



ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ

ΣΧΟΛΗ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΜΕΤΑΛΛΕΙΩΝ – ΜΕΤΑΛΛΟΥΡΓΩΝ

ΤΟΜΕΑΣ ΜΕΤΑΛΛΕΥΤΙΚΗΣ

**ΤΑΣΕΙΣ ΚΑΙ ΠΡΟΟΠΤΙΚΕΣ ΣΤΟΝ ΤΟΜΕΑ ΤΗΣ
ΑΝΑΚΥΚΛΩΣΗΣ ΑΠΟΒΛΗΤΩΝ**

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

ΚΟΥΛΟΥΡΗΣ ΠΑΥΛΟΣ

Επιβλέπων καθηγητής:

Δημήτριος Δαμίγος, Καθηγητής ΕΜΠ

ΑΘΗΝΑ, ΜΑΡΤΙΟΣ 2022

Ευχαριστίες

Η εκπόνηση της παρούσας διπλωματικής εργασίας πραγματοποιήθηκε στο πλαίσιο των προπτυχιακών σπουδών μου στη Σχολή Μηχανικών Μεταλλείων - Μεταλλουργών του Εθνικού Μετσόβιου Πολυτεχνείου. Θα ήθελα να ευχαριστήσω θερμά τον επιβλέποντα καθηγητή μου κ. Δημήτριο Δαμίγο, για την βοήθεια που μου παρείχε ώστε να φέρω εις πέρας την εκπόνηση της διπλωματικής μου εργασίας. Τέλος, θα ήθελα να ευχαριστήσω την οικογένεια μου, η οποία στάθηκε δίπλα μου και με στήριξε όλα αυτά τα χρόνια, καθώς και τους φίλους και συμφοιτητές μου, οι οποίοι μέσω της συνεργασίας μας συνέβαλαν στην ολοκλήρωση της ακαδημαϊκής μου σταδιοδρομίας.

Περίληψη

Ως απόβλητο χαρακτηρίζεται επισήμως κάθε ουσία ή αντικείμενο, το οποίο ο κάτοχος του απορρίπτει ή προτίθεται ή υποχρεούται να απορρίψει. Για παράδειγμα, τα στερεά απόβλητα από νοικοκυριά, σχολεία, γραφεία κ.λπ., τα υλικά που προέρχονται από κατασκευές και από κατεδαφίσεις, τα βιομηχανικά έλαια τα οποία είναι ακατάλληλα για χρήση, κ.ά., είναι ορισμένες μόνο χαρακτηριστικές κατηγορίες αποβλήτων. Τις τελευταίες δεκαετίες, η οικονομική ανάπτυξη και η αύξηση του παγκόσμιου πληθυσμού συνέβαλλαν σε σημαντική αύξηση των παραγόμενων ποσοτήτων αστικών και βιομηχανικών αποβλήτων, καθώς και νέων ρευμάτων ειδικών αποβλήτων ως απόρροια του μοντέρνου τρόπου ζωής, σε αναπτυσσόμενες και αναπτυσσόμενες χώρες όπως οι Ηνωμένες Πολιτείες, η Ιαπωνία, η Κίνα, η Ινδία, κ.ά. Παράλληλα όμως, διαμορφώθηκαν και σύγχρονες αντιλήψεις και πρακτικές για τη διαχείριση των αποβλήτων, οι οποίες υπαγορεύουν σχεδιασμό και υλοποίηση ολοκληρωμένων συστημάτων, με βασικούς στόχους την αειφορία και την περιβαλλοντικά αποτελεσματική διαχείριση. Στο πλαίσιο αυτό, χρήσιμα υλικά σε αστικά και όχι μόνο απορρίμματα όπως χαρτί, γυαλί, αλουμίνιο, πλαστικό, μέταλλα, ξύλο οφείλουν να αξιοποιηθούν είτε με την επαναχρησιμοποίησή τους είτε με την ανακύκλωση και τη χρήση τους σε νέες εφαρμογές, εξοικονομώντας αξιοσημείωτες ποσότητες πρώτων υλών και ενέργειας και, ταυτόχρονα, μειώνοντας την περιβαλλοντική επιβάρυνση των τελικών χώρων διάθεσης των αποβλήτων με επικίνδυνα υλικά και ουσίες που περιέχονται σε αυτά. Με βάση τα παραπάνω, στην παρούσα διπλωματική εργασία εξετάζονται οι τάσεις και προοπτικές στον τομέα της ανακύκλωσης αποβλήτων. Αρχικά παρέχονται ορισμένοι βασικοί ορισμοί και, ακολούθως, διερευνάται το πλαίσιο διαχείρισης των αποβλήτων της ΕΕ υπό το πρίσμα της κυκλικής οικονομίας. Η έμφαση της εργασίας δίνεται στην ανακύκλωση/ανάκτηση ορισμένων βασικών μετάλλων και κρίσιμων ΟΠΥ. Η διπλωματική εργασία ολοκληρώνεται με την παράθεση των κυριότερων συμπερασμάτων της έρευνας.

Abstract

Waste is officially defined as any substance or object that its owner discards or intends or is obliged to dispose of. For example, solid waste from households, schools, offices, etc., materials from construction and demolition, industrial oils that are no longer suitable for use, etc., are just some of the typical waste categories. . In recent decades, economic growth and global population growth have contributed to a significant increase in the amount of municipal and industrial waste generated, as well as new special waste streams as a result of the modern lifestyle, in developed and developing countries such as the United States and Japan. , China, India, etc. At the same time, however, modern concepts and practices for waste management were formed, which dictate the design and implementation of integrated systems, with the main goals of sustainability and environmentally efficient management. In this context, useful materials in municipal and not only waste such as paper, glass, aluminum, plastic, metals, wood should be utilized either by reusing them or by recycling and using them in new applications, saving significant quantities of raw materials and energy and, at the same time, reducing the environmental burden on the final landfills with hazardous materials and substances contained in them. Based on the above, in this dissertation the trends and perspectives in the field of waste recycling are examined. Some basic definitions are provided first, and then the EU waste management framework is explored in the light of the circular economy. The emphasis of the work is on the recycling / recovery of certain basic metals and critical WFDs. The dissertation is completed with the presentation of the main conclusions of the research.

Περιεχόμενα

| | |
|--|-----|
| Ευχαριστίες | i |
| Περίληψη | ii |
| Abstract | iii |
| Πίνακας περιεχομένων εικόνων..... | v |
| Πίνακας περιεχομένων πινάκων | v |
| Παράρτημα επεξηγηματικών όρων..... | vi |
| ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1. Εισαγωγή | 1 |
| 1.1 Βασικοί Ορισμοί | 1 |
| 1.2 Κύρια ρεύματα και ποσότητες αποβλήτων στην Ευρωπαϊκή Ένωση..... | 4 |
| 1.3 Διαχείριση αποβλήτων υπό το πρίσμα της Κυκλικής Οικονομίας | 8 |
| ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2. Ευρωπαϊκό πλαίσιο πολιτικής για την ανακύκλωση αποβλήτων | 15 |
| 2.1 Ευρωπαϊκό σχέδιο δράσης για την κυκλική οικονομία | 15 |
| 2.2 Οδηγία πλαίσιο για τα απόβλητα και άλλες οδηγίες αποβλήτων | 23 |
| 2.3 Άλλα μέτρα πολιτικής | 30 |
| Κεφάλαιο 3. Ανακύκλωση/ανάκτηση μετάλλων και κρίσιμων ΟΠΥ | 33 |
| 3.1 Βασικοί δείκτες ανακύκλωσης | 33 |
| 3.2 Ανακύκλωση/ανάκτηση μετάλλων και κρίσιμων ΟΠΥ | 36 |
| 3.2.1. Χάλυβας | 39 |
| 3.2.2. Αλουμίνιο | 42 |
| 3.2.3. Χαλκός | 46 |
| 3.2.4. Κρίσιμες ΟΠΥ..... | 48 |
| 3.3 Μελλοντικές τάσεις στην ανάκτηση ΚΠΥ | 51 |
| ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4. Συμπεράσματα | 54 |
| Βιβλιογραφία | 56 |

Λίστα εικόνων

| | |
|---|----|
| Εικόνα 1. Τόνοι απορριμμάτων το 2018 ανά κάτοικο | 6 |
| Εικόνα 2. Εξέλιξη της συνολικής επεξεργασίας αποβλήτων στην ΕΕ για τα έτη 2004-2018..... | 7 |
| Εικόνα 3. Επεξεργασία οικιακών αποβλήτων εκτός από τα κύρια ορυκτά απόβλητα στην ΕΕ, 2010 έως 2018 (εκατομμύρια τόνοι) | 35 |
| Εικόνα 4. Απόβλητα για ανακύκλωση (εκτός από ανάκτηση ενέργειας), ΕΕ-27, 2008 | 37 |
| Εικόνα 5. Συμβολή ανακυκλωμένων υλικών στη ζήτηση πρώτων υλών - ποσοστά εισροών ανακύκλωσης στο τέλος του κύκλου ζωής τους (EOL-RIR) | 39 |
| Εικόνα 6. Περιοχές παραγωγής βιομηχανίας χάλυβα στην Ε.Ε | 42 |
| Εικόνα 7. Ανάλυση ροής αλουμινίου στην Ε.Ε (Χιλιάδες τόνοι/Έτος)..... | 44 |
| Εικόνα 8. Τελικές χρήσεις Αλουμινίου στην Ε.Ε. | 45 |
| Εικόνα 9. Παγκόσμια αποθέματα και ροές χαλκού 2006 - 2015 | 47 |

Λίστα πινάκων

| | |
|---|----|
| Πίνακας 1. Συνολική παραγωγή απορριμμάτων ανά οικονομική δραστηριότητα για το 2018 (ποσοστό επί του συνόλου)..... | 5 |
| Πίνακας 2. Τρέχουσα συνεισφορά της ανακύκλωσης στην κάλυψη της ζήτησης της ΕΕ για ΚΠΥ: Ποσοστό εισόδου ανακύκλωσης στο τέλος του κύκλου ζωής (EOL-RIR)..... | 13 |
| Πίνακας 3. Κατανάλωση ενέργειας και νερού στην παραγωγή μετάλλων από απορρίμματα και μεταλλεύματα (το εύρος που δίνεται είναι υψηλής έως χαμηλής ποιότητας)..... | 14 |
| Πίνακας 4. Επεξεργασία εγχώρια παραγόμενων αποβλήτων για την ΕΕ, 2016 (εξαιρουμένων των εξορυκτικών αποβλήτων)..... | 34 |
| Πίνακας 5. Συμβολή ανακυκλωμένων υλικών στη ζήτηση πρώτων υλών - ποσοστά εισροών ανακύκλωσης στο τέλος του κύκλου ζωής τους (EOL-RIR)..... | 38 |
| Πίνακας 6. Ποσοστά ανακύκλωσης χαλκού | 48 |
| Πίνακας 7. Κρίσιμες πρώτες ύλες για το 2020 | 49 |

Παράρτημα επεξηγηματικών όρων

E.K.A= Ευρωπαϊκός Κατάλογος Αποβλήτων

BATNEEC = best available technology not entailing excessive cost

ISO = International Organization for Standardization, Διεθνής Οργανισμός Τυποποίησης

EC = European Commission, Ευρωπαϊκή Επιτροπή

EE = Ευρωπαϊκή Ένωση

IoT = Internet-of-Things, Το διαδίκτυο των πραγμάτων

IA = Artificial Intelligence, Τεχνητή νοημοσύνη

CE = circular economy, κυκλική οικονομία

EoL = End-of-life τέλος του κύκλου ζωής

CRM = Critical Raw Materials, Κρίσιμες Πρώτες Ύλες

PGM = Platinum Group of Metals, μέταλλα της ομάδας πλατίνας

POP = Persistent organic pollutants, Έμμονοι οργανικοί ρύποι

AHHE = Απόβλητα Ηλεκτρικού και Ηλεκτρονικού Εξοπλισμού

HHE = Ηλεκτρικός και Ηλεκτρονικός Εξοπλισμός

SWM = Solid Waste Management, διαχείριση στερεών αποβλήτων

MSWM= Municipal Solid Waste Management, διαχείριση αστικών στερεών αποβλήτων

ΧΥΤΑ = Χώροι Υγειονομικής Ταφής Απορριμμάτων

ELV = Emission Limit Value, Οριακή τιμή εκπομπών

BREF = Reference Best Available Techniques, Αναφορές για Βέλτιστες Διαθέσιμες Τεχνικές

ΤΠΕ = Τεχνολογίες Πληροφοριών και Επικοινωνιών

P4P = Projects for Policy, Έργα πολιτικής

JRC = Joint Research Centre, Κοινό Κέντρο Ερευνών

WStatR = Data collection on Waste Statistics, Συλλογή δεδομένων για στατιστικές αποβλήτων

ΣΟ = Συνδυασμένη Ονοματολογία

RC = Resistance Classification

LCA = Life cycle assessment, κύκλου ζωής χαλκού

REE = Rare Earth Elements, Οι σπάνιες γαίες

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1. Εισαγωγή

1.1 Βασικοί Ορισμοί

Ως απόβλητο ορίζεται οποιαδήποτε ουσία ή προϊόν που περιλαμβάνεται στον Ευρωπαϊκό Κατάλογο Αποβλήτων (Ε.Κ.Α) σε στερεή ή υγρή κατάσταση ή σε μορφή λάσπης, την οποία ο κάτοχος απορρίπτει ή προτίθεται ή πρέπει να απορρίψει (Επίσημη εφημερίδα της Ευρωπαϊκής Ένωσης, 2008). Η αρχική Οδηγία περί αποβλήτων εγκρίθηκε το έτος 1975 (75/442/ΕΟΚ), και έπειτα τροποποιήθηκε με την Οδηγία 91/156 και κωδικοποιήθηκε το 2006, με την Οδηγία 2006/12/ΕΚ. Η Οδηγία Πλαίσιο για τα Απόβλητα 2008/98/ΕΚ (εφεξής καλούμενη ΟΠΥ) είναι η βασική νομοθεσία για τα απόβλητα στην ΕΕ. Σαν οδηγία, η ΟΠΥ μεταφράζεται στο εθνικό δίκαιο των κρατών μελών μέσω χωριστής νομοθετικής πράξης. Ο ορισμός του «απόβλητου» στο άρθρο 3 παράγραφος 1 της ΟΠΥ ορίζει το πεδίο εφαρμογής της Οδηγίας ως «κάθε ουσία ή αντικείμενο που ο κάτοχος απορρίπτει ή σκοπεύει ή καλείται να απορρίψει». Σε πολλές περιπτώσεις, δεν είναι δύσκολο να προσδιοριστεί εάν μια ουσία ή ένα αντικείμενο είναι «απόβλητο» σύμφωνα με την ΟΠΥ. Ωστόσο, σε κάποιες άλλες περιπτώσεις, αυτή η απόφαση είναι δυσκολότερη. Η διαχείριση των απορριμμάτων έχει λάβει αυξανόμενη προσοχή τις τελευταίες δεκαετίες. Αυτό οφείλεται κυρίως στον αυξανόμενο όγκο των παραγόμενων απορριμμάτων, στη σπανιότητα χώρων διάθεσης και στην προστασία του περιβάλλοντος. Η διαχείριση απορριμμάτων περιλαμβάνει τη συλλογή, τη μεταφορά, την ανακύκλωση και τη διάθεση, καθώς και μια επισκόπηση των παραπάνω διαδικασιών και των χώρων διάθεσης απορριμμάτων. Οι κάτοχοι απορριμμάτων υποχρεούνται να αναθέτουν ή να είναι υπεύθυνοι για την ανακύκλωση και τη διάθεσή τους σε ιδιωτικούς φορείς συλλογής ή εταιρείες διάθεσης. Οι αρμόδιες αρχές υποχρεούνται να παρακολουθούν τακτικά τη συμμόρφωση με τους όρους άδειας σχετικά με τη μεταφορά, τη συλλογή, την αποθήκευση, τη διάθεση, τη διαχείριση και την ανακύκλωση απορριμμάτων. Τα χαρακτηριστικά και η φύση του όγκου, του τύπου, της πηγής, της μεθόδου διάθεσης και του τρόπου μεταφοράς των αποβλήτων πρέπει επίσης να αναπληρώνονται τακτικά. Σύμφωνα με την αρχή «ο ρυπαίνων πληρώνει», το τέλος διάθεσης των αποβλήτων τροποποιείται ανάλογα με την ειδική κατάσταση και τα απόβλητα βαρύνουν τον οργανισμό διαχείρισης αποβλήτων ή τον παραγωγό που είναι

υπεύθυνος για το παραγόμενο προϊόν. Η αρχική κοινοποίηση του καταλόγου αποβλήτων πραγματοποιήθηκε με την απόφαση 94/904/EK της ΕΕ, η οποία στη συνέχεια αντικαταστάθηκε από την απόφαση 2000/532/EK. Στη συνέχεια, η απόφαση αναθεωρήθηκε πολλές φορές. Ο Ευρωπαϊκός Κατάλογος Απορριμμάτων αποτελείται από 20 κεφάλαια: 01 έως 20 (διψήφιος κωδικός). Οι κωδικοί 01 έως 12 και 17 έως 20 υποδεικνύουν την πηγή παραγωγής απορριμμάτων. Κάθε κεφάλαιο έχει υποκεφάλαια (4ψήφιος κωδικός). Κάθε υποενότητα περιλαμβάνει διαφορετικό τύπο απορριμμάτων. Ο τύπος απορριμμάτων περιγράφεται πλήρως με έναν 6ψήφιο κωδικό. Στην ταξινόμηση των επικίνδυνων αποβλήτων είναι απαραίτητο να χρησιμοποιείται αστερίσκος στον 6ψήφιο κωδικό. Στην ταξινόμηση των επικίνδυνων αποβλήτων είναι απαραίτητο να χρησιμοποιείται αστερίσκος στον 6ψήφιο κωδικό. (Επίσημη Εφημερίδα της Ευρωπαϊκής Ένωσης, 2014). Η οδηγία 2006/12/EK απαιτεί από τα ενδιαφερόμενα άτομα να χρησιμοποιούν την καλύτερη διαθέσιμη τεχνολογία που δεν θεωρείται απαγορευτική από το κόστος (BATNEEC: η καλύτερη διαθέσιμη τεχνολογία δεν οδηγεί σε απαγορευτικό κόστος). Η αρχή αυτή αποσκοπεί στην ελαχιστοποίηση των επιπτώσεων στο περιβάλλον και σχετίζεται με την αρχή της υποχρέωσης χρήσης της βέλτιστης διαθέσιμης τεχνολογίας, η οποία είναι υποχρέωση των κρατών μελών βάσει της πρόσφατα αναθεωρημένης Οδηγίας 2008/1/EK να αποφεύγουν και να περιορίζουν τη ρύπανση. Αυτό σημαίνει ότι θα πρέπει να υπάρχουν τεχνολογίες αιχμής κλίμακας που να επιτρέπουν την εφαρμογή τους στον βιομηχανικό τομέα υπό οικονομικά και τεχνικά εφικτές συνθήκες (Επίσημη Εφημερίδα της Ευρωπαϊκής Ένωσης, 2008). Μέσω της ανακύκλωσης, τα απόβλητα χρησιμοποιούνται ως πρώτη ύλη για την ανάπτυξη νέων προϊόντων, με αποτέλεσμα να εξοικονομούνται πρώτες ύλες και ενέργεια σε σχέση με τη δημιουργία εκ νέου των ίδιων ή παρόμοιων προϊόντων. Πρόκειται δηλαδή για τη διαδικασία κατά την οποία τα απόβλητα μετατρέπονται σε δευτερογενείς πρώτες ύλες, οι οποίες αξιοποιούνται στην παραγωγή νέων προϊόντων, έπειτα από κατάλληλη επεξεργασία. Η ανακύκλωση των απορριμμάτων είναι απαραίτητη προϋπόθεση για ένα βιώσιμο και πράσινο περιβάλλον. Τις τελευταίες δεκαετίες, λόγω των επιβλαβών περιβαλλοντικών επιπτώσεων της απόρριψης, η έμφαση έχει μετατοπιστεί στην ανακύκλωση (Barros et al., 1998). Υπάρχει αυξανόμενη πίεση στους διαχειριστές αποβλήτων, και τις ρυθμιστικές αρχές αποβλήτων να προσφέρουν μια βιώσιμη προσέγγιση στη διαχείριση των αποβλήτων και να ενσωματώσουν στρατηγικές που θα παράγουν την καλύτερη δυνατή επιλογή για το περιβάλλον. Αυτή η αποκαλούμενη «εραρχία

αποβλήτων» έχει γίνει το θεμέλιο της ανάπτυξης στρατηγικής για τη διαχείριση των απορριμμάτων σε όλη την Ευρώπη, ήδη από τα μέσα τις δεκαετίας του 1990 (Barton et al., 1996). Εκτός από την ανακύκλωση, για ένα πράσινο περιβάλλον εξετάζεται και η αναγκαιότητα μείωσης και επαναχρησιμοποίησης των απορριμμάτων. Η ανακύκλωση, καθοδηγούμενη κυρίως από οικονομικούς και ρυθμιστικούς παράγοντες, πραγματοποιείται για την ανάκτηση του περιεχομένου υλικού των χρησιμοποιημένων και μη λειτουργικών προϊόντων (Srivastava, 2007). Τα ανακυκλώσιμα υλικά περιλαμβάνουν πολλά είδη γυαλιού, χαρτιού, μετάλλου, πλαστικού, υφασμάτων και ηλεκτρονικών ειδών. Τα προς ανακύκλωση υλικά είτε μεταφέρονται σε κέντρο συλλογής είτε παραλαμβάνονται από κάδους, στη συνέχεια ταξινομούνται, καθαρίζονται και υποβάλλονται σε επεξεργασία, όταν αφορά σε υλικά που θα επαναχρησιμοποιηθούν στην παραγωγική διαδικασία. Μεταξύ των διαφορετικών τύπων απορριμμάτων, το γυαλί είναι ένα από τα πιο πολύτιμα υλικά ανακύκλωσης επειδή μπορεί να ανακτηθεί και να ανακυκλωθεί πλήρως και αποσυντίθεται δύσκολα. Η ανακύκλωση γυαλιού έχει πολλά πλεονεκτήματα όπως η εξοικονόμηση των φυσικών πόρων, η μείωση της κατανάλωσης ενέργειας και η μείωση της ατμοσφαιρικής ρύπανσης. Εάν το γυαλί μπορεί να ανακυκλωθεί αποτελεσματικά, το περιβάλλον μπορεί να βελτιωθεί σημαντικά (Furlani et al., 2010· Ismail & Al-Hashmi, 2009). Το αλουμίνιο είναι επίσης ένα άλλο προϊόν που ως επί το πλείστον ανακυκλώνεται και επαναχρησιμοποιείται. Μέσω της «επαναχρησιμοποίησης» αξιοποιείται ένα υλικό ή αντικείμενο ξανά, για τον πρωταρχικό ή για παρόμοιο σκοπό για τον οποίο έχει κατασκευαστεί, δίχως μεγάλη παραποίηση της φυσικής μορφής του υλικού, ή του αντικειμένου. Μέσω της επαναχρησιμοποίησης ξοδεύονται λιγότεροι πόροι σχετικά με την ανακύκλωση και για αυτό η επαναχρησιμοποίηση ως μέθοδος διαχείρισης των απορριμμάτων προτιμάται από την ανακύκλωση. Ουσιαστικά, μέσω της επαναχρησιμοποίησης όσα προϊόντα ή συστατικά στοιχεία δεν είναι απόβλητα χρησιμοποιούνται από την αρχή για τον ίδιο σκοπό τον οποίο δημιουργήθηκαν.

1.2 Κύρια ρεύματα και ποσότητες αποβλήτων στην Ευρωπαϊκή Ένωση

Τα ρεύματα αποβλήτων αποτελούν ροές συγκεκριμένων ειδών αποβλήτων από την πηγή τους μέχρι την τελική τους διάθεση, περνώντας από διάφορα στάδια διαχείρισης, όπως η επαναχρησιμοποίηση, η ανακύκλωση ή η ανάκτηση ενέργειας. Τα ρεύματα αποβλήτων μπορούν να χωριστούν σε δύο μεγάλους τύπους: ρεύματα υλικών (συμπεριλαμβανομένων μετάλλων, γυαλιού, χαρτιού και χαρτονιού, πλαστικών, ξύλου, καουτσούκ, κλωστοϋφαντουργικών προϊόντων, βιολογικών αποβλήτων) ή ρεύματα προϊόντων (συμπεριλαμβανομένων των συσκευασιών, ηλεκτρονικών απορριμμάτων, μπαταριών και συσσωρευτές, οχήματα στο τέλος του κύκλου ζωής τους, απόβλητα εξόρυξης, κατασκευών και κατεδάφισης) που απαιτούν ειδική επεξεργασία. Κάθε ροή αποβλήτων έχει τις ιδιαιτερότητές της και την ισχύουσα νομοθεσία της, μεταξύ άλλων όσον αφορά τη μέθοδο επεξεργασίας, την επικινδυνότητα, τις δυνατότητες πρακτικής ανάκτησης και ανακύκλωσης. Σε γενικές γραμμές, ένα σύνολο γενικών αρχών εφαρμόζεται σε όλες τις ροές αποβλήτων. Κατά την αξιολόγηση διαφορετικών ροών αποβλήτων πρέπει να ληφθούν υπόψη ορισμένες πτυχές: πηγές αποβλήτων προς επεξεργασία και χρήσεις επεξεργασμένων αποβλήτων, εφαρμοστέες μέθοδοι ανακύκλωσης και ανάκτησης, ειδικές ευκαιρίες και προκλήσεις, ιδίως σε σχέση με την ανακύκλωση, και την ισχύουσα νομοθεσία της Ευρωπαϊκής Ένωσης και την εφαρμογή της (<https://www.europarl.europa.eu>). Τα «ορυκτά και στερεοποιημένα απόβλητα» (κυρίως εδάφη, απόβλητα κατασκευών και κατεδαφίσεων) αντιπροσωπεύουν σχεδόν τα τρία τέταρτα του συνολικού βάρους των απορριμμάτων που έχουν υποστεί επεξεργασία. Από το 2005 μέχρι το 2018, η μέση ποσότητα αστικών αποβλήτων (κατά κεφαλή) μειώθηκε στην ΕΕ, ωστόσο παρατηρούνται διαφορετικές τάσεις ανά χώρα. Για παράδειγμα ενώ παρατηρήθηκε αύξηση των αστικών αποβλήτων (κατά κεφαλή) σε Δανία, Γερμανία, Μάλτα, Ελλάδα και Τσεχία, παρατηρήθηκε μείωση σε Βουλγαρία, Ισπανία, Ουγγαρία, Ρουμανία και Ολλανδία. Σε απόλυτες τιμές, τα υψηλότερα ποσοστά αστικών αποβλήτων (κατά κεφαλή) σημειώθηκαν σε Δανία, Μάλτα, Κύπρο και Γερμανία, ενώ τα χαμηλότερα σε Ουγγαρία, Τσεχία, Πολωνία και Ρουμανία. Οι πλουσιότερες χώρες τείνουν να παράγουν περισσότερα απόβλητα (κατά κεφαλή), ενώ ο τουρισμός συμβάλλει σε υψηλότερα ποσοστά αστικών αποβλήτων σε Κύπρο και Μάλτα (Ευρωπαϊκό Κοινοβούλιο 2018). Το 2018, τα συνολικά απόβλητα που παρήχθησαν στην ΕΕ από

όλες τις οικονομικές δραστηριότητες και τα νοικοκυριά ανήλθαν σε 2.337 εκατομμύρια τόνους.

