



ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ ΚΡΗΤΗΣ
TECHNICAL UNIVERSITY OF CRETE

ΑΝΑΛΥΣΗ ΚΟΣΤΟΥΣ-ΟΦΕΛΟΥΣ ΓΙΑ ΟΙΚΟΝΟΜΙΚΟΤΕΧΝΙΚΗ ΑΠΟΤΙΜΗΣΗ ΑΝΑΚΤΗΣΗΣ ΚΡΙΣΙΜΩΝ ΠΡΩΤΩΝ ΥΛΩΝ ΑΠΟ ΑΠΟΒΛΗΤΑ ΗΛΕΚΤΡΙΚΟΥ ΚΑΙ ΗΛΕΚΤΡΟΝΙΚΟΥ ΕΞΟΠΛΙΣΜΟΥ (ΑΗΗΕ)

Τριμελής Επιτροπή
Αραμπατζής Γεώργιος
Εμμανουήλ Βαρουχάκης
Δοϊτσίδης Ελευθέριος

Διπλωματική Εργασία Παναγιώτης Μαχαίρας

Ευχαριστίες

Θα ήθελα να εκφράσω ένα βαθύ ευχαριστώ στον καθηγητή μου κ. Γεώργιο Αραμπατζή που διέθεσε πολύτιμο χρόνο με οδηγίες συμβουλές και εξηγήσεις για να πραγματοποιηθεί η παρούσα διπλωματική εργασία.

Επίσης θα ήθελα να ευχαριστήσω τον συν επιβλέποντα καθηγητή κ. Εμμανουήλ Βαρουχάκη.

Τέλος θα ήθελα να ευχαριστήσω την οικογένεια μου για την υπομονή και την στήριξη που μου προσέφεραν όλα αυτά τα χρόνια για την ολοκλήρωση των σπουδών μου.

Πίνακας περιεχομένων

Ευχαριστίες.....	1
Πίνακας περιεχομένων	2
Εικόνες	3
Πίνακες.....	3
Διαγράμματα.....	4
Ακρωνύμια / Συντομογραφίες	6
Περίληψη	7
Abstract.....	7
1.Εισαγωγή.....	8
1 Θεωρητική Προσέγγιση Ανάκτησης Κρίσιμων και άλλων Μετάλλων από ΑΗΗΕ	11
1.1 Κοινοτική και Εθνική Νομοθεσία.....	11
1.1.1 Κυκλική Οικονομία	11
1.1.2 Νομοθεσίες.....	13
1.2 Κρίσιμες Πρώτες Ύλες και άλλα Μέταλλα	16
2.2.1.Φωτοβολταϊκά (PV)	17
2.2.2.Προηγμένη τεχνολογία μπαταριών ιόντων λιθίου (Li-ion).....	23
2.2.3. Ανεμογεννήτριες	25
2.2.4 Ηλεκτρικά οχήματα.....	28
2.2.5 Απόβλητα από Ηλεκτρικό και ηλεκτρονικό εξοπλισμό (WEEE).....	30
2.3. Σκοπός Εφαρμογής Ανάλυσης Κόστους Απόδοσης (CBA-Framework) και Στόχοι 32	
3.Εργονομικός Σχεδιασμός και Οικονομική Αποτίμηση	37
3.1. Βιομηχανική Κλίμακα -Εργονομικός Σχεδιασμός.....	37
3.2. Βιομηχανική Κλίμακα και Απαιτήσεις	40
3.2.1. Βιομηχανικό μεταλλικό κτίριο και λοιπά	40
3.2.2. Μηχανολογικός εξοπλισμός	40
3.2.3. Κόστος εργασιών εγκατάστασης	40
3.2.4. Απρόβλεπτα	40
3.2.5. Συνολική αποτίμηση Κόστους Εγκατάστασης	41
3.3 Οικονομοτεχνική Αποτίμηση – Ανάλυση	42
3.3.1. Εναλλακτική διαχείριση	42
3.3.2. Λειτουργικό κόστος εγκατάστασης.....	44
3.3.3. Παρουσίαση Ολικού Επενδυτικού Σχεδίου - Ταμειακές Ροές.....	46
4.Παρουσίαση Αποτελεσμάτων και Συζήτηση	52

4.1. Ετήσιες ταμειακές ροές (Net Cash Flow NCF _t) με Χρηματική Αξία	52
4.2. Οικονομετρικοί Δείκτες Βιωσιμότητας στα Πλαίσια της Κυκλικής Οικονομίας	54
4.2.1. Δείκτης Οικονομικού Βαθμού Απόδοσης Υλικού – Economic Rate of Return-ERR	54
4.2.2. Δείκτης Οικονομικού Βαθμού Απόδοσης – Benefit to Cost Ratio (B/C).....	58
4.2.3. Δείκτης Εσωτερικού Βαθμού Απόδοσης – Internal Rate of Return (IRR).....	60
5. Συμπεράσματα.....	63
5.1. Γενικά Συμπεράσματα	63
5.2. Συμπεράσματα για Εργονομικό Σχεδιασμό, Κόστη και Ταμειακές Ροές	64
5.3. Συμπεράσματα για τις Ταμειακές Εκροές.....	64
5.4. Συμπεράσματα για τις Ταμειακές Εισροές	65
5.5. Συμπεράσματα Εφαρμοσμένης Μεθοδολογίας Ανάλυσης Κόστους Οφέλους και Οικονομετρικοί Δείκτες Βιωσιμότητας ERR, B/C, IRR.....	66
5.6. Επίλογος	67
Βιβλιογραφία	68
Παραρτήματα.....	72

Εικόνες

Εικόνα 1 Διάγραμμα κυκλικής οικονομίας με βάση την ΕΕ (2).....	12
Εικόνα 2 Διάγραμμα Βιώσιμης Ανάπτυξης.....	12
Εικόνα 3 Πυραμίδα ιεράρχησης αποβλήτων (2)	13
Εικόνα 4 Φωτοβολταϊκό πάρκο	17
Εικόνα 5 Πρώτες ύλες που χρησιμοποιούνται στις φωτοβολταϊκές (PV) τεχνολογίες (1)	19
Εικόνα 6 Ετήσια Εγκατάσταση Φωτοβολταϊκών Πάνελ σε χώρες της ΕΕ (9)	20
Εικόνα 7 Ετήσια παραγόμενη ισχύς από φωτοβολταϊκά πάνελ σε χώρες της ΕΕ (9)	20
Εικόνα 8 Κρίσιμα μέταλλα που χρησιμοποιούνται σε μπαταρίες (1)	24
Εικόνα 9 Αιολικό πάρκο	26
Εικόνα 10 Πρώτες ύλες που χρησιμοποιούνται σε ανεμογεννήτριες (3)	27
Εικόνα 11 Λίστα Κρίσιμων και Στρατηγικών μετάλλων (3)	72

Πίνακες

Πίνακας 1 Πιθανά κρίσιμα μέταλλα φωτοβολταϊκών και λόγοι κρισιμότητας (10)	21
Πίνακας 2 Κατηγορίες ΑΗΗΕ του προτεινόμενου Εργονομικού Σχεδιασμού σύμφωνα με την ΚΥΑ Αριθ. Η.Π. 23615/651/Ε.103 ΦΕΚ 1184 Β' 09.05.2014	37
Πίνακας 3 Πίνακας Ενδεικτικός μηχανολογικού εξοπλισμού.....	40
Πίνακας 4 Συνολική αποτίμηση κόστους εγκατάστασης.....	41
Πίνακας 5 Πίνακας επιχορήγησης εναλλακτικής διαχείρισης (53)	44

Πίνακας 6 Αποτίμηση Κόστους Ενέργειας χρησιμοποιούμενου μηχανικού εξοπλισμού. .45	
Πίνακας 7 Εκροές ανά Έτος (€/Έτος)	47
Πίνακας 8 Χρηματική Αξία Ανακτώμενου Μεταλλικού Μίγματος-Σταθμικός Συντελεστής- Πρακτικά Εκτιμώμενη Χρηματική Αξία για κάθε έτος Λειτουργίας	49
Πίνακας 9 Εισροές ανά έτος (€/έτος)	51
Πίνακας 10 Αρχική- Τελική Χρηματική Αξία Υλικού και Δείκτης ERR	54
Πίνακας 11 Επαλήθευση Εγκυρότητας Δείκτη ERR	57
Πίνακας 12 Ετήσιες Ταμειακές Ροές, Ετήσιο Κέρδος και Δείκτης B/C.....	58
Πίνακας 13 Ισοζύγιο Ταμειακών Ροών και Εκτίμηση Δείκτη IRR	60
Πίνακας 14 Επαλήθευση Εγκυρότητας Δείκτη IRR=66%, Ταμειακές Ροές και Καθαρή Παρούσα Αξία	61
Πίνακας 15 Κατάλογος χρηματικών εισφορών εναλλακτικής διαχείρισης προϊόντων ΗΗΕ(63)	73
Πίνακας 16 Υπόδειγμα οικονομικής προσφορά (64)	74
Πίνακας 17 Υπόδειγμα οικονομικής προσφοράς (52).....	75
Πίνακας 18 Πίνακας εισφορών παραγωγών στο ΣΣΕΔ Ε.Π.ΕΝ.ΔΙ.ΣΥΣ Re-Battery Α.Ε.	76

Διαγράμματα

Διάγραμμα 1 Πλεονεκτήματα φωτοβολταϊκών πάνελ.....	18
Διάγραμμα 2 Ζήτηση Κρίσιμων Πρώτων Υλών σε Ηλιακά Πάνελ (σε τόνους)	22
Διάγραμμα 3 Πλεονεκτήματα μπαταριών Ιόντων λιθίου (Li-ion).....	23
Διάγραμμα 4 Ζήτηση Κρίσιμων Πρώτων Υλών σε συσκευές αποθήκευσης ενέργειας (σε τόνους).....	25
Διάγραμμα 5 Ζήτηση Κρίσιμων Πρώτων υλών σε ανεμογεννήτριες (σε τόνους)	27
Διάγραμμα 6 Ζήτηση Κρίσιμων Πρώτων Υλών σε ηλεκτρικά οχήματα (σε τόνους)	29
Διάγραμμα 7 Διεργασίες Οικονομοτεχνικής Ανάλυσης μέσω της CBA (46)	35
Διάγραμμα 8 Βήματα μεθοδολογίας καθορισμού ταμειακών ροών (46)	36
Διάγραμμα 9 Ετήσια Καθαρή Παρούσα Αξία (Net Cash Flow NCF _t) για 10 έτη λειτουργίας	53
Διάγραμμα 10 Κλιμάκωση Δείκτη ERR για 10 Έτη λειτουργίας.....	55
Διάγραμμα 11 Ετήσια Κλιμάκωση Δείκτη Κόστους Οφέλους B/C, Ετήσιες Ταμειακές Ροές και Ετήσιο Κέρδος	59
Διάγραμμα 12 Κλιμάκωση Net Present Value-NPV, Net Cash Flow-NCF, και Ταμειακών Ροών σε σχέση με τα έτη Λειτουργίας.....	62
Διάγραμμα Ροής 1 Γραμμή παραγωγής για επεξεργασία ΑΗΗΕ (49) (50) (51)	39

Ακρωνύμια / Συντομογραφίες

4RS	Reduce, Reuse, Recycle, and Recover
B/C	Benefit to Cost
BAU	Business As Usual
CBA	Cost benefit Analysis
CRMS	Critical Raw Materials
DC	Direct Current
ENPV	Economic Net Present Value
ERR	Economic Rate of Return
EVS	Electric Vehicles
GHG	Greenhouse Gas
HEVS	Hybrid Electric Vehicles
IRR	Internal Rate of Return
LCO	Lithium Cobalt Oxide
LI-ION	Lithium-ion battery
MWP	Megawatt Peak
NCA	Nickel-Cobalt-Aluminum
NCF _T	Net Cash Flow
NMC	Nickel-Manganese-Cobalt
PLC	Programmable Logic Controller
PV	Photovoltaics
REES	Rare Earth Elements
SRMS	Secondary Raw Materials
WEEE	Waste from Electrical and Electronic Equipment

ΑΕΠ	Ακαθάριστο Εγχώριο Προϊόν
ΑΗΗΕ	Απόβλητα Ηλεκτρικού και Ηλεκτρολογικού Εξοπλισμού
ΑΠΕ	Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας
ΑΣΕΔ	Ατομικό Σύστημα Εναλλακτικής Διαχείρισης
ΕΕ	Ευρωπαϊκή Ένωση
ΕΚ	Ευρωπαϊκό Κοινοβούλιο
ΕΜΠΑ	Εθνικό Μητρώο Παραγωγών
ΕΟΑΝ	Ελληνικός Οργανισμός Ανακύκλωσης
ΗΗΕ	Ηλεκτρικός και Ηλεκτρονικός Εξοπλισμός
ΚΥΑ	Κοινή Υπουργική Απόφαση
ΣΣΕΔ	Συλλογικό Σύστημα Εναλλακτικής Διαχείρισης
ΦΕΚ	Φύλλο Εφημερίδας της Κυβέρνησης,
ΧΥΤΑ	Χώρος Υγειονομικής Ταφής Αποβλήτων

Περίληψη

Η παρούσα διπλωματική εργασία εστιάζει στην οικονομοτεχνική αποτίμηση διεργασιών ανάκτησης των κρίσιμων πρώτων υλών που περιέχονται στα παραγόμενα απόβλητα ηλεκτρονικού και ηλεκτρολογικού εξοπλισμού. Εστιάζοντας παράλληλα α) στις βιομηχανικές απαιτήσεις της Πράσινης Μετάβασης και β) στις αντίστοιχες απαιτήσεις που τεκμαίρονται από τον αντίστοιχο ευρωπαϊκό οδηγό επενδύσεων προκειμένου να ενισχυθεί η πολιτική (4Rs) της Πράσινης Συμφωνίας σε πρακτικό επίπεδο, δομείται η παρουσιαζόμενη ανάλυση κόστους-ωφελείας. Δεδομένου ότι διανύουμε μια περίοδο διαρκώς αυξανόμενης ζήτησης κρίσιμων πρώτων υλών ενώ παράλληλα εντοπίζεται κίνδυνος στην εφοδιαστική τους αλυσίδα, στόχος της ανάλυσης κόστους-οφέλους είναι να αποτιμήσει τον βαθμό βιωσιμότητας για τις διεργασίες ανάκτησης και επαναχρησιμοποίησης αυτών. Με βάση έναν ενδεικτικό εργονομικό σχεδιασμό για την ανάκτηση κρίσιμων πρώτων υλών από απόβλητα ηλεκτρολογικού και ηλεκτρονικού εξοπλισμού (ΑΗΗΕ) παρουσιάζεται η μεθοδολογία υπολογισμού του συνολικού κόστους εγκατάστασης και λειτουργίας. Ακολουθώς αποτιμάται το εκτιμώμενο κέρδος από την διάθεση των ανακτηθέντων κρίσιμων πρώτων υλών και πάλι στην αγορά για κάλυψη των βιομηχανικών αναγκών. Τέλος παρουσιάζονται οικονομοτεχνικοί δείκτες απόδοσης και συμπεράσματα που υποστηρίζουν την ενίσχυση του σχεδίου δράσης ανάκτησης ανακύκλωσης και επαναχρησιμοποίησης κρίσιμων πρώτων υλών ενώ παράλληλα συντελούν στην μείωση του όγκου παραγόμενων αποβλήτων στα πλαίσια της Βιώσιμης Ανάπτυξης.

Abstract

This thesis focuses on the economic and technical assessment of recovery processes for critical raw materials in the generated electronic and electrical equipment waste. Focusing at the same time on a) the industrial requirements of Green Transition and b) the corresponding requirements implied by the respective European investment guide in order to strengthen the policy (4Rs) of the Green Deal at a practical level, the presented cost-benefit analysis is structured. Given that we are going through a period of constantly increasing demand for critical raw materials, while at the same time, a risk is identified in their supply chain, the aim of the cost-effective analysis is to assess the degree of sustainability for the recovery and reuse processes. Based on an indicative ergonomic design for the recovery of critical raw materials from waste electrical and electronic equipment (WEEE), the methodology for calculating the total installation and operation costs is presented. Subsequently, the estimated profit from the disposal of the recovered critical raw materials back on the market to meet industrial needs is evaluated. Finally, economic and technical performance indicators and conclusions are presented that support the strengthening of the action plan for the recovery, recycling, and reuse of critical raw materials while at the same time contributing to the reduction of the volume of waste generated in the context of Sustainable Development.

1.Εισαγωγή

Σήμερα διανύουμε μια περίοδο διαρκώς αυξανόμενης ζήτησης προϊόντων ηλεκτρολογικών και ηλεκτρονικών εργαλείων και μέσων στην παραγωγή των οποίων χρησιμοποιούνται πέραν των συμβατικών υλικών (αλουμίνιο, χαλκός, σίδηρος κλπ.) και κρίσιμες πρώτες ύλες (νικέλιο, γερμάνιο, λίθιο, γάλλιο, τιτάνιο, γραφίτης κλπ.). Ενδεικτικά οι χρησιμοποιούμενες κρίσιμες πρώτες ύλες αναφέρονται στο Παράρτημα Ι.

Η παραγωγή των προ αναφερόμενων προϊόντων πρέπει να συμβαδίζει με την Ευρωπαϊκή Πράσινη Συμφωνία η οποία αποσκοπεί στη δημιουργία μιας πιο καθαρής, υγιέστερης και κλιματικά ουδέτερης Ευρώπης μέσα από τον μετασχηματισμό του τρόπου με τον οποίο παράγουμε και καταναλώνουμε. Οι βασικοί στόχοι της Ευρωπαϊκής Πράσινης Συμφωνίας είναι: α) Κλιματική Ουδετερότητα, β) Κυκλική Οικονομία, γ) Καθαρή βιομηχανία, δ) Πιο Υγιές Περιβάλλον, ε) Πιο βιώσιμη Γεωργία, στ) Κλιματική Δικαιοσύνη και Ισότητα.

Ιδιαίτερα η Κυκλική Οικονομία στοχεύει στην δημιουργία ενός νέου οικονομικού μοντέλου στο οποίο τα προϊόντα επαναχρησιμοποιούνται, επισκευάζονται και ανακυκλώνονται, με αποτέλεσμα τη μείωση των αποβλήτων και τη διατήρηση των πόρων.

Οι νέες τεχνολογίες (πληροφορικής, επικοινωνιών, παραγωγής μεταφοράς και αποθήκευσης ηλεκτρικής ενέργειας κλπ.) και τα νέα υψηλής τεχνολογίας προϊόντα που συνεχώς βελτιώνονται δεν θα μπορούσαν να είχαν παραχθεί εάν δεν γινόταν χρήση κρίσιμων και στρατηγικών μετάλλων.

Στα κρίσιμα μέταλλα (νικέλιο, γάλλιο, μαγγάνιο, γερμάνιο, λίθιο κλπ.) ανήκουν και οι Σπάνιες Γαίες που βρίσκονται στον περιοδικό πίνακα ως η ομάδα των λανθανίδων αποτελούνται από 15 στοιχεία (λανθάνιο, δημήτριο, πρασεοδύμιο, νεοδύμιο, προμήθειο, σαμάριο, ευρώπιο, γαδολίνιο, τέρβιο, δυσπρόσιο, χόλμιο, έρβιο, θούλιο, υττέρβιο και λουτέτιο). Συνήθως, στις σπάνιες γαίες συμπεριλαμβάνεται και το ύτριο (Y) και το σκάνδιο (Sc). Τα στοιχεία σπάνιων γαιών είναι μέταλλα που λόγω της ηλεκτρονικής τους δομής, έχουν ιδιαίτερες φυσικές και χημικές ιδιότητες, ενώ επειδή πολλά από αυτά πωλούνται ως ενώσεις οξειδίων πολλές φορές αναφέρονται ως οξειδία σπάνιων γαιών.

Τα κρίσιμα μέταλλα (Critical Raw Materials CRMs) και ειδικότερα οι σπάνιες γαίες (Rare Earth Elements REEs) λόγω των ιδιοτήτων τους είναι απαραίτητα σε πάρα πολλές εφαρμογές της σύγχρονης τεχνολογίας και έχουν καταστεί γεωπολιτικό πλεονέκτημα για τις χώρες που τα διαθέτουν. Για παράδειγμα, κοιτάσματα REE διαθέτουν πολλές χώρες, όμως η Κίνα έχει σχεδόν το μονοπώλιο παραγωγής REE, μιας και κατέχει σήμερα το 55% της παγκόσμιας αγοράς.

Στην Ελλάδα λόγω της πλούσιας γεωλογικής της δομής, υπάρχουν ενδείξεις ύπαρξης κοιτασμάτων με REE. Έχουν εντοπισθεί από έρευνες στην Βόρεια Ελλάδα όπως στο παράκτιο μέτωπο και στην υφαλοκρηπίδα της Ανατολικής Μακεδονίας και Θράκης. Επίσης ελπιδοφόρες ενδείξεις έχουν εντοπισθεί στις παραθαλάσσιες ζώνες των Κυκλάδων και στα κοιτάσματα Βωξίτη στην Κεντρική Ελλάδα. Πρέπει όμως να

επισημανθεί πως απαιτείται περαιτέρω συστηματική έρευνα για να εξακριβωθεί κατά πόσο αυτές οι μεταλλοφορίες REE, είναι οικονομικά αξιοποιήσιμες και περιβαλλοντικά διαχειρίσιμες.

Ο όρος «Κρίσιμες Πρώτες Ύλες» αποδίδεται βασιζόμενος σε δύο κύριες μεταβλητές:

1. τον Κίνδυνο στην εφοδιαστική αλυσίδα (Supply Risk), δηλαδή δυσκολία στην ανίχνευση-εντοπισμό και εξόρυξη εξ' αιτίας της σπανιότητας του κοιτάσματος και των περιβαλλοντικών δεσμεύσεων που προκύπτουν από την Ευρωπαϊκή Πράσινη Συμφωνία και άλλων σχετικών νομοθετικών ρυθμίσεων, αντίστοιχα.
2. την Οικονομική Σημασία (Economic Importance), δηλαδή η οικονομική αξία των εν λόγω πρώτων υλών εξ' αιτίας της σπανιότητάς εξόρυξής τους και του εντοπισμού τους παγκοσμίως σε λίγες σχετικά χώρες. Οι χώρες αυτές συνήθως εκμεταλλεύονται τα κοιτάσματά τους έχοντας αντίκτυπο σε γεωπολιτικά ζητήματα, διακρατικές και οικονομικές συμφωνίες.

Προκειμένου, να εκμηδενιστούν στο ελάχιστο δυνατό οι προαναφερθέντες κίνδυνοι (Supply Risk, Economic Importance) σε συνδυασμό με τις περιβαλλοντικές δεσμεύσεις που απορρέουν από τη Βιώσιμη Ανάπτυξη και την Κυκλική Οικονομία, η Ευρωπαϊκή Ένωση (ΕΕ) έχει θεσπίσει με οδηγίες και αποφάσεις την ανάκτηση και επαναχρησιμοποίηση των στρατηγικών και κρίσιμων μετάλλων. Η επίτευξη του στόχου αυτού πραγματοποιείται από διαδικασίες ανάκτησης των κρίσιμων και στρατηγικών πρώτων υλών που περιέχονται στα παραγόμενα προϊόντα μετά τον κύκλο ζωής τους όπου αυτά καθίστανται απόβλητα.

Με στόχο την βιώσιμη ανάπτυξη και την απεξάρτηση ,σε κάποιο βαθμό, από την χρήση πρωτογενών πρώτων υλών για την παραγωγή CRMs και ανεύρεση σπάνιων γαιών που έχουν σημαντική περιβαλλοντική επιβάρυνση, η ΕΕ με τις διάφορες οδηγίες αποφάσεις και κανονισμούς επιβάλλει την ανάκτηση των CRMs από συσσωρευτές, συσκευές ανανεώσιμων πηγών ενέργειας(ΑΠΕ) και απόβλητα ηλεκτρικού και ηλεκτρολογικού εξοπλισμού (ΑΗΗΕ) μετά το τέλος του κύκλου ζωής τους στα πλαίσια της Κυκλικής Οικονομίας .

Η παρούσα διπλωματική εργασία εστιάζει στην οικονομοτεχνική αποτίμηση διεργασιών ανάκτησης των κρίσιμων πρώτων υλών CRMs που περιέχονται στα παραγόμενα απόβλητα ηλεκτρονικού και ηλεκτρολογικού εξοπλισμού, παρουσιάζοντας την ανάλυση κόστους-απόδοσης/ωφελείας σε πρακτικό επίπεδο. Παράλληλα εστιάζει :α) στις βιομηχανικές απαιτήσεις της Πράσινης Μετάβασης και β) στις αντίστοιχες απαιτήσεις που τεκμαίρονται από τον αντίστοιχο ευρωπαϊκό οδηγό επενδύσεων προκειμένου να ενισχυθεί η πολιτική (4Rs) της Ευρωπαϊκής Πράσινης Συμφωνίας (Green Deal).

Στόχος της ανάλυσης κόστους-απόδοσης είναι να αποτιμήσει τον βαθμό βιωσιμότητας για τις διεργασίες ανάκτησης και επαναχρησιμοποίησης αυτών. Με βάση έναν ενδεικτικό εργονομικό σχεδιασμό για την ανάκτηση κρίσιμων πρώτων υλών από απόβλητα ηλεκτρολογικού και ηλεκτρονικού εξοπλισμού (ΑΗΗΕ) παρουσιάζεται η μεθοδολογία υπολογισμού του συνολικού κόστους εγκατάστασης και λειτουργίας.

Ακολουθώς αποτιμάται το εκτιμώμενο κέρδος από την διάθεση των ανακτηθέντων κρίσιμων πρώτων υλών και πάλι στην αγορά για κάλυψη των βιομηχανικών αναγκών.

Η διπλωματική εργασία δομείται από τα παρακάτω κεφάλαια: 1) Εισαγωγή, 2) Θεωρητική Προσέγγιση, 3) Παρουσίαση Ενδεικτικού Εργονομικού Σχεδιασμού για Ανάκτηση CRMs από ΑΗΗΕ (WEEE) και οικονομοτεχνική αποτίμηση αυτού, 4) Παρουσίαση Αποτελεσμάτων και Συζήτηση, 5) Συμπεράσματα .

Τελικός στόχος είναι η παρουσίαση των οικονομοτεχνικών δεικτών απόδοσης οι οποίοι οδηγούν στο γενικό συμπέρασμα που αφορά στην οικονομική βιωσιμότητα απόδοσης του προτεινόμενου έργου. Με βάση το γενικό συμπέρασμα επαληθεύεται η πολιτική του σχεδίου δράσης ανάκτησης ανακύκλωσης και επαναχρησιμοποίησης κρίσιμων πρώτων υλών, ενώ παράλληλα αποδεικνύεται ότι το όλο εγχείρημα δύναται να καταστεί οικονομικά βιώσιμο για την εκάστοτε εταιρία/φορέα/οργανισμό το εφαρμόζει. Αξίζει να σημειωθεί ότι η καινοτομία της παρούσας διπλωματικής εργασίας έγκειται στην δημιουργία ενός χρηματοοικονομικού εργαλείου για την αξιολόγηση του εκάστοτε όμοιου εγχειρήματος (Ανάκτηση Μετάλλων από ΑΗΗΕ) αποτιμώντας το κόστος και την απόδοση του.

1 Θεωρητική Προσέγγιση Ανάκτησης Κρίσιμων και άλλων Μετάλλων από ΑΗΗΕ

1.1 Κοινοτική και Εθνική Νομοθεσία

1.1.1 Κυκλική Οικονομία

Νέο Σχέδιο Δράσης για την Κυκλική Οικονομία

Τον Μάρτιο του 2020 η Ευρωπαϊκή Επιτροπή παρουσίασε το νέο Σχέδιο Δράσης της Ευρωπαϊκής Ένωσης για την κυκλική οικονομία, που αποτελεί έναν από τους κύριους πυλώνες της Ευρωπαϊκής Πράσινης Συμφωνίας. Το νέο ευρωπαϊκό σχέδιο δράσης εστιάζει σε τομείς με αυξημένη χρήση πόρων και υψηλό δυναμικό κυκλικότητας, όπως, και μεταξύ άλλων, τα ηλεκτρονικά, οι μπαταρίες, τα οχήματα, οι συσκευασίες, τα πλαστικά, κλωστοϋφαντουργικά προϊόντα, οι κατασκευές, τα τρόφιμα, τα ύδατα και οι θρεπτικές ύλες.

Η Κυκλική Οικονομία είναι ένα μοντέλο παραγωγής και κατανάλωσης που αποσκοπεί στην αύξηση της αποδοτικότητας των πρώτων υλών, μέσω της χρήσης των υλικών για μεγαλύτερο χρονικό διάστημα, με παράλληλη ελαχιστοποίηση της χρήσης των πόρων που χρησιμοποιούνται στη παραγωγική διαδικασία.

Στην πράξη, η Κυκλική Οικονομία υποδηλώνει τη μείωση των αποβλήτων στο ελάχιστο δυνατό επίπεδο, στοχεύοντας στη διατήρηση της αξίας των προϊόντων, των υλικών και των πόρων για όσο το δυνατόν περισσότερο, επιστρέφοντάς τα στον κύκλο του προϊόντος μέχρι το τέλος της χρήσης τους. Έτσι, όταν ένα προϊόν φτάνει στο τέλος της ζωής του, τα υλικά κατασκευής του διατηρούνται μέσα στην οικονομία για να χρησιμοποιηθούν ξανά και ξανά, δημιουργώντας προστιθέμενη αξία στο προϊόν .

