



Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο
Σχολή Μηχανικών Μεταλλείων
Μεταλλουργών

Διπλωματική Εργασία

Κυκλική οικονομία και οι επιδράσεις της στον
μεταλλευτικό τομέα

της

Παναγοπούλου Φωτεινής Ναταλίας

Υπεύθυνοι καθηγητές

Καλιαμπάκος Δημήτριος,

Μαυρίκος Αθανάσιος,

Μενεγάκη Ελένη

Αθήνα, 2021

Ευχαριστίες

Η παρούσα διπλωματική εργασία εκπονήθηκε κατά το έτος 2021 στον Τομέα Περιβαλλοντικής Μηχανικής και Γεωπεριβάλλοντος του Τμήματος Μηχανικών Μεταλλείων Μεταλλουργών του Εθνικού Μετσόβιου Πολυτεχνείου υπό την επίβλεψη του Καθηγητή κ. Καλιαμπάκου Δημήτριου.

Θα ήθελα πρωτίστως να ευχαριστήσω τον κ. Καλιαμπάκο Δημήτριο για την δυνατότητα που μου έδωσε να ασχοληθώ με ένα τόσο ενδιαφέρον θέμα και για όλες τις σχετικές πληροφορίες και συμβουλές που αποδείχθηκαν εξαιρετικά χρήσιμες στην ολοκλήρωση της εργασίας. Στη συνέχεια θα ήθελα να ευχαριστήσω και τον κ. Μαυρίκο Αθανάσιο, ο οποίος με καθοδήγησε σε μεγάλο βαθμό με τις γνώσεις, παρατηρήσεις και νουθεσίες του κατά την διάρκεια της συγγραφής. Η συμβολή και των δύο ανωτέρω καθηγητών ήταν καθοριστική στην διεκπεραίωση της εργασίας αυτής.

Τέλος εκτός θα ήθελα να ευχαριστήσω την καθηγήτρια κ. Μενεγάκη Ελένη ως μέλος της Εξεταστικής Επιτροπής για την μελέτη και αξιολόγηση της παρούσας διπλωματικής εργασίας.

Οκτώβριος 2021

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Στην παρούσα εργασία αναλύεται η σημασία των ορυκτών πόρων που παρέχει ο πλανήτης μας, στην ανάπτυξη της ανθρώπινης κοινωνίας και την μελλοντική διατήρηση του βιοτικού της επιπέδου. Η εξόρυξη πρώτων υλών στις τελευταίες δεκαετίες έχει αυξηθεί αρκετά, λόγω της ανάγκης κάλυψης της εξίσου αυξανόμενης ζήτησης. Η τεχνολογική εξέλιξη έχει παίξει καθοριστικό ρόλο στο παραπάνω φαινόμενο, οδηγώντας όλες σχεδόν τις χώρες του κόσμου να επενδύσουν στην ανάπτυξη του εξορυκτικού τομέα αλλά και του τομέα εισαγωγών και εξαγωγών πρώτων υλών. Η επιτυχία που καταγράφει κάθε χώρα στην εξασφάλιση των απαραίτητων πόρων της επηρεάζεται, από πληθώρα οικονομικών, κοινωνικών, νομικών και περιβαλλοντικών παραγόντων. Ταυτόχρονα η ανισομερής και περιορισμένη κατανομή των διαφόρων ορυκτών υλών σε όλο τον κόσμο αναπόφευκτα επηρεάζει τις δυνατότητες και τις απαιτήσεις κάθε κράτους στην ανταγωνιστική αυτή αγορά.

Η ανάλυση παγκόσμιων δεδομένων κατανάλωσης και ζήτησης των μειωμένων σε ποσότητες ορυκτών πόρων, σε συνδυασμό με τις ανάγκες της κάθε περιοχής, προβλέπουν ότι οι ανοδικές τάσεις στην μελλοντική παραγωγή και συναλλαγή των αγαθών δεν θα είναι εύκολο να ικανοποιηθούν, εξαιτίας της υπερκατανάλωσης και απόρριψης των χρήσιμων αυτών υλικών.

Για την επίλυση του προβλήματος βιωσιμότητας τόσο στον τομέα της παραγωγής αγαθών όσο και σε αυτόν της εξόρυξης, έχει προταθεί τα τελευταία χρόνια η υιοθέτηση της στρατηγικής της κυκλικής οικονομίας. Έχοντας ως βασικό άξονα του πλάνου την ανακύκλωση των υλικών μετά την απόρριψη τους, η κυκλική οικονομία αποτελεί την καταλληλότερη επιλογή για την επίτευξη του στόχου. Οι πρακτικές αυτές εστιάζουν στα σημεία απόρριψης της παραγωγικής διαδικασίας, τα οποία αποτελούν την εκ νέου πηγή όλων των πρώτων υλών που απαιτούνται για την κάλυψη της ζήτησης. Παρά τα αρχικά στάδια στα οποία βρίσκεται η μετάβαση στην κυκλική οικονομία, τα οφέλη της σε οικονομικό, περιβαλλοντικό και κοινωνικό επίπεδο είναι ήδη εμφανή. Γι' αυτό τον λόγο σε πολλές χώρες σε Ε.Ε. και παγκόσμια έχουν υιοθετηθεί μερικές μέθοδοι ανακύκλωσης είτε οικιακών είτε εργοστασιακών απορριμμάτων με στόχο την ανάκτηση υλικών. Όλα τα προϊόντα παραγωγής από τρόφιμα, υφάσματα, σε ηλεκτρικές συσκευές και κτίρια τίθενται προς ανακύκλωση

και επαναποθετούνται στην παραγωγική διαδικασία, ενώ περιορίζουν την κοστοβόρα και περιβαλλοντικά επικίνδυνη εξόρυξη «παρθένων» πόρων. Για όλα τα παραπάνω είναι απαραίτητη η ενδελεχής διευθέτηση και οργάνωση με συγκεκριμένες οδηγίες που θα βοηθήσουν στην σταδιακή ενσωμάτωση της κυκλικής οικονομίας στην καθημερινότητα της κοινωνίας.

Εξίσου σημαντική είναι και η εφαρμογή της ανακύκλωσης και στον τομέα των εκμεταλλεύσεων, όπου απαιτούνται μεγάλες ποσότητες πρώτων υλών. Όπως και στην περίπτωση των προϊόντων καταναλωτισμού που παράγονται εργοστασιακά, με παρόμοιο τρόπο μπορούν να χρησιμοποιηθούν και τα απορρίμματα που προκύπτουν από τις διεργασίες εξόρυξης, προεπεξεργασίας και μεταλλουργίας. Για όλα τα παραπροϊόντα και στείρα υλικά που δημιουργούνται στη διάρκεια των εκμεταλλεύσεων υπάρχει δυνατότητα αξιοποίησης τους σε άλλες διαδικασίες.

Ακολουθώντας συγκεκριμένες οδηγίες για τον περιορισμό και την αντιμετώπιση των παραγόμενων μεταλλευτικών απορριμμάτων, μπορούν να αποφευχθούν νέες επιπτώσεις και να μειωθούν τα κόστη νέων εξορύξεων. Επιπλέον οι μέθοδοι διαχείρισης των απορριμμάτων σε άλλες διεργασίες ή και στα πλαίσια του ίδιου του έργου συμβάλουν στον περιορισμό των περιβαλλοντικών επιδράσεων που θα είχε η ανεξέλεγκτη διάθεση τους. Η οργανωμένη ενσωμάτωση των κυκλικών αυτών διεργασιών σε οποιοδήποτε έργο χρειάζεται οικονομική και τεχνογνωσιακή ενίσχυση, η οποία δεν είναι πάντοτε διαθέσιμη. Ως αποτέλεσμα πολλές τεχνικές ανακύκλωσης παραμένουν στο θεωρητικό στάδιο και τα προτερήματά τους απραγματοποιήτα. Παρά τα εμπόδια που παρουσιάζονται στον δρόμο, η κυκλικότητα στα εξορυκτικά έργα είναι πραγματικότητα για πολλές εταιρείες σε όλο τον πλανήτη και με τη πάροδο του χρόνου όλο και περισσότερες εταιρείες θα την ενσωματώσουν στις οδηγίες τους.

ABSTRACT

It has been established that one of the most crucial pillars of support upon which human society has stood and depended on from its' beginnings until today is the recovery of mineral resources and their use for the betterment of the peoples' way of life. For the last decades the demand for vast amounts of resources has driven the increase in mining projects around the world. In the spread of this phenomenon vital has been proven the recent technological advancement, the use of which has made the extraction of the mineral deposits much easier and more lucrative than in the past. Most companies worldwide having realized the advantages of the innovative methods and equipment in the mining department and have invested in its' expansion and development. The same path of increased support in the imports and exports of raw materials sector have taken a lot of governments in the meeting the demands of their citizens, shaped by economic, social, legal and environmental needs of their society. Another more important factor, that affects the procurement of new raw materials from different countries, is their limited amounts that exist in different quantities around the world.

Recognizing the importance of this issue, data pertaining to the needs and consumption of the limited materials, have been accumulated and compared by many organizations, in order to predict future situations. As is expected from multiple analyses, the conclusion which is reached refers to the future inability of meeting the demands in mineral resources due to hyper consumption and disposal.

Faced with the problem of sustainability, the most efficient solution that has been proposed was the transition from a linear to a circular economy practice. In the manufacturing sector, the new plan promises results as it focuses on the recycling of old products for the retrieval of useful materials from them with the purpose of reintegrating them in the production line. This plan offers a continuous source of materials in order to keep up with the demand while helping the economy and the protection of the environment at same time. Many countries all over the world have integrated the new practices of recycling both household and industrial waste which may include food scraps, textiles, electrical equipment and construction materials.

Similar practices have been adopted in the mining sector where large amounts of raw materials are produced and thrown away arbitrarily as waste. In following the practice

of circular economy all byproducts and waste materials from mining, and metallurgical processing can be useful in different procedures and different purposes.

The practices of circular economy in this sector include the reducing, reprocessing and downcycling of mining wastes, which minimizes the added costs and negative effects to the environment that all new projects have. As profitable as these practices are, their actualization requires vast economical and technical aide, which is not always available. Thus, many recycling methods are never put to use and their potential stays unrealized. Despite all the obstacles in the way, the first steps in making circularity an integral part of human society, have been made by a number of mining and manufacturing companies all around the world, while more awareness on the matter is being spread.

ΛΙΣΤΑ ΔΙΑΓΡΑΜΜΑΤΩΝ

Διάγραμμα 1.1: Παγκόσμια εξόρυξη υλικών 1970-2017

Διάγραμμα 1.2: Μερίδιο της παγκόσμιας παραγωγής σιδηρούχων κραμάτων κάθε περιοχής (1984-2015)

Διάγραμμα 1.3: Μερίδιο της παγκόσμιας παραγωγής μη σιδηρούχων μετάλλων (εκτός βωξίτη) κάθε περιοχής (1984-2015)

Διάγραμμα 1.4: Μερίδιο της παγκόσμιας παραγωγής πολύτιμων μετάλλων κάθε περιοχής (1984-2015)

Διάγραμμα 1.5: Μερίδιο της παγκόσμιας παραγωγής βιομηχανικών ορυκτών κάθε περιοχής (1984-2015)

Διάγραμμα 1.6: Μερίδιο της παγκόσμιας παραγωγής ξυλείας κάθε περιοχής (1984-2015)

Διάγραμμα 1.7: Εξάρτηση της Ε.Ε. από εισαγόμενες ροές πρώτων υλών (2000-2019)

Διάγραμμα 1.8: Εγχώρια εξόρυξη συγκεκριμένων κατηγοριών πρώτων υλών Ε.Ε. (1970-2015)

Διάγραμμα 1.9: Παραγωγή αλουμινίου (πρωτογενούς αλουμινίου, αλουμίνας, βωξίτη) (2004-2015)

Διάγραμμα 1.10: Παραγωγή ψευδαργύρου (εξόρυξης και πλακών) (2004-2015)

Διάγραμμα 1.11: Παραγωγή σιδήρου και ατσαλιού (ακατέργαστου ατσαλιού, ακατέργαστου σιδήρου, σιδηρομεταλλεύματος) (2004-2015)

Διάγραμμα 1.12: Παραγωγή χαλκού (εξόρυξης, χυτηρίου, καθαρός) (2004-2015)

Διάγραμμα 1.13: Παγκόσμιες ανταλλαγές πρώτων υλών ανά κατηγορία (1970-2017)

Διάγραμμα 1.14: Φυσικό εμπορικό ισοζύγιο για παγκόσμιες περιοχές (1970-2017)

Διάγραμμα 1.15: Κατά κεφαλήν φυσικό εμπορικό ισοζύγιο για παγκόσμιες περιοχές (1970-2017)

Διάγραμμα 1.16: Κατανάλωση υλικών για παγκόσμιες περιοχές (1970-2017)

Διάγραμμα 1.17: Κατά κεφαλήν εγχώρια κατανάλωση για παγκόσμιες περιοχές (1970-2015)

Διάγραμμα 1.18: Κινητήριοι παράγοντες για την παγκόσμια εξόρυξη πρώτων υλών (1970-2000)

Διάγραμμα 1.19: Κινητήριοι παράγοντες για την παγκόσμια εξόρυξη πρώτων υλών (2000-2016)

Διάγραμμα 1.20: Εξέλιξη σε συγκεκριμένες παγκόσμιες μεταβλητές,

Διάγραμμα 1.21: Προβλέψεις παγκόσμιας εξόρυξης υλικών (2015-2060)

Διάγραμμα 1.22: Εξέλιξη στην παραγωγή υλικών κάθε τομέα

Διάγραμμα 2.1: Δημοτικά απόβλητα που ανακυκλώνονται και κομποστοποιούνται στην Ευρώπη - Σύγκριση χωρών

Διάγραμμα 3.1: Συνολικά παραγόμενα απορρίμματα από εξορύξεις και λατομεία στην Ε.Ε.

ΛΙΣΤΑ ΣΧΗΜΑΤΩΝ

Σχήμα 1.1: Χώρες που παρέχουν τα μεγαλύτερα ποσοστά Κρίσιμων Πρώτων Υλών στην Ε.Ε. από την συνολική τους παραγωγή

Σχήμα 1.2: Συνολικές περιβαλλοντικές επιπτώσεις το 2015 (αχνότερες περιοχές) σε σχέση με το 2060 (πιο σκούρες περιοχές)

Σχήμα 2.1: Σχηματική απεικόνιση της κυκλικής οικονομίας,

Σχήμα 2.2: Διαχείριση αποβλήτων

Σχήμα 2.3: Απόβλητα ηλεκτρικού και ηλεκτρονικού εξοπλισμού (ΑΗΗΕ) στην Ε.Ε. και σύγκριση μεγαλύτερης συνεισφοράς ανάλογα με το είδος της συσκευής

Σχήμα 3.1: Πηγές μεταλλοφόρων απορριμμάτων

Σχήμα 3.2: Ιεραρχική αποτύπωση των οδηγιών διαχείρισης μεταλλευτικών απορριμμάτων

Σχήμα 3.3: Τοποθέτηση των δραστηριοτήτων διαχείρισης αποβλήτων στο πλαίσιο εξορυκτικών εργασιών

Σχήμα 3.4: (a) Απλοποιημένο σχέδιο για τον εμπλουτισμό μεταλλευμάτων Ni στην χώρα εξόρυξης Hitura. (b) Επεξεργασία μεταλλεύματος Ni μέσω διαδικασίας

ΠΙΝΑΚΑΣ ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΩΝ

ΠΕΡΙΛΗΨΗ.....	3
ABSTRACT	5
ΛΙΣΤΑ ΔΙΑΓΡΑΜΜΑΤΩΝ	7
ΛΙΣΤΑ ΣΧΗΜΑΤΩΝ	9
ΠΙΝΑΚΑΣ ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΩΝ.....	10
1. ΠΑΡΑΓΩΓΗ ΚΑΙ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ ΠΡΩΤΩΝ ΥΛΩΝ ΔΙΑΧΡΟΝΙΚΑ	13
1.1 Ρόλος των πρώτων υλών στην εξέλιξη της παγκόσμιας κοινωνίας	13
1.2 Παραγωγή και ζήτηση πρώτων υλών στην Ε.Ε.	20
1.3 Οικονομικές ανταλλαγές πρώτων υλών	26
1.4 Εγχώρια κατανάλωση πρώτων υλών.....	31
1.5 Παράγοντες που επηρεάζουν την παραγωγή πρώτων υλών	34
1.6 Επιπτώσεις παραγωγής υλικών στο περιβάλλον και την ανθρώπινη υγεία	37
1.6.1 Επιπτώσεις από την παραγωγή μετάλλων	37
1.6.2 Επιπτώσεις μη μεταλλικών ορυκτών	41
1.6.3 Επιπτώσεις ορυκτών καυσίμων.....	43
1.7 Προβλέψεις στην παγκόσμια παραγωγή πρώτων υλών.....	46
1.7.1 Περιβαλλοντικές Επιδράσεις της προβλεπόμενης ζήτησης πρώτων υλών	51
1.7.2 Πλάνα βιώσιμης ανάπτυξης.....	53
2 ΚΥΚΛΙΚΗ ΟΙΚΟΝΟΜΙΑ	54
2.1 Η έννοια της Κυκλικής Οικονομίας	54
2.2 Ανάγκη της Κυκλικής Οικονομίας ως πυλώνας βιωσιμότητας	57
2.3 Οφέλη της Κυκλικής Οικονομίας.....	57
2.3.1 Οφέλη διαθεσιμότητας πόρων: βελτίωση της ασφάλειας των πόρων και μείωση της εξάρτησης από τις εισαγωγές.....	58
2.3.2 Οικολογικά οφέλη: λιγότερες περιβαλλοντικές επιπτώσεις.....	58
2.3.3 Οικονομικά οφέλη: ευκαιρίες για οικονομική ανάπτυξη και καινοτομία.....	60
2.3.4 Κοινωνικά οφέλη: βιώσιμη συμπεριφορά καταναλωτή και δυνατότητες απασχόλησης	60

2.4 Δράσεις για την πιο αποτελεσματική ανακύκλωση υλικών ανάλογα με το είδος των προϊόντων στην Ε.Ε.	61
2.4.1 Μπαταρίες και ηλεκτρικά οχήματα	64
2.4.2 Κατασκευές και κτίρια.....	64
2.4.3 Ηλεκτρικός και ηλεκτρονικός εξοπλισμός.....	65
2.4.4 Τρόφιμα, νερό και συσκευασίες.....	66
2.4.5 Θρεπτικές ουσίες.....	66
2.4.6 Πλαστικά.....	68
2.4.7 Υφάσματα	69
2.5 Προώθηση χρήσης δευτερογενών πρώτων υλών	69
2.5.1 Αλλαγές στη ζήτηση πρωτογενών πόρων	70
2.5.2 Εμπόριο δευτερογενών πρώτων υλών	71
2.5.3 Πολιτικές κυκλικής οικονομίας στην Ευρωπαϊκή Ένωση και επιπτώσεις στη διεθνή αγορά.....	73
2.6 Οικονομική και περιβαλλοντική αξιοποίηση των αποβλήτων στην Ε.Ε.	74
2.7 Προώθηση στρατηγικής κυκλικής οικονομίας σε παγκόσμιο επίπεδο.....	76
2.8 Δυνατότητα ανάκτησης μετάλλων και αδρανών υλικών μετά την απόρριψή τους.....	77
2.8.1 Κυκλική Οικονομία για μέταλλα.....	78
2.9 Ανακυκλωμένες ηλεκτρικές συσκευές στην Ε.Ε.	79
3 ^ο ΕΠΙΔΡΑΣΕΙΣ ΤΗΣ ΚΥΚΛΙΚΗΣ ΟΙΚΟΝΟΜΙΑΣ ΣΤΟΝ ΜΕΤΑΛΛΕΥΤΙΚΟ ΤΟΜΕΑ .	83
3.1 Γενικές οδηγίες για την κυκλικότητα στο μεταλλευτικό τομέα	84
3.2 Αναθεώρηση της αντιμετώπισης μεταλλευτικών απορριμμάτων	86
3.2.1 Τρόποι δημιουργίας μεταλλευτικών απορριμμάτων	87
3.2.1.α Εξορυκτικά απόβλητα / Μεταλλευτικά στείρα (waste rock)	88
3.2.1.β Φράγματα τελμάτων (Tailings dams)	88
3.2.1.γ Απορρίμματα από μεταλλουργικές διεργασίες.....	89
3.2.2 Τρόποι κατηγοριοποίησης μεταλλευτικών απορριμμάτων	90
3.3 Αναλυτικές μέθοδοι κυκλικής οικονομίας στα μεταλλεία.....	92

3.3.1 Μείωση και αποτροπή δημιουργίας απορριμμάτων (Reduce and Prevent)	94
3.3.2 Επαναεπεξεργασία απορριμμάτων μεταλλείων (Reprocess)	96
3.3.4 Υπεύθυνη διάθεση απορριμμάτων (Disposal)	101
3.4 Καθοριστικοί παράγοντες στην ανάπτυξη της κυκλικής οικονομίας στον τομέα των εκμεταλλεύσεων	103
3.4.1 Ευκαιρίες και κινητήριοι μοχλοί στον τομέα της κυκλικής οικονομίας	103
3.4.2 Ανάγκη για την αποδοτικότερη ενσωμάτωση των τεχνικών κυκλικής οικονομίας	105
3.4.3 Προβλήματα και εμπόδια στην ανάπτυξη της κυκλικής οικονομίας.....	106
3.4.3.α Ο χρόνος λειτουργίας του μεταλλείου	107
3.4.3.β Περιβαλλοντικά εμπόδια	107
3.4.3.γ Τεχνολογικά προβλήματα	107
3.4.3.δ Αλυσίδα αξίας	108
3.4.3.ε Συμβολή Ιδρυμάτων.....	109
3.4.3.στ Οικονομικά εμπόδια.....	109
3.4.3.ζ Γνωσιακές ελλείψεις	110
3.5 Μεταλλευτικά απορρίμματα και αξιοποίηση τους στην Ε.Ε.	111
3.5.1 Ποσότητες μεταλλευτικών απορριμμάτων στην Ε.Ε.....	111
3.5.2 Πολιτική διαχείρισης Μεταλλευτικών Απορριμμάτων στην Ε.Ε.....	112
3.6 Διαδικασία οργάνωσης ενός μεταλλείου με βάση την ανάλυση της ροής πρώτων υλών	114
3.6.1 Ανάλυση των παραγόμενων ποσοτήτων απορριμμάτων με στόχο την επιλογή των αποδοτικότερων μεθόδων κατεργασίας τους.....	114
3.6.2 Πρακτικοί παράγοντες που θα επηρεάζουν τις μεθόδους διαχείρισης ενός μεταλλείου	117
3.6.3 Πειραματική έρευνα στην εκμετάλλευση του ορυχείου Mount Morgan.....	118
3.6.3.α Ιστορική αναδρομή στις διαδικασίες διαχείρισης του μεταλλείου (1882-1982).....	118
3.6.3.β Επαναεπεξεργασία τελμάτων «Sandstone Gully».....	119
3.6.3.δ Αποτελέσματα της καταμέτρησης της ροής των υλικών του έργου	120
4° ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ	123
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ	126

1. ΠΑΡΑΓΩΓΗ ΚΑΙ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ ΠΡΩΤΩΝ ΥΛΩΝ ΔΙΑΧΡΟΝΙΚΑ

1.1 Ρόλος των πρώτων υλών στην εξέλιξη της παγκόσμιας κοινωνίας

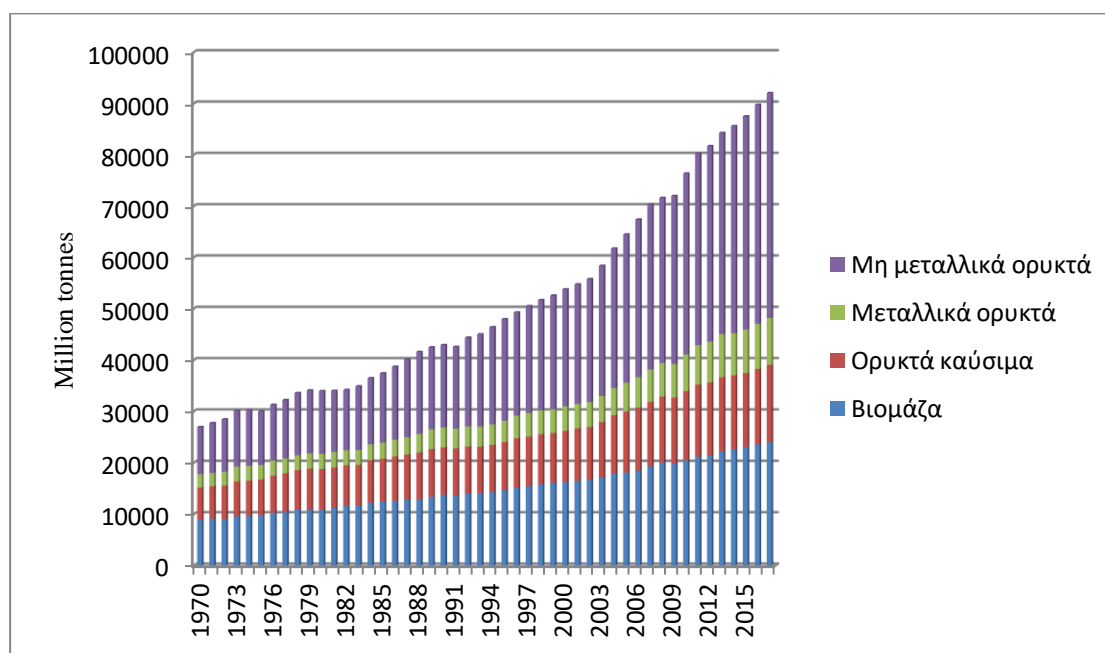
Οι πρώτες ύλες που έχουν μεγαλύτερο οικονομικό ενδιαφέρον είναι η βιομάζα, τα ορυκτά καύσιμα, τα μέταλλα και τα μη μεταλλικά ορυκτά (IRP, 2017). Οι διάφορες τεχνολογικές και οικονομικές τάσεις των τελευταίων πέντε δεκαετιών αποτελούν σημαντικούς παράγοντες που καθορίζουν τις αυξήσεις και τις μειώσεις που παρατηρούνται στη ζήτηση αυτών των φυσικών υλικών.