Πίνακας 1. Συνολική παραγωγή απορριμμάτων ανά οικονομική δραστηριότητα για το 2018 (ποσοστό επί του συνόλου)

| | Mining and quarrying | Manufacturing | Energy | Construction and demolition | Other economic activities | Households |
|------------------------|----------------------|---------------|------------|-----------------------------|---------------------------|------------|
| EU | 26.6 | 10.6 | 3.4 | 35.9 | 15.4 | 8.2 |
| Belgium | 0.1 | 24.9 | 1.2 | 33.5 | 33.1 | 7.2 |
| Bulgaria | 82.4 | 2.0 | 10.0 | 0.1 | 3.1 | 2.4 |
| Czechia | 0.2 | 14.6 | 1.5 | 41.7 | 26.7 | 15.3 |
| Denmark | 0.0 | 4.7 | 5.1 | 56.0 | 17.8 | 16.4 |
| Germany | 2.2 | 13.9 | 2.3 | 55.5 | 16.8 | 9.2 |
| Estonia | 29.5 | 18.8 | 32.3 | 9.5 | 7.6 | 2.4 |
| Ireland | 14.2 | 24.7 | 1.1 | 13.6 | 35.1 | 11.4 |
| Greece | 56.4 | 11.8 | 7.6 | 5.0 | 9.2 | 10.1 |
| Spain | 17.1 | 9.9 | 2.4 | 27.6 | 26.5 | 16.5 |
| France | 0.4 | 6.6 | 0.4 | 70.2 | 13.7 | 8.7 |
| Croatia | 12.0 | 8.9 | 1.3 | 22.7 | 31.7 | 23.3 |
| Italy | 0.8 | 16.5 | 1.3 | 35.3 | 28.7 | 17.5 |
| Cyprus | 6.6 | 16.3 | 0.1 | 45.8 | 14.5 | 16.8 |
| Latvia | 0.1 | 21.7 | 2.5 | 17.5 | 25.7 | 32.6 |
| Lithuania | 1.6 | 37.2 | 2.1 | 8.8 | 30.3 | 20.0 |
| Luxembourg | 0.0 | 6.9 | 0.1 | 81.2 | 9.7 | 2.1 |
| Hungary | 1.0 | 14.3 | 11.2 | 33.2 | 25.4 | 14.9 |
| Malta | 1.6 | 1.0 | 0.0 | 78.8 | 11.2 | 7.4 |
| Netherlands | 0.0 | 9.6 | 1.1 | 70.0 | 13.3 | 6.0 |
| Austria | 0.1 | 8.7 | 0.8 | 74.4 | 9.3 | 6.7 |
| Poland | 38.7 | 17.0 | 10.7 | 9.7 | 20.6 | 5.3 |
| Portugal | 0.2 | 19.0 | 1.1 | 8.8 | 38.1 | 32.8 |
| Romania | 88.0 | 3.9 | 3.4 | 0.3 | 2.4 | 2.1 |
| Slovenia | 0.2 | 20.2 | 11.8 | 8.1 | 51.9 | 7.8 |
| Slovakia | 2.2 | 27.5 | 7.9 | 4.4 | 39.8 | 18.2 |
| Finland | 74.9 | 6.7 | 1.0 | 12.3 | 3.5 | 1.6 |
| Sweden | 74.7 | 3.7 | 1.4 | 8.9 | 8.0 | 3.2 |
| Iceland | 0.0 | 24.4 | 0.0 | 3.9 | 31.5 | 40.2 |
| Liechtenstein | 1.6 | 1.5 | 0.0 | 88.6 | 1.6 | 6.7 |
| Norway | 1.2 | 12.8 | 1.5 | 40.0 | 27.4 | 17.1 |
| United Kingdom | 5.2 | 4.0 | 0.2 | 48.8 | 32.4 | 9.4 |
| Montenegro | 27.4 | 3.7 | 27.6 | 11.3 | 8.6 | 21.4 |
| North Macedonia | 14.2 | 46.6 | 0.5 | 3.1 | 35.6 | 0.0 |
| Serbia | 75.6 | 2.9 | 14.7 | 1.1 | 2.1 | 3.6 |
| Turkey | 17.9 | | 26.1 | 0.0 | 7.1 | 28.9 |
| Bosnia and Herzegovina | 8.2 | 28.1 | 48.1 | 1.8 | 0.2 | 13.6 |
| Kosovo (*) (†) | 93.5 | 2.0 | 3.4 | 0.1 | 0.0 | 1.0 |

(*) 2016

(†) This designation is without prejudice to positions on status, and is in line with UNSCR 1244/1999 and the ICJ Opinion on the Kosovo Declaration of Independence.

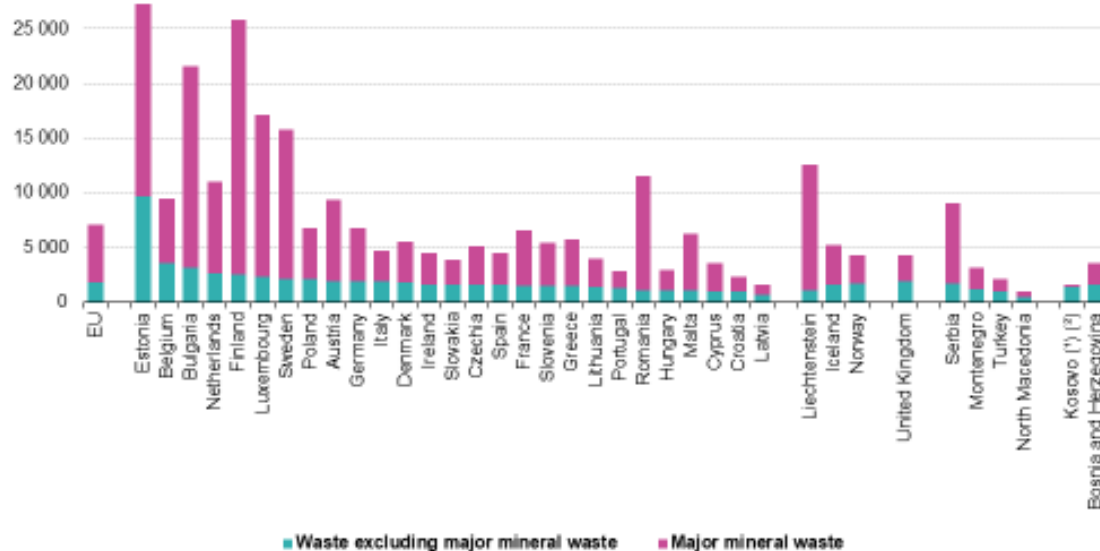
Source: Eurostat (online data code: env_wasgen)

Πηγή: Eurostat, 2021

Ο Πίνακας 1 δείχνει την ποσοστιαία αναλογία των παραγόμενων αποβλήτων ανά οικονομική δραστηριότητα και χώρα. Αρκετά από τα Κράτη Μέλη με ιδιαίτερα υψηλά επίπεδα αποβλήτων ανά κάτοικο ανέφεραν πολύ υψηλά ποσοστά εξορυκτικών αποβλήτων, ενώ σε άλλα απόβλητα από κατασκευές και κατεδαφίσεις συχνά συνέβαλαν σε αυτό. Πολλά από τα εξορυκτικά απόβλητα και από κατασκευές και κατεδαφίσεις ταξινομούνται ως κύρια ορυκτά απόβλητα (η ανάλυση που παρουσιάζεται διακρίνει τα κύρια ορυκτά απόβλητα από όλα τα άλλα απόβλητα). Το σχετικό μερίδιο των βασικών ορυκτών αποβλήτων στο σύνολο των παραγόμενων αποβλήτων διέφερε σημαντικά μεταξύ των Κρατών Μελών της ΕΕ, γεγονός που μπορεί να αντανάκλα, τουλάχιστον σε κάποιο βαθμό, διαφορετικές οικονομικές

δομές. Σε γενικές γραμμές, εκείνα τα Κράτη Μέλη της ΕΕ που είχαν υψηλότερα μερίδια σημαντικών ορυκτών αποβλήτων ήταν εκείνα που είχαν σχετικά σημαντικές δραστηριότητες εξόρυξης και λατομείων, όπως η Ρουμανία, η Φινλανδία, η Σουηδία και η Βουλγαρία ή/και οι κατασκευαστικές και κατεδαφιστικές δραστηριότητες, όπως το Λουξεμβούργο. Σε αυτά τα Κράτη Μέλη, τα κύρια ορυκτά απόβλητα αντιπροσώπευαν μεταξύ 86% - 90% του συνόλου των παραγόμενων αποβλήτων. Στο Λιχτενστάιν το μερίδιο αυτό ήταν ακόμη υψηλότερο (91%). Σχεδόν τα τρία τέταρτα (74% ή 5,2 τόνοι ανά κάτοικο) των συνολικών αποβλήτων που παράγονται στην ΕΕ το 2018 ήταν σημαντικά ορυκτά απόβλητα.

Waste generation, 2018 (kg per capita)



Note: sorted on total waste generated.

(*) This designation is without prejudice to positions on status, and is in line with UNSCR 1244/1999 and the ICJ Opinion on the Kosovo Declaration of Independence.

(*) 2016.

Source: Eurostat (online data code: emv_wasgen)

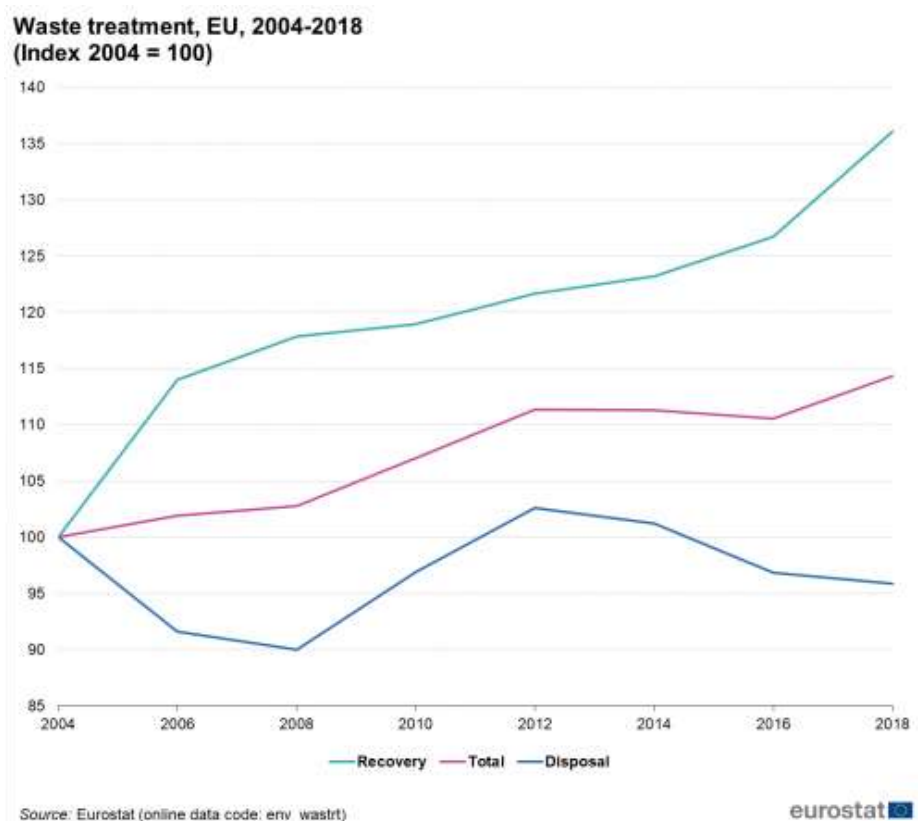
eurostat

Εικόνα 1. Τόνοι απορριμμάτων το 2018 ανά κάτοικο

Πηγή: Waste generation, 2018

Το 2018, περίπου 2169 εκατομμύρια τόνοι απορριμμάτων υποβλήθηκαν σε επεξεργασία στην ΕΕ. Αυτό δεν εμπεριέχει τα απόβλητα που εξάγονται, αλλά περιλαμβάνει την επεξεργασία των εισαγόμενων απορριμμάτων στην ΕΕ. Οι

αναφερόμενες ποσότητες επομένως, δεν είναι άμεσα συγκρίσιμες με εκείνες για την παραγωγή αποβλήτων.



Εικόνα 2. Εξέλιξη της συνολικής επεξεργασίας αποβλήτων στην ΕΕ για τα έτη 2004-2018

Πηγή: Eurostat, 2018

Η Εικόνα 2 δείχνει την εξέλιξη της συνολικής επεξεργασίας αποβλήτων στην ΕΕ, καθώς και για τις δύο κύριες μεθόδους επεξεργασίας – ανάκτηση και διάθεση – κατά την περίοδο 2004-2018.

Η ποσότητα για τα ανακτώμενα απορρίμματα, χρησιμοποιείται για επίχωση (χρήση απορριμμάτων σε περιοχές εκσκαφής για σκοπούς αποκατάστασης πρανών ή ασφάλειας ή για μηχανικούς σκοπούς στον εξωραϊσμό) ή αποτεφρώνονται με ανάκτηση ενέργειας αυξήθηκε κατά 33,9%, από 870 εκατομμύρια τόνους, το 2004, σε 1184 εκατομμύρια τόνους, το 2018. Ως αποτέλεσμα, το μερίδιο αυτής της ανάκτησης στη συνολική επεξεργασία αποβλήτων αυξήθηκε από 45,9%, το 2004, σε 54,6%, το 2018. Η ποσότητα για τα απόβλητα που υπόκεινται σε διάθεση μειώθηκε

από 1027 εκατομμύρια τόνους, το 2004, σε 984 εκατομμύρια τόνους, το 2018, ήτοι μείωση 4,2%. Το μερίδιο της τελικής διάθεσης αποβλήτων μειώθηκε από 54,1%, το 2004, σε 45,4%, το 2018.

1.3 Διαχείριση αποβλήτων υπό το πρίσμα της Κυκλικής Οικονομίας

Η διαχείριση των απορριμμάτων απαιτεί νέο όραμα και δραστικές αλλαγές για τη μετάβαση σε μια κυκλική οικονομία μηδενικών αποβλήτων. Στην πραγματικότητα, σήμερα, πολλές οικονομίες παράγουν όλο και περισσότερα απόβλητα, γεγονός που αποτελεί σοβαρή πρόκληση για την περιβαλλοντική βιωσιμότητα. Το πρόβλημα είναι εξαιρετικά περίπλοκο καθώς περιλαμβάνει ένα πλήθος εμπλεκόμενων μερών, απαιτεί αλλαγές συμπεριφοράς και πλήρη επανεξέταση των υφιστάμενων συστημάτων διαχείρισης αποβλήτων και του κυρίαρχου οικονομικού μοντέλου. Η μοντελοποίηση της διαχείρισης απορριμμάτων δεν είναι μια νέα ιδέα. Ωστόσο, οι έννοιες της βιώσιμης διαχείρισης απορριμμάτων ή της ολοκληρωμένης διαχείρισης αποβλήτων δεν ήταν όροι που χρησιμοποιήθηκαν σε κανένα μοντέλο διαχείρισης απορριμμάτων μέχρι τότε. Ο MacDonald (1996), οι Berger, Savard et al. (1999) και ο Tanskanen (2000) περιγράφουν, μεταξύ άλλων, το δυναμικό μικτό ακέραιο μοντέλο προγραμματισμού των Baetz και Neebe (1994), ένα μοντέλο πολλαπλών περιόδων και περιοχών που αναπτύχθηκε από τους Everett και Modak (1996), και το στατικό μη γραμμικό μοντέλο προγραμματισμού, MIMES/ WASTE που αναπτύχθηκε από τους Sundberg et al. (1994). Αυτά τα συνοπτικά άρθρα κατανέμονται σε μια περίοδο 12 ετών και υποδεικνύουν τις αλλαγές που συνέβησαν στον τομέα της μοντελοποίησης διαχείρισης αστικών απορριμμάτων εκείνη την περίοδο. Οι Berger, Savard et al. (1999) και Tanskanen (2000) επισημαίνουν ότι τα πρώτα μοντέλα διαχείρισης στερεών αποβλήτων ήταν μοντέλα βελτιστοποίησης και ασχολήθηκαν με συγκεκριμένες πτυχές του προβλήματος, για παράδειγμα δρομολόγηση οχημάτων, (Truitt et al. 1969), ή τοποθέτηση σταθμού μεταφοράς (Esmaili 1972). Καθώς ο κόσμος προχωρά προς τη βιώσιμη ανάπτυξη, οι έξυπνες πόλεις έχουν ως στόχο την οικονομική ανάπτυξη συμπεριλαμβανομένης της καλύτερης ποιότητας ζωής και της αποτελεσματικότερης διαχείρισης των πόρων (Albino et al., 2015). Η αυξανόμενη ποσότητα απορριμμάτων και η διαχείρισή τους αποτελούν μείζονες ανησυχίες σε πολλές πόλεις και περιοχές, λόγω των αναποτελεσματικών λειτουργιών συλλογής και διαχείρισης απορριμμάτων (Jacobsen et al., 2018). Ωστόσο, οι έξυπνες πόλεις

εστιάζουν όλο και περισσότερο στην ανάπτυξη λύσεων για την επίλυση αυτών των προβλημάτων χρησιμοποιώντας τεχνολογίες όπως το «Internet-of-Things», (IoT), τα μεγάλα δεδομένα (Big Data) και την τεχνητή νοημοσύνη (Artificial Intelligence - AI) (Esmaelian et al., 2018). Αυτές οι τεχνολογίες αναμένεται να αλλάξουν το τοπίο της αστικής ανάπτυξης και να υποστηρίξουν την πρόοδο προς μια κυκλική οικονομία (circular economy- CE) (Ellen MacArthur, 2013, Ghisellini et al., 2016). Η μετάβαση στην ΚΟ απαιτεί μια στροφή παραδείγματος σε ένα καινοτόμο και πιο βιώσιμο οικοσύστημα εφοδιαστικής αλυσίδας (Zanella et al., 2014, Farooque and Zhang, 2017, Batista et al., 2018). Σε μικροεπίπεδο, η διαχείριση των απορριμμάτων θα πρέπει να βασίζεται σε μια κανονιστική βάση για την ολοκληρωμένη έννοια της βιωσιμότητας (Taelman et al., 2018). Ο όρος έξυπνη διαχείριση απορριμμάτων έχει χρησιμοποιηθεί, αν και σποραδικά, στη σχετική βιβλιογραφία (Glouche and Couderc, 2013· Schafer, 2014, Omar et al. 2016). Ωστόσο, η έννοια έχει λάβει περιορισμένη προσοχή και δεν έχει καθοριστεί με σαφήνεια, παρά τις τεκμηριωμένες δυνατότητές της. Τα τελευταία χρόνια, το ενδιαφέρον έχει εξαπλωθεί και στις τεχνολογίες απόκτησης δεδομένων και επικοινωνίας, οι οποίες βοηθούν στην παρακολούθηση της κατάστασης φόρτωσης φορητών/κάδων απορριμμάτων, στη βελτιστοποίηση των διαδρομών των φορητών και στον ακριβή συντονισμό του χρονοδιαγράμματος συλλογής, χρησιμοποιώντας δυναμικά μοντέλα (Anagnostopoulos et al., 2017, Liu et al., 2019). Η εφαρμογή έξυπνων συστημάτων διαχείρισης απορριμμάτων βρίσκεται ακόμη σε εμβρυακό στάδιο (Fuss et al., 2018). Αναμφισβήτητα, η διαχείριση αποβλήτων είναι ένα όλο και πιο περίπλοκο πρόβλημα που περιλαμβάνει τη συμπεριφορά των πολιτών, τους σχεδιαστές προϊόντων, τους παραγωγούς και τους υπεύθυνους χάραξης πολιτικής (Aljerf, 2018, Zhang et al., 2019) και, ως εκ τούτου, περιλαμβάνει πτυχές που σχετίζονται με την υποδομή και τη διαχείριση της λειτουργίας των τεχνολογιών. Παρόλα αυτά, οι σύγχρονες λύσεις είναι σχετικά νέες σε σύγκριση με άλλες πρακτικές διαχείρισης απορριμμάτων. Υπάρχουν ορισμένα ζητήματα, όπως η ασφάλεια των δεδομένων, τα οποία επί του παρόντος ενδέχεται να επιβάλλουν περιορισμούς στις δυνατότητες των έξυπνων συστημάτων διαχείρισης απορριμμάτων (Schafer, 2014).

Η παγκόσμια τάση οδηγεί τη διεθνή κοινότητα να διερευνήσει νέες διαδρομές για τη μετάβαση από τα επιχειρηματικά γραμμικά μοντέλα σε κυκλικά μοντέλα. Στη γραμμική οικονομία, μια βιομηχανική διαδικασία χαρακτηρίζεται από

μονοκατευθυντική ροή υλικών, με πρώτες ύλες που μετατρέπονται σε τελικό προϊόν και τελικά απόβλητα μιας χρήσης. Στην ΚΟ, η ανάκτηση και η αξιοποίηση των απορριμμάτων επιτρέπουν την επαναχρησιμοποίηση υλικών πίσω στην αλυσίδα εφοδιασμού, αποσυνδέοντας τελικά την οικονομική ανάπτυξη από τις περιβαλλοντικές απώλειες (Ghisellini et al., 2016). Αυτό το ζήτημα επιβεβαιώνεται από πρόσφατα έγγραφα της ΕΕ, τα οποία εστιάζουν στην ενθάρρυνση των στρατηγικών ανακύκλωσης και ανάκτησης καθ' όλη τη διάρκεια του κύκλου ζωής ενός προϊόντος (EOX, 2016). Ένα αυξανόμενο ενδιαφέρον μπορεί επίσης να περιγραφεί στην πολιτική των ΗΠΑ που εξετάζει τον τομέα της διαχείρισης αποβλήτων: η μείωση των αποβλήτων και η αύξηση της αποδοτικής και βιώσιμης χρήσης των πόρων ορίζεται ως στρατηγικός στόχος, που οδηγεί από την έννοια της διαχείρισης αποβλήτων σε μια ευρύτερη διαχείριση υλικών πλαίσιο (Heck, 2006). Θεμελιώνοντας τις ρίζες του στις έννοιες της περιβαλλοντικής επιστήμης και της αειφόρου ανάπτυξης (Sauve et al., 2015), το παράδειγμα της ΚΟ εισάγει μια νέα προοπτική για την εξέταση του βιομηχανικού οικοσυστήματος, όπου η οικονομική ανάπτυξη αποσυνδέεται από την κατανάλωση πόρων και τις εκπομπές ρύπων και τα υλικά και τα προϊόντα στο τέλος του κύκλου ζωής θεωρούνται ως πόροι και όχι ως απόβλητα.

Προκειμένου να καθοριστεί μια αποτελεσματική διαδικασία μέτρησης της υιοθέτησης του υποδείγματος της ΚΟ, τα κύρια ζητήματα σχετικά με αυτό το νέο μοντέλο πρέπει να αξιολογηθούν και να αναλυθούν. Με την ανάλυση διαφορετικών εγγράφων στη βιβλιογραφία, έχει εισαχθεί ένα πλαίσιο τεσσάρων επιπέδων για την υποστήριξη της μέτρησης της υιοθέτησης του υποδείγματος ΚΟ. Τα τέσσερα επίπεδα που περιγράφονται είναι οι διαδικασίες που πρέπει να παρακολουθούνται, οι ενέργειες που εμπλέκονται, οι απαιτήσεις που πρέπει να μετρηθούν και, τέλος, τα επίπεδα εφαρμογής του υποδείγματος της ΚΟ. Ξεκινώντας από την πρώτη κατηγορία, το υπόδειγμα ΚΟ περιλαμβάνει συνήθως πέντε κύριες φάσεις: την εισαγωγή υλικού, το σχεδιασμό, την παραγωγή, την κατανάλωση και, τέλος, τη διαχείριση πόρων στο τέλος του κύκλου ζωής (End-of-Life - EoL). Αυτές οι φάσεις αντιπροσωπεύουν, στο προτεινόμενο πλαίσιο, τις διαδικασίες, οι επιδόσεις των οποίων πρέπει να μετρηθούν για να αξιολογηθεί πόσο κυκλικό είναι το συνολικό σύστημα. Οι κύριες προϋποθέσεις της ΚΟ έχουν αναδειχθεί ως κλειστοί και επιβραδύνοντες βρόχοι, οι οποίοι αφορούν στην ανακύκλωση απορριμμάτων. Η επιβράδυνση αναφέρεται στη

διατήρηση της αξίας του προϊόντος μέσω συντήρησης, επισκευής και ανακαίνισης και ανακατασκευής για την επίτευξη βελτιωμένης απόδοσης στη συνήθη γραμμική οικονομία (Bocken et al., 2017, Kirchherr et al., 2017). Ένα πρόγραμμα ΚΟ αναδύεται όταν η αξία των πόρων, των υλικών και των προϊόντων διατηρείται όσο το δυνατόν περισσότερο στην οικονομία και η παραγωγή αποβλήτων χρησιμεύει ως τακτική για την ανάπτυξη αποδοτικότητας πόρων χαμηλών εκπομπών άνθρακα και ανταγωνιστικής βιωσιμότητας (Pires & Martinho, 2019). Η διαχείριση αποβλήτων, ιδιαίτερα η διαχείριση στερεών αποβλήτων (Solid Waste Management - SWM) και η διαχείριση αστικών στερεών αποβλήτων (ΔΑΣΑ) (Municipal Solid Waste Management - MSWM), είναι το θεμέλιο για μια ΚΟ, για την επίτευξη μεγαλύτερης πρόληψης αποβλήτων και καλύτερη διαχείριση των πόρων, επεκτείνοντας και κλείνοντας τους κύκλους υλικών που αντιπροσωπεύουν την εισροή-εκροή αποβλήτων για τη δημιουργία απογραφών οικονομικών ροών (Kalmykova et al., 2018, Zeller et al., 2019). Ωστόσο, οι σχέσεις μεταξύ των οντοτήτων ΔΑΣΑ και ΚΟ είναι ασαφείς στην υπάρχουσα βιβλιογραφία και αυτές οι έννοιες προήλθαν από διαφορετικές οπτικές γωνίες και από διαφορετικά πεδία (Geissdoerfer et al., 2017). Η ΚΟ είναι μια έννοια επιχειρησιακής λειτουργίας της οποίας η εφαρμογή για τη βιώσιμη ανάπτυξη έχει συζητηθεί πολύ. Οι Jiao και Boons (2014) ανέφεραν ότι η έννοια περιλαμβάνει τις ενέργειες μείωσης, επαναχρησιμοποίησης και ανακύκλωσης στην ανάπτυξη της παραγωγής, της κατανάλωσης και της κυκλοφορίας. Οι Van Buren et al. (2016) πρότειναν τη δημιουργία μιας τριπλής βάσης με τις κοινωνικές, περιβαλλοντικές και οικονομικές διαστάσεις μιας ΚΟ. Οι Mendoza et al. (2017) δήλωσαν ότι η ΚΟ θα πρέπει να εκμεταλλεύεται πλήρως την αποδοτικότητα των πόρων, συμπεριλαμβανομένης της: (1) διατήρησης και βελτίωσης του φυσικού πλούτου με την παρακολούθηση των πεπερασμένων αποθεμάτων και την αξιολόγηση των ροών ανανεώσιμων πόρων, (2) βελτιστοποίησης της χρησιμότητας πόρων, προϊόντων, διεργασιών και υλικών εντός της τεχνολογικής και βιολογικής κυκλικότητας και (3) προώθησης του αποτελεσματικού συντονισμού με την αποκάλυψη και τον έλεγχο των ανεπιθύμητων εξωτερικών παραγόντων. Οι Ness & Xing (2017) αναφέρουν ότι η ΚΟ στοχεύει να επιτύχει μεγαλύτερη αξία, συμπεριλαμβάνοντας χρήση και διαχείριση πόρων, προσεγγίσεις κλειστού βρόχου, στρατηγικές προσαρμογής και μοντέλα οικονομίας κοινής χρήσης. Οι Kirchherr et al. (2017) διαμόρφωσαν ένα εννοιολογικό μοντέλο από τις πιο συχνές απεικονίσεις μιας ΚΟ εξετάζοντας 114 ορισμούς. Οι Reike et al. (2018) διερεύνησαν διαμάχες γύρω

από την ΚΟ μέσω της εστίασης στην ανασκόπηση της βιβλιογραφίας και των επιλογών διατήρησης αξίας πόρων για να παράσχουν μια ευρετική που είναι χρήσιμη στην πράξη. Η αρχική αβεβαιότητα και οι συγκρούσεις σχετικά με την ΚΟ παραμένουν λόγω διαφόρων πρακτικών δραστηριοτήτων. Ο εντοπισμός των προκλήσεων της ΚΟ σε ένα βιώσιμο παγκόσμιο σύστημα δικτύου είναι ένα μείζον πρόβλημα (Korhonen et al., 2018) αν και δεν υπάρχει καθολικά αποδεκτός ορισμός της «κυκλικής χρήσης» πρώτων υλών, το μερίδιο των δευτερογενών πηγών στην προμήθεια πρώτων υλών είναι μία από τις πολλές απλουστευμένες προσεγγίσεις για την αξιολόγηση της κυκλικής χρήσης. Αν και πολλές Κρίσιμες Πρώτες Ύλες (ΚΠΥ) (Critical Raw Materials-CRM) έχουν υψηλό τεχνικό και πραγματικό οικονομικό δυναμικό ανακύκλωσης, και παρά την ενθάρρυνση από τις κυβερνήσεις να προχωρήσουν προς μια ΚΟ, το ποσοστό εισροών ανακύκλωσης (ένα μέτρο του μεριδίου των δευτερογενών πηγών στην προμήθεια πρώτων υλών) των ΚΠΥ είναι γενικά χαμηλό. Αυτό μπορεί να εξηγηθεί από διάφορους παράγοντες όπως το γεγονός ότι οι τεχνολογίες διαλογής και ανακύκλωσης για πολλές ΚΠΥ δεν είναι ακόμη διαθέσιμες με ανταγωνιστικό κόστος. Η ζήτηση για πολλές ΚΠΥ αυξάνεται σε διάφορους τομείς και η συμβολή της ανακύκλωσης είναι σε μεγάλο βαθμό ανεπαρκής για να καλύψει τη ζήτηση. Ο δείκτης EOL-RIR μετρά, για μια δεδομένη πρώτη ύλη, πόσο μέρος της εισροής της στο σύστημα παραγωγής προέρχεται από την ανακύκλωση «παλαιών σκραπ» (ή «σκραπ στο τέλος του κύκλου ζωής τους»), δηλαδή σκραπ και απορρίμματα που προέρχονται από την επεξεργασία προϊόντων σε το τέλος της ζωής τους (EOL). Το EOL-RIR δεν λαμβάνει υπόψη τα θραύσματα που προέρχονται από διαδικασίες παραγωγής.

