπλισμό).



Εικόνα 4.25:Κιβώτιο μεταφοράς συσσωρευτή ιόντων λιθίου. Πηγή: AsiaPacificFire^[134]

Η εικόνα 4.25 παρουσιάζει τη μορφή που έχει το κιβώτιο μεταφοράς UN3480 σύμφωνα με τον Οργανισμό Ηνωμένων Εθνών. Για τη μεταφορά των συσσωρευτών (ανεξαρτήτου μέσου) κρίνεται σημαντική η σήμανση και η συσκευασία. Η απαραίτητη σήμανση του κιβωτίου πραγματοποιείται σύμφωνα με το άρθρο 13 της Ευρωπαϊκής οδηγίας 2020/798/EK προσθέτοντας τη σήμανση μεταφοράς του Οργανισμού Ηνωμένων Εθνών (UN3480 ή UN3481).

Για τη μεταφορά με χρήση πλοίων, οι συσσωρευτές ταξινομούνται ως αγαθό κλάσης 9 και σύμφωνα με το πρότυπο δοκιμών IEC 62281^[135].

Για τη μεταφορά με τη χρήση οδικών μέσων, συνίσταται το όχημα να διαθέτει κλειστή καμπίνα και να συσκευάζεται σύμφωνα με τις απαιτήσεις από την ADR^[136] με αριθμό συσκευασίας P903 και με την απαραίτητη μέριμνα για την αποφυγή βραχυκυκλώματος. Ένα ακόμα πρότυπο που προτείνεται είναι το SAE J2950^[137] το οποίο εμπεριέχει και προτάσεις σχετικά με τη διάγνωση του συσσωρευτή για την κατάσταση του πριν συσκευαστεί, το οποίο δύναται να χρησιμοποιηθεί και για τις θαλάσσιες μεταφορές.

Για τους συσσωρευτές που οδηγούνται σε μονάδες ανακύκλωσης συνίσταται η οδηγία συσκευασίας P909. Για συσσωρευτές οι οποίοι έχουν καταστραφεί συσκευάζονται με την οδηγία P908 και εάν υπάρχει η περίπτωση να έρθει σε επικίνδυνη κατάσταση (σε περιπτώσεις έκρηξης ή πυρκαγιάς) συσκευάζεται με την οδηγία P911.

Οι συσσωρευτές που έχουν διαγνωσθεί, έχουν υποστεί τις κατάλληλες δοκιμές με επιτυχία και οδηγούνται σε εφαρμογές επαναχρησιμοποίησης, θεωρούνται πλέον ως νέα αγαθά και συσκευάζονται και μεταφέρονται με τον αριθμό UN3480 και συσκευάζονται με τον οδηγό συσκευασίας P903.

Σε περίπτωση αποθήκευσης των συσσωρευτών στη μονάδα χρειάζεται αρχικά η ολική μελέτη πυρασφάλειας στον συγκεκριμένο χώρο όπως προβλέπεται από το ΠΔ 41/2018^[138], που δημοσιεύθηκε το 2018, και απαιτείται συνοπτικά ο σχεδιασμός οδύσεων διαφυγής, η δομική πυροπροστασία, ο φωτισμός, η σήμανση ασφαλείας, τα σχεδιαγράμματα διαφυγής και τα μέσα ενεργητικής πυροπροστασίας όπως για παράδειγμα φορητοί πυροσβεστήρες ξηρής σκόνης ή βάσης νερού, χειροκίνητο σύστημα συναγερμού, αυτόματο σύστημα πυρανίχνευσης, μόνιμο υδροδοτικό πυροσβεστικό ή απλό δίκτυο και αυτόματα συστήματα πυρόσβεσης.

Για τη στοίβαξη και τη μετέπειτα επεξεργασία (είτε επαναχρησιμοποίηση είτε ανακύκλωση) συνίσταται το πρότυπο ANSI/CAN/UL 1974^[131] από το οποίο απαιτούνται οι απαραίτητες συνθήκες θερμοκρασίας και υγρασίας του περιβάλλοντος και να καταγράφονται σε καθημερινή βάση. Η παρακολούθηση της φόρτισης-εκφόρτισης καθώς επίσης και του ανοιχτού κυκλώματος τάσης ελέγχεται από μια φορά, στην αρχή της στοίβαξης και στο τέλος παραμονής τους στον χώρο αποθήκευσης όταν και πρόκειται να οδηγηθούν σε άλλες εφαρμογές.

4.2.3.2) Εφαρμογές επαναχρησιμοποίησης

Ιδιαίτερη σημασία εμφανίζεται στις εφαρμογές όπου δίνεται η δυνατότητα να επαναχρησιμοποιηθούν οι συσσωρευτές από τα ηλεκτρικά οχήματα.

Παρακάτω θα αναφερθούν μερικά παραδείγματα όπου μπορούν οι συσσωρευτές να έχουν δεύτερη ζωή και να είναι οικονομικά βιώσιμες εφαρμογές.

- Στη βιομηχανία σαν εναλλακτική πηγή ενέργειας.

Για την κάλυψη συγκεκριμένων ενεργειακών αναγκών σε συγκεκριμένες τεχνικές διαδικασίες ή για τον φωτισμό της εγκατάστασης και των αναγκών των γραφείων.

- Σε μεγάλα κτίρια όπου στεγάζονται εταιρίες για την διάσωση πολύτιμων αρχείων.

Σε μεγάλες πολυεθνικές εταιρίες σε περίπτωση πτώσης του ρεύματος στην περιοχή όπου στεγάζονται, δύναται να χρησιμοποιούνται συσσωρευτές σαν εναλλακτική πηγή ενέργειας ώστε να μην υπάρξει πρόβλημα με τα αρχεία και τις λειτουργίες της εταιρίας.

- Σε αιολικά και φ/β πάρκα

Για την αποθήκευση της παραγόμενης ενέργειας από ανανεώσιμες πηγές μειώνοντας σημαντικά το αποτύπωμα άνθρακα στην ατμόσφαιρα.

- Σε σταθμούς φόρτισης ηλεκτρικών οχημάτων

Για την φόρτιση ηλεκτρικών οχημάτων, υπάρχει η ικανότητα αποθήκευσης ενέργειας σε συσσωρευτές από ηλεκτρικά οχήματα όπου έχουν προωθηθεί για δεύτερη χρήση, σε συνδυασμό με την παραγωγή ενέργειας από ΑΠΕ έτσι ώστε, να πραγματοποιείται η φόρτιση με μηδενικές εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου, αφού η όλη διαδικασία είναι αυτόνομη και «πράσινη».

- Σε στάδια

Για τις ανάγκες του φωτισμού των χώρων όπου θα πραγματοποιούνται εκδηλώσεις καθώς επίσης και για τον περιβάλλοντα χώρο.

- Σε νοσοκομεία

Για τις ενεργειακές ανάγκες Μονάδων Εντατικών Θεραπείας, σε περίπτωση πτώσης του ρεύματος στην περιοχή να δίνεται η δυνατότητα άμεσης ηλεκτροδότησης. Επίσης, θα μπορούσε να χρησιμοποιηθούν και για τις ενεργειακές ανάγκες του κλιματισμού των χώρων.

- Σε κατοικίες

Μια επιπλέον λύση η οποία προτείνεται είναι η επαναχρησιμοποίηση αυτών των συσσωρευτών σε πολυκατοικίες έτσι ώστε, όλες οι πολυκατοικίες για το κοινόχρηστο ρεύμα να είναι ενεργειακά αυτόνομες, μειώνοντας το κόστος των ενοίκων, να είναι όλες φιλικές προς το περιβάλλον και μειώνοντας τις εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου. Η εγκατάσταση αυτή είναι σχετικά απλή και εύκολα υλοποιήσιμη σε πολυκατοικίες κυρίως που δεν χρησιμοποιούν σε μεγάλο βαθμό λέβητα (λόγω κυκλοφορητή, καυστήρα κτλ.) διότι αυξάνονται οι ενεργειακές απαιτήσεις. Με την αύξηση πλέον της χρήσης αυτόνομου φυσικού αερίου υπό προϋποθέσεις μπορεί να υλοποιηθεί. Σε μικρότερες πολυκατοικίες, όπως στις επαρχίες της Ελλάδας, θα μπορούσε να είναι άμεσα υλοποιήσιμο.

Για να δοθεί ένα μικρό δείγμα της εφαρμογής αυτής, σε πολυκατοικία στον κεντρικό τομέα των Αθηνών με 5 ορόφους και συνολικά 15 διαμερίσματα, η ετήσια κατανάλωση ρεύματος ήταν 3282kWh με το μεγαλύτερο ενεργειακό φορτίο να παρατηρείται όπως είναι λογικό τους μήνες του χειμώνα. Διαχωρίζοντας το τετράμηνο στο οποίο υπήρξε η μεγαλύτερη ενεργειακή ανάγκη, μηνιαία κατά μέσο όρο καταναλώθηκαν 326,5kWh. Σε αυτόν τον αριθμό, προστέθηκε και ένα 30% για λόγους υπερδιαστασιολόγησης (και για λόγους ότι σε κάποιον μήνα θα υπάρξει μεγαλύτερη κατανάλωση από τον μέσο όρο) αλλά και για λόγους μείωσης της μελλοντικής χωρητικότητας των συσσωρευτών. Με την πρόσθεση αυτού του ποσοστού οι μηνιαίες ανάγκες ανέρχονται στις 424,5kWh.

Έστω ότι οι συσσωρευτές που προέρχονται από Η/Ο έχουν ονομαστική χωρητικότητα 50kWh. Όταν αποσυρθούν από τον πρώτο κύκλο ζωής τους και αφού περάσουν τις απαραίτητες δοκιμές ασφάλειας, στο ποσοστό στο οποίο συνίσταται να αντικατασταθούν (δηλαδή στο 80% της υγείας τους) θα έχουν πλέον πραγματική χωρητικότητα 40kWh. Με αυτά τα νούμερα (παρόλο τη συνεχόμενη αύξηση της χωρητικότητας σε πολλά ηλεκτροκίνητα μοντέλα) απαιτούνται 11 συσσωρευτές. Σε πλήρες φορτίο την περίοδο του χειμώνα και, όπως αναφέρθηκε προηγουμένως, με την πρόσθεση 30% του φορτίου ώστε να υπερκαλύψει και την μελλοντική μείωση της απόδοσης των συσσωρευτών (σε βάθος δεκαετίας) απαιτούνται 20 φωτοβολταϊκά με ονομαστική ισχύ 500W έκαστος για την κάλυψη του 75% σε περίπτωση μηδενικής παραγωγής ενέργειας σε μια ημέρα. Το κόστος της όλης εγκατάστασης κυμαίνεται στις 9000€ με απόσβεση από τον 5^ο χρόνο και έπειτα. Με αυτόν τον αριθμό των φωτοβολταϊκών είναι στο παρόν αδύνατη η υλοποίηση του αυτή τη στιγμή. Μελλοντικά ίσως υπάρχει καλύτερο έδαφος για να γίνει πράξη αυτή η ιδέα.

Ήδη πολλοί κατασκευαστές ηλεκτρικών οχημάτων έχουν ανακοινώσει μελλοντικές εφαρμογές όπου θα χρησιμοποιούν αυτούς τους συσσωρευτές. Η τάση που επικρατεί περισσότερο είναι η εφαρμογή τους σε συστήματα αποθήκευσης ενέργειας με ΑΠΕ και σε σταθμούς φόρτισης.

Μια επιπλέον, αρκετά ενδιαφέρουσα πληροφορία, είναι το γεγονός ότι μετά το πέρας της δεκαετίας περίπου από τη δεύτερη ζωή των συσσωρευτών εφόσον η κατάσταση της υγείας τους κυμαίνεται γύρω στο 60% με τη προϋπόθεση ότι βρίσκονται σε καλή κατάσταση και εφόσον ξανά δοκιμαστούν και περάσουν τους απαραίτητους ελέγχους ασφαλείας, μπορούν να εμφανίσουν και μια τρίτη ζωή για τη χρήση τους σε μικρότερες ενεργειακά εφαρμογές.

Ένα χαρακτηριστικό παράδειγμα, είναι η χρήση τους για την μικροκινητικότητα σε μια πόλη. Για ελαφρά οχήματα όπως τα ηλεκτρικά ποδήλατα, τα ηλεκτρικά πατίνια θα ήταν μια καλή και εύχρηστη λύση χωρίς να καταλαμβάνουν χώρο από άλλες εφαρμογές, δίνοντας μάλιστα τη δυνατότητα ανά πάσα στιγμή να υπάρχει κάποιος κοντινός σταθμός φόρτισης. Με τον τρόπο αυτό, γίνεται και πιο προσιτή η λύση της μικροκινητικότητας στην πόλη για τους πολίτες που πιθανώς να έχουν ενδιασμούς για αυτή τη μέθοδο μετακίνησης, γνωρίζοντας ότι οποτεδήποτε υπάρχει ο τρόπος φόρτισης.

Για αυτές τις εφαρμογές δύναται να χρησιμοποιηθεί περίπου το 20% της υγείας του συσσωρευτή έως ότου δηλαδή φτάσει στο 40%. Με την υγεία του συσσωρευτή στο 40%, συνίσταται να συλλέγεται και να απορρίπτεται ο συσσωρευτής στις ειδικά σχεδιασμένες εγκαταστάσεις για ανακύκλωση.

4.2.3.3) Προβλεπόμενη διάρκεια ζωής συσσωρευτών ανάλογα με την εφαρμογή επαναχρησιμοποίησης

Δύο βασικοί παράγοντες ώστε οι συσσωρευτές δεύτερης χρήσης να καταστούν βιώσιμοι, ενδείκνυται στην προβλεπόμενη διάρκεια ζωής τους, ανάλογα με την εφαρμογή που θα αξιοποιηθούν, και στο κόστος τους.

Σύμφωνα με έρευνα από το NREL^[139] ανάλογα την εφαρμογή που θα χρησιμοποιηθούν υπολογίστηκε και η διάρκεια ζωής τους.

Πίνακας 4.2: Προβλεπόμενη ζωή συσσωρευτών για εφαρμογές δεύτερης χρήσης. Πηγή: [41],[139]

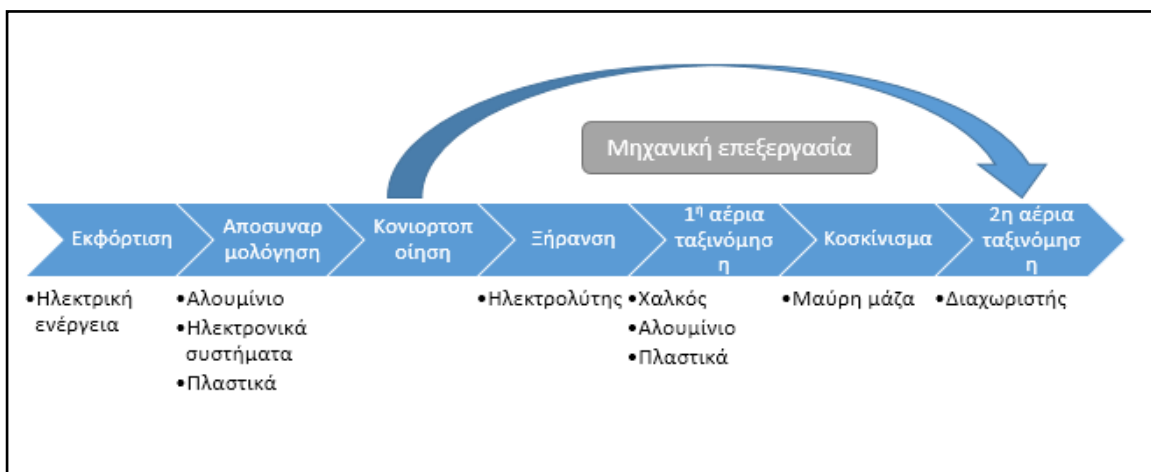
Εφαρμογή 2 ^{ης} χρήσης	Προβλεπόμενη διάρκεια ζωής
Συστήματα αποθήκευσης ενέργειας	10 έτη (Μετά το πέρας της δεκαετίας προβλέπεται να έχει χάσει το 15% της υγείας της)
Σταθμοί φόρτισης Η/Ο	30 έτη
Σε κατοικίες-καταστήματα	12 έτη
Διανομή ηλεκτρικού ρεύματος στο δίκτυο	6-12 έτη
Άλλες εφαρμογές	3-15 ή 8-20 έτη ανάλογα την εφαρμογή

Ο πίνακας 4.2, παρέχει κατατοπιστικές πληροφορίες σχετικά με την αναμενόμενη διάρκεια ζωής των συσσωρευτών σε περίπτωση επαναχρησιμοποίησης ανάλογα με την εφαρμογή χρήσης τους. Όπως έχει ήδη προαναφερθεί, η μεγαλύτερη τάση επαναχρησιμοποίησης αφορά κυρίως σε συστήματα αποθήκευσης ενέργειας, σε σταθμούς φόρτισης και σε μερικές περιπτώσεις σε κατοικίες.