Η συνεχής παροχή πρώτων υλών αποτελεί την κινητήρια δύναμη, που χρειάζεται για την επέκταση των υποδομών, την διαμόρφωση υλικών προτύπων και γενικά την ανάπτυξη της οικονομίας όλων των κρατών. Όλα τα παραπάνω χαρακτηρίζονται ως τα θεμέλια στα οποία στηρίζεται η κοινωνική ευημερία (International Resource Panel, 2019). Η εγχώρια εξόρυξη υλικών πραγματοποιείται σε στάδια, ξεκινώντας από την μεταλλευτική έρευνα και εξόρυξη των υλικών είτε είναι μεταλλεύματα είτε αδρανή και συνεχίζοντας με την μεταφορά τους για πρώτη επεξεργασία. Πιθανή είναι και η χρήση υλικών από δευτερεύουσες πηγές, καθώς παρουσιάζει αρκετά πλεονεκτήματα είτε οικονομικά ή περιβαλλοντικά. Τα προϊόντα αυτά μετά από τη μερική επεξεργασία τους χρησιμοποιούνται στην κατασκευή του τελικού προϊόντος -π.χ. οχήματα, μηχανές, έπιπλα, αγαθά με βάση το χαρτί κ.ά. (Vidal-Legaz et al., 2018). Όταν πλέον καθίστανται άχρηστα απορρίπτονται ως στερεά απόβλητα. Σε όλα τα αναφερόμενα στάδια της παραγωγικής αλυσίδας δημιουργούνται περιβαλλοντικές επιπτώσεις, οι οποίες είναι ανάλογες της ζήτησης σε πρώτες ύλες (International Resource Panel, 2019).

Παρατηρώντας τα παγκόσμια δεδομένα, καταγεγραμμένα από το Περιβαλλοντικό Πρόγραμμα των Ηνωμένων Εθνών (UNEP) και το Διεθνής Επιτροπή Πόρων (IRP) το 2018 στο Διάγραμμα 1.1. η ζήτηση σε πρώτες ύλες τις τελευταίες δεκαετίες έχει παρουσιάσει μικρές περιόδους σταθεροποίησης ακολουθούμενες από εξίσου μικρές αλλά απότομες αυξήσεις. Χαρακτηριστικά από το 1970 μέχρι και το 2017 η συνολική παγκόσμια παραγωγή ορυκτών υλών αυξάνεται κάθε χρόνο κατά μέσο όρο 2,6%

φτάνοντας τους 92,1 δισεκατομμύρια τόνους. Ειδικότερα την τελευταία εικοσαετία, οι αυξανόμενες απαιτήσεις σε υλικά έχουν οδηγήσει αυτό το ποσοστό στο 3,2% (Bringezu et al., 2017). Παρά την ύπαρξη σύντομων περιόδων περιορισμένης ανάπτυξης ή και κρίσης, π.χ. μεταξύ 2008 και 2010, η ζήτηση σε πρώτες ύλες βαίνει συνεχώς αυξανόμενη, στηριζόμενη στις τεράστιες επενδύσεις σε υποδομές. Αυτό είχε με τη σειρά του ως αποτέλεσμα την αύξηση του βιοτικού επιπέδου επομένως και της κατανάλωσης σε αναπτυσσόμενες χώρες σε ολόκληρο τον κόσμο και κυρίως στις χώρες της Ασίας - Κίνα, Ινδία- (Myers & Kent, 2003).

Όσον αφορά στην κατά κεφαλήν ζήτηση υλικών, η οποία είναι απαραίτητη για μια πιο ολοκληρωμένη εικόνα των αλλαγών που επιφέρει η τεχνολογική πρόοδος, οι μετρήσεις που έχουν πραγματοποιηθεί, από την περίοδο του 1970 μέχρι και το 2017 παρουσιάζουν αύξηση από τους 7,4 τόνους σε 12,2. Παράλληλα στο ίδιο διάστημα το κόστος του μέσου κατά κεφαλήν ακαθάριστου εγχώριου προϊόντος, αυξήθηκε από 5,198 US\$ σε 10,606 US\$. Η αύξηση στην εξαγωγή υλικών στις αρχές του νέου αιώνα αναμενόταν να οφείλεται σε αύξηση του παγκόσμιου πληθυσμού και αναμενόμενα της ζήτησης. Παραδόξως η αύξηση αυτή πραγματοποιήθηκε με πιο αργούς ρυθμούς. Η εξήγηση σε αυτή την αντίθεση στηρίζεται κυρίως στα παραδείγματα οικονομιών που βρίσκονται σε στάδιο μετάβασης από αγροτική σε βιομηχανική και στις οποίες η ζήτηση σε ενέργεια και υλικά εμφανίζουν απότομη αύξηση (Krausmann et al., 2008) .



*Διάγραμμα 1.1: Παγκόσμια εξόρυξη υλικών 1970-2017 (Data Visualisations –
Materialflows.Net, n.d.)*

Η βιομάζα, συστατικά της οποίας θεωρούνται τα σπαρτά, η ξυλεία, τα υπολείμματα ψαριών και βοσκής, έχει αποτελέσει το ένα τρίτο των παγκόσμιων εξαγόμενων υλικών, σύμφωνα με μετρήσεις που πραγματοποιήθηκαν και παρουσιάζονται στο Διάγραμμα 1.1 την περίοδο από το 1970 μέχρι και πριν από τέσσερα χρόνια. Στατιστικά η συνεισφορά αυτή στο σύνολο μπορεί να οφείλεται στην αναμφισβήτητη μεγάλη εξάρτηση που έδειχναν τα κράτη στα πρώιμα στάδια των αναπτυσσόμενων οικονομιών τους προς υλικά κατασκευασμένα από την άφθονη ποσότητα βιομάζας που παρεχόταν. Η μετάβαση των κοινωνιών σε υψηλότερα επίπεδα βιομηχανοποίησης τις τελευταίες πέντε δεκαετίες έχει οδηγήσει στη διαμόρφωση νέων τάσεων στη ζήτηση υλικών, οι οποίες συμβαδίζουν με αυτές των βιομηχανικών χωρών, και αφορούν στην καθιέρωση συστημάτων παραγωγής αγαθών και ενέργειας που στηρίζονται κυρίως στα ορυκτά (International Resource Panel, 2019).

Μεγάλη αντίφαση δημιουργεί το γεγονός ότι ενώ το ποσοστό ζήτησης της βιομάζας εμφανίζει μείωση σε βιομηχανικές χώρες, η συνολική ποσότητα που καταναλώνεται ανά άτομο συνέχισε να αυξάνεται. Όπως δείχνει το Διάγραμμα 1.1, η αύξηση της ζήτησης βιομάζας κατά 15 δισεκατομμύρια τόνους από τους 9,1 που παράγονταν στις αρχές της ίδιας περιόδου, αποτέλεσε αδιάσειστη απόδειξη των παραπάνω. Επιπλέον ο ρυθμός αύξησης των ποσοτήτων της βιομάζας που παρουσιάζεται κάθε χρόνο είναι αναπάντεχα μεγαλύτερος από τον ρυθμό με το οποίο αυξάνεται κάθε χρόνο ο πληθυσμός. Κάθε υλικό που συμβάλλει ως συστατικό της βιομάζας έχει παρουσιάσει, ανάλογα με τις ανάγκες και τις συνθήκες των περιόδων, αυξήσεις και μειώσεις αντίστοιχα στις συνολικές ποσότητες τους. Συγκεκριμένα η συγκομιδή των καλλιεργειών άρχισε να αυξάνεται με ρυθμό 2,2% κάθε χρόνο, για πενήντα χρόνια, με τα υλικά βοσκής να παρουσιάζουν παρόμοια ποσοστά ανάπτυξης (Myers & Kent, 2003). Ο μικρότερος ρυθμός ανάπτυξης από όλα τα συστατικά, εμφανίστηκε σε υποκατηγορίες όπως αυτής της ξυλείας, καθώς αποτελούσαν τις πιο εύκολες να αντικατασταθούν με διαφορετικά μη οργανικά υλικά και για τις οποίες οι παραγόμενες ποσότητες ήταν ανέκαθεν περιορισμένες, ανεξαρτήτως των όλο και πιο βελτιωμένων νέων τεχνολογιών (International Resource Panel, 2019).

Τα ορυκτά καύσιμα όπως είναι ο άνθρακας, το πετρέλαιο, το φυσικό αέριο και η πίσσα αποτέλεσαν την κυρίαρχη και πιο αξιόπιστη πηγή ενέργειας τις τελευταίες πέντε δεκαετίες, καθώς οι συνολικές παγκόσμιες ποσότητες τους αυξήθηκαν από 6,2 δισεκατομμύρια τόνους σε 15 μέσα σε αυτήν τη χρονική περίοδο. Οι ποσότητες αυτές αντιστοιχούν σε ρυθμό ανάπτυξης περίπου 1,9% το χρόνο. Ειδικότερα το φυσικό αέριο παρουσίασε ρυθμό ανάπτυξης της τάξης του 2,8% και οι γαιάνθρακες (κάρβουνο) της τάξης του 2,1% το χρόνο αντίστοιχα. Βέβαια η συνεισφορά των ορυκτών καυσίμων στη συνολική παγκόσμια ποσότητα εξαγμένων υλικών εμφάνισε μείωση από 23% που είχε στις αρχές του '70' σε 16% που καταγράφηκε το έτος 2017, λόγω των νέων τάσεων χρήσης ανανεώσιμων πηγών ενέργειας και βελτιωμένης ενεργειακής αποδοτικότητας συστήματα, τα οποία παραγκωνίζουν σταδιακά τις παλαιότερες πηγές ενέργειας όπως το κάρβουνο (International Resource Panel, 2019).

Μεταλλικά ορυκτά με κυρίαρχα το σίδηρο, το αλουμίνιο, το χαλκό και διάφορα μη σιδηρούχα μέταλλα αποτέλεσαν τα σημαντικότερα σε χρήση υλικά στο πλανήτη, με συνεισφορά στην παγκόσμια εξαγωγή υλικών, η οποία έχει φτάσει το 10% το 2017. Ο ρόλος που κατέχουν τα μεταλλικά ορυκτά σήμερα στην οικονομία όλων των κρατών και ιδιαίτερα εκείνων που βρίσκονται στο μεταβατικό στάδιο έχει προκύψει από την σχεδόν γεωμετρική ανάπτυξη των τεχνολογιών, που προωθεί την σημασία τους στην κατασκευαστική βιομηχανία, στις υποδομές ενέργειας και μεταφοράς, σε διάφορα είδη εξοπλισμού ή και σε πολλά καταναλωτικά προϊόντα (International Resource Panel, 2019).

Τελευταία κατηγορία αποτελούν τα μη μεταλλικά ορυκτά (π.χ. άμμος, άργιλος και χαλίκι) τα οποία καταλαμβάνουν την πρώτη θέση ως τα πιο διαδεδομένα σε χρήση υλικά, εφόσον η συνολική ποσότητα τους αποτελούσε στην ίδια περίοδο του '70 το 34% όλων των εξαγόμενων πρώτων υλών, φτάνοντας μέχρι και το 48% στα τελευταία χρόνια. Εμφανής γίνεται μέσω αυτών των δεδομένων από το Διάγραμμα 1.1, η σταδιακή μεταβολή από τη βιομάζα προς τους ορυκτούς φυσικούς πόρους και ιδιαίτερα προς τα αδρανή υλικά, τα οποία σε σύγκριση με τα περισσότερα μεταλλικά ορυκτά δεν θα παρουσιάσουν ελλείψεις για μερικούς ακόμη αιώνες (International Resource Panel, 2019).

Ένας από τους κύριους παράγοντες που συνέβαλλαν στην αύξηση της ζήτησης πρώτων υλών ήταν η προώθηση νέων προϊόντων και υποδομών από τις κατασκευαστικές εταιρείες, γεγονός που όξυνε τον παγκόσμιο ανταγωνισμό

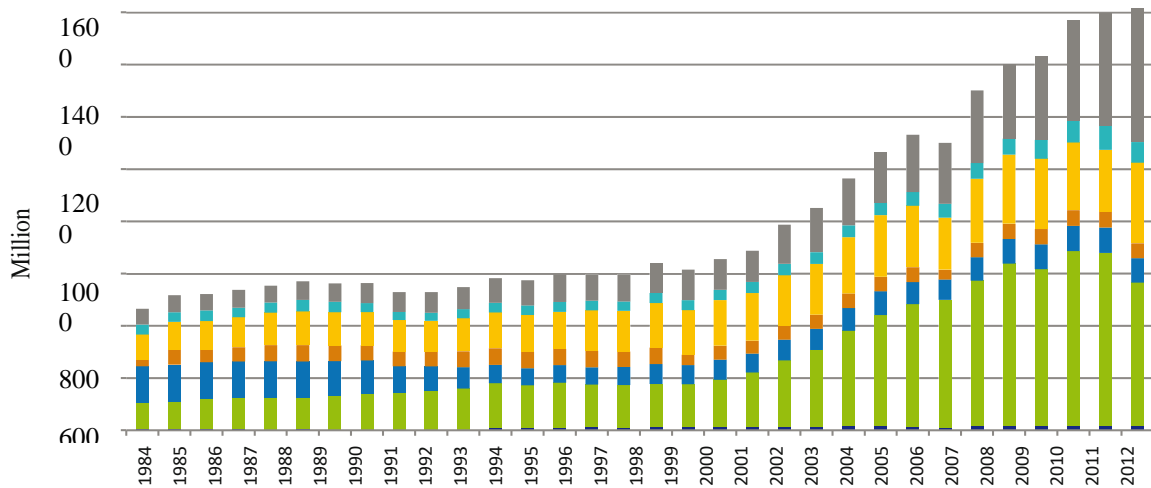
διεκδίκησης των πρώτων υλών (Vidal-Legaz et al., 2018). Δυστυχώς τα νέα τεχνολογικά επιτεύγματα της σύγχρονης εποχής έστρεψαν την προσοχή στις ορυκτές μη ανανεώσιμες πρώτες ύλες, οι περιβαλλοντικές επιπτώσεις από τη διαχείριση των οποίων είναι εκτενείς και μπορούσαν να αναπαραχθούν παγκοσμίως (International Resource Panel, 2019).

Στον τομέα της παγκόσμιας εξαγωγής υλικών τα ηγία ανέλαβαν οι δέκα μεγαλύτερες οικονομίες του πλανήτη, όντας υπεύθυνες για πάνω από το 64% των συνολικών υλικών που διακινήθηκαν στις αγορές το 1970. Μέχρι πριν από τρία χρόνια το ποσοστό αυτό ανέβηκε στο 68%, με το μεγαλύτερο ποσοστό αυτής της ποσότητας να εξάγεται στην Κίνα, το 7,6% στην Ινδία και το 7,1% στις Ηνωμένες Πολιτείες αντίστοιχα, σύμφωνα με δεδομένα πάνω στην εγχώρια εξαγωγή υλικών ανά χώρα, του ίδιου έτους από την Παγκόσμια βάση Δεδομένων Ροών Υλικών του Περιβαλλοντικού Προγράμματος των Ηνωμένων Εθνών (UNEP) και του Διεθνούς Επιτροπή Πόρων (IRP). Συγκρίνοντας τη συνεισφορά κάθε μεγάλης οικονομίας στην παγκόσμια εξαγωγή υλικών το έτος του 2017, το μεγαλύτερο ρόλο κατείχαν η Ασία και οι περιοχές μέχρι και τον Ειρηνικό ωκεανό, λόγω του εξαιρετικά μεγάλου πληθυσμού τους, μονοπωλώντας το 57% της συνολικής ποσότητας των εξαγμένων πρώτων υλών. Όσον αφορά την ανά κεφαλή εγχώρια εξαγωγή υλικών, σύμφωνα με τα παραπάνω στατιστικά στοιχεία, οι περισσότερες πραγματοποιήθηκαν στην Αυστραλία, φτάνοντας τους 93,3 τόνους, με τον Καναδά να καταλαμβάνει τη δεύτερη θέση (36,7 τόνους ανά κεφαλή) και την Κίνα τρίτη (23,6 τόνους ανά κεφαλή).

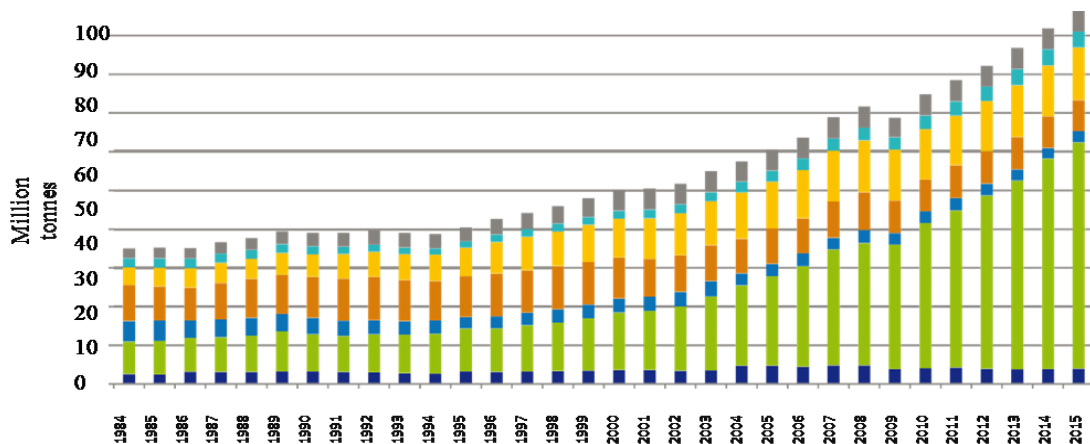
Εξαιτίας της μεγάλης κατανάλωσης οικονομικών πόρων που απαιτεί η εξόρυξη των υλικών, τις επιχειρήσεις αυτές έχουν τη δυνατότητα να αναλάβουν κυρίως οι χώρες με εισόδημα μεσαίο προς υψηλό, καταλαμβάνοντας περίπου τις μισές θέσεις σε σχέση με τις υπόλοιπες χαμηλότερου και υψηλότερου εισοδήματος χώρες. Παρόμοια η παραπάνω βάση δεδομένων δίνει πληροφορίες των επιπέδων κατά κεφαλήν εξαγωγής υλικών που οδηγούν στο ίδιο συμπέρασμα. Οι περισσότερες αναπτυσσόμενες χώρες στα πρώτα στάδια εκβιομηχάνισης τους χρειάζονται τεράστιες ποσότητες πρώτων υλών για την κατασκευή νέων υποδομών, δικαιολογώντας με αυτόν τον τρόπο τα παραπάνω λεγόμενα. Σημαντικό ποσοστό αυτής της υψηλής ποσότητας οφείλεται και ανάληψη επιχειρήσεων αλυσίδων παραγωγής με απαιτητικά σε υλικά και ενέργεια στάδια, από πιο οικονομικά ανεπτυγμένα κράτη, λόγω των χαμηλότερων περιβαλλοντικών προτύπων που

επιβάλλονται σε αυτές (τις αναπτυσσόμενες χώρες) (International Resource Panel, 2019).