Όπως φαίνεται στο Πίνακα 2, μερικά στοιχεία, συγκεκριμένα το βανάδιο, το βολφράμιο, το κοβάλτιο και το αντιμόνιο έχουν υψηλό ποσοστό εισροής ανακύκλωσης, ενώ άλλα έχουν καλό ποσοστό ανακύκλωσης στο τέλος του κύκλου ζωής τους (π.χ. τα ποσοστά ανακύκλωσης για την ομάδα PGM φτάνουν έως και 95% για βιομηχανικούς καταλύτες και 50-60% για καταλύτες αυτοκινήτων), αλλά αυτό συνεισφέρει σε μεγάλο βαθμό ώστε να ανταποκριθούν στην αυξανόμενη ζήτηση και συνεπώς το ποσοστό εισροών ανακύκλωσης είναι χαμηλό (π.χ. 14% για την ομάδα PGM).

Πίνακας 2. Τρέχουσα συνεισφορά της ανακύκλωσης στην κάλυψη της ζήτησης της ΕΕ για ΚΠΥ: Ποσοστό εισόδου ανακύκλωσης στο τέλος του κύκλου ζωής (EOL-RIR)

| Μέταλλα | Ποσοστό εισόδου ανακύκλωσης στο τέλος του κύκλου ζωής (EOL-RIR) |
|---|--|
| Βανάδιο | 44% |
| Βολφράμιο | 42% |
| Κοβάλτιο | 35% |
| Αντιμόνιο | 28% |
| Φωσφορικό πέτρωμα | 17% |
| Μαγνήσιο | 13% |
| PGMs | 11% |
| LREEs | 7% |
| HREEs | 6% |
| Φυσικός Γραφίτης | 3% |
| Γερμάνιο | 2% |
| Baryte, Bi, Fluorspar, Hf, He, Natural rubber, Ta | 1% |
| Be, Borate, Ga, In, Nb, P, Sc, Si-metal | 0% |

Πηγή: European Commission 2018

Συνοπτικά, η κυκλική χρήση των ΚΠΥ εξαρτάται από πολλές παραμέτρους. Πρέπει να σημειωθεί ότι η κυκλικότητα επηρεάζεται πολύ από τους τομείς στους οποίους χρησιμοποιούνται οι ΚΠΥ: η ζήτηση και η διάρκεια χρήσης των ΚΠΥ εξαρτάται αυστηρά από τα προϊόντα στα οποία ενσωματώνονται οι ΚΠΥ, τα ποσοστά ανακύκλωσης συνήθως εξαρτώνται από φύση των προϊόντων στο τέλος του κύκλου ζωής τους στα οποία ενσωματώνονται οι ΚΠΥ. Κατά συνέπεια, η υποκατάσταση και η ανακύκλωση θεωρούνται μέτρα μείωσης του κινδύνου στη μεθοδολογία για την κατάρτιση του καταλόγου της ΕΕ ΚΠΥ. Η χρήση ενέργειας (και οι σχετικές εκπομπές CO₂ και άλλες εκπομπές στον αέρα) και η χρήση νερού είναι συνήθως πολύ χαμηλότερες για τις δευτερογενείς ΚΠΥ από ότι για τις πρωτογενείς. Άλλα περιβαλλοντικά οφέλη μιας πιο κυκλικής χρήσης μπορεί να περιλαμβάνουν, για παράδειγμα, λιγότερες επιπτώσεις στη βιόσφαιρα (τροπικά δάση, αρκτικές περιοχές, βυθοί ωκεανών κ.λπ.) ή/και λιγότερα απόβλητα που παράγονται ανά τόνο εξαγόμενου υλικού.

Πίνακας 3. Κατανάλωση ενέργειας και νερού στην παραγωγή μετάλλων από απορρίμματα και μεταλλεύματα (το εύρος που δίνεται είναι υψηλής έως χαμηλής ποιότητας)

| Μέταλλο | Χρήση ενέργειας (MJ ανά κιλό εξαγόμενου μετάλλου) | | Χρήση νερού (m ³ ανά τόνο εξαγόμενου μετάλλου) | |
|---------------|---|---------------------|---|---------------------|
| | <i>Απόρριμμα</i> | <i>Μεταλλεύματα</i> | <i>Απόρριμμα</i> | <i>Μεταλλεύματα</i> |
| Μαγνήσιο | 10 | 165-230 | 2 | 2-15 |
| Κοβάλτιο | 20-140 | 140-2100 | 30-100 | 40-2000 |
| PGM | 1400-3400 | 18,860-254,86 | 3000-6000 | 100,000-1200 |
| Σπάνιες Γαίες | 1000-5000 | 5500-7200 | 250-1250 | 1275-1800 |

Πηγή: European Commission 2018

Ακριβώς όπως η εξόρυξη πρωτογενών CRM στην Ευρώπη συμβάλλει στη διασφάλιση της ασφάλειας του εφοδιασμού με πρώτες ύλες στην ευρωπαϊκή βιομηχανία, έτσι και η αποτελεσματική διαχείριση των πόρων καθ' όλη τη διάρκεια του κύκλου ζωής τους και η ανακύκλωση των αποβλήτων σε δευτερεύοντα CRM. Κατά συνέπεια, η υποκατάσταση και η ανακύκλωση θεωρούνται μέτρα μείωσης του κινδύνου της μεθοδολογίας για την κατάρτιση του καταλόγου της ΕΕ Κρίσιμων Πρώτων Υλών. Η χρήση ενέργειας (και οι σχετικές εκπομπές CO₂ και άλλες εκπομπές στον αέρα) και η χρήση νερού είναι συνήθως πολύ χαμηλότερες για τα δευτερεύοντα CRM από ό,τι για τα πρωτογενή CRM. Μερικά παραδείγματα δίνονται στον Πίνακα 3. Άλλα περιβαλλοντικά οφέλη μιας πιο κυκλικής χρήσης μπορεί να περιλαμβάνουν, για παράδειγμα, χαμηλότερες επιπτώσεις στη βιόσφαιρα (τροπικά δάση, αρκτικές περιοχές, πυθμένα ωκεανών κ.λπ.) ή/και λιγότερα απόβλητα που παράγονται ανά τόνο εξαγόμενου υλικού.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2. Ευρωπαϊκό πλαίσιο πολιτικής για την ανακύκλωση αποβλήτων

2.1 Ευρωπαϊκό σχέδιο δράσης για την κυκλική οικονομία

Το νέο σχέδιο δράσης σχετικά με την κυκλική οικονομία (CEAP) εγκρίθηκε από την Ευρωπαϊκή Επιτροπή τον Μάρτιο του 2020. Αποτελεί ένα εκ των κυριότερων δομικών στοιχείων της Ευρωπαϊκής Πράσινης Συμφωνίας, της νέας ατζέντας της Ευρώπης για βιώσιμη ανάπτυξη. Η μετάβαση της ΕΕ σε μια κυκλική οικονομία θα μειώσει την πίεση στους φυσικούς πόρους και θα δημιουργήσει βιώσιμη ανάπτυξη και θέσεις εργασίας. Αποτελεί επίσης προϋπόθεση για την επίτευξη του στόχου της ΕΕ για την κλιματική ουδετερότητα το 2050 και για την ανάσχεση της απώλειας βιοποικιλότητας. Το νέο σχέδιο δράσης ανακοινώνει πρωτοβουλίες σε ολόκληρο τον κύκλο ζωής των προϊόντων. Στοχεύει στον τρόπο με τον οποίο σχεδιάζονται τα προϊόντα, προωθεί τις διαδικασίες κυκλικής οικονομίας, ενθαρρύνει τη βιώσιμη κατανάλωση και στοχεύει να διασφαλίσει ότι αποτρέπονται τα απόβλητα και ότι οι πόροι που χρησιμοποιούνται θα διατηρούνται στην οικονομία της ΕΕ για όσο το δυνατόν περισσότερο. Οι πολίτες, μέσω της κυκλικής οικονομίας θα μπορούν να εφοδιαστούν προϊόντα υψηλής ποιότητας, τα οποία θα είναι λειτουργικά και ασφαλή, αποτελεσματικά και οικονομικά, με μεγαλύτερη διάρκεια και θα μπορούν να επαναχρησιμοποιηθούν και να επισκευαστούν. Η Επιτροπή άρχισε να εργάζεται για την ανάπτυξη ενός εγγράφου που θα συγκεντρώνει βέλτιστες πρακτικές στον τομέα των σχεδίων διαχείρισης εξορυκτικών αποβλήτων. Αναφορικά με τα εξορυκτικά απόβλητα, από την έναρξη ισχύος της σχετικής Οδηγίας, το 2008, οι φορείς εκμετάλλευσης έχουν υποβάλει σχέδια διαχείρισης αποβλήτων ως μέρος των αιτήσεών τους για άδεια. Μέχρι στιγμής, ως αποτέλεσμα της πολυετούς εμπειρίας με τέτοια σχέδια, θα έπρεπε να έχει δημιουργηθεί μια ουσιαστική βάση γνώσεων σε ολόκληρη την ΕΕ, η οποία θα επέτρεπε τον εντοπισμό βέλτιστων πρακτικών που αξίζουν ευρύτερη εφαρμογή σε ολόκληρο τον εξορυκτικό τομέα. Τον Ιούλιο του 2017, η Επιτροπή δημοσίευσε μια ανοιχτή πρόσκληση υποβολής στοιχείων για να υποστηρίξει την ανάπτυξη εγγράφων καθοδήγησης αναφορικά με τα σχέδια διαχείρισης εξορυκτικών αποβλήτων, συμπεριλαμβανομένων πτυχών της κυκλικής οικονομίας. Σε σχέση με τη δράση για τις βέλτιστες πρακτικές στον τομέα των σχεδίων διαχείρισης εξορυκτικών αποβλήτων, το σχέδιο δράσης για την κυκλική

οικονομία καλύπτει επίσης μια δράση για την ανταλλαγή βέλτιστων πρακτικών για την ανάκτηση ΚΠΥ από απόβλητα εξόρυξης και χώρους υγειονομικής ταφής και ΑΗΗΕ όσον αφορά στις επικίνδυνες ουσίες, αλλά το πεδίο εφαρμογής θα πρέπει να διευρυνθεί σε μεταγενέστερο στάδιο για να καλύψει επίσης πληροφορίες που θα προωθήσουν την προετοιμασία για επαναχρησιμοποίηση των ΑΗΗΕ (συστατικών) και την ανακύκλωση ΚΠΥ, και να ευθυγραμμιστεί με τις παραπάνω αναφερθείσες εργασίες τυποποίησης. Το σχέδιο δράσης, με σκοπό την προώθηση της αυξημένης ανακύκλωσης ΚΠΥ, περιλαμβάνει επίσης την ανάπτυξη ευρωπαϊκών προτύπων για την αποδοτική ως προς τα υλικά ανακύκλωση σύνθετων προϊόντων στο τέλος του κύκλου ζωής τους, όπως τα ΑΗΗΕ. Τέλος, προκειμένου να προωθηθεί η ανακύκλωση υψηλής ποιότητας στην ΕΕ και αλλού, το σχέδιο δράσης αποσκοπεί στην προώθηση της εθελοντικής πιστοποίησης των εγκαταστάσεων επεξεργασίας για ορισμένους βασικούς τύπους αποβλήτων, συμπεριλαμβανομένων των ΑΗΗΕ. Επίσης, η Επιτροπή θα θέσει υπό εξέταση αποτελεσματικότερα μέτρα για τη διασφάλιση της συλλογής και της περιβαλλοντικά ορθής επεξεργασίας των χρησιμοποιημένων ορυκτελαίων. Η στρατηγική που θα ακολουθήσει η ΕΕ σχετικά με τη βιώσιμη και έξυπνη κινητικότητα θα προσπαθήσει να ενισχύσει τη συνέργεια με τη μετάβαση της κυκλικής οικονομίας, κυρίως εφαρμόζοντας λύσεις προϊόντος ως υπηρεσίας ώστε να μειωθεί η κατανάλωση παρθένων υλικών, να χρησιμοποιηθούν βιώσιμα εναλλακτικά καύσιμα, να βελτιωθούν οι υποδομές και να χρησιμοποιηθούν οχήματα. Μία εκ των ταχύτερα αναπτυσσόμενων ροών αποβλήτων στην ΕΕ είναι αυτή του ηλεκτρικού και ηλεκτρονικού εξοπλισμού, με ετήσιους ρυθμούς αύξησης 2%. Υπολογίζεται ότι λιγότερο από το 40% από τα ηλεκτρονικά απορρίμματα ανακυκλώνεται στην ΕΕ. Η αξία χάνεται όταν τα πλήρως ή μερικώς λειτουργικά προϊόντα απορρίπτονται γιατί δεν επισκευάζονται, δεν δύναται να πραγματοποιηθεί αντικατάσταση της μπαταρίας, το λογισμικό δεν είναι σε θέση να υποστηριχθεί πλέον ή τα υλικά τα οποία ενσωματώνονται στις συσκευές δεν μπορούν να ανακτηθούν. Περίπου δύο στους τρεις Ευρωπαίους θα επιθυμούσαν να συνεχίσουν τη χρήση των ψηφιακών συσκευών τους για ευρύτερο χρονικό διάστημα, με την προϋπόθεση πως η απόδοση δεν επηρεάζεται σε μεγάλο βαθμό (Special Eurobarometer, 2020). Για να αντιμετωπίσει αυτές τις προκλήσεις, η Επιτροπή παρουσιάζει μια «Πρωτοβουλία για την κυκλική ηλεκτρονική» κινητοποιώντας υπάρχοντα και νέα μέσα. Όπως ορίζει το νέο πλαίσιο πολιτικής περί βιώσιμων προϊόντων, η συγκεκριμένη πρωτοβουλία θα οδηγήσει στην

προώθηση της μεγαλύτερης διάρκειας ζωής για τα προϊόντα και θα περιλαμβάνει, τις ακόλουθες ενέργειες:

- Ρυθμιστικά μέτρα σχετικά με τα ηλεκτρονικά είδη και τις ΤΠΕ, συμπεριλαμβανομένων των κινητών τηλεφώνων, των tablet και των φορητών υπολογιστών βάσει της Οδηγίας που σχετίζεται με τον οικολογικό σχεδιασμό, με αποτέλεσμα οι συσκευές να είναι σχεδιασμένες ώστε να είναι ανθεκτικές, να μπορούν να επισκευαστούν, να έχουν τη δυνατότητα να αναβαθμιστούν, να συντηρηθούν, να επαναχρησιμοποιηθούν και να ανακυκλωθούν. Το επερχόμενο σχέδιο εργασίας του οικολογικού σχεδιασμού πρόκειται να καθορίσει επιπλέον λεπτομέρειες σχετικά με αυτό, ενώ ακόμη, θα καλύπτονται εκτυπωτές και αναλώσιμα, όπως κασέτες.
- Θα πρέπει να καταστήσουν τα ηλεκτρονικά και τις ΤΠΕ τομείς προτεραιότητας για την εφαρμογή του «δικαιώματος στην επισκευή», όπου θα συμπεριλαμβάνεται το δικαίωμα για ενημέρωση απαρχαιωμένου λογισμικού.
- Θα πρέπει να ληφθούν ρυθμιστικά μέτρα για φορτιστές κινητών τηλεφώνων καθώς και για παρόμοιες συσκευές, συμπεριλαμβανομένης της εισαγωγής φορτιστών γενικής χρήσης, βελτιωμένης αντοχής των καλωδίων φόρτισης και κινήτρων διαχωρισμού της αγοράς φορτιστών από την αγορά νέων συσκευών.
- Θα πρέπει να βελτιωθεί η συλλογή και διάθεση απορριμμάτων που προέρχονται από ηλεκτρικό και ηλεκτρονικό εξοπλισμό, συμπεριλαμβανομένης της διερεύνησης της δημιουργίας συστήματος ανακύκλωσης σε ολόκληρη την ΕΕ για τη συλλογή ή την πώληση παλαιών κινητών τηλεφώνων, tablet και φορτιστών.
- Θα πρέπει να αναθεωρηθούν οι κανονισμοί της ΕΕ για επικίνδυνες ουσίες ηλεκτρικού και ηλεκτρονικού εξοπλισμού και να παραχθούν οδηγίες ώστε να βελτιωθεί η συμμόρφωση με τους σχετικούς κανονισμούς, συμπεριλαμβανομένων των REACH και Ecodesign (ΕΕ, 2017).

Οι βιώσιμες μπαταρίες και οχήματα υποστηρίζουν την κινητικότητα του μέλλοντος. Προέκυψε πως υπάρχει ευρεία και κοινή αντίληψη μεταξύ των ενδιαφερόμενων μερών ότι οι τρέχουσες διαδικασίες χρειάζονται περαιτέρω βελτίωση για την παρακολούθηση των οχημάτων και για τη βελτίωση της εφαρμογής της απαίτησης έκδοσης και υποβολής πιστοποιητικού καταστροφής. Αυτό περιλαμβάνει την αντιμετώπιση πιθανών κενών, για παράδειγμα μέσω της απαίτησης αποδεικτικών

στοιχείων για την τύχη του οχήματος κατά τη διάρκεια προσωρινής διαγραφής και επιβολής προστίμων στους ιδιοκτήτες που δεν παρέχουν δήλωση για το πού βρίσκονται προσωρινά διαγραφέντα οχήματα. Η χρήση οικονομικών κινήτρων - για παράδειγμα τελών ή συστημάτων επιστροφής χρημάτων - για την παράδοση οχημάτων στο τέλος του κύκλου ζωής τους σε εξουσιοδοτημένες εγκαταστάσεις επεξεργασίας έχει επίσης συζητηθεί, μεταξύ άλλων, υπό το φως της εμπειρίας σε ορισμένα κράτη μέλη. Προκειμένου να σημειωθεί ταχεία πρόοδος σχετικά με την αύξηση της βιωσιμότητας της αναδυόμενης αλυσίδας αξίας ηλεκτροδότησης μπαταριών και τη βελτίωση της ικανότητας ανακύκλωσης όλων των μπαταριών, η Επιτροπή θα προτείνει ένα νέο ρυθμιστικό πλαίσιο σχετικά με τις μπαταρίες. Αυτό το νομοθετικό πλαίσιο θα πρέπει να λάβει υπόψη τα ακόλουθα στοιχεία (Ευρωπαϊκό Κοινοβούλιο 2006):

1. Κανόνες και μέτρα για την ανακύκλωση ώστε να βελτιωθεί ο ρυθμός ανακύκλωσης και το ποσοστό για την ανάκτηση όλων των μπαταριών, και να διασφαλιστεί η ανάκτηση πολύτιμων υλικών και να παραχθεί καθοδήγηση στους καταναλωτές.
2. Θα πρέπει να απορριφθούν οι μη επαναφορτιζόμενες μπαταρίες, έτσι ώστε η χρήση τους να καταργηθεί σταδιακά εάν υπάρχουν εναλλακτικές λύσεις.
3. Απαιτήσεις βιωσιμότητας και διαφάνειας της μπαταρίας, όπως η εξέταση του αποτυπώματος άνθρακα της κατασκευής μπαταριών, η ηθική και ασφαλής προμήθεια πρώτων υλών και η προώθηση της επαναχρησιμοποίησης.

Η ποσότητα του υλικού που χρησιμοποιείται για τη συσκευασία συνεχίζει να αυξάνεται, με τα απορρίμματα που προέρχονται από συσκευασίες στην Ευρώπη να φτάνουν σε επίπεδα ρεκόρ το 2017 – 173 κιλά ανά κάτοικο, το πιο υψηλό επίπεδο ποτέ. Για να διασφαλίσει ότι έως το 2030 όλες οι συσκευασίες στην αγορά της ΕΕ είναι επαναχρησιμοποιήσιμες ή ανακυκλώσιμες με οικονομικά βιώσιμο τρόπο, η Επιτροπή θα προβεί στην επανεξέταση της Οδηγίας 94/62/EK (Ευρωπαϊκό Κοινοβούλιο, 1994) για την ενίσχυση των υποχρεωτικών βασικών απαιτήσεων συσκευασίας, δίνοντας βάση στα ακόλουθα:

- Θα πρέπει να μειωθούν οι (υπερ)συσκευασίες των (υπερ)συσκευασιών και τα απορρίμματα συσκευασίας, και να καθοριστούν στόχοι και άλλα μέτρα για την πρόληψη της δημιουργίας αποβλήτων.

- Θα πρέπει να γίνει ο κατάλληλος σχεδιασμός για επαναχρησιμοποίηση και δυνατότητα ανακύκλωσης των συσκευασιών, συμπεριλαμβανομένης της εξέτασης περιορισμών στη χρήση ορισμένων υλικών συσκευασίας για ορισμένες εφαρμογές, ιδίως όταν είναι δυνατά εναλλακτικά επαναχρησιμοποιήσιμα προϊόντα ή συστήματα ή ο χειρισμός καταναλωτικών αγαθών μπορεί να γίνει με ασφάλεια χωρίς συσκευασία.
- Στόχος είναι να μειωθεί η πολυπλοκότητα των υλικών συσκευασίας, όπου συμπεριλαμβάνεται ο αριθμός από τα χρησιμοποιούμενα υλικά και πολυμερή.

Ως μέρος της πρωτοβουλίας για να εναρμονιστούν τα συστήματα χωριστής συλλογής, η Επιτροπή θα αξιολογήσει τη σκοπιμότητα επισήμανσης σε επίπεδο ΕΕ που διευκολύνει τον σωστό διαχωρισμό για τα απορρίμματα συσκευασίας στην πηγή. Η Επιτροπή θα προβεί στη θέσπιση κανόνων ώστε να ανακυκλωθούν με ασφάλεια τα πλαστικά υλικά τα οποία έρχονται σε επαφή με τρόφιμα, εκτός από το PET. Η στρατηγική που χρησιμοποιεί η ΕΕ για τα πλαστικά στον τομέα της κυκλικής οικονομίας (COM 2018 28 final) έχει θέσει σε κίνηση μια ολοκληρωμένη σειρά πρωτοβουλιών που ανταποκρίνονται σε μια πρόκληση σοβαρού ενδιαφέροντος του κοινού. Ωστόσο, μιας και η χρήση πλαστικών προβλέπεται να διπλασιαστεί την επόμενη εικοσαετία, η Επιτροπή πρόκειται να πάρει περαιτέρω στοχευμένα μέτρα ώστε να αντιμετωπίσει τις προκλήσεις βιωσιμότητας που θέτει αυτό το πανταχού παρόν υλικό και θα συνεχίσει την προώθηση μιας συντονισμένης προσέγγισης για να αντιμετωπιστεί η ρύπανση από πλαστικά παγκοσμίως. Για να αυξηθεί η απορρόφηση των ανακυκλωμένων πλαστικών και για να συνεισφέρει στην βιωσιμότερη χρήση των πλαστικών, η Επιτροπή θα προτείνει υποχρεωτικές απαιτήσεις για ανακυκλωμένο περιεχόμενο και μέτρα ώστε να μειωθούν τα απορρίμματα βασικών προϊόντων όπως οι συσκευασίες, τα δομικά υλικά και τα οχήματα, έχοντας επίσης υπόψη τις δραστηριότητες της εγκυκλίου Plastics Alliance. Εκτός των μέτρων που στοχεύουν να μειωθούν τα πλαστικά απορρίμματα, η Επιτροπή έχει να αντιμετωπίσει τα μικροπλαστικά που υπάρχουν στο περιβάλλον. Ακόμη, η Επιτροπή πρόκειται να βρεθεί αντιμέτωπη με προκλήσεις αειφορίας αναπτύσσοντας ένα πλαίσιο πολιτικής σχετικά με:

- Προμήθεια, επισήμανση και χρήση πλαστικών βιολογικής βάσης, με βάση την αξιολόγηση των περιβαλλοντικών οφελών της χρήσης πρώτης ύλης βιολογικής βάσης, που υπερβαίνουν τη μείωση της χρήσης ορυκτών πόρων.

- Χρήση βιοαποδομήσιμων ή λιπασματοποιήσιμων πλαστικών, με βάση την αξιολόγηση των εφαρμογών όπου μια τέτοια χρήση ενδέχεται να είναι ευεργετική ως προς το περιβάλλον, καθώς και για τα κτίρια για τέτοιες εφαρμογές. Θα έχει ως στόχο να διασφαλίσει ότι η επισήμανση ενός προϊόντος ως «βιοαποικοδομήσιμου» ή «λιπασματοποιήσιμου» δεν παραπλανά τους καταναλωτές να το απορρίπτουν με τρόπο που προκαλεί πλαστικά σκουπίδια ή ρύπανση.

Η Επιτροπή είναι υπεύθυνη για τη διασφάλιση της έγκαιρης εφαρμογής για τη νέα οδηγία των πλαστικών προϊόντων για μία χρήση (European Parliament, 2019) καθώς και για τα αλιευτικά εργαλεία ώστε να αντιμετωπίσει το πρόβλημα της θαλάσσιας ρύπανσης από πλαστικό με παράλληλη προστασία της ενιαίας αγοράς, προβαίνοντας στις ακόλουθες ενέργειες:

- i. Η Επιτροπή θα ερμηνεύσει εναρμονισμένα τα προϊόντα που καλύπτονται μέσω της Οδηγίας.
- ii. Θα επισημάνει τα προϊόντα όπως είναι ο καπνός, ποτήρια ποτών και υγρά μαντηλάκια και θα διασφαλίσει την εισαγωγή δεμένων καπακιών για τα μπουκάλια ώστε να προληφθεί η ρύπανση.
- iii. Για πρώτη φορά θα αναπτύξει κανόνες ώστε να μετρηθεί το ανακυκλώσιμο περιεχόμενο σε προϊόντα.