Σε συστήματα αποθήκευσης ενέργειας έχει υπολογιστεί ότι μετά το πέρας 10 ετών προβλέπεται να έχει μειωθεί η χωρητικότητα του σε ένα ποσοστό κοντά στο 15%. Σε σταθμούς φόρτισης ηλεκτρικών οχημάτων δίνεται διάρκεια ζωής έως και 30 έτη, συμπεραίνοντας ότι πρόκειται για την εφαρμογή με τη μεγαλύτερη διάρκεια ζωής, συνεπώς, μακροπρόθεσμα ίσως και να είναι η ιδανικότερη λύση με την μεγαλύτερη απόσβεση. Ακόμα, για την εφαρμογή τους σε κατοικίες-καταστήματα προβλέπεται ο ίδιος χρόνος ζωής τα οποία φθάνουν τα 12 έτη που είναι εξίσου αρκετά καλή χρονική διάρκεια με προοπτική απόσβεσης.

4.2.4) Ανακύκλωση συσσωρευτών

Για να πραγματοποιηθεί η ανακύκλωση με το μέγιστο δυνατό ποσοστό ανάκτησης προϋποθέτει το στάδιο της μηχανικής επεξεργασίας. Η όλη διαδικασία της ανακύκλωσης είναι βασισμένη στο μοντέλο της LithoRec^[140] με κάποιες τροποποιήσεις ^{[129],[141],[142],[143],[144]}. Η συγκεκριμένη μέθοδος έχει σχεδιαστεί και υπολογιστεί να δίνεται η δυνατότητα ανακύκλωσης 8 συσσωρευτών ημερησίως, ήτοι 2920 σε ετήσια βάση. Εάν συνυπολογιστεί το γεγονός ότι ένας συσσωρευτής ζυγίζει περίπου 400 κιλά, σε ημερήσια βάση θα υπάρχει η δυνατότητα επεξεργασίας 3,2 τόνων. Ο αριθμός αυτός μεταφράζεται ετησίως σε 1168 τόνους.



Εικόνα 4.26: Στάδια μηχανικής επεξεργασίας

Η εικόνα 4.26 επιδεικνύει το στάδιο της μηχανικής επεξεργασίας το οποίο επρόκειτο να υποστούν οι συσσωρευτές για την ανακύκλωσή τους. Κάτω από κάθε διαδικασία, αναγράφεται το υλικό που ανακτάται. Για να υπάρχει η δυνατότητα της μηχανικής επεξεργασίας, απαιτείται πρώτα η πλήρης εκφόρτιση του συσσωρευτή και η αποσυναρμολόγηση του στις επιμέρους συστοιχίες.

4.2.4.1) Μηχανική επεξεργασία και δημιουργία της «μαύρης μάζας»

Αφού ο συσσωρευτής έχει αφαιρεθεί από το ηλεκτρικό όχημα και έχει ζυγιστεί, τοποθετείται σε μια σταθερή κατασκευή και δοκιμάζεται εκ νέου από το διαγνωστικό μηχάνημα έτσι ώστε να διασφαλιστεί ότι έχει εκφορτιστεί πλήρως. Αυτή η εναπομείνουσα ενέργεια, εφόσον υφίσταται, μπορεί να οδηγηθεί στα συστήματα αποθήκευσης ενέργειας της επιχείρησης και να χρησιμοποιηθεί σε άλλες εφαρμογές.

Η εκφόρτιση σταματά όταν το διαγνωστικό μας ενημερώσει ότι έχει πλήρως εκφορτιστεί αλλά και όταν έχουμε την ένδειξη ότι η τάση του συσσωρευτή είναι μικρότερη από 2V ^[144].

Η πλήρης εκφόρτιση είναι απαραίτητη για την αποφυγή εκρήξεων, φωτιάς και της ασφάλειας των εργαζομένων σε επόμενες διεργασίες.

Σε επόμενο στάδιο, ο συσσωρευτής αποσυναρμολογείται σε τμήματα-συστοιχίες (modules) όπως έχει ήδη αναλυθεί σε προηγούμενη ενότητα.

Κάθε συστοιχία τοποθετείται ξεχωριστά στη μεταφορική ταινία όπου με τη βοήθεια της οδηγούνται σε έναν νέο χώρο για να πραγματοποιηθεί η κονιορτοποίηση τους.



Εικόνα 4.27: Μεταφορά συστοιχίας μέσω μεταφορικής ταινίας. Η εικόνα προέρχεται από το πιλοτικό πρόγραμμα ανακύκλωσης της Volkswagen. (Τα πνευματικά δικαιώματα ανήκουν αποκλειστικά στην Volkswagen.) Πηγή: Volkswagen ^[141]

Η εικόνα 4.27 φανερώνει τον τρόπο μεταφοράς της συστοιχίας ενός συσσωρευτή που οδηγείται για κονιορτοποίηση μέσω μεταφορικής ταινίας.

Για τις συστοιχίες που εμπεριέχονται σε κάθε συσσωρευτή, εξαρτάται από τον κατασκευαστή, καθώς, κάθε συσσωρευτής απαρτίζεται από διαφορετικό αριθμό συστοιχιών.

Ένας μέσος όρος συνήθως είναι 6 συστοιχίες (με την μελλοντική ανάπτυξη αυτός ο αριθμός τείνει να αυξηθεί) με μέσο βάρος 50kg έκαστος.

Στον χώρο κονιορτοποίησης που οδηγήθηκε πλέον, επρόκειτο για ειδικών προδιαγραφών και η διαμόρφωση του εξαρτάται από τον κονιορτοποιητή. Συνίσταται όμως να πραγματοποιείται σε κλειστό κουβούκλιο. Μέσα σε αυτό, η κονιορτοποίηση πραγματοποιείται με τη προσθήκη ενός αδρανούς αερίου (συνήθως άζωτο ή αργό) με σκοπό τη μείωση του οξυγόνου και την αποφυγή εκρήξεων ή πυρκαγιάς. Το μέγιστο ποσοστό οξυγόνου που είναι επιτρεπτό στον χώρο αυτό είναι της τάξης του 4% ^[120].

Ο κονιορτοποιητής ξεκινά την λειτουργία του στα 0,9kW και στη συνέχεια αυξάνεται στα 1,6kW. Το ανώτατο όριο που μπορεί να φτάσει είναι στα 3,3kW. Μετά το πέρας 2 λεπτών, η συστοιχία έχει πλήρως τεμαχιστεί και ο μύλος γυρνάει στη λειτουργία των 1,6kW.



Εικόνα 4.28: Συστοιχία συσσωρευτή στον κονιορτοποιητή. Η εικόνα προέρχεται από το πιλοτικό πρόγραμμα ανακύκλωσης της Volkswagen. (Τα πνευματικά δικαιώματα ανήκουν αποκλειστικά στην Volkswagen.) Πηγή: Volkswagen ^[141]

Η εικόνα 4.28 παρουσιάζει τον κονιορτοποιητή έτοιμο να τεθεί σε λειτουργία για το θρυμμάτισμα μιας συστοιχίας. Όπως παρατηρείται, το κουβούκλιο που πραγματοποιείται αυτή η διεργασία είναι κλειστό για την αποφυγή πιθανών ατυχημάτων.

Μετά την πρώτη φάση κονιορτοποίησης, όλα τα εξαρτήματα που έχουν τεμαχιστεί, κατεβαίνουν και περνούν σε μια δεύτερη φάση κονιορτοποίησης με σκοπό να έχουν την μορφή σκόνης.

Αυτή η «σκόνη» που έχει δημιουργηθεί πλέον, οδηγείται στον βιομηχανικό στεγνωτήρα (ή αποξηραντή). Με τη βοήθεια του συγκεκριμένου μηχανήματος, εξατμίζεται και συμπυκνώνεται ο ηλεκτρολύτης. Η εξάτμιση του ηλεκτρολύτη μπορεί να πραγματοποιηθεί με δύο διαφορετικούς τρόπους. Ο πρώτος τρόπος είναι η εξάτμιση στους 100-140°C με την προσθήκη 0,45kg αδρανούς αερίου για 1kg από τον συσσωρευτή. Ο βιομηχανικός στεγνωτήρας αρχικά μπαίνει σε λειτουργία της τάξης

των 2,6kW με το ανώτατο όριο να φθάνει στα 5kW. Για 300 λεπτά σε αυτές τις συνθήκες ο ηλεκτρολύτης μπορεί να ανακτηθεί σε ποσοστό έως 98%.^[140]

Ο δεύτερος τρόπος είναι η εισαγωγή αυτής της «σκόνης» στον βιομηχανικό στεγνωτήρα και για 30 λεπτά στη θερμοκρασία των 245°C να ανακτηθεί σε παρόμοιο ποσοστό^[143]. Ο ηλεκτρολύτης που έχει ανακτηθεί, συγκεντρώνεται σε μεγάλες μεταλλικές δεξαμενές και μπορεί να επαναχρησιμοποιηθεί σε άλλες εφαρμογές στη βιομηχανία, όπως και για την παραγωγή νέων συσσωρευτών. Εν συνεχεία, σε αυτή την αποξηραμένη μάζα με αέρια ταξινόμηση και με τη βοήθεια του κοσκινίσματος ξεκινά ο διαχωρισμός των υλικών.

Η πρώτη αέρια ταξινόμηση πραγματοποιείται για 3 ώρες σε υψηλή ταχύτητα αέρα με ενεργειακή απαίτηση στα 1,6kW περίπου. Η μηχανή κοσκινίσματος χρησιμοποιεί την δόνηση και την αέρια ταξινόμηση για περίπου 1,3 ώρες δουλεύοντας περίπου στα 1,5kW με μέγιστο όριο τα 5kW. Η δεύτερη αέρια ταξινόμηση πραγματοποιείται για 4,2 ώρες με ενεργειακή ζήτηση 250W. Συνολικά, για την όλη διαδικασία του διαχωρισμού χρησιμοποιούνται ανεμιστήρες, βιομηχανικά κόσκινα και κόσκινα ζιγκ ζαγκ.

Στην πρώτη φάση κοσκινίσματος διαχωρίζεται η λεγόμενη «μαύρη μάζα» η οποία περιέχει τα πολύτιμα μέταλλα από έναν συσσωρευτή (Νικέλιο, Μαγγάνιο, Κοβάλτιο, Λίθιο, Γραφίτης). Η μαύρη μάζα οδηγείται μέσω σωλήνων και με τη βοήθεια των ανεμιστήρων σε ξεχωριστή ταξινόμηση με σκοπό τη συλλογή της. Η υπολειπόμενη «σκόνη» οδηγείται σε μαγνητικούς διαχωριστές με σκοπό τη συλλογή και ανάκτηση του σιδήρου. Στη δεύτερη φάση κοσκινίσματος με τη βοήθεια της αέριας ταξινόμησης διαχωρίζεται το πλαστικό από το αλουμίνιο και τον χαλκό ανάλογα με την ταχύτητα του αέρα.

Κάθε μάζα από τις παραπάνω διεργασίες, οδηγούνται μέσω σωληνώσεων και με τη βοήθεια ανεμιστήρων ξεχωριστά σε μεγάλες πλαστικές βιομηχανικές τσάντες.



Εικόνα 4.29: Συλλογή των μετάλλων σε βιομηχανικές τσάντες από το πιλοτικό πρόγραμμα ανακύκλωσης της Volkswagen. (Τα πνευματικά δικαιώματα ανήκουν αποκλειστικά στην Volkswagen). Πηγή: Volkswagen^[141]

Στην εικόνα 4.29 παρατηρείται η τελική συλλογή έπειτα από την μηχανική επεξεργασία σε βιομηχανικές τσάντες. Τα φιαλίδια που απεικονίζονται με τη σειρά (από αριστερά προς τα δεξιά) εμπεριέχουν: Πλαστικό, Αλουμίνιο-Χαλκό και το τελευταίο την πολύτιμη μαύρη μάζα. Έχοντας ξεχωρίσει τα πολύτιμα μέταλλα του συσσωρευτή, κάθε τσάντα οδηγείται για περαιτέρω επεξεργασία με σκοπό την ολοκληρωτική ανάκτηση.

4.2.5) Ανάκτηση υλικών συσσωρευτών

Για να πραγματοποιηθεί η ολική ανάκτηση των υλικών, το τελευταίο στάδιο επεξεργασίας είναι η υδρομεταλλουργία. Με αυτή τη μέθοδο υπάρχει η ικανότητα ανάκτησης των υλικών σε αρκετά μεγάλα ποσοστά και πάντα σύμφωνα με τους στόχους που θεσπίζονται από την Ευρωπαϊκή Οδηγία 2020/798/ΕΚ.

Αναλυτικά, παρουσιάζεται ο τρόπος με τον οποίο πραγματοποιείται η συγκεκριμένη μέθοδος:

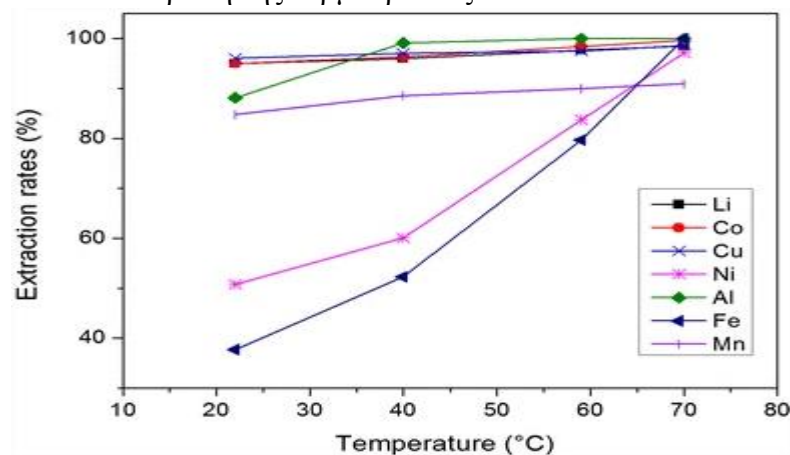


Εικόνα 4.30: Στάδια υδρομεταλλουργικής επεξεργασίας

Η εικόνα 4.30 παρουσιάζει τον τρόπο με τον οποίο πραγματοποιείται η υδρομεταλλουργική διαδικασία καθώς και τα υλικά ανάκτησης μέσω της μεθόδου.