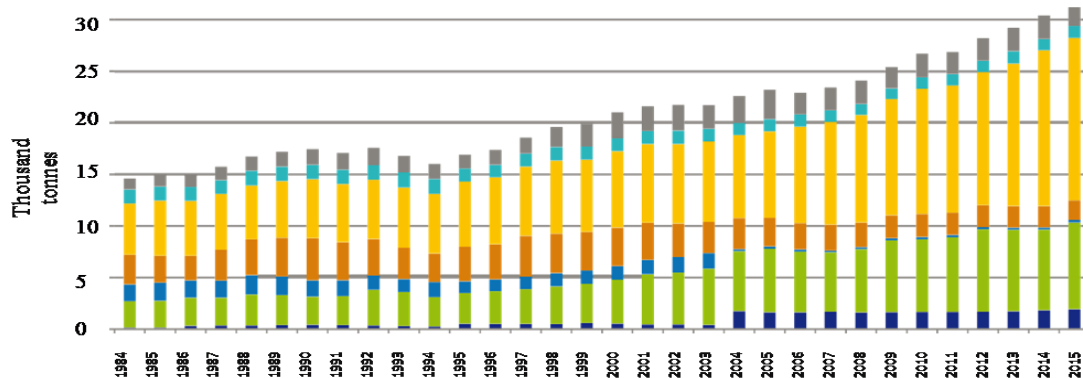
Στα Διογράμματα 1.2 - 1.6 παρουσιάζονται οι ποσότητες σε εκατομμύρια τόνους των ποσοτήτων μερικών από τις πιο σημαντικές ομάδες υλικών που παρήγαγαν κάθε περιοχή του κόσμου (EU28, Ασία, υπόλοιπη Ευρώπη, Βόρεια Αμερική, Λατινική Αμερική, Αφρική, Ωκεανία) για τριάντα ένα χρόνια συστηματικά. Οι κύριες ομάδες υλικών που καταχωρήθηκαν διακρίνονταν σε σιδηρούχα κράματα, μη σιδηρούχα μέταλλα, πολύτιμα μέταλλα, βιομηχανικά ορυκτά και ξυλεία, δημιουργώντας με αυτόν τον τρόπο μια γενική εικόνα της κατανομής της παγκόσμιας παραγωγής (Vidal-Legaz et al., 2018).



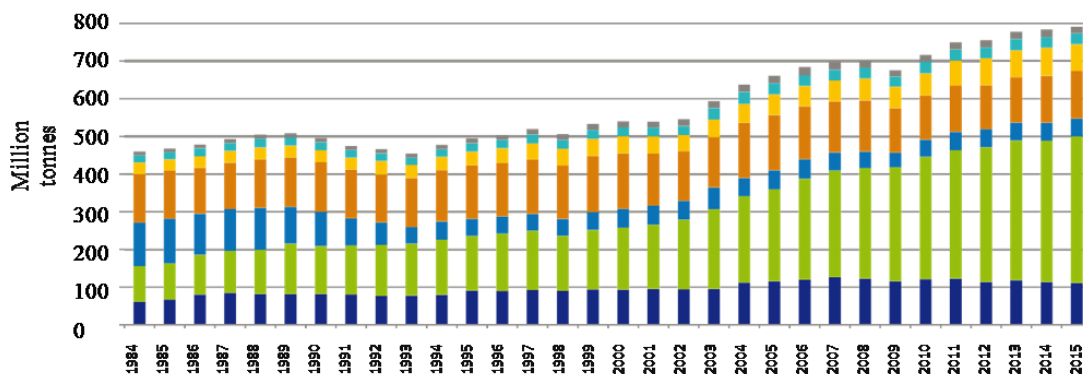
Διάγραμμα 1.2: Μερίδιο της παγκόσμιας παραγωγής σιδηρούχων κραμάτων κάθε περιοχής (1984-2015) European Commission, Raw Materials 2018



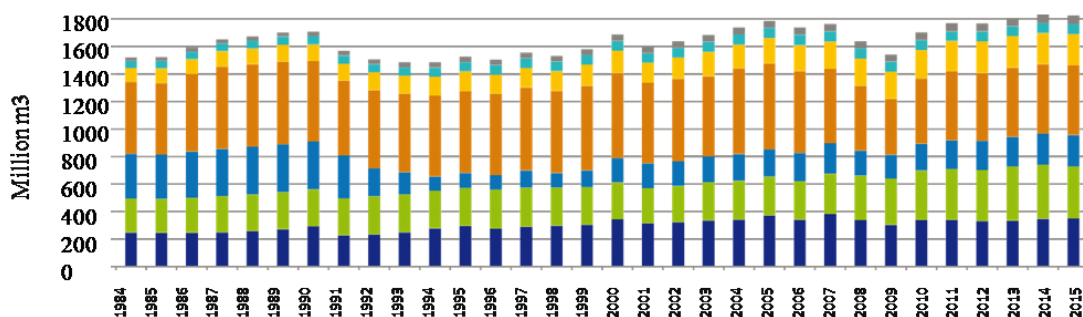
Διάγραμμα 1.3: Μερίδιο της παγκόσμιας παραγωγής μη σιδηρούχων μετάλλων (εκτός βωξίτη) κάθε περιοχής (1984-2015) (Vidal-Legaz et al., 2018)



Διάγραμμα 1.4: Μερίδιο της παγκόσμιας παραγωγής πολύτιμων μετάλλων κάθε περιοχής (1984-2015) (Vidal-Legaz et al., 2018)



Διάγραμμα 1.5: Μερίδιο της παγκόσμιας παραγωγής βιομηχανικών ορυκτών κάθε περιοχής (1984-2015) (Vidal-Legaz et al., 2018)



Διάγραμμα 1.6: Μερίδιο της παγκόσμιας παραγωγής ξυλείας κάθε περιοχής (1984-2015) (Vidal-Legaz et al., 2018)

■ EU28 ■ Ασία ■ υπόλοιπη Ευρώπη ■ Βόρεια Αμερική ■ Λατινική Αμερική ■ Αφρική ■ Ωκεανία

Λεπτομερείς μετρήσεις των τελευταίων χρόνων πάνω στην παγκόσμια παραγωγή παρουσιάζουν την Κίνα ως τον μεγαλύτερο προμηθευτή κρίσιμων πρώτων υλών σε χώρες σε ολόκληρο τον κόσμο, από τα πιο συνηθισμένα υλικά όπως το αλουμίνιο

(Al), σιδηρούχα ορυκτά, τον ψευδάργυρο (Zn), τον μόλυβδο (Pb), το χρώμιο (Cr), μέχρι και τα πιο εξεζητημένα όπως το μαγνήσιο (Mg), το αντιμόνιο (Sb), το γάλλιο (Ga), γερμάνιο (Ge) κ.ά.. Άλλοι μεγάλοι παραγωγοί πρώτων υλών αποτελούν η Ρωσία και η Νότια Αφρική στην κατηγορία των μετάλλων λευκόχρυσου (Pt), οι Ηνωμένες Πολιτείες Αμερικής στο βηρύλλιο (Be) και η Βραζιλία στο νιόβιο (Nb) (Vidal-Legaz et al., 2018)

Παρατηρώντας τα Διαγράμματα 1.2 - 1.6, τα υλικά τα οποία παράγονται σε αφθονία στις χώρες της Ε.Ε. φαίνονται να είναι τα βιομηχανικά ορυκτά και η ξυλεία, τοποθετώντας την στην τρίτη θέση σε αυτό τον τομέα ως κάτοχος του 20% της παγκόσμιας παραγωγής της δεύτερης κατηγορίας. Σημαντικές πληροφορίες αποτελούν, επίσης, οι πολύ περιορισμένες παραγωγές σιδήρου, σιδηρούχων κραμάτων, μη σιδηρούχων και πολύτιμων μετάλλων καθώς γινόταν εμφανής η ανάγκη εισαγωγής τους από άλλες περιοχές όπως την Κίνα για την κάλυψη της ζήτησης. Συνοψίζοντας, η παραγωγή των περισσότερων ειδών πρώτων υλών παρέμεινε σταθερή για είκοσι χρόνια χωρίς όμως να αποκτήσει καθοριστική θέση σε παγκόσμιο επίπεδο, με λίγες εξαιρέσεις που αναφέρθηκαν προηγουμένως (Vidal-Legaz et al., 2018).

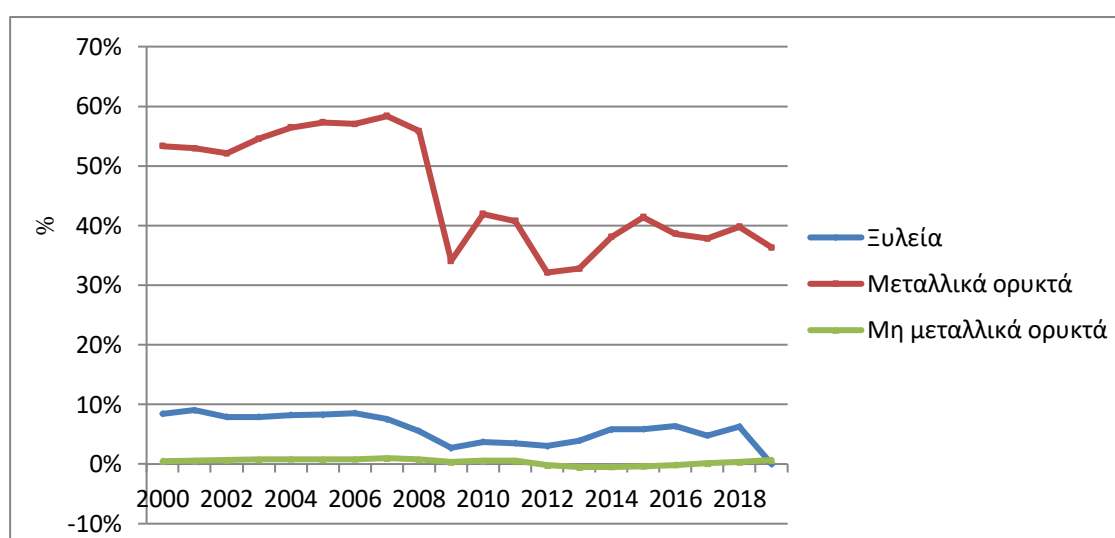
1.2 Παραγωγή και ζήτηση πρώτων υλών στην Ε.Ε.

Η απουσία πληθώρας πρώτων υλών στα εδάφη εντός της Ε.Ε., απαραίτητων για την στήριξη των υλικών αναγκών των κρατών και ανάπτυξη των οικονομιών τους, καθόρισε ως ένα βαθμό την εξάρτησή τους από τις εισαγωγές από το εξωτερικό. Μερικές φορές η ανάγκη για συγκεκριμένες πρώτες ύλες βασίζεται στην ύπαρξη ενδιαφέροντος προς την εξερεύνηση και αξιοποίηση τους ή στις οικονομικές και περιβαλλοντικές συνθήκες που μπορεί να της επιτρέπουν να εκδηλωθεί (Vidal-Legaz et al., 2018).

Το γεγονός ότι η Ευρώπη εξαρτάται από ξένες αγορές όσον αφορά στην προμήθεια συγκεκριμένων πρώτων υλών, την καθιστά ευάλωτη σε περιπτώσεις απρόοπτων απωλειών και ακυρώσεων παράδοσής τους από τους προμηθευτές τους, είτε λόγω περιορισμών και κρατικών διακανονισμών στις εξαγωγές, είτε λόγω έλλειψης στην παραγωγή τους. Παρά τους πιθανούς κινδύνους κάποια πολύ σημαντικά υλικά είναι απαραίτητα η κατοχύρωση τους. Διοργάνωση και αναγνώριση των προτεραιοτήτων

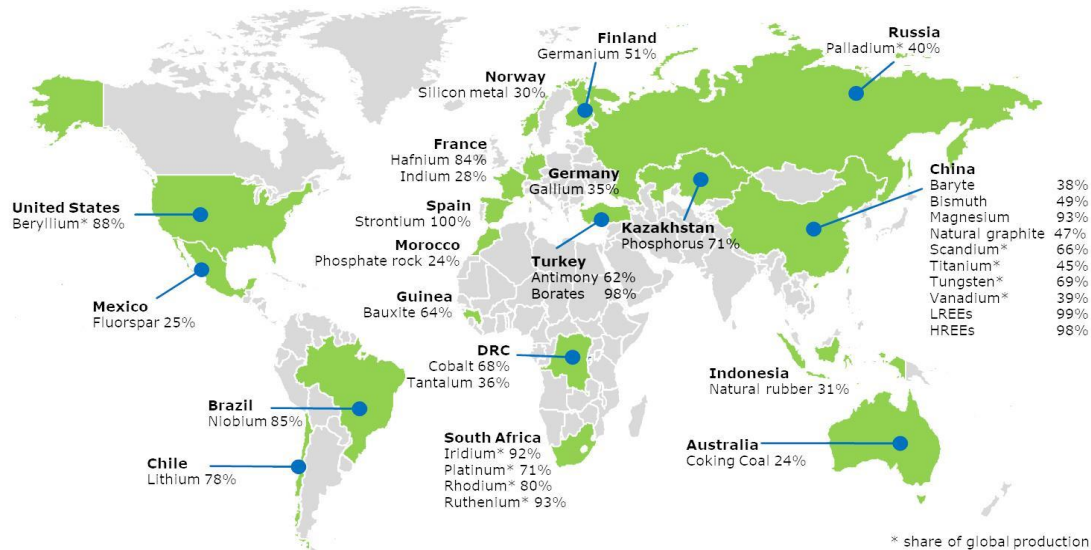
στις σημαντικότερες πρώτες ύλες, επιτρέπουν για πιο αποδοτική και ισορροπημένη εισαγωγή και εξαγωγή τους (Vidal-Legaz et al., 2018).

Δεδομένα πάνω στην εξάρτηση των χωρών της Ευρώπης από ροές εισαγωγών πρώτων υλών της Eurostat (EW-MFA) υποδεικνύουν μέσω του Διαγράμματος 1.7 πως η μεγαλύτερη έλλειψη παρουσιάζεται στην κατηγορία των μετάλλων από τις αρχές του νέου αιώνα. Αντίθετα μη μεταλλικά ορυκτά και ξυλεία παρέχονται σε αρκετές ποσότητες από εσωτερικούς προμηθευτές έτσι ώστε να καλύπτουν την ζήτηση και να κρατάνε την στήριξη σε εισαγμένα προϊόντα σε χαμηλά ποσοστά κάτω από 10% για αρκετό διάστημα.



Διάγραμμα 1.7: Εξάρτηση της Ε.Ε. από εισαγόμενες ροές πρώτων υλών 2000-2019
(Statistics / Eurostat, n.d.)

Εκτενείς πληροφορίες πάνω στην εξάρτηση από εξαγωγές, πληθώρα πρώτων υλών, της Ευρωπαϊκής Ένωσης παρουσιάζει η Λίστα Κρίσιμων Πρώτων Υλών του 2020 καταγεγραμμένη από την Ευρωπαϊκή Κομισιόν. Εμφανής γίνεται από τα δεδομένα ότι η εξάρτηση σε πολλά μέταλλα φτάνει το 100%. Κύριος προμηθευτής πολλών από τα προαναφερθέντα υλικά στην Ε.Ε. έχει αποτελέσει η Κίνα, χωρίς όμως να καταλαμβάνει το μεγαλύτερο μερίδιο προσφοράς. Την αμέσως επόμενη μεγαλύτερη ποσότητα εισαγμένων υλικών στις αγορές της Ευρώπης παρέχουν το Κονγκό, η Τουρκία και η Γαλλία.



Σχήμα 1.1: Χώρες που παρέχουν τα μεγαλύτερα ποσοστά Κρίσιμων Πρώτων Υλών στην Ε.Ε. από την συνολική τους παραγωγή, (Commission, n.d.)

Οι παράγοντες που καθορίζουν την πιο αποδοτική μέθοδο σταθερής προμήθειας υλικών, είναι η κατανόηση της αναγκαιότητας του εν προκειμένω υλικού, σε συνδυασμό με τους κυβερνητικούς κανονισμούς που περιορίζουν την εισαγωγή και εξαγωγή τους, καθώς και την διαθέσιμη ποσότητα τους. Εφόσον οι ανάγκες σε πρώτες ύλες μιας χώρας ή παγκόσμιας περιοχής όπως είναι η Ευρώπη αλλάζουν συνεχώς, αναλόγως των συνθηκών και των τεχνολογικών και οικονομικών ευκαιριών, απαραίτητη είναι η καταγραφή τους. Στην Ε.Ε. η καταγραφή αυτή παρουσιάζει την εξάρτηση των κρατών της από εισαγωγές διαφόρων μετάλλων και φυσικού καουτσούκ (Vidal-Legaz et al., 2018).

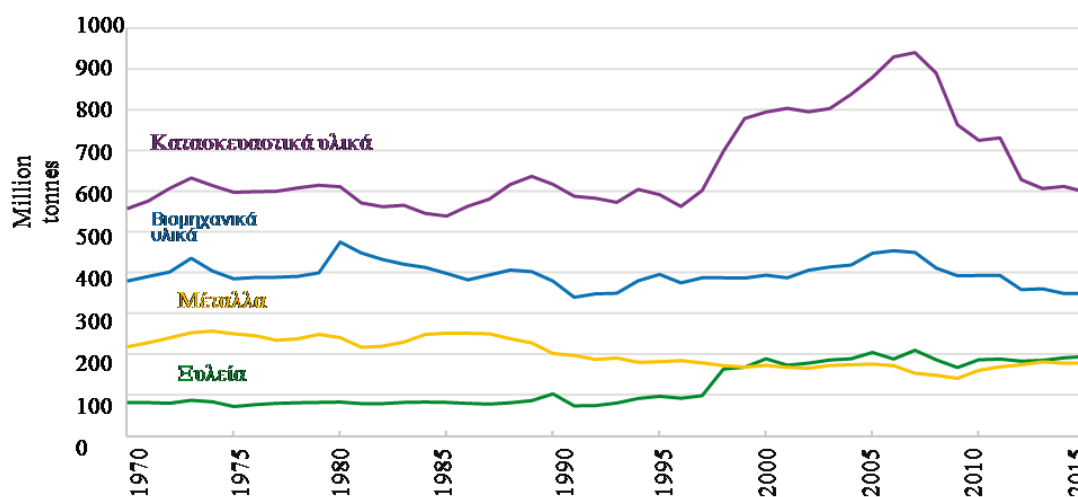
Το πρόβλημα της εκτενούς εξάρτησης της Ευρώπης από εξωτερικούς προμηθευτές λύθηκε εν μέρει, μέσω ενός νέου πλαισίου κανονισμών που πρεσβεύει τον εφοδιασμό των χωρών της σε πρωτογενή και δευτερογενή υλικά από εσωτερικές πηγές. Παρ' όλα αυτά πρέπει να διατηρείται μια ισορροπία ανάμεσα στις δύο μεθόδους εφοδιασμού, έτσι ώστε η παροχή τους να διατηρείται σε ικανοποιητικά επίπεδα (Vidal-Legaz et al., 2018).

Η στήριξη στην εξαγωγή υλικών από εντός των συνόρων, βοήθησε στην σταθεροποίηση της οικονομίας της Ε.Ε., υποβαθμίζοντας την ανάγκη για εισαγωγές από το εξωτερικό. Τα υλικά αυτά, της εγχώριας παραγωγής έχουν το πλεονέκτημα, της ανεμπόδιστης από κυβερνητικούς κανονισμούς, παροχής τους στις οποιοσδήποτε κατασκευαστικές εταιρείες για επεξεργασία. Η ταχεία μετακίνηση των υλικών είχε το

επιπλέον προτέρημα των μειωμένων επιπτώσεων στο περιβάλλον και την κοινωνία (Vidal-Legaz et al., 2018).

Περνώντας από τρία στάδια, οι πρώτες ύλες αρχικά εξορύσσονται ή στην περίπτωση οργανικών υλικών συλλέγονται όταν ωριμάζουν με στόχο την μετάβασή τους στο επόμενο επίπεδο, πρώτης επεξεργασίας και στη συνέχεια παροχή των ημιτελών υλικών στις κατασκευαστικές εταιρείες που θα τα συνδυάσουν σε ένα τελικό προϊόν, έτοιμο για πώληση. Συνήθως τα εργοστάσια αυτά επεξεργασίας βρίσκονται εντός της περιοχής από την οποία προέρχονται οι πρώτες ύλες τους (Vidal-Legaz et al., 2018).

Πληροφορίες για την εγχώρια παραγωγή των κύριων ομάδων υλικών στην Ε.Ε. από το έτος 1970 μέχρι και το 2017 καταγράφονται στο Διάγραμμα 1.8, με στόχο την ξεκάθαρη αριθμητική κατάταξη τους αναλόγως των ποσοτήτων. Σύμφωνα με τα δεδομένα, τα κατασκευαστικά υλικά τα οποία είναι κυρίως αδρανή (π.χ. άμμος, χαλίκι, κονιορτοποιημένες πέτρες) παράχθηκαν σε μεγαλύτερο βαθμό, ιδιαίτερα από τη το 1990 και για δεκαοκτώ χρόνια, ώσπου το 2008 η οικονομική κρίση είχε ως αποτέλεσμα την μείωση στη ζήτηση ή επέδρασε αρνητικά στην περαιτέρω αύξηση της παραγωγής τους μαζί με αρκετές άλλες ομάδες υλικών (Vidal-Legaz et al., 2018).

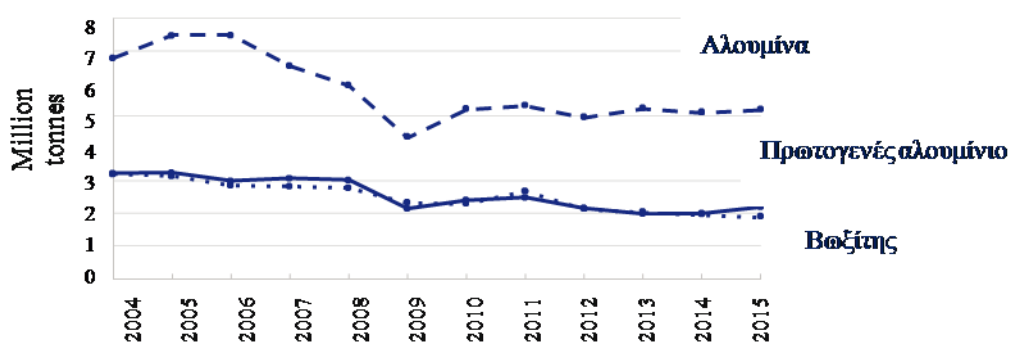


Διάγραμμα 1.8: Εγχώρια εξόρυξη συγκεκριμένων κατηγοριών πρώτων υλών Ε.Ε. 1970-2015 (Vidal-Legaz et al., 2018)

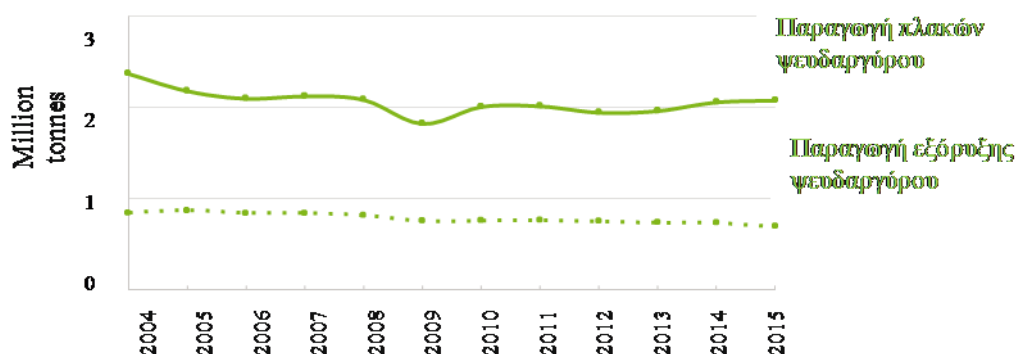
Δεύτερη σε ποσότητες, που παρουσιάζονται στο παραπάνω διάγραμμα, ήταν η ομάδα των βιομηχανικών ορυκτών διατηρώντας μια σταθερότητα μέχρι και την περίοδο της κρίσης όπου οι μειώσεις ήταν πλέον αναπόφευκτες. Όσο για τις άλλες δύο ομάδες η παραγωγή ξυλείας μπορεί να ήταν πολύ πιο χαμηλή σε ποσότητες, αλλά εμφάνισε

σταθερή ανάκαμψη λίγο πριν τη νέα χιλιετία το 1996. Από την άλλη μεριά η παραγωγή των μετάλλων είχε την ακριβώς αντίθετη πρόοδο, λόγω της προτίμησης εισαγωγής τους από εξωτερικές φθηνότερες αγορές (Vidal-Legaz et al., 2018).