Τα κλωστοϋφαντουργικά προϊόντα συνιστούν την τέταρτη κατηγορία με την υψηλότερη πίεση για τη χρήση πρωτογενών πρώτων υλών και νερού, μετά τα τρόφιμα, τη στέγαση και τις μεταφορές, και η πέμπτη για τις εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου (EEA, 2019) Υπολογίζεται ότι λιγότερο από το 1% από όλα τα κλωστοϋφαντουργικά προϊόντα ανακυκλώνεται σε νέα υφάσματα παγκοσμίως (Ellen McArthur Foundation, 2017). Ο τομέας της κλωστοϋφαντουργίας στην ΕΕ, που αποτελείται ως επί το πλείστον από μικρομεσαίες επιχειρήσεις έχει ξεκινήσει να ανακάμπτει μετά από μακρά περίοδο αναδιάρθρωσης, ενώ το 60% της αξίας των ενδυμάτων στην ΕΕ παράγεται αλλού. Υπό το πρίσμα της πολυπλοκότητας της αλυσίδας αξίας των κλωστοϋφαντουργικών προϊόντων, για να ανταποκριθεί σε αυτές τις προκλήσεις, η Επιτροπή θα προτείνει μια ολοκληρωμένη στρατηγική της ΕΕ για τα κλωστοϋφαντουργικά προϊόντα, με βάση τη συμβολή της βιομηχανίας και άλλων ενδιαφερομένων μερών. Η στρατηγική θα στοχεύει στην ενίσχυση της βιομηχανικής

ανταγωνιστικότητας και της καινοτομίας στον τομέα, ενισχύοντας την αγορά της ΕΕ για βιώσιμα και κυκλικά κλωστοϋφαντουργικά προϊόντα, συμπεριλαμβανομένης της αγοράς για επαναχρησιμοποίηση κλωστοϋφαντουργικών προϊόντων, την αντιμετώπιση της ταχείας μόδας και την προώθηση νέων επιχειρηματικών μοντέλων. Αυτό θα επιτευχθεί:

1. Εφαρμόζοντας το νέο πλαίσιο βιώσιμων προϊόντων στα κλωστοϋφαντουργικά προϊόντα, όπου θα συμπεριλαμβάνεται η ανάπτυξη μέτρων οικολογικού σχεδιασμού για τη διασφάλιση της κυκλικότητας των κλωστοϋφαντουργικών προϊόντων, την απορρόφηση δευτερογενών πρώτων υλών, την αντιμετώπιση της παρουσίας επικίνδυνων χημικών ουσιών και ενδυνάμωση των επιχειρήσεων και του ιδιωτικού τομέα οι καταναλωτές να επιλέγουν βιώσιμα κλωστοϋφαντουργικά προϊόντα και να έχουν εύκολη πρόσβαση σε υπηρεσίες επαναχρησιμοποίησης και επισκευής.
2. Βελτιώνοντας το επιχειρηματικό και ρυθμιστικό περιβάλλον για βιώσιμα και κυκλικά κλωστοϋφαντουργικά προϊόντα στην ΕΕ, κυρίως παρέχοντας κίνητρα και υποστήριξη σε μοντέλα προϊόντος ως υπηρεσία, κυκλικά υλικά και διαδικασίες παραγωγής αυξάνοντας τη διαφάνεια μέσω της διεθνούς συνεργασίας.
3. Με τη παροχή καθοδήγησης ώστε να επιτευχθούν υψηλά επίπεδα χωριστής συλλογής κλωστοϋφαντουργικών απορριμμάτων, την οποία τα Κράτη Μέλη οφείλουν να εξασφαλίσουν μέχρι το έτος 2025.
4. Ενισχύοντας τη διαλογή, την επαναχρησιμοποίηση και την ανακύκλωση των κλωστοϋφαντουργικών προϊόντων, με την καινοτομία, την ενθάρρυνση των βιομηχανικών εφαρμογών και των ρυθμιστικών μέτρων, όπως είναι η εκτεταμένη ευθύνη του παραγωγού.

Το δομημένο περιβάλλον έχει σημαντικό αντίκτυπο σε αρκετούς οικονομικούς τομείς, στις τοπικές θέσεις για εργασία, καθώς και στο βιοτικό επίπεδο . Απαιτεί πολλούς πόρους και αντιπροσωπεύει σχεδόν το ήμισυ από το συνολικό εξαγόμενο υλικό. Ο κατασκευαστικός τομέας είναι υπεύθυνος για περισσότερο από το 35% της συνολικής παραγωγής απορριμμάτων της ΕΕ (Eurostat, 2016). Οι εκπομπές αερίων θερμοκηπίου από την εξόρυξη υλικών, την κατασκευή προϊόντων δομικών κατασκευών, την κατασκευή και την ανακαίνιση κτιρίων υπολογίζονται στο 5-12% των συνολικών εθνικών εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου . Η μεγαλύτερη απόδοση

των υλικών θα μπορούσε να εξοικονομήσει το 80% αυτών των εκπομπών (Hertwich et all, 2020). Για να εκμεταλλευτεί τις δυνατότητες για αύξηση της αποδοτικότητας των υλικών και μείωση των επιπτώσεων στο κλίμα, η Επιτροπή θα δρομολογήσει μια νέα ολοκληρωμένη στρατηγική για ένα βιώσιμο δομημένο περιβάλλον. Αυτή η στρατηγική θα διασφαλίσει τη συνοχή μεταξύ των σχετικών τομέων πολιτικής όπως το κλίμα, η ενεργειακή απόδοση και η αποδοτικότητα των πόρων, η διαχείριση των αποβλήτων κατασκευών και κατεδαφίσεων, η προσβασιμότητα, η ψηφιοποίηση και οι δεξιότητες. Θα προωθήσει τις αρχές της κυκλικότητας σε όλο τον κύκλο ζωής των κτιρίων:

- Αντιμετωπίζοντας τις επιδόσεις βιωσιμότητας για τα προϊόντα των δομικών κατασκευών στο πλαίσιο για αναθεώρηση του κανονισμού των προϊόντων δομικών κατασκευών, όπου θα συμπεριλαμβάνεται η πιθανή εισαγωγή απαιτήσεων ανακυκλωμένου περιεχομένου για μερικά προϊόντα στον τομέα των δομικών κατασκευών, λαμβάνοντας υπόψη την ασφάλεια και τη λειτουργικότητά τους (European Parliament, 2011).
- Προωθώντας μέτρα ώστε να βελτιωθεί η ανθεκτικότητα και η προσαρμοστικότητα των κτισμένων στοιχείων ενεργητικού όπως ορίζουν οι αρχές για κυκλική οικονομία, με στόχο να σχεδιαστούν κτίρια και να αναπτυχθούν ημερολόγια για κτίρια.
- Ενσωματώνοντας την αξιολόγηση του κύκλου ζωής στις δημόσιες προμήθειες και στο πλαίσιο για τη βιώσιμη χρηματοδότηση της ΕΕ και διερευνώντας την καταλληλότητα για τον καθορισμό στόχων μείωσης του άνθρακα και των δυνατοτήτων αποθήκευσης άνθρακα.
- Αναθεωρώντας τους στόχους ανάκτησης υλικών που έχουν οριστεί στη νομοθεσία της ΕΕ για τα απόβλητα που προέρχονται από κατασκευές και κατεδαφίσεις.
- Προωθώντας πρωτοβουλίες ώστε να αποκατασταθούν εγκαταλελειμμένοι ή ρυπασμένοι αγροί και να αυξηθεί η ασφαλής, βιώσιμη και κυκλική χρήση για τα εδάφη που έχουν εκσκαφθεί.

Επιπλέον, η πρωτοβουλία «Renovation Wave» που ανακοινώθηκε στην Ευρωπαϊκή Πράσινη Συμφωνία για να οδηγήσει σε σημαντικές βελτιώσεις στην ενεργειακή απόδοση στην ΕΕ θα εφαρμοστεί όπως ορίζουν αρχές για κυκλική οικονομία, κυρίως τη βελτιστοποιημένη απόδοση του κύκλου ζωής και το μεγαλύτερο προσδόκιμο ζωής

των στοιχείων ενεργητικού κατασκευής. Η Επιτροπή θα στοχεύει στη διασφάλιση της βιωσιμότητας των ανανεώσιμων πηγών υλικών που βασίζονται σε βιολογικά προϊόντα, μεταξύ άλλων μέσω δράσεων που ακολουθούν τη στρατηγική και το σχέδιο δράσης για τη βιοοικονομία.

Τέλος, το σχέδιο δράσης θα παρέμβει στην αλυσίδα αξίας των τροφίμων, η οποία είναι υπεύθυνη για σημαντικές πιέσεις στους πόρους και το περιβάλλον, ενώ υπολογίζεται πως το 20% του συνόλου από τα παραγόμενα τρόφιμα χάνεται ή σπαταλάται στην ΕΕ. Σύμφωνα με τους Στόχους Βιώσιμης Ανάπτυξης και ως μέρος της αναθεώρησης της Οδηγίας 2008/98/ΕΚ, η Επιτροπή πρόκειται να προτείνει έναν στόχο ώστε να μειωθούν τα απορρίμματα τροφίμων, ως κεντρική δράση στο πλαίσιο της επικείμενης Στρατηγικής Farm-to-Fork, που θα αντιμετωπίζει συνολικά την αλυσίδα αξίας για τα τρόφιμα.

2.2 Οδηγία πλαίσιο για τα απόβλητα και άλλες οδηγίες αποβλήτων

Μέσω της Οδηγίας 2008/98/ΕΚ για τα απόβλητα θεσπίζεται ένα νομικό πλαίσιο ώστε να επεξεργάζονται τα απόβλητα στην Ευρωπαϊκή Ένωση (ΕΕ). Το πλαίσιο έχει ως στόχο να προστατέψει το περιβάλλον και την ανθρώπινη υγεία δίνοντας έμφαση στην αξία που έχει η ορθή διαχείριση των αποβλήτων, η ανάκτηση και οι τεχνικές ανακύκλωσης για να μειωθεί η πίεση που ασκείται στους πόρους καθώς και η βελτίωση της χρήσης τους. Η ιεράρχηση των αποβλήτων θεσπίζεται ως εξής:

- Πρόληψη
- Επαναχρησιμοποίηση
- Ανακύκλωση
- Ανάκτηση για άλλους σκοπούς, όπως η ενέργεια, και
- Διάθεση

Μέσω της Οδηγίας επιβεβαιώνεται η αρχή «ο ρυπαίνων πληρώνει», όπου σύμφωνα με αυτήν ο αρχικός παραγωγός αποβλήτων οφείλει να επιβαρύνεται με το κόστος για την διαχείριση των αποβλήτων. Ακόμη, η Οδηγία εισάγει την έννοια για την «διευρυμένη ευθύνη που έχει ο παραγωγός». Η διαδικασία της διαχείρισης των αποβλήτων πρέπει να πραγματοποιείται δίχως τη δημιουργία κανενός κινδύνου για το νερό, τα φυτά ή τα ζώα, το έδαφος, τον αέρα, και δίχως την πρόκληση όχλησης από θόρυβο ή οσμές, ή την βλάβη του τοπίου ή τοποθεσιών ιδιαίτερου ενδιαφέροντος. Τα

άτομα που παράγουν ή κατέχουν απόβλητα οφείλουν να τα επεξεργάζονται οι ίδιοι ή να προβούν σε ανάθεση της επεξεργασίας τους σε φορέα εκμετάλλευσης που έχει αναγνωριστεί επισήμως. Και στις δύο περιπτώσεις είναι απαραίτητη η άδεια και πραγματοποιούνται περιοδικές επιθεωρήσεις. Οι αρμόδιες εθνικές αρχές είναι υπεύθυνες για την κατάρτιση σχεδίων σχετικά με τη διαχείριση αποβλήτων και προγραμμάτων ώστε να προληφθεί η δημιουργία αποβλήτων. Για τις κατηγορίες των επικίνδυνων αποβλήτων, των απόβλητων ορυκτέλαιων και για τα βιολογικά απόβλητα είναι σε ισχύ ειδικοί όροι, και καθορίζονται στόχοι για την ανακύκλωση και την ανάκτηση, η υλοποίηση των οποίων πρέπει να επιτευχθεί μέχρι το 2020 για την κατηγορία των οικιακών αποβλήτων (50%) και των αποβλήτων κατασκευών και κατεδαφίσεων (70%). Η νομοθεσία δεν περιλαμβάνει μερικούς τύπους αποβλήτων, όπως είναι η κατηγορία των ραδιενεργών στοιχείων, των αποχαρακτηρισμένων εκρηκτικών, των περιττωμάτων, των λυμάτων και των πτωμάτων ζώων.

Στο πλαίσιο της λήψης μέτρων για την κυκλική οικονομία, η Οδηγία 2008/98/EK τροποποιείται από την Οδηγία 2018/851/EK. Μέσω της συγκεκριμένης Οδηγίας θεσπίζονται οι ελάχιστες λειτουργικές απαιτήσεις για τα προγράμματα διευρυμένης ευθύνης του παραγωγού. Αυτά τα μέτρα συμπεριλαμβάνουν οργανωτική αρμοδιότητα και ευθύνη για συμβολή στην πρόληψη της δημιουργίας αποβλήτων και στη δυνατότητα επαναχρησιμοποίησης και την ανακυκλωσιμότητα των προϊόντων. Αναφορικά με τη δημιουργία αποβλήτων, τα κράτη της ΕΕ οφείλουν να πάρουν μέτρα όπου:

- Θα υποστηρίξουν μοντέλα για βιώσιμη παραγωγή και κατανάλωση.
- Θα ενθαρρύνουν το σχεδιασμό, την παραγωγή και τη χρήση προϊόντων που εξασφαλίζουν την αποτελεσματική χρήση των πόρων και είναι ανθεκτικά, επισκευάσιμα, επαναχρησιμοποίησιμα και με δυνατότητα να αναβαθμιστούν,
- Θα στοχεύουν σε προϊόντα τα οποία εμπεριέχουν πρώτες ύλες με κρίσιμη σημασία ώστε να αποφευχθεί η μετατροπή αυτών των υλικών σε απόβλητα.
- Θα ενθαρρύνουν τη διαθεσιμότητα ανταλλακτικών, εγχειριδίων οδηγιών, τεχνικών πληροφοριών ή άλλων μέσων για να επισκευαστούν και να επαναχρησιμοποιηθούν προϊόντα, δίχως να μπαίνει σε κίνδυνο η ασφάλεια στη χρήση τους και η ποιότητά τους.

- Θα μειώσουν τη δημιουργία αποβλήτων τροφίμων, για να επιτευχθεί ο Στόχος για Βιώσιμη Ανάπτυξη των Ηνωμένων Εθνών για μείωση κατά 50% της κατά κεφαλήν παγκόσμιας σπατάλης τροφίμων σε επίπεδο λιανικής πώλησης και καταναλωτή, και για να μειωθούν οι απώλειες τροφίμων κατά μήκος της αλυσίδας παραγωγής και εφοδιασμού έως το 2030,
- Θα προωθήσουν τη μείωση της περιεκτικότητας για τα υλικά και τα προϊόντα σε επικίνδυνες ουσίες,

Επιπροσθέτως, καθορίζονται νέοι στόχοι ώστε να ανακυκλωθούν τα αστικά απόβλητα: μέχρι το 2025, θα πρέπει να πραγματοποιείται ανακύκλωση τουλάχιστον για το 55% των αστικών αποβλήτων ως προς το βάρος. Ο συγκεκριμένος στόχος θα αυξηθεί στο 60% μέχρι το 2030 και στο 65% μέχρι το 2035.

Τα κράτη της ΕΕ πρέπει να προβούν:

- στον καθορισμό, μέχρι την 1η Ιανουαρίου του 2025, της χωριστής συλλογής κλωστοϋφαντουργικών προϊόντων και επικίνδυνων αποβλήτων που παράγονται από νοικοκυριά και
- στη διασφάλιση, μέχρι την 31η Δεκεμβρίου 2023, πως η συλλογή αποβλήτων θα γίνεται χωριστά.

Η Οδηγία 2008/98/ΕΚ εμπεριέχει ακόμη παραδείγματα κινήτρων για να εφαρμοστεί η ιεράρχηση των αποβλήτων, όπως τα τέλη για υγειονομική ταφή και αποτέφρωση, καθώς και τα προγράμματα «πληρώνω όσο πετάω». Το EURELCO (European Enhanced Landfill Mining Consortium) (<http://www.eurelco.org/mission>) υποστηρίζει την τεχνολογική, νομική, κοινωνική, οικονομική, περιβαλλοντική και οργανωτική καινοτομία στον τομέα της «ενισχυμένης εξόρυξης αποβλήτων, π.χ. ασφαλή εξερεύνηση, προετοιμασία, εκσκαφή και ολοκληρωμένη αξιοποίηση (ιστορικών, σημερινών ή/και μελλοντικών) αποβλήτων που έχουν τεθεί σε υγειονομική ταφή ως υλικά - συμπεριλαμβανομένων ΚΠΥ και ενέργεια. Η Οδηγία οικολογικού σχεδιασμού (Οδηγία 2009/125/ΕΚ) αντιμετωπίζει τις πιθανές αρνητικές επιπτώσεις που μπορούν να έχουν στο περιβάλλον τα προϊόντα που έχουν σχέση με την ενέργεια. Αυτό το επιτυγχάνει ωθώντας την αγορά προς πιο ενεργειακά αποδοτικά προϊόντα, καθώς τα προϊόντα με τη χειρότερη απόδοση απαγορεύονται από την αγορά. Η Οδηγία αυτή συμπληρώνεται από την Οδηγία για την ενεργειακή

επισήμανση (Οδηγία 2010/30/EU), η οποία «έλκει» την αγορά προς ενεργειακά αποδοτικά προϊόντα (και πόρους) ενημερώνοντας τους καταναλωτές σχετικά με την ενεργειακή τους απόδοση μέσω της ευρέως αναγνωρισμένης και κατανοητής ενεργειακής ετικέτας της ΕΕ. Η Οδηγία για τον οικολογικό σχεδιασμό παρέχει ένα συνολικό πλαίσιο, ενώ τίθενται ειδικές απαιτήσεις για διαφορετικές ομάδες προϊόντων που έχουν, κατά τη χρήση τους, αντίκτυπο στην κατανάλωση ενέργειας. Αυτές οι απαιτήσεις καθορίζονται μετά από ανάλυση των επιπτώσεων που μπορεί να έχουν τα προϊόντα στο περιβάλλον κατά την παραγωγή, χρήση και απόρριψη ή ανακύκλωσή τους. Το Σχέδιο Εργασίας Οικολογικού Σχεδιασμού 2016-2019 (COM (2016) 773 final), που εγκρίθηκε ως μέρος της δέσμης για την «Καθαρή Ενέργεια για όλους τους Ευρωπαίους», αποσκοπεί στην παροχή μεγαλύτερης υποστήριξης σε μέτρα που επιδιώκουν τη βελτίωση της αποδοτικότητας των πόρων, της δυνατότητας επισκευής, της ανακυκλωσιμότητας και της ανθεκτικότητας. Η Οδηγία ΑΗΗΕ 2012/19/ΕΕ έχει ως στόχο της να συμβάλει στη βιώσιμη παραγωγή και κατανάλωση ΗΗΕ μέσω, ως πρώτης προτεραιότητας, της πρόληψης των αποβλήτων και, επιπλέον, με την προετοιμασία για επαναχρησιμοποίηση, ανακύκλωση και άλλες μορφές ανάκτησης αποβλήτων ΗΗΕ, με στόχο τη μείωση της διάθεσης των αποβλήτων και την συμβολή στην αποτελεσματική χρήση των πόρων και στην ανάκτηση πολύτιμων δευτερογενών πρώτων υλών που περιέχονται στον ΗΗΕ. Η Οδηγία ΑΗΗΕ θέτει στόχους συλλογής που πρέπει να επιτευχθούν με την πάροδο του χρόνου. Μέχρι το 2015 ίσχυε ο στόχος των 4 κιλών ανά κάτοικο από ιδιωτικά νοικοκυριά, ενώ ο στόχος 45% του μέσου βάρους ΗΗΕ που διατέθηκε στην αγορά τα τρία προηγούμενα χρόνια ισχύει από το 2016. Η οδηγία ΑΗΗΕ απαιτεί επίσης όλα τα ΑΗΗΕ που συλλέγονται χωριστά να υποβάλλονται σε κατάλληλη επεξεργασία προκειμένου να αποφευχθούν απώλειες πολύτιμων δευτερογενών πρώτων υλών. Για το σκοπό αυτό, θέτει στόχους ανάκτησης που ισχύουν ανά κατηγορία ΗΗΕ όπως ορίζεται στο παράρτημα V της Οδηγίας. Το παράρτημα VII της Οδηγίας ορίζει ελάχιστες απαιτήσεις επεξεργασίας. Για να βοηθήσει τους σχετικούς φορείς να εκπληρώσουν τις απαιτήσεις της Οδηγίας ΑΗΗΕ, η Επιτροπή ζήτησε από τους Ευρωπαϊκούς Οργανισμούς Τυποποίησης να αναπτύξουν μη δεσμευτικά ευρωπαϊκά πρότυπα για την επεξεργασία, συμπεριλαμβανομένης της ανάκτησης, της ανακύκλωσης και της προετοιμασίας για επαναχρησιμοποίηση των ΑΗΗΕ, που αντικατοπτρίζουν την τελευταία λέξη της τεχνολογίας. Τα πρότυπα έχουν οριστικοποιηθεί σε μεγάλο βαθμό από τη CENELEC. Προκειμένου να υποστηρίξει τα Κράτη Μέλη στην επίτευξη των στόχων και στην

πλήρη εφαρμογή της Οδηγίας, η Επιτροπή έχει ξεκινήσει μια στοχευμένη πρωτοβουλία προώθησης της συμμόρφωσης, ξεκινώντας με την αξιολόγηση της εφαρμογής στα κράτη μέλη. Εντοπίζονται κρίσιμοι παράγοντες και εμπόδια για την επίτευξη των στόχων καθώς και οι καλές πρακτικές, ώστε να μπορέσουν τα κράτη μέλη να διδαχθούν το ένα από το άλλο και να αναπτύξουν περαιτέρω πολιτικές ΑΗΗΕ. Αρκετοί κανονισμοί οικολογικού σχεδιασμού ζητούν από τους κατασκευαστές να παρέχουν τεχνική τεκμηρίωση με «πληροφορίες σχετικές με την αποσυναρμολόγηση, την ανακύκλωση ή την απόρριψη στο τέλος του κύκλου ζωής τους». Πιο συγκεκριμένα, ο Κανονισμός για τις μονάδες εξαερισμού (Commission Regulation (EU) No 1253/2014) απαιτεί «λεπτομερείς οδηγίες για τη χειροκίνητη αποσυναρμολόγηση κινητήρων μόνιμου μαγνήτη και ηλεκτρονικών εξαρτημάτων» που περιέχουν γενικά σημαντικές ποσότητες ΚΠΥ (ιδίως σπάνιων γαιών, Rare Earth Element - REE). Αρκετές προπαρασκευαστικές μελέτες αφορούν τη χρήση ΚΠΥ και πτυχές κυκλικής οικονομίας, π.χ. σε ηλεκτρονικές οθόνες ή εταιρικούς διακομιστές. Η Επιτροπή έχει χρηματοδοτήσει αρκετά ερευνητικά έργα που αφορούν την ανάπτυξη καινοτόμων λύσεων για την ανακύκλωση ΚΠΥ από ΗΗΕ. Για παράδειγμα, το έργο RECLAIM (<https://www.reclaim-project.eu/>) οδήγησε στο σχεδιασμό και την κατασκευή μιας καινοτόμου μονάδας για την ανακύκλωση υτρίου και ευρωπίου από αναλωμένες σκόνες λαμπτήρων φθορισμού. Η Οδηγία για τις ηλεκτρικές στήλες (2006/66/EK) θεσπίζει υποχρεώσεις για τα Κράτη Μέλη να μεγιστοποιούν τη συλλογή απορριμμάτων ηλεκτρικών στηλών και συσσωρευτών και να διασφαλίζουν ότι όλες οι συλλεγόμενες μπαταρίες υποβάλλονται σε κατάλληλη επεξεργασία και ανακύκλωση. Για το σκοπό αυτό, η Οδηγία ορίζει στόχους για τα ποσοστά συλλογής και για την αποτελεσματικότητα της ανακύκλωσης. Η Οδηγία αναμένεται να επιτύχει οικονομίες κλίμακας στη συλλογή και την ανακύκλωση, καθώς και τη βέλτιστη εξοικονόμηση πόρων. Το 2015 μόνο 9 κράτη μέλη είχαν επιτύχει τον στόχο του 45% για τη συλλογή φορητών μπαταριών που καθορίστηκε για το 2016. Ωστόσο, οι διαδικασίες ανακύκλωσης στις περισσότερες χώρες πέτυχαν τα ελάχιστα επίπεδα απόδοσης ανακύκλωσης που ορίζει η Οδηγία για μπαταρίες μολύβδου, νικελίου-καδμίου και άλλων τύπων. Η Οδηγία απαιτεί από την Επιτροπή να επανεξετάσει τον αντίκτυπο των διατάξεών της στο περιβάλλον και την εσωτερική αγορά, καθώς και να αξιολογήσει ορισμένες ιδιαίτερες πτυχές, σε σχέση με τα βαρέα μέταλλα, τους στόχους και τις απαιτήσεις ανακύκλωσης. Η Επιτροπή έχει ξεκινήσει μια διαδικασία με σκοπό να αξιολογήσει εάν η Οδηγία επιτυγχάνει τους στόχους της, λαμβάνοντας

επίσης υπόψη εάν οι νέες χρήσεις μπαταριών και οι νέες τεχνολογίες και χημικές ουσίες που αναπτύχθηκαν από την έκδοσή της το 2006 αντιμετωπίζονται δεόντως. Ομοίως, αξιολογείται η συνοχή μεταξύ της διάταξης της Οδηγίας και των πολιτικών της ΕΕ για την κυκλική οικονομία και τις πρώτες ύλες. Όπως ανακοινώθηκε στην ανανεωμένη Στρατηγική Βιομηχανικής Πολιτικής της ΕΕ (COM(2017) 479), η Επιτροπή πρότεινε μια δεύτερη δέσμη μέτρων για την κινητικότητα στις 8 Νοεμβρίου 2017 (Ευρωπαϊκό Κοινοβούλιο, 2018) μετά τη στρατηγική του 2016 για την κινητικότητα χαμηλών εκπομπών και την πρώτη δέσμη μέτρων για την κινητικότητα την άνοιξη του 2017. Στην Ευρώπη, πολλοί ανακυκλωτές έχουν επενδύσει σε ερευνητικά έργα προκειμένου να αυξήσουν την αποτελεσματικότητα της ανακύκλωσης, συμπεριλαμβανομένων των ΚΠΥ. Το Projects for Policy (P4P) είναι μια πρωτοβουλία που στοχεύει στη χρήση των αποτελεσμάτων έργων έρευνας και καινοτομίας για την υποστήριξη της χάραξης πολιτικής. Αρκετά έργα μπαταριών αντιμετώπισαν ζητήματα όπως η διάρκεια ζωής, η επαναχρησιμοποίηση και η ανακύκλωση και συνέβαλαν σε συστάσεις πολιτικής (BATTERIES2020, MARS EV, EVERLASTING). Η Οδηγία 2000/53/ΕΕ για τα οχήματα στο τέλος του κύκλου ζωής τους (η «οδηγία ELV») θέτει υψηλούς στόχους που πρέπει να επιτύχουν οι οικονομικοί φορείς: 95% για επαναχρησιμοποίηση και ανάκτηση και 85% για επαναχρησιμοποίηση και ανακύκλωση κατά μέσο βάρος ανά όχημα και έτος, από το 2015. Με βάση τις μέχρι τώρα αναφορές, σχεδόν όλα τα κράτη μέλη έχουν επιτύχει τους προηγούμενους στόχους του 85% για την επαναχρησιμοποίηση και ανάκτηση και 80% για την επαναχρησιμοποίηση και την ανακύκλωση. Οι κατασκευαστές σχεδιάζουν οχήματα έτσι ώστε τα εξαρτήματα και τα υλικά να μπορούν να επαναχρησιμοποιηθούν, να ανακυκλωθούν ή να ανακτηθούν μόλις το όχημα φτάσει στο τέλος ζωής του. Ως αποτέλεσμα, νέα οχήματα μπορούν να πωλούνται στην ΕΕ μόνο εάν μπορούν να επαναχρησιμοποιηθούν, να ανακτηθούν και να ανακυκλωθούν σύμφωνα με τους στόχους της Οδηγίας ELV. Η Οδηγία 2006/66/ΕΚ για τις μπαταρίες ισχύει επίσης για μπαταρίες αυτοκινήτων. Οι ανανεώσιμες πηγές ενέργειας βρίσκονται στον πυρήνα των προτεραιοτήτων της Ενεργειακής Ένωσης. Η Οδηγία για τις Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας (2009/28/ΕΚ), που θέτει ευρωπαϊκούς και εθνικούς δεσμευτικούς στόχους για τις ανανεώσιμες πηγές ενέργειας για το 2020, ήταν και θα συνεχίσει να είναι κεντρικό στοιχείο της πολιτικής της Ενεργειακής Ένωσης. Ωστόσο, ορισμένα κράτη μέλη θα πρέπει να εντείνουν τις προσπάθειές τους προκειμένου να επιτύχουν τους εθνικούς τους στόχους. Η πρόταση της Επιτροπής για