Σύμφωνα με μελέτες που έχουν εκπονηθεί για τη διαδικασία ανάκτησης των μετάλλων, σημαντικό ρόλο κατέχει η θερμοκρασία στην οποία θα πραγματοποιηθεί η διεργασία, ο χρόνος, αλλά και ο συνδυασμός των οξέων που θα προστεθούν ώστε να επιτευχθούν μεγάλα ποσοστά ανάκτησης. Πιο αναλυτικά η διαδικασία^[145]:

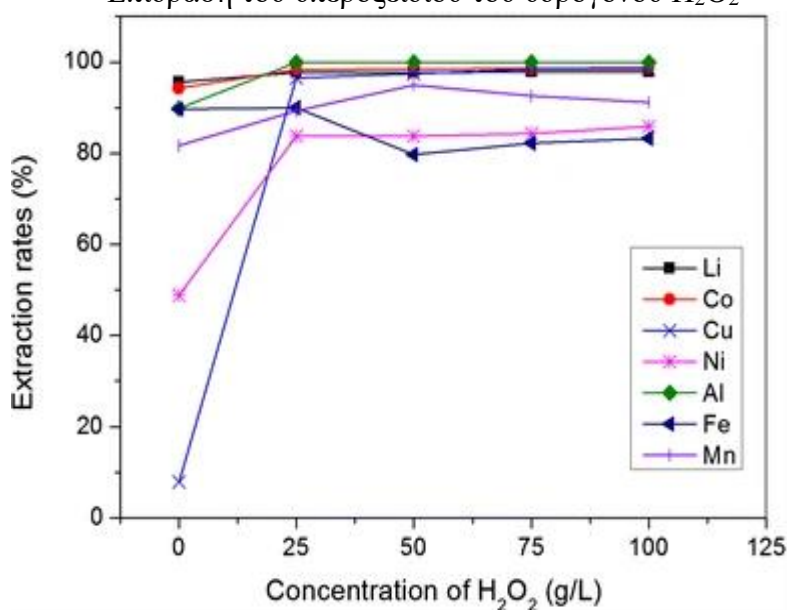
- Επίδραση της θερμοκρασίας



Διάγραμμα 4.2: Ποσοστά ανάκτησης των υλικών σε διαφορετικές θερμοκρασίες. Πηγή: Springer^[145]

Από το διάγραμμα 4.2 διαπιστώνεται ότι για την ανάκτηση του Νικελίου στους 22°C το ποσοστό ανάκτησης είναι 50%. Με την αύξηση της θερμοκρασίας στους 70°C ανεβαίνει κατακόρυφα το ποσοστό σε 97%. Βλέπουμε μια διαφορά της τάξεως του 47% λόγω της θερμοκρασίας. Παρόμοια αλλαγή συμπεριφοράς παρατηρείται και στην ανάκτηση του σιδήρου. Μια αύξηση περίπου του 5% παρατηρείται και στην ανάκτηση του κοβαλτίου στις ίδιες θερμοκρασίες. Στα υπόλοιπα μέταλλα τα ποσοστά ανάκτησης είναι μεγαλύτερα από 88% στη θερμοκρασία των 22°C. Πιο συγκεκριμένα, το λίθιο έχει ποσοστά ανάκτησης 95% και με την αύξηση της θερμοκρασίας στους 70°C φτάνει 98,5%. Για τον χαλκό στις αντίστοιχες θερμοκρασίες ξεκινάει από 96% και φτάνει έως 98,6%. Το αλουμίνιο σχεδόν σε ποσοστό 100% έχει ήδη ανακτηθεί από την θερμοκρασία των 60°C. Το μαγγάνιο σε όλες τις θερμοκρασίες κυμαίνεται σε ποσοστό 85%.

- Επίδραση του υπεροξειδίου του υδρογόνου H_2O_2

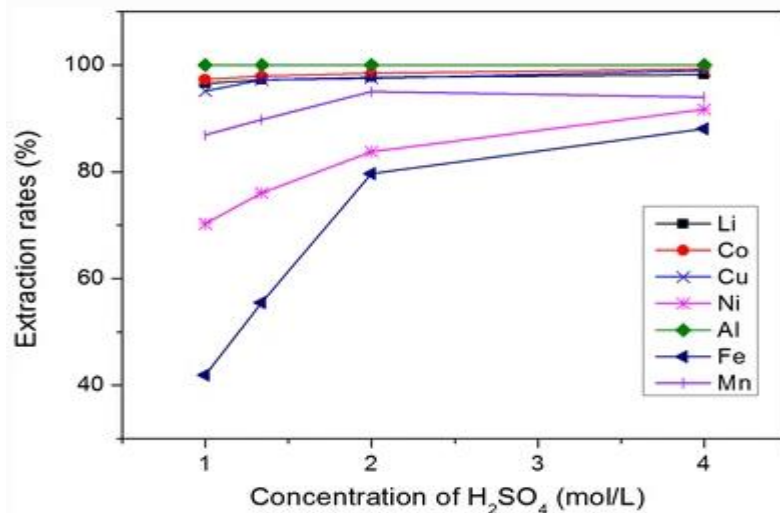


Διάγραμμα 4.3: Ποσοστά ανάκτησης υπό την επίδραση H_2O_2 (Για θερμοκρασία= 59°C, $H_2SO_4=2mol/L$, χρόνος=75 λεπτά). Πηγή: Springer ^[145]

Στο διάγραμμα 4.3 απεικονίζονται τα ποσοστά ανάκτησης των υλικών με βάση τη συγκέντρωση του οξέος ανά λίτρο. Η μεγαλύτερη διαφορά παρατηρείται στην ανάκτηση του χαλκού όπου από ένα ποσοστό στο 7,9% με την προσθήκη 25g/L αυξάνεται κατακόρυφα στο 96,6%. Βλέπουμε μια τεράστια διαφορά σε ποσοστό 88,7%. Η ανάκτηση του νικελίου από ένα ποσοστό στο 48,9% στην ίδια προσθήκη οξέος, αυξάνεται στο 83,7%, μια διαφορά δηλαδή της τάξεως του 34,8%. Σε μεγαλύτερες συγκεντρώσεις πάντως δεν παρατηρείται κάποια δραστική αλλαγή, αυτή είναι μόνο της τάξης του 2% για τα συγκεκριμένα μέταλλα.

Στα υπόλοιπα πολύτιμα μέταλλα, το λίθιο με την προσθήκη 25g/L αυξάνεται από 95,7% σε 97,7% καθώς και το κοβάλτιο από 94,3% σε 98,4%. Η ανάκτηση του σιδήρου δεν επωφελείται με την προσθήκη του H_2O_2 . Γενικά, η προσθήκη του H_2O_2 είναι πολύ αποδοτική για τον χαλκό και το νικέλιο και συνίσταται η προσθήκη 50g/L για καλύτερα αποτελέσματα.

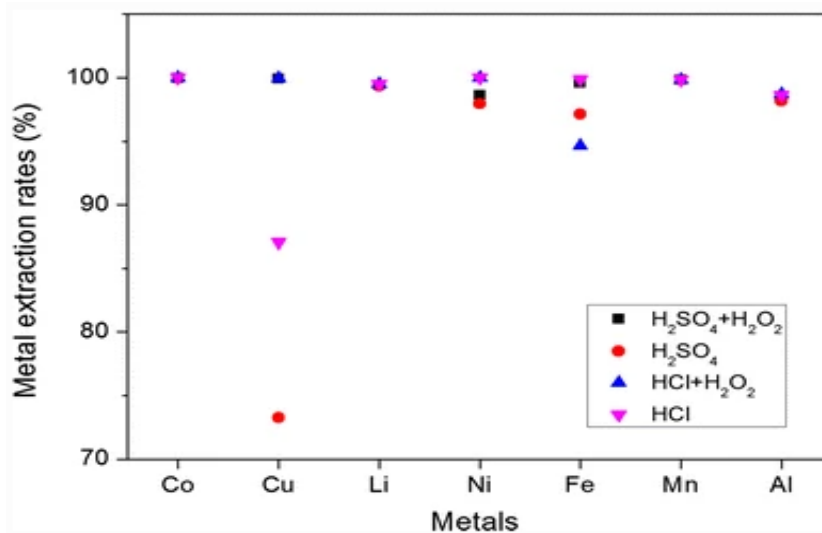
- Επίδραση του θεικού οξέος H_2SO_4



Διάγραμμα 4.4: Ποσοστά ανάκτησης υπό την επίδραση του H_2SO_4 (Για θερμοκρασία = $59^\circ C$, $H_2O_2 = 50 mol/L$, χρόνος = 75 λεπτά). Πηγή: Springer^[145]

Στο διάγραμμα 4.4 απεικονίζονται τα ποσοστά ανάκτησης ανάλογα με την προσθήκη του θεικού οξέος σε διάφορες συγκεντρώσεις (1, 1,33, 2 και 4 mol/L). Το ποσοστό ανάκτησης του νικελίου στα 4 mol/L αγγίζει το 90%, όπως και του σιδήρου που αυξάνεται στο 88,1% στις ίδιες συγκεντρώσεις. Στα υπόλοιπα πολύτιμα μέταλλα παρατηρούνται μικρές διαφορές, της τάξεως του 2% και 4%. Το ποσοστό ανάκτησης για το μαγγάνιο κυμαίνεται στο 90%.

- Τελικά αποτελέσματα ανάκτησης με την χρήση διαφορετικών οξέων



Διάγραμμα 4.5: Ποσοστά ανάκτησης με τη χρήση διαφορετικών οξέων ($[HCl] = 4 mol/L$ ή $[H_2SO_4] = 2 mol/L$, $[H_2O_2] = 0 g/L$ ή $50 g/L$, Θερμοκρασία = $80^\circ C$, χρόνος = 120 λεπτά). Πηγή: Springer^[145]

Στο διάγραμμα 4.5 αναγράφονται τα συνολικά ποσοστά ανάκτησης ανά υλικό με τη χρήση διαφόρων οξέων αλλά και με συνδυασμό αυτών. Αφού ερευνήθηκαν οι επιπτώσεις διαφορετικών παραμέτρων και όπως μας αποδεικνύουν τα διαγράμματα η

ιδανικότερη λύση είναι ο συνδυασμός του υπεροξειδίου του υδρογόνου με το θειικό οξύ. Στον παρακάτω πίνακα αναφέρονται και τα ποσοστά ανάκτησης σε κάθε πολύτιμο μέταλλο με τη συγκεκριμένη μέθοδο.

Πίνακας 4.3: Ποσοστά ανάκτησης κάθε υλικού με τον συνδυασμό των οξέων H_2O_2 και H_2SO_4

Μέταλλα							
	Κοβάλτιο (Co)	Χαλκός (Cu)	Λίθιο (Li)	Νικέλιο (Ni)	Σίδηρος (Fe)	Μαγγάνιο (Mn)	Αλουμίνιο (Al)
Ποσοστά ανάκτησης (%)	99,9%	99,9%	99,3%	98,6%	99,8%	99%	98%

Στον πίνακα 4.3 διακρίνονται τα προβλεπόμενα ποσοστά ανάκτησης μέσω της υδρομεταλλουργικής διαδικασίας με τον συνδυασμό του υπεροξειδίου του υδρογόνου και του θειικού οξέος. Σαφώς, τα προβλεπόμενα ποσοστά εναρμονίζονται και ξεπερνούν τις απαιτήσεις της νέας Ευρωπαϊκής οδηγίας 2020/798/EK.

Συνοπτικά, η διαδικασία που ακολουθείται για την υδρομεταλλουργική επεξεργασία σε μερικά βήματα είναι η εξής:

Αφού έχει συλλεχθεί κάθε τσάντα ξεχωριστά με τα μέταλλα πρόκειται να πραγματοποιηθεί μια έκπλυση με δύο διαφορετικούς τύπους οξέων.

Εν συνεχεία, αφού έχει ζυγιστεί αυτή η σκόνη προστίθεται και το κάθε οξύ σύμφωνα με τις αναλογίες που έχουν δοθεί. Στην περίπτωση μας, θα χρησιμοποιηθούν το υπεροξείδιο του υδρογόνου (H_2O_2) και το θειικό οξύ (H_2SO_4) αφού όπως αποδεικνύεται είναι ο πιο αποδοτικός συνδυασμός.

Οι ιδανικές συγκεντρώσεις που θα προστίθενται στο μείγμα για μεγαλύτερα ποσοστά ανάκτησης είναι 50g/L από το H_2O_2 και 2 mol/L από το H_2SO_4 . Όλη αυτή η ανάμειξη των υλικών πραγματοποιείται στους 80°C για 2 ώρες.

Η ανάκτηση του γραφίτη αγγίζει το 98,5% , απουσία του H_2O_2 και μόνο με τη χρήση H_2SO_4 .

4.3) Προσωπικό και κόστος λειτουργίας μονάδας

Για όλες τις προαναφερθείσες διαδικασίες και για την ομαλή λειτουργία της μονάδας οφείλεται να υπολογιστεί το απαραίτητο προσωπικό ώστε να βγαίνουν εις πέρας οι διεργασίες καθώς και να υπολογιστεί το κόστος της μονάδας.

4.3.1) Προσωπικό μονάδας

Το προσωπικό της μονάδας απαιτείται να είναι άτομα με πείρα και γνώση επί του θέματος. Για την σωστή οργάνωση και λειτουργία, θα χρειαστούν άτομα στις εξής θέσεις:

- Γενικός διευθυντής
- Διευθυντής παραγωγής
- Διευθυντής μάρκετινγκ
- Διευθυντής πωλήσεων
- Διευθυντής οικονομικών
- Διευθυντής προσωπικού και εκπαίδευσης
- Διευθυντής ασφαλείας
- Διευθυντής δημοσίων σχέσεων
- Διευθυντής γραμματείας
- Διευθυντής νομικών υποθέσεων

Για την σωστή στελέχωση κάθε τμήματος απαιτούνται και οι ανάλογοι εργαζόμενοι ώστε να υπάρχει επάρκεια και να πραγματοποιούνται οι διαδικασίες με αποτελεσματικότητα και με κύριο γνώμονα την ασφάλεια. Συνολικά, για την ολική στελέχωση της μονάδας υπολογίζεται ότι χρειάζονται περίπου 25-40 άτομα προσωπικό.

4.3.2) Κόστος τεχνολογικού εξοπλισμού

Η εκτίμηση του συνολικού κόστους θα πραγματοποιηθεί έπειτα από έρευνα αγοράς που έγινε και αφορά τον εξοπλισμό όπως αυτός έχει αναφερθεί στο υποκεφάλαιο 4.1.7. Για τα διαγνωστικά μηχανήματα, που είναι οι σημαντικότερες συσκευές για να ξεκινήσει οποιαδήποτε διαδικασία, θα αναφερθεί λεπτομερώς η έρευνα που εκπονήθηκε με τις μεγαλύτερες εταιρίες στον κλάδο όπως η Digatron^[146], η Arbin^[147], η Chroma^[148], η AVL^[149] και η HAIDA^[150], όπου ελήφθησαν προσφορές και αναλύονται στον παρακάτω πίνακα με τις βασικές τεχνικές προδιαγραφές καθώς και ο μέσος όρος του κόστους τους.

Πίνακας 4.4: Πίνακας προδιαγραφών διαγνωστικών μηχανημάτων

Προδιαγραφές	Εταιρία					
	<u>Digatron</u>	<u>Arbin</u>		<u>Chroma</u>	<u>AVL</u>	<u>HAIDA®</u>
Μοντέλο	EVT 300-600-80kW IGBT	RBT3302	RBT3502	17040	E-STORAGE BTE	HD-G873
Τάση (V)	600	400	850	1000	800	600
Ένταση (A)	300	200	250	450	600	300
Ισχύς (kW)	80	160	301	180	160	240

Πίνακας 4.4: Πίνακας προδιαγραφών διαγνωστικών μηχανημάτων

Λογισμικό	Digatron Software	Arbin MITS Pro	Arbin MITS Pro	Battery Pro	AVL LYNX™ E-STORAGE BT	HAIDA Software
Εκμάθηση λογισμικού από τεχνικούς της εταιρείας	NAI	NAI	NAI	NAI	NAI	OXI
Κανάλια διάγνωσης	1	2	2	1	2	1
Διάγνωση υγείας του συσσωρευτή	NAI	NAI	NAI	NAI	NAI	NAI
Ψηφιακή απεικόνιση αποτελεσμάτων	NAI	NAI	NAI	NAI	NAI	NAI
Υπολογισμός κύκλων φόρτισης	NAI	NAI	NAI	NAI	NAI	NAI
Δυνατότητα φόρτισης-εκφόρτισης συσσωρευτή	NAI	NAI	NAI	NAI	NAI	NAI
Δυνατότητα ανάκτησης ενέργειας από τον συσσωρευτή και διαμοιρασμός (στο δίκτυο ή σε συστήματα αποθήκευσης ενέργειας)	NAI	NAI	NAI	NAI	NAI	NAI
Χρόνος παράδοσης	24 εβδομάδες	26 εβδομάδες	26 εβδομάδες	20-22 εβδομάδες	16 εβδομάδες	15 εβδομάδες
Χώρα προέλευσης	Γερμανία	ΗΠΑ	ΗΠΑ	Ολλανδία	Αυστρία	Κίνα
Εγγύηση	12 μήνες	12 μήνες	12 μήνες	12 μήνες	12 μήνες	12 μήνες
Μ.Ο. Κόστους	134.648,4 €					

Από τις προσφορές που ελήφθησαν, το διαγνωστικό μηχάνημα που επιλέγεται είναι της Chroma και το μοντέλο 17040. Η επιλογή αυτή βασίζεται στο γεγονός ότι υπάρχει η δυνατότητα μέτρησης συσσωρευτών σε λειτουργία έως και 1000V που είναι και το ανώτατο όριο και καλύπτει όλη τη γκάμα των συσσωρευτών που χρησιμοποιούνται μέχρι και σήμερα σε ηλεκτρικά οχήματα. Με 1 κανάλι διάγνωσης που διαθέτει η συσκευή ίσως είναι το μοναδικό αρνητικό, αλλά δίδεται η δυνατότητα παράλληλης σύνδεσης και άλλων καναλιών μελλοντικά, έχοντας ως συνέπεια και την αύξηση μέτρησης της έντασης του ρεύματος.