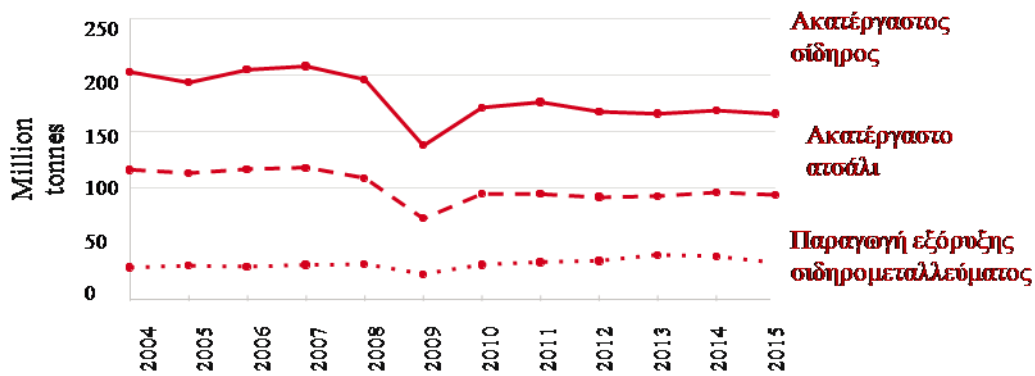
Μερικά σημαντικά μέταλλα που εξορύσσονται εντός της Ε.Ε. όπως το αλουμίνιο από τα κοιτάσματα βωξίτη, ο ψευδάργυρος, ο χαλκός και ο σίδηρος για την παραγωγή χάλυβα, καταγράφηκαν ως παραγόμενες ποσότητες σε διάρκεια μερικών χρόνων στα παρακάτω σε Διαγράμματα 1.9-1.12, δίνοντας με αυτόν τον τρόπο μια μικρή αλλά ξεκάθαρη εικόνα της εξορυκτικής της κατάστασης (Vidal-Legaz et al., 2018).



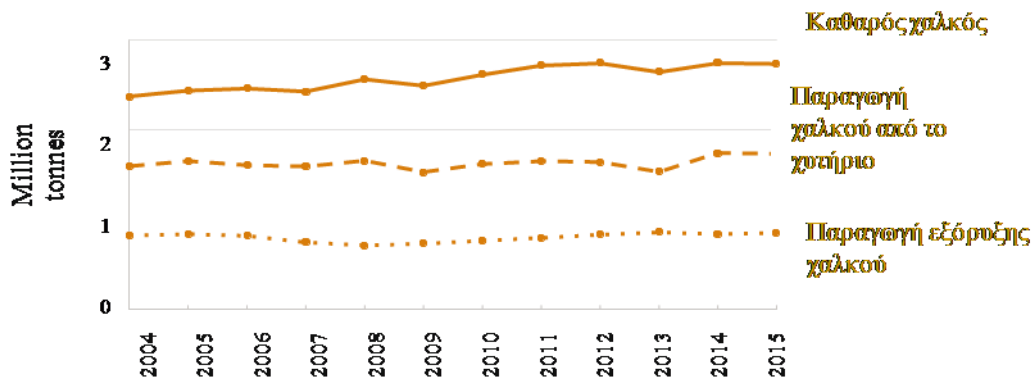
Διάγραμμα 1.9: Παραγωγή αλουμινίου (πρωτογενούς αλουμινίου, αλουμίνας, βωξίτη) 2004-2015, 2015 (Vidal-Legaz et al., 2018)



Διάγραμμα 1.10: Παραγωγή ψευδαργύρου (εξόρυξης και πλακών) 2004-2015, 2015 (Vidal-Legaz et al., 2018)



Διάγραμμα 1.11: Παραγωγή σιδήρου και ατσαλιού (ακατέργαστου ατσαλιού, ακατέργαστου σιδήρου, σιδηρομεταλλεύματος) 2004-2015 (Vidal-Legaz et al., 2018)



Διάγραμμα 1.12: Παραγωγή χαλκού (εξόρυξης, χυτηρίου, καθαρός) 2004-2015 (Vidal-Legaz et al., 2018)

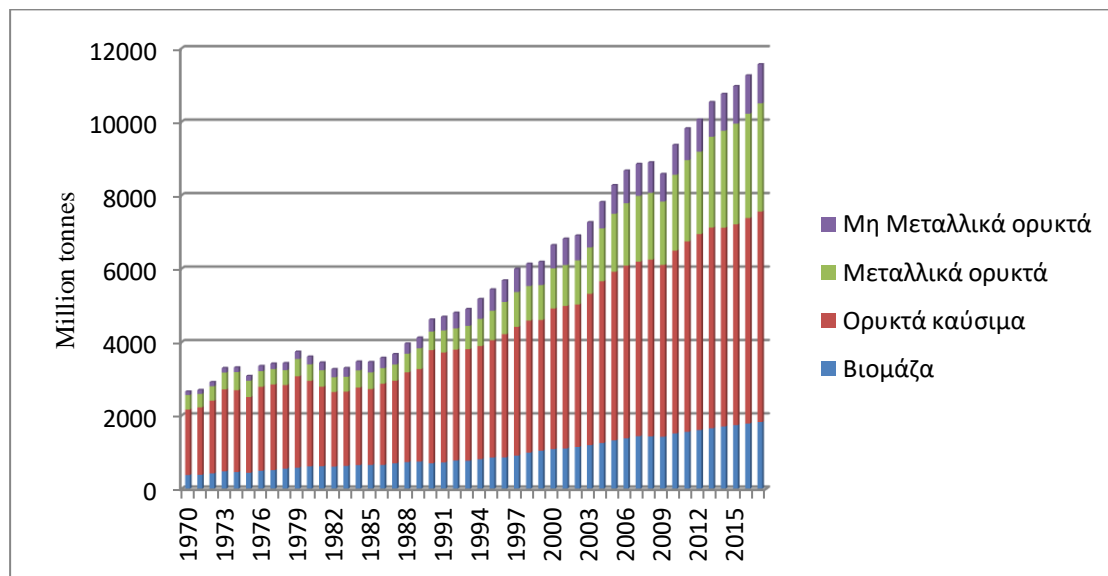
Η εικόνα αυτή παρουσιάζει τα σταθερά επίπεδα στα οποία παραμένουν οι εξορυσσόμενες ποσότητες των παραπάνω υλικών μέσα στο διάστημα από το 2004 μέχρι και το 2015 και την μείωση που επέφερε η οικονομική κρίση στις παραγόμενες ποσότητες των εγχώριων εμπλουτισμένων και επεξεργασμένων μετάλλων. Η ύφεση δεν διήρκησε αρκετό καιρό με αποτέλεσμα η ανάπτυξη που είχε μειωθεί αρχικά, να συνεχίσει την ανοδική της πορεία (Vidal-Legaz et al., 2018).

Από τα διαγράμματα γίνεται αντιληπτή η προτίμηση της αγοράς της Ευρώπης να τείνει προς τα ετοιμοπαράδοτα επεξεργασμένα στην καθαρή μορφή τους μέταλλα, παρά στην εγχώρια εξόρυξη και κατεργασία τους. Η εξαγωγή των κοιτασμάτων επομένως, από τα οποία παράγονται τα μέταλλα ήταν συγκριτικά πολύ χαμηλότερη, αποδεικνύοντας την προσφορά των εισαγμένων υλικών στην συνολική παραγωγή (Vidal-Legaz et al., 2018).

Γενικά από τα παραπάνω δεδομένα συμπεραίνεται η αυτοσυντήρηση της Ευρωπαϊκής Ένωσης από την προμήθεια κατασκευαστικών υλικών και βιομηχανικών ορυκτών, ενώ η συντήρηση ροών υλικών από το εξωτερικό αφορά τα διάφορα μέταλλα (Vidal-Legaz et al., 2018).

1.3 Οικονομικές συναλλαγές πρώτων υλών

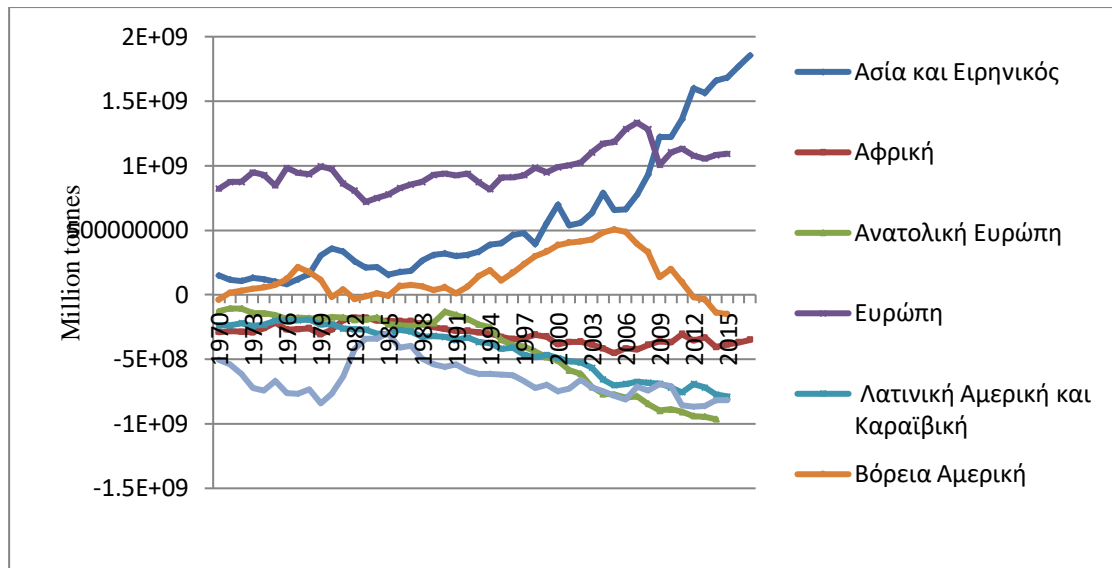
Η ζήτηση και διαθεσιμότητα ποικίλων υλικών από τις διάφορες ανεπτυγμένες χώρες οδήγησε στη δημιουργία παγκόσμιων συστημάτων καταγραφής της παγκόσμιας παραγωγής και κατανάλωσης και άρα την σχετικά ισομερή ανακατανομή των διαθέσιμων πρώτων υλών σε χώρες με ελλείψεις ή αφθονίες σε αυτά τα υλικά αντίστοιχα. Εφόσον αυτού του είδους καταγραφές δεν είχαν πραγματοποιηθεί παρά μόνο μετά το 1962 από τη βάση στατιστικών δεδομένων εμπορίου αγαθών των Ηνωμένων Εθνών (United Nations Commodity Trade Statistics Database) 200 περίπου χωρών, η ανάγκη για αναλυτικότερες και πιο ολοκληρωμένες πληροφορίες εντατικοποιήθηκε (Dittrich & Bringezu, 2010). Πρώτες ύλες με ανισομερείς και τυχαίες κατατάξεις των αποθεμάτων τους, όπως τα ορυκτά καύσιμα και τα μεταλλικά ορυκτά συναλλάσσονται διαρκώς από χώρα σε χώρα, φτάνοντας δισεκατομμύρια τόνους εξαγόμενων υλικών μέχρι και τις μέρες μας (International Resource Panel, 2019).



Διάγραμμα 1.13.: Παγκόσμιες ανταλλαγές πρώτων υλών ανά κατηγορία 1970-2017 (Data Visualisations – Materialflows.Net, n.d.)

Τα συστήματα παραγωγής υλικών και παροχής υπηρεσιών που άρχισαν να στηρίζονται στις αλυσίδες εφοδιασμού και της ίδιας της αγοράς παρουσίασαν μεγάλη ανάπτυξη με αποτέλεσμα η δράση τους και τα προϊόντα τους να επεκταθούν σε πολλές χώρες του κόσμου. Εφόσον πλέον οι εφοδιαστικές αλυσίδες έχουν επεκταθεί σε παγκόσμιο επίπεδο, οι τιμές και οι ποσότητες των παρεχόμενων προς ξένους αγοραστές, υλικών στην παγκόσμια αγορά επηρεάζονται συνεχώς από αλληλοσυνδεδεμένα γεγονότα σε περιοχές σε αντίθετες πλευρές του πλανήτη, όπως είναι η αφθονία σε αυτό τον φυσικό πόρο, τη διαθεσιμότητα ειδικευμένου εργατικού προσωπικού, τις ρυθμίσεις, τη φορολογία και τις κρατικές επιδοτήσεις που χρειάζονται για την εξειδίκευση σε όλες τις πτυχές της εξαγωγής του πόρου (International Resource Panel, 2019).

Η αφαίρεση σε φυσικές μονάδες των εισαγμένων υλικών από τα εξαγμένα ή φυσικό εμπορικό ισοζύγιο (Physical Trade Balance) αποτελεί σήμερα χαρακτηριστικός δείκτης της οικονομικής ισχύος των διαφόρων κρατών, στον τομέα των εισαγωγών και εξαγωγών πρώτων υλών και επομένως της θέσης τους στην παγκόσμια εφοδιαστική αλυσίδα. Σύμφωνα με τη Βάση δεδομένων Παγκόσμιων Ροών Πρώτων Υλών που δημιούργησε το Περιβαλλοντικό Πρόγραμμα των Ηνωμένων Εθνών (UNEP) και η Διεθνής Επιτροπή Πόρων (IRP), από την δεκαετία του '70 μέχρι και τα τελευταία έτη, κυριαρχία στις εισαγωγές υλικών κατείχε η Ε.Ε. με συνολικό ισολογισμό γύρω στους 1 δισεκατομμύρια τόνους, ο οποίος παρέμεινε σχετικά σταθερός κατά τη διάρκεια των παραπάνω μετρήσεων. Μικρές αυξομειώσεις παρατηρήθηκαν στις αρχές της δεκαετίας του '80 όπου η αγορά και χρήση πετρελαίου από τις χώρες της Μέσης Ανατολής αποδείχθηκε οικονομικά μειονεκτική σε σχέση με αυτήν του πετρελαίου από τις περιοχές στη Βόρεια θάλασσα, καθώς και λόγω της μειωμένης ζήτησης εισαγμένων υλικών κατά την οικονομική ύφεση. Συνολικά η αύξηση που έδειξε η Ε.Ε. στις εισαγωγές υλικών από τις αρχές του 1970 ήταν η μισή από τη ολική αρχική ποσότητα τους. Πρακτικά η συνεχής ζήτηση σε υλικά αποδεικνύει την ύπαρξη έντονης δραστηριότητας και κατασκευής προϊόντων σε αυτή την περίοδο για την καλύτερευση των βιοτικών συνθηκών, η οποία εξοφλείται μέσω των πωλήσεων συγκεκριμένων αναντικατάστατων πρώτων υλών σε ενδιαφερόμενους αγοραστές (International Resource Panel, 2019).



Διάγραμμα 1.14: Φυσικό εμπορικό ισοζύγιο για παγκόσμιες περιοχές 1970-2017 (Data Visualisations – Materialflows.Net, n.d.)

Αναλύοντας το Διάγραμμα 1.14 αυξήσεις στις εισαγωγές υλικών παρουσίασαν επίσης οι αγορές της Ασίας, από τις αρχές του 21^{ου} αιώνα. Οι ανατρεπτικές αλλαγές επέτρεψαν στην Ασία να αντικαταστήσει την Ευρώπη ως το μεγαλύτερο εισαγωγέα πρώτων υλών μέσα σε εννιά μόνο χρόνια, διατηρώντας ένα προβάδισμα 70% μέχρι και το 2017. Αντίστοιχα στη δυτική Ασία παρατηρήθηκε αύξηση στις εξαγωγές για ένα μεγάλο διάστημα. Όπως προαναφέρθηκε οι ισχυρότερες μεταβολές στην αγορά προέκυψαν γύρω στο 1980 όπου με τη απομάκρυνση από το πετρέλαιο της Μέσης Ανατολής ως πηγή ενέργειας, δεδομένο που δημιούργησε αντίθετη τάση του φυσικού εμπορικού ισοζυγίου στην δυτική Ασία σε σχέση με αυτό στην Ευρώπη της ίδιας περιόδου (International Resource Panel, 2019).

Όσον αφορά στις υπόλοιπες παγκόσμιες περιοχές, η Λατινική Αμερική και οι χώρες της δυτικής Ευρώπης σε ολόκληρη την περίοδο αυτή έχουν παραμείνει κυρίως εξαγωγείς πρώτων υλών, με τα ποσοστά εξαγμένων υλικών τους να ανεβαίνουν σταθερά, ιδιαίτερα μετά την διάλυση της Σοβιετικής Ένωσης για την δεύτερη. Τελευταία η Αφρική κράτησε σταθερά τη στάση της ως εξαγωγέας, με μια μικρή αύξηση στις εισαγωγές της τάξης του 18% σε όλη αυτή την περίοδο (International Resource Panel, 2019).

Σημαντικές πληροφορίες για τις οικονομίες των κρατών προκύπτουν από την ταξινόμηση τους ανάλογα με το φυσικό εμπορικό τους ισοζύγιο. Σύμφωνα με τα δεδομένα των πενήντα προηγούμενων χρόνων που καταγράφονται στην βάση

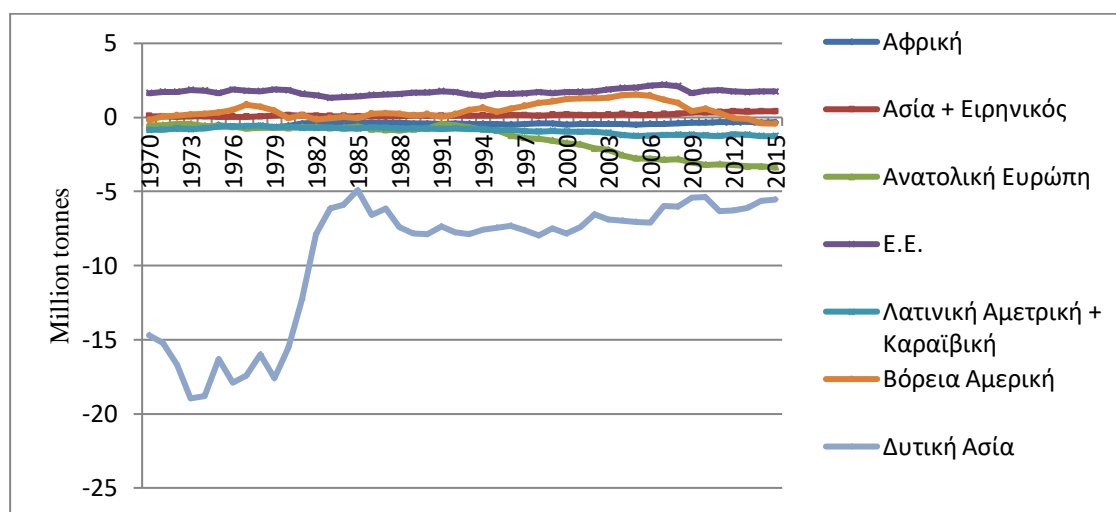
δεδομένων Παγκόσμιων Ροών Υλικών και Παραγωγικότητας Πόρων από το Περιβαλλοντικό Πρόγραμμα των Ηνωμένων Εθνών (UNEP) και το Διεθνούς Επιτροπής Πόρων (IRP), συμπεραίνεται ότι οι χώρες με μεσαία και υψηλά εισοδήματα παρουσιάζουν ακριβώς αντίθετες καταστάσεις, με τους πρώτους να την εξαγωγή υλικών και τους δεύτερους την εισαγωγή τους. Μόνο στην τελευταία δεκαετία παρουσιάστηκε σταδιακή ανταλλαγή ρόλων εξαιτίας την εκβιομηχάνισης των εν ανάπτυξη χωρών που επιζητούν όλο και περισσότερες πρώτες ύλες. Ως αποτέλεσμα, μεγάλες ποσότητες υλικών, των οποίων η εξαγωγή πραγματοποιήθηκε σε αυτές τις χώρες μέσου προς ανώτερου εισοδήματος, χρησιμοποιήθηκαν σε εγχώριες παραγωγικές διαδικασίες και κατανάλωση, ενώ ταυτόχρονα ακόμη περισσότερες πρώτες ύλες εισάγονταν από το εξωτερικό (International Resource Panel, 2019).

Σημαντική επιρροή στις εξαγωγές υλικών είχε η αύξηση των τιμών βασικών εμπορευμάτων, καθιστώντας τη συμμετοχή στην πώληση τους για πολλά κράτη υψηλού εισοδήματος αρκετά ελκυστική οικονομικά. Η αγορά της Αυστραλίας παραδείγματος χάριν προώθησε τη ιδέα εξαγωγών ορυκτών καυσίμων και μεταλλευμάτων, γεγονός που οδήγησε στην μείωση του φυσικού εμπορικού ισοζυγίου των χωρών υψηλού εισοδήματος κατά 730 εκατομμύρια τόνους στα χρόνια από το 2005 μέχρι το 2015. Τέλος στις συνολικές μετρήσεις που προκύπτουν από την πηγή της προηγούμενης παραγράφου, μόνο οι χώρες χαμηλού εισοδήματος δεν παρουσίασαν μεταβολές στους τομείς των εισαγωγών και εξαγωγών (International Resource Panel, 2019).

Επιπλέον μετρήσεις παρουσιάζουν το κατά κεφαλήν φυσικό εμπορικό ισοζύγιο που αντιστοιχεί σε κάθε περιοχή του πλανήτη μέσα στο ίδιο διάστημα. Σύμφωνα με τα δεδομένα της ίδιας Βάσης δεδομένων, από τις επτά μεγαλύτερες περιφέρειες οι πέντε κατέγραψαν σχετικά σταθερό ισοζύγιο γύρω στους +/- 1,8 τόνους. Εξαιρέσεις αποτέλεσαν η Δυτική Ασία και Ανατολική Ευρώπη, ιδιαίτερα από το 2000 και μετά. Ειδικά για την Δυτική Ασία όπου παρά την ανάκαμψη που παρουσιάστηκε την περίοδο μετά το 1980, η συνεχής αύξηση του πληθυσμού οδήγησε σε τελμάτωση πολλών εξαγωγών υλικών τα τελευταία τριάντα χρόνια (International Resource Panel, 2019) .