Η κυκλική οικονομία είναι ένα οικονομικό μοντέλο το οποίο έρχεται ως απάντηση στη φιλοδοξία για αειφόρο ανάπτυξη, το οποίο περιλαμβάνει την ανταλλαγή, εκμίσθωση, επαναχρησιμοποίηση, επισκευή, ανακαίνιση και ανακύκλωση υπαρχόντων υλικών και προϊόντων στο μεγαλύτερο δυνατό βαθμό. Με αυτόν τον τρόπο, ό,τι προηγουμένως θεωρείτο ως “απόβλητο”, τώρα δύναται να μετατραπεί σε πρώτη ύλη, συμβάλλοντας ουσιαστικά στην επέκταση του κύκλου ζωής των προϊόντων και στην επίτευξη μιας βιώσιμης ανάπτυξης. Παρακάτω παρουσιάζονται διαγράμματα για την Κυκλική Οικονομία και την Βιώσιμη ανάπτυξη. (1)



Εικόνα 1 Διάγραμμα κυκλικής οικονομίας με βάση την ΕΕ (2)



Εικόνα 2 Διάγραμμα Βιώσιμης Ανάπτυξης

1.1.2 Νομοθεσίες

Το νέο ευρωπαϊκό σχέδιο δράσης λαμβάνει υπόψιν τις παρακάτω βασικές οδηγίες αποφάσεις και κανονισμούς :

1. Η βασική κοινοτική οδηγία για την διαχείριση των αποβλήτων είναι η 2008/98/ΕΚ του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου και του συμβουλίου της 19ης Νοεμβρίου 2008 για τα απόβλητα και την κατάργηση ορισμένων οδηγιών. Τα κύρια σημεία της οδηγίας είναι :

α) Ιεραρχία στην διαχείριση των αποβλήτων,



Εικόνα 3 Πυραμίδα ιεράρχησης αποβλήτων (2)

- β) Προετοιμασία για επαναχρησιμοποίηση και ανακύκλωση
γ) Ανάκτηση
δ) Διευρυμένη ευθύνη του παραγωγού
ε) Προστασία της ανθρώπινης υγείας και του περιβάλλοντος
2. Οδηγία 2012/19/ΕΕ του ευρωπαϊκού κοινοβουλίου και του συμβουλίου της 4ης Ιουλίου 2012 σχετικά με τα απόβλητα ηλεκτρικού και ηλεκτρονικού εξοπλισμού (ΑΗΗΕ). Τα κύρια σημεία της οδηγίας είναι :
 - α) Χωριστή συλλογή των ΑΗΗΕ
 - β) Ενδεδειγμένη επεξεργασία
 - γ) Στόχοι ανάκτησης
 - δ) Παραρτήματα Ι έως ΙΧ στα οποία αναφέρονται : κατηγορίες των ΑΗΗΕ, κατάλογος ΑΗΗΕ, στόχοι ανάκτησης, επιλεκτική επεξεργασία των ΑΗΗΕ και τεχνικές απαιτήσεις.
 3. Οδηγία (ΕΕ) 2024/884 του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου και του συμβουλίου της 13ης Μαρτίου 2024 για την τροποποίηση της οδηγίας 2012/19/ΕΕ σχετικά με τα απόβλητα ειδών ηλεκτρικού και ηλεκτρονικού εξοπλισμού (ΑΗΗΕ) με την

- οποία δημιουργείται νέα κατηγορία ΑΗΗΕ για τα φωτοβολταϊκά πλαίσια και την διαχείριση τους.
4. Οδηγία (ΕΕ) 2018/851 του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου και του συμβουλίου της 30ής Μαΐου 2018 για την τροποποίηση της οδηγίας 2008/98/ΕΚ για τα απόβλητα. Με την οδηγία επέρχονται βελτιώσεις της οδηγίας 2008/98.
 5. Κανονισμός (ΕΕ) 2023/1542 σχετικά με τις μπαταρίες και τα απόβλητα μπαταριών. Ο Κανονισμός (ΕΕ) 2023/1542 αφορά τις μπαταρίες και τα απόβλητα μπαταριών στην Ευρωπαϊκή Ένωση. Αντικαθιστά την παλαιότερη Οδηγία 2006/66/ΕΚ, θέτοντας νέες απαιτήσεις σε θέματα βιωσιμότητας, ασφάλειας, ιχνηλασιμότητας και κυκλικής οικονομίας για τις μπαταρίες καθ' όλη τη διάρκεια του κύκλου ζωής τους, από τον σχεδιασμό έως τη διαχείριση των αποβλήτων τους.
 6. Νόμος 4819 ΦΕΚ Α' 129/23.7.2021: Ολοκληρωμένο πλαίσιο για τη διαχείριση των αποβλήτων Ενσωμάτωση των Οδηγιών 2018/ 851 και 2018/852 του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου και του Συμβουλίου της 30ής Μαΐου 2018 για την τροποποίηση της Οδηγίας 2008/98/ΕΚ περί αποβλήτων και της Οδηγίας 94/62/ΕΚ περί συσκευασιών και απορριμμάτων συσκευασιών, πλαίσιο οργάνωσης του Ελληνικού Οργανισμού Ανακύκλωσης, διατάξεις για τα πλαστικά προϊόντα και την προστασία του φυσικού περιβάλλοντος, χωροταξικές πολεοδομικές, ενεργειακές και συναφείς επείγουσες ρυθμίσεις.
 7. ΚΥΑ Αριθ. Η.Π. 23615/651/Ε.103 ΦΕΚ 1184 Β' 09.05.2014. 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/ΕΚ «σχετικά με τα απόβλητα ηλεκτρικού και ηλεκτρονικού εξοπλισμού (ΑΗΗΕ)», του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου και του Συμβουλίου της 4ης Ιουλίου 2012 και άλλες διατάξεις.
 8. Υ.Α. ΥΠΕΝ/ΔΝΕΠ/36928/2227/2018, (ΦΕΚ 5459/Β/6.12.2018) «Τροποποίηση της Η.Π. 23615/651/Ε.103/8-5-2014 κοινής υπουργικής απόφασης «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/ΕΚ» σχετικά με τα απόβλητα ηλεκτρικού και ηλεκτρονικού εξοπλισμού (ΑΗΗΕ)», του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου και του Συμβουλίου της 4ης Ιουλίου 2012 και άλλες διατάξεις» (Β' 1184)».
 9. Υ.Α. ΥΠΕΝ/ΔΔΑ/81490/1650/2021 (ΦΕΚ 4382/Β' 22.9.2021) Ενσωμάτωση της Οδηγίας (ΕΕ) 2018/849 του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου και του Συμβουλίου, της 30ής Μαΐου 2018, για την τροποποίηση των οδηγιών 2000/53/ΕΚ για τα οχήματα στο τέλος του κύκλου ζωής τους, 2006/66/ΕΚ σχετικά με τις ηλεκτρικές στήλες και τους συσσωρευτές και τα απόβλητα ηλεκτρικών στηλών και συσσωρευτών, και 2012/19/ΕΕ σχετικά με τα απόβλητα ηλεκτρικού και ηλεκτρονικού εξοπλισμού (L 150), κατά το μέρος αυτής που αφορά στην τροποποίηση της οδηγίας 2012/19/ΕΕ σχετικά με τα απόβλητα ηλεκτρικού και ηλεκτρονικού εξοπλισμού - τροποποίηση της υπό στοιχεία Η.Π. 23615/651/Ε.103/2014 (Β' 1184) κοινής απόφασης των Υπουργών Ανάπτυξης και Ανταγωνιστικότητας και Περιβάλλοντος, Ενέργειας και Κλιματικής Αλλαγής «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/ΕΚ «σχετικά με τα απόβλητα ηλεκτρικού και ηλεκτρονικού εξοπλισμού (ΑΗΗΕ)», του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου και του Συμβουλίου της 4ης Ιουλίου 2012 και άλλες διατάξεις.» (Β' 1184).

1.2 Κρίσιμες Πρώτες Ύλες και άλλα Μέταλλα

Καθώς εκατομμύρια άνθρωποι σε αναδυόμενες οικονομίες υιοθετούν έναν σύγχρονο τρόπο ζωής, η ζήτηση για κρίσιμα μέταλλα αυξάνεται ραγδαία. Εκτός από τη μεγάλη ζήτηση για κρίσιμα μέταλλα, η έλλειψή τους στον φλοιό της Γης, καθώς και η ύπαρξή τους σε λίγες μόνο περιοχές, οδηγούν σε σοβαρή εξάντληση και κινδύνους εφοδιασμού στο μέλλον δημιουργώντας πολιτικά ζητήματα σχετικά με την προμήθειά τους. Πολλοί παράγοντες επηρεάζουν την προσφορά πρώτων υλών . Ένας υψηλός ρυθμός ανάπτυξης, δεν μετατρέπεται άμεσα σε μελλοντική προμήθεια πρώτων υλών. Αυτό εξαρτάται από τη συνολική ισορροπία προσφοράς-ζήτησης. Οι τιμές μπορεί να αυξηθούν λόγω της υψηλής ζήτησης ,καθιστώντας όλα τα έργα εξερεύνησης, εξόρυξης και διύλισης καθώς και την υποκατάσταση και την ανακύκλωση εμπορικά πιο ελκυστική και βιώσιμη . Αντιθέτως, οι επί του παρόντος χαμηλές τιμές για ορισμένα υλικά ενδέχεται να κάνουν τις επενδύσεις μελλοντικά λιγότερο ελκυστικές, δεδομένου ότι αυτές οι επενδύσεις απαιτούν υψηλή επένδυση κεφαλαίου για μεγάλο χρονικό διάστημα. Οι τεχνικές δυνατότητες για την αναβάθμιση των δυνατοτήτων εξόρυξης και διύλισης κατέχουν επίσης σημαντικό ρόλο, όπως και το νομικό πλαίσιο για τις εξορυκτικές δραστηριότητες. Όλοι οι παράγοντες σε συνδυασμό καθορίζουν την «ευελιξία» της προσφοράς για το μέλλον (3).

Η διαμόρφωση της συνολικής ζήτησης για Κρίσιμες Πρώτες Ύλες (CRMs) καθώς και για διάφορα άλλα μέταλλα επιτυγχάνεται μέσω της μερικής ζήτησης που προκύπτει από ξεχωριστές βιομηχανικές ροές. Οι πέντε κύριες βιομηχανικές ροές για την νέα τάξη πραγμάτων στα πλαίσια της πράσινης μετάβασης περιλαμβάνουν την παραγωγή πλήθους ηλεκτρολογικών - ηλεκτρονικών εξαρτημάτων, ηλεκτρικών πλωτών ή επίγειων οχημάτων, ενεργειακών συσσωρευτών, ανανεώσιμων πηγών ενέργειας (ΑΠΕ) (φωτοβολταϊκών συσκευών, ανεμογεννητριών κλπ.), καθώς και ο,ποιοδήποτε τεχνολογικό εξάρτημα δύναται να χρησιμοποιηθεί στην ψηφιοποιημένη εποχή που διανύουμε .

Ένα αυξανόμενο ζήτημα ανησυχίας είναι το κατά πόσο η συνεχής τεχνολογική καινοτομία μπορεί να διατηρηθεί, δεδομένης της συνεχώς μειούμενης διαθέσιμης δεξαμενής φυσικών πόρων. Παρόλο που η γραμμική οικονομία συνέβαλε για πολλά χρόνια στην ταχεία οικονομική ανάπτυξη και την παγκόσμια πρόοδο, πλέον συγκρούεται με τα βιοφυσικά όρια που μπορεί να αντέξει ο πλανήτης. Η «λήψη, κατασκευή και απόρριψη», βασίζεται κυρίως στην διαδικασία εξαγωγής ποιοτικών πόρων από το φυσικό περιβάλλον, τη μετατροπή τους σε προϊόντα με περιορισμένη διάρκεια ζωής και στη συνέχεια, την επιστροφή τους στο περιβάλλον σε υποβαθμισμένη μορφή, με ελάχιστη ανάκτηση πόρων ή αξίας.

Για την αντιμετώπιση του προβλήματος εφοδιασμού, η πιο λογική μέθοδος είναι η αύξηση της απόδοσης ανακύκλωσης και ανάκτησης των δευτερογενών πόρων. Γενικά, όσον αφορά την ανακύκλωση -ανάκτηση κρίσιμων μετάλλων, δύο βασικοί τομείς πρέπει να ληφθούν υπόψη: τα απόβλητα παραγωγής από τη διαδικασία κατασκευής (γνωστά ως «νέα απορρίμματα») και τα προϊόντα στο τέλος του κύκλου ζωής τους. Στις περισσότερες περιπτώσεις, η ανακύκλωση νέων απορριμμάτων είναι πολύ πιο εύκολη σε σύγκριση με τα απόβλητα ηλεκτρικού και ηλεκτρονικού εξοπλισμού (Waste Electrical and Electronic Equipment WEEE). Τα κύρια πλεονεκτήματα είναι α) οι

υψηλότερες συγκεντρώσεις μετάλλων στα νέα απορρίμματα, β) η γνωστή και καθορισμένη προέλευση της παραγωγής αποβλήτων και γ) ο συνεχής σχηματισμός νέων απορριμμάτων. Επί του παρόντος, τα νέα απορρίμματα αποτελούν την κύρια πηγή ανακύκλωσης-ανάκτησης κρίσιμων μετάλλων (4).

Οι κυριότερες πηγές ανάκτησης κρίσιμων πρώτων υλών και άλλων μετάλλων είναι τα ΑΗΗΕ τα οποία παραλαμβάνονται από διάφορες ροές προϊόντων στο τέλος κύκλου ζωής τους όταν αυτά καθίστανται απόβλητα όπως : α) Φωτοβολταϊκά, β) Ανεμογεννήτριες, γ) Ηλεκτρικά οχήματα, δ) Μπαταρίες -Συσσωρευτές (π.χ. Ιόντων Λιθίου κλπ.), ε) Ηλεκτρικά οχήματα, στ) και άλλες μικρές και μεγάλες ηλεκτρικές και ηλεκτρονικές συσκευές (Οικιακός εξοπλισμός, τηλέφωνα, τάμπλετ, υπολογιστές κλπ.).

Στο παρόν κεφάλαιο θα εξεταστούν ενδεικτικά τα ΑΗΗΕ που προέρχονται από φωτοβολταϊκά, ανεμογεννήτριες, μπαταρίες ιόντων λιθίου, ηλεκτρικά οχήματα.

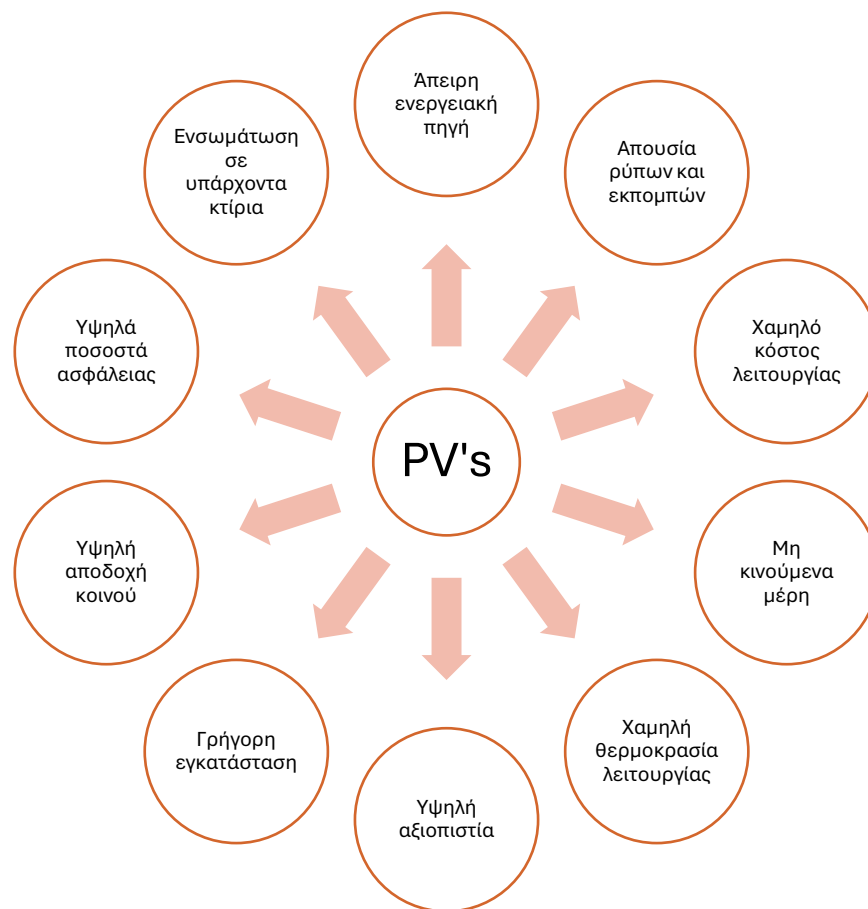
2.2.1.Φωτοβολταϊκά (PV)

Τα Φωτοβολταϊκά κάτοπτρα-συσσωρευτές (Photovoltaics PV) είναι διατάξεις που μετατρέπουν την προσπίπτουσα σε αυτά ηλιακή ενέργεια σε ηλεκτρική, μια τεχνολογία που παράγει συνεχές ρεύμα (DC) το οποίο είτε διοχετεύεται στο δίκτυο είτε αποθηκεύεται σε σύστημα αποθήκευσης – μπαταρίες για να αξιοποιηθεί όταν υπάρχει ζήτηση. Μέσω αυτής της τεχνολογίας γίνεται συνεχόμενη μετατροπή ηλιακής ενέργειας σε ηλεκτρική χωρίς να χρειάζεται επαναφόρτιση όπως μια μπαταρία ή να παρεμβάλλεται κάποια θερμική μηχανή. Είναι απλά στο σχεδιασμό και απαιτούν ελάχιστη συντήρηση, η διάρκεια ζωής του ξεπερνάει τα 20 χρόνια ενώ ορισμένα βρίσκονται σε συνεχή εξωτερική λειτουργία για πάνω από 30 χρόνια .

Μερικά από τα πλεονεκτήματα των PV είναι: α)λειτουργούν ως αυτόνομα συστήματα για απόδοση από μικροβάτ έως μεγαβάτ, β)έχουν μηδενική ρύπανση, γ)έχουν αθόρυβη λειτουργία, δ)μεγάλη διάρκεια ζωής, ε) χαμηλό κόστος λειτουργίας, ζ)γρήγορη εγκατάσταση ενώ η πηγή ενέργειας που καταναλίσκεται είναι μεγάλη και ουσιαστικά άπειρη. Παρακάτω παρουσιάζονται όλα τα πλεονεκτήματα των PV σε μορφή Smart art / διαγράμματος (5) (6) .



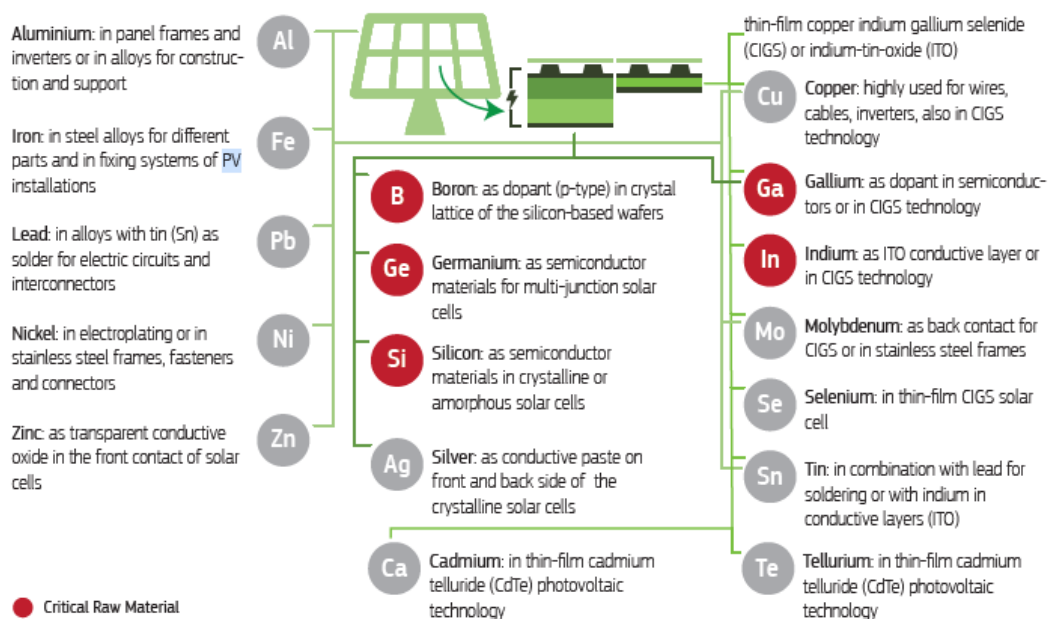
Εικόνα 4 Φωτοβολταϊκό πάρκο



Διάγραμμα 1 Πλεονεκτήματα φωτοβολταϊκών πάνελ

Τα κυριότερα στοιχεία ενός ηλιακού πάνελ είναι τα δυο στρώματα ημιαγωγικού υλικού τα οποία αποτελούνται από κρυστάλλους πυριτίου. Το πυρίτιο βρίσκεται σε αφθονία στην φύση, δεν είναι τοξικό ενώ το κόστος αγοράς του είναι χαμηλό. Οι ηλεκτρικές του ιδιότητες μπορούν να διατηρηθούν μέχρι τους -125°C κάτι που επιτρέπει την χρήση τους ακόμα και σε ιδιαίτερα δύσκολες περιβαλλοντικές συνθήκες. Έτσι η επιλογή του πυριτίου είναι η πιο αποδοτική (6).

Εκτός από τα ημιαγωγικά υλικά, άλλα υλικά είναι απαραίτητα στα φωτοβολταϊκά (PV) συστήματα. Το ασήμι χρησιμοποιείται ως πάστα για τη συλλογή, τη μεταφορά ηλεκτρονίων και τη δημιουργία ηλεκτρικού ρεύματος. Η Πυριτία (Διοξείδιο του πυριτίου (SiO_2)) χρησιμοποιείται για την δημιουργία γυαλιού υψηλής διαπερατότητας και αντοχής στα φωτοβολταϊκά πάνελ. Το αλουμίνιο χρησιμοποιείται για την κατασκευή πλαισίων γύρω από τα ηλιακά πάνελ, ενώ ο χαλκός είναι αγωγικό υλικό σε καλωδιώσεις, συστήματα γείωσης, μετατροπείς, μετασχηματιστές και φωτοβολταϊκές ταινίες σύνδεσης. Μια αναπαράσταση των πιο κοινών πρώτων υλών που χρησιμοποιούνται στην τεχνολογία φωτοβολταϊκών συστημάτων και της λειτουργικότητάς τους παρουσιάζεται στην Εικόνα 1.

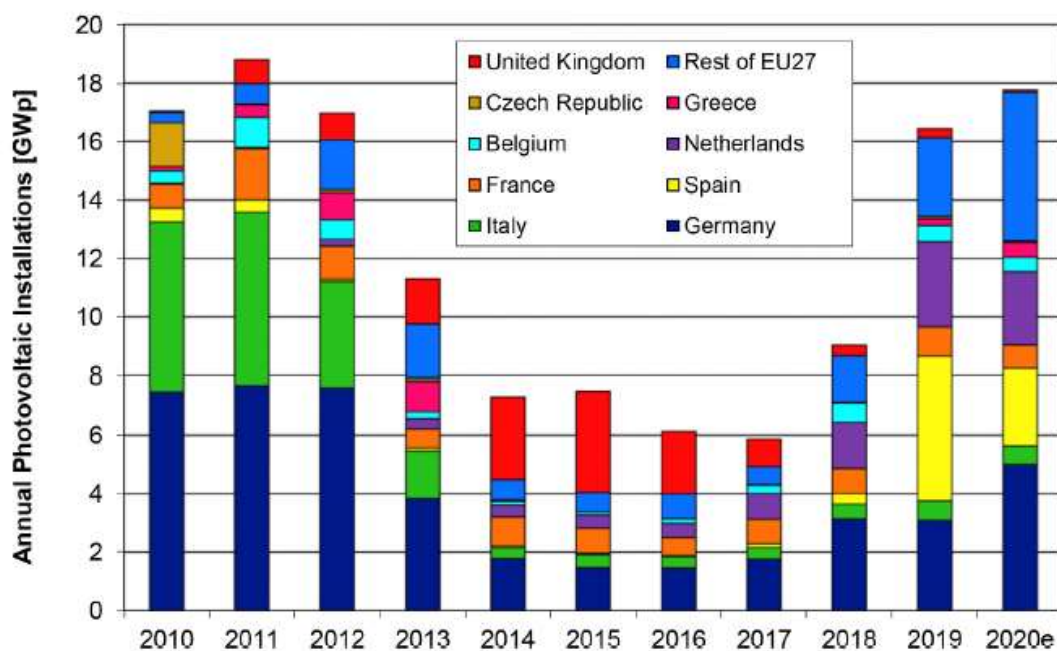


Εικόνα 5 Πρώτες ύλες που χρησιμοποιούνται στις φωτοβολταϊκές (PV) τεχνολογίες (1)

Η γρήγορη ανάπτυξη των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας θα επιβάλει πίεση στην κάλυψη των απαραίτητων πρώτων υλών που χρησιμοποιούνται στην πλειοψηφία των φωτοβολταϊκών συστημάτων (PV). Ο κίνδυνος εφοδιασμού είναι αρκετά υψηλός για τις περισσότερες κρίσιμες πρώτες ύλες (CRMs) (πχ. μεταλλικό πυρίτιο, το ίνδιο, το γάλλιο, το γερμάνιο και τα βορικά άλατα).

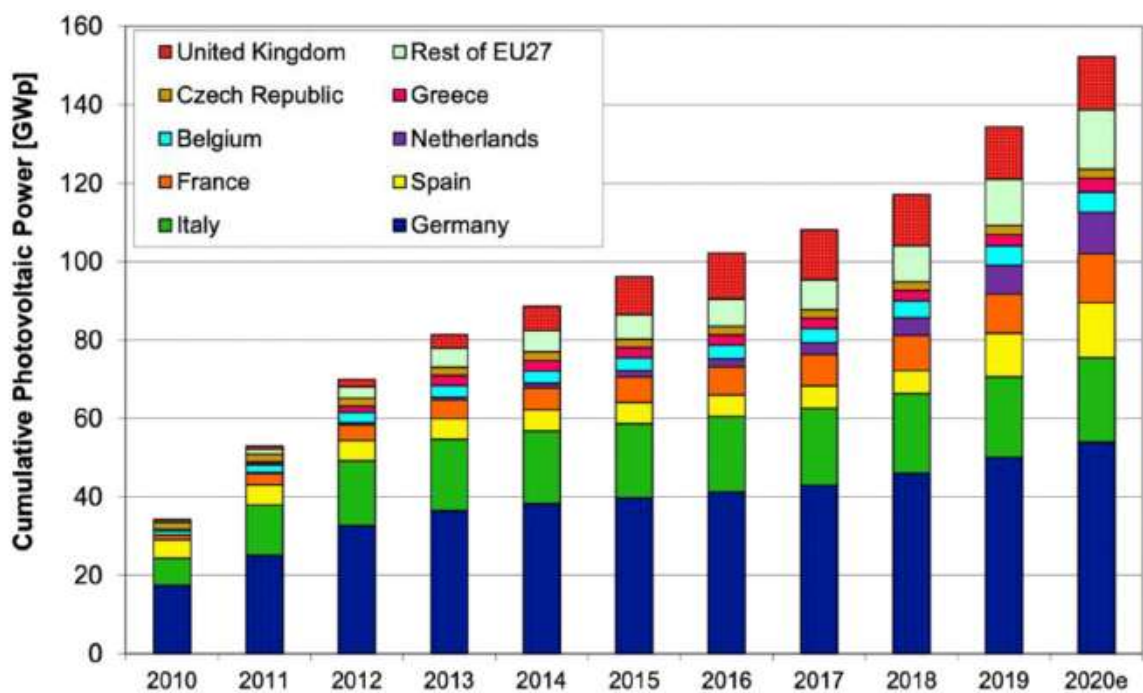
Μερικές πρώτες ύλες έχουν ένα σχετικά χαμηλό κίνδυνο εφοδιασμού. Μερικά πολύ γνωστά παραδείγματα είναι ο χαλκός, το κάδμιο, το σελήνιο, το ασήμι και το τελλούριο. Περίπου το 6% των πρώτων υλών, που αφορούν τα φωτοβολταϊκά συστήματα, καλύπτεται από την Ευρωπαϊκή Ένωση (ΕΕ). Η συνεισφορά άλλων χωρών στην προμήθεια αυτών των υλικών καθιστά τον κίνδυνο εφοδιασμού 'μέτριο'. Αντίστοιχα τα επεξεργασμένα υλικά έχουν και αυτά ένα σχετικά μέτριο επίπεδο κινδύνου εφοδιασμού, με το πυρίτιο να ξεχωρίζει ως το πιο κοινό. Η διαθεσιμότητα πυριτίου είναι περιορισμένη, καθώς υπάρχει έλλειψη νέων εγκαταστάσεων καθαρισμού. Μέχρι και σήμερα οι πιθανές ελλείψεις πολυπυριτίου καθώς και οι διακυμάνσεις στην τιμή του, προβληματίζουν αρκετούς κατασκευαστές ηλιακών πάνελ. Η τιμή του πολυπυριτίου αυξήθηκε κατά 35% το 2017, διότι η Κίνα έκλεισε αρκετά εργοστάσια που δεν κάλυπταν τους περιβαλλοντικούς κανονισμούς (7). Περίπου το 70 % της παγκόσμιας παραγωγικής ικανότητας πολυπυριτίου δηλαδή μια ετήσια παραγωγή 388 χιλιάδων τόνων καλύπτεται από την Κίνα. (8). Έτσι η ΕΕ είναι καθαρός εισαγωγέας πυριτίου, καθώς η εγχώρια παραγωγή δεν μπορεί να καλύψει τα επίπεδα ζήτησης. Η εξάρτηση της ΕΕ από τις εισαγωγές μεταλλικού πυριτίου εκτιμάται στο 64%.

Η παραγωγή μεταλλικού πυριτίου αποτελεί πρόκληση για την ΕΕ, κυρίως γιατί η επεξεργασία του είναι μια ενεργοβόρα διαδικασία με υψηλές εκπομπές άνθρακα. Απώτερος στόχος είναι η απαλλαγή από τον άνθρακα και η αύξηση της εγκαταστημένης ικανότητας φωτοβολταϊκών συστημάτων. Επομένως, η ΕΕ θα πρέπει να διασφαλίσει την πρόσβαση σε μεταλλικό πυρίτιο από χώρες όπως οι ΗΠΑ, η Βραζιλία και η Νορβηγία.



Εικόνα 6 Ετήσια Εγκατάσταση Φωτοβολταϊκών Πάνελ σε χώρες της ΕΕ (9)

Το γράφημα μας δείχνει την ετήσια εγκατάσταση φωτοβολταϊκών πάνελ από το 2010 έως το 2020 , σε μεγάλες χώρες της Ευρωπαϊκής Ένωσης .Η παρουσία της Ελλάδας είναι αισθητή , αλλά σίγουρα επέρχεται βελτίωση .



Εικόνα 7 Ετήσια παραγόμενη ισχύς από φωτοβολταϊκά πάνελ σε χώρες της ΕΕ (9)

Η ετήσια παραγωγή ηλιακής ενέργειας από φωτοβολταϊκά πάνελ από το 2010 έως το 2020 αναπαρίσταται στο παραπάνω γράφημα ,όπου πολλές χώρες παράγουν

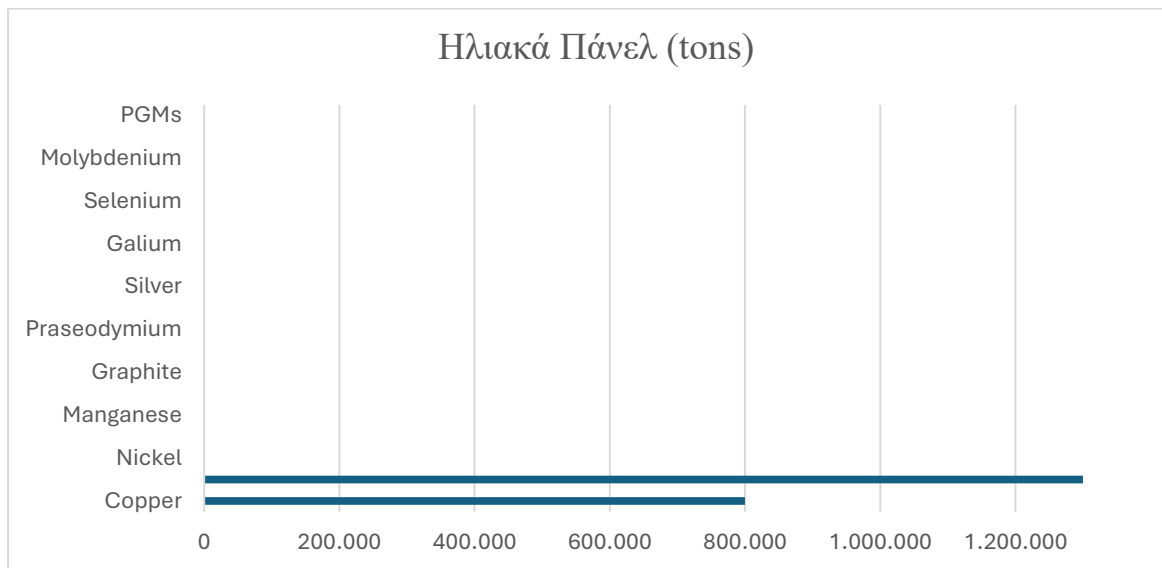
ικανοποιητικές τιμές ισχύος , με την Γερμανία και την Ιταλία να ξεχωρίζουν και με την Ελλάδα να λαμβάνει και αυτή μέρος . (9)

Μερικά από τα κρίσιμα μέταλλα που χρησιμοποιούνται στα φωτοβολταϊκά πάνελ είναι :α) αλουμίνιο (Al), β) αρσενικό (As), γ) κάδμιο (Cd), δ) χαλκός (Cu) , ε) σίδηρο (Fe), στ) γάλλιο (Ga), ζ) γερμάνιο (Ge), η) χρυσός (Au), θ) ίνδιο (In) ,ι) μολυβδαίνιο (Mo), ια) λευκόχρυσος (Pt), ιβ) σελήνιο (Se), ιγ) πυρίτιο(Si) ,ιδ) ασήμι (Ag), ιε) τελλούριο (Te) , ιστ) κασσίτερος (Sn) ,ιζ) ψευδάργυρος (Zn).