Συγκεντρωτικά, ο παρακάτω πίνακας εξόδων αναδεικνύει το συνολικό κόστος του τεχνολογικού εξοπλισμού.

Πίνακας 4.5: Συνολικό κόστος τεχνολογικού εξοπλισμού

Τεχνολογικός Εξοπλισμός	Ποσ.	Κόστος(€)
Διαγνωστικό μηχάνημα	3	405.000
Ανυψωτικό μηχάνημα με δύο κολώνες	2	6.000
Τροχήλατος υδραυλικός πάγκος	6	3.500
Εργαλεία χειρός	~50	5.000
Μέσα ατομικής προστασίας	~35	9.000
Βιομηχανικό πολύμετρο	3	1.000
Ηλεκτρικό περονοφόρο ανυψωτικό μηχάνημα	5	30.000
Ηλεκτρικό γερανάκι	4	6.500
Επιδαπέδιος ζυγός	1	5.000
Βιομηχανικά ράφια βαρέως τύπου		15.000
Παλετοφόρο	3	2.500
Μεταφορική ταινία	1	3.000
Βιομηχανικός κονιορτοποιητής	1	15.000
Βιομηχανικός κοκκοποιητής	1	35.000
Βιομηχανικός στεγνωτήρας	1	60.000
Διαχωριστής υλικών	1	30.000
Κόσκινα ζιγκ ζαγκ	1	40.000
Βιομηχανικά κόσκινα	1	12.000
Μαγνητικός διαχωριστής	1	40.000
Μεταλλικές δεξαμενές	3	5.000
Βιομηχανικές τσάντες	6	50
Οξέα/L	2	100
Συσκευές αντιρρύπανσης	4	25.000
Σύνολο		741.162,5 €

Το κόστος του βασικού τεχνολογικού εξοπλισμού αλλά και όλων παρελκόμενων που αναφέρθηκαν, προσεγγίζεται στις 741.162,5€. Μετά από έρευνα αγοράς και επικοινωνίας με τις εταιρίες που έχουν αναφερθεί, κοινοποιήθηκε η πιθανότητα αλλαγής των τιμολογίων εξαιτίας της πανδημίας COVID-19 και της αβεβαιότητας που επικρατεί. Ένας ακόμα παράγοντας που, όπως επισημάνθηκε, είναι ικανός να διαφοροποιήσει την τιμολόγηση, έγκειται στις αλλαγές των θαλάσσιων μεταφορών.

4.3.3) Κόστος τεχνικής επεξεργασίας

Στο συγκεκριμένο υποκεφάλαιο θα αναφερθεί το κόστος επεξεργασίας των συσσωρευτών, από την αφαίρεση τους από το ηλεκτρικό όχημα μέχρι την αποσυναρμολόγηση στις επιμέρους συστοιχίες. Με αυτό το τρόπο, θα αναδειχθεί το κόστος για το επόμενο στάδιο ζωής τους, δηλαδή, την επαναχρησιμοποίηση ή την ανακύκλωση.

Για το σύνολο των σταδίων που απαρτίζουν συνολικά τη διαδικασία αφαίρεσης και αποσυναρμολόγησης των συσσωρευτών, προκύπτει εξαιρετικά μεγάλο ενδιαφέρον στην παρουσίαση του κόστους κάθε σταδίου αλλά και σε παράγοντες που είναι άρρηκτα συνδεδεμένοι για τον προσδιορισμό του, όπως το ελάχιστο απαραίτητο ανθρώπινο δυναμικό και ο χρόνος που απαιτείται για κάθε βήμα ^[125]:

Πίνακας 4.6: Απαιτούμενοι πόροι για την αφαίρεση του συσσωρευτή από το Η/Ο. Πηγή:^[125]

1 ^ο στάδιο		Ανθρώπινο δυναμικό	Χρόνος (σε λεπτά)	Κόστος (σε €)
Αφαίρεση συσσωρευτή από το Η/Ο	Προετοιμασία του οχήματος	1	5	4€
	Αποσύνδεση του συσσωρευτή LV	1	5	4€
	Άνοιγμα του καλύμματος του συσσωρευτή	2	10	17€
	Άνοιγμα της κάτω πλευράς του καλύμματος	3	30	75€
	Κατέβασμα του συσσωρευτή	2	10	17€
	Σύνολο			60

Σύμφωνα με τον πίνακα 4.6, το πιο κρίσιμο σημείο στην αφαίρεση του συσσωρευτή, είναι η αποσυναρμολόγηση όλων των καλυμμάτων όπου απαιτούνται μέχρι και 3 άτομα για την αφαίρεση τους με τον απαραίτητο χρόνο να προσδιορίζεται στα 30 λεπτά, το οποίο καθιστά τέσσερις φορές υψηλότερο το κόστος από οποιοδήποτε άλλο βήμα.

Πίνακας 4.7: Απαιτούμενοι πόροι για την αξιολόγηση των συσσωρευτών. Πηγή:^[125]

2 ^ο στάδιο		Ανθρώπινο δυναμικό	Χρόνος (σε λεπτά)	Κόστος (σε €)
Αξιολόγηση του συσσωρευτή	Επιθεώρηση και χειρισμός	2	60	100€
	Σύνδεση του διαγνωστικού μηχανήματος	2	10	17€

Πίνακας 4.7: Απαιτούμενοι πόροι για την αξιολόγηση των συσσωρευτών. Πηγή:^[125]

Υπολογισμός τάσης και εξισορρόπηση	1	100	83€
Προσδιορισμός του συσσωρευτή	1	250	208€
Αποσύνδεση από το διαγνωστικό μηχάνημα	2	10	17€
Τελική επιθεώρηση	2	10	17€
Σύνολο		440	442€

Σύμφωνα με τον πίνακα 4.7, παρατηρείται ότι το 2^ο στάδιο για την αξιολόγηση του συσσωρευτή είναι αρκετά χρονοβόρο και δαπανηρό. Πρόκειται όμως για στάδιο καίριας σημασίας καθώς οποιοδήποτε πιθανό λάθος στην αξιολόγηση του μπορεί να καθυστερήσει ακόμα περισσότερο τη διαδικασία και να αυξηθεί σημαντικά ο χρόνος και το κόστος.

Σύμφωνα με τα νέες τεχνολογίας διαγνωστικά μηχανήματα και την τεχνογνωσία που υπάρχει στην αξιολόγηση του συσσωρευτή, για τον χρόνο και το κόστος δίνεται η δυνατότητα να μειωθούν αισθητά σε ποσοστά που αγγίζουν το 60%.

Ένας ακόμα παράγοντας που επίκειται να συμβάλλει δραστικά στην μείωση του χρόνου και του κόστους αυτού του σταδίου, είναι η νέα Ευρωπαϊκή οδηγία 2020/798/EK υπό την έννοια ότι πρόκειται για μια πιο ευέλικτη νομοθεσία, ελαχιστοποιώντας τον τρόπο κάποιων βημάτων από το 2^ο στάδιο όπου απαιτούνται να πραγματοποιηθούν συγκεκριμένες δοκιμές με τη χρήση του διαγνωστικού μηχανήματος, με την θέσπιση του διαβατηρίου του συσσωρευτή στις νέες εισροές στην αγορά της Ευρωπαϊκής Ένωσης. Αυτό θα συμβεί διότι όλες οι πληροφορίες που διέπουν τον συσσωρευτή για την κατάσταση και την υγεία του, θα εντοπίζονται άμεσα στο διαβατήριο.

Για τα ηλεκτρικά οχήματα που έχουν τεθεί σε κυκλοφορία μέχρι σήμερα, δεν έχει προβλεφθεί η εισαγωγή του διαβατηρίου του συσσωρευτή. Για τον λόγο αυτό, θεωρούνται απαραίτητα τα βήματα που έχουν προαναφερθεί.

Πίνακας 4.8: Απαιτούμενοι πόροι για την αποσυναρμολόγηση του συσσωρευτή σε συστοιχίες. Πηγή:^[125]

3 ^ο στάδιο		Ανθρώπινο δυναμικό	Χρόνος (σε λεπτά)	Κόστος (σε €)
Αποσυναρμολόγηση του συσσωρευτή (battery pack) στις επιμέρους συστοιχίες (modules)	Αφαίρεση του πάνω καλύμματος	2	30	50€

Πίνακας 4.8: Απαιτούμενοι πόροι για την αποσυναρμολόγηση των συσσωρευτών σε συστοιχίες. Πηγή:^[125]

Αφαίρεση του BJB	2	45	75€
Αποσύνδεση και εξαγωγή του CMC	2	45	75€
Αποσύνδεση και εξαγωγή του BMS	2	30	50€
Αποσυναρμολόγηση της καλωδίωσης υψηλής τάσης	2	30	50€
Εξαγωγή των συστοιχιών	2	60	100€
Διαχωρισμός του συσσωρευτή από το μεταλλικό πλαίσιο στήριξης του	2	20	33€
Αφαίρεση των κοχλιών και των ψυκτικών σωλήνων	2	20	33€
Αφαίρεση του συστήματος ψύξης των συσσωρευτών	2	20	33€
Σύνολο		300	500€

Σύμφωνα με τον πίνακα 4.8, το 3^ο στάδιο το οποίο αφορά την αποσυναρμολόγηση του συσσωρευτή στις επιμέρους συστοιχίες από τις οποίες απαρτίζεται, πρόκειται για ένα επίσης χρονοβόρο και δαπανηρό στάδιο.

Η αιτιολόγηση του μεγάλου χρόνου και κόστους που απαιτούνται, εξηγείται από το γεγονός ότι αποτελείται από σαφώς πιο εξειδικευμένα βήματα αλλά και από το ότι απαιτούνται πολλά περισσότερα βήματα ώστε να καταλήξουμε στο τελικό αποτέλεσμα.

Για να μειωθούν αυτά τα βήματα ως προς τον χρόνο και το κόστος, οι δυνατότητες που παρουσιάζονται στοχεύουν στην ανάπτυξη της τεχνογνωσίας από τους μηχανικούς αλλά κυρίως στην αυτοματοποίηση της όλης διαδικασίας, μέσω μηχανημάτων.

Ήδη, έχουν ξεκινήσει μελέτες^[151] και πιλοτικά προγράμματα με βασική στόχευση την ελαχιστοποίηση τους.

Πίνακας 4.9: Συγκριτικός πίνακας κόστους αφαίρεσης των συσσωρευτών και αποσυναρμολόγησης.^[125]

Συγκριτικό κόστος για επαναχρησιμοποίηση και ανακύκλωση	Αφαίρεση συσσωρευτή	Αποσυναρμολόγηση του συσσωρευτή σε συστοιχίες
1 ^ο στάδιο	117€	117€
2 ^ο στάδιο	442€	442€
3 ^ο στάδιο	-	500€
Σύνολο	558€	1058€
Κόστος ανά kWh	28€	53€

Με βάση τον πίνακα 4.9, δίνεται το έναυσμα να αντιληφθούμε τη διαφορά κόστους μεταξύ της αφαίρεσης του συσσωρευτή (όπου σε αυτό το στάδιο οδηγείται για επαναχρησιμοποίηση) και της αποσυναρμολόγησης του στις επιμέρους συστοιχίες που απαρτίζεται (όπου σε αυτό το στάδιο προωθείται, συνήθως, για ανακύκλωση).

Η διαφορά κόστους για την αφαίρεση είναι σχεδόν κατά το ήμισυ μικρότερη από την αποσυναρμολόγηση. Αυτό, όπως έχει ήδη προαναφερθεί, συμβαίνει διότι για την αποσυναρμολόγηση απαιτούνται περισσότερες και πιο εξειδικευμένες διαδικασίες.

Το κόστος αφαίρεσης και αποσυναρμολόγησης ανά kWh, υπολογίστηκε από το γεγονός ότι τα προαναφερθέντα βήματα αφορούσαν συσσωρευτή ηλεκτρικού οχήματος με χωρητικότητα 20kWh. Σε περίπτωση που ο συσσωρευτής είναι μεγαλύτερης χωρητικότητας, όπως είναι λογικό, το κόστος μειώνεται σε μεγαλύτερο βαθμό.

4.4) Προβλεπόμενα κέρδη μονάδας

Η εκτίμηση για τα αναμενόμενα κέρδη της μονάδας θα βασιστεί στις τιμές πώλησης των συσσωρευτών για εφαρμογές επαναχρησιμοποίησης, καθώς επίσης και στην πώληση των ανακτημένων υλικών στο στάδιο της ανακύκλωσης και της ανάκτησης. Οι τιμές που αναφέρονται, αφορούν το κέρδος ανά συσσωρευτή.

4.4.1) Προβλεπόμενα κέρδη λόγω επαναχρησιμοποίησης

Με τα πιο πρόσφατα στοιχεία ένας συσσωρευτής για την χρήση του σε ηλεκτρικό όχημα κοστίζει στους κατασκευαστές κατά μέσο όρο 114€/kWh έχοντας μάλιστα πτωτική τάση που μπορεί να φτάσει έως και 84€/ kWh μέχρι το 2023^[152].

Ένας συσσωρευτής για δεύτερη χρήση, το κόστος του κυμαίνεται από 34€/kWh έως 130€/kWh. ^[153] Το κόστος αυτό, εξαρτάται σε μεγάλο βαθμό από την κατάσταση στην οποία βρίσκεται ο συσσωρευτής και από τις διαδικασίες που απαιτούνται ώστε να υπάρχει η έγκριση για δεύτερη χρήση. Με την πάροδο του χρόνου όμως θα έχει

πτωτική πορεία λόγω της τεχνογνωσίας που χτίζεται, των νέων μηχανημάτων και της ευέλικτης νομοθεσίας από την ΕΕ.

Σύμφωνα με τον Neubauer και το NREL^[154], το κόστος προετοιμασίας των συσσωρευτών για δεύτερη χρήση αξίζει ιδιαίτερη προσοχή. Για να είναι σε θέση όπου οικονομικά θα είναι επικερδείς, η τιμή πώλησης ορίζεται περίπου στα 60\$/kWh ήτοι 50€/kWh.

Ειδικότερα, ένας συσσωρευτής που προορίζεται για ένα ηλεκτρικό όχημα, με κατά μέσο όρο 60kWh κοστίζει περίπου 6840€. Μετά το πέρας της οκταετίας και σύμφωνα με τη νέα Ευρωπαϊκή οδηγία και της εκτίμησης των επιπτώσεων της, με τη κατάσταση της υγείας του συσσωρευτή να έχει φτάσει στο 80%, συνίσταται η αλλαγή από το ηλεκτρικό όχημα. Η νέα τιμή της χωρητικότητας του πλέον αγγίζει τις 48kWh. Η τιμή πώλησης του ορίζεται πλέον στα 2400€ (με τιμή πώλησης 50€/kWh). Σε αυτή τη τιμή συμπεριλαμβάνεται και το κόστος αφαίρεσης και αξιολόγησης του συσσωρευτή, ήτοι 558€. Αφαιρώντας το εν λόγω ποσό από την αρχική τιμή και συμπεριλαμβάνοντας τα κόστη συσκευασίας και μεταφοράς, το καθαρό κέρδος ανά συσσωρευτή ανέρχεται περίπου στα 1500€. Ποσοστιαία, αυτές οι τιμές μεταφράζονται σε 62,5% κέρδος ανά συσσωρευτή που υπόκειται σε δεύτερη χρήση. Τέλος, αξίζει να σημειωθεί ότι το κόστος αξιολόγησης του συσσωρευτή επίκειται να μειωθεί σε ποσοστό περίπου 60% με τη νέα Ευρωπαϊκή Οδηγία, δίνοντας τη δυνατότητα για μεγαλύτερο πιθανό κέρδος ανά συσσωρευτή.