Όσον αφορά στις εξαγωγές στην Ανατολική Ευρώπη, οι συνολικές κατά κεφαλήν ποσότητες εξαγμένων πρώτων υλών άρχισαν να αυξάνονται με σταθερό και ρυθμό

παρέχοντας αρκετό εισόδημα για την διατήρηση του βιοτικού επιπέδου των πολιτών, κατάσταση την οποία οι χώρες στην Δυτική Ασία δυσκολεύονται να υποστηρίξουν λόγω του συνεχώς αυξανόμενου πληθυσμού (International Resource Panel, 2019).



Διάγραμμα 1.15: Κατά κεφαλήν φυσικό εμπορικό ισοζύγιο για παγκόσμιες περιοχές 1970-2017 (Data Visualisations – Materialflows.Net, n.d.)

Μια αποτίμηση σε επίπεδο χώρας δείχνει ότι μολονότι η Κίνα κυριαρχεί στις καθαρές εισαγωγές σε επίπεδο συνολικού τονάζ και παρά το γεγονός ότι καθοδηγεί την προαναφερθείσα τάση για το φυσικό εμπορικό ισοζύγιο στις χώρες που ανήκουν στο ανώτερο-μεσαίο εισόδημα, το μέγεθος των 1,4 τόνων κατά κεφαλήν για τις καθαρές εισαγωγές παραμένει σχετικά χαμηλό. Το μέγεθος αυτό είναι λιγότερο από το ένα τρίτο αυτού της δεύτερης μεγαλύτερης οικονομίας της Ασίας, της Ιαπωνίας και λιγότερο από το ένα πέμπτο του μεγέθους της Νότιας Κορέας (International Resource Panel, 2019).

Μέχρι το 2017 οι μεγαλύτεροι εξαγωγείς πρώτων υλών ήταν πρώτη η Αυστραλία, με τις αμέσως επόμενες θέσεις να καταλαμβάνονται από τη Ρωσία, τη Βραζιλία, την Ινδονησία και τη Σαουδική Αραβία σύμφωνα με την Παγκόσμια Βάση Δεδομένων Ροών Πρώτων Υλών της Διεθνούς Επιτροπής Πόρων (IRP). Με την Αυστραλία να κυριαρχεί την αγορά με εξαγωγές σιδηρούχων ορυκτών και κάρβουνου σε Ασία και Ειρηνικό ωκεανό, οι ανταγωνιστές της όπως η Βραζιλία βρίσκονται σε μειονεκτική θέση. Αντιθέτως οι χώρες όπως η Ρωσία, η Σαουδική Αραβία, η Νορβηγία και τα Ενωμένα Αραβικά Εμιράτα απασχολούν την αγορά πετρελαίου και φυσικού αερίου. Η έλλειψη αξιοσημείωτων εξαγωγέων σε μη σιδηρούχα μέταλλα τέλος οφείλεται

στην ανάγκη πώλησης τους σε συμπυκνωμένες συγκεντρώσεις καθώς δεν βρίσκονται σε μεγάλες ποσότητες στη φύση (International Resource Panel, 2019).

Εκτός από τη αναγκαία χρήση του φυσικού εμπορικού ισοζυγίου στην προσπάθεια καταμέτρησης των συνολικών ποσοτήτων των υλικών που ανταλλάσσονται σε μια συγκεκριμένη χρονική περίοδο, πλέον υπολογίζονται οι συνολικές ποσότητες πρώτων υλών οι οποίες χρησιμοποιήθηκαν στην κατασκευή των προς πώληση προϊόντων ακόμη και αν δεν εισήχθησαν σαν αυτόνομες φυσικές μονάδες στην χώρα όπου πουλήθηκαν. Μέσω αυτού του νέου εμπορικού ισοζυγίου πρώτων υλών η εξόρυξη υλικών συνδέεται με την παγκόσμια αλυσίδα παραγωγής και κατανάλωσης, των οποίων οι ποσότητες και η ροή καταγράφονται συνεχώς της διαμόρφωση εικόνας της οικονομίας στις περιοχές της τελικής ζήτησης (International Resource Panel, 2019).

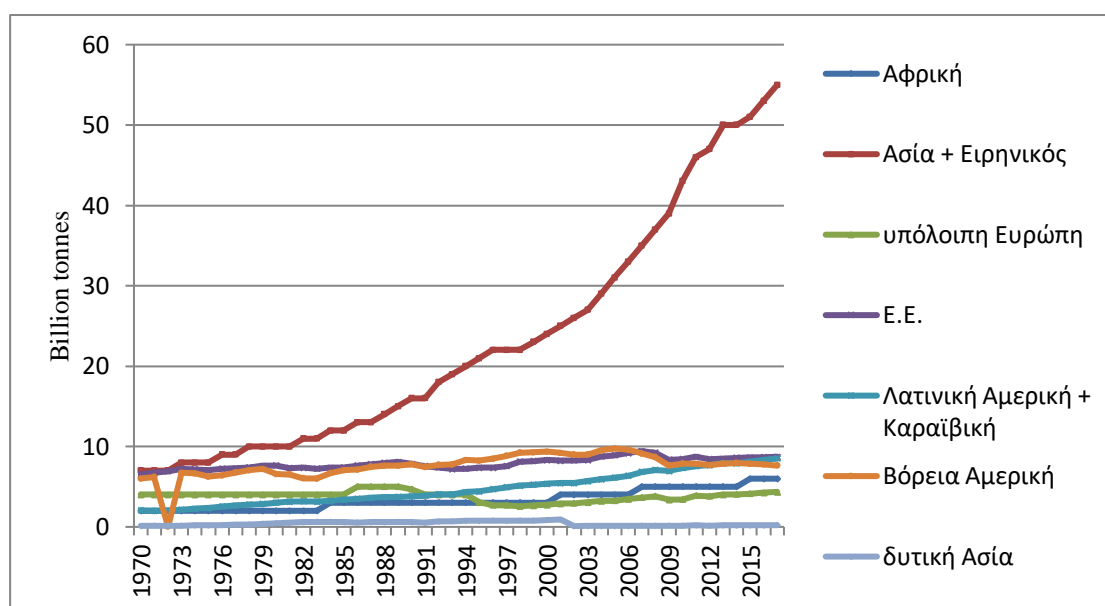
Εν τέλει άρα η διαφορά μεταξύ των δύο ισοζυγίων έγκειται στη συμπερίληψη στην καταμέτρηση ποσοτήτων των ολικών ορυκτών που εξορύχτηκαν, πριν τη χρήση μεθόδων εμπλουτισμού για την αύξηση της περιεκτικότητας τους σε χρήσιμο υλικό. Επομένως ακόμη και τα καύσιμα τα οποία καταναλώνονται κατά την κατεργασία του υλικού υπολογίζονται, δίνοντας μια ξεκάθαρη εικόνα όλων των εξόδων της παραγωγής (International Resource Panel, 2019).

1.4 Εγχώρια κατανάλωση πρώτων υλών

Σημαντική για την οικονομία ενός κράτους αποτελεί η καταγραφή της εγχώριας κατανάλωσης πρώτων υλών, που προκύπτει από την εγχώρια εξόρυξη πρώτων υλών σε συνδυασμό με το φυσικό εμπορικό ισοζύγιο. Έτσι δίνεται η δυνατότητα λεπτομερούς καταμέτρησης σε βάρος όλων των υλικών που εξορύσσονται και εισέρχονται εντός των συνόρων χωρίς εκείνο των εξερχόμενων και άρα της ευκολότερης διαχείρισης τους. Αναλόγως της καταλληλότητας του κάθε υλικού, είτε ως μέρος κάποιου προϊόντος προς κατανάλωση ή εκτεταμένης χρήσης, μπορεί να καθοριστεί η ποσότητα των αποβλήτων ή εκπομπών καθώς και τις οικονομικές συνέπειες που θα επιφέρει η ανάλωση τους στο συγκεκριμένο κράτος (International Resource Panel, 2019).

Μετρήσεις που πραγματοποιήθηκαν από την Διεθνή Επιτροπή Πόρων (IRP) για την συμπλήρωση της βάσης δεδομένων Παγκόσμιων Ροών Πρώτων Υλών και καταγράφονται στο Διάγραμμα 1.16 δείχνουν την αύξηση στις ποσότητες υλικών που καταναλώθηκαν, από τις αρχές της δεκαετίας του 70' στις περιοχές από την Ασία

μέχρι τον Ειρηνικό ωκεανό φτάνοντας το ένα τέταρτο της παγκόσμιας κατανάλωσης, στο ίδιο περίπου επίπεδο δηλαδή με την Ε.Ε. και την Βόρεια Αμερική. Επιπλέον σύγκριση του ρυθμού αύξησης της εγχώριας κατανάλωσης στην Ασία μέσα στην ίδια χρονική περίοδο, δείχνει να είναι εννεαπλάσιος σε σχέση με αυτούς της Ευρώπης και της Αμερικής, γύρω στο 4,5%, ενώ των άλλων δύο είναι 0,6% και 0,5% αντίστοιχα. Πριν από τέσσερα χρόνια οι ρόλοι αντιστράφηκαν τελείως με την Ασία να είναι υπεύθυνη για το 60% της παγκόσμιας κατανάλωσης υλικών και τις άλλες δύο προαναφερθέντες περιοχές να καταναλώνουν λιγότερο από 18% από τα συνολικά 92,1 δισεκατομμυρίων τόνων υλικά (International Resource Panel, 2019).

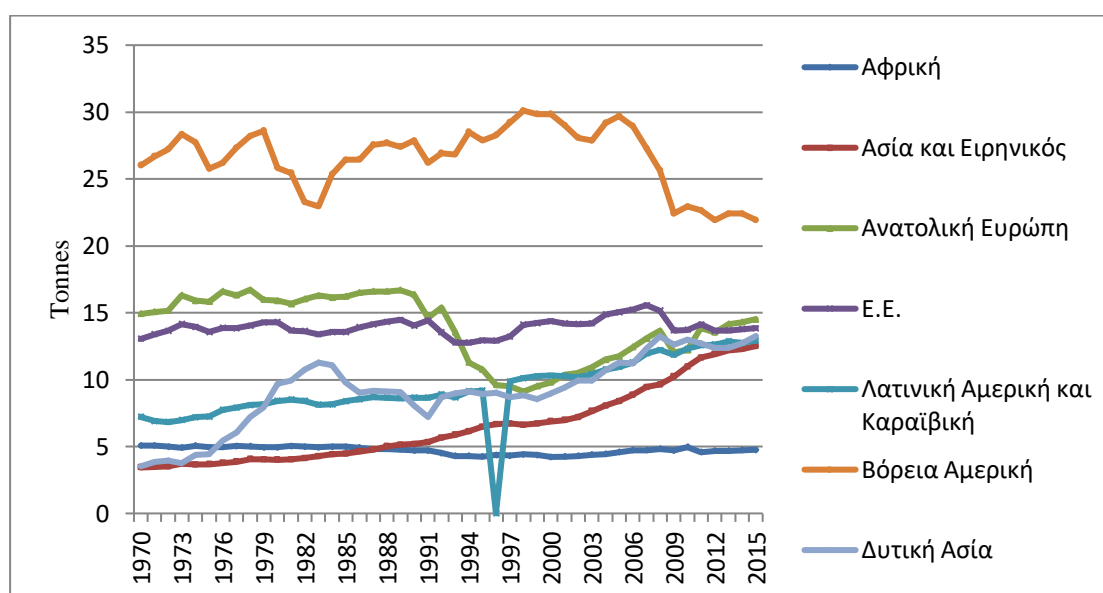


Διάγραμμα 1.16: Εγχώρια κατανάλωση υλικών για παγκόσμιες περιοχές 1970-2017 (Data Visualisations – Materialflows.Net, n.d.)

Συγκρίνοντας την εγχώρια κατανάλωση υλικών των χωρών ανάλογα με την οικονομία ευημερία τους, οι χώρες υψηλού εισοδήματος κατέλαβαν αρχικά την πρώτη θέση, αλλά σταδιακά λόγω της συνεχής ανάπτυξης των κρατών μέσου προς ανώτερου εισοδήματος η μεγαλύτερη κατανάλωση πραγματοποιείται εκεί. Με τις σχετικά ανεπτυγμένες χώρες να ευθύνονται για την αύξηση του ποσοστού της εγχώριας κατανάλωσης από 33 σε 56% μέχρι το 2017 και τις υψηλού εισοδήματος χώρες να μειώνουν το ποσοστό από 52 σε 22%, μόνο στα κράτη μεσαίου και χαμηλού εισοδήματος παρατηρείται ελάχιστη έως μηδαμινή μεταβολή. Το συμπέρασμα που προκύπτει τελικά είναι ότι οι περισσότερες πρώτες ύλες πουλήθηκαν στις περιοχές του κόσμου βρίσκονταν σε μεταβατικό στάδιο

οικονομικής ανάπτυξης μέσω της δημιουργίας καλύτερου βιοτικού επιπέδου (International Resource Panel, 2019) .

Από την καταμέτρηση της κατανάλωσης υλικών που αντιστοιχεί σε κάθε άτομο στις επτά ηπείρους όπως δηλώνει το Διάγραμμα 1.17, επαληθεύονται τα ίδια συμπεράσματα, της ανάπτυξης της αγοράς της Ασίας δηλαδή, παράλληλα με την οικονομική ύφεση που επηρέασε την Βόρεια Αμερική. Σε άλλες περιοχές του κόσμου όπως η Ανατολική Ευρώπη επίσης παρουσιάστηκε μείωση κατανάλωσης λόγω της διάλυσης της Σοβιετικής Ένωσης. Πιο συγκεκριμένα η αλλαγή ξεκίνησε με τον περιορισμό στη ζήτηση είτε για εγχώρια εξόρυξη υλικών είτε για εισαγωγή τους που προέκυψε λόγω της μειωμένης οικονομικής δραστηριότητας. Με την εισαγωγή των χωρών της ανατολικής Ευρώπης στην παγκόσμια οικονομία, μεγάλες ποσότητες εξορυγμένων υλικών πωλούνταν στο εξωτερικό, μειώνοντας ως αποτέλεσμα ακόμη περισσότερο την κατανάλωση από τους ίδιους τους πολίτες. Ακόμη και με την αύξηση του κατά κεφαλήν ακαθάριστου εγχώριου προϊόντος, η συνολική εγχώρια κατανάλωση που θα αντιστοιχεί σε αυτό το άτομο δεν έχει παρουσιάσει αρκετή αύξηση (International Resource Panel, 2019).



Διάγραμμα 1.17: Κατά κεφαλήν εγχώρια κατανάλωση για παγκόσμιες περιοχές 1970-2015

(Data Visualisations – Materialflows.Net, n.d.)

Η φθίνουσα σημασία των χωρών υψηλού εισοδήματος στον καθορισμό των παγκόσμιων ποσοτήτων εγχώριας κατανάλωσης υλικών αντικατοπτρίζεται περαιτέρω στη βάση της κατά κεφαλήν εγχώριας κατανάλωσης υλικών, όσον αφορά την αναλογία υψηλού εισοδήματος προς τον κόσμο. Πιο σημαντικά, τα κατά κεφαλήν

επίπεδα εγχώριας κατανάλωσης υλικών στην ομάδα του ανώτερου μεσαίου εισοδήματος ξεπέρασαν εκείνα της ομάδας υψηλού εισοδήματος το 2012. Ενώ η χρονοσειρά από το 2012 και μετά είναι πολύ μικρή για να παρατηρηθεί οποιαδήποτε ισχυρή τάση, δεν υπάρχουν στοιχεία για σύγκλιση και σταθεροποίηση των επιπέδων εγχώριας κατανάλωσης υλικών κάτω από 20 τόνους κατά κεφαλήν. Δεδομένου ότι γνωρίζουμε ότι υπήρξε μια μεγάλη και συνεχιζόμενη μεταφορά παγκόσμιων μεριδίων παραγωγής από τις χώρες υψηλού εισοδήματος στις χώρες ανώτερου-μεσαίου εισοδήματος, η παρατήρηση αυτή θέτει υπό αμφισβήτηση το κατά πόσο η συζητούμενη σταθεροποίηση των ποσοτήτων εγχώριας κατανάλωσης υλικών σε υψηλότερα επίπεδα εισοδήματος (Steinberger et al., 2013) είναι πραγματική και κατά πόσο είναι στην πραγματικότητα απλώς αποτέλεσμα της μεταφοράς τμημάτων της παραγωγής έντασης υλικών και ενέργειας σε χώρες που βρίσκονται σε μετάβαση. Αυτό είναι ένα ζήτημα μεγάλης σημασίας για τον προσδιορισμό των πιθανών μελλοντικών τάσεων στη ζήτηση υλικών πόρων (International Resource Panel, 2019).

Η χρησιμότητα των στοιχείων για την κατανάλωση υλικών αναγνωρίστηκε στα πλαίσια της βιώσιμης για το μέλλον διαχείρισης των παγκόσμιων φυσικών πόρων. Ως δείκτης της πιθανής συνολικής απομάκρυνσης των χρησιμοποιημένων πρώτων υλών με τη μορφή απορριμμάτων παρέχει τη δυνατότητα διευθέτησης της πιο περιβαλλοντικά φιλικής απόθεσης και εκπομπής τους εντός των συνόρων των χωρών που θα επηρεαστούν περισσότερο από αυτά. Παρ' όλα τα προτερήματα της πρόβλεψης των περιβαλλοντικών επιπτώσεων που επιφέρει η συνεχής απόρριψη των χρησιμοποιημένων προϊόντων, οι μετρήσεις της εγχώριας κατανάλωσης σε κάθε χώρα θα αδυνατούσε να ορίσει με ακρίβεια την συμβολή και άρα την ευθύνη κάθε κράτους ξεχωριστά στην κινητοποίηση πόρων. Μπορεί για παράδειγμα μια χώρα να αναθέσει τις πιο κοστοβόρες σε ενέργεια και υλικά διεργασίες παραγωγής σε εξωτερικούς συνεργάτες, διατηρώντας τα ποσοστά συνολικής κατανάλωσης κάτω από τα περιβαλλοντικά αποδεκτά όρια αλλά αμελώντας τις πραγματικές επιπτώσεις της σε παγκόσμιο επίπεδο (International Resource Panel, 2019).

1.5 Παράγοντες που επηρεάζουν την παραγωγή πρώτων υλών

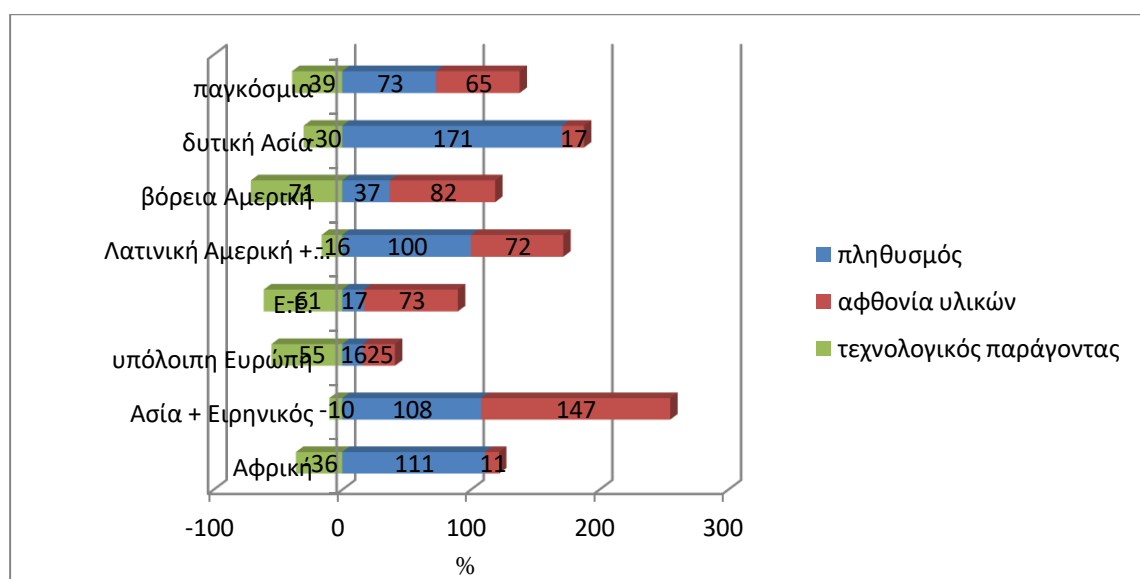
Με την πάροδο του χρόνου η σημασία της βιώσιμης διαχείρισης των περιορισμένων φυσικών πόρων κατά τη διάρκεια της παραγωγής αγαθών και υπηρεσιών από τις

οικονομίες του πλανήτη έγινε αντιληπτή. Ο συνεχής κίνδυνος περιβαλλοντικών επιπτώσεων υπολογίζεται με βάση το μέγεθος του πληθυσμού και τις ποσότητες χρησιμοποιημένων πρώτων υλών και μια μαθηματική εξίσωση δημιουργήθηκε για να γίνει πιο εύκολα κατανοητός ως μετρήσιμο μέγεθος. Η εξίσωση περιελάμβανε τρεις καθοριστικούς οικονομικούς παράγοντες στην ζήτηση υλικών.