μια αναθεωρημένη Οδηγία για τις ανανεώσιμες πηγές ενέργειας (COM(2016) 767) αποσκοπεί στην περαιτέρω ενίσχυση της ευρωπαϊκής διάστασης της πολιτικής για τις ανανεώσιμες πηγές ενέργειας, να καταστήσει την ΕΕ παγκόσμιο ηγέτη στις ανανεώσιμες πηγές ενέργειας και να διασφαλίσει ότι ο στόχος για τουλάχιστον 27% ανανεώσιμες πηγές ενέργειας στην τελική κατανάλωση ενέργειας στην ΕΕ έως το 2030 έχει εκπληρωθεί. Το Σχέδιο Εργασίας Οικολογικού Σχεδιασμού 2016-2019 περιλαμβάνει ηλιακούς συλλέκτες και μετατροπείς ως ομάδα προϊόντων που έχουν σημαντικές δυνατότητες εξοικονόμησης ενέργειας. Θα ξεκινήσει μια ειδική μελέτη για τη διερεύνηση αυτού του δυναμικού, αλλά και για την εξέταση πτυχών που υποστηρίζουν ζητήματα απόδοσης υλικών, όπως η ανθεκτικότητα και η ανακυκλωσιμότητα. Αυτές οι πτυχές θα πρέπει να επιτρέπουν την αποτελεσματική χρήση των ΚΠΥ σε ηλιακούς συλλέκτες και μετατροπείς. Στη Σουηδία πραγματοποιήθηκε έγκαιρη υιοθέτηση υποχρεωτικών στόχων ανακύκλωσης (βάσει της οδηγίας ΑΗΗΕ) για Φ/Β συστήματα για την ενθάρρυνση υψηλότερων ποσοστών ανακύκλωσης και ανάκτησης (Agathe Aue, 2015). Η ένωση PV CYCLE, που ιδρύθηκε το 2007, συλλέγει τα απόβλητα φωτοβολταϊκών για δωρεάν επεξεργασία. Ήδη ανακυκλώνει ηλιακούς συλλέκτες από Ισπανία, Γερμανία, Ιταλία, Βέλγιο, Ελλάδα και Τσεχία (<http://www.pvcycle.org/>). Στις 30 Νοεμβρίου 2016 η Επιτροπή ενέκρινε το ευρωπαϊκό σχέδιο δράσης για την άμυνα (COM(2016)950), καθορίζοντας συγκεκριμένες προτάσεις για την υποστήριξη μιας ισχυρής και καινοτόμου ευρωπαϊκής αμυντικής βιομηχανίας και προτεραιοτήτων αμυντικών δυνατοτήτων που έχουν συμφωνηθεί από τις χώρες της ΕΕ. Αυτό θα το πετύχει κινητοποιώντας τα διαθέσιμα μέσα της ΕΕ για να διασφαλίσει ότι η ευρωπαϊκή αμυντική βιομηχανική βάση είναι σε θέση να καλύψει τις μελλοντικές ανάγκες ασφάλειας της Ευρώπης. Η ασφάλεια του εφοδιασμού θεωρείται ακρογωνιαίος λίθος για τη δημιουργία μιας ενιαίας αγοράς άμυνας. Αυτός είναι ο λόγος για τον οποίο η Επιτροπή θα εντοπίσει τα σημεία συμφόρησης και τους κινδύνους εφοδιασμού που συνδέονται με τα υλικά που απαιτούνται για την ανάπτυξη βασικών δυνατοτήτων. Αυτή η εργασία, η οποία πραγματοποιήθηκε το 2018, βασίστηκε στα πορίσματα μιας πρώτης μελέτης, που πραγματοποιήθηκε από το JRC (Pavel, and Tzimas, 2016). Το αποτέλεσμα της εργασίας μπορεί να προσφέρει πολύτιμες εισροές σε μελλοντικά ερευνητικά προγράμματα της ΕΕ που θα μπορούσαν να συμβάλουν στον μετριασμό των κινδύνων εφοδιασμού, για παράδειγμα μέσω της αντικατάστασης των ΚΠΥ. Ο υφιστάμενος κανονισμός για τα λιπάσματα (αριθ. 2003/2003) διασφαλίζει την

ελεύθερη κυκλοφορία στην εσωτερική αγορά για τα προϊόντα λιπασμάτων που ανήκουν σε έναν από τους τύπους προϊόντων που περιλαμβάνονται στο παράρτημα Ι του κανονισμού. Τέτοια προϊόντα μπορούν να φέρουν την ένδειξη «λιπάσματα ΕΚ». Οι εταιρείες που επιθυμούν να διαθέσουν στην αγορά προϊόντα άλλων τύπων ως λιπάσματα ΕΚ πρέπει πρώτα να λάβουν νέα έγκριση τύπου μέσω απόφασης της Επιτροπής που τροποποιεί το εν λόγω παράρτημα. Περίπου το 50% των λιπασμάτων που κυκλοφορούν επί του παρόντος στην αγορά της ΕΕ, συμπεριλαμβανομένων σχεδόν όλων των λιπασμάτων που παράγονται από οργανικά υλικά, όπως ζωικά ή άλλα γεωργικά υποπροϊόντα ή ανακυκλωμένα βιολογικά απόβλητα από την τροφική αλυσίδα, δεν περιλαμβάνονται επί του παρόντος στο παράρτημα.

2.3 Άλλα μέτρα πολιτικής

Η ανακοίνωση του 2012 που προτείνει μια ευρωπαϊκή εταιρική σχέση καινοτομίας (EIP) για τις πρώτες ύλες ζητούσε από τη βιομηχανία της ΕΕ και την εθνική βιομηχανία, θεσμικούς φορείς, ακαδημαϊκό κόσμο, ερευνητικούς οργανισμούς και ΜΚΟ να καταλήξουν σε ένα σχέδιο που θα συμβάλει στη μεσοπρόθεσμη και μακροπρόθεσμη ασφάλεια του βιώσιμου εφοδιασμού πρώτων υλών στην Ευρώπη. Ένα στρατηγικό σχέδιο υλοποίησης εγκρίθηκε το 2013, ενώ δύο προσκλήσεις για δεσμεύσεις από εξωτερικούς ενδιαφερόμενους για την εφαρμογή του σχεδίου δρομολογήθηκαν το 2013 και το 2015. Ως αποτέλεσμα, υπάρχουν επί του παρόντος περίπου 105 εν εξελίξει αναγνωρισμένες «δεσμεύσεις πρώτων υλών» (https://ec.europa.eu/growth/sectors/raw-materials/eip_en) και αρκετές από αυτές αφορούν ΚΠΥ και πτυχές της κυκλικής οικονομίας. Οι προσκλήσεις για δεσμεύσεις προσφέρουν την ευκαιρία στους ενδιαφερόμενους φορείς να λάβουν εγγύηση ότι η πρωτοβουλία τους είναι σύμφωνη με τους στόχους του ΕΣΚ, να αποκτήσουν ορατότητα και να εντοπίσουν πιθανές συνέργειες με άλλες πρωτοβουλίες στον τομέα αυτό. Η EIT Raw Materials, που ξεκίνησε από το EIT (Ευρωπαϊκό Ινστιτούτο Καινοτομίας και Τεχνολογίας) και συγχρηματοδοτείται στο πλαίσιο του Horizon 2020, είναι η μεγαλύτερη κοινοπραξία στον τομέα των πρώτων υλών παγκοσμίως. Στόχος του είναι να τονώσει την ανταγωνιστικότητα, την ανάπτυξη και την ελκυστικότητα του ευρωπαϊκού τομέα πρώτων υλών μέσω της προώθησης και της προώθησης της καινοτομίας και της ενδυνάμωσης των φοιτητών, των εκπαιδευτικών εταίρων και των επιχειρηματιών προς την κυκλική οικονομία. Αυτό θα έχει ως αποτέλεσμα την εισαγωγή καινοτόμων και βιώσιμων προϊόντων, διαδικασιών και

υπηρεσιών, καθώς και ταλαντούχων ανθρώπων που θα προσφέρουν αυξημένη οικονομική, περιβαλλοντική και κοινωνική βιωσιμότητα στην ευρωπαϊκή κοινωνία. Η EIT Raw Materials ενώνει περισσότερους από 100 εταίρους – ακαδημαϊκά και ερευνητικά ιδρύματα καθώς και επιχειρήσεις – από περισσότερες από 20 χώρες της ΕΕ. Συνεργάζονται για την εξεύρεση νέων, καινοτόμων λύσεων για την εξασφάλιση των προμηθειών και τη βελτίωση της αλυσίδας αξίας των πρώτων υλών, συμπεριλαμβανομένων των ΚΠΥ, από την εξόρυξη έως την επεξεργασία, την κατασκευή, επαναχρησιμοποίηση και ανακύκλωση. Υπάρχουν έξι περιφερειακοί κόμβοι («κέντρα συνεγκατάστασης») στο Βέλγιο, τη Φινλανδία, τη Γαλλία, την Ιταλία, την Πολωνία και τη Σουηδία που προωθούν τη γεφύρωση μεταξύ επιχειρήσεων, έρευνας και εκπαίδευσης. Το SCRREEN (<http://screen.eu>) είναι μια Δράση Συντονισμού και Υποστήριξης που χρηματοδοτείται στο πλαίσιο του Horizon 2020. Στοχεύει στη συγκέντρωση ευρωπαϊκών πρωτοβουλιών, ενώσεων, clusters και έργων που εργάζονται σε ΚΠΥ σε ένα μακροχρόνιο ευρωπαϊκό δίκτυο εμπειρογνομόνων για ΚΠΥ με ενδιαφερόμενα μέρη, δημόσιες αρχές και εκπροσώπους της κοινωνίας των πολιτών. Αυτό το δίκτυο βασίζεται στην προηγούμενη εμπειρία του δικτύου ERECON και συνδυάζει δυνάμεις για την αντιμετώπιση βασικών θεμάτων ΚΠΥ, συμπεριλαμβανομένων πτυχών της κυκλικής οικονομίας σε σχέση με την πολιτική/κοινωνία, την τεχνολογία, τα πρότυπα και τις αγορές. Το SCRREEN θα συνεισφέρει στη στρατηγική ΚΠΥ στην Ευρώπη με: (i) χαρτογράφηση πρωτογενών και δευτερογενών πόρων καθώς και υποκατάστατων ΚΠΥ, (ii) εκτίμηση της αναμενόμενης ζήτησης διαφόρων ΚΠΥ στο μέλλον και εντοπισμό σημαντικών τάσεων, (iii) παροχή πολιτικών και τεχνολογικών συστάσεων για ενέργειες βελτίωσης της παραγωγής και της πιθανής υποκατάστασης των ΚΠΥ, (iv) αντιμετώπιση ειδικών απορριμμάτων ηλεκτρικού και ηλεκτρονικού εξοπλισμού (ΑΗΗΕ) και άλλων σχετικών προϊόντων στο τέλος του κύκλου ζωής τους όσον αφορά το περιεχόμενο και τα πρότυπα επεξεργασίας ΚΠΥ και (vi) προσδιορισμό της γνώσης που αποκτήθηκε τα τελευταία χρόνια και διευκολύνοντας την πρόσβαση σε αυτά τα δεδομένα πέρα από το έργο. Οι γνώσεις που συγκεντρώθηκαν στο πλαίσιο του έργου θα διατηρηθούν στο Πληροφοριακό Σύστημα Πρώτων Υλών της ΕΕ. Το πρώην Ευρωπαϊκό Δίκτυο Ικανοτήτων για Σπάνιες Γαίες (ERECON) συγκέντρωσε εμπειρογνώμονες από τη βιομηχανία, τον ακαδημαϊκό χώρο και τη χάραξη πολιτικής για να εξετάσουν συγκεκριμένους τρόπους βελτίωσης της ασφάλειας του εφοδιασμού σπάνιων γαιών της Ευρώπης. Μαζί με τη δράση συντονισμού και υποστήριξης

SCREEN, μια σειρά από δράσεις έρευνας και καινοτομίας του Horizon 2020 διερευνούν επί του παρόντος την πιθανή υποκατάσταση των ΚΠΥ. Το INREP (<http://www.inrep.eu>) και το INFINITY (<https://infinity-h2020.eu>) εργάζονται για διαφανή αγωγή οξειδία χωρίς ίνδιο. Το Flintstone 2020 ασχολείται με την επόμενη γενιά υπερσκληρών μη- ΚΠΥ υλικών και λύσεων για την υποκατάσταση εργαλείων βολφραμίου και κοβαλτίου (<http://flintstone2020.eu>). Το SCALE στοχεύει να αναπτύξει μια ευρωπαϊκή αλυσίδα εφοδιασμού για σκάνδιο μέσω της ανάπτυξης τεχνολογικών καινοτομιών που θα επιτρέψουν την εξόρυξη σκανδίου από υπολείμματα βωξίτη (<http://scale-project.eu/>), ενώ το έργο CHROMIC στοχεύει στην ανάπτυξη μιας νέας διαδικασίας ανάκτησης για κρίσιμα υποπροϊόντα μέταλλα (νιόβιο και βανάδιο) από σύνθετα και χαμηλής ποιότητας δευτερογενή βιομηχανικά απόβλητα (<http://www.chromic.eu/>). Το CABRISS (<https://www.spire2030.eu/cabris>) στοχεύει στην ανάκτηση και προετοιμασία για επαναχρησιμοποίηση βασικών φωτοβολταϊκών πρώτων υλών, συμπεριλαμβανομένου του πυριτίου και του ινδίου, που θα χρησιμοποιηθούν για την κατασκευή φωτοβολταϊκών στοιχείων και πάνελ ή ως πρώτη ύλη για άλλες βιομηχανίες και το REslag αντιμετωπίζει, μεταξύ άλλων, τις ΚΠΥ που πρέπει να ανακτώνται από τη σκωρία χάλυβα (<http://www.reslag.eu>). Το πρόγραμμα LIFE (2014-2020) συνέβαλε επίσης στη βιώσιμη χρήση, ανάκτηση και ανακύκλωση πρώτων υλών, χρηματοδοτώντας μια ομάδα έργων που ασχολούνται με ΚΠΥ όπως το ίνδιο, τα μέταλλα της ομάδας πλατίνας και το μαγνήσιο. Παραδείγματα τέτοιων έργων είναι το CRM Recovery (<http://www.criticalrawmaterialrecovery.eu/>) που επιδεικνύει βιώσιμες προσεγγίσεις για την αύξηση της ανάκτησης των ΚΠΥ - στόχων που βρίσκονται σε απόβλητα ηλεκτρικού και ηλεκτρονικού εξοπλισμού μέσω δοκιμών στην Ιταλία, τη Γερμανία, το Ηνωμένο Βασίλειο και την Τσεχία και το έργο RECUMETAL που επιδεικνύει την ανακύκλωση επίπεδων οθονών για την ανάκτηση πλαστικών, ινδίου και υτρίου και την επαναχρησιμοποίησή τους σε νέες εφαρμογές (<https://life-recumetal.eu/en/>).

Κεφάλαιο 3. Ανακύκλωση/ανάκτηση μετάλλων και κρίσιμων ΟΠΥ

3.1 Βασικοί δείκτες ανακύκλωσης

Η πολιτική της ΕΕ για τα απόβλητα στοχεύει στην προώθηση ενός μοντέλου κυκλικής οικονομίας όπου τα υλικά και οι πόροι θα διατηρούνται στην οικονομία για όσο το δυνατόν περισσότερο και όπου διάθεση των αποβλήτων θα είναι η τελευταία επιλογή. Στην κατεύθυνση της παρακολούθησης της προόδου προς περισσότερη ανακύκλωση και λιγότερη τελική διάθεση, η Eurostat έχει αναπτύξει ένα σύνολο δεικτών διαχείρισης αποβλήτων. Το σύνολο δεικτών για τη «διαχείριση αποβλήτων εξαιρουμένων των κύριων ορυκτών αποβλήτων» μετρά τον τρόπο με τον οποίο αντιμετωπίζονται τελικά τα απόβλητα που παράγονται στην ΕΕ συνολικά και σε μεμονωμένα Κράτη Μέλη και σε τρίτες χώρες. Το σύνολο των δεικτών αντικατοπτρίζει τα ποσοστά επεξεργασίας των αποβλήτων που παράγονται σε μια δεδομένη χώρα ανά τύπο επεξεργασίας και συνδυάζει δεδομένα επεξεργασίας που συλλέγονται βάσει του κανονισμού (ΕΚ) αριθ. 2150/2002 (WStatR) με δεδομένα εισαγωγών/εξαγωγών από στατιστικές διεθνούς εμπορίου (βάση δεδομένων COMEXT) ή από εθνικές πηγές. Τα δεδομένα επεξεργασίας του WStatR παρέχουν πληροφορίες για τις ποσότητες αποβλήτων που υφίστανται επεξεργασία στα Κράτη Μέλη, ανεξάρτητα από τη χώρα που παράγονται τα απόβλητα. Οι δείκτες εκφράζονται σε ποσότητες επεξεργασμένων αποβλήτων ανά κατηγορία επεξεργασίας και ως ποσοστό της συνολικής ποσότητας των εγχώριων παραγόμενων αποβλήτων. Το σύνολο των δεικτών περιλαμβάνει τα ποσοστά επεξεργασίας για τις έξι κατηγορίες επεξεργασίας που ορίζονται στο WStatR. Σύμφωνα με τα δεδομένα WStatR, το 2018 υποβλήθηκαν σε επεξεργασία στην ΕΕ συνολικά 689 εκατομμύρια τόνοι αποβλήτων, εξαιρουμένων των κύριων ορυκτών αποβλήτων. Αυτή η ποσότητα αυτή περιλαμβάνει εισαγωγές 86 εκατομμυρίων τόνων αποβλήτων εκτός ΕΕ, αλλά δεν καλύπτει 95 εκατομμύρια τόνους αποβλήτων που εξάγονται από την ΕΕ για επεξεργασία σε χώρες εκτός ΕΕ. Συνολικά, η ΕΕ είναι καθαρός εξαγωγέας αποβλήτων με καθαρές εξαγωγές που ανέρχονται σε 8,9 εκατομμύρια τόνους. Οι εξαγωγές σε χώρες εκτός ΕΕ αποτελούνται κυρίως από απόβλητα μετάλλων, απόβλητα χαρτιού και χαρτονιού, πλαστικά απόβλητα και άλλα απόβλητα για ανακύκλωση. Η προσαρμογή για τις εισαγωγές και τις εξαγωγές έχει ως αποτέλεσμα

συνολικά 689 εκατομμύρια τόνους εγχώριων αποβλήτων, εξαιρουμένων των βασικών ορυκτών αποβλήτων. Συνολικά, το 55,4% ή 387 εκατομμύρια τόνοι των εγχώριων αποβλήτων ανακυκλώθηκαν και το 1,6% (11 εκατομμύρια τόνοι) χρησιμοποιήθηκαν για επίχωση. Η ανάκτηση ενέργειας αντιπροσώπευε το 18 % ή 125 εκατομμύρια τόνους και η αποτέφρωση αποβλήτων για 2 % ή 14 εκατομμύρια τόνους αποβλήτων. Επίσης, 158 εκατομμύρια τόνοι ή το 22,6 % των απορριμμάτων αποτέθηκαν σε χώρους υγειονομικής ταφής.

Πίνακας 4. Επεξεργασία εγχώρια παραγόμενων αποβλήτων για την ΕΕ, 2016 (εξαιρουμένων των εξορυκτικών αποβλήτων)

Treatment of domestically generated waste excl. major mineral wastes and imports/exports of waste for EU-28, 2016
(1 000 tonnes, %)

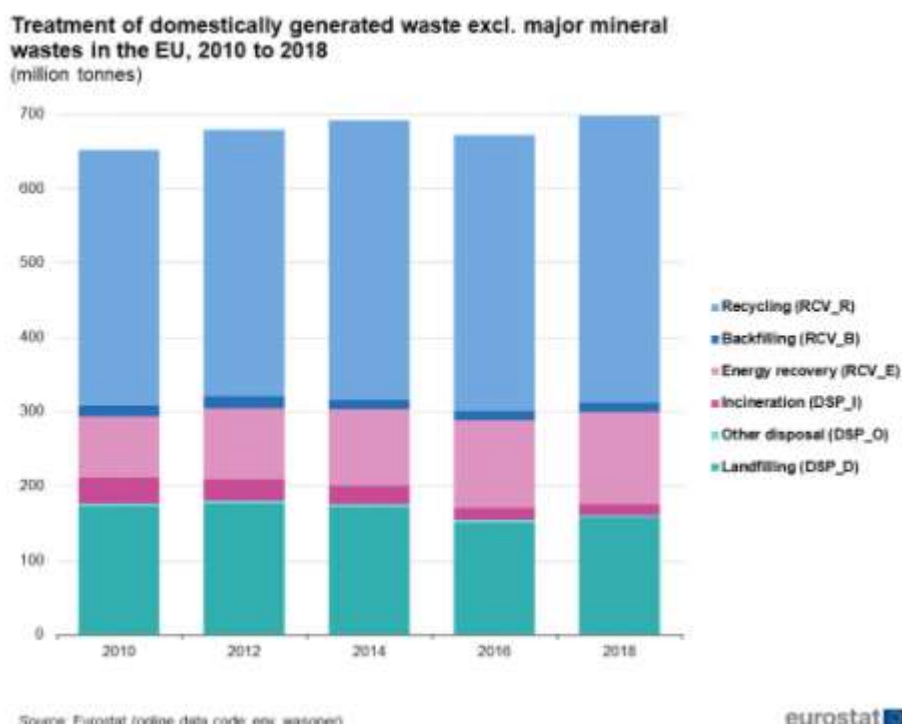
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 |
|-------------------------|------------------------------|--|--|---|---|---|
| Treatment category | Treatment in the EU (WStatR) | Extra-EU export for treatment (COMEXT) | Extra-EU import for treatment (COMEXT) | Extra-EU net trade for treatment (*) (COMEXT) | Treatment of domestically generated waste (C2+C5) | Treatment rate for domestically generated waste (Based on C6) |
| | | | | (-C3-C4) | | |
| Recycling (RCV_O) | 393 250 | 38 380 | 8 330 | 30 050 | 423 300 | 55,8% |
| Backfilling (RCV_B) | 13 090 | 0 | 0 | 0 | 13 090 | 1,7% |
| Energy recovery (RCV_E) | 127 140 | 1 110 | 2 740 | -1 630 | 125 510 | 16,5% |
| Incineration (INC) | 22 980 | 30 | 1 340 | -1 310 | 21 670 | 2,8% |
| Landfilling (DSP_B) | 171 850 | 250 | 510 | -150 | 171 700 | 22,8% |
| Other disposal (DSP_O) | 3 360 | 0 | 0 | 0 | 3 360 | 0,4% |
| Total treatment | 731 680 | 39 670 | 12 920 | 26 950 | 758 630 | 100,0% |

(*) Positive values = net exports; negative values = net imports
Source: Eurostat (online data code: env_wastflow; env_wastoper)

Πηγή: Eurostat,2016

Η εικόνα 3 δείχνει την επεξεργασία των εγχώριων αποβλήτων για την ΕΕ από το 2010 έως το 2018. Η συνολική ποσότητα που υποβλήθηκε προς επεξεργασία αυξήθηκε από 652 εκατομμύρια τόνους, το 2010, σε 698 εκατομμύρια τόνους, το 2018. Η ανακυκλωμένη ποσότητα αυξήθηκε μεταξύ 2010 και 2018 κατά 44 εκατομμύρια τόνους, με αποτέλεσμα την αύξηση του ποσοστού ανακύκλωσης από 53% έως 55%. Η ανάκτηση ενέργειας βρίσκεται επίσης σε άνοδο από το 2010, με αύξηση 44 εκατομμυρίων τόνων. Το μερίδιο της ανάκτησης ενέργειας αυξήθηκε από 12% σε 18%. Μέρος αυτής της αύξησης οφείλεται πιθανώς στην αναταξινόμηση των μονάδων αποτέφρωσης αποβλήτων, σύμφωνα με το κριτήριο ενεργειακής απόδοσης που ορίζεται στην Οδηγία πλαίσιο για τα απόβλητα. Αυτό εξηγεί εν μέρει τη μείωση της αποτέφρωσης απορριμμάτων χωρίς ανάκτηση ενέργειας μεταξύ 2010 και 2018,

κατά 21 εκατομμύρια τόνους. Η αύξηση της ανακύκλωσης και της ανάκτησης ενέργειας είχε ως αποτέλεσμα την εκτροπή των απορριμμάτων από τους χώρους υγειονομικής ταφής. Οι ποσότητες υγειονομικής ταφής μειώθηκαν από το 2010 έως το 2018 κατά 15 εκατομμύρια τόνους με αποτέλεσμα ποσοστό υγειονομικής ταφής 23%, το 2018.



Εικόνα 3. Επεξεργασία οικιακών αποβλήτων εκτός από τα κύρια ορυκτά απόβλητα στην ΕΕ, 2010 έως 2018 (εκατομμύρια τόνοι)

Πηγή: Eurostat, 2018

Οι δείκτες διαχείρισης αποβλήτων δημοσιεύονται από τη Eurostat ως πιλοτικό σύνολο δεδομένων. Θεωρούνται ως καλές προσεγγίσεις για την επεξεργασία των ευρωπαϊκών αποβλήτων, αλλά έχουν ορισμένους περιορισμούς. Για παράδειγμα, η Συνδυασμένη Ονοματολογία (ΣΟ) που χρησιμοποιείται για τις στατιστικές διεθνούς εμπορίου δεν κάνει σταθερή διάκριση μεταξύ αποβλήτων και αγαθών, δηλαδή ορισμένοι κωδικοί ΣΟ καλύπτουν όχι μόνο τα απόβλητα αλλά και μη απόβλητα (υποπροϊόντα). Επιπλέον, οι εμπορικές στατιστικές παρέχουν πληροφορίες για τον γεωγραφικό προορισμό των αποβλήτων αλλά όχι για τον τύπο επεξεργασίας στον τόπο προορισμού. Ως εκ τούτου, το είδος της επεξεργασίας βασίζεται σε υποθέσεις. Εάν οι δείκτες υπολογιστούν σε επίπεδο χώρας, προκύπτουν επιπρόσθετοι

περιορισμοί από το γεγονός ότι οι στατιστικές για το ενδοκοινοτικό εμπόριο δεν καλύπτουν το 100% των εμπορευόμενων αγαθών/απορριμμάτων λόγω των ορίων αναφοράς (Eurostat, 2021).