Πίνακας 1 Πιθανά κρίσιμα μέταλλα φωτοβολταϊκών και λόγοι κρισιμότητας (10)

Υλικά	Λόγοι Κρισιμότητας
Αλουμίνιο (Al)	-οικονομική σημασία -αμυντική/ στρατιωτική σημασία
Αρσενικό (As)	-τοξικότητα -υψηλή εξάρτηση από εισαγωγές
Κάδμιο (Cd)	τοξικότητα
Χαλκός (Cu)	αμυντική/ στρατιωτική σημασία
Σίδηρος (Fe)	παγκόσμια ζήτηση
Γάλλιο (Ga)	-χαμηλή δυνατότητα υποκατάστασης -περιορισμοί στην ανακύκλωση -περιορισμοί στο εμπόριο παραγωγών -εξάρτηση από εισαγωγές -σημαντικό για την «καθαρή ενέργεια» -αποτύπωμα άνθρακα για εξόρυξη και παραγωγή του
Γερμάνιο (Ge)	-οικονομική σημασία και κίνδυνος προμήθειας -χαμηλή δυνατότητα υποκατάστασης -αποτύπωμα άνθρακα για εξόρυξη και παραγωγή του
Χρυσός (Au)	-αποτύπωμα άνθρακα για εξόρυξη και παραγωγή του
Ίνδιο (In)	-υψηλή απαίτηση από αναδυόμενες τεχνολογίες -τεχνική δυσκολία ανακύκλωσης και υποκατάστασης -εξάρτηση από εισαγωγές -περιορισμός δευτερογενούς παραγωγής -σημαντικό για την «καθαρή ενέργεια» -γεωλογική σπανιότητα
Μολυβδαίνιο (Mo)	-οικονομική σημασία -περιορισμένος αριθμός επιχειρήσεων εξόρυξης -χαμηλή δυνατότητα υποκατάστασης
Λευκόχρυσος (Pt)	-περιφερειακή συγκέντρωση εξόρυξης -περιορισμοί στην ανακύκλωση -ραγδαία αύξηση της ζήτησης
Σελήνιο (Se)	-καθαρή εξάρτηση από εισαγωγές
Πυρίτιο (Si)	-περιορισμοί στην ανακύκλωση

	-παγκόσμια ζήτηση
Τελλούριο (Te)	-οικονομική σημασία -περιορισμοί στην ανακύκλωση -σημαντικό για την «καθαρή ενέργεια» -γεωλογική σπανιότητα
Κασσίτερος (Sn)	- χαμηλή δυνατότητα υποκατάστασης - πολιτική αστάθεια των παραγωγών
Ψευδάργυρος (Zn)	-οικονομική σημασία -αμυντική/ στρατιωτική σημασία -πολιτική αστάθεια των παραγωγών
Ασήμι (Ag)	-τοξικότητα -πολιτική αστάθεια των παραγωγών -ευπάθεια των παραγωγών στην κλιματική αλλαγή



Διάγραμμα 2 Ζήτηση Κρίσιμων Πρώτων Υλών σε Ηλιακά Πάνελ (σε τόνους) .

Λόγω της περιεκτικότητας των φωτοβολταϊκών αποβλήτων σε κρίσιμες πρώτες ύλες έχουν αναπτυχθεί και συνεχώς βελτιώνονται διεργασίες ανάκτησης των και παρουσιάζει αυξημένο οικονομικό και περιβαλλοντικό ενδιαφέρον.

2.2.2. Προηγμένη τεχνολογία μπαταριών ιόντων λιθίου (Li-ion)

Σήμερα για τις διάφορες προηγμένες τεχνολογίες και τα προϊόντα τους χρησιμοποιούνται νέας τεχνολογίας μπαταρίες ιόντων λιθίου αντικαθιστώντας τις συνηθισμένες μπαταρίες -συσσωρευτές. Οι μπαταρίες Li-ion χρησιμοποιούνται στα συστήματα αποθήκευσης ηλεκτρικής ενέργειας από ΑΠΕ (φωτοβολταϊκά, ανεμογεννήτριες, βιοαέριο κλπ.).

Οι Μπαταρίες Ιόντων Λιθίου (Li-ion) εμφανίστηκαν για πρώτη φορά το 1991 όταν η εταιρεία Sony πρότεινε την αντικατάσταση των μπαταριών λιθίου με μια νέα χημική σύσταση η οποία αργότερα ονομάστηκε «Μπαταρία Ιόντων Λιθίου». Η νέα σύσταση δεν χρησιμοποιούσε άνθρακα ως υλικό για το ηλεκτρόδιο ανόδου κάτι που καθιστά την χημική σύσταση πιο αξιόπιστη και πιο ασφαλή. Η ονομασία των επαναφορτιζόμενων μπαταριών λιθίου εστιάζει στο γεγονός ότι στις μπαταρίες αυτές δεν εμπεριέχεται μεταλλικό λίθιο. Οι μπαταρίες Li-ion διαθέτουν τις βέλτιστες προοπτικές για χρήση σε εφαρμογές ηλεκτροκίνησης με μερικά από τα πλεονεκτήματά τους να είναι τα εξής :

- α) Υψηλή ενεργειακή πυκνότητα, β) Μεγάλη αντοχή σε κύκλους φόρτισης -εκφόρτισης, γ) Φιλικότητα προς το περιβάλλον, δ) Μεγάλο εύρος θερμοκρασιών λειτουργείας, ε) Χαμηλός ρυθμός αυτό-εκφόρτισης, ζ) Μεγάλη τάση στοιχείου.

Παρακάτω παρουσιάζονται όλα τα πλεονεκτήματα των Li-ion σε μορφή Smart art / διαγράμματος (11) (12)

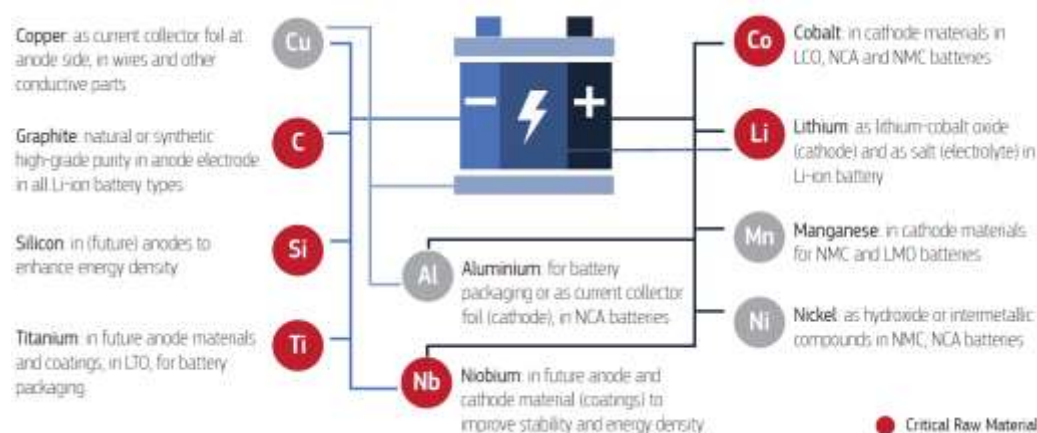


Διάγραμμα 3 Πλεονεκτήματα μπαταριών Ιόντων λιθίου (Li-ion)

Στις μπαταρίες Li-ion χρησιμοποιούνται α) υγροί ηλεκτρολύτες που αποτελούνται από οργανικούς διαλύτες στους οποίους έχει διαλυθεί άλας λιθίου, β) Υγροί ανόργανοι διαλύτες που βασίζονται κυρίως σε διοξείδιο του θείου (SO₂) με πολύ μεγάλη ιοντική αγωγιμότητα, γ) Ηλεκτρολύτες από πολυμερή (στερεά και εύκαμπτα) όπου τα ιόντα λιθίου ενσωματώνονται σε μια μήτρα πολυμερών απλοποιώντας την διαδικασία σχεδιασμού και συναρμολόγησης έχοντας όμως μικρή ιοντική αγωγιμότητα, δ) Ηλεκτρολύτες από πολυμερή σε μορφή gel τα οποία συνδυάζουν τα προτερήματα των δυο προαναφερθέντων τύπων ηλεκτρολύτη.

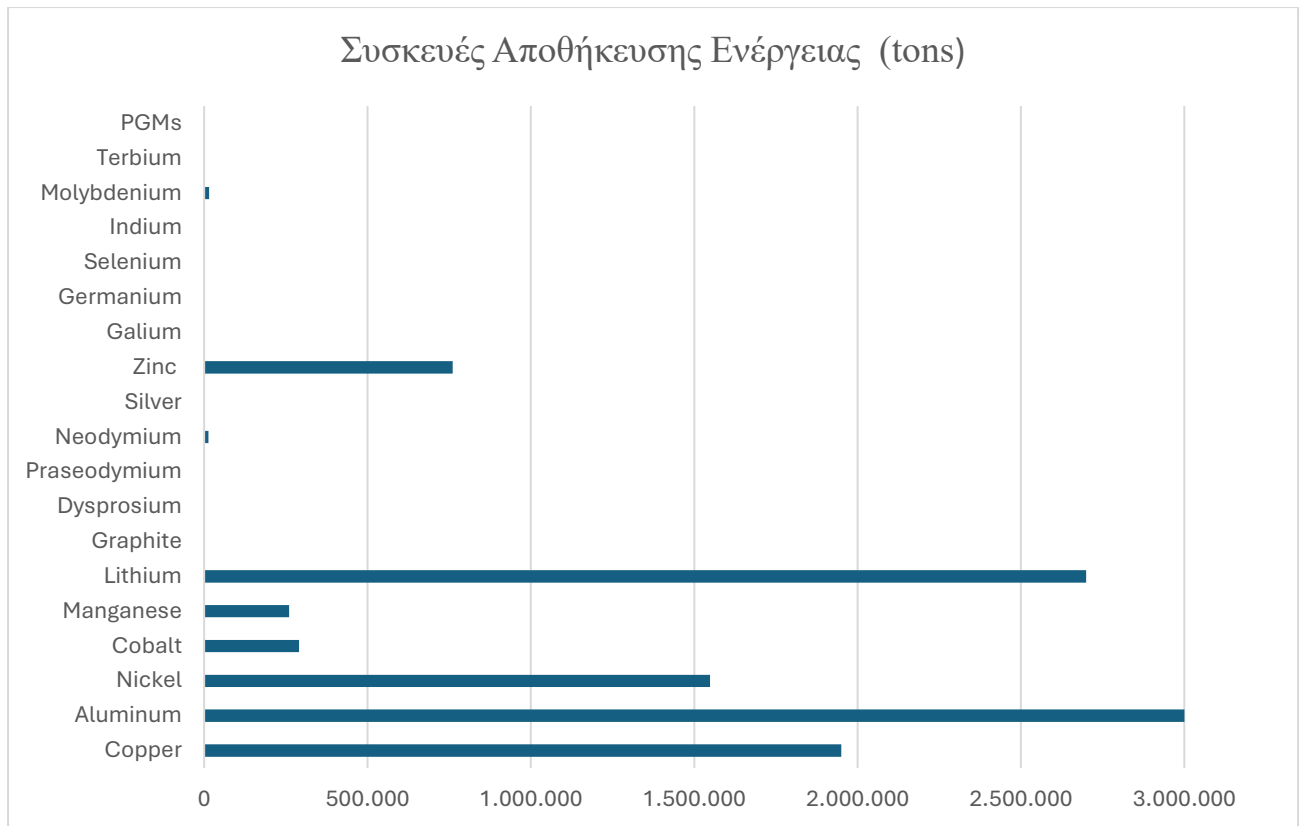
Η τεχνολογία μπαταριών ιόντων λιθίου (Li-ion) εξελίσσεται σε μια ώριμη τεχνολογία που χρησιμοποιείται σε ένα ευρύ φάσμα εφαρμογών. Προσφέρει βελτιωμένη απόδοση ισχύος και ενέργειας σε σύγκριση με τις μπαταρίες μόλυβδου-οξέος που χρησιμοποιούνται σήμερα.

Ενώ οι μπαταρίες Li-ion είναι κρίσιμες για εφαρμογές άμυνας, η ανάπτυξη και η μελλοντική τους υιοθέτηση καθοδηγούνται κυρίως από τη ζήτηση στον πολιτικό τομέα για φορητές ηλεκτρονικές συσκευές, σταθερή αποθήκευση ενέργειας και ηλεκτρικά οχήματα (EVs). Οι μπαταρίες μεταλλικών οξειδίων λιθίου χρησιμοποιούν διάφορα μέταλλα, όπως νικέλιο, κοβάλτιο, αλουμίνιο και μαγγάνιο. Υπάρχουν δεκάδες διαφορετικά υλικά που μπορεί να περιέχονται στις ανόδους, καθόδους, ηλεκτρολύτες και διαχωριστές των κυψελών. Η Εικόνα 6 παραθέτει τις πιο κοινές πρώτες ύλες που χρησιμοποιούνται (και προβλέπονται) στις μπαταρίες καθώς και τη λειτουργικότητά τους.



Εικόνα 8 Κρίσιμα μέταλλα που χρησιμοποιούνται σε μπαταρίες (1)

Η ΕΕ εξαρτάται πλήρως από την προμήθεια υλικών ανόδου και υλικών καθόδου NCA (Οξείδιο αργιλίου-κοβαλτίου-νικελίου-λιθίου), ενώ παράγει περίπου το 18% των υλικών NMC (Οξείδιο κοβαλτίου-μαγνησίου-νικελίου-λιθίου) και το 15% των υλικών LCO (Οξείδιο κοβαλτίου-λιθίου). Ένα κρίσιμο ζήτημα για την ΕΕ είναι ότι αυτά τα ποσοστά δεν επαρκούν για να καλύψουν τη ζήτηση της Ευρώπης για μπαταρίες ιόντων λιθίου. Η Ασία, εκπροσωπούμενη από την Κίνα, την Ιαπωνία και τη Νότια Κορέα, παρέχει το 86% των επεξεργασμένων υλικών και εξαρτημάτων για μπαταρίες ιόντων λιθίου παγκοσμίως. Η ΕΕ-27, με 8%, έχει σχετικά μικρό μερίδιο στην προμήθεια, ενώ άλλες χώρες παρέχουν μόλις 8%, γεγονός που αφήνει πολύ μικρά περιθώρια για διαφοροποίηση της προμήθειας (13).



Διάγραμμα 4 Ζήτηση Κρίσιμων Πρώτων Υλών σε συσκευές αποθήκευσης ενέργειας (σε τόνους)

2.2.3. Ανεμογεννήτριες

Οι ανεμογεννήτριες είναι αιολικές μηχανές μετατροπής της κινητικής ενέργειας σε ηλεκτρική ενέργεια. Υπάρχουν δυο είδη ανεμογεννητριών οι ανεμογεννήτριες κατακόρυφου άξονα και οι ανεμογεννήτριες οριζόντιου άξονα. Μια ανεμογεννήτρια αποτελείται από τέσσερα τμήματα τα οποία είναι : α) Η βάση ή θεμέλιο, β) Ο πύργος, γ) Το κουβούκλιο, δ) Ο ρότορας. Παρακάτω θα παρουσιαστούν πιο αναλυτικά

α) Το Θεμέλιο ή αλλιώς βάση αποτελεί το 80% του συνολικού βάρους της ανεμογεννήτριας για να μπορεί να εξισορροπεί τις βαρυτικές δυνάμεις του στροβίλου. Κατασκευάζεται από σκυρόδεμα και χάλυβα. Τα θεμέλια κατασκευάζονται από ένα μεγάλο δίσκο από σκυρόδεμα, ενώ υπάρχει μια κατασκευή από χάλυβα που βρίσκεται στο κέντρο με σκοπό να αγκυρωθεί ο πύργος. Η τοποθέτηση της ανεμογεννήτριας εξαρτάται από την τοποθεσία και τις συνθήκες που επικρατούν στην περιοχή, ενώ το σχήμα και το μέγεθος του θεμελίου δεν είναι σταθερό αλλά καθορίζεται από το μέγεθος της ανεμογεννήτριας και τα χαρακτηριστικά του εδάφους (14).

β) Ο πύργος είναι το δεύτερο βαρύτερο τμήμα μιας ανεμογεννήτριας. Κατασκευάζεται κυρίως από κυλινδρικούς κωνικούς χαλυβδοσωλήνες ή ατσαλοσωλήνες οι οποίοι μεταφέρονται τμηματικά και συναρμολογούνται στο εργοτάξιο. Η χρησιμότητα του πύργου έχει ως στόχο να αυξηθεί η απόσταση του ρότορας μέχρι το έδαφος, έτσι μπορεί να εγκατασταθεί ρότορας μεγαλύτερης διαμέτρου με σκοπό να επιτευχθεί η πρόσβαση σε υψηλότερες ταχύτητες ανέμου (14).

γ) Το κουβούκλιο βρίσκεται στην κορυφή του πύργου και περιέχει μηχανικά μέρη που μετατρέπουν την περιστροφική κινητική ενέργεια σε ηλεκτρική. Υποστηρίζεται από ένα μεταλλικό πλαίσιο και καλύπτεται από πλαστικό ενισχυμένο με ίνες γυαλιού (14). Περιέχει συνήθως γεννήτρια ,σύστημα προσανατολισμού και αν υπάρχει κιβώτιο ταχυτήτων καλωδιώσεις κλπ.

δ) Ο ρότορας αποτελείται από δύο ή τρία πτερύγια και μετατρέπει την κινητική ενέργεια του ανέμου σε περιστροφική ενέργεια για την κίνηση της γεννήτριας.

ε) Καλωδιώσεις που μεταφέρουν την ηλεκτρική ενέργεια στο δίκτυο είτε σε συστήματα αποθήκευσης.



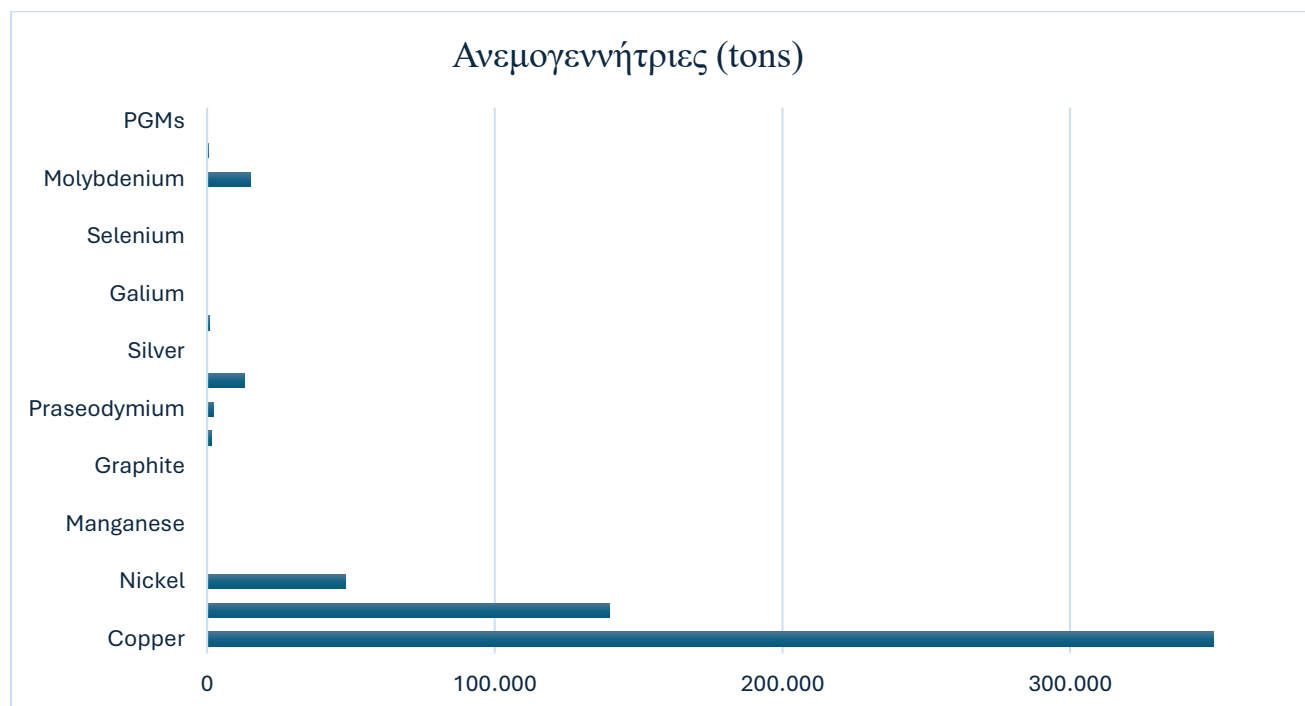
Εικόνα 9 Αιολικό πάρκο

Η κλιματική αλλαγή σε συνδυασμό με την ενεργειακή κρίση , έχουν οδηγήσει στην ραγδαία ανάπτυξη του τομέα της αιολικής ενέργειας με απώτερο σκοπό την παγκόσμια ζήτηση για καθαρή ενέργεια . (15). Το 2021 , η αιολική ενέργεια παρείχε το 7% της παγκόσμιας ζήτησης ηλεκτρικής ενέργειας δηλαδή περίπου 744 GW. Η Ευρώπη κάλυψε το 15% της ζήτησης ηλεκτρικής ενέργειας από την αιολική ενέργεια παράγοντας 437 TWh ηλεκτρικής ενέργειας (16) (17). Στόχος είναι μέχρι το 2050 η αιολική ενέργεια να μπορεί να καλύψει παραπάνω από το 30% της παγκόσμιας ζήτησης ηλεκτρικής ενέργειας . Ενώ όσον αφορά την Ευρωπαϊκή Ένωση αναμένεται να μπορεί να καλύψει τουλάχιστον την μισή ζήτηση σε ηλεκτρική ενέργεια . Η μεγιστοποίηση των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας στο 27% έως το 2030 και η μείωση των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου από 80% μέχρι και 95% έως το 2050 αποτελούν κύριο μέλημα για την ΕΕ (18).

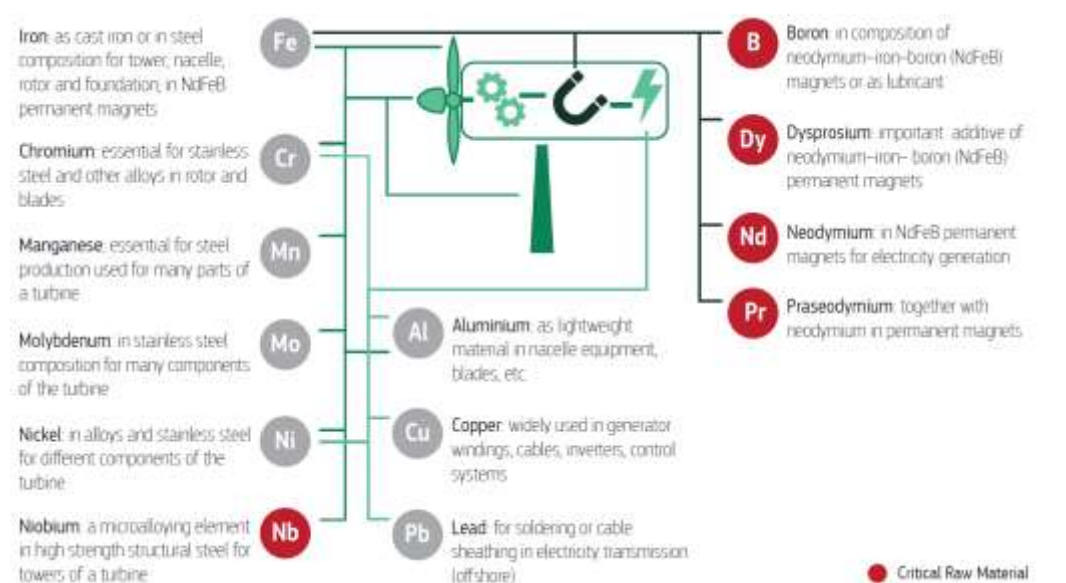
Ο κλάδος της βιομηχανίας της αιολικής ενέργειας αντιμετωπίζει αρκετές προκλήσεις ,αφού ο αριθμός ανεμογεννητριών που χρειάζονται απόσυρση ολοένα και αυξάνεται .Μια ανεμογεννήτρια έχει προβλεπόμενη διάρκεια ζωής 20-25 χρόνια και υπάρχουν

αρκετές εναλλακτικές για ανανέωση , όπως η αντικατάσταση των παλαιών μοντέλων με νεότερα που είναι πιο αποδοτικά σε ισχύ και με χαμηλότερο κόστος . (15), (19), (20).

Αρκετές μελέτες έχουν αποτιμήσει τον όγκο αποβλήτων που παράγονται από τα πτερύγια ανεμογεννητριών με σκοπό την εύρεση βέλτιστων τρόπων διαχείρισης των αποβλήτων . Έτσι εκτιμάται ότι η ροή αποβλήτων μετά το πέρας του κύκλου ζωής των, θα ανέρχεται στους 2,9 εκατομμύρια τόνους μέχρι το 2050 με συνολικά 43 εκατομμύρια τόνους συσσωρευμένων αποβλήτων από πτερύγια ανεμογεννητριών (21)



Διάγραμμα 5 Ζήτηση Κρίσιμων Πρώτων υλών σε ανεμογεννήτριες (σε τόνους)



Εικόνα 10 Πρώτες ύλες που χρησιμοποιούνται σε ανεμογεννήτριες (3)

Η διαχείριση ανεμογεννητριών μετά το τέλος του κύκλου ζωής τους περνάει ένα μεταβατικό στάδιο καθώς η ΕΕ σημειώνει ανάπτυξη πάνω στην αξιοποίηση υλικών που βρίσκονται στα πτερύγια των ανεμογεννητριών (22). Πρόσφατα διερευνήθηκαν εναλλακτικοί τρόποι διαχείρισης των ανεμογεννητριών που καθιστούν ,την ταφή σε χώρους υγειονομικής ταφής ή την καύση λιγότερο αποτελεσματικούς τρόπους που οδηγούν σε έλλειψη πόρων δημιουργώντας παράλληλα αρκετές περιβαλλοντικές επιπτώσεις . (23)

Ένα βασικό στοιχείο μιας ανεμογεννήτριας είναι η γεννήτρια, η οποία μετατρέπει τη μηχανική ενέργεια σε ηλεκτρική ενέργεια. Υπάρχουν τρεις κύριοι τύποι ανεμογεννητριών: συνεχούς ρεύματος, εναλασσόμενου ρεύματος συγχρονισμένες και ασυγχρονισμένες. Λαμβάνοντας υπόψη τη μεταβλητή φύση του ανέμου, είναι πλεονεκτικό να λειτουργούν οι γεννήτριες σε μεταβλητή ταχύτητα για να μειώσουν τη μηχανική καταπόνηση στις λεπίδες της ανεμογεννήτριας και στη διάταξη μετάδοσης κίνησης. Ωστόσο, αυτός ο τύπος ανεμογεννήτριας σχετίζεται με υψηλή ζήτηση για σπάνιες γαίες.

Στην παρούσα διπλωματική εξετάζεται η εναλλακτική διαχείριση των ΑΗΗΕ που προκύπτουν μετά την αποσυναρμολόγηση των ανεμογεννητριών για την ανάκτηση των κρίσιμων πρώτων υλών που εμπεριέχονται σε αυτές.

Η αρχή της κυκλικής οικονομίας επικεντρώνεται στη μείωση των αποβλήτων και στη διατήρηση των προϊόντων και των υλικών σε χρήση για το μεγαλύτερο δυνατό διάστημα. Στο πλαίσιο αυτό, η διαχείριση 3R (επαναχρησιμοποίηση, ανακύκλωση και ανάκτηση) των WTBS στο τέλος της ζωής τους είναι ένα σημαντικό ζήτημα, καθώς η διάθεση των μεγάλων ποσοτήτων των πτερυγίων που θα φτάσουν στο τέλος της ζωής τους αποκτά πρακτική σημασία.

Το κόστος των ανεμογεννητριών επηρεάζεται από τις τιμές των μετάλλων, ιδιαίτερα στην περίπτωση εκείνων των γεννητριών που περιέχουν σπάνιες γαίες (REEs). Οι ανησυχίες ότι η προμήθεια σπάνιων γαιών μπορεί να μην είναι επαρκής για να καλύψει τη συνεχώς αυξανόμενη ζήτηση για τη μετάβαση σε ένα βιώσιμο ενεργειακό μέλλον έχουν αυξηθεί σημαντικά από το «κραχ» των σπάνιων γαιών το 2011, όταν η Κίνα, που κατέχει σχεδόν μονοπωλιακή θέση στην αγορά, επέβαλε περιορισμούς στις εξαγωγές.