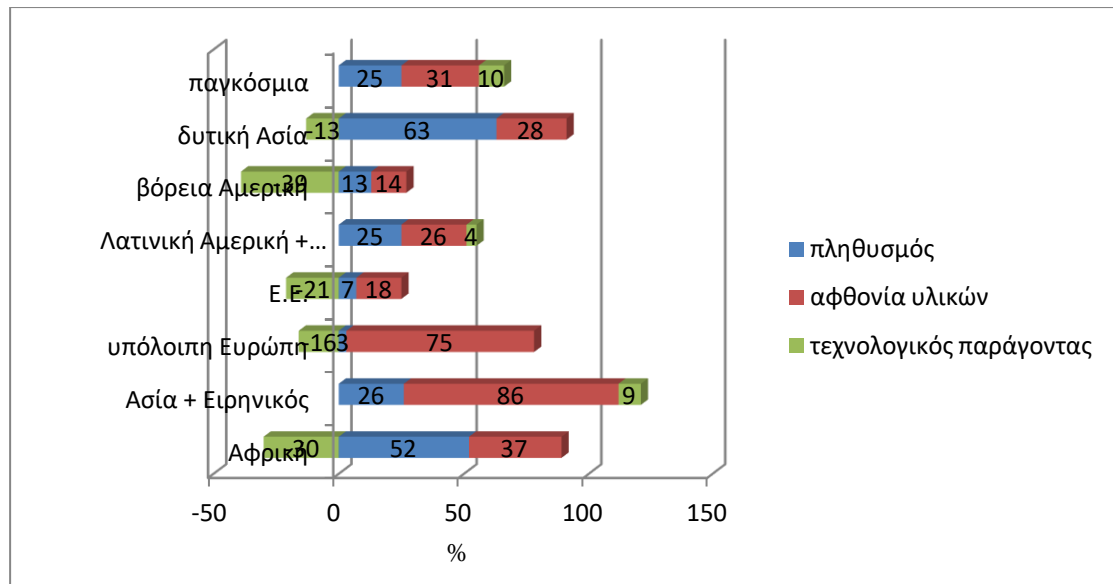
Η εξίσωση είχε την εξής μορφή:

$$I = P * A * T$$

Αντιπροσωπευτικά, η μεταβλητή I είναι οι περιβαλλοντικές επιπτώσεις, P είναι ο πληθυσμός, A είναι η αφθονία υλικών και T είναι τεχνολογικός συντελεστής και υπολογίζει την ένταση των επιπτώσεων αριθμητικά ανά χρηματική μονάδα. Επιπλέον μαθηματικές μεταβολές λογαρίθμησης χρειάζονται για την επίτευξη ακριβούς απόδοσης μεριδίου για το αυξανόμενο αντίκτυπο καθενός από τις τρεις μεταβλητές. Στο πλαίσιο αυτής της ανάλυσης οι περιβαλλοντικές επιπτώσεις I αναφέρονται συγκεκριμένα με τη μορφή της εγχώριας κατανάλωσης, η μεταβλητή A παρατίθεται ως λόγος του ακαθάριστου εγχώριου προϊόντος προς τον συνολικό πληθυσμό και η μεταβλητή T ως ο λόγος των εγχώριων εξορυγμένων υλικών προς το ακαθάριστο εγχώριο προϊόν. Τα αποτελέσματα καθορίζουν τις πιο αποδοτικές μεθόδους διαχείρισης των πρώτων υλών που αντισταθμίζουν τα προβλήματα που δημιουργεί ο συνεχώς αυξανόμενος πληθυσμός (International Resource Panel, 2019).



Διάγραμμα 1.18: Κινητήριοι παράγοντες για την παγκόσμια εξόρυξη πρώτων υλών 1970-2000 (International Resource Panel, 2019)



Διάγραμμα 1.19: Κινητήριοι παράγοντες για την παγκόσμια εξόρυξη πρώτων υλών 2000-2016 (International Resource Panel, 2019)

Χρησιμοποιώντας τις προαναφερθέντες μεταβλητές στον τύπο για την περίοδο από το 1970 μέχρι τις αρχές του 21^{ου} αιώνα διακρίνεται αρκετή ανάπτυξη στην τεχνολογία της Ανατολικής Ευρώπης, έτσι ώστε οι επιπτώσεις της αύξησης του πληθυσμού να μην γίνονται τόσο αισθητές. Ακόμη και με τις παραπάνω μεταβολές η ελάφρυνση του βάρους των εξαγωγών στις χώρες αυτές δεν ήταν παραπάνω από 14%. Σε άλλες περιοχές του κόσμου οι βελτιώσεις των παραπάνω συντελεστών δεν επηρεάζουν σχεδόν καθόλου τα αποτελέσματα. Ένα τέτοιο παράδειγμα παρουσιάστηκε στις περιοχές από την Ασία μέχρι τον Ειρηνικό, εξαιτίας του συνεχώς αυξανόμενου πληθυσμού που επιζητά όλο και περισσότερα υλικά αγαθά, ξεπερνώντας το επιθυμητό όριο του 10% μείωσης της εγχώριας εξόρυξης. Οι μεγαλύτερες βελτιώσεις στην τεχνολογία με τη δυνατότητα να αναιρέσουν μερικώς την αρνητική επίδραση των υπόλοιπων μεταβλητών έγιναν στις Ηνωμένες Πολιτείες Αμερικής (International Resource Panel, 2019).

Από το 2000 και μετά, η αυξανόμενη ευημερία αντικατέστησε τον πληθυσμό ως τον μεγαλύτερο παράγοντα αύξησης της εξόρυξης υλικών σε παγκόσμιο επίπεδο, αν και σε περιφερειακό επίπεδο ο πληθυσμός ήταν ο σημαντικότερος παράγοντας τόσο στην Αφρική όσο και στη Δυτική Ασία. Η μόνη περιοχή όπου η τεχνολογική εξέλιξη ήταν επαρκής για να αντισταθμίσει την συνδυασμένη αύξηση του πληθυσμού και της ευημερίας ήταν η Βόρεια Αμερική. Συγκεκριμένα ο ρόλος που έπαιξε η τεχνολογία στη συνολική κατανάλωση ήταν καθοριστικός, μειώνοντας την κατά 39% με

παρόμοιο ρυθμό με τα προηγούμενα χρόνια. Στην Ασία επικρατούσε η ίδια κατάσταση με τα προηγούμενα τριάντα χρόνια, με την εξαγωγή υλικών να αυξάνεται δραματικά, αφού οι νέες τεχνικές και τα μηχανήματα χρησιμοποιούνταν ουσιαστικά για την κάλυψη της συνεχής ζήτησης (International Resource Panel, 2019).

1.6 Επιπτώσεις παραγωγής υλικών στο περιβάλλον και την ανθρώπινη υγεία

1.6.1 Επιπτώσεις από την παραγωγή μετάλλων

Ανέκαθεν τα μέταλλα θεωρούνταν ακρογωνιαίος λίθος στην ανάπτυξη και εξέλιξη της κοινωνίας του ανθρώπινου είδους. Από την κατασκευή βιομηχανικών εξοπλισμών, στην παροχή υπηρεσιών αλλά και στους πιο βασικούς τομείς όπως η στέγαση, όλα απαιτούν την χρήση των επεξεργασμένων κατάλληλα υλικών για να λειτουργήσουν. Μέχρι πριν από κάποιες δεκαετίες όμως οι περιβαλλοντικές επιπτώσεις που επέφεραν αυτές οι διεργασίες εξόρυξης και επεξεργασίας δεν ήταν αρκετά διαδεδομένες για τη παρότρυνση ευαισθητοποίησης των εταιρειών και του κράτους. Νέες γνώσεις και τεχνολογίες όμως επέτρεψαν τον υπολογισμό, με μαθηματικούς όρους, των αρνητικών μεταβολών. Για παράδειγμα το έτος 2011 οι μετρήσεις που πραγματοποιήθηκαν, έδειξαν πως στην εξόρυξη και επεξεργασία των μετάλλων οφειλόταν το 18% της παγκόσμιας κλιματικής αλλαγής. Η αριθμητική αύξηση στην εξαγωγή υλικών μετά το 2000 και για δεκαπέντε χρόνια διπλασίασε τα αποτελέσματα των επιπτώσεων (International Resource Panel, 2019).

Η εξαγωγή και επεξεργασία κάθε μετάλλου περνάει από διαφορετικές περίπου διεργασίες, από τις οποίες όλες επιδρούν αρνητικά με κάποιο τρόπο στο περιβάλλον. Για λόγους διευκόλυνσης λόγος θα γίνει για τις επιδράσεις των πιο διαδεδομένων σε χρήση μετάλλων στον κόσμο. Από αυτά πρώτος σε χρησιμότητα είναι ο χάλυβας, λόγω των μηχανικών του χαρακτηριστικών και του μειωμένου κόστους του. Οι γιγαντιαίες ποσότητες που απαιτούνται κάθε χρόνο για την κάλυψη της ζήτησης, μαζί με τις διαδικασίες επεξεργασίας του σιδήρου για την παραγωγή χάλυβα αποτελούν κύριο παράγοντα στην κλιματική αλλαγή, χάρις την τεράστια σπατάλη ενέργειας που χρειάζεται για να πραγματοποιηθούν. Στατιστικά η ενέργεια που καταναλώνεται κατά την επεξεργασία αντιστοιχεί στο ένα τέταρτο (1/4) της παγκόσμιας ενεργειακής ζήτησης. Παρόμοια αποτελέσματα επέφεραν και οι κατεργασίες του αλουμινίου, ιδιαίτερα η τήξη του μέσω ηλεκτρόλυσης (International Resource Panel, 2019).

Ένας από τους λόγους που καθιστούν την εξόρυξη των μετάλλων επικίνδυνη για την περιβαλλοντική ισορροπία είναι η δημιουργία τοξικών αποβλήτων. Τα απόβλητα αυτά που δημιουργούνται κατά την εξόρυξη, εμπλουτισμένα σε μέταλλα, παρά τις προληπτικές μεθόδους απομόνωσης πίσω από ειδικά φράγματα ή κάτω από σώματα νερού που χρησιμοποιούνται σχεδόν πάντοτε μπορούν να διαρρεύσουν και έπειτα από οξείδωση τους να παράγουν την «όξινη απορροή μεταλλείων» μολύνοντας τα επιφανειακά και υπόγεια ύδατα και καταστρέφοντας πολλές φορές ολόκληρα οικοσυστήματα (Beylot & Villeneuve, 2017). Το γεγονός ότι για την παραγωγή μιας συγκεκριμένης ποσότητας μετάλλου ο όγκος των εξορυγμένων υλικών που απαιτείται να περάσουν από διεργασίες εμπλουτισμού είναι σαφώς πολύ μεγαλύτερος συνέβαλε στην παραγωγή ακόμη περισσότερης ποσότητας όξινης απορροής. Συγκεκριμένα πολύτιμα μέταλλα όπως ο χρυσός βρίσκονται σε πολύ χαμηλές συγκεντρώσεις στο έδαφος, καθιστώντας τον διαχωρισμό τους από τα δευτερεύοντα και άχρηστα πετρώματα απαραίτητο. Η χρήση του κυανιούχου νατρίου (NaCN) είναι η πιο γνωστή μέθοδος διαχωρισμού του χρυσού των τελευταίων εκατό χρόνων, λόγω του χαμηλού κόστους της και της αποδοτικότητας της, ενώ διατρέχει κίνδυνο μόλυνσης μόνο σε περίπτωση απρόσμενης διαρροής του. Η αποτελεσματικότητα της μεθόδου αποδεικνύεται από το γεγονός ότι το 18% της συνολικής παραγωγής κυανίου χρησιμοποιείται για αυτό τη διήθηση χρυσού (Hilson & Monhemius, 2006).

Στην περίπτωση του χάλυβα, σχετικά σημαντικές επιπτώσεις στο περιβάλλον προκαλούν τα αρχικά στάδια επεξεργασίας της πρωτογενούς του παραγωγής. Η εξέλιξη της τεχνολογίας στις τελευταίες δεκαετίες του 20^{ου} αιώνα, επέτρεψε την εξοικονόμηση ενέργειας για τις διεργασίες παραγωγής, η οποία σταθεροποιήθηκε μέσα στα προηγούμενα είκοσι χρόνια. Πιο αναλυτικά η μέθοδος που χρησιμοποιούνταν περισσότερο για την κατεργασία του σιδήρου, ήταν αυτή της υψικαμίνου. Η θερμική ενέργεια που χρειάζεται για την τήξη του σιδήρου προέρχεται από την καύση κοκ και ασβεστόλιθου, χωρίς όμως αυτό να σημαίνει ότι τα καυσαέρια που παράγονται δεν επιβαρύνουν αρκετά την ατμόσφαιρα (Hasanbeigi et al., 2014). Τέτοιοι προβληματισμοί ώθησαν τους επιστήμονες στην κατασκευή εναλλακτικών μεθόδων διαχωρισμού του σιδήρου από άλλα άχρηστα υλικά. Ταυτόχρονα προβλέψεις του Διεθνούς Οργανισμού Ενέργειας (IEA) δείχνουν για την μείωση των ήδη υπάρχοντων ενεργειακών καταναλώσεων κατά 20% χάρις την αξιοποίηση των πιο εξελιγμένων τεχνολογιών (International Resource Panel, 2019).

Όπως έχει προαναφερθεί ο χάλυβας αποτελεί το υψηλότερο σε ζήτηση κράμα, σε συνδυασμό με τον σίδηρο. Μια από τις λύσεις που τέθηκαν για την μείωση εξόρυξης των τεράστιων όγκων πετρωμάτων που απαιτεί η εξαγωγή μετάλλων καθώς και των περιβαλλοντικών επιπτώσεων τους, ήταν η χρήση των μεταλλικών απορριμμάτων (σκραπ) συμπεριλαμβανομένου και του παλαιοσιδήρου για την παραγωγή νέου προϊόντος. Το πρόβλημα στην περίπτωση του χάλυβα ήταν η έλλειψη του απορρίμματος, δεδομένου της χρήσης του σε ήδη υπάρχουσες κατασκευές. Ως αποτέλεσμα η παραγωγή του στηρίζεται κυρίως στα εξορυγμένα υλικά και όχι τα ανακυκλωμένα (International Resource Panel, 2019).

Στηριζόμενοι στη νέα μέθοδο επεξεργασίας, η παραγωγή δευτερογενούς χάλυβα επεκτάθηκε σε πολλές χώρες, καταλαμβάνοντας από την αρχή του 21^{ου} αιώνα το 34% της παγκόσμιας παραγωγής. Το ποσοστό αυτό μέχρι το 2015 μειώθηκε κατά 9% αποδεικνύοντας τη δυσκολία εύρεσης μεγάλων ποσοτήτων παλαιοσιδήρου. Αυτήν την περίοδο κυρίαρχος στην παγκόσμια παραγωγή χάλυβα είναι η Κίνα στηριζόμενη και στις δύο μεθόδους. Περισσότερη χρήση παρατηρείται φυσικά στον πρωτογενή χάλυβα με σταδιακή αύξηση σε πενταπλάσια ποσότητα του αρχικού προϊόντος από το 2000 μέχρι το 2015 (*STEEL STATISTICAL YEARBOOK 2017*, n.d.). Αντιθέτως ο δευτερογενής χάλυβας που παράχθηκε την ίδια περίοδο μειώθηκε κατά 10% από το αρχικό 16% στις αρχές της χιλιετίας. Η παραγωγή του χάλυβα ήταν τόσο εκτεταμένη στην Κίνα, όπου κάλυπτε τις μισές εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου στην χώρα μόνο για το έτος του 2015. Σημαντικές ήταν τέλος και οι περιβαλλοντικές επιπτώσεις που επέφερε και η εξαγωγή του χάλυβα στο εξωτερικό αφού κάλυπταν το 20% του συνόλου (International Resource Panel, 2019) .

Το αλουμίνιο ως το δεύτερο σε χρησιμότητα μέταλλο στον κόσμο, παράγεται και συναλλάσσεται σε εξίσου μεγάλες ποσότητες. Επομένως και οι περιβαλλοντικές επιπτώσεις τους είναι εξίσου εκτενείς. Εφόσον το αλουμίνιο εξάγεται με κατάλληλες διεργασίες από το πέτρωμα του βωξίτη, παρατηρείται ότι η μεγαλύτερη αρνητική επίδραση στο περιβάλλον και την ανθρώπινη υγεία προέρχεται από την κατανάλωση καυσίμων και ηλεκτρισμού. Η διαδικασία περιλαμβάνει την απομάκρυνση των προσμίξεων και την καταβύθιση του υδροξειδίου του αργιλίου (αλουμίνα) που παράγεται και στη συνέχεια την ηλεκτρόλυση του προς τη παραγωγή καθαρού αλουμινίου (International Resource Panel, 2019). Η ανάπτυξη της τεχνολογίας επέτρεψε στις εταιρείες να μειώσουν σταδιακά την κατανάλωση ενέργειας που

απαιτείτο μέχρι το 2017 όπου μετρήσεις έδειξαν την διαφορά από το 2000 με τη μείωση να φτάνει το 23% και 8% για τις δύο διεργασίες αντίστοιχα. Περαιτέρω μείωση μπορεί να επιτευχθεί με τη χρήση των πιο εξελιγμένων μηχανημάτων, τακτική που ακολούθησαν πληθώρα εταιρειών στην Κίνα. Η χρήση τους στέφθηκε με επιτυχία καθώς ένα ολόκληρο 4% της παγκόσμιας ενεργειακής κατανάλωσης σώθηκε για εναλλακτική ή μελλοντική εκμετάλλευση. Το πρόβλημα στην υπάρχουσα κατάσταση εκτεταμένης παραγωγής αλουμινίου στην χώρα ήταν η στήριξη της στην ενεργειακή αξιοποίηση του άνθρακα που απελευθερώνει μεγάλες ποσότητες διοξειδίου του άνθρακα (CO₂) κατά την καύση του (*Metallurgical Alumina Refining Energy Intensity - International Aluminium Institute, n.d.*).

Εκτός από την παραγωγή μετάλλων σε βιομηχανικό επίπεδο, όπου οι εξορύξεις και οι διαδικασίες πραγματοποιούνται σε πολύ μεγάλη κλίμακα, υπάρχουν πολλοί μικρότεροι παραγωγοί υλικών και ερασιτέχνες σε διάφορες χώρες, που δεν έχουν την οικονομική δυνατότητα να χειριστούν τα νεότερα και πιο αποδοτικά μηχανήματα ή τεχνικές των μεγαλύτερων εταιρειών. Για παράδειγμα σε μικρής κλίμακας εξόρυξη χρυσού, πολλοί μηχανικοί μέχρι και σήμερα χρησιμοποιούν στοιχειακό υδράργυρο (Hg), αγνοώντας ή μη έχοντας τρόπο αντιμετώπισης των τεράστιων εκπομπών υδραργύρου που απελευθερώνονται στην ατμόσφαιρα. Μετά από καταμέτρηση σε πάνω από εβδομήντα χώρες επιβεβαιώθηκαν 16 εκατομμύρια κρούσματα, όλων των ηλικιών και γένους με δηλητηρίαση από την έκθεση σε αέρια πλούσια σε υδράργυρο (International Resource Panel, 2019) . Η έκθεση σε ένα τόσο τοξικό μέταλλο μπορεί να δημιουργήσει προβλήματα στα νεφρά ή αυτοάνοσες ασθένειες ή νευρολογικά προβλήματα (World Health Organization, 2016). Ο κίνδυνος της μόλυνσης είτε μέσω του αέρα (ως αναθυμιάσεις) ή του εδάφους και των υδάτων ήταν εξαιρετικά υψηλός στις κοντινές στα ορυχεία κοινότητες, στρέφοντας την προσοχή της κοινής γνώμης αλλά και των ειδικών πάνω στο πρόβλημα. Μείωση της χρήσης του υδραργύρου υιοθετήθηκε από πολλές κυβερνήσεις, μαζί με άλλους κανονισμούς και μεθόδους εξουδετέρωσης του, σύμφωνα με παγκοσμίως αποδεκτές τακτικές όπως αυτές του συνεδρίου «Minamata» το 2013.

Παρά τις αρκετές εναλλακτικές μεθόδους που έχουν αναπτυχθεί με στόχο τον πιο αποδοτικό και ασφαλή τρόπο διαχωρισμού του χρυσού, που μπορούν να αντικαταστήσουν τη χρήση του υδραργύρου, η άγνοια των ενδιαφερόμενων μεταλλωρύχων πάνω στο θέμα έχει αποτρέψει την πραγματική ανάπτυξη του τομέα.

Επομένως η ανάγκη για παροχή γνώσεων και οικονομικής βοήθειας σε νέους επενδυτές για τον αγώνα εύρεσης αποδοτικότερων μεθόδων εξόρυξης γίνεται όλο και πιο έντονη με την πάροδο του χρόνου (International Resource Panel, 2019).

1.6.2 Επιπτώσεις μη μεταλλικών ορυκτών

Με την εξόρυξη μη μεταλλικών ορυκτών να καταλαμβάνει με την πάροδο των χρόνων ένα μεγάλο κομμάτι της παγκόσμιας παραγωγής υλικών όπως παρουσιάζει το Διάγραμμα 1.1. αναμένεται πως οι επιδράσεις προς το περιβάλλον και τον άνθρωπο να είναι αναλόγως επικίνδυνες. Στα μόνα στάδια της παραγωγής όπου δημιουργούνται επιπτώσεις είναι αυτά της επεξεργασίας των υλικών. Χαρακτηριστικό παράδειγμα είναι η διεργασία για την παραγωγή τσιμέντου αφού τα πιο ελαφριά σωματίδια από τον θρυμματισμό των πετρωμάτων απελευθερώνονται στην ατμόσφαιρα σε μορφή σκόνης, η οποία εύκολα μπορεί να εισπνευσθεί και να προκαλέσει αναπνευστικά προβλήματα. Επίσης παρόμοια αποτελέσματα μπορούν να επιφέρουν οι εκπομπές τοξικών αερίων κατά την δημιουργία λιπασμάτων. Τα υπόλοιπα από τα πιο διαδεδομένα μη μεταλλικά ορυκτά που εξορύσσονται όπως το χαλίκι ή ο ασβεστόλιθος δεν έχουν σοβαρές περιβαλλοντικές επιπτώσεις (International Resource Panel, 2019).

Παραπάνω αναλύσεις πάνω στις εξορυκτικές διεργασίες διαφώτισαν τις πιθανότητες καταστροφής του περιβάλλοντος στον περιορισμένο χώρο κοντά στα σημεία εξόρυξης, χωρίς όμως οι επιδράσεις να επεκτείνονται σε πιο απομακρυσμένες περιοχές. Κακή διαχείριση και έλλειψη απαγορεύσεων, συμβάλλουν στον λανθασμένο καθορισμό ευαίσθητων περιβαλλοντικά τοποθεσιών (π.χ. ποτάμια) για την εξόρυξη των επιθυμητών αδρανών υλικών. Γι' αυτόν το λόγο προτιμάται η εξαγωγή τους από χερσαία ορυχεία όπου τέτοιοι κίνδυνοι είναι λιγότεροι (International Resource Panel, 2019).

Ακόμη και εάν η δημιουργία μιας συγκεκριμένης ποσότητας εκπομπών από την κατεργασία των διαφόρων ορυκτών δεν είναι αρκετά καταστροφική στα οικοσυστήματα και στην ανθρώπινη υγεία, η συσσώρευση τους μετά από ένα μεγάλο χρονικό διάστημα αλλεπάλληλης χρήσης θα είναι, ειδικά κατά την παρασκευή του τσιμέντου και τον ψεκασμό φωσφορούχων λιπασμάτων. Όσον αφορά στην χημική παρασκευή νιτρικών λιπασμάτων είναι εξαιρετικά απαιτητική από ενεργειακής άποψης, η συμβολή της οποίας φτάνει το 15% των συνολικών περιβαλλοντικών

επιπτώσεων. Άλλες κατηγορίες διεργασιών που συμμετέχουν στην επιδείνωση της κλιματικής αλλαγής αλλά σε μικρότερο βαθμό δηλαδή περίπου 10%, των τελευταίων δέκα χρόνων είναι η επεξεργασία γυάλινων και κεραμικών αγαθών και οικοδομικών πετρών (International Resource Panel, 2019).