4.4.2) Προβλεπόμενα κέρδη λόγω ανακύκλωσης

Μεγάλες δυνατότητες κέρδους για την επιχείρηση, προέρχονται και από τα οικονομικά στοιχεία με την πώληση των ανακτημένων υλικών λόγω ανακύκλωσης. Με τα ποσοστά ανάκτησης που έχουν υπολογιστεί, παρουσιάζεται μια δελεαστική προοπτική για τα πιθανά κέρδη που θα είναι ικανή να αποφέρει.

Πίνακας 4.10: Προβλεπόμενα κέρδη από την πώληση των βασικών υλικών (οι αναγραφόμενες τιμές πώλησης αφορούν τον Απρίλιο του 2021). Οι τιμές των υλικών προέρχονται από την LME^[155].

Μέταλλα							
	Κοβάλτιο (Co)	Χαλκός (Cu)	Λίθιο (Li)	Νικέλιο (Ni)	Σίδηρος (Fe)	Μαγγάνιο (Mn)	Αλουμίνιο (Al)
Ποσοστό ανάκτησης	99,90%	99,90%	99,30%	98,60%	99,80%	99%	98%
kg/συσσωρευτή	9	22	8	41	3	12	126
Συνολικά κιλά ανάκτησης	8,991	21,978	7,944	40,426	2,994	11,88	123,48
Τιμή πώλησης ανά kg (US\$)	44,7	10,5	13	17,9	1,2	4,5	2,5

Πίνακας 4.10: Προβλεπόμενα κέρδη από την πώληση των βασικών υλικών (οι αναγραφόμενες τιμές πώλησης αφορούν τον Απρίλιο του 2021). Οι τιμές των υλικών προέρχονται από την LME ^[155]

Κέρδος ανά μέταλλο	401,9	230,8	103,3	723,6	3,6	53,5	308,7
Συνολικό κέρδος(€)	1505,4 €						

Σύμφωνα με τον πίνακα 4.10, το συνολικό κέρδος ανά συσσωρευτή φθάνει στα 1505,4€. Σε αυτό το ποσό όμως θα πρέπει να προστεθεί και η ανάκτηση και πώληση του ηλεκτρολύτη και του γραφίτη. Η τιμή πώλησης και η ανάκτηση τους κατά βάρος έχει ως εξής:

- Ηλεκτρολύτης

Σε κάθε συσσωρευτή εμπεριέχονται 37kg. Με τιμή πώλησης του υγρού ηλεκτρολύτη αυτή τη στιγμή στα 12\$/kg ^[155], προκύπτει ένα κέρδος στα 444\$, ήτοι 367€.

- Γραφίτης

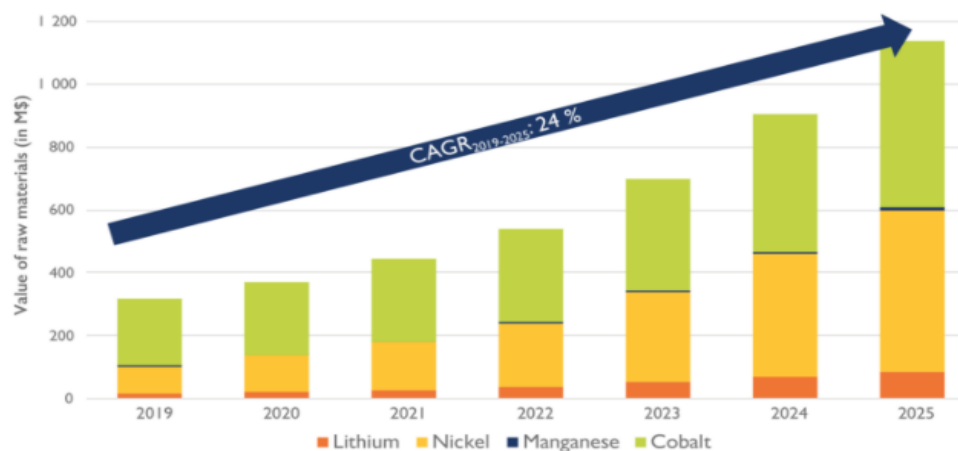
Με την τωρινή τιμή πώλησης στα 1,2\$/kg ^[155] και ότι σε κάθε συσσωρευτή εμπεριέχεται 71kg, προκύπτει ένα κέρδος στα 85,2\$, ήτοι 70,3€.

Με την προσθήκη των παραπάνω στο συνολικό ποσό, έχουμε οριστικά ένα συνολικό κέρδος της τάξης των 1942,7€ ανά συσσωρευτή που ανακυκλώνεται.

Η τάση όμως που επικρατεί στην παγκόσμια αγορά και δη στα πολύτιμα μέταλλα των συσσωρευτών των ηλεκτρικών οχημάτων, παρατηρώντας την συνεχή και αυξανόμενη ζήτηση που υπάρχει για την ανάγκη παραγωγής νέων συσσωρευτών, θα οδηγήσει στην αύξηση των τιμών πώλησης σταδιακά μέχρι το 2025, γεγονός το οποίο θέτει την επιχείρηση ακόμα περισσότερο προσοδοφόρα.

2019-2025 value of raw materials present in Li-ion batteries going for recycling (in \$ million)

(Source: Lithium-ion Battery Recycling Market & Technology Trends 2020 report, Yole Développement, 2020)



Διάγραμμα 4.6: Η αυξανόμενη τάση των τιμών των πολύτιμων μετάλλων μέχρι το 2025. Πηγή: Yole Development ^[156]

Σύμφωνα με το διάγραμμα 4.6, παρατηρείται η αυξανόμενη τάση των υλικών της καθόδου από έναν συσσωρευτή ηλεκτρικού οχήματος η οποία μέχρι το 2025 θα έχει αυξηθεί σε ποσοστό 24%. Η μεγαλύτερη διακύμανση τιμής από τα υλικά, παρατηρείται στο νικέλιο και το κοβάλτιο και εξηγείται από τον λόγο ότι είναι τα πολυτιμότερα μέταλλα στον συσσωρευτή, το οποίο φανερώνεται και από τις τιμές πώλησης των εκάστοτε υλικών.

Τέλος, αξίζει να σημειωθεί και το γεγονός από τα πιο πρόσφατα στοιχεία που δόθηκαν στη δημοσιότητα για τις ταξινομήσεις οχημάτων, αναφέρεται ότι οι ταξινομήσεις των αμιγώς ηλεκτρικών οχημάτων για το έτος 2020 ήταν 2.135 ^[157], ένας ικανοποιητικός αριθμός, όπερ σημαίνει το 2028, τουλάχιστον, θα υπάρχουν οι αντίστοιχοι συσσωρευτές για τη διαχείριση τους, είτε σε εφαρμογές επαναχρησιμοποίησης, είτε για ανακύκλωση.

4.5) Προστασία του περιβάλλοντος και οφέλη

Η προστασία του περιβάλλοντος είναι μείζονος σημασίας ζήτημα και για τον λόγο αυτό, έχει αναλυθεί η όλη διαδικασία ώστε τα απόβλητα να επεξεργάζονται και να διαχειρίζονται με τον πλέον ενδεδειγμένο τρόπο, διότι, μέχρι σήμερα η ανακύκλωση συσσωρευτών ιόντων λιθίου κυμαίνεται σε πολύ χαμηλά ποσοστά^[158].

Κατά την διάρκεια της όλης διαδικασίας και συγκεκριμένα στην υδρομεταλλουργική επεξεργασία, υπάρχει η περίπτωση εκπομπής οξειδίων του θείου στην ατμόσφαιρα. Για τον λόγο αυτό και την προστασία του περιβάλλοντος από τοξικά αέρια που μπορεί να εκλυθούν (κατά κύριο λόγο τα SO_x), τοποθετούνται ειδικά κεραμικά φίλτρα με σκοπό τη κατακράτηση τους. Η μείωση των εκπομπών αυτών των αερίων στο περιβάλλον με τη χρήση των φίλτρων αποφέρουν εξαιρετικά αποτελέσματα αγγίζοντας σε ποσοστό το 95%^[159].

Τα μεγάλα περιβαλλοντικά οφέλη της επιχείρησης ξεκινούν από το γεγονός ότι η ανάκτηση των βαρέων μετάλλων πραγματοποιείται σε μεγάλα ποσοστά και δεν διαχειρίζονται με τον τρόπο που γινόταν μέχρι πρότινος, που είχε ως αποτέλεσμα την μόλυνση του περιβάλλοντος. Επιπλέον, τα υλικά που ανακτώνται μπορούν κάλλιστα να χρησιμοποιηθούν για τη παραγωγή νέων συσσωρευτών, μειώνοντας έτσι την ζήτηση για εξόρυξη νέων πρώτων υλών, το οποίο συνεπάγεται με χαμηλότερες εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου στην ατμόσφαιρα, πραγματοποιώντας όλη την αλυσίδα αξίας των συσσωρευτών πιο φιλική προς το περιβάλλον.

Επιπρόσθετα, η διαδικασία που έχει αναλυθεί, έχει χαμηλές ενεργειακές απαιτήσεις, αρκεί να σημειωθεί ότι για 1kg επεξεργασίας από τον εκάστοτε συσσωρευτή, απαιτείται ενέργεια ίση με 0,035kWh ^[142], στη διαδικασία της υδρομεταλλουργίας.

Η κύρια συμβολή όμως μιας τέτοιας επιχείρησης είναι η συμμετοχή της σε μια κυκλική οικονομία όπου με την επαναχρησιμοποίηση των ανακτημένων υλικών μειώνεται σε τεράστια ποσοστά το περιβαλλοντικό αποτύπωμα των συσσωρευτών για τη χρήση τους σε ηλεκτρικά οχήματα. Επίσης, εφόσον στην εγκατάσταση τοποθετηθούν και ΑΠΕ για την κάλυψη των μεγαλύτερων ενεργειακών αναγκών από αυτές, καθιστά έως και μηδενικό το αποτύπωμα τους.

Τέλος, άξια αναφοράς είναι η προβλεπόμενη εξοικονόμηση CO₂ στην ατμόσφαιρα εξαιτίας της ανακύκλωσης με βάση την προβλεπόμενη ημερήσια ικανότητα. Σύμφωνα με μελέτες από το ICCT ^[160] έχει υπολογιστεί ότι εξοικονομείται 1-2,5kg CO₂ ανά 1kg συσσωρευτή που ανακυκλώνεται. Με βάση τα στοιχεία μας, και με έναν μέσο όρο εξοικονόμησης 1,7kg CO₂ , προκύπτει ότι ανά συσσωρευτή (με μέσο όρο 400kg) σώζονται 680kg εκπομπών CO₂. Καθημερινά, θα δίνεται η δυνατότητα εξοικονόμησης 5,44 τόνων. Σε ετήσια βάση, ο αριθμός μείωσης των εκπομπών CO₂ στην ατμόσφαιρα θα είναι της τάξεως των 1985,6 τόνων. Όπως γίνεται εύκολα κατανοητό, με το προαναφερθέν ποσό μείωσης του CO₂, αποδεικνύεται περίτρανα η σημαντικότητα και η αναγκαιότητα των εγκαταστάσεων διαχείρισης συσσωρευτών.

5° ΚΕΦΑΛΑΙΟ

ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Με την ραγδαία ανάπτυξη της ηλεκτροκίνησης κατέστη σαφές ότι μέχρι το 2030 οι εισροές συσσωρευτών από ηλεκτρικά οχήματα θα υπέρ πολλαπλασιαστούν. Οι προκλήσεις που προκύπτουν, με βασικότερη τη νομοθετική κάλυψη των περαιτέρω διαδικασιών, έχει ως συνέπεια να παρουσιάζονται εξαιρετικές μελλοντικές προοπτικές, όπου αφορούν τη διαχείριση στο τέλος του πρώτου κύκλου ζωής τους. Σύμφωνα με τον Ευρωπαϊκό Οδηγό διαχείρισης αποβλήτων 2008/98/EK, η πορεία διαχείρισης που ενδείκνυται ανάγεται πρώτα στην επαναχρησιμοποίηση και μετέπειτα στην ανακύκλωση και ανάκτηση των υλικών. Παγκοσμίως, υπάρχουν άπλετα παραδείγματα επαναχρησιμοποίησης συσσωρευτών, οι οποίοι μεταχειρίζονται για την κάλυψη των αναγκών σε συστήματα αποθήκευσης ενέργειας στο μεγαλύτερο ποσοστό. Δεν παύει όμως να υφίστανται και άλλες εφαρμογές επαναχρησιμοποίησης όπως για παράδειγμα σε σταθμούς φόρτισης ηλεκτρικών οχημάτων, ή για την κάλυψη μικρών, καθημερινών, ενεργειακών αναγκών ακόμα και για τον φωτισμό δρόμων. Στη παρούσα διπλωματική, αναφέρθηκαν πολλά διαφορετικά παραδείγματα επαναχρησιμοποίησης.

Στο τομέα της ανακύκλωσης, σε παγκόσμιο επίπεδο, έχουν ήδη αναπτυχθεί αρκετές εταιρίες με σκοπό την ανάκτηση των υλικών και την μεταπώληση τους. Επιχειρηματικά, ακολουθώντας κάποια πετυχημένα μοντέλα από ήδη υπάρχουσες εταιρίες, δίνεται η δυνατότητα ικανής και μεγάλης κερδοφορίας γύρω από τους δύο αυτούς τομείς.

Τα οφέλη των προηγούμενων διαδικασιών που αναφέρθηκαν δεν παύουν μόνο στο επιχειρηματικό σκέλος, καθώς εξαιρετικό ενδιαφέρον παρουσιάζεται για τα περιβαλλοντικά οφέλη των διαδικασιών.

Αξίζει να αναφερθεί ότι από την ανακύκλωση, και μόνο, των συσσωρευτών των ηλεκτρικών οχημάτων, εφόσον το μεγαλύτερο ποσοστό αυτών συλλέγεται και ανακτάται πάνω από το 90% των υλικών, οδηγεί στη μείωση των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου σε ολόκληρη την Ευρωζώνη σε ποσοστό που αγγίζει το 4,3% της αέριας ρύπανσης. Το ποσοστό αυτό, είναι εξαιρετικά σημαντικό αντιλαμβάνοντας την μείωση της συνολικής αέριας ρύπανσης από μια περιβαλλοντική διεργασία και μόνο.

Η συμβολή της επαναχρησιμοποίησης και της ανακύκλωσης σε μια πιο Πράσινη Οικονομία με σκοπό τη δημιουργία μιας κυκλικής οικονομίας είναι κομβική. Στην Ελλάδα, δεν υπάρχουν αξιοσημείωτες εφαρμογές ακόμα λόγω του ότι η νομοθεσία παρουσιάζει ελλείψεις. Στην παρούσα διπλωματική, έχουν εντοπιστεί και αναφερθεί οι βασικές από αυτές. Η Ευρωπαϊκή Ένωση όμως, ακολουθώντας τις τάσεις της αγοράς, κινήθηκε σε γοργούς ρυθμούς και τον Δεκέμβριο του 2020 εξέδωσε για πρώτη φορά στη δημοσιότητα την Ευρωπαϊκή Οδηγία 2020/798/EK για τη διαχείριση των συσσωρευτών και δόθηκε έμφαση κυρίως σε όσους προέρχονται από ηλεκτρικά οχήματα ή σε όσους χρησιμοποιούνται για βιομηχανικούς σκοπούς.

Στα κεφάλαια της διπλωματικής, έχει αναλυθεί εκτενώς η Οδηγία δίνοντας έμφαση στα άρθρα που αφορούν την επαναχρησιμοποίηση και την ανακύκλωση των συσσωρευτών.