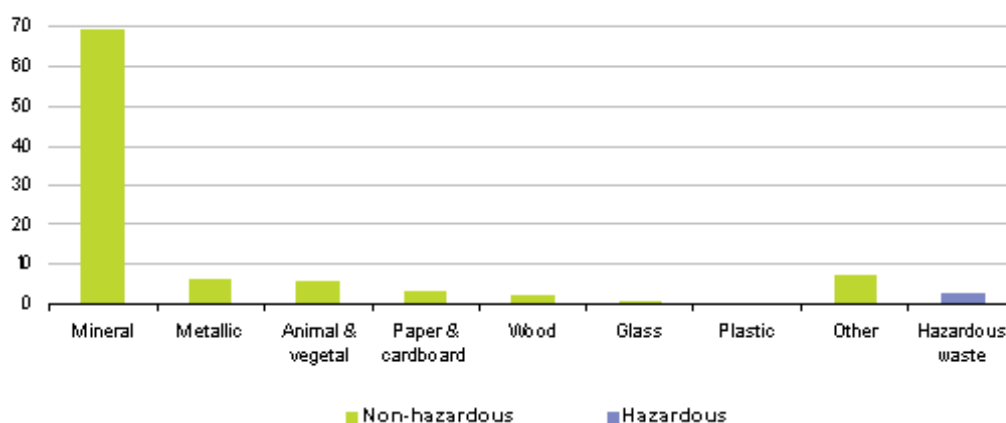
3.2 Ανακύκλωση/ανάκτηση μετάλλων και κρίσιμων ΟΠΥ

Η ανακύκλωση μετάλλων θεωρείται ευρέως ως μια γόνιμη στρατηγική βιώσιμης ανάπτυξης, αλλά ελάχιστες πληροφορίες είναι διαθέσιμες σχετικά με τον βαθμό στον οποίο πραγματοποιείται στην πραγματικότητα. Λόγω της σχετικά χαμηλής απόδοσης στη συλλογή και επεξεργασία των περισσότερων απορριπτόμενων προϊόντων που περιέχουν μέταλλα, των εγγενών περιορισμών στις διαδικασίες ανακύκλωσης και επειδή οι πρωτογενείς ύλες είναι, σε πολλές περιπτώσεις επαρκείς και έχουν χαμηλότερο κόστος, οι δείκτες ανακύκλωσης στο τέλος της ζωής των προϊόντων (end-of-life recycling rates – EOL-RR) είναι πολύ χαμηλοί. Τα δεδομένα ανακύκλωσης έχουν τη δυνατότητα να αποδείξουν πόσο αποτελεσματικά επαναχρησιμοποιούνται τα μέταλλα και, ως εκ τούτου, μπορούν να εξυπηρετήσουν ορισμένους από τους ακόλουθους σκοπούς:

- Προσδιορισμός της επίδρασης της ανακύκλωσης στη βιωσιμότητα των πόρων
- Παροχή πληροφοριών για έρευνα σχετικά με τη βελτίωση της αποδοτικότητας της ανακύκλωσης
- Παροχή πληροφοριών για αναλύσεις αξιολόγησης του κύκλου ζωής
- Ενθάρρυνση τεκμηριωμένων πολιτικών ανακύκλωσης.

Στην Εικόνα 4 φαίνεται η κατανομή των 1.093 εκατομμυρίων τόνων ανακτηθέντων αποβλήτων στην ΕΕ-27, το 2008, κατά κατηγορίες αποβλήτων. Η ανάκτηση των μη επικίνδυνων ορυκτών αποβλήτων που προέρχονταν κυρίως από τις κατασκευαστικές, καθώς και τις εξορυκτικές και τις λατομικές δραστηριότητες αφορούσε 754 εκατομμύρια τόνους που αντιπροσώπευαν το 69,0% του συνόλου των αποβλήτων που ανακτήθηκαν (σημειώθηκε έντονη αύξηση της ποσότητας ορυκτών αποβλήτων που ανακτήθηκαν στην ΕΕ-27 κατά την περίοδο 2004 έως 2008). Μεταξύ των άλλων κατηγοριών αποβλήτων, τα ζωικά και φυτικά απόβλητα που ανακτήθηκαν μεταξύ 2004 και 2008 αυξήθηκαν ποσοτικά, φτάνοντας στο 6,1% του συνόλου των αποβλήτων που ανακτήθηκαν το 2008 (Eurostat, 2021). Όσον αφορά στα μέταλλα, το χαρτί και το χαρτόνι, το γυαλί και τα πλαστικά απόβλητα, τα οποία αποτελούν τα πιο κοινά ανακυκλώσιμα υλικά, η αύξηση της ποσότητας των υλικών που υποβλήθηκαν

σε επεξεργασία ενδέχεται να είναι αποτέλεσμα της εφαρμογής της ευρωπαϊκής νομοθεσίας σχετικά με τους χώρους υγειονομικής ταφής των αποβλήτων (παροχέτευση των βιοαποδομήσιμων αποβλήτων) και της ευθύνης του παραγωγού αποβλήτων (για παράδειγμα, χωριστή συλλογή και ανάκτηση των απορριμμάτων συσκευασίας). Στην πράξη, μόνο συγκρατημένη αύξηση παρατηρήθηκε κατά την περίοδο 2004 έως 2008 και σημειώθηκε μάλιστα μείωση της ποσότητας των ανακτηθέντων πλαστικών αποβλήτων. Οι εξελίξεις αυτές θεωρείται ότι συνδέονται με την αύξηση των εξαγωγών των ανακυκλώσιμων εμπορευμάτων προς τις τρίτες χώρες.



Εικόνα 4. Απόβλητα για ανακύκλωση (εκτός από ανάκτηση ενέργειας), ΕΕ-27, 2008

Πηγή: Eurostat 2011

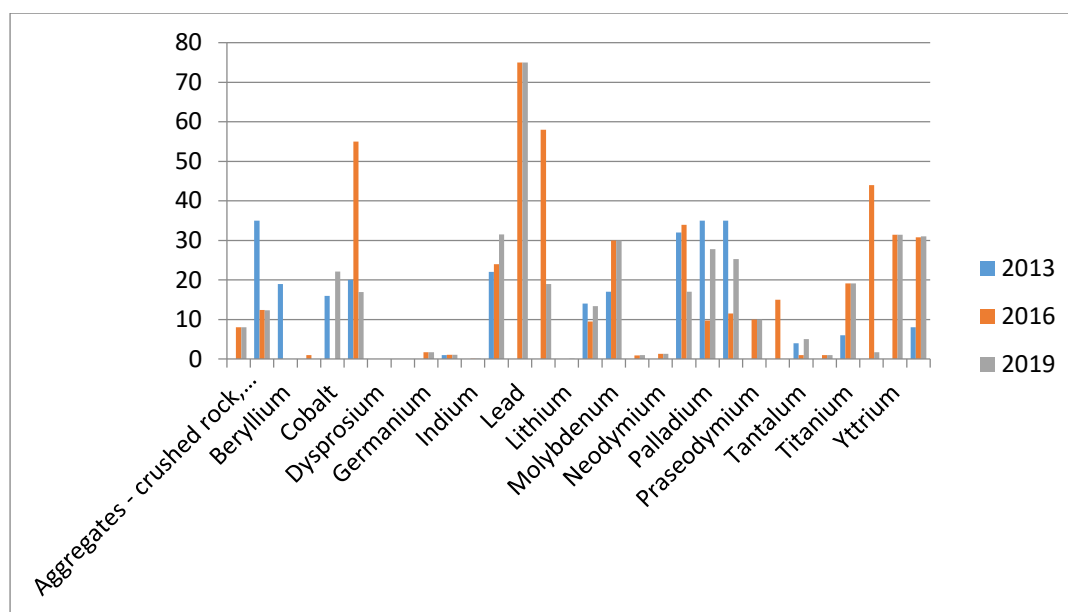
Στον Πίνακα 5 παρατηρούνται τα ποσοστά εισροών ανακύκλωσης στο τέλος του κύκλου ζωής τους στην ΕΕ για τα έτη 2013, 2016 και 2019. Στα περισσότερα μέταλλα παρατηρείται έντονη αύξηση του ποσοστού ανακύκλωσης από το 2013 έως το 2016, με την πιο έντονη αύξηση να εντοπίζεται στα μέταλλα όπως ο μόλυβδος, ο ασβεστόλιθος, το βανάδιο, το ύτριο και ο ψευδάργυρος. Σε ορισμένα μέταλλα το ποσοστό ανακύκλωσης μειώνεται με την πάροδο με των ετών, με χαρακτηριστικότερα παραδείγματα το αλουμίνιο και το βηρύλλιο. Τέλος, σε ορισμένα μέταλλα παρατηρείται σταθερότητα στο ποσοστό ανακύκλωσής τους, όπως το δυπρόσιο και το γάλλιο.

Πίνακας 5. Συμβολή ανακυκλωμένων υλικών στη ζήτηση πρώτων υλών - ποσοστά εισροών ανακύκλωσης στο τέλος του κύκλου ζωής τους (EOL-RIR)

| Υλικά | 2013 | 2016 | 2019 |
|---|-------------|-------------|-------------|
| Αδρανή - θρυμματισμένα πετρώματα, άλλες άμμοι (όχι πυρίτιο), βότσαλα, χαλίκι, πρόσθετα ασφάλτου | : | 8 | 8 |
| Αλουμίνιο | 35 | 12,4 | 12,3 |
| Βηρύλλιο | 19 | 0 | 0 |
| Βισμούθιο | : | 1 | 0 |
| Κοβάλτιο | 16 | 0 | 22,1 |
| Χαλκός | 20 | 55 | 16,9 |
| Δυσπρόσιο | 0 | 0 | 0 |
| Γάλλιο | 0 | 0 | 0 |
| Γερμάνιο | 0 | 1,7 | 1,7 |
| Γύψος | 1 | 1,1 | 1,1 |
| Ινδίο | 0 | 0,1 | 0,1 |
| Σίδηρο | 22 | 24 | 31,5 |
| Μόλυβδος | : | 75 | 75 |
| Ασβεστόλιθος | 0 | 58 | 19 |
| Λίθιο | 0 | 0 | 0,1 |
| Μαγνήσιο | 14 | 9,5 | 13,4 |
| Μολυβδαίνιο | 17 | 30 | 30 |
| Φυσικό καουτσούκ | 0 | 0,9 | 1 |
| Νεοδύμιο | 0 | 1,3 | 1,3 |
| Νικέλιο | 32 | 33,9 | 17 |
| Παλλάδιο | 35 | 9,7 | 27,8 |
| Πλατίνα | 35 | 11,5 | 25,3 |
| Πρασεοδύμιο | 0 | 10 | 10 |
| Ξύλο Σαπελέ | : | 15 | 0 |
| Ταντάλιο | 4 | 1 | 5 |
| Τελλούριο | 0 | 1 | 1 |
| Τιτάνιο | 6 | 19,1 | 19,1 |
| Βανάδιο | 0 | 44 | 1,7 |
| Υτριο | 0 | 31,4 | 31,4 |
| Ψευδάργυρος | 8 | 30,8 | 31 |

Πηγή: Eurostat, 2021

Στην εικόνα 5 παρουσιάζονται τα στατιστικά στοιχεία του πίνακα 5.



Εικόνα 5. Συμβολή ανακυκλωμένων υλικών στη ζήτηση πρώτων υλών - ποσοστά εισροών ανακύκλωσης στο τέλος του κύκλου ζωής τους (EOL-RIR)

Πηγή: Eurostat, 2021

3.2.1. Χάλυβας

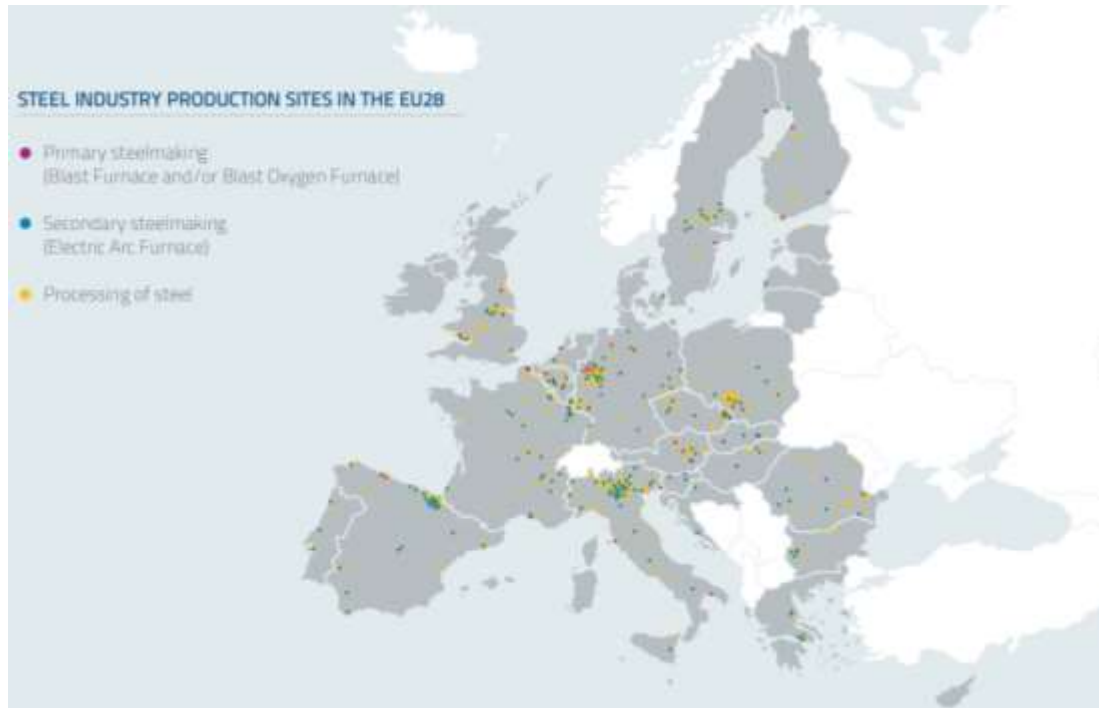
Ο χάλυβας αποτελεί κράμα σιδήρου στον οποίο εμπεριέχεται λιγότερο από 2% άνθρακα (πολύ όλκιμο) και συνιστά το πιο χρησιμοποιημένο μέταλλο του κόσμου. Τα σιδηρούχα μέταλλα κατά κύριο λόγο αποτελούνται από σίδηρο και έχουν μαγνητικές ιδιότητες. Ανάμεσα σε αυτές, ο χάλυβας χρησιμοποιείται παγκοσμίως σε μεγάλες και μικρές συσκευές (π.χ. αυτοκίνητα, σιδηρόδρομοι, γέφυρες, οικιακός εξοπλισμός κ.λπ.). Ο χάλυβας μπορεί να ανακυκλωθεί, όπως και επαναχρησιμοποιηθεί χωρίς επανεπεξεργασία, εξοικονομώντας πρώτες ύλες και ενέργεια και μειώνοντας τις εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου. Είναι ένα από τα μοναδικά υλικά που δεν χάνουν τις ιδιότητές τους όταν ανακυκλώνονται, ενώ μπορεί να ανακτηθεί εύκολα για ανακύκλωση γιατί είναι μαγνητικός. Τέλος, ο ανακυκλωμένος χάλυβας είναι τόσο ισχυρός και ανθεκτικός όσο ο νέος χάλυβας από σιδηρομετάλλευμα. Η ευρωπαϊκή βιομηχανία χάλυβα εργάζεται σκληρά για να διασφαλίσει ότι ο χάλυβας που παράγει μπορεί να επαναχρησιμοποιηθεί, να ανακτηθεί και να ανακυκλωθεί, ώστε να θεωρηθεί ένα «μόνιμο» υλικό. Η βιομηχανία διασφαλίζει επίσης ότι τα υποπροϊόντα της παραγωγής χάλυβα χρησιμοποιούνται

στην καλύτερη δυνατή χρήση. Η παραμονή του χάλυβα σε χρήση για μεγάλο χρονικό διάστημα σημαίνει ότι δεν υπάρχει αρκετό σκραπ για να ικανοποιήσει τη ζήτηση. Επομένως, το σιδηρομέταλλευμα εξακολουθεί να αποτελεί σημαντική εισροή στη χαλυβουργία. Δουλεύοντας σε καθαρότερες, αποδοτικές από πλευράς πόρων λύσεις – καθώς και σε μια συνεχώς διευρυνόμενη γκάμα ποιοτήτων χάλυβα – η ευρωπαϊκή βιομηχανία χάλυβα διασφαλίζει ότι η παραγωγή των 170 εκατομμυρίων τόνων χάλυβα, κατά μέσο όρο, κάθε χρόνο είναι όλο και πιο βιώσιμη και φιλική προς το περιβάλλον (<http://www.eurofer.eu>). Η κατανάλωση ενέργειας και οι εκπομπές CO₂ ανά τόνο παραγόμενου χάλυβα έχουν μειωθεί πάνω από 50%, από το 1960. Η παραγωγή έχει αποσυνδεθεί πλήρως από τις εκπομπές CO₂ και τη χρήση ενέργειας. Ο ευρωπαϊκός χάλυβας υψηλής τεχνολογίας μπορεί να εξοικονομήσει 6 φορές περισσότερο CO₂ κατά τη χρήση από ό,τι εκπέμπεται στην παραγωγή, ανάλογα με την εφαρμογή μετριασμού του CO₂. Η χρήση νεότερων, υψηλότερων ποιοτήτων χάλυβα μπορεί να βοηθήσει στην παραγωγή ελαφρύτερων, ισχυρότερων εξαρτημάτων, βελτιώνοντας τη διάρκεια ζωής - μετριάζοντας το CO₂ κατά τη διάρκεια του κύκλου ζωής ενός προϊόντος. Υπάρχουν χιλιάδες διαφορετικοί τύποι χάλυβα που κατασκευάζονται στην Ευρώπη, ο καθένας με διαφορετικές εξατομικευμένες ιδιότητες και συγκεκριμένες χρήσεις, οι οποίες συμβάλλουν στη βελτίωση της αποτελεσματικότητας του προϊόντος. Ο σχεδιασμός του προϊόντος θα πρέπει να αναγνωρίζει τη σημασία της βελτιστοποίησης της χρήσης υλικών κατά το σχεδιασμό εξαρτημάτων ή εξαρτημάτων. Σε προϊόντα κατασκευασμένα από διαφορετικά υλικά, τα εξαρτήματα από χάλυβα είναι συχνά τα πιο ευέλικτα. Χαλύβδινα στοιχεία όπως δοκοί κατασκευής, επένδυση, εξαρτήματα αυτοκινήτων, οικιακός εξοπλισμός και κουμπώματα μπορούν να χρησιμοποιηθούν, να επαναχρησιμοποιηθούν και να ανακατασκευαστούν χωρίς να χρειάζεται να μπουν ξανά στον κύκλο παραγωγής. Η ανακατασκευή βοηθά στον περιορισμό της ανάγκης παραγωγής νέων ανταλλακτικών, εξοικονομώντας εκατομμύρια τόνους CO₂ ετησίως στην «πρωτογενή» παραγωγή. Οι απαιτήσεις για ανθεκτικότητα, επαναχρησιμοποίηση, δυνατότητα επισκευής, αποσυναρμολόγηση και ανακυκλωσιμότητα θα πρέπει να αποτελούν μέρος του σχεδιασμού του προϊόντος. Αυτό θα βοηθήσει να διασφαλιστεί ότι τα εξαρτήματα είναι ευκολότερα και πιο οικονομικά στην επαναχρησιμοποίηση. Τα μεγαλύτερα ποσοστά για την ανακύκλωση των συσκευασιών από χάλυβα στην Ε.Ε. κατέχουν το Βέλγιο με 98%, η Γερμανία με 92% και η Ολλανδία με 87%, ενώ τα ποσοστά παραμένουν χαμηλά στις χώρες

Κεντρικής Ευρώπης (στοιχεία 2009) με την Ουγγαρία στο 70%, η Πολωνία με 48% και η Τσεχία με 47 %. Στις ΗΠΑ, το 2011, ο ρυθμός ανακύκλωσης χάλυβα έφτασε στο ρεκόρ του 92% σύμφωνα με το Ινστιτούτο Ανακύκλωσης Χάλυβα (SRI), με περισσότερους από 85 εκατ. τόνους χάλυβα να έχουν χρησιμοποιηθεί, μια αύξηση περίπου 10 εκατ. τόνων συγκριτικά με την προηγούμενη χρονιά. Το SRI αναφέρει ότι η ανακύκλωση χάλυβα από συσκευασίες άγγιξε το 70,8%, με περισσότερους από 1,5 εκατομμύριο τόνους χάλυβα να έχουν ανακυκλωθεί ενώ το επίπεδο για την ανακύκλωση από αυτοκίνητα φτάνει το 94,5% (<http://asnafabrications.com/>). Περισσότερο από το 90% του ανοξείδωτου χάλυβα στο τέλος ζωής του συλλέγεται και ανακυκλώνεται σε νέα προϊόντα. Το 2017 έγινε χρήση 600 εκατομμυρίων τόνων απορριμμάτων χάλυβα σε όλο τον κόσμο για να παραχθεί νέος χάλυβας. Ο παγκόσμιος ακατέργαστος χάλυβας παρήχθη σε ποσοστό 35 % από δευτερογενή πρώτες ύλες, το 2017, ενώ για να παραχθεί ο νέος χάλυβας έγινε χρήση 93,8 εκατομμυρίων τόνων απορριμμάτων χάλυβα στις χώρες της Ε.Ε., το 2018. Το ποσοστό ετήσιας εξοικονόμησης περιβαλλοντικών δαπανών με τη χρήση απορριμμάτων χάλυβα στην Ε.Ε είναι σε θέση να πετύχει μέχρι και 20 δισ. ευρώ. Το ποσοστό για τα απορρίμματα χάλυβα που χρησιμοποιείται στην ΕΕ συγκριτικά με την διαδικασία παραγωγής ακατέργαστου χάλυβα ανέρχεται σε 56%. Τα απορρίμματα χάλυβα που χρησιμοποιούνται στη παραγωγή μειώνει τις εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα κατά 58%, ενώ μέσω της ανακύκλωσής τους εξοικονομείται 72% της ενέργειας που είναι αναγκαία για τη διαδικασία της πρωτογενούς παραγωγής (δηλ. 4.697 kWh ανά τόνο). Επιπροσθέτως, ανακυκλώνοντας έναν τόνο χάλυβα εξοικονομούνται 1,4 τόνοι μεταλλεύματος σιδήρου, 0,8 τόνοι άνθρακα, 0,3 τόνοι ασβεστόλιθου και 1,67 τόνοι διοξειδίου του άνθρακα. Ακόμη, ο χρησιμοποιούμενος ανακυκλώσιμος χάλυβας για την κατασκευή νέου χάλυβα συμβάλλει στη μείωση της ατμοσφαιρικής ρύπανσης σε ποσοστό 86%, στη μείωση της χρήσης νερού κατά 40% και στη μείωση της ρύπανσης του νερού κατά 76%. (Metal Recycling Factsheet, 2020).

Η Εικόνα 6 δείχνει τις χώρες ΕΕ που παράγεται ο χάλυβας. Με μωβ χρώμα απεικονίζονται στο χάρτη τα κράτη πρωτογενούς τομέα, ο οποίος σχετίζεται με φυσικούς πόρους της χώρας, με την έννοια ότι χρησιμοποιεί φυσικούς πόρους για την παραγωγή πρώτων υλών και προμηθειών που χρησιμοποιούνται από τις βιομηχανίες ή τα νοικοκυριά για κατανάλωση. Αντιθέτως, με μπλε χρώμα παρουσιάζονται τα

κράτη του δευτερογενούς τομέα, ο οποίος περιλαμβάνει δραστηριότητες κατασκευής και κατασκευής και στοχεύει στην παροχή τελικών προϊόντων και υλικών προϊόντων στους πελάτες, ώστε να ικανοποιήσουν τις βασικές τους ανάγκες. Τέλος, με κίτρινο χρώμα είναι τα κράτη που επεξεργάζονται τον χάλυβα.



Εικόνα 6. Περιοχές παραγωγής βιομηχανίας χάλυβα στην Ε.Ε

Πηγή: <https://www.eurofer.eu>

3.2.2. Αλουμίνιο

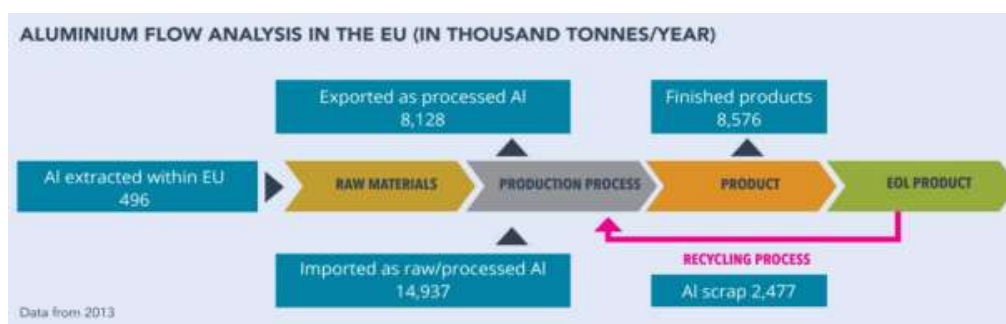
Το αλουμίνιο αποτελεί ένα παγκοσμίως διαδεδομένο μέταλλο εξαιτίας της μεγάλης ποικιλίας χρήσεων του (εξαρτήματα αυτοκινήτου, κουφώματα, πόρτες, κουτιά για ποτά, κονσερβοποιημένα προϊόντα και πολλά άλλα). Τα χαρακτηριστικά του περιλαμβάνουν ελατότητα, υψηλή αντοχή, χαμηλή πυκνότητα, υψηλή θερμική και ηλεκτρική αγωγιμότητα, αντοχή στη διάβρωση, μεγάλη ανακυκλωσιμότητα και μη τοξικότητα. Όσον αφορά στο αλουμίνιο, μεγάλα κομμάτια σκραπ (π.χ. μπλοκ κινητήρων) κατακερματίζονται προκειμένου να διαχωριστεί ο σίδηρος από το αλουμίνιο. Εάν είναι δύσκολο να διαχωριστεί ο ανεπιθύμητος σίδηρος μηχανικά ή χειροκίνητα από τα θραύσματα αλουμινίου, το σκραπ τροφοδοτείται σε έναν ειδικό φούρνο που διαχωρίζει το σίδηρο θερμικά. Συνήθως, είναι πιο δύσκολο να

διαχωριστούν άλλα μη σιδηρούχα μέταλλα από το αλουμίνιο. Για το σκοπό αυτό χρησιμοποιείται διαχωρισμός βαρέων μέσων, όπου το σκραπ μπορεί να διαχωριστεί από τις ακαθαρσίες με βάση τη διαφορετική πυκνότητα. Για τον διαχωρισμό του αλουμινίου από τα μη μεταλλικά τεμάχια χρησιμοποιούνται εγκαταστάσεις δινορευμάτων που διαχωρίζουν υλικά με διαφορετική ηλεκτρική αγωγιμότητα. Για παράδειγμα, οι μηχανές δινορευμάτων μπορούν να χρησιμοποιηθούν για τον διαχωρισμό του αλουμινίου από τους τεμαχισμένους υπολογιστές. Τα δοχεία αλουμινίου, τα λακαρισμένα και ελασματοποιημένα σκραπ συχνά καθαρίζονται για να αφαιρεθούν οι επικαλύψεις και τα υπολείμματα για να ελαχιστοποιηθούν οι απώλειες μετάλλων κατά την εκ νέου τήξη. Η βιομηχανία χρησιμοποιεί τρεις κύριες τεχνολογίες αποεπικάλυψης: περιστροφικούς κλιβάνους, μάντες και επικάλυψη ρευστοποιημένης κλίνης. Το αλουμίνιο που περιέχεται σε συσκευασία πολλαπλών υλικών (π.χ. κουτιά ποτών) μπορεί να διαχωριστεί με πυρόλυση. Σε αυτή την περίπτωση, αφαιρούνται τα μη μεταλλικά εξαρτήματα από το αλουμίνιο με εξάτμιση. Μια νεότερη τεχνολογία είναι η διαδικασία θερμικού πλάσματος, με την οποία τα τρία συστατικά - αλουμίνιο, πλαστικό και χαρτί - χωρίζονται σε διακριτά κλάσματα. Πριν εισέλθουν στον κλίβανο, τα ξαφρίσματα αλουμινίου συνήθως σπάνε ή αλέθονται και διαχωρίζονται με πυκνότητα, ενώ τα οξειδία του αλουμινίου διαχωρίζονται με κοσκίνισμα. Η χημική σύνθεση των σφυρήλατων κραμάτων χαρακτηρίζεται γενικά, μεταξύ άλλων, από τη χαμηλή ανοχή τους σε ορισμένα στοιχεία κραμάτων. Οι ανακατασκευαστές επιλέγουν την κατάλληλη ποσότητα και ποιότητα σκραπ για να συσχετιστούν με τη χημική σύνθεση του σφυρήλατος κράματος που πρόκειται να παραχθεί. Ως εκ τούτου, πρέπει να δοθεί μεγάλη προσοχή στην επιλογή του σωστού σκραπ. Δύο καλά παραδείγματα είναι τα απορριπτόμενα κουτιά αναψυκτικών, τα οποία χρησιμοποιούνται για την παραγωγή νέου υλικού αποθήκευσης κονσερβών και τα κουφώματα παραθύρων τα οποία, αφού χρησιμοποιούνται για δεκαετίες, υποβάλλονται σε επεξεργασία και τήκονται για την παραγωγή νέων προϊόντων από σφυρήλατο κράμα. Για την κατασκευή ελαφρύτερων οχημάτων, στο μέλλον θα χρησιμοποιούνται μεγαλύτερες ποσότητες αλουμινίου, σε ειδικά σφυρήλατα κράματα. Η βιομηχανία ανακύκλωσης αλουμινίου ανακυκλώνει όλο το σκραπ αλουμινίου που μπορεί να αποκτήσει από προϊόντα στο τέλος του κύκλου ζωής τους και υποπροϊόντα αλουμινίου. Νέα σκραπ συλλέγονται στο σύνολό τους, καθώς η συλλογή βρίσκεται στα χέρια της βιομηχανίας αλουμινίου. Η συλλογή του αλουμινίου στο τέλος του κύκλου ζωής του εξαρτάται, ωστόσο, από την

πρωτοβουλία των καταναλωτών, καθώς και από τη συνεργασία της βιομηχανίας, των νομοθετών και των τοπικών κοινοτήτων για τη δημιουργία αποτελεσματικών συστημάτων συλλογής.