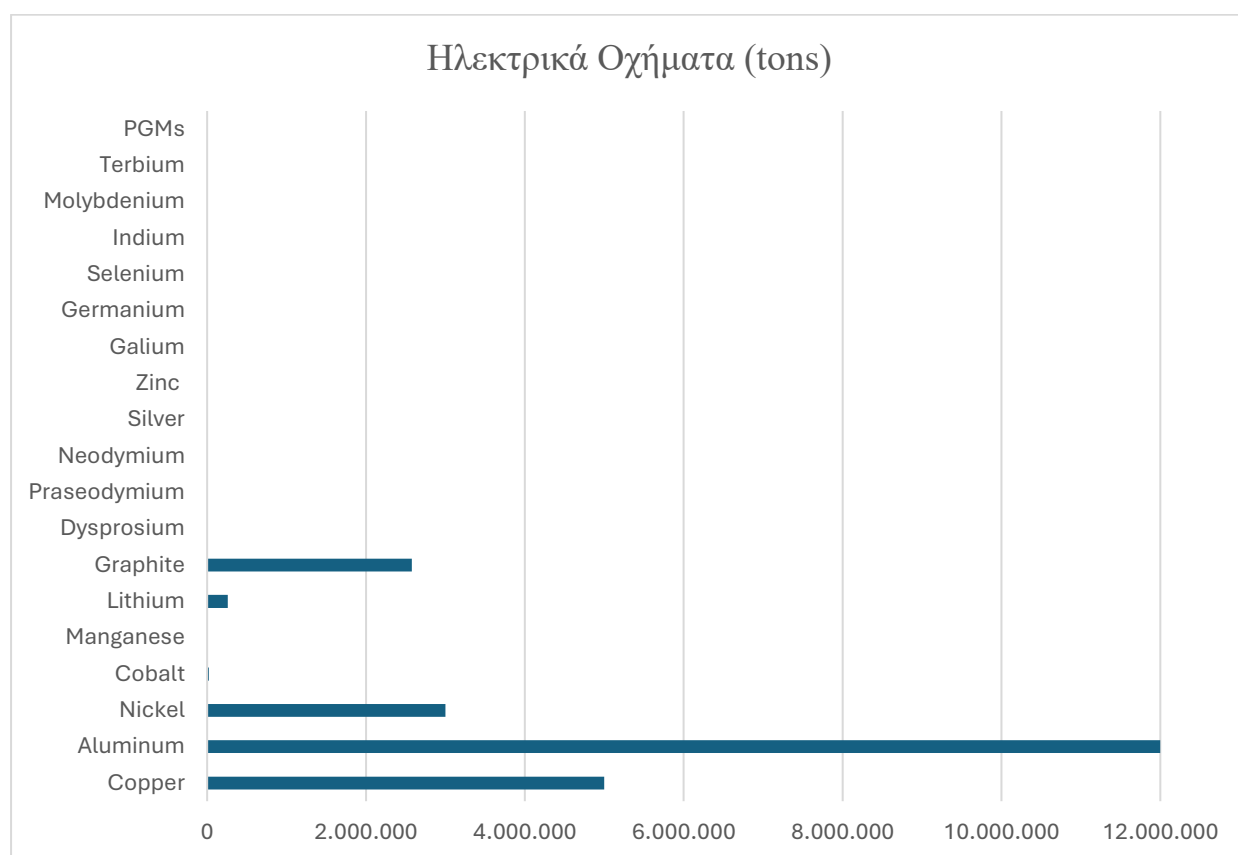
2.2.4 Ηλεκτρικά οχήματα

Η Ευρωπαϊκή αυτοκινητοβιομηχανία θεωρείται ,αν όχι η σημαντικότερη ,μια από τις σημαντικότερες βιομηχανίες της οικονομικής δύναμης της Ευρωπαϊκής Ένωσης . Περίπου το 4% του ΑΕΠ της ΕΕ καλύπτεται από τους 12 εκατομμύρια εργαζόμενους που εξάγουν επιβατικά αυτοκίνητα που αντιστοιχούν σε 128 δισεκατομμύρια ευρώ σε ετήσια βάση . (24) Η ΕΕ έχει μερικούς από τους μεγαλύτερους και πιο καταξιωμένους κατασκευαστές στο τομέα της αυτοκινητοβιομηχανίας όπως η Volkswagen και η BMW στη Γερμανία ,η Renault στη Γαλλία, η Fiat στην Ιταλία και την Ολλανδία και πολλές άλλες . Η υιοθέτηση των ηλεκτρικών οχημάτων (EVs) έχει σημειώσει ραγδαία ανάπτυξη τα τελευταία χρόνια ,με απώτερο στόχο την απαλλαγή της παγκόσμιας

οικονομίας από τον άνθρακα (25).Περίπου 2,1 εκατομμύρια EVs πωλήθηκαν το 2018, και έκτοτε ο αριθμός πωλήσεων ,καθώς και τα αποθέματα ηλεκτρικών οχημάτων συνεχώς αυξάνονται (26).

Η αύξηση της παραγωγής ηλεκτρικών οχημάτων , οδηγεί σε ζήτηση νέων πρώτων υλών καθώς οι κινητήρες εσωτερικής καύσης των συμβατών οχημάτων (βενζίνη, πετρέλαιο ,φυσικό αέριο),διαφέρουν από αυτούς των ηλεκτρικών οχημάτων . Έτσι οι νέοι κινητήρες θα χρειαστούν ορυκτές πρώτες ύλες γνωστές και ως κρίσιμες πρώτες ύλες (CRMs) ,που αποτελούν ένα πολύ σημαντικό παράγοντα για την επιτυχία της διαδικασίας μετάβασης σε EVs (27) (28) .

Τα κύρια συστατικά από τα οποία αποτελείται ένα ηλεκτρικό οχημάτων είναι: το σύστημα μετάδοσης κίνησης και η μπαταρία . Οι μπαταρίες διαφέρουν μερικές από αυτές είναι οι νικελίου – μεταλλικού υδριδίου (NiMH), οι μολύβδου-οξέος, ενώ υπάρχουν και εναλλακτικές τεχνολογίες όπως οι κυψέλες καυσίμου . Οι μπαταρίες ιόντων λιθίου έχουν θεσπιστεί ως οι κυρίαρχες πάνω στο κομμάτι των ηλεκτρικών οχημάτων ενώ οι μπαταρίες νικελίου -μεταλλικού υδριδίου (NiMH) τα τελευταία χρόνια χρησιμοποιούνται σε υβριδικά ηλεκτρικά οχήματα (HEVs), τα οποία είναι πλούσια σε σπάνιες γαίες (REEs) (29). Υπάρχουν διαφορετικές απαιτήσεις κρίσιμων πρώτων υλών (CRMs) ανάλογα με την χημική σύνθεση και τον τύπο των μπαταριών. Τα κύρια CRMs που χρησιμοποιούνται είναι το λίθιο ,ο γραφίτης ,το νικέλιο , το κοβάλτιο και τέλος το μαγγάνιο.



Διάγραμμα 6 Ζήτηση Κρίσιμων Πρώτων Υλών σε ηλεκτρικά οχήματα (σε τόνους)

Η αναμενόμενη ανάπτυξη της ηλεκτρικής κινητικότητας θα έχει σημαντικές επιπτώσεις στη βιωσιμότητα των κοινωνιών παγκοσμίως, λόγω της παγκόσμιας εξάρτησης από πρωτογενείς φυσικούς πόρους και της άνισης κατανομής των οφελών και των επιπτώσεων. Υπάρχει ανάγκη για ολοκληρωμένες αξιολογήσεις που να λαμβάνουν υπόψη τις περίπλοκες αιτιώδεις σχέσεις μεταξύ των τεχνολογικών, περιβαλλοντικών, κοινωνικών, οικονομικών και πολιτικών πτυχών της ηλεκτρικής κινητικότητας.

2.2.5 Απόβλητα από Ηλεκτρικό και ηλεκτρονικό εξοπλισμό (WEEE)

Από όλα τα προαναφερόμενα παραδείγματα μεγάλων κατηγοριών προϊόντων - εγκαταστάσεων μετά το τέλος του κύκλου ζωής και την αποσυναρμολόγηση των προκύπτουν απόβλητα ΑΗΗΕ.

Τα τελευταία χρόνια σε παγκόσμιο επίπεδο , τα απόβλητα ηλεκτρικού και ηλεκτρονικού εξοπλισμού γνωστά και ως WEEE αυξάνονται με γρήγορους ρυθμούς . Το 2019 παρήχθησαν 53,6 εκατομμύρια μετρικοί τόνοι WEEE , εκ των οποίων το 17,4% ανακυκλώθηκε σωστά (30). Με την μη σωστή επεξεργασία των WEEE δημιουργείται κίνδυνος για την ανθρώπινη υγεία αλλά και για τον πλανήτη. Επομένως η συλλογή και ανακύκλωση των WEEE είναι μια επιτακτική ανάγκη .Μέσω της κατάλληλης επεξεργασίας των WEEE δίνετε η ευκαιρία συλλογής και αξιοποίησης κρίσιμων πρώτων υλών , ενώ παράλληλα ενισχύεται η βιωσιμότητα της κυκλικής οικονομίας (31).

Πληθώρα πολύτιμων μετάλλων και κρίσιμων πρώτων υλών περιέχονται σε πολλά WEEE, το 2016 η αξία των πρώτων υλών που εμπεριέχονται στα WEEE εκτιμήθηκαν σε 55 δισεκατομμύρια ευρώ , ποσό που ξεπερνάει το ΑΕΠ των περισσότερων χωρών της ΕΕ (32). Η σωστή διαδικασία ανάκτησης και επεξεργασίας των WEEE , παρέχει τη δυνατότητα ανάκτησης CRMs , μειώνει τις περιβαλλοντικές επιπτώσεις που συσχετίζονται με την ακατάλληλη απόρριψη (33). Πληθώρα απορριμμάτων των WEEE δεν ακολουθούν την σωστή διαδικασία ανάκτησης και επεξεργασίας ,σύμφωνα με την έκθεση Countering WEEE Illegal Trade (34) το 2012 μόνο το 35% των WEEE που δεν έγιναν δεκτά στην Ευρώπη κατέληξαν σε επίσημα διακεκριμένα συστήματα συλλογής και ανακύκλωσης . Το 33% των WEEE είτε ανακυκλώθηκε υπό μη συμμορφούμενες συνθήκες εντός Ευρώπης ,είτε απορρίφθηκε σε κάδους απορριμμάτων (8%),είτε εξήχθη (16%). Πληθώρα μελετών έδειξαν ότι τα απόβλητα ηλεκτρικού και ηλεκτρονικού εξοπλισμού (WEEE) βρίσκονται σε σημαντικές ποσότητες σε συλλογές απορριμμάτων μετάλλου (35), (36), (37) (38).Η πλειονότητα αυτών δεν υπόκειται σε κατάλληλη επεξεργασία εκ των προτέρων ,ενώ παράλληλα δεν τηρούνται οι βασικές οδηγίες που προβλέπονται στο παράστημα VII της οδηγίας WEEE (38).

Η κύρια παραγωγή σπάνιων γαιών ,κοβαλτίου ,λιθίου ,γραφίτη νικελίου και μαγγανίου γίνεται κυρίως στην Κίνα .Η Κίνα έχει μεγάλη παραγωγική ικανότητα σπάνιων γαιών ενώ παράλληλα συνεισφέρει στο κομμάτι της επεξεργασίας κοβαλτίου και λιθίου παρότι η εγχώρια εξόρυξη αυτών των μετάλλων θεωρείται σχετικά μικρή (39). Όμως η ισχυρή θέση της Κίνας στην αγορά συνεπάγεται και κινδύνους στην εφοδιαστική αλυσίδα για καταναλωτές που βρίσκονται σε άλλες χώρες .Έτσι αρκετές χώρες είναι

εξαρτώμενες από την Κινέζικη προσφορά . Η ΕΕ όπως και άλλες χώρες διακρίνουν πέρα από τις κρίσιμες πρώτες ύλες και τις στρατηγικές πρώτες ύλες, οι οποίες περιέχουν CRMs και επιπλέον υλικά που είναι υψηλής σημασίας και προβλέπεται να έχουν υψηλή ζήτηση στο μέλλον . Μερικές από τις στρατηγικές πρώτες ύλες της ΕΕ είναι ο χαλκός και το νικέλιο τα οποία έχουν υψηλή σημαντικότητα για τα ηλεκτρικά οχήματα. Έτσι κάθε χώρα σε διαφορετικές χρονικές περιόδους δημοσιεύει και ενημερώνει λίστες με CRMs και στρατηγικές πρώτες ύλες ανάλογα με την κρίσιμότητα και την ζήτηση της εκάστοτε χώρας (40) (41).

Αρκετές μελέτες εξετάζουν διάφορες πτυχές των κρίσιμων πρώτων υλών (CRM) και των αποβλήτων ηλεκτρικού και ηλεκτρονικού εξοπλισμού (WEEE). Η αυξανόμενη ανάγκη για βελτιωμένες τεχνολογίες και πολιτικές ανακύκλωσης ,η παγκόσμια τάση για παραγωγή και ανάκτηση WEEE κρύβουν αρκετές προκλήσεις αλλά και ευκαιρίες όσον αφορά την πολιτική αυτή που αναγράφεται αναλυτικά στην λεπτομερή ανάλυση του Ευρωπαϊκού Κανονισμού για τις Κρίσιμες Πρώτες Ύλες (42), (43).Στην έκθεση Global E-Waste Monitor που πραγματοποιήθηκε το 2017 , παραθέτονται πολύτιμα δεδομένα σχετικά με τις διάφορες πρακτικές διαχείρισης των ηλεκτρονικών αποβλήτων , ενώ εντοπίζονται αρκετά και σημαντικά κενά στις προσπάθειες ανακύκλωσης . Η αποδοτικότητα της ανακύκλωσης καθώς και οι τεχνολογικές εξελίξεις αποτελούν το επίκεντρο των μελετών που προαναφέρθηκαν .

2.3. Σκοπός Εφαρμογής Ανάλυσης Κόστους Απόδοσης (CBA-Framework) και Στόχοι

Η συγκεκριμένη διπλωματική εργασία εστιάζει στην οικονομική βιωσιμότητα της διαδικασίας ανακύκλωσης ,μείωσης όγκου αποβλήτων, επαναχρησιμοποίησης και επανάκτησης κρίσιμων πρώτων υλών και άλλων μετάλλων που εμπεριέχονται στα ΑΗΗΕ σε συμμόρφωση με την πολιτική της Κυκλικής Οικονομίας (4R's) (44). Η οικονομική βιωσιμότητα κρίνεται από την οικονομική απόδοση που χαρακτηρίζει ένα εγχείρημα. Συνεπώς, στην περίπτωση που μελετάται, προκειμένου να αξιολογηθεί η οικονομική απόδοση του εγχειρήματος ανάκτησης μετάλλων (κρίσιμα, στρατηγικά και άλλα μέταλλα), συνίσταται η αντίστοιχη αξιολόγηση των ταμειακών ροών (Cash Flow) του έργου.

Λαμβάνοντας υπόψιν την αμιγή οικονομική θεωρία, τεκμαίρεται ότι η οικονομική σημασία ενός προϊόντος είναι αποτέλεσμα δύο συνιστωσών: α) της ζήτησής του και β) της διαθεσιμότητας-αφθονίας του (45). Για το λόγο αυτό, γνωρίζοντας την μελλοντική έλλειψη σε συνδυασμό με την συνεχώς αυξανόμενη ζήτηση κρίσιμων, στρατηγικών και άλλων μετάλλων μέχρι το 2050, υπολογίζονται οι ταμειακές ροές που συνθέτουν ένα ενδεικτικό έργο ανάκτησης μετάλλων από ΑΗΗΕ (3)(46) . Ο υπολογισμός των ταμειακών ροών γίνεται με σκοπό να ανιχνεύσει την οικονομική βιωσιμότητα ανάκτησης-ανακύκλωσης μετάλλων από ΑΗΗΕ, μέσω του υπολογισμού κόστους επεξεργασίας και επιδιωκόμενου κέρδους (46).

Αξίζει να σημειωθεί ότι ο,ποιοδήποτε εγχείρημα που αποσκοπεί στην ανάκτηση μετάλλων προς επαναχρησιμοποίηση είναι σύλλητο με τις προβλεπόμενες διαδικασίες της πράσινης ανάπτυξης και για το λόγο αυτό δεν ενέχει πιθανότητα επικινδυνότητας όσον αφορά τις νομικά τεκμηριωμένες περιβαλλοντικές απαιτήσεις (1) (38). Παρά το γεγονός αυτό, το εγχείρημα ανάκτησης-ανακύκλωσης μετάλλων από ΑΗΗΕ θα πρέπει να διασφαλίζει την απαιτούμενη οικονομική απόδοση προκειμένου οι εισροές να είναι μεγαλύτερες από τις εκροές. Αυτό προϋποθέτει ότι η αξιολόγηση – κοστολόγηση όλης της διαδικασίας μέσω μιας τεχνοοικονομικής ανάλυσης προσαρμοσμένης στις ανάγκες του προς μελέτη έργου (Cost Benefit Analysis Framework) για να μπορέσουμε να κρίνουμε όλη την διαδικασία ως βιώσιμη ή όχι, είναι προ απαιτούμενη των εργασιών που δύναται να ακολουθήσουν.

Η αξιολόγηση μιας επενδυτικής απόφασης γίνεται μέσω ενός αναλυτικού εργαλείου ,της ανάλυσης κόστους-απόδοσης (deterministic CBA) , με σκοπό την εκτίμηση-αποτίμηση της μεταβολής της ευημερίας που αποδίδεται σε αυτήν. Σκοπός του μοντέλου CBA-Framework είναι η δημιουργία μιας πιο αναλυτικής κοστολόγησης των προ απαιτούμενων πόρων για τη διασφάλιση του εκτιμώμενου κέρδους, ώστε να επιτευχθεί η οικονομική βιωσιμότητα του έργου (47) (48). Η Ευρώπη μέσω ενός σχεδίου δράσης και της Ευρωπαϊκής Τράπεζας Επενδύσεων (European Investment Bank EIB) ενισχύει την επιχειρηματικότητα μεταξύ άλλων και στον τομέα της ανάκτησης και ανακύκλωσης κρίσιμων και άλλων πρώτων υλών. Προκειμένου η εκάστοτε εταιρία να αιτηθεί επιδότηση για να αναπτύξει τη δραστηριότητά της όσον αφορά τη διαχείριση αποβλήτων, οφείλει να έχει εκτιμήσει το απαιτούμενο κόστος επένδυσης. Αυτό επιτυγχάνεται μέσω του μοντέλου CBA-Framework το οποίο στοχεύει στην οικονομική αποτίμηση κόστους πόρων και επιδιωκόμενων εισροών.

Μέσω της Ανάλυσης Κόστους Απόδοσης (CBA Framework) μπορούμε να αξιολογήσουμε τα οικονομικά πλεονεκτήματα ή μειονεκτήματα μιας επενδυτικής απόφασης, κάνοντας εκτίμηση του κόστους και των ωφελειών της. Η στρατηγική της CBA βασίζεται στο αξίωμα ότι όλες οι παράμετροι αποτιμώνται σε οικονομικούς όρους. Έχει παρατηρηθεί ότι μερικές επενδυτικές αποφάσεις που έχουν ως κύριο στόχο τους το κέρδος και μόνο, οδηγούνται πολλές φορές σε αποτυχίες στο χώρο της αγοράς καθώς συνάδουν και με κοινωνικά ανεπιθύμητα αποτελέσματα. Η βασική αιτία για αυτό έγκειται στο ότι δεν έχουν αποτιμηθεί όλοι οι συμβαλλόμενοι παράγοντες σε οικονομική αξία.

Οι εισροές, οι εκροές και οι εξωτερικές επιδράσεις της επένδυσης (συμπεριλαμβανομένων τεχνικών παραμέτρων, κριτηρίων περιβαλλοντικής βιωσιμότητας, νομικών απαιτήσεων, κοινωνικής αποδοχής, κλπ.) συνολικά αποτιμώνται και εν συνεχεία συγκρίνονται με τιμές εναλλακτικού κόστους άλλων φορέων/οργανισμών. Σε κάθε περίπτωση η οικονομική απόδοση, που απορρέει από την εφαρμογή της μεθοδολογίας CBA-Framework και στην οποία έχουν συνυπολογιστεί όλες οι παράμετροι του προς μελέτη έργου, αποτελεί το πιο αντικειμενικό κριτήριο οικονομικής βιωσιμότητας για τη λήψη της βέλτιστης επιχειρηματικής απόφασης.

Οι οικονομικοί δείκτες απόδοσης που προκύπτουν από την εφαρμογή της μεθοδολογίας CBA-Framework εκφράζονται με αριθμητικούς όρους και βασίζονται στο ισοζύγιο των ταμειακών ροών του έργου (Cash Flow) οι οποίες αποτιμώνται σε νομισματικές αξίες. Η συνολική απόδοση του έργου μετριέται μέσω τριών κύριων δεικτών (46).

- **Δείκτης Οικονομικής Καθαρής Παρούσας Αξίας** (Economic Net Present Value – ENPV ή Net Cash Flow NCF_t), είναι η διαφορά των ταμειακών ροών μεταξύ εισροών-εκροών, η οποία εκφράζεται σε νομισματικές μονάδες.

$$ENPV = \sum_{n=1}^{30} Inflow - Outflow \begin{cases} < 0, \text{ Δεν ενδείκνυται} \\ > 0, \text{ Ενδείκνυται} \end{cases}, \text{ n: έτη λειτουργίας (1)}$$

- **Δείκτης Οικονομικού Βαθμού Απόδοσης** (Economic Rate of Return – ERR), είναι ο λόγος μεταξύ της αξίας που αποκτά το ανακτώμενο υλικό προς την αξία του αποβλήτου πριν την επεξεργασία.

$$ERR = \frac{\text{Price Value of the Recovered Material}}{\text{Price Value of the Waste Material}}, (2)$$

- **Δείκτης Κόστους Οφέλους** (Benefit to Cost-B/C Ratio), είναι ο λόγος μεταξύ του επιδιωκόμενου Κέρδους προς το απαιτούμενο Κόστος.

$$CBA_{Index}, \frac{B}{C} = \frac{\text{Benefit}}{\text{Cost}} = \frac{ENPV}{\text{Cost}} \begin{cases} < 1, \text{ Δεν ενδείκνυται} \\ > 1, \text{ Ενδείκνυται} \end{cases}, (3)$$

Ένας επιπλέον αλλά δευτερεύων δείκτης οικονομικής βιωσιμότητας που χρησιμοποιείται συνήθως για να προεκτιμήσει το βαθμό εσωτερικής απόδοσης του έργου είναι ο δείκτης (Internal Rate of Return **IRR**). Ο δείκτης αυτός, έχει την ικανότητα να μετατρέπει την παρούσα αξία σε μελλοντική χρηματική αξία. Δεν αποτελεί έγκυρο δείκτη απόδοσης επένδυσης, γιατί είναι εξαρτώμενος του ετήσιου δείκτη οικονομικής καθαρής παρούσας αξίας (46).

$$0 = \sum_{n=1}^{30} \frac{ENPV \text{ or Net Cash Flow}}{(1+IRR)^n}, \text{ n: έτη λειτουργίας (4)}$$

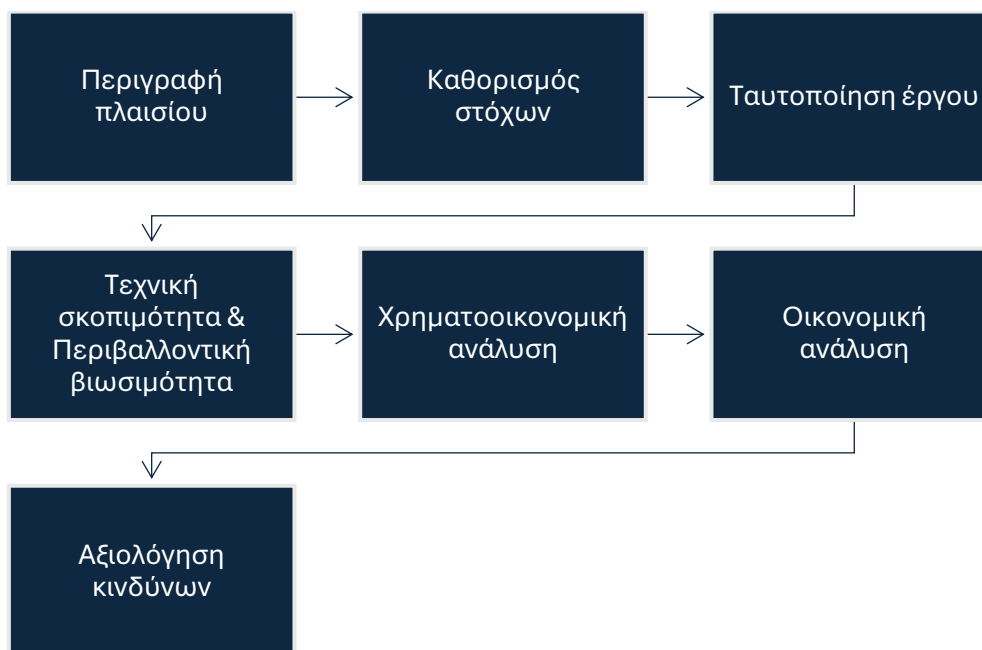
Προσέγγιση αυξητικού οφέλους (Incremental approach)

Η Ανάλυση Κόστους Απόδοσης (deterministic CBA) συγκρίνει ένα σενάριο με την προσθήκη του έργου , με ένα αντίθετο σενάριο που δεν περιέχει το έργο . Η συγκεκριμένη διαδικασία λέγεται προσέγγιση αυξητικού οφέλους και προϋποθέτει :

- Πρώτον να καθοριστεί το αντίθετο σενάριο ,δηλαδή ποιο θα ήταν το αποτέλεσμα σε περίπτωση που δεν γινόταν υλοποίηση του έργου (**counterfactual scenario**) . Σε αυτή την περίπτωση πραγματοποιούνται προβλέψεις για όλες τις χρηματοροές που έχουν άμεση συσχέτιση με την περιοχή όπου λαμβάνει χώρα το έργο , για κάθε έτος καθ' όλη τη διάρκεια ζωής του
 - Αν η υλοποίηση του έργου αφορά την δημιουργία ενός εντελώς καινούργιου περιουσιακού στοιχείου , τότε το σενάριο χωρίς το έργο συνεπάγεται **μηδενικές λειτουργίες**
 - Αν η επένδυση αφορά τη βελτίωση μιας εγκατάστασης που υπάρχει ήδη , πρέπει το βασικό σενάριο να περιέχει τα κόστη καθώς και τα έσοδα/οφέλη για την λειτουργία και συντήρηση της υπηρεσίας με σκοπό να παραμένει λειτουργική . Το συγκεκριμένο σενάριο ονομάζεται **Business As Usual (BAU)**, ενώ υπάρχει ακόμη , το σενάριο **do-minimum** που αφορά μικρές επενδύσεις προσαρμογής που ήταν προγραμματισμένες να πραγματοποιηθούν .
 - Ιδανικά ,συνίσταται να γίνει ανάλυση των ιστορικών χρηματοροών του φορέα προώθησης του έργου , για τα τελευταία τρία χρόνια τουλάχιστον , με σκοπό να αποτελέσουν την βάση των προβλέψεων .
 - Η επιλογή ανάμεσα στα σενάριο **BAU** και **do-minimum** πρέπει να γίνεται με βάση τα πιο πιθανά και τα πιο εφικτά δεδομένα , δηλαδή να γίνει **κατά περίπτωση** .
 - Σε περίπτωση που υπάρχει **αβεβαιότητα** θα πρέπει να προτιμάται το σενάριο **BAU ως κανόνας**
 - Σε περίπτωση χρήσης του σεναρίου do – minimum ως αντίθετο σενάριο , αυτό πρέπει να είναι εφικτό και συνάμα ρεαλιστικό , χωρίς να δημιουργούνται υπερβολικά και μη ρεαλιστικά οφέλη ή κόστη καθώς η επιλογή αυτή καθ' αυτή μπορεί να έχει σημαντική επιρροή στα αποτελέσματα της ανάλυσης .
- Δεύτερον ,γίνονται προβλέψεις χρηματοροών για το σενάριο που προτείνεται για την υλοποίησης του έργου .Έτσι περιλαμβάνουμε όλα τα **χρηματοοικονομικά , οικονομικά και επενδυτικά κόστη και οφέλη** , που θα προκύψουν από την υλοποίηση του έργου .
 - Σε περίπτωση προ υπάρχουσας υποδομής, γίνεται ανάλυση των **ιστορικών εσόδων και εξόδων** του δικαιούχου (για τα τελευταία τρία χρόνια) , με σκοπό να αποτελέσει τη **βάση για τις οικονομικές προβλέψεις** του σεναρίου με το έργο , καθώς και το σενάριο που δεν περιέχει το έργο .
 - Αλλιώς η ανάλυση αυξητικού οφέλους μπορεί να γίνει αρκετά **ευάλωτη σε χειραγωγήσεις** .

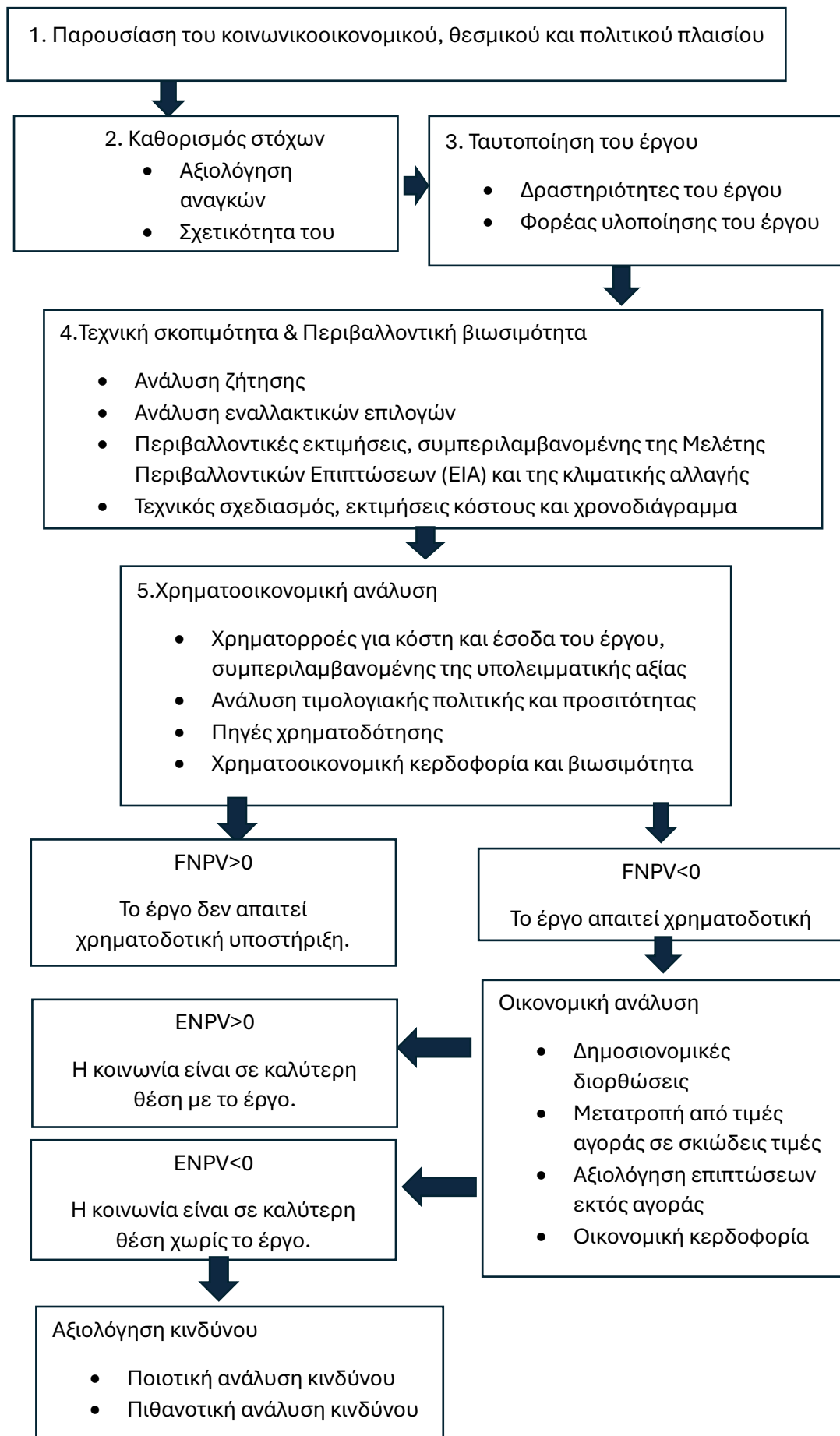
- Τέλος , η Ανάλυση Κόστους Απόδοσης εξετάζει κατά κύριο λόγο τη **διαφορά μεταξύ των χρηματοροοών των δυο σεναρίων** . Οι οικονομικοί και χρηματοοικονομικοί δείκτες απόδοσης υπολογίζονται με βάση τις αυξητικές χρηματοροές .

Η Ανάλυση Κόστους Απόδοσης (deterministic CBA) δομείται σε επτά βήματα, συνυπολογίζοντας ότι η ανάγκη καθορίζει τους πόρους και οι πόροι το κόστος και το εκτιμώμενο κέρδος.