Πρόταση της διπλωματικής, είναι η άμεση ένταξη της Ευρωπαϊκής Οδηγίας 2020/798/EK στην εθνική νομοθεσία με σκοπό τον εκσυγχρονισμό της, ακολουθώντας και καλύπτοντας τις τάσεις της αγοράς αλλά και με σκοπό να επωφεληθεί σαν χώρα από τα τεράστια οφέλη που προκύπτουν όπως επίσης και να διακατέχει κυρίαρχο ρόλο στην αλυσίδα αξίας της ηλεκτροκίνησης σε επίπεδο Ευρωπαϊκής Ένωσης.

Για τον λόγο αυτό, γεννάται η ανάγκη δημιουργίας επιχείρησης συσσωρευτών δεύτερης χρήσης από ηλεκτρικά οχήματα και για τον Ελλαδικό χώρο. Για να συσταθεί μια επιχείρηση σαν αυτή, οφείλεται πρώτα να αποσαφηνιστούν κάποιες βασικές έννοιες για την σύσταση της όπως για παράδειγμα, τα λογιστικά και φοροτεχνικά ζητήματα, οι διαδικασίες αδειοδότησης της μονάδας, η χρηματοδότηση, η τοποθεσία και το μέγεθος της μονάδας παρουσιάζοντας ένα σκαρίφημα και αναλύοντας τον τρόπο με τον οποίο θα λειτουργεί, οι κανόνες ασφαλείας και τέλος, ο βασικός τεχνολογικός εξοπλισμός της μονάδας.

Η σπουδαιότητα της μονάδας, αφορά τα βήματα που απαιτούνται και τον τρόπο λειτουργίας με τελικό σκοπό την ανάκτηση των πολύτιμων μετάλλων της καθόδου. Ξεκινώντας, η πρώτη τεχνική διαδικασία που ακολουθείται είναι η διάγνωση της κατάστασης της υγείας των συσσωρευτών, όπου το συγκεκριμένο στάδιο παρουσιάζει αρκετές προοπτικές και μετέπειτα, η αφαίρεση από το ηλεκτρικό όχημα, όπου συγκαταλέγεται και ο προσδιορισμός τους για το επόμενο στάδιο ζωής τους. Εφόσον πληρούνται οι απαραίτητες προϋποθέσεις, όπως έχουν οριστεί από την έκθεση της Ευρωπαϊκής Επιτροπής, αποθηκεύονται προσωρινά σύμφωνα με τα απαραίτητα πρότυπα, έως ότου καταλήξουν σε μια εφαρμογή επαναχρησιμοποίησης για την κάλυψη συγκεκριμένων ενεργειακών αναγκών. Σε αντίθετη περίπτωση, εάν υπάρξει κάποια παραμόρφωση σε κάποιο τμήμα των συσσωρευτών ή εν τέλει δεν πληρούνται οι βασικές προδιαγραφές, αποσυναρμολογούνται στις επιμέρους συστοιχίες από τις οποίες απαρτίζονται και προωθούνται για ανακύκλωση και την τελική ανάκτηση των πολύτιμων μετάλλων.

Η διαδικασία ανακύκλωσης, εξαρτάται από δύο στάδια επεξεργασίας, τη μηχανική και την υδρομεταλλουργική. Η μηχανική επεξεργασία είναι αρκετά πολύπλοκη και εξειδικευμένη από την οποία προκύπτουν τα παράγωγα της, η λεγόμενη μαύρη μάζα, που αποτελεί τα στοιχεία της καθόδου, ήτοι το νικέλιο, το λίθιο, το μαγγάνιο και το κοβάλτιο. Για την πλήρη ανάκτηση καθενός στοιχείου από τα παραπάνω, απαιτείται η υδρομεταλλουργική διαδικασία με τη χρήση συγκεκριμένων ποσοτήτων οξέων, κατάλληλων συνθηκών περιβάλλοντος και για ένα διάστημα 2 ωρών, για την έκπλυση της μαύρης μάζας και την τελική χημική κατακρήμνιση των εκάστοτε μετάλλων.

Ένας ακόμα σημαντικός παράγοντας για την υλοποίηση της μονάδας, είναι το απαιτούμενο προσωπικό για την κάλυψη όλων των θέσεων στις διαδικασίες που αναλύθηκαν με βασική προϋπόθεση την καλή γνώση του συγκεκριμένου τομέα. Επιπλέον, το κόστος του βασικού τεχνολογικού εξοπλισμού και των τεχνικών διαδικασιών είναι εξίσου σημαντικό. Ειδικότερα, για το κόστος του εξοπλισμού οι τιμές που αναγράφονται, μετά από σχετική έρευνα αγοράς που πραγματοποιήθηκε, ενδέχεται να υποστούν αλλαγές λόγω της πανδημίας, των αλλαγών στις θαλάσσιες μεταφορές καθώς επίσης σημαντικό ρόλο έχουν και οι αλλαγές τιμολόγησης από την εκάστοτε εταιρία.

Τα προβλεπόμενα κέρδη είναι ίσης σημασίας με το κόστος ώστε να αποσαφηνιστεί εάν μια επιχείρηση δύναται να καταστεί βιώσιμη. Από τα στοιχεία που παρουσιάστηκαν και με την ετήσια δυνατότητα διαχείρισης συσσωρευτών, η επιχείρηση μπορεί να θεωρηθεί βιώσιμη από τα επόμενα έτη όπου θα υπάρχει πληθώρα συσσωρευτών, αποσυρόμενοι από τον πρώτο κύκλο ζωής τους.

Η προστασία του περιβάλλοντος από τη συγκεκριμένη υποδομή είναι αξιοσημείωτη και συμβάλλει σημαντικά στην μείωση των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου. Άξιο αναφοράς, είναι το ετήσιο ποσό εξοικονόμησης CO₂ που φτάνει τους 1985,6 τόνους (λόγω ανακύκλωσης) και με τη χρήση ΑΠΕ στη μονάδα (προαιρετικά), συμβάλλοντας έτσι σε μια Πράσινη Οικονομία και στη δραστική μείωση εκπομπών CO₂ στην ατμόσφαιρα, μειώνοντας σε μεγάλο βαθμό το περιβαλλοντικό αποτύπωμα των συσσωρευτών στα ηλεκτρικά οχήματα καθώς επίσης γίνεται προφανής και η καθοριστική συμβολή στη προσπάθεια για τη κλιματική ουδετερότητα έως το 2050, βάσει της συμφωνίας του Παρισιού.

Οι βασικοί άξονες για την παρουσίαση και δημιουργία της επιχείρησης έχουν αναλυθεί λεπτομερώς. Το κυριότερο όφελος του όλου εγχειρήματος, ενδείκνυται στο γεγονός ότι πλέον δίνεται η προοπτική για περισσότερες μονάδες διαχείρισης συσσωρευτών δεύτερης χρήσης από ηλεκτρικά οχήματα, αυξάνοντας σημαντικά το ποσοστό, που ακόμα και σήμερα, ένα σημαντικό στάδιο διαχείρισης, όπως η ανακύκλωση των συσσωρευτών ιόντων λιθίου, κυμαίνεται σε υπερβολικά χαμηλά επίπεδα και υπολογίζεται στο 5% παγκοσμίως. Με αυτόν τον τρόπο, παρέχεται η προοπτική για ακόμα μεγαλύτερα επιχειρηματικά και περιβαλλοντικά οφέλη στη παγκόσμια κοινότητα, λόγω της διαχείρισης συσσωρευτών δεύτερης χρήσης από ηλεκτρικά οχήματα.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

1. World Health Organization: WHO, "Air pollution," *Who.int*, Jul. 30, 2019. https://www.who.int/health-topics/air-pollution#tab=tab_2.
2. O. Edenhofer et al., *Climate Change 2014: Mitigation of Climate Change*, 1st ed. Cambridge and New York: Cambridge University Press, 2014, pp. 599-620.
3. L. Life and I. Design, "Influential EVs: An Illustrated History of Electric Car Design – Insurance Solved Blog | Budget Direct", *Insurance Solved Blog | Budget Direct*, 2021. [Online]. Available: <https://www.budgetdirect.com.au/blog/influential-evs-an-illustrated-history-of-electric-car-design.html>. [Accessed: 09- Jun- 2021].
4. A. Laurent, "The different types of electric car batteries - Easy Electric Life", *Easy Electric Life*, 2019. [Online]. Available: <https://easyelectriclife.groupe.renault.com/en/outlook/technology/technologfy-on-the-market-electric-car-battery/>. [Accessed: 09- Jun- 2021].
5. Xu, C., Dai, Q., Gaines, L. *et al.* Future material demand for automotive lithium-based batteries. *Commun Mater* **1**, 99 (2020). <https://doi.org/10.1038/s43246-020-00095-x>
6. "IEA – International Energy Agency", *IEA*, 2021. [Online]. Available: <https://www.iea.org/>. [Accessed: 04- Jun- 2021].
7. United Nations, "Paris Agreement," 2015. [Online]. Available: https://unfccc.int/sites/default/files/english_paris_agreement.pdf.
8. ΟΔΗΓΙΑ 2008/98/ΕΚ ΤΟΥ ΕΥΡΩΠΑΪΚΟΥ ΚΟΙΝΟΒΟΥΛΙΟΥ ΚΑΙ ΤΟΥ ΣΥΜΒΟΥΛΙΟΥ της 19ης Νοεμβρίου 2008 για τα απόβλητα και την κατάργηση ορισμένων οδηγιών. Βρυξέλλες: Ευρωπαϊκή Ένωση, 2008.
9. COMMUNICATION FROM THE COMMISSION TO THE EUROPEAN PARLIAMENT, THE COUNCIL, THE EUROPEAN ECONOMIC AND SOCIAL COMMITTEE AND THE COMMITTEE OF THE REGIONS *Closing the loop - An EU action plan for the Circular Economy*. Brussels: European Union, 2015.
10. Έκθεση εκτίμησης Επιπτώσεων Ευρωπαϊκής Οδηγίας 2020/798/ΕΚ. Βρυξέλλες: Ευρωπαϊκή Επιτροπή, 2020.
11. Ö. (oeko.de), "Öko-Institut e.V. (oeko.de)", *Oeko.de*, 2021. [Online]. Available: <https://www.oeko.de/en/>. [Accessed: 09- Jul- 2021].
12. "Recycling Benefits of Batteries & E-Waste", *Batterysolutions.com*, 2021. [Online]. Available: <https://batterysolutions.com/learning-center/recycling-benefits/>. [Accessed: 11- Jun- 2021].
13. Οδηγία 2006/66/ΕΚ του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου και του Συμβουλίου, της 6ης Σεπτεμβρίου 2006 , σχετικά με τις ηλεκτρικές στήλες και τους συσσωρευτές και τα απόβλητα ηλεκτρικών στήλων και συσσωρευτών και με την κατάργηση της οδηγίας 91/157/ΕΟΚ. Βρυξέλλες: Ευρωπαϊκή Ένωση, 2006.

14. ΚΑΝΟΝΙΣΜΟΣ (ΕΕ) 2019/1020 ΤΟΥ ΕΥΡΩΠΑΪΚΟΥ ΚΟΙΝΟΒΟΥΛΙΟΥ ΚΑΙ ΤΟΥ ΣΥΜΒΟΥΛΙΟΥ της 20ής Ιουνίου 2019 για την εποπτεία της αγοράς και τη συμμόρφωση των προϊόντων και για την κατάργηση της οδηγίας 2004/42/ΕΚ και των κανονισμών (ΕΚ) αριθ. 765/2008 και (ΕΕ) αριθ. 305/2011. Βρυξέλλες: Ευρωπαϊκή Ένωση, 2019.
15. *Proposal for a REGULATION OF THE EUROPEAN PARLIAMENT AND OF THE COUNCIL concerning batteries and waste batteries, repealing Directive 2006/66/EC and amending Regulation (EU) No 2019/1020*. Brussels: European Union, 2020.
16. *Public law 104-142-Mercury-containing and Rechargeable Battery Management Act. Environmental Protection, vol. 104-142*. 1996.
17. “Lithium-ion Car Battery Recycling Advisory Group,” CalEPA.ca.gov, 2018. <https://calepa.ca.gov/climate/lithium-ion-car-battery-recycling-advisory-group/>.
18. “Law Document English View,” Ontario.ca, Jul. 24, 2014. <https://www.ontario.ca/laws/statute/16r12> (accessed Jun. 09, 2021).
19. New Energy Vehicle Industry Development Plan, vol. 1, no. 1. Beijing. 2020.
20. Act on Promotion of Effective Utilization of Resources, vol. 1. 1991.
21. “BMW’s battery graveyard gives EV cast-offs a second life,” *SlashGear*, Oct. 26, 2017. <https://www.slashgear.com/bmws-battery-graveyard-gives-ev-cast-offs-a-second-life-26505613/>. (accessed Jun. 09, 2021).
22. Audi, “Audi Opens Battery Storage Unit on Berlin EUREF Campus,” *Audi-mediacycenter*, May 24, 2019. <https://www.audi-mediacycenter.com/en/press-releases/audi-opens-battery-storage-unit-on-berlin-euref-campus-11681>.
23. “Volkswagen Reveals Its Mobile Fast Charging Station In Geneva,” *InsideEVs*. <https://insideevs.com/news/343194/volkswagen-reveals-its-mobile-fast-charging-station-in-geneva/> (accessed Jun. 11, 2021).
24. “Energy storage: Amsterdam Arena shows data centers the way,.” Accessed: Jun. 09, 2021. [Online]. Available: https://www.interregeurope.eu/fileadmin/user_upload/tx_tevprojects/library/file_1561640892.pdf.
25. M. Pagliaro and F. Meneguzzo, “Lithium battery reusing and recycling: A circular economy insight,” *Heliyon*, vol. 5, no. 6, Jun. 2019, doi: 10.1016/j.heliyon.2019.e01866.
26. “Accurec Recycling GmbH.” <https://accurec.de/> (accessed Jun. 02, 2021).
27. “Volkswagen opens its first plant for recycling electric car batteries in Salzgitter,” *Inceptive Mind*, Feb. 02, 2021. <https://www.inceptivemind.com/volkswagen-opens-first-plant-recycling-electric-car-batteries-salzgitter/17431/> (accessed Jun. 02, 2021).
28. “Battery recycling pilot plant | Volkswagen Newsroom,” *www.volkswagen-newsroom.com*. <https://www.volkswagen-newsroom.com/en/images/albums/battery-recycling-pilot-plant-3075> (accessed Jun. 03, 2021).

29. “The Recycling of liThium-ion BaTTeRies A Strategic Pillar for the European Battery Alliance études de l’Ifri Raphaël Danino-PeRRauD Center for Energy,” 2020. Accessed: Dec. 04, 2020. [Online]. Available: https://www.ifri.org/sites/default/files/atoms/files/danino_recycling_batteries_2020.pdf.
30. “G & P Batteries Home,” *www.g-pbatt.co.uk*. <http://www.g-pbatt.co.uk/index.html> (accessed May. 20, 2021).
31. “RECUPYL, Le Recyclage Innovant des batteries,” *www.recupyl.fr*. <http://www.recupyl.fr/> (accessed May. 18, 2021).
32. Origine Creative, “SNAM : collecte et recyclage de batteries, filière véhicules hybrides et électriques,” *Snam.com*, 2021. <http://www.snam.com/> (accessed May. 20, 2021).
33. “Umicore | A global materials technology and recycling group,” *www.umicore.com*. <https://www.umicore.com/en/> (accessed May. 23, 2021).
34. “Duesenfeld | Ecofriendly recycling of lithium-ion batteries,” *www.duesenfeld.com*. <https://www.duesenfeld.com/index.html> (accessed Apr. 09, 2021).
35. “Battery recycling plant,” *www.volkswagenag.com*. <https://www.volkswagenag.com/en/news/stories/2019/02/lithium-to-lithium-manganese-to-manganese.html> (accessed Apr. 30, 2020).
36. “Home,” AkkuSer Oy. <https://www.akkuser.fi/en/home/> (accessed Apr. 09, 2021).
37. “REDUX – Smart battery recycling,” REDUX – Smart battery recycling. <https://www.redux-recycling.com/en/> (accessed Apr. 09, 2021).
38. “Join the change for a cleaner world | Fortum,” *www.fortum.com*. <https://www.fortum.com/>.
39. “Spiers New Technologies,” Spiers New Technologies. <http://www.spiersnewtechnologies.com/> (accessed Apr. 09, 2021).
40. Energy — Spiers New Technologies, “A batteries second life,” Spiers New Technologies, 2014. <http://www.spiersnewtechnologies.com/energy-storage>.
41. Energy Api, “Research Study on Reuse and Recycling of Batteries Employed in Electric Vehicles: The Technical, Environmental, Economic, Energy and Cost Implications of Reusing and Recycling EV Batteries,” Energy Api, Sep. 2019. [Online]. Available: <https://www.api.org/~media/Files/Oil-and-Natural-Gas/Fuels/Kelleher%20Final%20EV%20Battery%20Reuse%20and%20Recycling%20Report%20to%20API%2018Sept2019%20edits%2018Dec2019.pdf>.
42. “Home,” IT Asset Partners. <https://www.goitap.com/> (accessed Mar. 04, 2021).
43. madars bitenieks, “Sybesma’s Electronics,” *Sybesmas.com*, 2013. <https://sybesmas.com/> (accessed Mar. 04, 2021).