Αναλύοντας τη μέθοδο παρασκευής του τσιμέντου παρατηρείται ότι το κύριο συστατικό του το κλίνκερ (clinker), όταν φτιάχνεται, συνεισφέρει πάνω από 40% σε όλα τα είδη επιπτώσεων, από την κλιματική αλλαγή μέχρι την τοξικότητα στους οργανισμούς. Η συνεχή έκλυση διοξειδίου του άνθρακα (CO₂), κατά την απομάκρυνση του άνθρακα λόγω της φρύξης του κλίνκερ αλλά και των καταναλωμένων για την παροχή θερμότητας καυσίμων αποτελεί τον κυριότερο καταλυτικό παράγοντα στη μόλυνση του περιβάλλοντος. Στην περίπτωση του τσιμέντου η Κίνα και η Ινδία ως οι μεγαλύτεροι παραγωγοί, τις δεκαετίες λίγο πριν και μετά την αρχή του 21^ο αιώνα αντιμετωπίζουν σε μεγαλύτερο βαθμό τις συνέπειες της μόλυνσης (International Resource Panel, 2019).

Οι τεχνικές διαδικασίες παροχής θερμικής ενέργειας για την παραγωγή του κλίνκερ αναβαθμίστηκαν σταδιακά στην προσπάθεια μείωσης του υψηλού κόστους τους. Η απαιτούμενη ενέργεια που χρησιμοποιείται στην χρήση της νέας ξηρής μεθόδου (precalciner) βοήθησε στην ελάττωση εκπομπών των αερίων του θερμοκηπίου σε σχέση με την παλαιότερη μέθοδο όπου η διπλάσια ποσότητα ενέργειας ήταν απαραίτητη. Το μόνο αρνητικό στοιχείο είναι η τελμάτωση στον τομέα περαιτέρω εξοικονόμησης ενέργειας αφού τα πιο μοντέρνα τεχνολογικά μηχανήματα έχουν ήδη εγκατασταθεί και ενεργοποιηθεί στην πλειοψηφία των εταιρειών παραγωγής τσιμέντου (International Resource Panel, 2019).

Εκτός από τις καινοτομίες στον τεχνολογικό τομέα της κατασκευής του κλίνκερ, μια άλλη μέθοδος όσον αφορά στον περιορισμό των περιβαλλοντικών επιπτώσεων ήταν η εναλλαγή των ήδη χρησιμοποιούμενων στον κλίβανο, καυσίμων όπως το κάρβουνο και τον ασβεστόλιθο με οργανικά υλικά (π.χ. βιομάζα ή απόβλητα) εφόσον αυτά έχουν την δυνατότητα παραγωγής θερμικής ενέργειας στα ίδια επίπεδα με πριν. Ο λόγος προτίμησης των υλικών αυτών ως καύσιμο έγκειται στην μειωμένη επίδραση των αέριων προϊόντων τους στην ατμόσφαιρα και η πρόσθεση τυχόν ορυκτών τεμαχίων τους στο παραγόμενο κλίνκερ (*World Business Council for Sustainable Development Cement Industry Energy and CO₂ Performance*, n.d.). Ταυτόχρονα επικίνδυνα οργανικά απόβλητα που είναι δύσκολα στη διαχείριση τους, μπορούν να

καταστραφούν, τοποθετώντας σε διάφορα σημεία μέσα στην κάμινο. Σε μερικές μόνο περιπτώσεις τοξικών απορριμμάτων υπάρχει ο κίνδυνος για την ανθρώπινη υγεία. Με αυτό το σκεπτικό πραγματοποιείται πάντα αυστηρός έλεγχος της χημικής σύστασης των προς καύση απορριμμάτων πριν την απόθεση τους μέσα στον κλίβανο φρύξης (International Resource Panel, 2019).

Οποιοσδήποτε τεχνικές χρησιμοποιήθηκαν για την μετρίαση του φαινομένου του θερμοκηπίου, τα προτερήματα χρήσης του τσιμέντου σε πληθώρα κατασκευών είναι ευρέως γνωστά, πράγμα που τις καθιστά (τις τεχνικές) σχεδόν άχρηστες, αφού η παγκόσμια παραγωγή του δεν παρουσιάζει καμία επιβράδυνση. Εφόσον το διοξείδιο του άνθρακα (CO₂) παράγεται και απελευθερώνεται κυρίως κατά την διαπύρωση των καυσίμων, προκαλώντας ζημιά στις κοντινές περιοχές, ανέκαθεν παρουσιαζόταν μια αλληλοεξαρτώμενη σχέση μεταξύ της ανάπτυξης της παραγωγής και τις περιβαλλοντικές επιδράσεις (International Resource Panel, 2019). Επίσης, η αντικατάσταση μέρους του κλίνκερ με άλλα λιγότερο επιβλαβή προς το περιβάλλον υλικά όπως τα τεμάχια ορυκτών ή με πολύ πιο καλής ποιότητας, ήταν καλές μέθοδοι αντιμετώπισης του προβλήματος (Habert & Roussel, 2009).

Πολλές εναλλακτικές μέθοδοι και τεχνικές που τίθενται μπορεί να είναι αποτελεσματικές έως ένα βαθμό, αλλά λόγω της σταθερής αύξησης ζήτησης του τσιμέντου σε όλο τον κόσμο, η παραγωγή διοξειδίου του άνθρακα (CO₂) δεν μπορεί να αποφευχθεί (Cement Sustainability Initiative, 2016). Η μόνη λύση που απομένει είναι ο εγκλωβισμός των αερίων με ειδικά μηχανήματα ή μείωση του κλίνκερ στα παραγόμενα προϊόντα τσιμέντου (International Resource Panel, 2019). Σύμφωνα με πρώτες αναλύσεις τα αποτελέσματα είναι εξαιρετικά, κατακρατώντας το 90% των εκπομπών (*World Business Council for Sustainable Development Cement Industry Energy and CO₂ Performance*, n.d.).

1.6.3 Επιπτώσεις ορυκτών καυσίμων

Κάποια από τα εξορυσσόμενα υλικά των οποίων η καύση προσφέρει μεγάλες ποσότητες ενέργειας, αλλά μπορούν να χρησιμοποιηθούν και στην χημική κατασκευή πλαστικών ή φαρμάκων είναι ο γαιάνθρακας, το πετρέλαιο και το φυσικό αέριο. Ως οι πιο διαδεδομένες ορυκτές πρώτες ύλες στον πλανήτη, με μεγάλο ποσοστό των καθημερινών και βιομηχανικών δραστηριοτήτων να στηρίζονται στην αξιοποίηση

τους, συμβάλουν καθοριστικά στην μόλυνση του περιβάλλοντος (International Resource Panel, 2019).

Το κύριο παραπροϊόν που αποτελεί κίνδυνο για το περιβάλλον είναι το μεθάνιο (CH_4), αέριο το οποίο δημιουργεί το τοξικό για την υγεία όζον στην τροπόσφαιρα και συμβάλει στο φαινόμενο του θερμοκηπίου. Επειδή οι μεγαλύτερες ποσότητες μεθανίου απελευθερώνονται κατά την εξόρυξη του κάρβουνου σε μεγάλα βάθη, η πιο λογική στρατηγική κατά την υπόγεια εξόρυξη, θα ήταν η εξαέρωση τους αποτρέποντας την δημιουργία εύφλεκτων μειγμάτων τους με τον αέρα. Άλλες μέθοδοι εξουδετέρωσης του περιελάμβαναν την καύση του μεθανίου προς τη παραγωγή διοξειδίου του άνθρακα ή την αξιοποίηση του σαν καύσιμο για την παροχή ηλεκτρικής ενέργειας στα μεταλλεία (International Resource Panel, 2019).

Στην περίπτωση της εξόρυξης του άνθρακα η απελευθέρωση των επικίνδυνων σωματιδίων πραγματοποιείται συνεχώς, κατά το σκάψιμο, τις εκρήξεις, την απόθεση των μεγάλων τεμαχίων, μέχρι και από τον αέρα. Η σκόνη που αναστηκόνεται από όλες αυτές τις δραστηριότητες μπορεί να προκαλέσει προβλήματα στην υγεία, κυρίως των εργαζομένων στους χώρους μέσα και κοντά στα μεταλλεία. Για την αντιμετώπιση αυτού του θέματος οι περισσότερες διαδικασίες, αποφασίστηκε ότι θα πραγματοποιούνταν σε εσωτερικούς χώρους όπου θα αποτρεπόταν ευκολότερα η διαρροή τους ή όταν θα βρίσκονταν σε ανοιχτούς χώρους θα διαβρέχονταν για να αποφευχθεί η διασπορά της σκόνης. Οι τεχνικές αυτές μπορεί να ήταν πιο αποτελεσματικές για την προστασία πιο απομακρυσμένων περιοχών αλλά όχι τόσο για κοντινές που θα βίωναν τις επιπτώσεις όσων εκπομπών κατάφερναν να διαφύγουν (International Resource Panel, 2019).

Σημαντικό αντίκτυπο στο περιβάλλον έχουν οι διαδικασίες ανάκτησης και καύσης του αδιύλιστου πετρελαίου και του φυσικού αερίου καθώς και του σχιστολιθικού πετρελαίου που εξάγονται τα τελευταία χρόνια λόγω της έλλειψης των πιο συνηθισμένων καυσίμων. Η συνολική ποσότητα αερίων του θερμοκηπίου, που απελευθερώνεται από την καύση των παραπάνω καυσίμων υλών για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας για την εξόρυξη μεγαλύτερων ποσοτήτων τους, φτάνει αυτή του γαιάνθρακα, λόγω της μεγάλης ανάπτυξης στις τεχνολογικές μεθόδους, που καθιστά τις διαδικασίες ευκολότερες στη διαχείριση και λιγότερο χρονοβόρες. Κατά τη διάρκεια της ανάκτησης του πετρελαίου και του φυσικού αερίου απελευθερώνεται επίσης υδράργυρος, αναμιγμένος στα λύματα που παράγονται μέσα στα μεταλλεία.

Ακολουθώντας καθοδική πορεία αυτά τα λύματα χύνονται στα ποτάμια και του ωκεανούς, γεγονός που οδηγεί στην μόλυνση και καταστροφή ποικίλων οικοσυστημάτων στις γύρω περιοχές. Μια ακόμη περίπτωση μόλυνσης αφορά τον υδράργυρο που έχει αφαιρεθεί από τα ορυκτά καύσιμα στη διαδικασία εμπλουτισμού τους. Το τοξικό μέταλλο χρησιμοποιείται στην εξόρυξη χρυσού, άρα υπάρχει κίνδυνος διαρροής του στο έδαφος (AMAP/UNEP, 2013). Εκτός από τον υδράργυρο, υπάρχουν πολλά άλλα βαριά μέταλλα τα οποία μπορεί να απελευθερωθούν από λάθος είτε σε αέρια ή υγρή μορφή, μολύνοντας την ατμόσφαιρα και το υπέδαφος μαζί με τα διάφορα σώματα νερού (International Resource Panel, 2019) .

Η ανακάλυψη πετρελαιοπηγών και πηγών φυσικού αερίου στην Βόρεια Αμερική οδήγησε στην επιδείνωση των περιβαλλοντικών ανησυχιών για τον πλανήτη. Πολλές διαφορετικές μέθοδοι εξαγωγής, χρησιμοποιήθηκαν χωρίς κάποια καταγραφή των επιπτώσεων που προκαλούσαν. Συγκριτικά η εξόρυξη του σχιστολιθικού πετρελαίου (shale oil) είχε τις πιο επιβαρυνμένες επιδράσεις, σε σχέση με τα υπόλοιπα είδη (IHS CERA, 2010). Η υδραυλική ρωγμάτωση που χρησιμοποιείται για την εξαγωγή φυσικού αερίου, αξιοποιεί μείγμα νερού και άμμου υπό πίεση με στόχο την απελευθέρωση του εγκλωβισμένου υλικού. Μειονέκτημα αυτής της μεθόδου αποτελεί ο κίνδυνος διαρροής τοξικών αερίων όπως το μεθάνιο σε αμιγή σώματα πόσιμου νερού. Αρκετές φορές χρησιμοποιούνται και χημικά διαλύματα για καλύτερη ανάκτηση, τα οποία υπάρχει κίνδυνος να διεισδύσουν μολύνοντας ανώτερα στρώματα εδάφους αλλά και τον τοπικό υδροφόρο ορίζοντα (International Resource Panel, 2019).

Για την διύλιση του αργού πετρελαίου σε άλλες πιο χρήσιμες μορφές απαιτούνται υψηλές θερμοκρασίες, οι οποίες για να επιτευχθούν, απαιτείται μεγάλη ποσά ηλεκτρικής ενέργειας. Η διαδικασία καθαρισμού του πετρελαίου που πραγματοποιείται για την προστασία του περιβάλλοντος και της ανθρώπινης υγείας από τον κίνδυνο οξύνισης, περιλαμβάνει την απομάκρυνση του θείου. Παρ' όλα αυτά δεν είναι εύκολη η αφαίρεση όλης της ποσότητας του θείου, καθιστώντας την μείωση του ποσοστού του από 3,5 σε 0,5% στα βαρέα κλάσματα πετρελαίου που χρησιμοποιούνται ως καύσιμα σε πλοία, ως νέο επιστημονικό στόχο. Η δυσκολία επίτευξης του ώθησε τις εταιρείες στην χρήση εναλλακτικών πρώτων υλών, λιγότερο τοξικών για το περιβάλλον (International Resource Panel, 2019).

Σημαντική είναι και η συμβολή των ορυκτών καυσίμων στις μεταφορές εμπορευμάτων. Οποιαδήποτε μεταφορά αγαθών απαιτούσε την κατανάλωση μεγάλων ποσοτήτων γαιάνθρακα, ιδιαίτερα για μεγάλες αποστάσεις, όπου συνηθιζόταν η χρήση πλοίων. Ως αποτέλεσμα η περιβαλλοντική μόλυνση παρουσιαζόταν σε περιορισμένη ακτίνα γύρω από το σημείο της περιστασιακής μόλυνσης. Μέσω νέων μηχανών μικρότερης ενεργειακής σπατάλης και αξιοποίησης «καθαρότερων» καυσίμων έχει επιτευχθεί πρόοδος στη μείωση των περιβαλλοντικών επιπτώσεων. Ένα ακόμη πρόβλημα που παρουσιάζεται στην μέχρι τώρα διακίνηση των καυσίμων μέσω αγωγών, είναι η πιθανότητα διαρροής τους είτε στο υπέδαφος και στους υδροφόρους ορίζοντες ή και στα βάθη των ωκεανών. Συγκεκριμένα η ασταμάτητη απαίτηση ενέργειας που παράγεται με την αξιοποίηση καυσίμων για τη διατήρηση της λειτουργίας της άντλησης και της επεξεργασίας, σε συνδυασμό με τις διαρροές των τοξικών για το περιβάλλον αερίων ή πετρελαίων συμβάλει κατά 3% στις παγκόσμιες εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου (International Resource Panel, 2019).

1.7 Προβλέψεις στην παγκόσμια παραγωγή πρώτων υλών

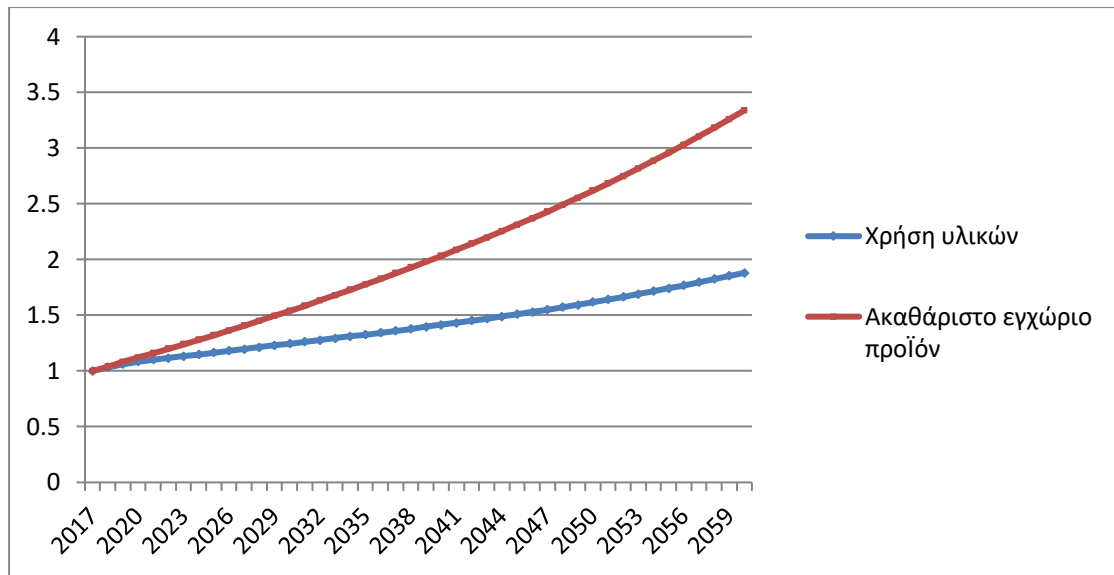
Στατιστικά η γνωσιακή και τεχνολογική ανάπτυξη που παρατηρείται τις τελευταίες δεκαετίες υποστηρίζει και ωθεί την ανάπτυξη και της παγκόσμιας οικονομίας. Οι πρώτες ύλες όντας αναπόσπαστο κομμάτι αυτής της αλυσίδας, συμβάλουν στην διαμόρφωση νέων υποδομών, μηχανικών κατασκευών, καθώς και στην αποδοτικότερη παραγωγή ενέργειας. Ως αλληλοεξαρτώμενοι κλάδοι η ανάπτυξη των τεχνολογικών διεργασιών βασίζεται στην παροχή υλικών, τα οποία θα αξιοποιηθούν μετά από κατάλληλη επεξεργασία. Τέτοιου γιγαντιαίου μεγέθους θέματα που αφορούν την παγκόσμια οικονομία καθιστούν την πλήρη κατανόηση των σχέσεων μεταξύ των δύο και την διαμόρφωση στατιστικών προβλέψεων απαραίτητη (“Glob. Mater. Resour. Outlook to 2060,” 2019).

Μελέτες που έχουν πραγματοποιηθεί πάνω στην αύξηση του παγκόσμιου πληθυσμού που μπορεί να επηρεάσει στην εξόρυξη και αγοραπωλησία των πρώτων υλών, παρουσιάζουν αύξηση μέχρι το 2060 της τάξης των 2,7 δισεκατομμύρια ανθρώπων (United Nations, 2017). Παραλλήλως το βιοτικό επίπεδο κυρίως των ανεπτυγμένων κρατών θα ενισχύεται με αποτέλεσμα η πλειοψηφία των πόρων να συσσωρεύεται εκεί (“Glob. Mater. Resour. Outlook to 2060,” 2019).

Σύμφωνα με τις μαθηματικές προβλέψεις των επιστημόνων όσον αφορά την χρήση πρώτων υλών για ένα διάστημα σαράντα-πέντε χρόνων, από το 2015 μέχρι και το 2060 θα παρατηρηθεί αύξηση της τάξης του 110% φτάνοντας τους 190 δισεκατομμύρια τόνους (International Resource Panel, 2019).

Τα παραπάνω αποτελέσματα στηρίζονται στα δεδομένα παραγωγής και κατανάλωσης που ίσχυαν μέχρι τώρα. Βασιζόμενοι σε αυτά, τα μοντέλα που προκύπτουν, παρουσιάζουν την πιο πιθανή αύξηση των προς κατανάλωση υλικών από 11,9 τόνους που θα αντιστοιχούσαν ανά άτομο σε 18,5 τόνους μέχρι το 2060. Η αυξανόμενη κατανάλωση πρώτων υλών χωρίς την ύπαρξη νέων μεθόδων αντιμετώπισης των περιβαλλοντικών επιπτώσεων που θα προέκυπταν χάρις αυτών, αποθαρρύνεται από τους ειδικούς καθώς θα οδηγούσε σε άσκοπη σπατάλη πολύτιμων πόρων, οι οποίοι θα γινόταν να αξιοποιηθούν αποδοτικότερα σε άλλους τομείς (International Resource Panel, 2019).

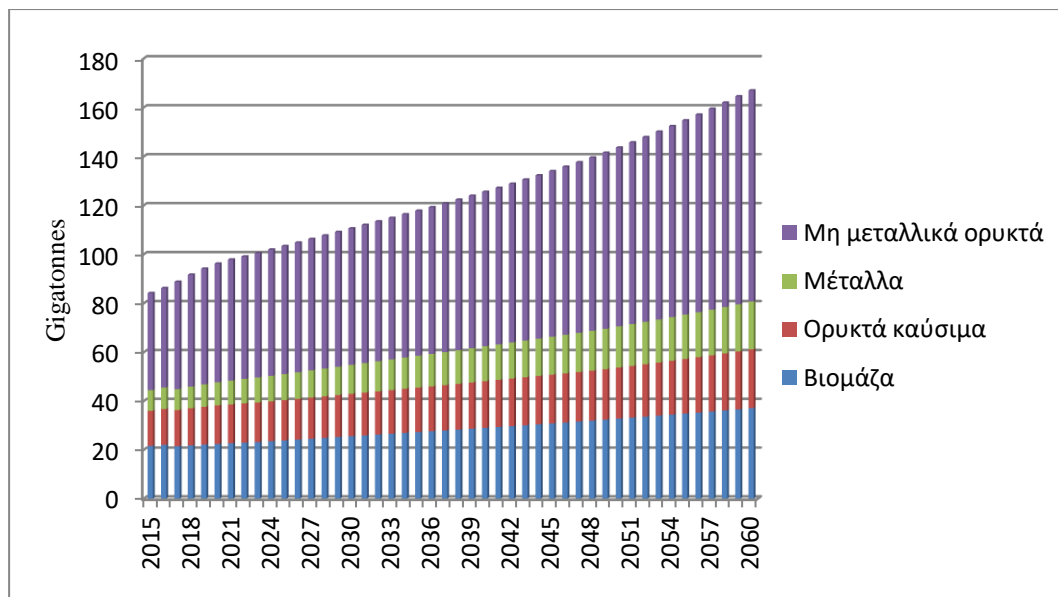
Ειδικότερα στην εξαγωγή υλικών, η ανάπτυξη που προβλέπεται στατιστικά για το ίδιο διάστημα απαριθμεί σε 1,8% ετησίως, φτάνοντας τους 190 δισεκατομμύρια τόνους από τους 88 που καταγράφηκαν το 2015. Οι κύριοι παράγοντες που ενίσχυαν αυτή την κατάσταση ήταν η αύξηση του πληθυσμού, ο οποίος με τη σειρά του οδηγεί στην αύξηση του ακαθάριστου εγχώριου προϊόντος κάθε χώρας. Η αύξηση αυτή προβλέπεται να είναι τριπλάσια της αρχικής ποσότητας, χωρίς όμως να συνάδει με την αύξηση στην χρήση των πρώτων υλών, η οποία θα είναι μόνο διπλάσια της αρχικής. Προβλέψεις για την σχέση των δύο μέχρι τώρα αλληλένδετων ποσοτήτων θα γίνουν στο Διάγραμμα 1.20, διευκρινίζοντας την κατάσταση (“Glob. Mater. Resour. Outlook to 2060,” 2019).