Διάγραμμα 7 Διεργασίες Οικονομοτεχνικής Ανάλυσης μέσω της CBA (46)

Με το παρακάτω διάγραμμα περιγράφεται αναλυτικά το κάθε βήμα της Ανάλυσης Κόστους Απόδοσης Οφέλους, ενώ παράλληλα γίνεται αναφορά στους οικονομικούς δείκτες που πρέπει να εξεταστούν ,με σκοπό να έχουμε το βέλτιστο αποτέλεσμα σύμφωνα με τις οικονομικές και χρηματοοικονομικές αναλύσεις. Τέλος γίνεται αξιολόγηση του κινδύνου για την υλοποίηση του έργου .



Διάγραμμα 8 Βήματα μεθοδολογίας καθορισμού ταμειακών ροών (46)

3.Εργονομικός Σχεδιασμός και Οικονομική Αποτίμηση

3.1. Βιομηχανική Κλίμακα -Εργονομικός Σχεδιασμός

Ο εργονομικός σχεδιασμός που μελετάται στην παρούσα διπλωματική εργασία αφορά τα ΑΗΗΕ των κάτωθι κατηγοριών όπως παρουσιάζονται στον Πίνακα 2 ο οποίος περιλαμβάνει τα ΑΗΗΕ ύστερα από την αποσυναρμολόγηση των κατηγοριών 1 έως 4 μετά το τέλος του κύκλου ζωής τους. Η παραδοχή των εκτιμώμενων μαζών ΑΗΗΕ γίνεται κατά προσέγγιση και με γνώμονα δημοσιοποιημένα στοιχεία από επίσημους φορείς.

Πίνακας 2 Κατηγορίες ΑΗΗΕ του προτεινόμενου Εργονομικού Σχεδιασμού σύμφωνα με την ΚΥΑ Αριθ. Η.Π. 23615/651/Ε.103 ΦΕΚ 1184 Β' 09.05.2014

A/A	Κατηγορίες ΑΗΗΕ	Περιγραφή	Εκτιμώμενη Ποσότητα tn/day	Εκτιμώμενη επιχορήγηση (€/tn)
1	Φωτοβολταϊκά	Μετασχηματιστές, καλώδια, πλακέτες, κλπ.	5 tn/day	70
2	Ανεμογεννήτριες	Μετασχηματιστές, συσκευές ελέγχου, πλακέτες, μπαταρίες αποθήκευσης ενέργειας	2 tn/day	80
3	Ηλεκτρικά Οχήματα	Μπαταρίες ιόντων λιθίου, ηλεκτρικά κυκλώματα, τάμπλετ, ψηφιακά κοντέρ, φώτα, κλπ.	20 tn/day	120
4	Συσσωρευτές Ενέργειας (Li-ion, πυκνωτές, κλπ.)	Πυκνωτές, συσκευές PLC, αισθητήρες, καλώδια κλπ.	5 tn/day	160
Σύνολο ΑΗΗΕ			32 tn/day	
			8 ktns/yr	

Η βασική γραμμή επεξεργασίας των ΑΗΗΕ αποτελείται από: α) Μεταφορικές ταινίες, β) Σπαστήρας, γ) Διαχωριστές (μαγνητικός και αεροδιαχωριστής), δ) Κοκκοποιητή και η διαδικασία ξεκινάει με τα εξής στάδια:

Στάδιο 1: Είσοδος και ζύγιση των ΑΗΗΕ στην εγκατάσταση

Στάδιο 2: Αποσυναρμολόγηση των ΑΗΗΕ

Στάδιο 3: Μεταφορά μέσω μεταφορικής ταινίας (ταινιόδρομος 1)

Στάδιο 4: Χειρωνακτική διαλογή σε ταινιόδρομο

Στάδιο 5: Είσοδος στον σπαστήρα

Στάδιο 6: Μεταφορά μέσω μεταφορικής ταινίας (ταινιόδρομος 2)

Στάδιο 7 : Είσοδος στον μαγνητικό διαχωριστή

Στάδιο 8 : Μεταφορά μέσω μεταφορικής ταινίας (ταινιόδρομος 3)

Στάδιο 9 : Είσοδος στον αεροδιαχωριστή

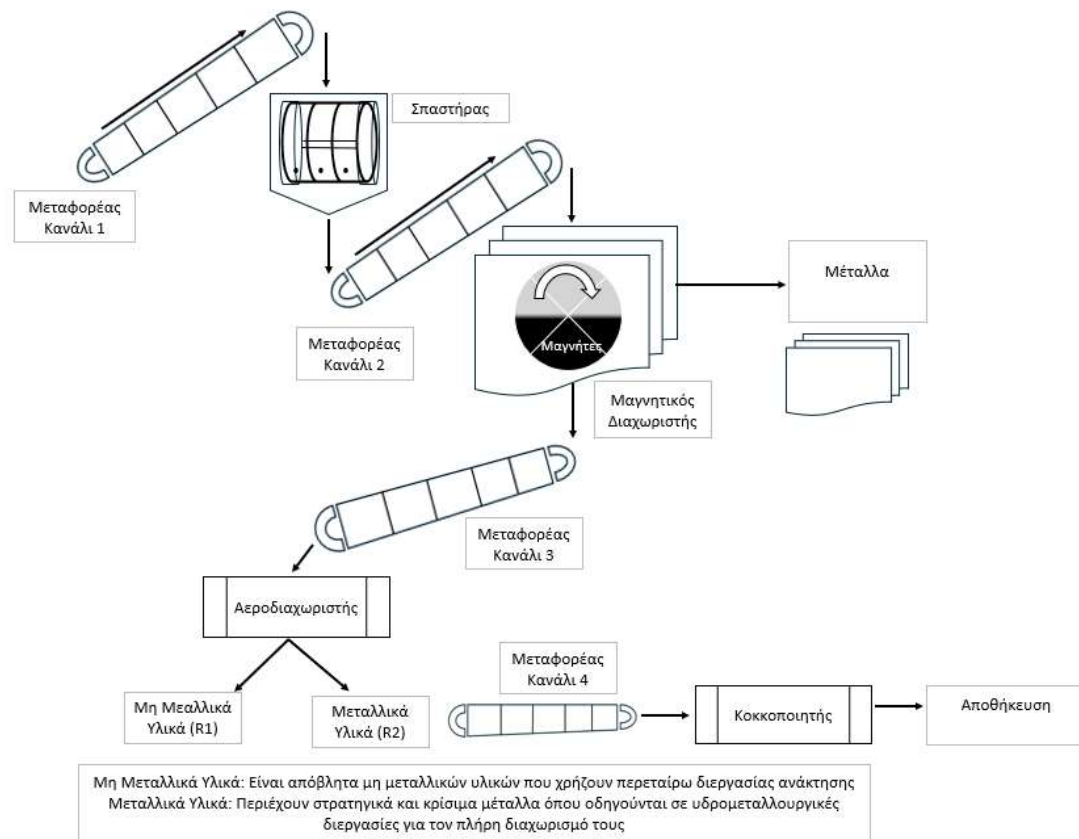
Στάδιο 10 : Μεταφορά μέσω μεταφορικής ταινίας (ταινιόδρομος 4)

Στάδιο 11 : Είσοδος στον Κοκκοποιητή

Στάδιο 12 : Προσωρινή αποθήκευση παραγόμενων υλικών ανά είδος

Στην συνέχεια τα παραγόμενα υλικά ανάλογα το είδος τους οδηγούνται σε μεταλλουργικές εταιρίες που διαθέτουν τον απαιτούμενο εξοπλισμό (πυρομεταλλουργίας ή υδρομεταλλουργίας) για ανάκτηση και διαχωρισμό των παραγόμενων μετάλλων. Από την πυρομεταλλουργική διεργασία παράγονται μέταλλα. Ενώ από την υδρομεταλλουργική διεργασία παράγονται εμπλουτισμένα οξείδια σε CRMs και λοιπά μέταλλα. Στο παρακάτω διάγραμμα ροής, παρουσιάζεται μια ενδεικτική γραμμή παραγωγής για την επεξεργασία ΑΗΗΕ. Αποτελείται από τέσσερις ταινιοδρόμους, έναν σπαστήρα (Shredder), ένα μαγνητικό διαχωριστή (Magnetic Separator), ένα αεροδιαχωριστή και ένα Κοκκοποιητή.

Αρχικά , μέσω του μεταφορέα στο Κανάλι 1 οι συσκευές οδηγούνται στον σπαστήρα ο οποίος τις κατατέμνει σε μικρότερα μέρη ,έπειτα μέσω του μεταφορέα του Καναλιού 2 οδηγούνται στον μαγνητικό διαχωριστή ο οποίος ξεχωρίζει και απομονώνει τα μέταλλα. Το υπόλειμμα οδηγείται μέσω του μεταφορέα του Καναλιού 3 στον αεροδιαχωριστή ώστε να διαχωριστούν τα μεταλλικά από τα μη μεταλλικά υλικά, τα μεταλλικά υλικά οδηγούνται στον Κοκκοποιητή μέσω του Καναλιού 4. Τα κοκκοποιημένα Μεταλλικά Υλικά περιέχουν στρατηγικά και κρίσιμα μέταλλα όπου οδηγούνται σε υδρομεταλλουργικές διεργασίες για τον πλήρη διαχωρισμό τους. Τέλος τα Μη Μεταλλικά Υλικά είναι απόβλητα μη μεταλλικών υλικών που χρήζουν περαιτέρω διεργασίας ανάκτησης σε αντίστοιχες βιομηχανίες .



Διάγραμμα Ροής 1 Γραμμή παραγωγής για επεξεργασία ΑΗΗΕ (49) (50) (51)

Πέραν του βασικού μηχανολογικού εξοπλισμού δύναται να χρησιμοποιούνται και άλλα μηχανήματα όπως αυτοκινούμενος εξοπλισμός μεταφοράς, αποθήκευσης και διακίνησης όπως Κλαρκ φορτηγά κλπ.

3.2. Βιομηχανική Κλίμακα και Απαιτήσεις

Στον παρόν κεφάλαιο θα γίνει η κοστολόγηση των παγίων εγκαταστάσεων, κτιρίων μηχανολογικού εξοπλισμού και λοιπών απαιτούμενων .

3.2.1. Βιομηχανικό μεταλλικό κτίριο και λοιπά

Ενδεικτικά το κόστος κατασκευής μεταλλικού βιομηχανικού κτιρίου 500 τετραγωνικών μέτρων (m²) με σημερινές τιμές κοστολογείται 500.000 €. Πιο συγκεκριμένα εκτιμάται ότι η κατασκευή και η διαμόρφωση του χώρου ανέρχεται στο ποσό των 200.000 €. Επιπροσθέτως η αγορά του αγροτεμαχίου αποτιμάται σε 70.000 €. Το συνολικό κόστος κατασκευής του μεταλλικού κτιρίου και διαμόρφωσης υπαίθριου χώρου αποτιμάται στα 770.000 € (ΟΙΚΟΚΥΚΛΙΟΣ ABEE, (49)).

3.2.2. Μηχανολογικός εξοπλισμός

Ο ενδεδειγμένος μηχανολογικός εξοπλισμός για την συγκεκριμένη γραμμή παραγωγής και την δυναμικότητα της εγκατάστασης του Πίνακα 2 αποτυπώνεται στον παρακάτω πίνακα.

Πίνακας 3 Πίνακας Ενδεικτικός μηχανολογικού εξοπλισμού

Ενδεικτικός μηχανολογικός εξοπλισμός					
Μηχανήματα	Τεμάχια	Δυναμικότητα	Ισχύς	Ενδεικτικό κόστος αγοράς μηχανημάτων (€)	Προέλευση τιμών
Ταινιόδρομος	4	5	12 KW	60.000	(50)
Σπαστήρα	1	10-20 tn/h	300 KW	25.000	(51)
Μαγνητικός διαχωριστής (eddy current)	1	2-20 tn/h	20KW	18.000	(52)
Αεροδιαχωριστής	1	10-50 tn/h	60 KW	91.000	(52)
Κοκκοποιητής	1	4-10 tn/h	150 KW	200.000	(52)
Σύνολο			540 KW	394.000	

Η προαναφερθείσα τιμή, αναφορικά με την γραμμή παραγωγής επαληθεύεται από αντίστοιχες τιμές που έχουν δοθεί από την εταιρεία ΟΙΚΟΚΥΚΛΙΟΣ ABEE (σχετική αναφορά υπάρχει στη μεταπτυχιακή διατριβή (49)).

3.2.3. Κόστος εργασιών εγκατάστασης

Ενδεικτικά το κόστος εγκατάστασης μηχανολογικού εξοπλισμού κοστολογείται στα 80.000 € περιλαμβάνονται και οι συνδέσεις σε δίκτυα αποχέτευσης ,ύδρευσης και ενέργειας .

3.2.4. Απρόβλεπτα

Τα απρόβλεπτα για την όλη εγκατάσταση συνήθως ανέρχονται σε 20 % του Μερικού Συνολικού Κόστους.

3.2.5. Συνολική αποτίμηση Κόστους Εγκατάστασης

Η συνολική αποτίμηση του απαιτούμενου κόστους αρχικής εγκατάστασης εξοπλισμού του έργου (Capital Expenditures-Capex) αποτυπώνεται στον Πίνακα 4.

Πίνακας 4 Συνολική αποτίμηση κόστους εγκατάστασης

Περιγραφή	Κόστος Αρχικής Εγκατάστασης
Αγορά αγροτεμαχίου	70.000 €
Διαμόρφωση χώρου	200.000 €
Γεφυροπλάστιγγα	40.000 €
Μεταλλικό βιομηχανικό κτίριο	500.000 €
Υδραυλικές εγκαταστάσεις	10.000 €
Ηλεκτρικές εγκαταστάσεις	10.000 €
Ταινιόδρομος (4)	61.824 €
Σπαστήρας	25.000 €
Μαγνητικός διαχωριστής (eddy current)	18.000 €
Αεροδιαχωριστής	91.000 €
Κοκκοποιητής	200.000 €
Κόστος εγκατάστασης μηχανολογικού εξοπλισμού	60.000 €
Μεταλλικοί κάδοι συλλογής και προσωρινής αποθήκευσης (10 τεμάχια)	50.000 €
Οχήματα (2)	60.000
Συνδέσεις σε δίκτυα κοινής ωφέλειας	7.000 €
Μερικό Σύνολο	1.402.824 €
Απρόβλεπτα (20%)	280.564,8€
Γενικό σύνολο	1.683.388,8€

3.3 Οικονομοτεχνική Αποτίμηση – Ανάλυση

3.3.1. Εναλλακτική διαχείριση

Η εναλλακτική διαχείριση περιλαμβάνει τις εργασίες συλλογής, μεταφοράς, μεταφόρτωσης, αποθήκευσης, προετοιμασίας για επαναχρησιμοποίηση, ανακύκλωσης και κάθε άλλο είδος ανάκτησης των αποβλήτων που προέρχονται από συγκεκριμένα είδη προϊόντων.

Η εναλλακτική διαχείριση αποβλήτων πραγματοποιείται μέσω των Συστημάτων Εναλλακτικής Διαχείρισης (ΣΣΕΔ) τα οποία εποπτεύονται από τον ΕΟΑΝ και διακρίνονται σε Συλλογικά ή Ατομικά.

ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΕΝΑΛΛΑΚΤΙΚΗΣ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ

Τα συστήματα εναλλακτικής διαχείρισης βασίζονται στην αρχή της διευρυμένης ευθύνης του παραγωγού, η οποία χρησιμοποιεί οικονομικά κίνητρα ώστε να ενθαρρύνει τους παραγωγούς να σχεδιάσουν πιο φιλικά προς το περιβάλλον προϊόντα, καθιστώντας τους υπεύθυνους για το κόστος της διαχείρισης των προϊόντων στο τέλος του κύκλου ζωής των (όταν δηλαδή τα προϊόντα αυτά καταστούν απόβλητα).

Βασίζονται στην αρχή της Διευρυμένης Ευθύνης του Παραγωγού.

- Συμμετέχουν υποχρεωτικά όλοι οι «παραγωγοί» που διακινούν προϊόντα στην ελληνική αγορά.
- Πρόκειται για εταιρείες μη κερδοσκοπικού χαρακτήρα.
- Έχουν την ευθύνη οργάνωσης και παρακολούθησης της λειτουργίας όλων των εργασιών εναλλακτικής διαχείρισης.
- Αρμόδια αρχή για την έγκριση και λειτουργία τους είναι ο ΕΟΑΝ.
- Υπάρχουν Συστήματα Συλλογικής Εναλλακτικής Διαχείρισης και Συστήματα Ατομικής Εναλλακτικής Διαχείρισης

Για τα απόβλητα Ηλεκτρικού Ηλεκτρονικού Εξοπλισμού (ΑΗΗΕ) έχουν εγκριθεί και λειτουργούν δύο Πανελλαδικής εμβέλειας ΣΣΕΔ η ΑΝΑΚΥΚΛΩΣΗ ΣΥΣΚΕΥΩΝ Α.Ε. και η ΦΩΤΟΚΥΚΛΩΣΗ Α.Ε.

Όλοι οι παραγωγοί και εισαγωγείς προϊόντων Ηλεκτρικού και Ηλεκτρονικού Εξοπλισμού (ΗΗΕ) είναι υπόχρεοι εγγραφής στο Εθνικό Μητρώο Παραγωγών Εμπόρων (ΕΜΠΑ).

Επίσης όλοι οι παραγωγοί και εισαγωγείς οφείλουν να έχουν συμβληθεί με ένα σύστημα ΣΣΕΔ Αποβλήτων Ηλεκτρικού Ηλεκτρονικού Εξοπλισμού (ΣΣΕΔ ΑΗΗΕ).

Όλοι οι παραγωγοί και εισαγωγείς προϊόντων (ΗΗΕ) οφείλουν να ενσωματώνουν στην τιμή πώλησης των προϊόντων τους το κόστος ανακύκλωσης των ΗΗΕ όταν καταστούν ΑΗΗΕ στο τέλος του κύκλου ζωής των. Το ύψος του ποσού που αντιστοιχεί στο κόστος ανακύκλωσης καθορίζεται από το ΣΣΕΔ σύμφωνα με την σύμβαση προσχώρησης σ' αυτό των επιχειρήσεων και εισπράττεται από τα δυο ΣΣΕΔ ως Εισφορές - Πόροι. Τα έσοδα των ΣΣΕΔ εξαιρουμένων των λειτουργικών δαπανών, του αποθεματικού τους,

της εισφοράς υπέρ ΕΟΑΝ 2% αναδιανέμονται στην αλυσίδα διαχειριστών των ΑΗΗΕ η οποία αποτελείται από επιχειρήσεις Συλλογής, Μεταφοράς, Επεξεργασίας, Ανακύκλωσης και Ανάκτησης. Οι πόροι αποδίδονται ως επιχορήγηση ανάλογα με τις εκτελούμενες εργασίες και βάσει συμβάσεων με το ΣΣΕΔ.

Στη χώρα μας η ετήσια παραγωγή αποβλήτων ηλεκτρικού και ηλεκτρονικού εξοπλισμού εκτιμάται στους 80.000-115.000 τόνους ετησίως. Τα απόβλητα ηλεκτρικού και ηλεκτρονικού εξοπλισμού έχουν προσδιοριστεί από την ελληνική νομοθεσία ως ρεύμα αποβλήτων προτεραιότητας, λόγω της επικινδυνότητάς τους, της ταχείας αύξησης του όγκου τους και των σημαντικών επιπτώσεων που προκαλεί η παραγωγή του ηλεκτρικού και ηλεκτρονικού εξοπλισμού στο περιβάλλον.

Στο παράρτημα στον Πίνακα 5 παρατίθεται ο πίνακας Εισφορών των Παραγωγών ΗΗΕ.

Για τα απόβλητα Μπαταριών και Συσσωρευτών υπάρχουν και λειτουργούν τρία Πανελλαδικής εμβέλειας ΣΣΕΔ: ΑΦΗΣ Α.Ε, ΕΠΕΝΔΙΣΥΣ Re-Battery Α.Ε και COMBATΤ Α.Ε. Η λειτουργία τους είναι στην ίδια λογική που προαναφέρθηκε για τα ΣΣΕΔ ΑΗΗΕ.

Τα απόβλητα ηλεκτρικών στηλών και συσσωρευτών ή αλλιώς μπαταρίες διαχωρίζονται στις επαναφορτιζόμενες και μιας χρήσης. Επίσης μπορούν να διαχωριστούν στις ακόλουθες κατηγορίες:

- Φορητές μπαταρίες
- Μπαταρίες αυτοκινήτων
- Βιομηχανικές μπαταρίες

Οι μπαταρίες αυτοκινήτων που χρησιμοποιούνται κάθε χρόνο στην Ε.Ε. υπολογίζονται σε 110.000 τόνους, με ένα ποσοστό περίπου 80-95% να ανακυκλώνεται. Οι μπαταρίες που αντικαθίστανται ανακυκλώνονται στο σύνολό τους ενώ ένα ποσοστό 15% περιέχεται σε οχήματα στο τέλος του κύκλου της ζωής τους. Αντίστοιχα οι βιομηχανικές μπαταρίες υπολογίζεται σε περίπου 200.000 τόνους, εκ των οποίων το 97% είναι συσσωρευτές μολύβδου οξέος. Οι μπαταρίες αυτές συλλέγονται στο σύνολό τους όμως είναι δύσκολο να εκτιμηθεί το ποσοστό ανακύκλωσής τους λόγω της μεγάλης διάρκειας ζωής που έχουν.

Στο Παράρτημα στον Πίνακα 9 αποτυπώνονται οι εισφορές των Παραγωγών στο ΣΣΕΔ Ε.Π.ΕΝ.ΔΙ.ΣΥΣ Re-Battery Α.Ε.

Με τα δεδομένα του προαναφερόμενου καταρτίζεται κατ' εκτίμηση Πίνακας Επιχορήγεων σε επιχειρήσεις Επεξεργασίας ΑΗΗΕ τα ακριβή στοιχεία είναι μη ανακοινώσιμα και υπάρχουν στις Συμβάσεις των επιχειρήσεων με το Αντίστοιχο ΣΣΕΔ που καταρτίζονται μετά από διαγωνισμούς. Στο Παράρτημα στον Πίνακα 6 παρατίθεται μια τυπική Προκήρυξη Διαγωνισμού. Στον Πίνακα 5 παρουσιάζεται η αποτίμηση εισφορών για την διαχείριση των ΑΗΗΕ από τον ΣΣΕΔ.

Πίνακας 5 Πίνακας επιχορήγησης εναλλακτικής διαχείρισης (53)

A/A	Κατηγορίες ΑΗΗΕ	Εκτιμώμενη Ετήσιας Ποσότητα (tn/yr)	Εκτιμώμενη επιχορήγηση (€/tn)	Σύνολο (€/yr)
1	Φωτοβολταϊκά	1.250	70	87.500
2	Ανεμογεννήτριες	500	80	40.000
3	Ηλεκτρικά Οχήματα	5000	120	600.000
4	Συσσωρευτές Ενέργειας (Li-ion, πυκνωτές, κλπ.)	1250	180	225.000
Σύνολο		8.000		952.500

3.3.2. Λειτουργικό κόστος εγκατάστασης

Η συνολική αποτίμηση του κόστους λειτουργίας (Operational Expenditures-Opex) του απαιτούμενου εξοπλισμού για τις ανάγκες του έργου υπολογίζεται από τα επιμέρους λειτουργικά κόστη.

1. Κόστος ενέργειας, υπολογίζεται με βάση τα δεδομένα των τεχνικών χαρακτηριστικών του εκάστοτε μηχανήματος σε συνδυασμό με τα δεδομένα κοστολόγησης κατανάλωσης ηλεκτρικής ενέργειας (54)
2. Κόστος ανθρώπινου δυναμικού, υπολογίζεται σε 12,2% του κόστους αρχικής εγκατάστασης του εργοστασίου (55).
3. Κόστος συντήρησης, υπολογίζεται ως 10-15% του κόστους αρχικής εγκατάστασης του εργοστασίου (49) (55).

Στον Πίνακα 6 παρουσιάζεται η οικονομική αποτίμηση Κόστους Ενέργειας. Με βάση τα στοιχεία για την ισχύ σε KW από τον Πίνακα 3 υπολογίζεται πόση θα είναι η ημερήσια κατανάλωση ενέργειας αν η εγκατάσταση λειτουργεί για 8 ώρες την ημέρα. Με βάση την Μεσοσταθμική Τιμή Αγοράς Ηλεκτρικής Ενέργειας υπολογίζεται το ημερήσιο Κόστος Κατανάλωσης Ηλεκτρικής Ενέργειας και έπειτα το ετήσιο Κόστος Κατανάλωσης Ενέργειας για όλη την εγκατάσταση (56).

Πίνακας 6 Αποτίμηση Κόστους Ενέργειας χρησιμοποιούμενου μηχανικού εξοπλισμού.

Α/Α	Μηχανικά Μέρη	Τεμάχια	Ισχύς ανά Ωρα	Κατανάλωση Ηλεκτρικής Ενέργειας ανά Ημέρα (8hrs)	Κατανάλωση Ηλεκτρικής Ενέργειας	Κόστος Κατανάλωσης Ηλεκτρικής Ενέργειας	Κόστος Κατανάλωσης Ηλεκτρικής Ενέργειας ανά Ημέρα (8hrs)	Κόστος Κατανάλωσης Ηλεκτρικής Ενέργειας ανά Έτος (250 Ημέρες)
			(KW)	(KWh)	(MWh)	(€/MWh)	(€)	(€)
1	Ταινιόδρομος	4	48,00	384,00	0,38	128,87	49,49	12.371,90
2	Σπαστήρας	1	300,00	2.400,00	2,40	128,87	309,30	77.324,40
3	Μαγνητικός διαχωριστής (Eddy Current)	1	20,00	160,00	0,16	128,87	20,62	5.154,96
4	Αεροδιαχωρι στής	1	60,00	480,00	0,48	128,87	61,86	15.464,88
5	Κοκκοποιητή ς	1	150,00	1.200,00	1,20	128,87	154,65	38.662,20
Σύνολο			578,00	4.624,00	4,62		595,91	148.978,34

3.3.3. Παρουσίαση Ολικού Επενδυτικού Σχεδίου - Ταμειακές Ροές

Για την αποτίμηση της οικονομικής ευστάθειας ενός έργου απαιτείται ο εντοπισμός των εκτιμώμενων ταμειακών ροών του. Οι ταμειακές ροές επιμερίζονται σε Εκροές και Εισροές. Ως Εκροές ορίζεται το συνολικό Κόστος, ενώ ως Εισροές ορίζεται το συνολικό Όφελος. Αναφορικά με το έργο που μελετάται οι εκροές υπολογίζονται με βάση το Κόστος Αρχικής Εγκατάστασης και το Κόστος Λειτουργίας. Εκτιμάται ότι προκειμένου να ξεκινήσει η εφαρμογή του σχεδίου διαχείρισης ΑΗΗΕ απαιτείται δάνειο τόσο για την επένδυση της αρχικής εγκατάστασης όσο και για τη λειτουργία αυτής.

Συνεπώς, εκτιμάται ως πρώτη ταμειακή εκροή, το κόστος εξυπηρέτησης δανείου για την αρχική εγκατάσταση. Το κόστος αυτό υπολογίζεται, λαμβάνοντας υπόψιν το επιτόκιο (περίπου 10%) και το χρόνο αποπληρωμής του (περίπου 10 έτη), σύμφωνα με όρους που συνήθως δανείζουν τα χρηματοπιστωτικά ιδρύματα σε περιπτώσεις πώλησης προϊόντος δανείου παγίου. Από τον υπολογισμό προκύπτει ότι η πρώτη ταμειακή εκροή (Κόστος Εξυπηρέτησης Δανείου Παγίου) θα ανέρχεται περίπου σε 273.963,77 €.

Ακολούθως εκτιμάται η δεύτερη ταμειακή εκροή, το κόστος για τη λειτουργία της εγκατάστασης. Το κόστος αυτό υπολογίζεται, λαμβάνοντας υπόψιν το επιτόκιο (περίπου 12 %) και ετήσιο χρόνο αποπληρωμής του, σύμφωνα με όρους που συνήθως δανείζουν τα χρηματοπιστωτικά ιδρύματα σε περιπτώσεις πώλησης προϊόντος δανείου κίνησης. Από τον υπολογισμό προκύπτει ότι η δεύτερη ταμειακή εκροή (Κόστος Εξυπηρέτησης Δανείου Κεφαλαίου Κίνησης) θα ανέρχεται περίπου σε 393.103,20 €.

Επομένως, οι συνολικές εκροές ανέρχονται περίπου σε 667.066,97 €. Στον Πίνακα 7 παρουσιάζεται η ανάλυση των εκροών του έργου ανά έτος. Οι εκροές υπολογίζονται με βάση τα κόστη αρχικής εγκατάστασης, κατανάλωσης ενέργειας, συντήρησης και κάλυψης αναγκών ανθρώπινου δυναμικού¹.

¹ Αφού αρχικά μέσω της οικονομοτεχνικής ανάλυσης αποτιμήθηκαν το Κόστος Αρχικής Εγκατάστασης και το Λειτουργικό Κόστος, χρησιμοποιήθηκε η συνάρτηση $(PMT(10\%;10;Κόστος Αρχικής Εγκατάστασης))$ για την εκτίμηση της πρώτης ταμειακής εκροής που αφορά στο Κόστος Εξυπηρέτησης Δανείου Παγίου.

Όμοια χρησιμοποιήθηκε η συνάρτηση $(PMT(12\%;1;Λειτουργικό Κόστος))$ για την εκτίμηση της δεύτερης ταμειακής εκροής που αφορά στο Κόστος Εξυπηρέτησης Δανείου Κεφαλαίου Κίνησης.

Πίνακας 7 Εκροές ανά Έτος (€/Έτος)

Εκροές ανά Έτος €/Έτος								
Έτη	Κόστος Αρχικής Εγκατάστασης	Κόστος Ενέργειας	Κόστος Ανθρώπινου Δυναμικού	Κόστος Συντήρησης	Συνολικό Κόστος Επένδυσης ανά Έτος (Εγκατάσταση και Λειτουργία)	Κόστος Εξυπηρέτησης Δανείου Παγίου	Κόστος Εξυπηρέτησης Δανείου Κεφαλαίου Κίνησης	SUM Συνολικό Κόστος Επένδυσης ανά Έτος (Εγκατάσταση και Λειτουργία)
0	1.683.388,80	-	-	-				
1	-	148.978,34	202.006,66	218.840,54	-667.066,97	-273.963,77	-393.103,20	-667.066,97
2	-	148.978,34	202.006,66	218.840,54	-912.168,38	-273.963,77	-638.204,61	-1.579.235,36
3	-	148.978,34	202.006,66	218.840,54	-912.168,38	-273.963,77	-638.204,61	-2.491.403,74
4	-	148.978,34	202.006,66	218.840,54	-912.168,38	-273.963,77	-638.204,61	-3.403.572,13
5	-	148.978,34	202.006,66	218.840,54	-912.168,38	-273.963,77	-638.204,61	-4.315.740,51
6	-	148.978,34	202.006,66	218.840,54	-912.168,38	-273.963,77	-638.204,61	-5.227.908,90
7	-	148.978,34	202.006,66	218.840,54	-912.168,38	-273.963,77	-638.204,61	-6.140.077,28
8	-	148.978,34	202.006,66	218.840,54	-912.168,38	-273.963,77	-638.204,61	-7.052.245,66
9	-	148.978,34	202.006,66	218.840,54	-912.168,38	-273.963,77	-638.204,61	-7.964.414,05
10	-	148.978,34	202.006,66	218.840,54	-912.168,38	-273.963,77	-638.204,61	-8.876.582,43

Εκτιμάται ως πρώτη και σταθερή ταμειακή εισροή η Επιχορήγηση από το ΣΣΕΔ, η οποία υπολογίζεται όπως αναφέρεται στο κεφάλαιο 3.3.1. στον Πίνακα 5 και ανέρχεται στο ετήσιο ποσό των 952.500,00 €.