44. “Battery M.D., Inc. | Independent Battery Testing | High Voltage Battery Repairs | Battery Laboratory,” Battery.md.com, 2021. <http://battery.md.com/> (accessed Mar. 04, 2021).
45. “Sustainable Lithium-ion Battery Recycling,” American Manganese Inc. <https://americanmanganeseinc.com/> (accessed Mar. 09, 2021).
46. OMD, “Recyclico™ – Making Lithium-ion Last Forever™,” *Recyclico.com*, Jun. 29, 2021. <https://recyclico.com/> (accessed Feb. 15, 2021).
47. “Lithium-ion Battery Recycling Technology,” *American Manganese Inc.* <https://americanmanganeseinc.com/lithium-ion-battery-recycling-technology/> (accessed Feb. 15, 2021).
48. Y. Ding, Z. P. Cano, A. Yu, J. Lu, and Z. Chen, “Automotive Li-Ion Batteries: Current Status and Future Perspectives,” *Electrochemical Energy Reviews*, vol. 2, no. 1, pp. 1–28, Jan. 2019, doi: 10.1007/s41918-018-0022-z.
49. Weisman, J. April 3, 2019. “Tesla LIB and PV Recycling Programs.” PowerPoint Presentation.
50. “Tesla Gigafactory | Tesla,” www.tesla.com. https://www.tesla.com/el_GR/gigafactory (accessed Feb. 15, 2021).
51. J. Kumagai, “Full Page Reload,” *IEEE Spectrum: Technology, Engineering, and Science News*, Jan. 05, 2021. <https://spectrum.ieee.org/energy/batteries-storage/lithiumion-battery-recycling-finally-takes-off-in-north-america-and-europe>.
52. N. Marchant, “These companies are solving the EV battery recycling problem,” *World Economic Forum*, May 03, 2021. <https://www.weforum.org/agenda/2021/05/electric-vehicle-battery-recycling-circular-economy/>. (accessed Jan. 10, 2021).
53. T. Test, “Battery Recycling Service for EV/ HEV, Telecommunications & All Types of Consumer Batteries,” batterysolutions.com, Jan. 23, 2019. <https://batterysolutions.com/>.
54. “Retriev Technologies | Battery Recycling and Management,” *Retrievtechnologies*, 2015. <https://www.retrievtech.com/> (accessed Apr. 12, 2021).
55. “Bienvenido a SITRASA,” www.sitrasa.com. http://www.sitrasa.com/SITRASA/Bienvenido_a_SITRASA.html (accessed Apr. 09, 2021).
56. “Advanced Lithium-ion Battery Recycling - Resource Recovery | Li-Cycle™,” *Li-Cycle*, 2017. <https://li-cycle.com/>.
57. “Sustainability,” [Tesla.com](http://www.tesla.com), Sep. 26, 2018. <https://www.tesla.com/support/sustainability-recycling>.
58. “Redwood Materials,” *Redwood Materials*. <https://www.redwoodmaterials.com/> (accessed Mar. 26, 2021).

59. “Lithium-Ion Battery Recycling Solution | Lithion Recycling,” <https://www.lithionrecycling.com/>. <https://www.lithionrecycling.com/> (accessed Mar. 26, 2021).
60. “ReCell Center.” <https://recellcenter.org/> (accessed Mar. 27, 2021).
61. “Nissan LEAF batteries to light up Japanese town,” *Official Global Newsroom*, Mar. 22, 2018. <https://global.nissannews.com/en/releases/release-487297034c80023008bd9722aa000f93-180322-01-e> (accessed Mar. 27 2021).
62. “Circular Energy Storage,” *Circular Energy Storage*. <https://circularenergystorage.com/> (accessed Feb. 14, 2021).
63. “China scrambles to tap EV battery recycling opportunity,” *Nikkei Asia*. <https://asia.nikkei.com/Spotlight/Electric-cars-in-China/China-scrambles-to-tap-EV-battery-recycling-opportunity2> (accessed Mar. 12, 2021).
64. F. Saloojee and J. Lloyd, “CRUNDWELL MANAGEMENT SOLUTIONS (PTY) LTD, t/a CM SOLUTIONS (PTY) LTD LITHIUM BATTERY RECYCLING PROCESS Desktop Study Prepared for DEPARTMENT OF ENVIRONMENTAL AFFAIRS DEVELOPMENT BANK OF SOUTH AFRICA,.” [Online]. Available: <https://www.sagreenfund.org.za/wordpress/wp-content/uploads/2015/07/Lithium-Battery-Recycling-Literature-Review-CM-Solutions.pdf>.
65. “Nippon Recycle Center Corporation,” www.recycle21.co.jp. <https://www.recycle21.co.jp/recycle-e/> (accessed Mar. 12, 2021).
66. “JX Nippon Mining & Metals,” *JX Nippon Mining & Metals*. <https://www.nmm.jx-group.co.jp/english/> (accessed Mar. 12, 2021).
67. “DOWA HOLDINGS,” *Dowa.co.jp*, 2014. https://www.dowa.co.jp/index_e.html (accessed Mar. 13, 2021).
68. “All-new 2021 Rogue sets pace for Nissan’s recycling efforts,” *Official Global Newsroom*, Jan. 22, 2021. <https://global.nissannews.com/en/releases/release-47bd1d4c8b3256fcee533e433e0ad50a-2021-nissan-closed-loop-recycling-system> (accessed Mar. 13, 2021).
69. “CATL,” www.catl.com. <https://www.catl.com/en/> (accessed Mar. 15, 2021).
70. “SMCC recycling” <https://www.smccrecycling.com/> (accessed Feb. 23, 2021)
71. “EV BATTERIES CAN REACH 70% CO2 EMISSIONS REDUCTION WHEN THEY HAVE A SECOND LIFE,” *BeePlanet factory*, Jan. 06, 2021. <https://beeplanetfactory.com/en/2021/01/06/second-life-and-emissions-reduction/> (accessed May. 09, 2021).
72. E. Drabik and V. Rizos, “Prospects for electric vehicle batteries in a circular economy,” 2018. Accessed: Feb. 23, 2020. [Online]. Available: https://circulareconomy.europa.eu/platform/sites/default/files/circular_economy_impacts_batteries_for_evs.pdf.

73. M. Romare and L. Dahllöf, “The Life Cycle Energy Consumption and Greenhouse Gas Emissions from Lithium-Ion Batteries A Study with Focus on Current Technology and Batteries for light-duty vehicles,” 2017. Accessed: May 27, 2021. [Online]. Available: <http://www.energimyndigheten.se/globalassets/forskning--innovation/transporter/c243-the-life-cycle-energy-consumption-and-co2-emissions-from-lithium-ion-batteries-.pdf>.
74. “Savings of 4.8 t CO₂ per ton of recycled batteries - Duesenfeld,” www.duesenfeld.com. https://www.duesenfeld.com/recycling_en.html (accessed Mar. 21, 2020).
75. “91% material recovery when recycling battery cells - Duesenfeld,” www.duesenfeld.com. <https://www.duesenfeld.com/ecobalance.html> (accessed Nov. 26, 2020).
76. Οδηγία 2006/66/EK του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου και του Συμβουλίου, της 6ης Σεπτεμβρίου 2006, σχετικά με τις ηλεκτρικές στήλες και τους συσσωρευτές και τα απόβλητα ηλεκτρικών στηλών και συσσωρευτών και με την κατάργηση της οδηγίας 91/157/EOK. Βρυξέλλες: Ευρωπαϊκή Ένωση, 2006.
77. Κοινή Υπουργική Απόφαση 41624/2057/Ε103/2010, “Μέτρα, όροι και πρόγραμμα για την εναλλακτική διαχείριση των αποβλήτων ηλεκτρικών στηλών και συσσωρευτών σε συμμόρφωση με τις διατάξεις των οδηγιών, 2006/66/EK «σχετικά με τις ηλεκτρικές στήλες και τους συσσωρευτές και τα απόβλητα ηλεκτρικών στηλών»”, Εφημερίς της Κυβερνήσεως της Ελληνικής Δημοκρατίας (ΦΕΚ 1625/Β/11-10-2010)
78. Νόμος 4042/2012, “Ποινική προστασία του περιβάλλοντος - Εναρμόνιση με την οδηγία 2008/99/EK - πλαίσιο παραγωγής και διαχείρισης αποβλήτων - Εναρμόνιση με την οδηγία 2008/98/EK - Ρύθμιση θεμάτων Υπουργείου Περιβάλλοντος, Ενέργειας και Κλιματικής Αλλαγής”, Εφημερίς της Κυβερνήσεως της Ελληνικής Δημοκρατίας (ΦΕΚ 24/Α/13-2-2012)
79. Υπουργική Απόφαση 23615/651/Ε.103/2014, “Καθορισμός κανόνων, όρων και προϋποθέσεων για την εναλλακτική διαχείριση των αποβλήτων ειδών ηλεκτρικού και ηλεκτρονικού εξοπλισμού (ΑΗΗΕ), σε συμμόρφωση με τις διατάξεις της Οδηγίας 2012/19/EK «σχετικά με τα απόβλητα ηλεκτρικού και ηλεκτρονικού εξοπλισμού (ΑΗΗΕ)», του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου και του Συμβουλίου της 4ης Ιουλίου 2012 και άλλες διατάξεις”, Εφημερίς της Κυβερνήσεως της Ελληνικής Δημοκρατίας (ΦΕΚ 5459/Β/9-5-2014)
80. Κοινή Υπουργική Απόφαση 39200/2015, “Τροποποίηση της υπ’ αριθμ. 41624/2057/2010 κοινής υπουργικής απόφασης (Β’1625), σε συμμόρφωση με τις διατάξεις της οδηγίας 2013/56/ΕΕ «για την τροποποίηση της οδηγίας 2006/66/EK του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου και του Συμβουλίου, σχετικά με τις ηλεκτρικές στήλες”, Εφημερίς της Κυβερνήσεως της Ελληνικής Δημοκρατίας (ΦΕΚ 2057/Β/18-9-2015)
81. Ευρωπαϊκή Επιτροπή, Κανονισμός (ΕΕ) αριθ. 493/2012 της Επιτροπής, της 11ης Ιουνίου 2012, για καθορισμό, βάσει της οδηγίας 2006/66/EK του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου και του Συμβουλίου, λεπτομερών κανόνων όσον αφορά τον υπολογισμό

των αποδόσεων ανακύκλωσης των διαδικασιών ανακύκλωσης αποβλήτων ηλεκτρικών στηλών και συσσωρευτών. Βρυξέλλες. 2012.

82. ΠΑΜΑΚ, “Πως μια ιδέα γίνεται επιχείρηση,” ΠΑΜΑΚ, 2011. [Online]. Available: https://dasta.uom.gr/Moke/files/afises_seminaria/seminario1122011.pdf.

83. ΡΚΡ, “Τι είναι ο ΚΑΔ και ποιοι οι επιλέξιμοι ΚΑΔ;” ΡΚΡ, 2021. [Online]. Available: <https://www.pkr.com.gr/kad-kodikoi-arithmoi-drastiriotitas/>

84. ΥΠΕΚΑ “Περιβαλλοντική Αδειοδότηση Έργων-”, ΥΠΕΚΑ, 2021. [Online]. Available: <https://ypen.gov.gr/perivallon/perivallontiki-adeiodotisi/perivallontiki-adeiodotisi-ergon/>

85. Νόμος 4014/2011, “Περιβαλλοντική αδειοδότηση έργων και δραστηριοτήτων, ρύθμιση αυθαιρέτων σε συνάρτηση με δημιουργία περιβαλλοντικού ισοζυγίου και άλλες διατάξεις αρμοδιότητας Υπουργείου Περιβάλλοντος”, Εφημερίς της Κυβερνήσεως της Ελληνικής Δημοκρατίας (ΦΕΚ Α-209/Α/21-9-2011)

86. Υπουργική Απόφαση 1958/2012, “Κατάταξη δημόσιων και ιδιωτικών έργων και δραστηριοτήτων σε κατηγορίες και υποκατηγορίες σύμφωνα με το Άρθρο 1 παράγραφος 4 του Ν. 4014/21.09.2011”, Εφημερίς της Κυβερνήσεως της Ελληνικής Δημοκρατίας (ΦΕΚ 21/Β/13-1-2012)

87. ΕΣΠΑ, “Περιβαλλοντικές Υποδομές- Ενίσχυση εγκαταστάσεων διαχείρισης αποβλήτων,” ΕΣΠΑ, ΕΛΛΑΔΑ, Sep. 2020. [Online]. Available: <http://www.mindev.gov.gr/wp-content/uploads/2020/11/2020-09-A4-SYNOPS%CE%99.pdf>.

88. “Συνέντευξη του Γ.Γ. Δημοσίων Επενδύσεων και ΕΣΠΑ Δημήτρη Σκάλκου σχετικά με το σχεδιασμό και τα προγράμματα του ΕΣΠΑ 2021-2027,” www.espa.gr. <https://www.espa.gr/el/Pages/NewsFS.aspx?item=1319> (accessed May 12, 2021).

89. “Επενδυτικά Δάνεια (ΤΕΠΙΧ ΙΙ),” Ελληνική Αναπτυξιακή Τράπεζα, May 17, 2021. <https://hdb.gr/ependytika-daneia-tepich-ii/> (accessed Jun. 09, 2021).

90. “Χρηματοδοτικά Προγράμματα μέσω Ευρωπαϊκής Τράπεζας Επενδύσεων,” www.alpha.gr. Available: <https://www.alpha.gr/el/epixeiriseis/anaptuksiakaprogrammata/xrimatodotisi-europaikis-trapezas-ependuseon> (accessed Jun. 10, 2021).

91. European Union, “Access to EU finance”, EU, 2020. [Online]. Available: <https://europa.eu/youreurope/business/finance-funding/getting-funding/access-finance/search/el/content/piraeus-bank-sa-0>

92. “Ταμείο Υποδομών,” [Www.nbg.gr](http://www.nbg.gr), 2019. <https://www.nbg.gr/el/corporate/project-finance/tamio-ypodomon> (accessed Jun. 10, 2021).

93. user_administrator, “Funding programmes,” *Eco-innovation Action Plan - European Commission*, Jun. 12, 2015. Available: https://ec.europa.eu/environment/ecoap/about-action-plan/union-funding-programmes_en.