Λόγω της ανακυκλωσιμότητάς του, το 75% του αλουμινίου που έχει παραχθεί έως σήμερα συνεχίζει να χρησιμοποιείται. Το 2018, πραγματοποιήθηκε η ανάκτηση αλουμινίου σε ποσοστό περισσότερο από 90% από κατασκευές και μεταφορικά μέσα, ενώ από το 2004 έως το 2017 πραγματοποιήθηκε ανακύκλωση 4,9 εκατομμυρίων τόνων αλουμινίου στην Ε.Ε. Τα επόμενα χρόνια αναμένεται η αύξηση της ζήτησης του αλουμινίου κατά 50% έως το 2050, φτάνοντας τα 9 εκατομμύρια τόνους ζήτησης σκραπ στην Ε.Ε. Με τη χρήση σκραπ αλουμινίου επιτυγχάνεται η μείωση εκπομπών του διοξειδίου του άνθρακα κατά 92% σε σχέση με το ακατέργαστο αλουμίνιο και μέσω της ανακύκλωσής του εξοικονομείται το 95% που χρειάζεται για τη διαδικασία της πρωτογενούς παραγωγής. Ένας τόνος ανακυκλωμένου αλουμινίου εξοικονομεί έως και 8 τόνους βωξίτη, 14000 kWh ενέργειας. (EuRIC AISBL, Metal Recycling Factsheet, 2020).

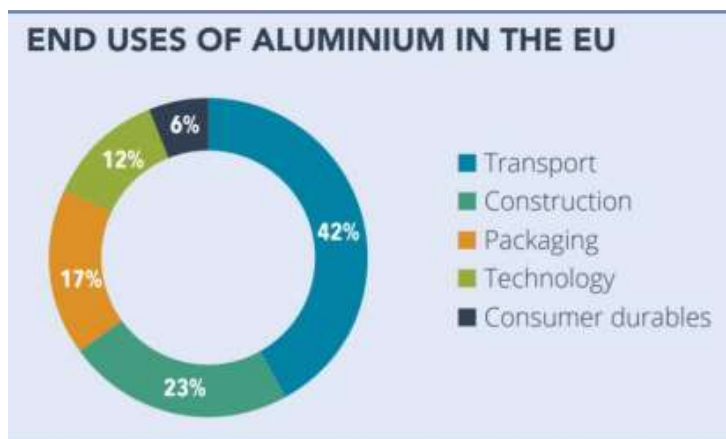
Στην εικόνα 7 αναλύεται η ροή αλουμινίου στην ΕΕ σε χιλιάδες τόνους ανά έτος. Παρατηρούμε ορισμένα στάδια από την εξαγωγή του αλουμινίου εντός της ΕΕ, το οποίο (AL) ανέρχεται σε 496 χιλιάδες τόνους, μέχρι το τελικό στάδιο το οποίο είναι η διαδικασία της ανακύκλωσης. Για το έτος 2013, οι συνολικοί τόνοι ανακύκλωσης αλουμινίου ανέρχονταν σε 8.575 χιλιάδες τόνους, με θραύσματα 2.477 χιλιάδες τόνους.



Εικόνα 7. Ανάλυση ροής αλουμινίου στην Ε.Ε (Χιλιάδες τόνοι/Έτος).

Πηγή: EuRIC AISBL, Metal Recycling Factsheet, 2020.

Στην εικόνα 8 παρατηρούνται οι τελικές χρήσεις αλουμινίου στην ΕΕ. Το μεγαλύτερο ποσοστό χρήσης του αλουμινίου το καταλαμβάνει η μεταφορά, ποσοστό που ανέρχεται στο 42 %, ενώ το μικρότερο ποσοστό καταλαμβάνει η χρήση καταναλωτικών αγαθών αλουμινίου, με 6 %.



Εικόνα 8. Τελικές χρήσεις Αλουμινίου στην Ε.Ε.

Πηγή: EuRIC AISBL, Metal Recycling Factsheet, 2020.

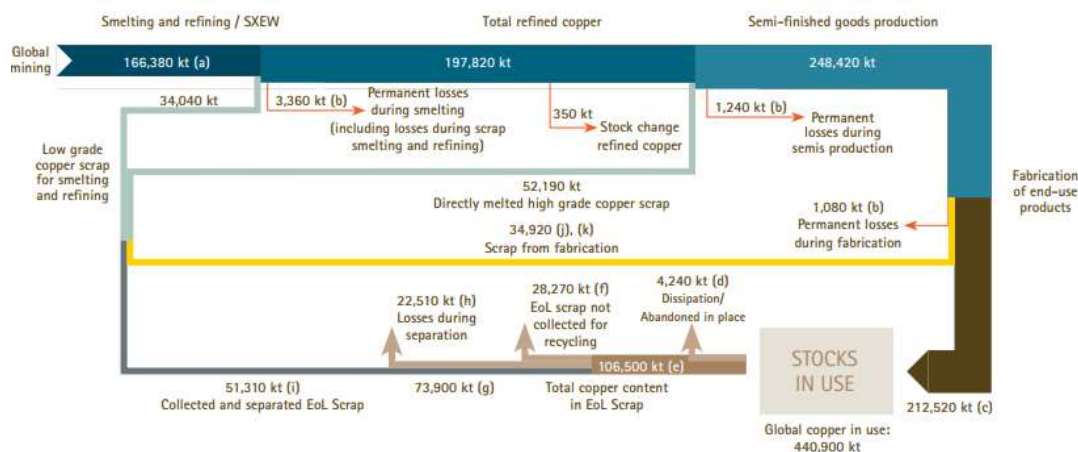
Τα υψηλά ποσοστά ανακύκλωσης αλουμινίου στην Ευρώπη επιτυγχάνονται χάρη στα καλά ανεπτυγμένα συστήματα συλλογής. Η ανακύκλωση μπορεί επομένως να αντικαταστήσει άμεσα τη νέα πρωτογενή παραγωγή και, ως εκ τούτου, τις υψηλές εκπομπές CO₂ που συνδέονται με αυτή. Σήμερα, η αξία του αλουμινίου στο τέλος του κύκλου ζωής του σε μια νέα, πολύτιμη πρώτη ύλη κοστίζει 3 δισ. ευρώ. Επιπλέον, οι 1 εκατομμύριο τόνοι σκραπ αλουμινίου που εξάγονται ετησίως αντιπροσωπεύουν απώλεια περίπου 960 εκατομμυρίων ευρώ για την ευρωπαϊκή οικονομία. Με αυξανόμενο όγκο σκραπ να είναι προσβάσιμος στην Ευρώπη, η ανακύκλωση αλουμινίου στο τέλος του κύκλου ζωής του μπορεί να δημιουργήσει μια αγορά αξίας 12 δισ. ευρώ έως το 2050, επιτρέποντας στη βιομηχανία αλουμινίου να αξιοποιήσει την πλήρη οικονομική ευκαιρία. Η χρήση του αλουμινίου που περιέχεται στα προϊόντα στο τέλος της ζωής τους σημαίνει ότι χρησιμοποιείται η πρώτη ύλη που είναι διαθέσιμη στην Ευρώπη και εξαρτώνται λιγότερο από τις εισαγωγές βωξίτη, αλουμίνας και πρωτογενούς αλουμινίου (<https://www.european-aluminium.eu/>).

3.2.3. Χαλκός

Ο χαλκός είναι ο πιο επαναχρησιμοποιήσιμος πόρος στον κόσμο και για σχεδόν 5.000 χρόνια ήταν το μόνο μέταλλο που ήταν γνωστό στον άνθρωπο. Σύμφωνα με την Ένωση Ανάπτυξης Χαλκού, οι γνωστοί, παγκοσμίως, πόροι χαλκού υπολογίζονται σε σχεδόν 5,8 τρισεκατομμύρια λίβρες από τις οποίες μόνο περίπου 0,7 τρισεκατομμύρια λίβρες (12%) έχουν εξορυχθεί σε όλη την ιστορία και σχεδόν όλη αυτή η ποσότητα κυκλοφορεί ακόμη. Η αξία ανακύκλωσης του χαλκού είναι τόσο μεγάλη που το σκραπ υψηλής ποιότητας έχει συνήθως τουλάχιστον το 95% της αξίας του πρωτογενούς μετάλλου από το εξορυχθέν μέταλλευμα. Ως εκ τούτου, αποτελεί ένα βιώσιμο υλικό το οποίο έχει μεγάλη σημασία για την διαδικασία οικοδόμησης της κυκλικής οικονομίας. Η υπεύθυνη εξόρυξη σε συνδυασμό με την ανακύκλωση συμβάλλουν στο να γίνει ο χαλκός βιώσιμος και αποδοτικός από πλευράς πόρων. Το μέταλλευμα χαλκού το οποίο χρησιμοποιείται στην ΕΕ εισάγεται κατά κύριο λόγο από τη Χιλή, το Περού, την Αυστραλία και τις ΗΠΑ, αν και υπάρχει επίσης κάποια παραγωγή στην Ευρώπη, στη Φινλανδία, την Πολωνία, την Ισπανία και την Σουηδία. Μέσω της εξόρυξης χαλκού παρέχονται αρκετά σημαντικά υποπροϊόντα τα οποία δύνανται να χρησιμοποιηθούν σε προηγμένες εφαρμογές υλικών, όπως το κοβάλτιο, το μολυβδαίνιο, το ρήνιο, το σελήνιο, το τελλούριο και στοιχεία σπάνιων γαιών, καθώς και ασήμι, βολφράμιο, χρυσό, μόλυβδο και ψευδάργυρο. Ο χαλκός αποτελεί το μέταλλο για την ενεργειακή μετάβαση, που τροφοδοτεί τα συστήματα ανανεώσιμων πηγών ενέργειας και τις πράσινες τεχνολογίες (<https://energyindustryreview.com/>). Ένας τόνος χαλκού που χρησιμοποιείται σε περιστρεφόμενες μηχανές - όπως ένας ηλεκτροκινητήρας ή μια ανεμογεννήτρια - εξοικονομεί 7.500 τόνους εκπομπών CO₂ κατά τη διάρκεια ζωής του. Η κατανάλωση χαλκού προβλέπεται να αυξηθεί περισσότερο από 40% έως το 2035. Εν μέρει λόγω των πράσινων τεχνολογιών, όπως η ηλιακή και η αιολική ενέργεια και τα ηλεκτρικά οχήματα, η πρόσθετη ζήτηση θα καλυφθεί μέσω της εξόρυξης και της ανακύκλωσης. Η Ευρώπη ήδη πρωτοπορεί στον κόσμο όσον αφορά στην ανακύκλωση χαλκού, με σχεδόν το 50% της ζήτησης χαλκού να καλύπτεται επί του παρόντος από ανακυκλωμένο υλικό. Η βιομηχανία χαλκού βρίσκεται στην πρώτη γραμμή των βιομηχανιών που δεσμεύονται να μειώσουν τις περιβαλλοντικές επιπτώσεις των δραστηριοτήτων της. Το 70% του χαλκού που βρίσκεται στα προϊόντα στο τέλος του κύκλου ζωής και το 90% του χαλκού που υπάρχει σε αστικές υποδομές

ανακυκλώνεται. Χρησιμοποιώντας σκραπ χαλκού μειώνονται οι εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα κατά 65%, ενώ με την ανακύκλωσή του εξοικονομείται το 85% της ενέργειας που απαιτείται για πρωτογενή παραγωγή. Η Ε.Ε. το 2016 προέβη στην εξαγωγή 986.000 τόνων σκραπ χαλκού σε τρίτες χώρες, αξίας 1,96 δις. Ευρώ. Από τα συνολικά απορρίμματα χαλκού τα οποία παράγονται στο τέλος του κύκλου ζωής των προϊόντων (δηλ. 2.625 χιλιάδες τόνοι χαλκού), η ΕΕ συνέλεξε και ανακύκλωσε σχεδόν 1.603 χιλιάδες τόνους.

Μια ολοκληρωμένη μελέτη των αποθεμάτων, των ροών και των ρυθμών ανακύκλωσης χαλκού έχει αναπτυχθεί από το Ινστιτούτο Fraunhofer. Έχουν αναπτυχθεί δυναμικά μοντέλα για τον κόσμο, την Κίνα, την Ιαπωνία, την ΕΕ, τη Λατινική Αμερική και τη Βόρεια Αμερική, τα οποία παρέχουν λεπτομερείς πληροφορίες για το πόσο χαλκός εισάγεται στην οικονομία και πόσο χρησιμοποιείται και αποθηκεύεται, απορρίπτεται και ανακυκλώνεται. Στην εικόνα 9 παρατηρούμε τα παγκόσμια αποθέματα και ροές χαλκού για τα έτη 2006 -2015. Ο παγκόσμιος χαλκός σε χρήση ανέρχεται σε 440.900 kt. Κατά τη διαδικασία επεξεργασίας του χαλκού εντοπίζονται μόνιμες απώλειες, οι οποίες ανέρχονται σε ποσοστό 1.080 kt (B). Ακόμη, παρατηρείται ότι ο συνολικός εξευγενισμένος χαλκός είναι σε ποσοστό 197.820 kt.



Εικόνα 9. Παγκόσμια αποθέματα και ροές χαλκού 2006 - 2015

Πηγή: ICA/Fraunhofer ISI, 2017)

Με βάση το έργο του Ινστιτούτου Fraunhofer, υπολογίστηκαν τα παγκόσμια ποσοστά ανακύκλωσης χαλκού που παρουσιάζονται στον Πίνακα 6.

Πίνακας 6. Ποσοστά ανακύκλωσης χαλκού

| Recycling Rate | Definition* | Value (%)** |
|-----------------------------------|---------------------------|-------------|
| End-of-Life (EoL) Recycling Rate | $EoL\ RR = \frac{i}{e}$ | 50% |
| End-of-Life (EoL) Collection Rate | $EoL\ CR = \frac{g}{e}$ | 70% |
| End-of-Life (EoL) Processing Rate | $EoL\ PR = \frac{j}{g}$ | 70% |
| Overall Recycling Efficiency Rate | $ORER = \frac{i+k}{e+j}$ | 60% |
| Recycling Input Rate | $RIR = \frac{i+k}{a+i+k}$ | 35% |

Πηγή: ICA/Fraunhofer ISI, 2017.

3.2.4. Κρίσιμες ΟΠΥ

Οι κρίσιμες πρώτες ύλες (ΚΠΥ) είναι σημαντικές γιατί συνδέονται με τη βιομηχανία, και όλα τα στάδια της εφοδιαστικής αλυσίδας. Η σύγχρονη τεχνολογία και η ποιότητα ζωής βασίζονται στην πρόσβαση σε έναν αυξανόμενο αριθμό πρώτων υλών. Για παράδειγμα, ένα smartphone μπορεί να περιέχει έως και 50 διαφορετικά είδη μετάλλων και άλλων ΟΠΥ, τα οποία συμβάλλουν στο μικρό μέγεθος, το μικρό βάρος και τη λειτουργικότητά του. Επίσης, οι ΚΠΥ συνδέονται στενά με καθαρές τεχνολογίες.

Οι κύριες παράμετροι που χρησιμοποιούνται για τον προσδιορισμό της κρισιμότητας των πρώτων υλών για την Ε.Ε είναι οι εξής:

1. Οικονομική σημασία - στοχεύει στην παροχή πληροφοριών σχετικά με τη σημασία που έχει ένα υλικό για την οικονομία της ΕΕ σχετικά με τις εφαρμογές τελικής χρήσης και την προστιθέμενη αξία (VA) των αντίστοιχων μεταποιητικών τομέων της ΕΕ στο NACE (Statistical classification of economic activities). Η οικονομική σημασία διορθώνεται από τον δείκτη υποκατάστασης (SIEI) που σχετίζεται με την τεχνική και την απόδοση κόστους των υποκατάστατων για μεμονωμένες εφαρμογές.

2. Κίνδυνος εφοδιασμού – δείχνει τον κίνδυνο που υπάρχει για διακοπή της προμήθειας πρώτων υλών στην ΕΕ. Στηρίζεται στη συγκέντρωση της πρωτογενούς προσφοράς από τις χώρες που παράγουν πρώτες ύλες, παίρνοντας υπόψη τις επιδόσεις διακυβέρνησής τους και τις πτυχές του εμπορίου.

Όσον αφορά στις ΚΠΥ έχουν δημοσιευτεί οι ακόλουθοι κατάλογοι:

- Πρώτος κατάλογος ΚΠΥ. Το 2011, δημοσιεύτηκε ένας κατάλογος με 14 ΚΠΥ. Ο κατάλογος των ΚΠΥ δημιουργήθηκε ως δράση προτεραιότητας της «πρωτοβουλίας πρώτων υλών» της ΕΕ του 2008. Η Επιτροπή δεσμεύτηκε να ενημερώνει την λίστα τουλάχιστον κάθε 3 χρόνια για να αντικατοπτρίζει την παραγωγή, την αγορά και τις τεχνολογικές εξελίξεις.
- Δεύτερος κατάλογος ΚΠΥ. Το 2014, δημοσιεύτηκε η πρώτη αναθεωρημένη λίστα 20 ΚΠΥ στην ανακοίνωση σχετικά με τη λίστα των ΚΠΥ.
- Τρίτος κατάλογος ΚΠΥ. Το 2017, δημοσιεύτηκε η τρίτη λίστα με 27 ΚΠΥ, η οποία στηρίχτηκε σε μια πιο εκλεπτυσμένη μεθοδολογία.
- Τέταρτος κατάλογος ΚΠΥ. Το 2020, δημοσιεύτηκε η τέταρτη λίστα με 30 ΚΠΥ.

Ο κατάλογος ΚΠΥ της ΕΕ για το 2020 περιέχει 30 υλικά σε σύγκριση με 14 υλικά το 2011, 20 υλικά το 2014 και 27 υλικά το 2017. Βωξίτης, λίθιο, τιτάνιο και στρόντιο προστίθενται στη λίστα για πρώτη φορά, ενώ το ήλιο παραμένει «ανησυχητικό» όσον αφορά τη συγκέντρωση της προσφοράς. Στον Πίνακα 7 δίνεται ο κατάλογος ΚΠΥ για το 2020.

Πίνακας 7. Κρίσιμες πρώτες ύλες για το 2020

| | | |
|----------------------------|-------------------------------|-------------------|
| Αντιμόνιο | Άφνιο | Φώσφορος |
| Βαρύτης | Σπάνια Βαρέα Στοιχεία Γης | Σκάνδιο |
| Βηρύλλιο | Ελαφριά σπάνια γήινα στοιχεία | Μεταλλικό πυρίτιο |
| Βισμούθιο | Ίνδιο | Ταντάλιο |
| Βορικά | Μαγνήσιο | Βολφράμιο |
| Κοβάλτιο | Φυσικός γραφίτης | Βανάδιο |
| Άνθρακας οπτανθρακοποίησης | Φυσικό καουτσούκ | Βωξίτης |
| Αφθοραδάμαντα | Νιόβιο | Λίθιο |
| Γάλλιο | Μέταλλα ομάδας πλατίνας | Τιτάνιο |
| Γερμάνιο | Φωσφορικό πέτρωμα | Στρόντιο |

Πηγή: European Commission, 2020

Η βιομηχανία και η οικονομία της ΕΕ εξαρτώνται από τις διεθνείς αγορές για να παρέχουν πρόσβαση σε πολλές σημαντικές πρώτες ύλες, δεδομένου ότι παράγονται και προμηθεύονται από τρίτες χώρες. Η προμήθεια πολλών ΚΠΥ είναι ιδιαίτερα συγκεντρωμένη. Για παράδειγμα, η Κίνα παρέχει το 98% της προμήθειας της ΕΕ σε στοιχεία σπάνιων γαιών (REE), η Τουρκία παρέχει το 98% της προμήθειας της ΕΕ σε βορικά και η Νότια Αφρική παρέχει το 71% των αναγκών της ΕΕ σε πλατίνα. Τα πολύτιμα μέταλλα και ιδιαίτερα η ομάδα της πλατίνας, έχουν δείξει μια σχεδόν συνεχή αύξηση της παγκόσμιας ζήτησης στην ηλεκτρονική βιομηχανία από τις αρχές της δεκαετίας του '80. Τα τελευταία χρόνια όμως, παρόλο που οι ηλεκτρονικές συσκευές αυξάνονται, η χρήση πολύτιμων μετάλλων ανά συσκευή μειώθηκε με την τεχνολογική πρόοδο. Σύμφωνα με τα στοιχεία της εταιρείας WorldGoldCouncil, η ανακύκλωση χρυσού αντιπροσώπευε το 42% της συνολικής προσφοράς χρυσού από το 1999, ποσοστό που έπεσε στο 26% το 2014. Όσον αφορά στην πλατίνα, η ανάκτηση της από κοσμήματα ήταν 34,3 τόνοι από τους οποίους ανακυκλώθηκαν μόνο 1,48 τόνοι από ηλεκτρικό και ηλεκτρονικό εξοπλισμό. Σύμφωνα με το Εθνικό Ινστιτούτο Επιστήμης Υλικών της Ιαπωνίας, υπάρχουν 6800 τόνοι χρυσού (16% των παγκόσμιων αποθεμάτων), 60000 τόνοι αργύρου (22% των παγκόσμιων αποθεμάτων) και 1700 τόνοι ινδίου (15,5 % των παγκόσμιων αποθεμάτων) στα ιαπωνικά αστικά απορρίμματα (NIMS, 2015). Στην ΕΕ, μόνο το 25-40% των αποβλήτων του ηλεκτρικού και του ηλεκτρονικού εξοπλισμού φτάνει στο επίσημο σύστημα διαχείρισης, ενώ τα υπόλοιπα απορρίπτονται σε αστικά απόβλητα, ή εξάγονται σε αναπτυσσόμενες χώρες (Reck and Graedel, 2012). Ο λόγος για την χαμηλή ανακύκλωση πολύτιμων μετάλλων είναι ότι το 50% των ηλεκτρονικών χάνονται λόγω της αναποτελεσματικής συλλογής. Όταν συλλέγονται τα ηλεκτρονικά απόβλητα, χάνεται το 22-25% των πολύτιμων μετάλλων λόγω της μηχανικής επεξεργασίας (Chancerel et al., 2009). Όσον αφορά στις αναπτυσσόμενες χώρες, τα περισσότερα ηλεκτρικά και ηλεκτρονικά απόβλητα αντιμετωπίζονται με ακατέργαστες διεργασίες, όπως ανοικτή καύση ή έκπλυση με οξύ, με αποτέλεσμα τη μεγάλη απώλεια μετάλλων αλλά και σοβαρών περιβαλλοντικών προβλημάτων (Rocchetti et al., 2013, Sepulveda et al., 2010). Τα πολύτιμα μέταλλα διασκορπίζονται σε μικρά τεμάχια και χάνονται κατά τη διαδικασία τεμαχισμού. Για να αποφευχθεί αυτή η απώλεια, πολλά εργοστάσια ανακύκλωσης χρησιμοποιούν

πυρομεταλλουργική μέθοδο για την απόρριψη ηλεκτρονικών αποβλήτων, επιτυγχάνοντας 95% ανάκτηση των πολύτιμων μετάλλων (Zhang et al., 2015). Επί του παρόντος, τα νέα απορρίμματα αποτελούν την κύρια πηγή ανακύκλωσης των κρίσιμων μετάλλων. Για παράδειγμα, το ίνδιο ανακυκλώνεται κυρίως από απόβλητα οξειδίων του ινδίου και κασσίτερου (Buchert et al., 2009). Το 2015, η συνολική ποσότητα ΑΗΗΕ ήταν 43,9 εκατομμύρια τόνοι (Balde et al., 2015). Η ανακύκλωσή τους έχει ενεργό αντίκτυπο στη μείωση των κινδύνων εφοδιασμού μειώνοντας την εξόρυξη παρθένων μεταλλευμάτων (Prakash et al., 2010). Παρόλο που υπάρχουν προηγμένες τεχνολογίες, σε ορισμένες αναπτυσσόμενες χώρες, ο χαμηλός ρυθμός συλλογής μειώνει την αποτελεσματικότητα της ανακύκλωσης μετάλλων. Εκτιμάται ότι περισσότερο από το 80% του κοβαλτίου και σχεδόν όλων των στοιχείων των σπάνιων γαιών χάθηκαν κατά την ανακύκλωση των μπαταριών (Sommer et al., 2015).

3.3 Μελλοντικές τάσεις στην ανάκτηση ΚΠΥ

Λαμβάνοντας υπόψη τις αυξανόμενες απαιτήσεις της περιβαλλοντικής νομοθεσίας, αυξάνονται και οι απαιτήσεις των εμπλεκόμενων μερών για μια φιλικότερη προς το περιβάλλον λειτουργία των βιομηχανιών. Οι δράσεις των εμπλεκόμενων μερών πρέπει να είναι οι εξής (European Commission, 2018) :

- Βελτίωση της γνωσιακής βάσης οργανώνοντας και ενισχύοντας την πανευρωπαϊκή απόκτηση, συλλογή και διαχείριση δεδομένων σε όλα τα επίπεδα σε τοποθεσίες εξορυκτικών αποβλήτων (παλαιών και ενεργών), σχετικά με την ορυκτολογική και στοιχειακή σύνθεση των αποβλήτων.
- Υποστήριξη της ανάπτυξης εργαλείων για την αξιολόγηση της σκοπιμότητας και των οφελών (οικονομική, περιβαλλοντική ασφάλεια, κ.λπ.) που σχετίζονται με την ανάκτηση ΚΠΥ από απόβλητα εξόρυξης.
- Περαιτέρω υποστήριξη της ανάπτυξης τεχνολογιών για την αποτελεσματική εξαγωγή ΚΠΥ από πρωτογενή μεταλλεύματα και εξορυκτικά απόβλητα.
- Εξέταση επιλογών για την προώθηση της ανάκτησης υλικών (και ενέργειας) από ανενεργούς και εν λειτουργία χώρους υγειονομικής ταφής υπό οικονομικά βιώσιμες συνθήκες.
- Περαιτέρω διερεύνηση με τους ενδιαφερόμενους φορείς του δυναμικού των νέων δορυφορικών τεχνολογιών για την καλύτερη ανίχνευση και αντιμετώπιση της εγκληματικότητας στα ηλεκτρονικά απόβλητα.