Ακολούθως εκτιμάται η δεύτερη ταμειακή εισροή, οι Εισροές από Χρηματική Αξία των ανακτηθέντων μετάλλων. Ο υπολογισμός γίνεται με βάση την εκτιμώμενη ανακτώμενη ποσότητα μετάλλων. Πιο συγκεκριμένα το ανακτηθέν υλικό, στο τελευταίο στάδιο, που θα βρίσκεται υπό την μορφή πούδρας θα περιέχει διάφορα μεταλλικά συστατικά τα οποία παρίστανται στον Πίνακα 9, εν συνεχεία σύμφωνα με την εκτιμώμενη περιεκτικότητα (%) σε κάθε μέταλλο υπολογίζεται η χρηματική του αξία λαμβάνοντας υπόψιν τις ισχύουσες τιμές αγοράς. Τέλος αθροίζονται οι επιμέρους εκτιμώμενες χρηματικές αξίες που αναλογούν στην περιεχόμενη μάζα κάθε μετάλλου και υπολογίζεται η συνολική Χρηματική Αξία του μεταλλικού μείγματος .

Για τον έγκυρο υπολογισμό της συνολικής Χρηματικής Αξίας του ανακτώμενου προϊόντος, λαμβάνονται υπόψιν δυο βασικές Παραδοχές σύμφωνα με τους νόμους της αγοράς. Επειδή το προς πώληση υλικό είναι απόβλητο και χρήζει περαιτέρω επεξεργασίας (πυρομεταλλουργία-υδρομεταλλουργία), ώστε να διαχωριστούν τα μέταλλα μεταξύ τους με σκοπό να παραχθούν αυτοφυή μέταλλα, εκτιμάται ότι θα υπάρξει μεγάλη υποτίμηση στην τιμή πώλησης του υλικού.

Η υποτίμηση της χρηματικής αξίας που εξετάζουμε γίνεται εξ 'αιτίας του κόστους της περαιτέρω επεξεργασίας του ανακτώμενου μεταλλικού μείγματος ώστε να προκύψουν τα αυτοφυή μέταλλα. Για τον λόγο αυτό εκτιμάται ότι η χρηματική αξία θα υποστεί αρκετά μεγάλη υποτίμηση της τάξεως του 98,5%.

Ακόμα λαμβάνεται υπόψιν η παραδοχή κατά την οποία ένα σχετικά υψηλό μέρος του υλικού (70%) θα διατίθεται προς πώληση, το 20% είναι μη ανακτήσιμο και θα διατεθεί σε ΧΥΤΑ και ένα 10% θα αποθηκεύεται ως απόθεμα και θα μεταφέρεται για πώληση στην επόμενη χρονιά . Αυτό γίνεται για να υπάρξουν υπερκέρδη, αξιοποιώντας τις απειλές και ευκαιρίες της αγοράς όπως προβλέπεται από το μνημόνιο εταιρικής διαχείρισης από τα αντίστοιχα πρότυπα του ΕΛΟΤ ISO 9001:2015 και ISO 14001:2015 (57) (58).

Συνεπώς, λογίζοντας τις δύο προαναφερθείσες παραδοχές προκύπτει ο σταθμικός συντελεστής ($1\% * \text{αριθμός ετών λειτουργίας}$) επί της αρχικώς υπολογισμένης χρηματικής αξίας ο οποίος όταν πολλαπλασιαστεί με την τελευταία αποδίδει την πρακτικώς εκτιμώμενη χρηματική αξία με νόμους αγοράς. Σχετική ανάλυση παρουσιάζεται στους Πίνακες 8 και 9. Ο Πίνακας 8 αναλύει την εκτιμώμενη χρηματική αξία ανά ημέρα λειτουργίας. Ο Πίνακας 9 συνοψίζει τις δύο ταμειακές εισροές του έργου ανά έτος λειτουργίας. Στην τέταρτη ενότητα που ακολουθεί αξιολογείται η οικονομική βιωσιμότητα του εγχειρήματος και παρουσιάζονται οι σχετικοί οικονομοτεχνικοί δείκτες απόδοσης.

Πίνακας 8 Χρηματική Αξία Ανακτώμενου Μεταλλικού Μίγματος-Σταθμικός Συντελεστής-Πρακτικά Εκτιμώμενη Χρηματική Αξία για κάθε έτος Λειτουργίας ²

Ανακτώμενα Μέταλλα	Εκτιμώμενη Μάζα Ανακτώμενων Μετάλλων από ΑΗΗΕ Ανεμογεννητριών Κιλά/Ημέρα (kg/day)	Εκτιμώμενη Μάζα Ανακτώμενων Μετάλλων από ΑΗΗΕ Φωτοβολταϊκών Κιλά/Ημέρα (kg/day)	Εκτιμώμενη Μάζα Ανακτώμενων Μετάλλων από ΑΗΗΕ Ενεργειακών Συσσωρευτών Κιλά/Ημέρα (kg/day)	Εκτιμώμενη Μάζα Ανακτώμενων Μετάλλων από ΑΗΗΕ Εξοπλισμού Ηλεκτροκίνηση Κιλά/Ημέρα (kg/day)	Συνολική Εκτιμώμενη Μάζα Ανακτώμενων Μετάλλων από ΑΗΗΕ (kg/day)	Εκτιμώμενη Τιμή ανά κιλό Ανακτώμενου Μετάλλου (Euros €/kg) ³	Εκτιμώμενη Χρηματική Αξία ανά Ημέρα Λειτουργίας (Euros €/day)
Copper (Cu)	26	3,75	300	410	739,75	8,25	6.099,24
Aluminum (Al)	40	550	225	700	1.515,00	2,21	3.348,15
Nickel (Ni)	0,5	0	325	450	775,50	12,86	9.973,32
Cobalt (Co)	0	0	77,5	35	112,50	28,31	3.184,31
Manganese (Mn)	50	2,5	162,5	110	325,00	3,52	1.143,68
Lithium (Li)	0	1,25	42,5	130	173,75	9,61	1.668,87
Graphite (carbon)	10	12,5	750	1050	1.822,50	72,68	132.450,19
Dysprosium (Dy)	5	0,05	0,05	3	8,10	385,82	3.125,10
Praseodymium (Pr)	0,2	0,05	0,05	6	6,30	111,61	703,11
Neodymium (Nd)	16	0,05	0,05	16	32,10	92,57	2.971,61
Silver (Ag)	0,02	1,25	0,5	0,2	1,97	1.054,98	2.078,31

² Οι τιμές πώλησης (Euros €/kg) για κάθε μέταλλο ελήφθησαν από σχετικές πηγές σύμφωνα με τις ισχύουσες χρηματικές αξίες των μετάλλων για την τρέχουσα περίοδο Αύγουστος 2025.

³ Σχετικές Πηγές(59), (60), (61), (62)

Ανακτώμενα Μέταλλα	Εκτιμώμενη Μάζα Ανακτώμενων Μετάλλων από ΑΗΗΕ Ανεμογεννητριών Κιλά/Ημέρα (kg/day)	Εκτιμώμενη Μάζα Ανακτώμενων Μετάλλων από ΑΗΗΕ Φωτοβολταϊκών Κιλά/Ημέρα (kg/day)	Εκτιμώμενη Μάζα Ανακτώμενων Μετάλλων από ΑΗΗΕ Ενεργειακών Συσσωρευτών Κιλά/Ημέρα (kg/day)	Εκτιμώμενη Μάζα Ανακτώμενων Μετάλλων από ΑΗΗΕ Εξοπλισμού Ηλεκτροκίνηση Κιλά/Ημέρα (kg/day)	Συνολική Εκτιμώμενη Μάζα Ανακτώμενων Μετάλλων από ΑΗΗΕ (kg/day)	Εκτιμώμενη Τιμή ανά κιλό Ανακτώμενου Μετάλλου (Euros €/kg) ³	Εκτιμώμενη Χρηματική Αξία ανά Ημέρα Λειτουργίας (Euros €/day)
Zinc (Zn)	2,1	1,5	1,5	35	40,10	2,30	92,03
Gallium (Ga)	0,002	2,75	0,05	0,2	3,00	190,48	571,81
Germanium (Ge)	0,002	0,05	0,05	0,2	0,30	4.930,00	1.488,86
Selenium (Se)	0,002	2,75	0,05	0,2	3,00	28,48	85,48
Indium (In)	0,002	0,8	0,05	0,2	1,05	304,41	320,24
Molybdenum (Mo)	2,1	0,275	0,05	10,1	12,53	61,79	773,88
Terbium (Tb)	0,3	0,275	0,05	0,2	0,83	1.685,55	1.390,58
PGMs (Pt, Pd, Rh etc.)	0,002	0,275	0,05	0,2	0,53	34.000,00	17.918,00
Συνολική Εκτιμώμενη Χρηματική Αξία ανά Ημέρα Λειτουργίας (Euros €/ day)							189.386,75
Συνολική Εκτιμώμενη Χρηματική Αξία ανά Έτος Λειτουργίας (Euros €/ yr)-250 Εργάσιμες Ημέρες							47.346.688,67
Σταθμικός Συντελεστής							(1% * Έτος Λειτουργίας)
Πρακτικά Εκτιμώμενη Χρηματική Αξία (Euros €/ 1 st yr) για το 1 ^ο Έτος							473.466,89
Πρακτικά Εκτιμώμενη Χρηματική Αξία (Euros €/ 2 nd yr) για το 2 ^ο Έτος							946.933,77
.....						

Ανακτώμενα Μέταλλα	Εκτιμώμενη Μάζα Ανακτώμενων Μετάλλων από ΑΗΗΕ Ανεμογεννητριών Κιλά/Ημέρα (kg/day)	Εκτιμώμενη Μάζα Ανακτώμενων Μετάλλων από ΑΗΗΕ Φωτοβολταϊκών Κιλά/Ημέρα (kg/day)	Εκτιμώμενη Μάζα Ανακτώμενων Μετάλλων από ΑΗΗΕ Ενεργειακών Συσσωρευτών Κιλά/Ημέρα (kg/day)	Εκτιμώμενη Μάζα Ανακτώμενων Μετάλλων από ΑΗΗΕ Εξοπλισμού Ηλεκτροκίνηση Κιλά/Ημέρα (kg/day)	Συνολική Εκτιμώμενη Μάζα Ανακτώμενων Μετάλλων από ΑΗΗΕ (kg/day)	Εκτιμώμενη Τιμή ανά κιλό Ανακτώμενου Μετάλλου (Euros €/kg) ³	Εκτιμώμενη Χρηματική Αξία ανά Ημέρα Λειτουργίας (Euros €/day)
Πρακτικά Εκτιμώμενη Χρηματική Αξία (Euros €/ 10 th yr) για το 10 ^ο Έτος							4.734.668,87

Πίνακας 9 Εισροές ανά έτος (€/έτος)

Έτη Λειτουργίας	Εισροές		Συνολικές Εισροές (€/Έτος)
	Επιχορήγηση από το ΣΣΕΔ (€/Έτος)	Εισροές από Χρηματική Αξία (€/Έτος)	
1	952.500,00	473.466,89	1.425.966,89
2	952.500,00	946.933,77	1.899.433,77
3	952.500,00	1.420.400,66	2.372.900,66
4	952.500,00	1.893.867,55	2.846.367,55
5	952.500,00	2.367.334,43	3.319.834,43
6	952.500,00	2.840.801,32	3.793.301,32
7	952.500,00	3.314.268,21	4.266.768,21
8	952.500,00	3.787.735,09	4.740.235,09
9	952.500,00	4.261.201,98	5.213.701,98
10	952.500,00	4.734.668,87	5.687.168,87

4. Παρουσίαση Αποτελεσμάτων και Συζήτηση

4.1. Ετήσιες ταμειακές ροές (Net Cash Flow NCF_t) με Χρηματική Αξία

Στο κεφάλαιο αυτό αποτιμάται η οικονομική βιωσιμότητα του εγχειρήματος σε ετήσια βάση λαμβάνοντας υπόψιν την Ετήσια Καθαρή Παρούσα Αξία της λειτουργίας του έργου. Αξίζει να σημειωθεί ότι η Καθαρή Παρούσα Αξία προκύπτει από την διαφορά μεταξύ των ταμειακών Εισροών και Εκροών. Το Διάγραμμα 9 παρουσιάζει την κλιμάκωση των καθαρών χρηματικών ροών για λειτουργία 10 ετών.

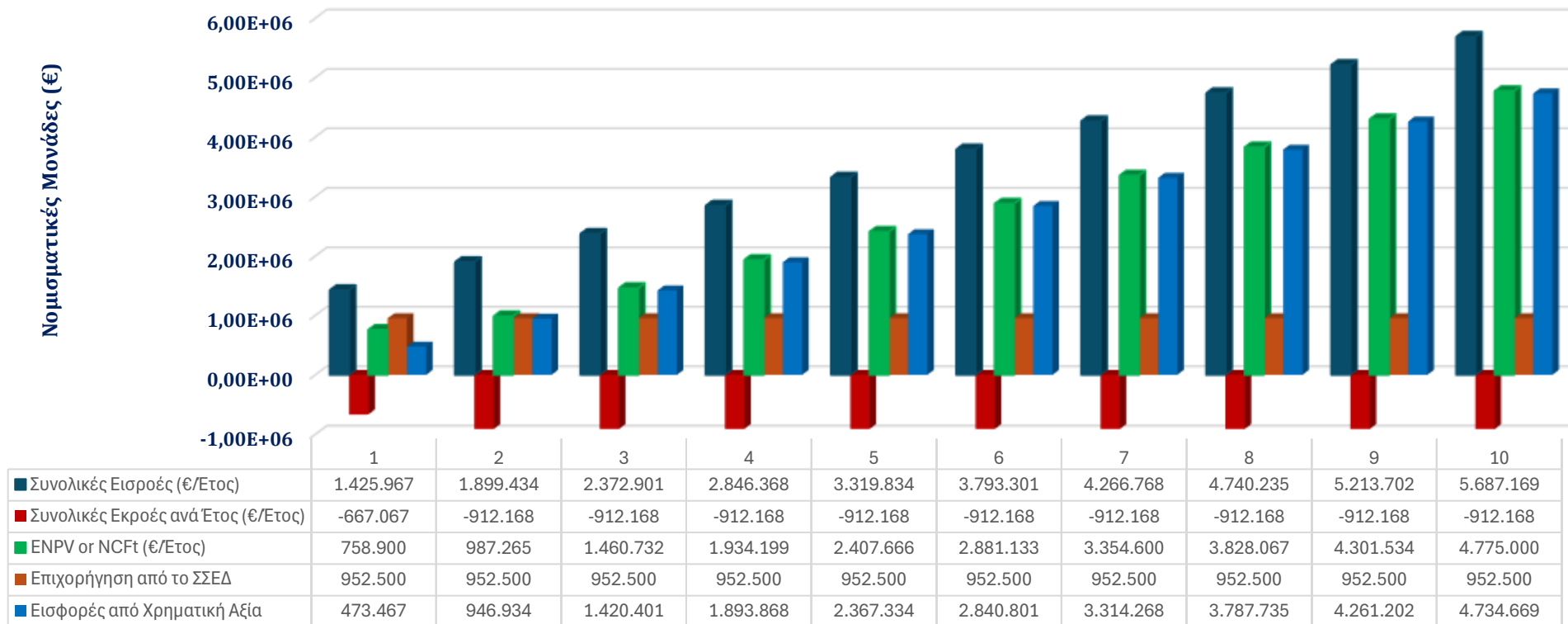
Στο Διάγραμμα 9 παρουσιάζονται οι ετήσιες εκροές οι οποίες με εξαίρεση το πρώτο έτος λειτουργίας παραμένουν σταθερές για όλο το χρονικό προσδόκιμο. Αυτό συμβαίνει διότι, στο πρώτο έτος λειτουργίας λογίζεται ότι δεν θα υπάρχει απώλεια κόστους λόγω συντήρησης δεδομένου ότι η εγκατάσταση θα διανύει το πρώτο έτος λειτουργίας της με καινούργιο εξοπλισμό.

Παρατηρείται ότι, λόγω διαρκώς αυξανόμενης ζήτησης εξαιτίας της πολυποίκιλης εφαρμογής των προαναφερθέντων μετάλλων σε ένα εύρος βιομηχανικών εφαρμογών, ο σταθμικός συντελεστής (όπως φαίνεται στον πίνακα 8) που αποδίδει την ετήσια χρηματική αξία αυξάνει γραμμικά σε σχέση με τον χρόνο.

Όπως φαίνεται από τον Πίνακα 9 και από το Διάγραμμα 9 η ετήσια επιχορήγηση από το ΣΣΕΔ παραμένει σταθερή και ανάλογη της δυναμικότητας εισερχόμενων αποβλήτων για διαχείριση που δύναται να δέχεται η μελετώμενη εργοστασιακή μονάδα. Η επιχορήγηση από το ΣΣΕΔ ενισχύει το σχέδιο δράσης παρέχοντας ένα συντελεστή ασφαλείας της τάξεως των 952.500 € που είναι σχεδόν εφάμιλλή ή και μεγαλύτερη σε σχέση με το αντίστοιχο ποσό εκροών το οποίο ανέρχεται σε 667.066 € για το πρώτο έτος και 912.168 € για τα υπόλοιπα έτη. Επιπροσθέτως, η ένταξη της εταιρείας διαχείρισης ΑΗΗΕ σε πρόγραμμα δανεισμού με επιτόκια: α) **10%** για το κόστος εξυπηρέτησης δανείου παγίου, και β) **12%** για το κόστος εξυπηρέτησης δανείου κίνησης, διασφαλίζει την εύρυθμη λειτουργία της επιχείρησης χωρίς να απαιτείται υπέρογκο κέρδος για την κάλυψη των λειτουργικών αναγκών και αποπληρωμής κόστους αρχικής εγκατάστασης της.

Με βάση αυτές τις αξιολογήσεις, αναφορικά με την ετήσια οικονομοτεχνική ανάλυση του έργου, παρατηρείται ότι η Ετήσια Καθαρή Παρούσα Αξία είναι αλγεβρικά θετική. Αυτό υποδηλώνει ότι οι αντίστοιχοι οικονομετρικοί δείκτες αναμένεται να αναδεικνύουν την βιωσιμότητα του έργου.

Ταμειακές Ροές (Εισροές-Εκροές)-Ετήσια Καθαρή Παρούσα Αξία (Net Cash Flow NCF)



10 Έτη
Λειτουργίας

Διάγραμμα 9 Ετήσια Καθαρή Παρούσα Αξία (Net Cash Flow NCF) για 10 έτη λειτουργίας

4.2. Οικονομετρικοί Δείκτες Βιωσιμότητας στα Πλαίσια της Κυκλικής Οικονομίας

Όπως έχει αναφερθεί και στο κεφάλαιο 2.3, οι οικονομοτεχνικοί δείκτες που χρησιμοποιούνται με στόχο την αξιολόγηση της οικονομικής βιωσιμότητας της επένδυσης είναι οι εξής:

1. **Δείκτης Οικονομικού Βαθμού Απόδοσης** του υλικού από την επεξεργασία ανάκτησης (Economic Rate of Return – **ERR**)
2. **Δείκτης Κόστους Οφέλους** (Benefit to Cost-**B/C Ratio**)
3. Δείκτης Βαθμού Εσωτερικής Απόδοσης (Internal Rate of Return **IRR**)

4.2.1. Δείκτης Οικονομικού Βαθμού Απόδοσης Υλικού – Economic Rate of Return-ERR

Ο οικονομετρικός δείκτης ανταποδοτικού οφέλους του μεταλλικού μείγματος που ανακτάται από την διαχείριση των ΑΗΗΕ υπολογίζεται σύμφωνα με την εξίσωση (2). Στην προκειμένη περίπτωση, για τον υπολογισμό του ERR, λαμβάνεται υπόψιν ότι η Αρχική Χρηματική Αξία του προς επεξεργασία αποβλήτου ορίζεται ως το ποσό επιχορήγησης από το ΣΣΕΔ. Ως τελική Χρηματική Αξία λογίζεται η Χρηματική Αξία Πώλησης του ανακτώμενου υλικού. Ο Πίνακας 10 παρουσιάζει τις προαναφερθείσες χρηματικές αξίες βάσει των οποίων υπολογίζεται ο ERR.

Πίνακας 10 Αρχική- Τελική Χρηματική Αξία Υλικού και Δείκτης ERR

Έτη	Αρχική Χρηματική Αξία Αποβλήτου (Επιχορήγηση από το ΣΣΕΔ)	Τελική Χρηματική Αξία Ανακτώμενου Υλικού (Εισφορές από Χρηματική Αξία)	Δείκτης Ανταποδοτικού Οφέλους ERR
1	952.500,00 €	473.466,89 €	49,71%
2	952.500,00 €	946.933,77 €	99,42%
3	952.500,00 €	1.420.400,66 €	149,12%
4	952.500,00 €	1.893.867,55 €	198,83%
5	952.500,00 €	2.367.334,43 €	248,54%
6	952.500,00 €	2.840.801,32 €	298,25%
7	952.500,00 €	3.314.268,21 €	347,95%
8	952.500,00 €	3.787.735,09 €	397,66%
9	952.500,00 €	4.261.201,98 €	447,37%
10	952.500,00 €	4.734.668,87 €	497,08%

Η κλιμάκωση του Δείκτη ERR απεικονίζεται γραφικά στο Διάγραμμα 10.

Κλιμάκωση Δείκτη Ανταποδοτικού Οφέλους ERR (Economic Rate of Return)



Διάγραμμα 10 Κλιμάκωση Δείκτη ERR για 10 Έτη λειτουργίας

Προς επαλήθευση του ανιχνεύσιμου Δείκτη Ανταποδοτικού Οφέλους του υλικού, που παρίσταται στον Πίνακα 10 επιλύεται η εξίσωση (2), η οποία αποτελεί την διαφορική λύση ώστε η διαφορά μεταξύ των δυο Χρηματικών Αξιών που συνθέτουν το Δείκτη ERR να μηδενίζει.

$$\sum_{t=0}^n \frac{Price\ Value_{(Recovered\ Material)} - Price\ Value_{(Waste\ Material)}}{(1+ERR)^n}, \quad (5)$$

n: έτη λειτουργίας

t: μηδενική χρονική στιγμή

Price Value_(Recovered Material): Τελική Χρηματική Αξία Ανακτώμενου Υλικού

Price Value_(Waste Material): Αρχική Χρηματική Αξία Αποβλήτου

Ο Πίνακας 11 παρουσιάζει τη δράση του ανιχνεύσιμου Δείκτη ERR ως προς το μηδενισμό της διαφοράς των δυο συνιστωσών Χρηματικών Αξιών που τον διαμορφώνουν. Τα αποτελέσματα δείχνουν ότι οι διαρκώς αυξανόμενες τιμές του ERR μηδενίζουν τη διαφορά των Χρηματικών Αξιών Τελικής με Αρχική στο 10^ο έτος λειτουργίας.

Παρατηρείται ότι η διαφορά μεταξύ των δύο συνιστωσών Χρηματικών Αξιών του δείκτη ERR αυξάνεται κατά τα τρία πρώτα χρόνια λειτουργίας. Αυτό οφείλεται στο μειωμένο ανταποδοτικό όφελος εξ' αιτίας της σχετικά χαμηλής Χρηματικής Αξίας του ανακτώμενου υλικού. Εν συνεχεία, η μελετώμενη διαφορά των χρηματικών αξιών μειώνεται διαφορικά σε σχέση με το χρόνο και μηδενίζεται στο 9^ο έτος λειτουργίας.

Η επαλήθευση του ERR παρέχει την απαιτούμενη εγκυρότητα για την οικονομική αποτίμηση της βιωσιμότητας του εγχειρήματος, αξιολογώντας την πρώτη ύλη και την υπεραξία που αποκτά κατά τη διάρκεια των δέκα ετών λειτουργίας. Ο ERR ως οικονομετρικός δείκτης επαληθεύει με αριθμητικές μονάδες την έννοια ότι η απόβλητη ύλη είναι πόρος επαναχρησιμοποίησης και πρεσβεύει την αρχή της Κυκλικής Οικονομίας και της πολιτικής των 4Rs.

Πίνακας 11 Επαλήθευση Εγκυρότητας Δείκτη ERR

Έτη	$(1+ERR)^n$	$Price\ Value_{(Recovered\ Material)} - Price\ Value_{Waste\ Material}$ (€)	$\frac{Price\ Value_{(Recovered\ Material)} - Price\ Value_{(Waste\ Material)}}{(1 + ERR)^n}$
1	1,497	-479.033,11	-319.978,707
2	3,977	-5.566,23	-1.399,724
3	15,461	467.900,66	30.262,858
4	79,745	941.367,55	11.804,708
5	514,348	1.414.834,43	2.750,733
6	3.989,460	1.888.301,32	473,323
7	36.194,157	2.361.768,21	65,253
8	376.252,310	2.835.235,09	7,535
9	4.410.938,139	3.308.701,98	0,750
10	57.585.268,287	3.782.168,87	0,066

4.2.2. Δείκτης Οικονομικού Βαθμού Απόδοσης – Benefit to Cost Ratio (B/C)

Ο οικονομετρικός δείκτης ανταποδοτικού οφέλους του εγχειρήματος διαχείρισης των ΑΗΗΕ υπολογίζεται σύμφωνα με την εξίσωση (3). Στην προκειμένη περίπτωση, για τον υπολογισμό του B/C, λαμβάνονται υπόψιν οι Ταμειακές Ροές του κάθε έτους. Πιο συγκεκριμένα, ως Ετήσιος Δείκτης Ανταποδοτικού Οφέλους λογίζεται ο λόγος του Ετήσιου Κέρδους προς τις αντίστοιχες Ετήσιες Ταμειακές Εκροές. Το κέρδος ορίζεται ως η διαφορά μεταξύ ετήσιων ταμειακών Εισροών και Εκροών.

Ο Πίνακας 12 παρουσιάζει τις Ετήσιες Ταμειακές Ροές και το Ετήσιο Κέρδος, βάσει των οποίων προκύπτει ο Συνολικός Ετήσιος Δείκτης Ανταποδοτικού Οφέλους B/C.

Πίνακας 12 Ετήσιες Ταμειακές Ροές, Ετήσιο Κέρδος και Δείκτης B/C

Έτη	Συνολικές Εισροές (€/Ετος)	Συνολικές Εκροές (€/Ετος)	Συνολικό Κέρδος (€/Ετος)	B/C
1	1.425.966,89	-667.066,97	758.899,91	1,14
2	1.899.433,77	-912.168,38	987.265,39	1,08
3	2.372.900,66	-912.168,38	1.460.732,28	1,60
4	2.846.367,55	-912.168,38	1.934.199,16	2,12
5	3.319.834,43	-912.168,38	2.407.666,05	2,64
6	3.793.301,32	-912.168,38	2.881.132,94	3,16
7	4.266.768,21	-912.168,38	3.354.599,82	3,68
8	4.740.235,09	-912.168,38	3.828.066,71	4,20
9	5.213.701,98	-912.168,38	4.301.533,60	4,72
10	5.687.168,87	-912.168,38	4.775.000,48	5,23

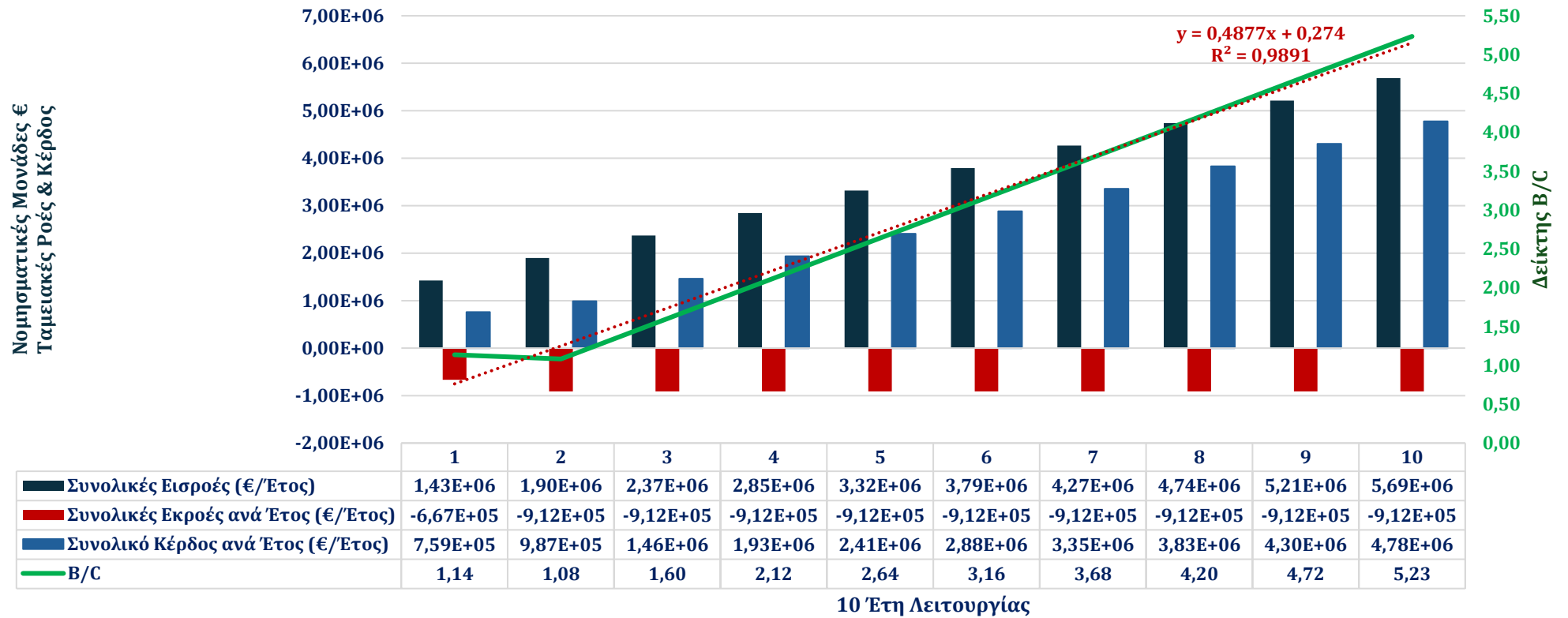
Παρατηρείται ότι κατά τη μετάβαση από το πρώτο προς το δεύτερο έτος λειτουργίας ο Δείκτης Ανταποδοτικού Οφέλους υφίσταται σχετική μείωση. Αυτό οφείλεται στην αύξηση των Ετήσιων Ταμειακών Εκροών από το δεύτερο έτος λειτουργίας λόγω του επιπρόσθετου Κόστους Συντήρησης το οποίο δεν υπήρχε στο πρώτο έτος αρχικής εγκατάστασης του εξοπλισμού.

Για όλα τα υπόλοιπα έτη λειτουργίας ο Δείκτης B/C διαρκώς αυξάνει γραμμικά σε σχέση με το χρόνο. Αξίζει να σημειωθεί πως με βάση τη μεθοδολογία Ανάλυσης Κόστους Οφέλους, παρατηρείται πως το εγχείρημα διαχείρισης ΑΗΗΕ για την ανάκτηση Κρίσιμων και άλλων μετάλλων χαρακτηρίζεται ως πλήρως αποδοτικό, καθώς από το πρώτο έτος λειτουργίας ο Δείκτης Ανταποδοτικού Οφέλους είναι μεγαλύτερος της μονάδας. Επομένως, το Συνολικό Κέρδος είναι μεγαλύτερο από το Συνολικό Κόστος Επεξεργασίας.