94. Προεδρικό Διάταγμα της 24-5-1985, “Τροποποίηση των όρων και περιορισμών δόμησης των γηπέδων των κειμένων εκτός των ρυμοτομικών σχεδίων των πόλεων και εκτός των ορίων των νομίμως υφισταμένων προ του έτους 1923 οικισμών.”, Εφημερίς της Κυβερνήσεως της Ελληνικής Δημοκρατίας (ΦΕΚ Δ 270/30-5-1985)
95. Νόμος 3212/2003, “Άδεια δόμησης, πολεοδομικές και άλλες διατάξεις θεμάτων αρμοδιότητας Υπουργείου Περιβάλλοντος, Χωροταξίας και Δημόσιων Έργων.”, Εφημερίς της Κυβερνήσεως της Ελληνικής Δημοκρατίας (ΦΕΚ Α 308/31-12-2003)
96. Προεδρικό Διάταγμα 111/2004, “Καθορισμός του απαιτούμενου αριθμού θέσεων στάθμευσης αυτοκινήτων αναλόγως των χρήσεων και του μεγέθους των κτιρίων στο ηπειρωτικό τμήμα της Περιφέρειας Αττικής και κατάργηση του π.δ/τος 230/1993 (Α’94).” , Εφημερίς της Κυβερνήσεως της Ελληνικής Δημοκρατίας (ΦΕΚ 76/Α/5-3-2004)
97. Προεδρικό Διάταγμα 395/1994, “Ελάχιστες προδιαγραφές ασφάλειας και υγείας για τη χρησιμοποίηση εξοπλισμού εργασίας από τους εργαζόμενους κατά την εργασία τους σε συμμόρφωση με την οδηγία 89/655/ΕΟΚ”, Εφημερίς της Κυβερνήσεως της Ελληνικής Δημοκρατίας (ΦΕΚ 220/Α/19-12-1994)
98. Προεδρικό Διάταγμα 186/1995, “Προστασία των εργαζομένων από κινδύνους που διατρέχουν λόγω της έκθεσής τους σε βιολογικούς παράγοντες κατά την εργασία σε συμμόρφωση με τις οδηγίες του Συμβουλίου 90/679/ΕΟΚ και 93/88/ΕΟΚ.”, Εφημερίς της Κυβερνήσεως της Ελληνικής Δημοκρατίας (ΦΕΚ 97/Α/30-5-1995)
99. Προεδρικό Διάταγμα 338/2001, “Προστασία της υγείας και ασφαλείας των εργαζομένων κατά την εργασία από κινδύνους οφειλόμενους σε χημικούς παράγοντες.”, Εφημερίς της Κυβερνήσεως της Ελληνικής Δημοκρατίας (ΦΕΚ 227/Α/9-10-2001)
100. Νόμος 3850/2010, “Κύρωση του κώδικα νόμων για την υγεία και την ασφάλεια των εργαζομένων”, Εφημερίς της Κυβερνήσεως της Ελληνικής Δημοκρατίας (ΦΕΚ 84/Α` 2.6.2010)
101. Chroma, “REGENERATIVE BATTERY PACK TEST SYSTEM MODEL 17040 BROCHURE,” in *Chroma*, 2020. [Online]. Available: <https://www.chromaate.com/downloads/catalogue/Battery/17040-EN.pdf>
102. “ERGONOMIKI – Εξοπλισμός Συνεργειών Αυτοκινήτων απο τους Ειδικούς σας συνεργάτες. Η καινοτομία στην Εργονομία.” <https://ergonomiki.com/> (accessed Jun. 12, 2021).
103. “ΑΡΧΙΚΗ - MANDIS TOOLS ESHOP - ΜΑΝΤΗΣ - ΕΛΛΑΔΑ - ΚΥΠΡΟΣ,” www.mandis.gr. <https://www.mandis.gr/> (accessed Jun. 12, 2021).
104. “Jungheinrich: Ο κορυφαίος πάροχος Material Handling & Intralogistics Solutions,” www.jungheinrich.gr. <https://www.jungheinrich.gr/> (accessed Jun. 12, 2021).
105. “Αρχική,” Φινομασίν - Ιωάννης Παππάς Α.Ε. - Finomachine. <https://www.finomachine.gr/> (accessed Jun. 12, 2021).
106. “Industrial Scales Buying Guide | Blog - Scalesmart,” www.scalesmart.com. <https://www.scalesmart.com/blog/post/industrial-scales> (accessed Jun. 12, 2021).

107. “Buy Heavy Duty Metal Storage Rack Orange & Blue Color Display Heavy duty storage shelving racking systems warehouse storage System - Commercial Lumber Storage Racks Manufacture,” *newhousefarm.tv*. <https://newhousefarm.tv/bs-599312-heavy-duty-metal-storage-rack-orange-blue-color-display-heavy-duty-storage-shelving-racking-systems-warehouse-storage-system.html> (accessed Jun. 12, 2021).
108. “Με μάντα,” EMIS. <https://emis.gr/me-imanta/> (accessed Jun. 12, 2021).
109. “Shredder model ZM 50 for different materials | WEIMA,” WEIMA Maschinenbau. <https://weima.com/en/shredders/zm/zm-50/> (accessed Jun. 12, 2021).
110. “Post-shredder WNZ 200/800 - ideal for wood and plastics,” WEIMA Maschinenbau. <https://weima.com/en/shredders/wnz/wnz-200-800/> (accessed Jun. 12, 2021).
111. “Horizontal Dryers - Batch Dryers, Continuous Dryers, Shovel...,” *www.bhs-sonthofen.com*. <https://www.bhs-sonthofen.com/en/process-technology/machines/dryers/horizontal-dryer> (accessed Jun. 12, 2021).
112. “Excellent Linear Vibrating Screen | Eversun,Sieving machine,” *www.vibrosievingmachine.com*. <https://www.vibrosievingmachine.com/products/linear-vibratory-screen/> (accessed Jun. 12, 2021).
113. “Zig Zag Air Separator» JÖST GmbH + Co. KG,” JÖST GmbH + Co. KG. <https://www.joest.com/en/products/sifting-sorting-separating/zig-zag-air-separator/> (accessed Jun. 12, 2021).
114. “Magnetic Separators For Waste And Recycling Industries,” Jaykrishna Magnetics Pvt. Ltd., Jul. 10, 2018. <https://www.jkmagnetic.com/magnetic-separators-for-waste-and-recycling-industries/> (accessed Jun. 12, 2021).
115. “Definitive Guide to Electric Car Batteries | *GreenCars*,” *www.greencars.com*. <https://www.greencars.com/guides/definitive-guide-to-electric-car-batteries-range> (accessed Jun. 13, 2021).
116. “BU-1003a: Battery Aging in an Electric Vehicle (EV) – Battery University,” *batteryuniversity.com*. https://batteryuniversity.com/learn/article/bu_1003a_battery_aging_in_an_electric_vehicle_ev.
117. “Battery collaboration meeting discusses new pathways to recycle lithium-ion batteries | Argonne National Laboratory,” *www.anl.gov*. <https://www.anl.gov/article/battery-collaboration-meeting-discusses-new-pathways-to-recycle-lithiumion-batteries> (accessed Jun. 14, 2021).
118. T. Elwert, F. Römer, K. Schneider, Q. Hua, and M. Buchert, “Recycling of Batteries from Electric Vehicles,” *Behaviour of Lithium-Ion Batteries in Electric Vehicles*, pp. 289–321, 2018, doi: 10.1007/978-3-319-69950-9_12.

119. “Watch Volkswagen Start Electric Car Battery Recycling In Salzgitter,” *InsideEVs*. <https://insideevs.com/news/483097/volkswagen-start-battery-recycling-salzgitter/> (accessed Jun. 14, 2021).
120. M. Chen et al., “Recycling End-of-Life Electric Vehicle Lithium-Ion Batteries,” *Joule*, vol. 3, no. 11, pp. 2622–2646, Nov. 2019, doi: 10.1016/j.joule.2019.09.014.
121. ISO, “ISO - International Organization for Standardization,” ISO, Jan. 22, 2019. <https://www.iso.org/home.html>.
122. “Homepage | IEC,” www.iec.ch. <https://www.iec.ch/homepage>.
123. “Empowering Trust™ | UL,” UL, 2018. <https://www.ul.com/>.
124. “GB standards, GB/T, Guobiao Standard, CNS standards of Taiwan, China National Standards, Chinese & english version search, translation, purchase, download,” www.gbstandards.org. <https://www.gbstandards.org/>.
125. H. Rallo, G. Benveniste, I. Gestoso, and B. Amante, “Economic analysis of the disassembling activities to the reuse of electric vehicles Li-ion batteries,” *Resources, Conservation and Recycling*, vol. 159, p. 104785, Aug. 2020, doi: 10.1016/j.resconrec.2020.104785.
126. “EV Battery Rebuilds,” *EV Battery Rebuilds*. <https://evbatteryrebuilds.com/en> (accessed Jun. 15, 2021).
127. “Audi MediaCenter,” *Audi MediaCenter*, 2016. <https://www.audi-mediacenter.com/en>.
128. “Audi,” NetCarShow.com. <https://www.netcarshow.com/audi/> (accessed Jun. 15, 2021).
129. M. Alfaro-Algaba and F. J. Ramirez, “Techno-economic and environmental disassembly planning of lithium-ion electric vehicle battery packs for remanufacturing,” *Resources, Conservation and Recycling*, vol. 154, p. 104461, Mar. 2020, doi: 10.1016/j.resconrec.2019.104461.
130. “Παραρτήματα της πρότασης κανονισμού του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου και του Συμβουλίου σχετικά με τις μπαταρίες και τα απόβλητα μπαταριών”. Βρυξέλλες. Συμβούλιο της Ευρωπαϊκής Ένωσης. 2020
131. “UL Standard | UL 1974,” standardscatalog.ul.com. <https://standardscatalog.ul.com/ProductDetail.aspx?productId=UL1974> (accessed Jun. 16, 2021).
132. “IEC - Dashboard > Scope,” www.iec.ch. https://www.iec.ch/dyn/www/f?p=103:7:0:::FSP_ORG_ID (accessed Jun. 16, 2021).
133. “Recommendations on the TRANSPORT OF DANGEROUS GOODS Model Regulations Volume I Twenty-first revised edition UNITED NATIONS,.” Accessed: Jun. 16, 2021. [Online]. Available: https://unece.org/fileadmin/DAM/trans/danger/publi/unrec/rev21/ST-SG-AC10-1r21e_Vol1_WEB.pdf.

134. M. P. L. - RP, “New Packing Concept for Lithium-ion Batteries - APF Magazine,” Asia Pacific Fire, Apr. 22, 2015. <https://apfmag.mdmpublishing.com/new-packing-concept-for-lithium-ion-batteries/> (accessed Jun. 16, 2021).
135. “IEC 62281:2019 | IEC Webstore,” [webstore.iec.ch. https://webstore.iec.ch/publication/61994](https://webstore.iec.ch/publication/61994) (accessed Jun. 16, 2021).
136. “About the ADR | UNECE,” [unece.org. https://unece.org/about-adr](https://unece.org/about-adr) (accessed Jun. 16, 2021).
137. “J2950: Recommended Practices (RP) for Shipping Transport and Handling of Automotive-Type Battery System - Lithium Ion - SAE International,” [www.sae.org. https://www.sae.org/standards/content/j2950_201202/](https://www.sae.org/standards/content/j2950_201202/) (accessed Jun. 16, 2021).
138. Προεδρικό Διάταγμα 41/2018, “Κανονισμός Πυροπροστασίας Κτιρίων.”, Εφημερίς της Κυβερνήσεως της Ελληνικής Δημοκρατίας (ΦΕΚ 80/A/7-5-2018)
139. “National Renewable Energy Laboratory (NREL) Home Page | NREL,” [Nrel.gov, 2018. https://www.nrel.gov/](https://www.nrel.gov/).
140. A. Kwade and J. Diekmann, *Recycling of Lithium-Ion Batteries: The LithoRec Way*. Germany: Springer International Publishing AG, 2018, pp. 213–308.
141. “Volkswagen recycles batteries itself,” [www.volkswagenag.com. https://www.volkswagenag.com/en/news/stories/2021/01/from-old-to-new-battery-recycling-in-salzgitter.html](https://www.volkswagenag.com/en/news/stories/2021/01/from-old-to-new-battery-recycling-in-salzgitter.html) (accessed Jun. 08, 2021).
142. I. Samarukha, “Recycling strategies for End-of-Life Li-ion Batteries from Heavy Electric Vehicles,” pdf, *KTH Industrial Engineering and Management*, 2020.
143. Kai He, Zhi-Yuan Zhang, Lagu Alai & Fu-Shen Zhang “A green process for exfoliating electrode materials and simultaneously extracting electrolyte from spent lithium-ion batteries,” *Journal of Hazardous Materials*, vol. 375, pp. 43–51, Aug. 2019, doi: 10.1016/j.jhazmat.2019.03.120.
144. F. Larouche et al., “Progress and Status of Hydrometallurgical and Direct Recycling of Li-Ion Batteries and Beyond,” *Materials*, vol. 13, no. 3, p. 801, Feb. 2020, doi: 10.3390/ma13030801.
145. H. Wang and B. Friedrich, “Development of a Highly Efficient Hydrometallurgical Recycling Process for Automotive Li-Ion Batteries,” *Journal of Sustainable Metallurgy*, vol. 1, no. 2, pp. 168–178, Apr. 2015, doi: 10.1007/s40831-015-0016-6.
146. “Digatron > Products > Laboratory > Cyclor > HV packs > EVT-IGBT,” [www.digatron.com. https://www.digatron.com/en-us/Products/Laboratory/Cyclor/HV-packs/EVT-IGBT](https://www.digatron.com/en-us/Products/Laboratory/Cyclor/HV-packs/EVT-IGBT) (accessed Apr. 12, 2021).
147. “Regenerative Battery Pack Test Equipment,” Arbin Instruments. <https://www.arbin.com/products/battery-test-equipment/pack-testing/> (accessed Apr. 12, 2021).

148. “Regenerative Battery Pack Test System Model 17040,” *RegenerativeBatteryPackTestSystemModel17040*. https://www.chromaate.com/eu/product/regenerative_battery_pack_test_system_17040_219 (accessed Apr. 12, 2021).
149. “AVL E-STORAGE BTE™,” AVL. <https://www.avl.com/-/avl-e-storage-bte> (accessed Apr. 12, 2021).
150. “<https://www.haidatestequipment.com/>,” *www.haidatestequipment.com*. <https://www.haidatestequipment.com/> (accessed Apr. 18, 2021).
151. “Investigation of the potential for an automated disassembly process of BEV batteries,” *Procedia CIRP*, vol. 98, pp. 559–564, Jan. 2021, doi: 10.1016/j.procir.2021.01.151.
152. V. Henze, “Battery Pack Prices Cited Below \$100/kWh for the First Time in 2020, While Market Average Sits at \$137/kWh,” *BloombergNEF*, Dec. 16, 2020. <https://about.bnef.com/blog/battery-pack-prices-cited-below-100-kwh-for-the-first-time-in-2020-while-market-average-sits-at-137-kwh/>.
153. “The Second-Life of Used EV Batteries,” *The Equation*, May 27, 2020. <https://blog.ucsusa.org/hanjiro-ambrose/the-second-life-of-used-ev-batteries/> (accessed Jul. 09, 2021).
154. J. Neubauer, K. Smith, E. Wood, and A. Pesaran, “Identifying and Overcoming Critical Barriers to Widespread Second Use of PEV Batteries,” 2015. Accessed: Sep. 10, 2020. [Online]. Available: <https://www.nrel.gov/docs/fy15osti/63332.pdf>.
155. “London Metal Exchange: Home,” *Lme.com*, 2019. <https://www.lme.com/>.
156. “LITHIUM-ION BATTERY RECYCLING - MARKET UPDATE,” *www.yole.fr*. http://www.yole.fr/Li-ionBatteryRecycling_MarketUpdate.aspx (accessed Jul. 09, 2021).
157. “Fleet Business #6,” *FlippingBook*. <https://fleetnews.gr/FLEETBUSINESS06/10/> (accessed Jun. 09, 2021).
158. E. Woollacott, “Electric cars: What will happen to all the dead batteries?” *BBC News*, Apr. 26, 2021.
159. *Chemengonline.com*, 2021. <https://www.chemengonline.com/wp-content/uploads/2021/04/0421-che-hires-41-fig2.jpg> (accessed Jul. 09, 2021).
160. D. Hall and N. Lutsey, “Effects of battery manufacturing on electric vehicle life-cycle greenhouse gas emissions,” 2018. [Online]. Available: https://theicct.org/sites/default/files/publications/EV-life-cycle-GHG_ICCT-Briefing_09022018_vF.pdf.