- Προώθηση του κατάλληλου σχεδιασμού για την αποσυναρμολόγηση των ΑΗΗΕ έτσι ώστε οι μπαταρίες να μπορούν να αφαιρούνται εύκολα.
- Υιοθέτηση ετικετών ή άλλων εργαλείων για τη δήλωση περιεχομένου ΚΠΥ σε βασικά εξαρτήματα του οχήματος, όπως μπαταρίες και αυτοκαταλύτες, π.χ. μέσω τυποποίησης.
- Ανάπτυξη ευρωπαϊκών προτύπων για την αποδοτική ως προς τα υλικά ανακύκλωση οχημάτων στο τέλος του κύκλου ζωής τους.
- Παροχή περαιτέρω υποστήριξης σε δραστηριότητες E&A και καινοτομίας βιομηχανικής κλίμακας για την ανάπτυξη ανταγωνιστικών τεχνολογιών ανακύκλωσης που εστιάζονται σε υλικά που επί του παρόντος δεν (ή δύσκολα) ανακυκλώνονται, όπως το λίθιο, ο γραφίτης και οι σπάνιες γαίες.
- Συνέχιση της παρακολούθησης των εξελίξεων στην αγορά ηλεκτρικών οχημάτων και διεξαγωγή προβολών σχετικά με τη ζήτηση και τα αποθέματα κρίσιμων υλικών.
- Εναρμόνιση των διαδικασιών εγγραφής/διαγραφής εντός της ΕΕ, για να ενισχυθεί η ανταλλαγή πληροφορήσης μεταξύ των κρατών μελών και να διασφαλιστεί η παρακολούθηση της τύχης των προσωρινά διαγραφόμενων οχημάτων.
- Ενθάρρυνση των Κρατών Μελών να κάνουν χρήση οικονομικών κινήτρων - για παράδειγμα τέλη ή συστήματα επιστροφής χρημάτων - για την παράδοση οχημάτων στο τέλος του κύκλου ζωής τους σε εξουσιοδοτημένες εγκαταστάσεις επεξεργασίας.
- Παροχή αποκλειστικής υποστήριξης σε δράσεις καινοτομίας και έρευνας για την προώθηση υλικών αποδοτικών λύσεων στη χρήση ΚΠΥ σε τεχνολογίες αιολικής και φωτοβολταϊκής ενέργειας.
- Παροχή υποστήριξης στη συνεργατική χρηματοδότηση της έρευνας για τον μετριασμό των κινδύνων εφοδιασμού που συνδέονται με τις πρώτες ύλες που χρειάζονται για την ανάπτυξη βασικών αμυντικών δυνατοτήτων από την αμυντική βιομηχανία της Ευρώπης και για την εξεύρεση λύσεων για τη βελτίωση της αποδοτικότητας των πόρων, την ανακύκλωση και την υποκατάσταση των σχετικών πρώτων υλών.
- Ανάπτυξη νέων ή βελτιστοποίηση υφιστάμενων χημικών διεργασιών ή/και τεχνολογιών που επιτρέπουν/ενισχύουν την ασφαλή ανακύκλωση ή/και επαναχρησιμοποίηση των ΚΠΥ.

Συνολικά, όλο και περισσότερες χώρες έχουν καταβάλει προσπάθειες για τη διαχείριση και ανακύκλωση κρίσιμων μετάλλων από τα ΑΗΗΕ. Ωστόσο εξακολουθούν να υπάρχουν ορισμένα προβλήματα. Πρώτον, οι σχετικοί νόμοι και νομοθεσίες δεν συνεπάγονται υποχρεωτικά την επιτυχή εφαρμογή τους. Σε πολλές χώρες, το ποσοστό ανακύκλωσης των ΑΗΗΕ είναι πολύ χαμηλότερο από τους νόμιμους στόχους ανακύκλωσης. Δεύτερον, οι περισσότερες εθνικές νομοθεσίες δεν καλύπτουν όλα τα είδη κατηγοριών των ΑΗΗΕ. Για παράδειγμα στην Κίνα, οι επιδοτήσεις του κράτους ισχύουν μόνο για ορισμένους τύπους ΑΗΗΕ, γεγονός που οδηγεί στην περιορισμένη συλλογή άλλων. Τρίτον, καθώς η ανακύκλωση είναι μια πολύπλοκη διαδικασία και μερικές φορές ενδέχεται να μην είναι οικονομική, η εκτεταμένη χρήση απαιτεί νέες τεχνολογίες. Ωστόσο, απουσιάζει ειδικά στις αναπτυσσόμενες χώρες. Ως αποτέλεσμα, περίπου 6,5 τόνοι ΑΗΗΕ αναφέρθηκαν ως επίσημα επεξεργασμένα σε παγκόσμια κλίμακα, το οποίο ήταν περίπου το 15,5% της συνολικής παραγωγής το 2014 (Balde et al., 2015). Επομένως η ανακύκλωση εξακολουθεί να μην είναι ικανοποιητική σε παγκόσμια κλίμακα. Προτάθηκαν πολλές προτάσεις για την αντιμετώπιση των προβλημάτων στο μέλλον. Το πρωταρχικό καθήκον είναι να καταβληθούν προσπάθειες για τη διασφάλιση της εφαρμογής των πολιτικών σχετικά με τα ΑΗΗΕ. Στη συνέχεια η δημιουργία μιας καλύτερης βάσης δεδομένων για την παραγωγή, τη σύνθεση και το χειρισμό των ΑΗΗΕ, καθορίζοντας τις κατηγορίες ανακύκλωσης. Είναι εξαιρετικά σημαντικό να διερευνηθούν οι επιπτώσεις των ΑΗΗΕ στη συλλογή, ανακύκλωση και διάθεση, κατευθύνοντας μια λογική μέθοδο για την ανακύκλωση τους με βάση τις σημερινές τεχνολογίες. Τέλος, απαιτούνται προηγμένες τεχνολογίες για την ανακύκλωση των ΑΗΗΕ με οικονομικό και περιβαλλοντικό πρόσημο (Zhang et al., 2017).

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4. Συμπεράσματα

Η βελτίωση του βιοτικού επιπέδου και η αύξηση του πληθυσμού, σε παγκόσμιο επίπεδο, όπως επίσης και οι αλλαγές σε καταναλωτικά πρότυπα και συμπεριφορές (κυρίως στις ανεπτυγμένες χώρες) οδήγησαν σε μία σημαντική αύξηση των παραγόμενων αποβλήτων, τόσο από τα νοικοκυριά όσο και από διάφορες οικονομικές δραστηριότητες. Για πολλές δεκαετίες, η διαχείριση των στερεών αποβλήτων βασιζόταν, αποκλειστικά ή σχεδόν αποκλειστικά, στην ταφή τους σε χώρους ανεξέλεγκτης διάθεσης ή, στην καλύτερη περίπτωση, σε χώρους υγειονομικής ταφής. Ωστόσο, οι επιπτώσεις από τα, σε αρκετές περιπτώσεις σοβαρά, περιβαλλοντικά, κοινωνικά και οικονομικά προβλήματα που σχετίζονταν με την ταφή των αποβλήτων και η συνειδητοποίηση της απώλειας πολύτιμων πόρων κι ενέργειας μέσα από τέτοιες πρακτικές, οδήγησαν σταδιακά στη μεταβολή του μοντέλου διαχείρισης των αποβλήτων. Σε αυτό συνέβαλλε σημαντικά, τα τελευταία χρόνια, και η προσπάθεια μετάβασης από ένα μοντέλο γραμμικής οικονομίας σε ένα μοντέλο κυκλικής οικονομίας, όπως και η ανάγκη τροφοδότησης της εφοδιαστικής αλυσίδας με τις απαραίτητες πρώτες ύλες.

Σήμερα, και ιδιαίτερα στις ανεπτυγμένες χώρες, η πυραμίδα της διαχείρισης των αποβλήτων απαιτεί κατά σειρά προτεραιότητας την πρόληψη παραγωγής αποβλήτων, την επανάχρηση, την ανακύκλωση, την ανάκτηση και, ως τελευταία λύση, την απόρριψη σε χώρους υγειονομικής ταφής. Ωστόσο το πρόβλημα είναι σύνθετο και, ως εκ τούτου, η αντιμετώπισή του είναι αρκετά πολύπλοκη. Για παράδειγμα, για να είναι αποτελεσματικότερη η ανακύκλωση των αποβλήτων απαιτείται, σε μικρότερο ή μεγαλύτερο βαθμό, διαχωρισμός των αποβλήτων, σχεδιασμός του προϊόντος εξ αρχής για να μπορεί εύκολα να επαναχρησιμοποιηθεί, να διαχωριστεί σε επιμέρους υλικά, κ.λπ.

Τα τελευταία είκοσι χρόνια, η Ε.Ε. καταβάλλει συστηματικές προσπάθειες σε θεσμικό και όχι μόνο επίπεδο για να βελτιώσει τις μεθόδους διαχείρισης των αποβλήτων που παράγει. Έτσι, όσον αφορά στην επεξεργασία των εγχώριων αποβλήτων στην ΕΕ, από το 2010 έως το 2018, η συνολική ποσότητα αυξήθηκε από 652 εκατομμύρια τόνους, το 2010, σε 698 εκατομμύρια τόνους, το 2018. Η ανακυκλωμένη ποσότητα αυξήθηκε στο ίδιο διάστημα από 53% έως 55% (κατά 44 εκατομμύρια τόνους) και η ανάκτηση ενέργειας από 12% σε 18% (αν και μέρος

αυτής της αύξησης μπορεί να οφείλεται στην αναταξινόμηση των μονάδων αποτέφρωσης αποβλήτων, σύμφωνα με το κριτήριο ενεργειακής απόδοσης που ορίζεται στην Οδηγία πλαίσιο για τα απόβλητα). Η αύξηση της ανακύκλωσης και της ανάκτησης ενέργειας είχε ως αποτέλεσμα την εκτροπή 15 εκατομμύρια τόνων απορριμμάτων από τους χώρους υγειονομικής ταφής, μειώνοντας το ποσοστό υγειονομικής ταφής σε 23%, το 2018.

Παρά τα θετικά στοιχεία, ο δρόμος για τη δημιουργία μιας πραγματικά κυκλικής οικονομίας είναι ακόμη μακρύς. Αυτό φαίνεται, για παράδειγμα, στους επιτυγχανόμενους δείκτες ανακύκλωσης βασικών μετάλλων και ΚΠΥ. Στην περίπτωση του χάλυβα λιγότερο από το 50% προέρχεται από ανακύκλωση σκραπ. Όσον αφορά στο αλουμίνιο, από τη συνολική ποσότητα απορριμμάτων αλουμινίου που παράγονται στην Ε.Ε, στο τέλος του κύκλου ζωής των υλικών συλλέχθηκαν και ανακυκλώθηκαν περίπου το 70%. Σε σχέση με την ανακύκλωση χαλκού, σχεδόν το 50% της ζήτησης καλύπτεται επί του παρόντος από ανακυκλωμένο υλικό. Τα ποσοστά ανακύκλωσης είναι ακόμη χαμηλότερα για πολλές από τις ΚΠΥ. Λαμβάνοντας τα πολύ σημαντικά οφέλη, σε περιβαλλοντικό, κοινωνικό και οικονομικό επίπεδο, απαιτείται μια συστηματικότερη και εντονότερη προσπάθεια, σε ευρωπαϊκό κι εθνικό επίπεδο, για να αρθούν τα θεσμικά, οικονομικά και τεχνολογικά εμπόδια.

Βιβλιογραφία

- Albino, Verardi, U., Dangelico, R. M. (2015). Smart cities: Definitions, dimensions, performance, and initiatives. *Journal of Urban Technology*. 22(1), 3-21.
- Aljerf, L. (2018). Data of thematic analysis of farmer' s use behavior of recycled industrial wastewater. *Data in Brief*, 21, 240-250.
- Anagnostopoulos, T., Zaslavsky, A., Kolomvatsos, K., Medvedev, A., Amirian, P., Morley, J., & Hadjieftymiades, S. (2017). Challenges and opportunities of waste management in IoT-enabled smart cities: a survey. *IEEE Transactions on Sustainable Computing*, 2(3), 275–289.
- Auer, A. (2015). Photovoltaic module decommissioning and recycling in Europe and Japan– current methodologies, norms and future trends, Master's Thesis, 30 HEC, Swedish University of Agricultural Sciences.
http://stud.epsilon.slu.se/7608/1/auer_a_150211.pdf
- Baetz, B.W., Neebe, A.W. (1994). A planning model for the development of waste material recycling programmes. *Journal of the Operational Research Society* 45 (12), 1374–1384.
- Baldé, C., Wang, F., Kuehr, R., Huisman, J. (2015). The global e-waste monitor– 2014.
- Barros, A. I., Dekker, R., & Scholten, V. (1998). A two-level network for recycling sand: A case study. *European Journal of Operational Research*, 110(2), 199–214. doi:10.1016/S0377-2217(98)00093-9
- Batista, L., Bourlakis, M., Liu, Y., Smart, P., Sohal, A. (2018). Supply chain operations for a circular economy. *Production Planning & Control*, 29(6), 419–424.
- Barton, D. A., Stuart, P. R., Lagace, P., & Miner, R. (1996). Experience with water system closure at recycled paperboard mills. *Tappi journal*, 79(3), 191-197.
- Berger, C., Savard, G., Wizere, A. (1999). EUGENE: an optimization model for integrated regional solid waste management planning. *Int. J. Environment and Pollution* 12 (2/3), 280–307.

- Bocken, N. M., Olivetti, E. A., Cullen, J. M., Potting, J., & Lifset, R. (2017). Taking the circularity to the next level: a special issue on the circular economy. *Journal of Industrial Ecology*, 21(3), 476-482.
- Buchert, M., Schüler, D., Bleher, D. (2009). *Critical Metals for Future Sustainable Technologies and Their Recycling Potential*. United Nations Environment Programme & United Nations University.
- European Commission (2014). Commission Regulation (EU) No 1253/2014 of 7 July 2014 implementing Directive 2009/125/EC of the European Parliament and of the Council with regard to ecodesign requirements for ventilation units. Text with EEA relevance, OJ L 337 25.11.2014, p. 8, CELEX.
- European Commission (2016). Communication from the Commission on the Ecodesign Working Plan 2016-2019, COM(2016) 773 final, 30.11.2016, Brussels.
- European Commission (2018). Communication from the Commission to the European Parliament, A European Strategy for Plastics in a Circular Economy, COM/2018/028 final, 16.1.2018, Brussels.
- European Commission (2016). Communication from the Commission to the European Parliament, the European economic and social committee and the committee of the regions, European Defence Action Plan, 30/11/2016, Brussels.
- European Commission (2017). Communication from the Commission to the European Parliament, the European economic and social committee and the committee of the regions, and the European investment bank, Investing in a smart, innovative and sustainable Industry A renewed EU Industrial Policy Strategy, 06/11/2017, Brussels.
- European Commission (2016). Proposal for a directive of the European Parliament and of the Council on the promotion of the use of energy from renewable sources (recast), 25/04/2017, Brussels.
- Directive 2011/65/EU on the restriction of the use of certain hazardous substances in electrical and electronic equipment, OJ L 174, 1.7.2011, p. 88-110.

- Directive 2008/98/EC of the European Parliament and of the Council of 19 November 2008 on waste and repealing certain Directives (Text with EEA relevance), OJ L 312, 22.11.2008, p. 3-30
- Directive 2006/66/EC of the European Parliament and of the Council of 6 September 2006 on batteries and accumulators and waste batteries and accumulators and repealing Directive 91/157/EEC, OJ L 266, 26.9.2006, p. 1-14
- Directive 2000/53/EC of the European Parliament and of the Council of 18 September 2000 on end-of life vehicles, OJ L 269, 21.10.2000, p. 34-43.
- Directive (EU) 2019/904 of the European Parliament and of the Council of 5 June 2019 on the reduction of the impact of certain plastic products on the environment, OJ L 155, 12.6.2019, p. 1-19.
- Directive 2009/125/EC of the European Parliament and of the Council of 21 October 2009 establishing a framework for the setting of ecodesign requirements for energy-related products, OJ L 285, 31.10.2009, p. 10-35.
- Directive 2010/30/EU of the European Parliament and of the Council of 19 May 2010 on the indication by labelling and standard product information of the consumption of energy and other resources by energy-related products, OJ L 153, 18.6.2010, p. 1-12.
- Ellen MacArthur Foundation, A new textiles economy: Redesigning fashion's future, (2017).
- ECMA (2012), ECMA Guidelines for the management of spent catalysts.
- Esmaili, H. (1972). Facility selection and haul optimisation model. *Journal of the Sanitary Engineering Division, ASCE* December 1005–1021.
- Esmailian, B., Wang, B., Lewis, K., Duarte, F., Ratti, C., Behdad, S. (2018). The future of waste management in smart and sustainable cities: A review and concept paper. *Waste Management*, 81(November), 177-195.
- European Parliament and Council Directive 94/62/EC of 20 December 1994 on packaging and packaging waste, OJ L 365 31.12.1994, p. 10.

- Everett, J.W., Modak, A.R. (1996). Optimal regional scheduling of solid waste systems I: model development. *Journal of Environmental Engineering* 122 (9), 785–792.
- Farooque, M., Zhang, A. (2017). Supply chain management for the circular economy: a review and a classification of terms. *Proceedings of the 15th ANZAM Operations, Supply Chain and Services Management Symposium, Queenstown, New Zealand*. 9-10.
- Furlani, E., Tonello, G., & Maschio, S. (2010). Recycling of steel slag and glass cullet from energy saving lamps by fast firing production of ceramics. *Waste Management*, 30(8), 1714-1719.
- Fuss, M., Barros, R. T. V., Poganietz, W. R. (2018). Designing a framework for municipal solid waste management towards sustainability in emerging economy countries – an application to a case study in Belo Horizonte (Brazil). *Journal of Cleaner Production*, 178,655-664.
- Ghisellini, P., Cialani, C., Ulgiati, S. (2016). A review on circular economy: the expected transition to a balanced interplay of environmental and economic systems. *Journal of Cleaner Production*, 114, 11–32.
- Glouche, Y., Couderc, P. (2013). A smart waste management with self-describing objects. Presented at the Second International Conference on Smart Systems, Devices and Technologies (SMART'13), Rome, Italy.
- Heck, P. (2006). *Circular Economy Related International Practices and Policy Trends: Current Situation and Practices on Sustainable Production and Consumption and International Circular Economy Development Policy Summary and Analysis*.
- Ismail, Z. Z., & Al-Hashmi, E. A. (2009). Recycling of waste glass as a partial replacement for fine aggregate in concrete. *Waste Management*, 29(2), 655–659.
- Jacobsen, R., Willeghems, G., Gellynck, X., & Buysse, J. (2018). Increasing the quantity of separated post-consumer plastics for reducing combustible

- household waste: The case of rigid plastics in Flanders. *Waste management*, 78, 708-716.
- Jiao, W., & Boons, F. (2014). Toward a research agenda for policy intervention and facilitation to enhance industrial symbiosis based on a comprehensive literature review. *Journal of Cleaner Production*, 67, 14-25.
- Kirchherr, J., Reike, D., & Hekkert, M. (2017). Conceptualizing the circular economy: An analysis of 114 definitions. *Resources, Conservation and Recycling*, 127, 221-232.
- Korhonen, J., Nuur, C., Feldmann, A., & Birkie, S. E. (2018). Circular economy as an essentially contested concept. *Journal of Cleaner Production*, 175, 544-552.
- Liu, S., Zhang, Y., Liu, Y., Wang, L., Wang, X.V. (2019). An 'Internet of Things' enabled dynamic optimization method for smart vehicles and logistics tasks. *Journal of Cleaner Production*, 215, 806-820.
- MacDonald, M.L. (1996). A Multi-attribute spatial decision support system for solid waste planning. *Comput., Environ., and Urban Systems* 20(1), 1–17.
- Mendoza, J. M. F., Sharmina, M., Gallego-Schmid, A., Heyes, G., & Azapagic, A. (2017). Integrating backcasting and eco-design for the circular economy: The BECE framework. *Journal of Industrial Ecology*, 21(3), 526-544.
- Ness, D. A., & Xing, K. (2017). Toward a resource-efficient built environment: A literature review and conceptual model. *Journal of Industrial Ecology*, 21(3), 572-592.
- NIMS - National Institute for Material Science (2015). Available at: http://www.nims.go.jp/jpn/news/press/pdf/press215_2.pdf
- Palomar, A. A. U., Sundo, M. B., Velasco, P. P., & Camus, D. R. D. (2019). End-of-pipe waste analysis and integrated solid waste management plan. *Civil Engineering Journal*, 5(9), 1970-1982.
- Pavel, C. and Tzimas, E. (2016). Raw materials in the European defence industry. Luxembourg, European Commission, joint Research Centre (JRC).

- Pires, A., Martinho, G., & Chang, N. B. (2011). Solid waste management in European countries: A review of systems analysis techniques. *Journal of Environmental Management*, 92(4), 1033-1050.
<https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2010.11.024>
- Prakash, S., Manhart, A., Amoyaw-Osei, Y., Agyekum, O.O. (2010). Socioeconomic assessment and feasibility study on sustainable e-waste management in Ghana. Öko-Institut eV in cooperation with Ghana Environmental Protection Agency (EPA) & Green Advocacy Ghana, Ministry of Housing, Spatial Planning and the Environment, VROM Inspectorate.
- Regulation (EC) No 1013/2006 as amended by Regulation (EU) No 660/2014 on shipments of waste, OJ L 189, 27.6.2014, p. 135–142
- Reike, D., Vermeulen, W. J., & Witjes, S. (2018). The circular economy: New or refurbished as CE 3.0?—Exploring controversies in the conceptualization of the circular economy through a focus on history and resource value retention options. *Resources, Conservation and Recycling*, 135, 246-264.
- Rocchetti, L., Vegliò, F., Kopacek, B., Beolchini, F. (2013). Environmental impact assessment of hydrometallurgical processes for metal recovery from WEEE residues using a portable prototype plant. *Environmental Science and Technology*, 47(3), 1581–1588.
- Sauvé, S., Bernard, S., & Sloan, P. (2016). Environmental sciences, sustainable development and circular economy: Alternative concepts for trans-disciplinary research. *Environmental Development*, 17, 48–56.
- Schafer, B. (2014). D-waste: data disposal as challenge for waste management in the Internet of Things. *International Review of Information Ethics*, 22(12), 100-106.
- SCREEN (2017). Report on the current use of critical raw materials.
<http://screen.eu/wp-content/uploads/2017/01/SCREEN-D2.1-Report-on-the-current-use-of-critical-raw-materials.pdf>
- Sommer, P., Rotter, V.S., Ueberschaar, M. (2015). Battery related cobalt and REE flows in WEEE treatment. *Waste Manage.* 45, 298–305.

- Special Eurobarometer 503, January 2020.
- Srivastava, S. K. (2007). Green supply-chain management: A state-of the-art literature review. *International Journal of Management Reviews*, 9(1), 53–80.
- Sundberg, J., Gipperth, P., Wene, C.D. (1994). A systems approach to municipal solid waste management: a pilot study of Goteborg. *Waste Management and Research* 12 (1), 73–91.
- Taelman, S., Tonini, D., Wandl, A., & Dewulf, J. (2018). A holistic sustainability framework for waste management in European cities: Concept development. *Sustainability*, 10(7), 2184.
- Tanskanen, J.-H. (2000). Strategic planning of municipal solid waste management. *Resources, Conservation and Recycling* 30, 111–133.
- Truitt, M., Liebman, J., Kruse, C. (1969). Simulation model of urban refuse collection. *Journal of the sanitary engineering division* April, 289–298.
- Van Buren, N., Demmers, M., Van der Heijden, R., & Witlox, F. (2016). Towards a circular economy: The role of Dutch logistics industries and governments. *Sustainability*, 8(7), 647.
- Zanella, A., Bui, N., Castellani, A., Vangelista, L., Zorzi, M. (2014). Internet of things for smart cities. *IEEE Internet of Things journal*, 1(1), 22-32
- Zhang, S., Ding, Y., Liu, B., & Chang, C. chi. (2017). Supply and demand of some critical metals and present status of their recycling in WEEE. *Waste Management*, 65,113–127.

Πηγές διαδικτύου:

<http://publications.europa.eu/en/publication-detail/-/publication/2d43b7e2-66ac-11e7-b2f2-01aa75ed71a1/language-en/format-PDF/source-32064602>

https://ec.europa.eu/environment/topics/waste-and-recycling_el

<http://ec.europa.eu/environment/waste/elv/index.htm>

<https://ec.europa.eu/research/participants/portal/desktop/en/opportunities/h2020/topics/ce-sc5-08-2018-2019-2020.html>

<https://www.innovationplace.eu/project/collectors-waste-collection-systems-assessed-and-good-practices-identified/954>

<http://ec.europa.eu/growth/toolsdatabases/mandates/index.cfm?fuseaction=search.detail&id=564>

[https://www.europarl.europa.eu/RegData/etudes/BRIE/2015/564398/EPRS_BRI\(2015\)564398_EN.pdf](https://www.europarl.europa.eu/RegData/etudes/BRIE/2015/564398/EPRS_BRI(2015)564398_EN.pdf)

<https://ec.europa.eu/environment/eussd/buildings.htm>

<https://www.boverket.se/sv/byggande/hallbart-byggande-och-forvaltning/miljoindikatorer---aktuell-status/vaxthusgaser/>

<https://ec.europa.eu/growth/tools-databases/eip-raw-materials/en/content/international-conference-%E2%80%9CExchange-good-practices-metal-products-recovery-technology-and>

<http://www.eurelco.org/mission>

http://ec.europa.eu/environment/waste/weee/standards_en.htm

<http://www.re-claim.eu/>

https://ec.europa.eu/transport/modes/road/news/2017-11-08-driving-clean-mobility_en

<http://www.recupyl.com/121-20-31-lithium-polymer-battery.html>

<http://www.pvcycle.org/>

<https://ec.europa.eu/transparency/regdoc/rep/1/2016/EN/1-2016-157-EN-F1-1.PDF>

https://ec.europa.eu/growth/sectors/raw-materials/areas-specific-interest/critical-raw-materials_el

https://www.eurofer.eu/assets/Uploads/20151016_CircularEconomyA4.pdf

https://recycling.world-aluminium.org/fileadmin/_migrated/content_uploads/fl0000217_04.pdf

<https://energyindustryreview.com/metals-mining/europe-leading-the-world-in-copper-recycling/>

https://ec.europa.eu/growth/sectors/raw-materials/areas-specific-interest/critical-raw-materials_el

https://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php?title=Waste_management_indicators#Overview

<https://www.europarl.europa.eu/news/el/headlines/society/20180328STO00751/i-diacheirisi-ton-apovlition-stis-chores-tis-ee-grafima>

<https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EL/TXT/?uri=LEGISSUM%3Aev0010>

<https://www.reclaim-project.eu>

<http://www.eurelco.org/mission>

<https://ec.europa.eu/growth/tools-databases/eip-raw-materials/en/call-commitments>

<http://screen.eu>

<http://www.inrep.eu>

<https://infinity-h2020.eu>

<http://flintstone2020.eu>

<http://scale-project.eu/>

<http://www.chromic.eu/>

<https://www.spire2030.eu/cabriss>

<http://www.reslag.eu>

<http://www.criticalrawmaterialrecovery.eu/>

<https://life-recumetal.eu/en/>

https://www.eurofer.eu/assets/Uploads/20151016_CircularEconomyA4.pdf

<http://euractiv.gr/periballon/o-xalybas-mporei-na-anakyklothei-eykola>

<http://asnafabrications.com/>

<https://www.european-aluminium.eu/media/3263/european-aluminium-circular-aluminium-action-plan.pdf>

<https://www.eea.europa.eu/publications/textiles-in-europes-circular-economy>