Η κλιμάκωση του Δείκτη B/C, σύμφωνα με τη μεθοδολογία Ανάλυσης Κόστους Οφέλους παρίσταται γραφικά στο Διάγραμμα 11. Η θεωρητική εξίσωση προσομοίωσης της γραμμικής κλιμάκωσης του δείκτη B/C σε συνάρτηση με το χρόνο είναι η ακόλουθη

$$(B/C)_{(t)} = 0,4877 * t + 0,274 \text{ (6) με ποσοστό επιτυχίας } R^2=98,9\%.$$

Κλιμάκωση Δείκτη Ανάλυσης Κόστους Οφέλους B/C (Benefit to Cost Ratio)-Ταμειακές Ροές και Κέρδος



Διάγραμμα 11 Ετήσια Κλιμάκωση Δείκτη Κόστους Οφέλους B/C, Ετήσιες Ταμειακές Ροές και Ετήσιο Κέρδος

4.2.3. Δείκτης Εσωτερικού Βαθμού Απόδοσης – Internal Rate of Return (IRR)

Ο οικονομετρικός Δείκτης Εσωτερικού Βαθμού Απόδοσης IRR του εγχειρήματος διαχείρισης των ΑΗΗΕ παρίσταται στην εξίσωση (4). Στην προκειμένη περίπτωση, ο δείκτης IRR αντιπροσωπεύει το Προεξοφλητικό Επιτόκιο της επένδυσης. Πιο συγκεκριμένα, ο IRR μηδενίζει την Αρχική Καθαρή Παρούσα Αξία, συσχετίζοντας το ετήσιο ισοζύγιο ταμειακών ροών και το προσδόκιμο της επιχειρηματικής δραστηριότητας.

Αξίζει να σημειωθεί ότι, για την ανεύρεση του δείκτη IRR λογίζεται θεωρητικά ότι η ετήσια ταμειακή εισροή που αναλογεί στο πρώτο έτος αποτελεί έσοδο για το δεύτερο έτος λειτουργίας. Αυτό πρακτικά σημαίνει ότι τα έσοδα επιχορήγησης του ΣΣΕΔ καθώς και της Χρηματικής Αξίας πώλησης του ανακτώμενου προϊόντος από τη διαχείριση ΑΗΗΕ του πρώτου έτους λειτουργίας, θα πιστωθούν στην εταιρία στην έναρξη του δεύτερου έτους λειτουργίας.

Η εκτίμηση του IRR σε σχέση με τις ταμειακές ροές παρίσταται στον Πίνακα 13.

Πίνακας 13 Ισοζύγιο Ταμειακών Ροών και Εκτίμηση Δείκτη IRR

Έτη	Συνολικές Εκροές (€/Έτος)	Συνολικές Εισροές (€/Έτος)	Ισοζύγιο Ταμειακών Ροών –Net Cash Flow (€/Έτος)
1	-667.066,97	0,00	-667.066,97
2	-912.168,38	1.425.966,89	513.798,50
3	-912.168,38	1.899.433,77	987.265,39
4	-912.168,38	2.372.900,66	1.460.732,28
5	-912.168,38	2.846.367,55	1.934.199,16
6	-912.168,38	3.319.834,43	2.407.666,05
7	-912.168,38	3.793.301,32	2.881.132,94
8	-912.168,38	4.266.768,21	3.354.599,82
9	-912.168,38	4.740.235,09	3.828.066,71
10	-912.168,38	5.213.701,98	4.301.533,60
IRR			66%

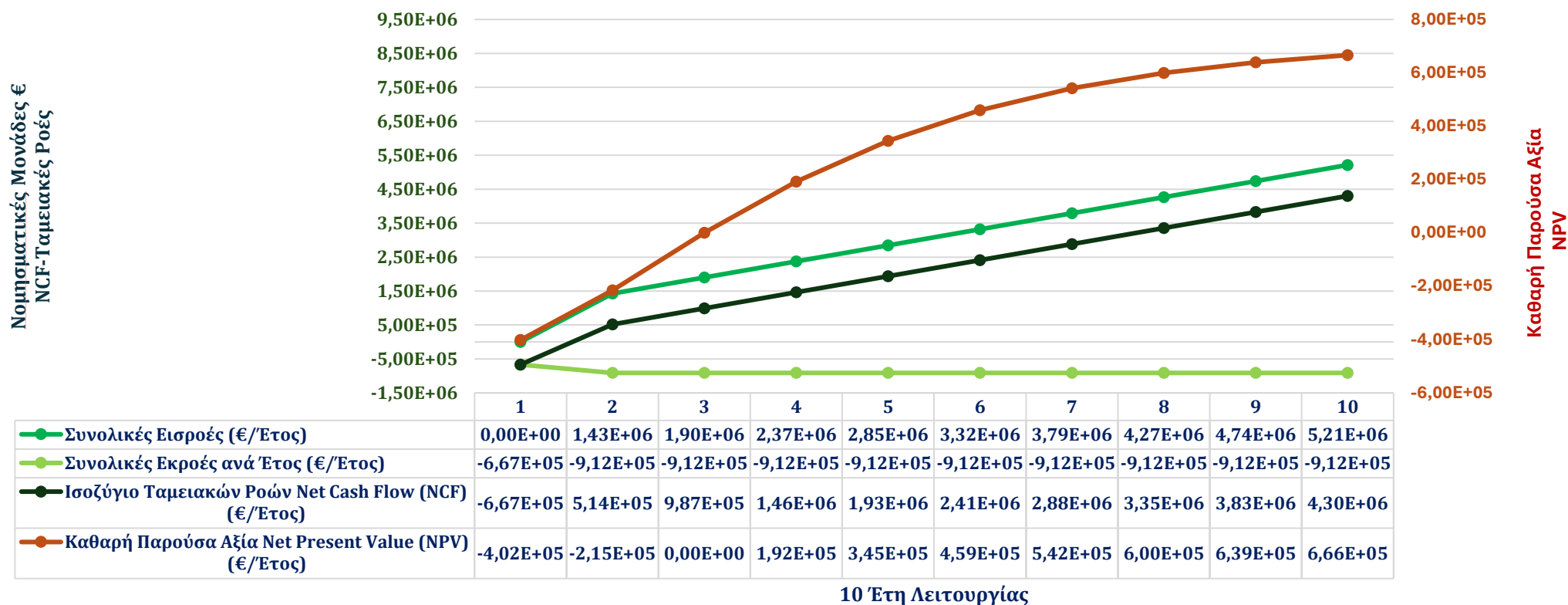
Αναφορικά με την επαλήθευση της εγκυρότητας του δείκτη IRR επιλύεται η εξίσωση (4). Προκύπτει ότι η Καθαρή Παρούσα Αξία (Net Present Value-NPV) που αντιστοιχεί στο αρχικώς απαιτούμενο κόστος επένδυσης, με προεξοφλητικό επιτόκιο IRR ίσο με 66%, μηδενίζεται θεωρητικά στο τρίτο έτος λειτουργίας. Αυτό σημαίνει ότι ο ευρισκόμενος δείκτης IRR, συνυπολογίζοντας τις εκτιμώμενες ταμειακές εισροές, μηδενίζει το καθαρό κόστος αρχικής επένδυσης στα τρία πρώτα χρόνια λειτουργίας. Η επιρροή του IRR στην οικονομική βιωσιμότητα του εγχειρήματος διαχείρισης ΑΗΗΕ επαληθεύεται και από το δείκτη συνολικής αποτίμησης κόστους οφέλους B/C ο οποίος είναι εμφανώς μεγαλύτερος της μονάδας από το τρίτο έτος λειτουργίας.

Ο Πίνακας 14 παρουσιάζει την κλιμακούμενη μείωση της Καθαρής Παρούσας Αξίας –NPV για το αρχικό κόστος επένδυσης, σε σχέση με τις αντίστοιχες ταμειακές ροές και το δείκτη IRR ίσο με 66%. Επιπροσθέτως, αναδεικνύει την εκτιμώμενη ευρωστία του επενδυτικού σχεδίου, καθώς από το τέταρτο έτος και μετά εμφανίζονται καθαρά κέρδη. Το Διάγραμμα 12 συνοψίζει το συσχετισμό της κλιμάκωσης NPV, NCF, και των αντίστοιχων ταμειακών ροών ανά έτος λειτουργίας.

Πίνακας 14 Επαλήθευση Εγκυρότητας Δείκτη IRR=66%, Ταμειακές Ροές και Καθαρή Παρούσα Αξία

Έτη	Συνολικές Εκροές (€/Έτος)	Συνολικές Εισροές (€/Έτος)	Ισοζύγιο Ταμειακών Ροών – Net Cash Flow (€/Έτος)	NPV (με IRR=66%)
1	-667.066,97	0,00	-667.066,97	-401.563,09
2	-912.168,38	1.425.966,89	513.798,50	-215.370,87
3	-912.168,38	1.899.433,77	987.265,39	0,00
4	-912.168,38	2.372.900,66	1.460.732,28	191.826,25
5	-912.168,38	2.846.367,55	1.934.199,16	344.731,69
6	-912.168,38	3.319.834,43	2.407.666,05	459.309,98
7	-912.168,38	3.793.301,32	2.881.132,94	541.847,95
8	-912.168,38	4.266.768,21	3.354.599,82	599.699,57
9	-912.168,38	4.740.235,09	3.828.066,71	639.440,55
10	-912.168,38	5.213.701,98	4.301.533,60	666.322,88

Κλιμάκωση NPV-NCF και Ταμειακές Ροές με IRR=66%



Διάγραμμα 12 Κλιμάκωση Net Present Value-NPV, Net Cash Flow-NCF, και Ταμειακών Ροών σε σχέση με τα έτη Λειτουργίας

5. Συμπεράσματα

5.1. Γενικά Συμπεράσματα

Η παρούσα διπλωματική εργασία έχει σαν στόχο να αναδείξει την εφαρμογή της μεθοδολογίας Ανάλυσης Κόστους Οφέλους σε πραγματικές βιομηχανικές συνθήκες διαχείρισης ΑΗΗΕ για την ανάκτηση των μετάλλων που περιέχονται σε αυτά. Η μεθοδολογία Ανάλυσης Κόστους Οφέλους αποτελεί το θεμέλιο λίθο για την κοστολόγηση των απαιτούμενων πόρων και την ανίχνευση οικονομικής βιωσιμότητας ενός επενδυτικού σχεδίου για κάθε βιομηχανική εφαρμογή. Παρόλο που ο ερευνητικός τομέας έχει εστιάσει στην εξέλιξη της ίδιας ή και άλλων παρόμοιων εφαρμογών για την οικονομική αξιολόγηση τεχνικών αλλά και άλλων έργων, σπανίως παρατηρείται η αναφορά σε αντιπροσωπευτικές τιμές και κόστη.

Συνεπώς, η συνεισφορά της παρούσας μελέτης έγκειται αφενός στην ανάλυση του μεθοδολογικού εργαλείου Ανάλυσης Κόστους Οφέλους και αφετέρου στην ανίχνευση των οικονομικών δεικτών βιωσιμότητας οι οποίοι αποτιμούν το μελετώμενο επενδυτικό σχέδιο με βάση της πραγματικές βιομηχανικές ανάγκες. Συνυπολογίζονται τόσο το σχετικό νομοθετικό πλαίσιο όσο και οι τεχνικές παράμετροι που καθορίζουν τον εργονομικό σχεδιασμό του έργου, ώστε να καθοριστούν οι απαιτούμενοι πόροι και ακολούθως τα κόστη λειτουργίας τους με νόμους αγοράς.

Η νομοθεσία είναι ένας από τους πιο σημαντικούς παράγοντες για την ανάπτυξη του βιομηχανικού τομέα και τη θέσπιση των προς επίτευξη στόχων στα πλαίσια της Κυκλικής Οικονομίας και πολιτικής των 4Rs. Η προκειμένη περίπτωση της ανάπτυξης επιχειρηματικής δραστηριότητας για την εναλλακτική διαχείρισης ΑΗΗΕ και την ανάκτηση των μετάλλων, συνάδει με την πολιτική της μείωσης όγκου αποβλήτων, ανάκτησης – ανακύκλωσης των ωφέλιμων υλικών και τη διάθεσή τους προς επαναχρησιμοποίηση.

Η επαναχρησιμοποίηση των Κρίσιμων Πρώτων Υλών και άλλων μετάλλων που περιέχονται στα ΑΗΗΕ ενισχύει την εφοδιαστική αλυσίδα, καθώς η εξέλιξη των βιομηχανικών εφαρμογών στα πλαίσια της βιώσιμης ανάπτυξης ολοένα και αυξάνει τη ζήτηση τους ενώ οι πρωτογενείς πηγές πρωτογενούς εξόρυξής τους ολοένα και μειώνονται. Αυτό έχει σαν αποτέλεσμα τη διαρκώς αυξανόμενη οικονομική αξία των Κρίσιμων, Στρατηγικών και άλλων μετάλλων. Επομένως, το εγχείρημα αξιοποίησης των ΑΗΗΕ ως δευτερογενή πηγή, μέσω της διαχείρισης-επεξεργασίας τους, για την ανάκτηση των μεταλλικών υλικών (CRMs, REEs, κλπ.) δύναται να έχει σχετικά μεγάλο κύκλο ζωής, προσφέροντας ανταποδοτικά οφέλη στην κοινωνία και την οικονομία.

Από την ανάλυση του μεθοδολογικού εργαλείου Ανάλυσης Κόστους Οφέλους απορρέουν οι οικονομικοί δείκτες βιωσιμότητας που πρέπει να ανευρεθούν για την αξιολόγηση του εγχειρήματος σε οικονομική βάση. Επιπροσθέτως, υπολογίζονται οι ετήσιες ταμειακές εισροές και εκροές του μελετώμενου έργου διαχείρισης ΑΗΗΕ για την ανάκτηση μεταλλικών υλικών. Με βάση τη μεθοδολογία Ανάλυσης Κόστους Οφέλους, εντοπίζονται οι μετρούμενοι ετήσιοι δείκτες που χαρακτηρίζουν την ποσοτική βιωσιμότητα του έργου.

5.2. Συμπεράσματα για Εργονομικό Σχεδιασμό, Κόστη και Ταμειακές Ροές

Εκτιμήθηκε ότι η εργοστασιακή μονάδα διαχείρισης ΑΗΗΕ που μελετάται θα έχει δυναμικότητα 32 tonnes/ημέρα - 8 ktonnes/έτος και θα αποτελείται από έναν (1) σπαστήρα, έναν (1) μαγνητικό διαχωριστή, έναν (1) αεροδιαχωριστή, έναν (1) κοκκοποιητή, και τέσσερις (4) μεταφορικές ταινίες. Με βάση το μηχανικό εξοπλισμό αποτιμήθηκε το κόστος αρχικής εγκατάστασης. Εν συνεχεία, αποτιμήθηκαν τα επιμέρους κόστη λειτουργίας, δηλαδή το κόστος ανθρώπινου δυναμικού, κόστος κατανάλωσης ενέργειας και κόστος συντήρησης. Έτσι αποτιμάται ότι το συνολικό κόστος αρχικής εγκατάστασης ανέρχεται σε 1.683.388,8 € ενώ το κόστος ετήσιας λειτουργίας ανέρχεται σε 569.825, 54 €. Τα κόστη αυτά καθορίζουν τις ετήσιες ταμειακές εκροές, καθώς αποτελούν τα κόστη προϊόντων δανείου παγίου και κίνησης, αντίστοιχα.

Ακόμα εκτιμήθηκε ότι η συνολική μάζα μετάλλων που θα ανακτάται από 8 ktonnes/έτος εισερχόμενων ΑΗΗΕ, ανέρχεται σε ποσό 5,5 tn/ημέρα, δηλαδή περίπου 1,4 ktonnes/έτος. Το ανακτώμενο μίγμα μετάλλων περιέχει μέταλλα διαφορετικής οικονομικής αξίας. Προκειμένου να υπολογιστεί η συνολική χρηματική αξία του ανακτώμενου προϊόντος λήφθηκαν υπόψιν οι επιμέρους μάζες ανακτώμενων μετάλλων όπως παρουσιάζονται στον Πίνακα 8 και οι αντίστοιχες τιμές πώλησής τους από τα σχετικά δεδομένα για την περίοδο του Αυγούστου 2025. Ο υπολογισμός της πρακτικώς εκτιμώμενης Χρηματικής Αξίας αναλύεται στην υπό-ενότητα 5.4, καθώς η εν λόγω αξία είναι μεταβλητή παράμετρος σε σχέση με το χρόνο και μεταβάλλεται από 473.466,8 € έως 4.734.668,8 € κατά τα δέκα πρώτα έτη λειτουργίας. Ακόμα αποτιμήθηκε η συνολική επιχορήγηση από το ΣΣΕΔ στα 952.500 €, η οποία είναι ανάλογη της μάζας ανά κατηγορία προέλευσης ΑΗΗΕ.

Ακολούθως υπολογίστηκαν οι καθαρές ταμειακές ροές για κάθε έτος λειτουργίας, υπολογίζοντας τη διαφορά μεταξύ ταμειακών εισροών και εκροών. Οι ετήσιες καθαρές ταμειακές ροές ανέρχονται από 758.900 € σε 4.775.000 € μέσα στο μελετώμενο χρονικό διάστημα των δέκα ετών λειτουργίας. Η ετήσια καθαρή ταμειακή ροή είναι μεταβλητή ανά έτος καθώς περιέχει μεταβλητή εισροή εξ' αιτίας της μεταβλητής εισρέουσας χρηματικής αξίας του προϊόντος, και της μεταβολής ταμειακής εκροής κατά τη μετάβαση από το πρώτο προς τα υπόλοιπα έτη λειτουργίας.

5.3. Συμπεράσματα για τις Ταμειακές Εκροές

Αναφορικά με το μελετώμενο έργο, οι ετήσιες ταμειακές εκροές ανέρχονται συνολικά σε 667.066,97 € για το πρώτο έτος λειτουργίας και 912.168,38 € για τη χρονική περίοδο από το δεύτερο έτος λειτουργίας και πάνω. Για το πρώτο έτος λειτουργίας, το ποσό των 273.963,77 € αντιστοιχεί στο ποσό αποπληρωμής δανείου παγίου και αφορά στο κόστος αρχικής εγκατάστασης που αποτιμήθηκε στα 1.683.388,8 €, ενώ το υπόλοιπο ποσό των 393.103,2 € αντιστοιχεί στο ποσό αποπληρωμής δανείου κεφαλαίου κίνησης.

Όμοια, για τα έτη από το δεύτερο έτος λειτουργίας και πάνω οι συνολικές εκροές ανέρχονται στο ποσό των 912.168,38 € εκ των οποίων το ποσό των 273.963,77 € αντιστοιχεί στο ποσό αποπληρωμής δανείου παγίου και αφορά στο κόστος αρχικής

εγκατάστασης που αποτιμήθηκε στα 1.683.388,8 €, ενώ το υπόλοιπο ποσό των 638.204,61 € αντιστοιχεί στο ποσό αποπληρωμής δανείου κεφαλαίου κίνησης.

Παρατηρείται ότι το ποσό αποπληρωμής δανείου παγίου διατηρείται σταθερό για όλα τα έτη λειτουργίας που μελετώνται, ενώ το κόστος κεφαλαίου κίνησης αυξάνεται από το δεύτερο έτος λειτουργίας και παραμένει σταθερό για τα υπόλοιπα έτη. Αυτό συμβαίνει γιατί το ετήσιο κόστος λειτουργίας από το δεύτερο έτος αυξάνεται καθώς προστίθεται επιπλέον του κόστους ανθρώπινου δυναμικού και ενέργειας, το κόστος συντήρησης. Αξίζει να σημειωθεί ότι ο υπολογισμός για το κόστος εξυπηρέτησης δανείου παγίου υπολογίστηκε επιτόκιο 10% και χρόνος αποπληρωμής τα δέκα. Αντίθετα για το κόστος κεφαλαίου κίνησης υπολογίστηκε ότι θα αποπληρώνεται ετησίως με επιτόκιο 12%.

5.4. Συμπεράσματα για τις Ταμειακές Εισροές

Οι πηγές των ταμειακών εισροών επιμερίζονται στην επιχορήγηση από το Σύστημα Εναλλακτική Διαχείρισης και στην εισρέουσα χρηματική αξία (έσοδα) από άλλα ενδιαφερόμενα μέρη κυρίως μεταλλευτικές-μεταλλουργικές εταιρίες οι οποίες θα εμπλουτίσουν το παραγόμενο προϊόν με σκοπό να παραχθούν αυτοφυή μέταλλα μέσω διαδικασιών πυρομεταλλουργίας ή υδρομεταλλουργίας.

Αναφορικά με τη Χρηματική Αξία, αξίζει να επισημανθεί ότι από τη διαχείριση των ΑΗΗΕ, το τελικό προϊόν (μεταλλικό μίγμα) απαιτεί επιπλέον κόστος προκειμένου να εμπλουτιστεί για να διαχωριστούν τα μεταλλικά στοιχεία ώστε να παραχθούν αυτοφυή μέταλλα ή συγκεκριμένες αναλογίες κραμάτων. Για το λόγο αυτό η τιμή πώλησης του προϊόντος υφίσταται υψηλό βαθμό υποτίμησης (98,5%) και λογίζεται ότι η πραγματική εισρέουσα αξία θα είναι ίση με το 1,5% μόνο της αρχικά εκτιμώμενης θεωρητικής Χρηματικής Αξίας.

Η θεωρητικά υπολογιζόμενη Χρηματική Αξία του προϊόντος εκτιμήθηκε στα 47.346.688 € για 1,4 ktonnes/έτος μεταλλικού μίγματος. Η πραγματική Χρηματική Αξία που ελήφθη υπόψιν ως ταμειακή εισροή από χρηματική αξία υπολογίζεται σύμφωνα με τον πολλαπλασιασμό του Σταθμικού Συντελεστή ($1\% \cdot \text{Έτος Λειτουργίας}$) που παρίσταται στον Πίνακα 8. Ο συντελεστής 1% προκύπτει από την παραδοχή ότι το 70% του παραχθέντος υλικού θα πωλείται ετησίως καθώς η τιμή πώλησής του θα αντιστοιχεί σε μόλις 1,5% επί της θεωρητικής Χρηματικής Αξίας του. Αναμένεται ότι ο Σταθμικός Συντελεστής θα αυξάνεται με τα έτη λειτουργίας αναλογικά με την αύξηση της ζήτησης σε μεταλλικά υλικά με την πάροδο του χρόνου. Επομένως, η πρακτικά υπολογιζόμενη Χρηματική Αξία παρουσιάζεται στον Πίνακα 9 και παρατηρείται ότι κλιμακώνεται από 473.466,89 € για το πρώτο έτος σε 4.734.668,87 € για το δέκατο έτος λειτουργίας.

Η ανάλυση της ταμειακής εισροής από την επιχορήγησης του ΣΣΕΔ παρίσταται στον Πίνακα 5. Σύμφωνα με δημοσιευμένα στοιχεία συμβάσεων μεταξύ διαχειριστών αποβλήτων και του ΣΣΕΔ, η επιχορήγηση ανέρχεται σε 70, 80 120, και 180 €/tn για ΑΗΗΕ από φωτοβολταϊκά, ανεμογεννήτριες, ηλεκτρικά οχήματα και συσσωρευτές ενέργειας μετά το τέλος του κύκλου ζωής τους αντίστοιχα. Έτσι, εκτιμάται ότι για τη δυναμικότητα της εγκατάστασης 8 ktonnes/έτος, η επιχορήγηση από το ΣΣΕΔ θα ανέρχεται στο ετήσιο ποσό των 952.500 €.

5.5. Συμπεράσματα Εφαρμοσμένης Μεθοδολογίας Ανάλυσης Κόστους Οφέλους και Οικονομετρικοί Δείκτες Βιωσιμότητας ERR, B/C, IRR

Οι τιμές του δείκτη ERR, που χαρακτηρίζει το βαθμό ανταποδοτικού οφέλους για την υλική πρώτη ύλη, παρίστανται στον Πίνακα 10, ενώ η κλιμάκωση του εν λόγω δείκτη σε σχέση με τις αντίστοιχες χρηματικές αξίες που τον συνθέτουν παρίσταται γραφικά στο Διάγραμμα 10. Παρατηρείται ότι ο ERR μεταβαίνει από το ποσοστό του 50 % σε σχεδόν 100 % κατά τη μετάβαση από το πρώτο έως και το δεύτερο έτος. Η αιτία αυτού είναι η άνοδος της Τελικής Χρηματικής Αξίας του Ανακτώμενου Υλικού σε ποσό σχεδόν ίσο με την επιχορήγηση του ΣΣΕΔ. Δηλαδή, η αξία του προϊόντος κατά το δεύτερο έτος λειτουργίας σχεδόν ισοβαθμεί με την αντίστοιχη αξία του αποβλήτου η οποία και χορηγείται στην επιχείρηση για την επεξεργασία του.

Από το δεύτερο έτος και μετά, το παραγόμενο προϊόν αποκτά υπεραξία σε σχέση με την αξία του ως απόβλητη ύλη, έτσι ο ERR για το ανακτώμενο προϊόν αυξάνεται σε 149,12% κ.ο.κ. Σημειώνεται ότι ο ERR είναι μεταβλητός δείκτης εφόσον η Χρηματική Αξία του προϊόντος μεταβάλλεται ενώ η επιχορήγηση από το ΣΣΕΔ παραμένει σταθερή. Στον Πίνακα 11 παρίσταται η επαλήθευση της εγκυρότητας του ετήσιου ERR, καθώς η αρχική Καθαρή Χρηματική Αξία του προϊόντος μηδενίζεται εντός της μελετώμενης χρονικής περιόδου των δέκα ετών, και συγκεκριμένα στο ένατο έτος.

Εν συνεχεία, παρατηρείται από το σχετικό Πίνακα 12 ότι ο δείκτης ανταποδοτικού οφέλους B/C για όλο το επενδυτικό πλάνο είναι μεγαλύτερος της μονάδας και ίσος με 1,14 από το πρώτο έτος λειτουργίας. Στο δεύτερο έτος λειτουργίας ο δείκτης B/C είναι ίσος με 1,08 και παρατηρείται ότι παρουσιάζει ελάχιστη μείωση. Αυτό οφείλεται στην αύξηση των ταμειακών εκροών εξ' αιτίας του επιπρόσθετου κόστους συντήρησης.

Για όλα τα επόμενα έτη ο δείκτης B/C αυξάνεται γραμμικά σε σχέση με το χρόνο καθώς τα έσοδα διαρκώς αυξάνονται, δεδομένης της αύξησης της Χρηματικής Αξίας του Ανακτώμενου προϊόντος σε σχέση με το χρόνο, όπως διαφαίνεται και από το δείκτη ERR. Ο δείκτης B/C αποκτά εμφανώς μεγαλύτερη τιμή από τη μονάδα από το τρίτο έτος λειτουργίας που είναι ίσος με 1,6. Το γεγονός αυτό έρχεται σε συμφωνία με την κλιμάκωση του δείκτη ERR που ξεπερνά την τιμή 100% και γίνεται ίσος με 149 % επίσης από το τρίτο έτος λειτουργίας. Συνεπώς πληρείται η συνθήκη που περιγράφεται μέσω της εξίσωσης (3), και το όλο εγχείρημα ενδείκνυται προς επένδυση.

Προκειμένου να αξιολογηθεί ο εσωτερικός βαθμός απόδοσης του προς μελέτη έργου συνίσταται και ο υπολογισμός του δείκτη εσωτερικού βαθμού απόδοσης IRR ο οποίος αντιστοιχεί στο προεξοφλητικό επιτόκιο, το οποίο σύμφωνα με την εξίσωση (4) θα μηδενίσει την αρχική καθαρή παρούσα αξία NPV που αντιστοιχεί στο αρχικό κόστος επένδυσης με προσδόκιμο τα δέκα έτη λειτουργίας συμπεριλαμβανομένων των τόκων. Ο δείκτης IRR αποτελεί ένα συμπληρωματικό μέτρο ανίχνευσης της οικονομικής βιωσιμότητας ενός έργου, καθώς αναφέρεται στον εσωτερικό βαθμό βιωσιμότητας.

Ο δείκτης IRR, σύμφωνα με την εξίσωση (4) και τις εξαγόμενες καθαρές ταμειακές ροές υπολογίστηκε ότι αντιστοιχεί σε ποσοστό 66%, όπως φαίνεται και στον Πίνακα 13. Για τις ανάγκες υπολογισμού του IRR θεωρήθηκε, από άποψη φυσικής σημασίας,

ότι η ταμειακές εισροές πιστώνονται στο δεύτερο έτος λειτουργίας (δηλαδή με το πέρας του πρώτου έτους).

Προς επαλήθευση του ανιχνεύσιμου δείκτη IRR, εντοπίσθηκε η κλιμάκωση της αρχικής καθαρής παρούσας αξίας NPV σε σχέση με το χρόνο. Όπως παρουσιάζεται στο σχετικό Πίνακα 14, ο NPV μηδενίζεται στο τρίτο έτος λειτουργίας με προεξοφλητικό επιτόκιο $IRR=66\%$. Η ποσοτική αυτή εκτίμηση συνάδει με τα ευρήματα των υπόλοιπων οικονομετρικών δεικτών που ανιχνεύθηκαν και επαληθεύει πλήρως την οικονομική βιωσιμότητα του προτεινόμενου σχεδίου διαχείρισης ΑΗΗΕ.

5.6. Επίλογος

Λαμβάνοντας υπόψιν όλα τα παραπάνω, εκτιμάται ότι για την επεξεργασία 8 ktonnes/έτος ΑΗΗΕ από ανεμογεννήτριες, φωτοβολταϊκές συσκευές, ηλεκτρικά οχήματα, και συσσωρευτές ενέργειας μετά το τέλος του κύκλου ζωής τους, δύναται να ανακτώνται 1,4 ktonnes μετάλλων. Η αξία του ωφέλιμου υλικού σε σχέση με το χρόνο και με την αρχική αξία του ως απόβλητο αυξάνεται συστηματικά από το τρίτο έτος λειτουργίας.

Ο δείκτης ανταποδοτικού οφέλους του εν λόγω εγχειρήματος είναι μεγαλύτερος της μονάδας, και συνεπώς οι ταμειακές εισροές είναι μεγαλύτερες από τις ταμειακές εκροές από το πρώτο έτος λειτουργίας με εμφανή υπεροχή από το τρίτο έτος λειτουργίας. Ο δείκτης εσωτερικού βαθμού απόδοσης ορίζεται σε 66% και επαληθεύει την αποδοτικότητά του επίσης στο τρίτο έτος λειτουργίας μηδενίζοντας το αρχικό κόστος επένδυσης που αφορά το προϊόν δανείου παγίου.

Συνοψίζοντας, επαληθεύεται με χρηματικούς όρους και οικονομετρικούς δείκτες η οικονομική βιωσιμότητα του σχεδίου ανάκτησης μετάλλων από ΑΗΗΕ. Αυτό είναι ένα σημαντικό βήμα για περεταίρω εξέλιξη της μεθοδολογίας Ανάλυσης Κόστους Οφέλους ως προς την εφαρμογή της σε αντίστοιχα έργα. Παράλληλα ενισχύεται το ερευνητική μεθοδολογία της μεθόδου από τον εμπλουτισμό της με τεχνικά και νομικά στοιχεία που καθορίζουν τους νόμους της αγοράς και εξυπηρετούν τις βιομηχανικές ανάγκες.

Η παρούσα διπλωματική εργασία, σηματοδοτεί μία βάση για περεταίρω ανάπτυξη και εξέλιξη του επιστημονικού κλάδου της χρηματοοικονομικής μηχανικής για την αποτίμηση του βαθμού οικονομικής βιωσιμότητας παρόμοιων εγχειρημάτων. Είναι σημαντικό να αναφερθεί, ότι η ποσοτικοποίηση των ταμειακών ροών και των οικονομετρικών δεικτών που αποτιμούν τη βιωσιμότητα ενός επενδυτικού σχεδίου, όπως και στην παρούσα διπλωματική εργασία, αποτελούν αναπόσπαστο κομμάτι για τον τομέα της μηχανικής.

Τέλος, τα συμπεράσματα που αναφέρονται πιστοποιούν την εγκυρότητα της πολιτικής 4Rs στα πλαίσια της Κυκλικής Οικονομίας και Πράσινης Μετάβασης, καθώς ολοένα και οι ποσότητες των ΑΗΗΕ θα αυξάνουν ενώ ήδη υπάρχει αυξημένος κίνδυνος στην εφοδιαστική αλυσίδα των Κρίσιμων Πρώτων Υλών και άλλων μετάλλων για τις διαρκώς αυξανόμενες βιομηχανικές ανάγκες.

Βιβλιογραφία

1. Directive 2008/98/EC of the European Parliament and of the Council of 19 November 2008 on waste and repealing.
2. European Parliament Retrieved from <https://www.europarl.europa.eu/portal/en>.
3. Bobba, S., Carrara, S., Huisman, J., Mathieux, F., Pavel, C. 2023. Critical Raw Materials for Strategic Technologies and Sectors in the EU A Foresight Study.
4. Buchert, M., Schüler, D., Bleher, D.,. Critical Metals for Future Sustainable Technologies and Their Recycling Potential. United Nations Environment Programme & United Nations University. 2009.
5. Ltd, Chichester: John Wiley & Sons. Handbook of Photovoltaic Science.
6. Πηλίχος. «Μέθοδοι Επεξεργασίας Και Ανακύκλωσης Φωτοβολταϊκών Πλαισίων» . Θεσσαλονίκη : s.n., 2013.
7. Ryan J., and C. Martin. Solar Companies Are Scrambling to Find a Critical Raw Material’, Bloomberg,. 2017.
8. Markets, Research and. ‘Global and China Polysilicon Industry Report 2019-2023’. 2019.
9. A., Jäger-Waldau. 2020 Snapshot of photovoltaics Energies.
10. Goe, M. and G. Gaustad. Strengthening the case for recycling photovoltaics: An energy payback analysis. Applied Energy, 120: 41–48. 2014.
11. Wakihara & Yamamoto. 1998.“Lithium-Ion Batteries, Fundamentals and performance”.
12. Perla Balbuena & Yixuan Wang, Imperial College Press. 1998.Lithium-Ion batteries, Solid Electrolyte Interphase’.
13. Roskill. 2018.Lithium-Ion Batteries Market Development & Raw Materials, Second Edition,.
14. Andersen. 2015 Wind turbine: characterisation of waste material, 144.
15. Heng, H., Meng, F. και McKechnie, J. 2021, Wind turbine blade wastes and the environmental impacts in Canada. Waste Manag. .
16. (EWEA)., European Wind Energy Association. 2020 Working Group on Grid Code Requirements, Position Paper, European Grid Code Requirements for Wind Power Generation; EWEA: Brussels, Belgium.
17. WindEurope. 2022 Wind Energy in Europe—2021 Statistics and the Outlook for 2022–2026; WindEurope: Brussels, Belgium .
18. Deployment, International Renewable Energy Agency (IRENA). Future of Wind:. 2019 Investment, Technology, Grid Integration and Socio-Economic Aspects (A Global Energy Transformation Paper); IRENA: Abu Dhabi, United Arab Emirates,.
19. Majewski, P., και συν. 2022, End-of-life policy considerations for wind turbine blades. Renew. Sustain. Energy Rev. .

20. Lefevvre, A., και συν. 2019 Anticipating in-use stocks of carbon fibre reinforced polymers and related waste generated by the wind power sector until 2050. *Resour. Conserv. Recycl.*
21. Liu, P. και Barlow, C.Y. 2017 Wind turbine blade waste in 2050. *Waste Manag.* .
22. A. Cooperman, A. Eberle and E. Lantz, *Resour.*, 2021, *Conserv. Recycl.*, .
23. Global Wind Energy Council. 2022 Global Wind Report, .
24. Industry., Economic and Market Report. EU Automotive. 2019, Full Economic and Market Report. EU Automotive Industry. Full year .
25. N.D., White L.V. and Sintov. 2017, You are what you drive: Environmentalist and social innovator symbolism drives electric vehicle adoption intentions. *Transportation Research Part A: Policy and Practice*,.
26. Outlook, IEA (2018) Global EV. 2018. Towards Cross-Modal Electrification. International Energy Agency Clean Energy Ministerial Electric Vehicles Initiative.
27. Ziemann S., Grunwald A., Schebek L., Müller D.B. and Weil M. 2013, The future of mobility and its critical raw materials. *Revue de Métallurgie –International Journal of Metallurgy*.
28. Ortego A., Valero A., Valero A. and Restrepo E. 2018 , Vehicles and critical raw materials: A sustainability assessment using thermodynamic rarity. *Journal of Industrial Ecology*,.
29. Pollet B.G., Staffell I. and Shang J.L. 2012 , Current status of hybrid battery and fuel cell electric vehicles: From electrochemistry to market prospects *Electrochimica Acta*.
30. Forti, V., Baldé, C. P., Kuehr, R., & Bel, G. (2020). The Global E-waste Monitor 2020: Quantities, flows and the circular economy potential.
31. Commission., European. (2015). Communication from the Commission to the European parliament, the Council, the European economic and social committee and the committee of the regions closing loop—An EU action plan circular economy.
32. Baldé, C.P., Forti, V., Gray, V., Kuehr, R., & Stegmann, P. . (2017). The Global E-waste Monitor – 2017, United Nations University (UNU), International Telecommunication Union (ITU) & International Solid Waste Association (ISWA), Bonn/Geneva/Vienna.
33. Forti, V., Baldé, C. P., Kuehr, R., & Bel, G. (2020). The Global E-waste Monitor 2020: Quantities, flows and the circular economy potential.
34. Huisman, J., Botezatu, I., Herreras, L., Liddane, M., Hintsa, J., di Cortemiglia, V. L., . . . Bonzio, A. (2015) Countering WEEE illegal trade (CWIT) summary report market assessment, legal analysis, crime analysis and recommendations roadmap.
35. ADEME. (2013). Study on the quantification of waste of electrical and electronic equipment (WEEE) in France: Household and similar WEEE arising and destinations.
36. Huisman, J. (2013). (W)EEE mass balance and market structure in Belgium.
37. Huisman, J., van der Maesen, M., Eijlbouts, R. J. J., Wang, F., Baldé, C. P., & Wielenga, C. A. (2012). The Dutch WEEE flows: 2011 Dutch e-waste quantification.
38. Magalini, F., Wang, F., Huisman, J., Kuehr, R., Baldé, K., van Straalen, V., . . . Akpulat, O. (2014). Study on collection rates of waste electrical and electronic equipment (WEEE): Possible

- measures to be initiated by the commission as required by article 7(4), 7(5) and 7(7) of directive 2012/19/EU on waste electrical and electronic equipment (WEEE).
39. (2019c), USGS. 2019, Lithium Statistics and Information. United States Geological Survey,.
40. Sandell-Hay, C. (2021). 2021, Critical minerals mean different things to different countries. Assay.
41. Su, Y., Hu, D., 2022, Global dynamics and reflections on critical minerals. E3S Web of Conf. 352.
42. Hool A., Helbig C., Wierink G. 2023. Challenges and opportunities of the European critical raw materials act. Mineral Economics 1–8.
43. Cucchiella, F., D'Adamo, I., Koh, S.C.L., Rosa, P., . 2015. Recycling of WEEE: an economic assessment of present and future e-waste streams. Renew. Sustain. Energy Rev. 51 263–272.
44. Callie W. Babbitt, Shahana Althaf, Fernanda Cruz Rios, Melissa M. Bilec, and T.E. Graedel. 2021. The role of design in circular economy solutions for critical materials. One Earth.
45. Sidi Deng, Denis Prodius, Ikenna C. Nlebedim , Aihua Huang , Yuehwern Yih , John W. Sutherland. 2022. A dynamic price model based on supply and demand with application to techno-economic assessments of rare earth element recovery technologies. Sustainable Production and Consumption.
46. Davide Sartori, Gelsomina Catalano, Mario Genco, Chiara Pancotti, Emanuela Sirtori, Silvia Vignetti, Chiara Del Bo. 2020. Guide to Cost-Benefit Analysis of Investment Projects. Economic appraisal tool for Cohesion Policy 2014-2020.
47. ERMA. 2025. Booster Call for Start-Ups, Scale-Ups, and Advanced Projects in Mining, Materials Processing & Recycling.
48. EIB. 2024-2026. European Investment Bank Group Operational Plan. Retrieved from <https://www.eib.org/en/publications/20230378-eib-group-operational-plan-2024> .
49. Αγγελής, Γεώργιος. 2019. Σχεδιασμός μονάδας ανακύκλωσης Α.Η.Η.Ε. Ελληνικό Ανοικτό Πανεπιστήμιο
50. Lagerev, P.V. Boslovyak . A.V. 2019, Optimization of the conveyor transport cost.
51. Solar Panel Recycling Plant Cost. 2025. Retrieved from <https://www.solutionsforewaste.com>.
52. Made-in-China. 2025. Retrieved from https://www.made-in-china.com/?pv_id=1j3p84advfa9&faw_id=1j3p84tpoff7&bv_id=1j3p84tpp008&pbv_id=1j3p84diqce7t.
53. Σύμβαση προσχώρησης στο συλλογικό σύστημα εναλλακτικής διαχείρισης ΑΗΗΕ " Ανακύκλωση συσκευών μονοπρόσωπη Ανώνυμη Εταιρεία ". Ανακύκλωση Συσκευών Α.Ε. .
54. Ανεξάρτητος Διαχειριστής Μεταφοράς Ηλεκτρικής Ενέργειας. 2025. <https://www.admie.gr/en/market/reports/weighted-average-market-price>.
55. Maryam Ghodrat, M. Akbar Rhamdhani, Geoffrey Brooks, Syed Masood, Glen Corder. 2016. Techno economic analysis of electronic waste processing through black copper

- smelting route. Journal of Cleaner Production
<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0959652616301007?via%3Dihub>.
56. Ανεξαρτήτως Διαχειριστής Μεταφοράς Ηλεκτρικής Ενέργειας Retrieved from:
<https://www.admie.gr/agora/enimerotika-deltia/mesostathmiki-timi-agoras>.
57. International Standardization of Organization.2015. Quality Management System.
9001:2015. Retrieved from <https://www.iso.org/obp/ui/en/#iso:std:iso:9001:ed-5:v1:en>.
58. International Organization of Standarization.2015. Environmental Management System.
Retrieved from <https://www.iso.org/obp/ui/en/#iso:std:iso:14001:ed-3:v1:en>.
59. Daily Metal Prices. 2025. . Retrieved from <https://www.dailymetalprice.com/>.
60. Buisinessanalytiq.2025. Retrieved from <https://businessanalytiq.com/>.
61. Strategic Metals Invest. Profit from Scarcity and Growth. Retrieved from
<https://strategicmetalsinvest.com/>.
62. Imarc. Transforming Ideas into Impact.2025. Retrieved from
<https://www.imarcgroup.com/>.
63. ΣΣΕΔ ανακύκλωση συσκευών Α.Ε. <https://www.electrocycle.gr/>.
64. ΣΣΕΔ ανακύκλωση α.ε. Διακήρυξη Αριθμός [2/12.3.2025] <https://www.electrocycle.gr/>

Παραρτήματα



Εικόνα 11 Λίστα Κρίσιμων και Στρατηγικών μετάλλων (3)

Πίνακας 15 Κατάλογος χρηματικών εισφορών εναλλακτικής διαχείρισης προϊόντων ΗΗΕ(63)

Κατηγορίες	ΤΥΠΟΣ ΗΗΕ		ΟΙΚΙΑΚΟΣ	ΜΗ ΟΙΚΙΑΚΟΣ
	Υποκατηγορίες		ΧΕΑ (€/τόνο)	ΧΕΑ (€/τόνο)
1.Εξοπλισμός ανταλλαγής θερμότητας	1_3a	Ψυγεία, καταψύκτες και λοιπές συσκευές ψύξης	180,00	180,00
	1_10	Συσκευές κλιματισμού	100,00	100,00
	1_1y.1	Θερμάστρες που παρέχουν λαδι και άλλες συσκευές ανταλλαγής θερμότητας που χρησιμοποιούν ρευστά πλην του νερού για την ανταλλαγή θερμότητας	125,00	125,00
	1_10.1	Μηχανήματα αυτόματης διανομής προϊόντων σε ψύξη	250,00	250,00
2. Οθόνες και εξοπλισμός που περιέχει οθόνες με επιφάνεια μεγαλύτερη των 100 cm2	2_3a	Οθόνες Η/Υ, ποισιότα	254,24	254,24
	2_30.1	Φορητοί υπολογιστές (laptop), μικρού μεγέθους φορητοί υπολογιστές (notebooks)	160,00	160,00
	2_4x	Τηλεοράσεις	254,24	254,24
3. Λαμπτήρες	3_50*	Λαμπτήρες	0,101 (€/τιμχ)	0,101 (€/τιμχ)
4. Μεγάλου μεγέθους εξοπλισμός	4_1y.4.1	Μεγάλες Λευκές Οικιακές & Επαγγελματικές Συσκευές (οποιαδήποτε εξωτερική διάσταση μεγαλύτερη από 50 cm) πλην 1_3a(Ψυγείων)	125,00	125,00
	4_2.1	Μικροσυσκευές Οικιακές & Επαγγελματικές (οποιαδήποτε εξωτερική διάσταση μεγαλύτερη από 50 cm)	160,00	160,00
	4_2.β.3	Εξοπλισμός Πληροφορικής και Τηλεπικοινωνιών (οποιαδήποτε εξωτερική διάσταση μεγαλύτερη από 50 cm) εκτός 2_30.1(laptop, notebook), 6_30.5(κινητά)	160,00	160,00
	4_40.1	Καταναλωτικά Είδη (οποιαδήποτε εξωτερική διάσταση μεγαλύτερη από 50 cm) εκτός από 6_40.3 (Καλώδια)	180,00	180,00
	4_5a-1.1*	Φωτιστικά Οικιακά (οποιαδήποτε εξωτερική διάσταση μεγαλύτερη από 50 cm)	0,10 (€/τιμχ)	-
	4_5a-2.1*	Φωτιστικά Επαγγελματικά (οποιαδήποτε εξωτερική διάσταση μεγαλύτερη από 50 cm)	-	0,30(€/τιμχ)
	4_6.1	Ηλεκτρικά & Ηλεκτρονικά Εργαλεία (οποιαδήποτε εξωτερική διάσταση μεγαλύτερη από 50 cm)	101,70	101,70
	4_7.2	Παιχνίδια & Εξοπλισμός ψυχαγωγίας & Αθλητισμού (οποιαδήποτε εξωτερική διάσταση μεγαλύτερη από 50 cm) εκτός από 6_7.1(Παιχνιδιούχοντες (game consoles))	220,00	220,00
	4_8.1	ΙατροΤεχνολογικά Προϊόντα (οποιαδήποτε εξωτερική διάσταση μεγαλύτερη από 50 cm)	200,00	200,00
	4_9.1	Όργανα Παρακολούθησης & Ελέγχου (οποιαδήποτε εξωτερική διάσταση μεγαλύτερη από 50 cm) εκτός από 5_9.3 (Ανιχνευτές καπνού ραδιενεργοί)	152,54	152,54
	4_10.2	Συσκευές Αυτόματης Διανομής (οποιαδήποτε εξωτερική διάσταση μεγαλύτερη από 50 cm) εκτός από 1_10.1 (μηχανήματα με ψύξη)	250,00	250,00
	5_1y.4.2	Λοιπές Λευκές Οικιακές & Επαγγελματικές Συσκευές (καμιά εξωτερική διάσταση μεγαλύτερη από 50 cm) πλην 1_3a(Ψυγείων)	125,00	125,00
	5_2.2	Μικροσυσκευές Οικιακές & Επαγγελματικές (καμιά εξωτερική διάσταση μεγαλύτερη από 50 cm)	160,00	160,00
5. Μικρού μεγέθους εξοπλισμός	5_40.2	Καταναλωτικά Είδη (καμιά εξωτερική διάσταση μεγαλύτερη από 50 cm) εκτός από 6_40.3 (Καλώδια)	180,00	180,00
	5_5a-1.2*	Φωτιστικά Οικιακά (καμιά εξωτερική διάσταση μεγαλύτερη από 50 cm)	0,10 (€/τιμχ)	-
	5_5a-2.2*	Φωτιστικά Επαγγελματικά (καμιά εξωτερική διάσταση μεγαλύτερη από 50 cm)	-	0,30 (€/τιμχ)
	5_6.2	Ηλεκτρικά & Ηλεκτρονικά Εργαλεία (καμιά εξωτερική διάσταση μεγαλύτερη από 50 cm)	101,70	101,70
	5_7.1	Παιχνίδια & Εξοπλισμός ψυχαγωγίας & Αθλητισμού (καμιά εξωτερική διάσταση μεγαλύτερη από 50 cm) εκτός από 6_7.1(Παιχνιδιούχοντες (game consoles))	220,00	220,00
	5_8.2	ΙατροΤεχνολογικά Προϊόντα (καμιά εξωτερική διάσταση μεγαλύτερη από 50 cm)	200,00	200,00
	5_9.2	Όργανα Παρακολούθησης & Ελέγχου (καμιά εξωτερική διάσταση μεγαλύτερη από 50 cm) εκτός από 5_9.3 (Ανιχνευτές καπνού ραδιενεργοί)	152,54	152,54
	5_9.3	Ανιχνευτές καπνού ραδιενεργοί	152,54	152,54
	5_10.3	Συσκευές Αυτόματης Διανομής (καμιά εξωτερική διάσταση μεγαλύτερη από 50 cm) εκτός από 1_10.1 (μηχανήματα με ψύξη)	250,00	250,00
	6_30.4	Εξοπλισμός Πληροφορικής και Τηλεπικοινωνιών (καμιά εξωτερική διάσταση μεγαλύτερη από 50 cm) εκτός 2_30.1(laptop, notebook) 6_30.5 (κινητά)	160,00	160,00
	6_30.5	Συσκευές κινητής τηλεφωνίας	160,00	160,00
	6_30.6.1	Δοχεία μελανιού υψηλής μελάνης	160,00	160,00
	6_30.6.2	Δοχεία Μελανιού χαμηλής μελάνης (toner)	160,00	160,00
6. Μικρού μεγέθους εξοπλισμός πληροφορικής και τηλεπικοινωνιών	6_7.1	Παιχνιδιούχοντες (Console)	220,00	220,00
	6_40.3	Καλώδια	180,00	180,00
Ο παραπάνω τιμοκατάλογος ισχύει και για ΗΗΕ Μαζικής Εστίασης στις εξής περιπτώσεις:				
1. Όταν ο ΗΗΕ έχει ΒΑΡΟΣ ≤ 20 ΚΙΛΩΝ ή				
2. Όταν ο ΗΗΕ έχει ΒΑΡΟΣ ≥ 100 ΚΙΛΩΝ, όπου για τον υπολογισμό της ΧΕΑ λαμβάνεται υπόψη αποκλειστικά το θάρος του ηλεκτρικού μέρους και όχι το βάρος ολόκληρης της συσκευής, όπως στις άλλες περιπτώσεις.				

ΤΜΗΜΑ 1

	Είδος Φορτίου	ΠΡΟΣΦΟΡΑ €/ΤΝ
2.2 Οικονομική προσφορά για εργασίες ταξινόμησης ΑΗΗΕ	Φορτία που εμπεριέχουν ποσότητες ΑΗΗΕ από συγκεκριμένο και μοναδικό προμηθευτή (μοναδιαία παραλαβή)	
	Φορτία που εμπεριέχουν ποσότητες ΑΗΗΕ από πολλαπλές παραλαβές άνω του ενός σημείου αποστολής Προμηθευτή ή/και ξεχωριστές παραλαβές από διαφορετικούς προμηθευτές	

2.3 Οικονομική προσφορά για εργασίες διαχείρισης (ενδεικτική επεξεργασία) ΑΗΗΕ	Επίπεδα αδειοδοτικής δυναμικότητας παραλαβής	Ρεύμα διαχείρισης	Εύρη ποσοτήτων ενδ. επεξεργασίας ανά ρεύμα διαχείρισης (βάσει προβλέψεων Πίνακα 6)	ΠΡΟΣΦΟΡΑ €/ΤΝ
1η Προσφορά	5.000 tn ≤ x ≤ 15.000 tn	AC	0 tn < x ≤ 1500 tn	
		CRT	0 tn < x ≤ 750 tn	
		FPD	0 tn < x ≤ 375 tn	
		LHA	0 tn < x ≤ 5550 tn	
		OTHER (MIXED EQUIPMENT)	0 tn < x ≤ 1950 tn	
		ΘΕΡΜΟΣΙΦΩΝΕΣ ΡΥ	0 tn < x ≤ 1133 tn	
2η Προσφορά	15.000 tn < x ≤ 30.000 tn	AC	1500 tn < x ≤ 3000 tn	
		CRT	750 tn < x ≤ 1500 tn	
		FPD	375 tn < x ≤ 750 tn	
		LHA	5550 tn < x ≤ 11100 tn	
		OTHER (MIXED EQUIPMENT)	1950 tn < x ≤ 3900 tn	
		ΘΕΡΜΟΣΙΦΩΝΕΣ ΡΥ	1133 tn < x ≤ 2265 tn	
3η Προσφορά	30.000 tn < x ≤ 80.000 tn	AC	3000 tn < x ≤ 8000 tn	
		CRT	1500 tn < x ≤ 4000 tn	
		FPD	750 tn < x ≤ 2000 tn	
		LHA	11100 tn < x ≤ 29600 tn	
		OTHER (MIXED EQUIPMENT)	3900 tn < x ≤ 10400 tn	
		ΘΕΡΜΟΣΙΦΩΝΕΣ ΡΥ	2265 tn < x ≤ 6040 tn	

Πίνακας 16 Υπόδειγμα οικονομικής προσφοράς (64)

Πίνακας 17 Υπόδειγμα οικονομικής προσφοράς (52)

ΤΜΗΜΑ 2

2.3 Οικονομική προσφορά για εργασίες διαχείρισης (ενδεδειγμένη επεξεργασία) ΑΗΗΕ	Εύρη ποσοτήτων ενδ. Επεξεργασίας (tn)	ΠΡΟΣΦΟΡΑ €/ΤΝ
1η Προσφορά	$0tn < X \leq 50tn$	
2η Προσφορά	$50tn < X \leq 150tn$	
3η Προσφορά	$150tn < X$	

Πίνακας 18 Πίνακας εισφορών παραγωγών στο ΣΣΕΔ Ε.Π.ΕΝ.ΔΙ.ΣΥΣ Re-Battery Α.Ε.

Σειρά :
Αρχική Διεύθυνση

Κατασκευή :
Νέα Συμμετοχή

Προηγούμενη σελίδα :
Προηγούμενη σελίδα

Τρέχουσα σελίδα :
1

Αντι-Απομείωση :
0%

Παραγωγή Υπολογιστή :
Re-Battery Υπολογιστής

Περίοδος Αναφοράς :
30 Τριμήνο 2023

Διαθέσιμος :
-

ΑΔΑΠ :
-

Δ.Ο.Υ. :
-

Εταιρεία :
Εταιρεία

Κατάλογος εμπορικών σημάτων:
Η συνένωση του κατάλογου εμπορικών σημάτων που διακρίνει η εταιρεία σας είναι υποχρεωτική όταν υπάρχουν σελήδες κοινών με άλλων επιχειρήσεων (καλύπτει κοινά σήματα). Σημειώστε είναι υποχρεωτική η καταχώρηση του συνόλου των παρήκτων μεταλλικών του κατάλογου.

1 :
2 :
3 :
4 :
5 :
6 :
7 :
8 :
9 :
10 :

ΠΙΝΑΚΑΣ Α: Μπαταρίες εκκίνησης οχημάτων που εισήχθησαν στην ελληνική αγορά

Μεμονωμένες/ Ανταλλακτικές Μπαταρίες Μολύβδου-Οξέος (Pb)

Κωδικός :
028

Είδος :
Μπαταρία Pb εκκίνησης οχημάτων 80Ah+50

ΤΜΧ :
0

ΕΓ :
0

Εισφορά ανά Τμήμα :
02

Αξία :
€

Κωδικός :
038

Είδος :
Μπαταρία Pb εκκίνησης οχημάτων 10+40Ah+30

ΤΜΧ :
0

ΕΓ :
0

Εισφορά ανά Τμήμα :
03

Αξία :
€

Κωδικός :
037

Είδος :
Μπαταρία Pb εκκίνησης οχημάτων 80+40Ah+20

ΤΜΧ :
0

ΕΓ :
0

Εισφορά ανά Τμήμα :
1

Αξία :
€

Μικρό Αξίωμα

0

ΤΜΧ

0

ΕΓ

0

€

ΠΙΝΑΚΑΣ Β: Μπαταρίες εκκίνησης ηλεκτρικών οχημάτων που εισήχθησαν στην ελληνική αγορά

Μεμονωμένες/ Ανταλλακτικές Μπαταρίες Νικελίου - Υδριδίου του Μεταλλίου (Ni-MH)

Κωδικός :
038

Είδος :
Μπαταρία Ni-MH

ΤΜΧ :
0

ΕΓ :
0

Εισφορά ανά Κιλό :
02

Αξία :
€

Μεμονωμένες/ Ανταλλακτικές Μπαταρίες Ιόντων Λιθίου (Li-Ion)

Κωδικός :
037

Είδος :
Li-ion Grade Modules (μεμονωμένα στοιχεία/εξοπλισμός συστήματος)

ΤΜΧ :
0

ΕΓ :
0

Εισφορά ανά Κιλό :
24

Αξία :
€

Κωδικός :
038

Είδος :
Li-ion Grade Heavy Mobility (μεμονωμένοι, μη διαδωμένοι κα διαχωρισμένοι)

ΤΜΧ :
0

ΕΓ :
0

Εισφορά ανά Κιλό :
3

Αξία :
€

Σημειώσεις: Η Li-ion Grade κατηγορία αφορά χημική σύνταξη: LTO, LFP, LMO, LMMC (εκτός της LMMC III), LFP

Κωδικός :
038

Είδος :
Superior Grade Modules (μεμονωμένα στοιχεία/εξοπλισμός συστήματος)

ΤΜΧ :
0

ΕΓ :
0

Εισφορά ανά Κιλό :
188

Αξία :
€

Κωδικός :
039

Είδος :
Superior Grade Heavy Mobility (μεμονωμένοι, μη διαδωμένοι κα διαχωρισμένοι)

ΤΜΧ :
0

ΕΓ :
0

Εισφορά ανά Κιλό :
188

Αξία :
€

Σημειώσεις: Η Superior Grade κατηγορία αφορά χημική σύνταξη: LCO, LMMC III, LMCA

Μικρό Αξίωμα

0

ΤΜΧ

0

ΕΓ

0

€

ΠΙΝΑΚΑΣ Γ: Μπαταρίες βιομηχανικού τύπου που εισήχθησαν στην ελληνική αγορά

Μεμονωμένες/Ανταλλακτικές Μολύβδου-Οξέος (Pb)

Κωδικός :
013

Είδος :
Μπαταρία Pb βιομηχανικού τύπου 40Ah+50 (4-40)

ΤΜΧ :
0

ΕΓ :
0

Εισφορά ανά Τμήμα :
01

Αξία :
€

Κωδικός :
014

Είδος :
Μπαταρία Pb βιομηχανικού τύπου 22+40Ah+30 (2-40)

ΤΜΧ :
0

ΕΓ :
0

Εισφορά ανά Τμήμα :
015

Αξία :
€

Κωδικός :
015

Είδος :
Μπαταρία Pb βιομηχανικού τύπου 80+40Ah+20 (3-40)

ΤΜΧ :
0

ΕΓ :
0

Εισφορά ανά Τμήμα :
03

Αξία :
€

Κωδικός :
016

Είδος :
Μπαταρία Pb βιομηχανικού τύπου 40Ah+20 (3-12V)

ΤΜΧ :
0

ΕΓ :
0

Εισφορά ανά Τμήμα :
02

Αξία :
€

Κωδικός :
017

Είδος :
Μπαταρία Pb βιομηχανικού τύπου 30+40Ah+00 (3-12V)

ΤΜΧ :
0

ΕΓ :
0

Εισφορά ανά Τμήμα :
05

Αξία :
€

Κωδικός :
018

Είδος :
Μπαταρία Pb βιομηχανικού τύπου 80+40Ah+20 (3-12V)

ΤΜΧ :
0

ΕΓ :
0

Εισφορά ανά Τμήμα :
1

Αξία :
€

Κωδικός :
019

Είδος :
Μπαταρία Pb βιομηχανικού τύπου 80+40Ah+20

Πόθος Στοιχείων :
Απ :

ΕΓ :
0

Εισφορά ανά Τμήμα :
0000

Αξία :
€

Μεμονωμένες/ Ανταλλακτικές Νικελίου - Υδριδίου του Μεταλλίου (Ni-MH)

Κωδικός :
038

Είδος :
Μπαταρία Ni-MH βιομηχανικού τύπου

ΤΜΧ :
0

ΕΓ :
0

Εισφορά ανά Κιλό :
02

Αξία :
€

Μεμονωμένες/ Ανταλλακτικές Ιόντων Λιθίου (Li-Ion)

Κωδικός :
021

Είδος :
Li-ion Grade Modules (μεμονωμένα στοιχεία/εξοπλισμός συστήματος)

ΤΜΧ :
0

ΕΓ :
0

Εισφορά ανά Κιλό :
24

Αξία :
€

Κωδικός :
022

Είδος :
Li-ion Grade Heavy Mobility (μεμονωμένοι, μη διαδωμένοι κα διαχωρισμένοι)

ΤΜΧ :
0

ΕΓ :
0

Εισφορά ανά Κιλό :
3

Αξία :
€

Σημειώσεις: Η Li-ion Grade κατηγορία αφορά χημική σύνταξη: LTO, LFP, LMO, LMMC (εκτός της LMMC III), LFP

Κωδικός :
023

Είδος :
Superior Grade Modules (μεμονωμένα στοιχεία/εξοπλισμός συστήματος)

ΤΜΧ :
0

ΕΓ :
0

Εισφορά ανά Κιλό :
188

Αξία :
€

Κωδικός :
024

Είδος :
Superior Grade Heavy Mobility (μεμονωμένοι, μη διαδωμένοι κα διαχωρισμένοι)

ΤΜΧ :
0

ΕΓ :
0

Εισφορά ανά Κιλό :
188

Αξία :
€

Σημειώσεις: Η Superior Grade κατηγορία αφορά χημική σύνταξη: LCO, LMMC III, LMCA

Μικρό Αξίωμα

0

ΤΜΧ

0

ΕΓ

0

€

Μεγάλο Αξίωμα

ΤΜΧ

ΕΓ

€

Μεγάλο Αξίωμα (Εισφορά σε ευρώ (συμπεριλαμβανομένου ΦΠΑ)

€

Συνολικός Αξίωμα

Σελίδα 76 από 76