Διάγραμμα 1.20: Εξέλιξη σε συγκεκριμένες παγκόσμιες μεταβλητές, (“Glob. Mater. Resour. Outlook to 2060,” 2019)

Η εξόρυξη μη μεταλλικών ορυκτών, όπως παρουσιάζεται στο Διάγραμμα 1.21 χρήσιμα στην δημιουργία νέων υποδομών, θα παρουσιάσει ετήσια αύξηση 2,2%, αφού όλο και περισσότερες υπό ανάπτυξη χώρες θα χρειάζονται τη διατήρηση των πολιτισμικών τους κέντρων σε καλή κατάσταση τόσο για τους πολίτες τους όσο και για τους επισκέπτες. Συγχρόνως τα μεταλλικά ορυκτά θα εμφανίσουν αύξηση 1,7%, η βιομάζα 1,4% και τα ορυκτά καύσιμα 0,2% αντίστοιχα. Επομένως η συνολική εξαγωγή μη μεταλλικών ορυκτών θα φτάσει το 59%, με την βιομάζα να καταλαμβάνει το 23%, τα ορυκτά καύσιμα και τα μεταλλικά ορυκτά να ισοβαθμούν στο 9% (“Glob. Mater. Resour. Outlook to 2060,” 2019).

Με γνώμονα την οικονομική κατάσταση των κρατών, η σύγκριση μεταξύ των χωρών ανώτερου εισοδήματος που μονοπωλούσαν την πλειοψηφία των υλικών που παράγονται σε παγκόσμια κλίμακα και των κατώτερου εισοδήματος κρατών δείχνει σημάδια αντιστροφής για το μέλλον. Παρά την συμβολή των πιο ισχυρών κρατών στην παγκόσμια εξαγωγή υλικών μέχρι το 2060, που θα έχει φτάσει τους 65 δισεκατομμύρια τόνους, η μεγαλύτερη ανάπτυξη αναμένεται να γίνει στις χαμηλού εισοδήματος χώρες, οι οποίες χάρις στην αύξηση των εξαγωγών τους στο εξωτερικό θα εμφανίσουν ετήσια ανάπτυξη της τάξης του 3% (International Resource Panel, 2019).



Διάγραμμα 1.21: Προβλέψεις παγκόσμιας εξόρυξης υλικών 2015-2060, (“Glob. Mater. Resour. Outlook to 2060,” 2019)

Παγκοσμίως η καταμέτρηση του ακαθάριστου εγχώριου προϊόντος που αντιστοιχεί σε ένα άτομο, επίσης υποδεικνύει πως για την περίοδο μέχρι το 2060 μεγαλύτερη ανάπτυξη θα παρατηρηθεί στις χαμηλότερου εισοδήματος χώρες, ακολουθούμενη από τα οικονομικά ισχυρότερα κράτη. Όπως έχει προαναφερθεί η ραγδαία αύξηση του πληθυσμού επηρεάζει άμεσα την ζήτηση και προμήθεια πρώτων υλών, άρα και την συνολική ποσότητα κάθε υλικού που εξάγεται και εισάγεται από μια χώρα. Χαρακτηριστικά παραδείγματα τέτοιων αλλαγών αποτελούν η Κίνα, η Ινδία και γενικά η νοτιοανατολική Ασία καθώς ο πληθυσμός τους αυξήθηκε δραματικά τα τελευταία χρόνια (“Glob. Mater. Resour. Outlook to 2060,” 2019).

Σύμφωνα με στατιστικά δεδομένα από τον Οργανισμό Οικονομικής Συνεργασίας και Ανάπτυξης (OECD Economics Department) στην εργασία «The long view: scenarios for the world economy to 2060» πάνω στην εξέλιξη της παγκόσμιας πολιτισμικής και τεχνολογικής κατάστασης, η ανάπτυξη προβλέπεται να πραγματοποιηθεί αλλά με χαμηλότερους ρυθμούς απ’ ότι στο παρελθόν, αφού ακόμη και οι ποσότητες του ακαθάριστου εγχώριου προϊόντος όλων των κρατών θα αυξηθούν κατά 2,5% κάθε χρόνο.

Εμπόδιο στην ανάπτυξη αυτή αποτέλεσε η οικονομική εξέλιξη της Σαουδικής Αραβίας και της Ινδίας γενικότερα, με την Νότια Αφρική να ακολουθεί στην ίδια κατεύθυνση (“Glob. Mater. Resour. Outlook to 2060,” 2019). Σύμφωνα με την ίδια

μελέτη η προβλεπόμενη ανάπτυξη για τις ήδη οικονομικά ισχυρές χώρες στην ίδια περίοδο θα φτάσει το 2%.

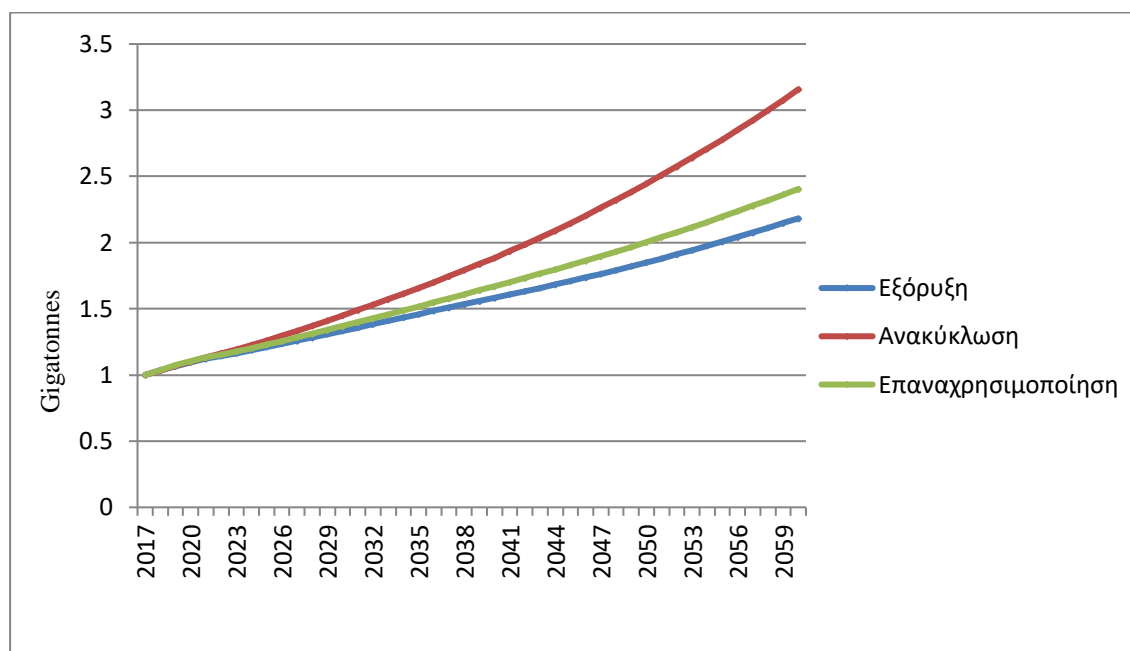
Εφόσον η ανάπτυξη μιας οικονομίας στηρίζεται στις υποδομές που έχουν κατασκευαστεί και τα υλικά που χρειάζονται για να υλοποιηθούν, ή υλοποίηση αυτών των δράσεων τους θεωρείται ως επένδυση για το μέλλον των κρατών. Ειδικά τις περιπτώσεις των χωρών που βρίσκονται σε εξελικτικό στάδιο, όπως ήταν η Κίνα τις τελευταίες δύο δεκαετίες, η ανάγκη για πληθώρα νέων κατασκευαστικών υλικών, μη μεταλλικών ορυκτών αλλά και συγκεκριμένων μετάλλων έχει παρουσιάσει άνοδο. Όταν η ανάπτυξη αυτή θα σταθεροποιηθεί στην Κίνα, η ίδια κατάσταση θα επαναληφθεί σε άλλες περιοχές του κόσμου, με πρόσφατο παράδειγμα τις χώρες της Αφρικανικής ηπείρου και της υπόλοιπης Ασίας (“Glob. Mater. Resour. Outlook to 2060,” 2019).

Οι συνεχείς αλλαγές στην τεχνολογία που πραγματοποιούνται, λόγω της αύξησης του εισοδήματος, και της ψηφιοποίησης δημιουργούν νέες υπηρεσίες, αναδιαμορφώνοντας τους τομείς της οικονομίας των κρατών και της συνεισφοράς τους στο σύνολο. Οι υλικές ανάγκες που χρειάζεται να ικανοποιηθούν για τη διεκπεραίωση των υπηρεσιών διακρίνονται ανάλογα με τις συνθήκες, αν και συνήθως σε αυτόν τον τομέα δεν είναι πολύ υψηλές όπως στην βιομηχανία και την γεωργία (“Glob. Mater. Resour. Outlook to 2060,” 2019).

Αποτέλεσμα της ανάπτυξης της τεχνολογίας προς πιο αποδοτικές μεθόδους διεκπεραίωσης των διεργασιών, θα είναι η μειωμένη χρήση υλικών που ήταν μέχρι τώρα απαραίτητα (“Glob. Mater. Resour. Outlook to 2060,” 2019).

Η ανακύκλωση υλικών σε σύγκριση με την πρωτογενή εξόρυξη μπορεί να γίνει πιο οικονομικά συμφέρουσα αξιοποιώντας την προαναφερόμενη νέα τεχνολογία. Η ζήτηση όμως δευτερευόντων υλικών, στατιστικά δεν προβλέπεται να εμφανίσει μεγάλη αύξηση στο μέλλον καθώς οι διεργασίες αξιοποίησης τους είναι σχετικά κοστοβόρες, ιδιαίτερα για τα μη σιδηρούχα μέταλλα. Παρά τη μέτρια αύξηση που προβλέπεται να έχει η χρήση των παραπάνω, θα είναι αρκετή για την ανεξαρτητοποίηση του ακαθάριστου εγχώριου προϊόντος από την παγκόσμια ζήτηση. Συμπερασματικά η εξόρυξη υλικών για την κάλυψη των αναγκών θα επηρεαστεί από αυτή την μεταβολή, επιβραδύνοντας την μελλοντική αύξηση των ποσοτήτων που θα παράγονται, ενώ τις υλικές ελλείψεις θα καλύψει εν μέρει η ανακύκλωση και η

επαναχρησιμοποίηση των άχρηστων παρατημένων αγαθών όπως παρουσιάζει το Διάγραμμα 1.23 (“Glob. Mater. Resour. Outlook to 2060,” 2019).

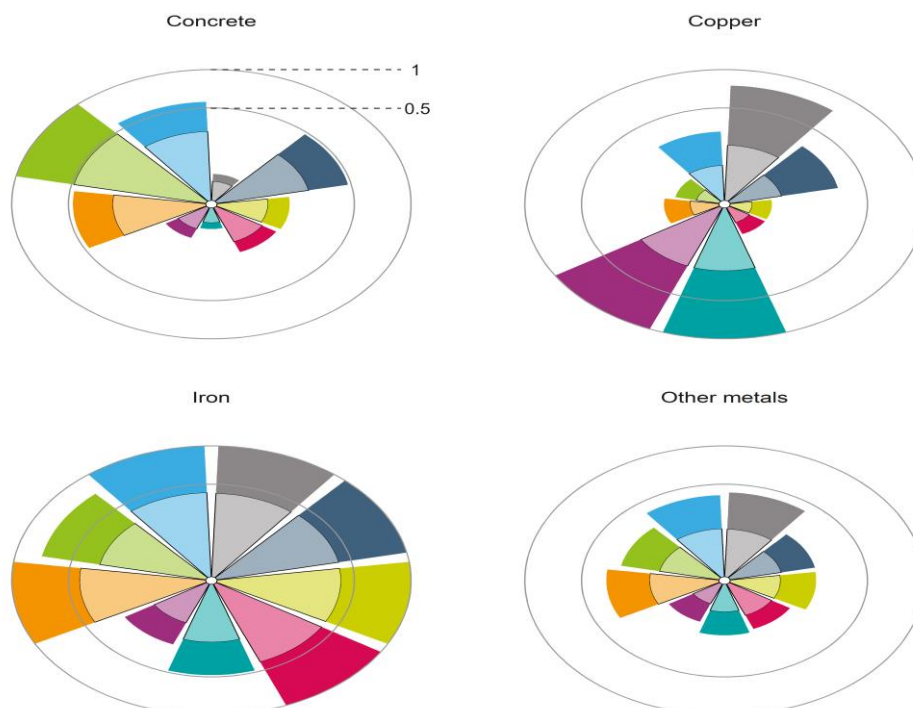
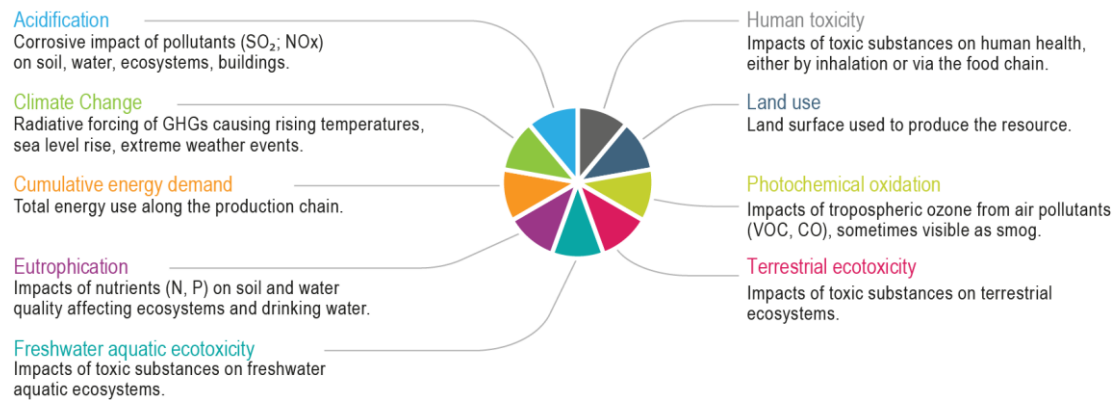


Διάγραμμα 1.22: Εξέλιξη στην παραγωγή υλικών κάθε τομέα, (“Glob. Mater. Resour. Outlook to 2060,” 2019)

1.7.1 Περιβαλλοντικές Επιδράσεις της προβλεπόμενης ζήτησης πρώτων υλών

Η κατανάλωση και επεξεργασία υλικών δημιουργούσε πάντοτε περιβαλλοντικές επιπτώσεις που επηρέαζαν την ατμόσφαιρα, τα υδάτινα σώματα αλλά και το υπέδαφος, είτε μέσω οξύνισης ή διαρροής τοξικών λυμάτων. Σύμφωνα με τις προβλέψεις που αφορούν την μελλοντική παραγωγή, εφόσον εκείνη θα αυξηθεί, τότε αναλόγως θα πληθύνουν και οι αρνητικές επιδράσεις τους (“Glob. Mater. Resour. Outlook to 2060,” 2019).

Ακόμη και με την χρήση πιο αποδοτικών μεθόδων παραγωγής τα περιβαλλοντικά προβλήματα αναμένεται να διπλασιαστούν σε παγκόσμια κλίμακα, συγκριτικά με την μειωμένη ανά μονάδα παραγωγή αγαθών που έχει επιτευχθεί μέχρι σήμερα, όπως παρουσιάζεται στο Σχήμα 1.2. Το θέμα έγκειται στην προβλεπόμενη αύξηση της εξόρυξης πρώτων υλών που θα παρατηρηθεί έως το 2060 (“Glob. Mater. Resour. Outlook to 2060,” 2019).



Σχήμα 1.2: Συνολικές περιβαλλοντικές επιπτώσεις το 2015 (αχνότερες περιοχές) σε σχέση με το 2060 (πιο σκούρες περιοχές) (“Glob. Mater. Resour. Outlook to 2060,” 2019).

Οι εκπομπές αερίων του «θερμοκηπίου» θα παρουσιάσουν ανοδικές τάσεις, ενώ ταυτόχρονα η μεγαλύτερη κατανάλωση θα ωθήσει στην παραγωγή όλο και περισσότερων προϊόντων για την κάλυψη της ζήτησης με αποτέλεσμα τη δημιουργία περισσότερων ροών αποβλήτων. Πιο αναλυτικά οι εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα που οφείλονται στην καύση ορυκτών καυσίμων για την παραγωγή ενέργειας για βιομηχανικές επεξεργασίες και κατασκευές υποδομών. Με την αναμενόμενη αύξηση στην ζήτηση υλικών οι τιμές των συγκεντρώσεων σε τοξικά αέρια που θα παράγονται κατά τις εξορύξεις και την κατανάλωση τους, θα προστεθούν στις συνολικές

εκπομπές, αλλά όχι όσο άλλων διεργασιών. Οι εκπομπές αυτές αερίων διοξειδίου του άνθρακα προβλέπεται να φτάσουν τους 75 γιγατόνους το 2060 (“Glob. Mater. Resour. Outlook to 2060,” 2019).

1.7.2 Πλάνα βιώσιμης ανάπτυξης

Σημαντική επιρροή στην δημιουργία πλάνων βιώσιμης ανάπτυξης έχουν η χρήση πρώτων υλών οι περιβαλλοντικές επιπτώσεις και οι κινητήριοι παράγοντες στην οικονομία που προκύπτουν από αυτή. Σκοπός των νέων στρατηγικών μέτρων αποτελεί η πιο αποτελεσματική βιώσιμη μέθοδος διαχείρισης της παραγωγικής αλυσίδας.

Τα επιθυμητά αποτελέσματα των Πλάνων Βιώσιμης Ανάπτυξης που αφορούν την ανεξαρτητοποίηση του ακαθάριστου εγχώριου προϊόντος μιας χώρας από την ζήτηση πρώτων υλών, χρειάζονται λεπτούς χειρισμούς για να επιτευχθούν. Οι αρνητικές επιπτώσεις στο περιβάλλον από την αύξηση στην παραγωγή καθιστούν τον στόχο δυσκολότερο. Όποια πρόοδος έχει γίνει στο θέμα δεν είναι αρκετή σε σχέση με τις επιδράσεις των προβλεπόμενων καταστάσεων (“Glob. Mater. Resour. Outlook to 2060,” 2019).

Μια από τις θετικές επιδράσεις που παρατηρείται χάρις τα πλάνα βιώσιμης ανάπτυξης είναι η αύξηση της παραγωγής ανανεώσιμης ενέργειας, που θα παρέχεται για την κάλυψη των αναγκών. Η αξιοποίηση όμως ηλιακής και αιολικής ενέργειας απαιτεί ειδικές πρώτες ύλες για την κατασκευή ειδικών μπαταριών, δεδομένο που ωθεί τη ζήτηση για αύξηση στην εξόρυξη των συγκεκριμένων μετάλλων. Παρομοίως οι κατασκευαστικές εταιρείες σε τομείς αγαθών ή υποδομών χρειάζονται νέα υλικά, τα οποία θα χρησιμοποιηθούν με βάση την πολιτική βιωσιμότητας. Λόγω της αλληλένδετης σχέσης μεταξύ της παραγωγής και της οικονομίας, η δημιουργία ισορροπίας ανάμεσα στην οικονομική ανάπτυξη και την προστασία του περιβάλλοντος γίνεται εξαιρετικά δύσκολη (“Glob. Mater. Resour. Outlook to 2060,” 2019).

Μέρος της λύσης στο παραπάνω πρόβλημα είναι η υποστήριξη της κυκλικής οικονομίας σε διάφορους τομείς, όπως η αυτοσυντήρηση των συστημάτων τροφοδοσίας με τη αξιοποίηση της βιομάζας και η μείωση της εδαφικής, υδάτινης και αέριας ρύπανσης κατά την εξόρυξη, επεξεργασία και κατανάλωση των πρώτων υλών (“Glob. Mater. Resour. Outlook to 2060,” 2019).

2. ΚΥΚΛΙΚΗ ΟΙΚΟΝΟΜΙΑ

2.1 Η έννοια της Κυκλικής Οικονομίας

Οι στατιστικές προβλέψεις που έχουν παραταθεί στο παραπάνω κεφάλαιο για την παραγωγή και κατανάλωση των υλικών πόρων του πλανήτη δείχνουν μια ανοδική πορεία, αφού οι πρώτες ύλες που θα χρησιμοποιούνται θα έχουν διπλασιαστεί, με αποτέλεσμα και την αναπόφευκτη αύξηση των αποβλήτων που θα δημιουργούνται κάθε χρόνο (“Glob. Mater. Resour. Outlook to 2060,” 2019).

Συνοπτικά οι αλλαγές και ανισορροπίες που έχουν προκληθεί στο περιβάλλον και οι οποίες θα συνεχίσουν να υφίστανται στο μέλλον, συμβάλουν στην εύρεση επιστημονικών λύσεων για την αντιμετώπιση τους. Μεθοδική αντικατάσταση της μέχρι τώρα γραμμικής οικονομίας με την κυκλική θα δημιουργήσει την ευκαιρία αναδιαμόρφωσης των μοντέλων ανάπτυξης, σε πιο κατάλληλες για τη διατήρηση της ισορροπίας μεταξύ της κατανάλωσης και του περιβάλλοντος, μορφές τους (ΑΝΑΚΟΙΝΩΣΗ ΤΗΣ ΕΠΙΤΡΟΠΗΣ ΠΡΟΣ ΤΟ ΕΥΡΩΠΑΪΚΟ ΚΟΙΝΟΒΟΥΛΙΟ, ΤΟ ΣΥΜΒΟΥΛΙΟ, ΤΗΝ ΕΥΡΩΠΑΪΚΗ ΟΙΚΟΝΟΜΙΚΗ ΚΑΙ ΚΟΙΝΩΝΙΚΗ ΕΠΙΤΡΟΠΗ ΚΑΙ ΤΗΝ ΕΠΙΤΡΟΠΗ ΤΩΝ ΠΕΡΙΦΕΡΕΙΩΝ Ένα Νέο Σχέδιο Δράσης Για Την Κυκλική Οικονομία Για Μια Πιο Καθαρή Και Πιο Ανταγωνιστική Ευρώπη, n.d.).

Συγκεκριμένα η κυκλική οικονομία είναι ένα νέο οικονομικό μοντέλο με τεράστιο οικονομικό δυναμικό στη δημιουργία μηδενικών αποβλήτων (Ellen Macarthur Foundation, 2013). Βασικός στόχος της κυκλικής οικονομίας είναι η αποσύνδεση της ευημερίας από τη χρήση πόρων ενώ αποσκοπεί στη διατήρηση των προϊόντων και των υλικών σε μακροπρόθεσμη χρήση και στη διατήρηση της αξίας τους κλείνοντας το βρόχο των υλικών (Antikainen & Valkokari, 2016; Ritzén & Sandström, 2017; Sauvé et al., 2016). Η κυκλική οικονομία μεγιστοποιεί τη χρήση του προϊόντος σε όλο τον κύκλο ζωής του (Esposito et al., 2017). Τέλος βασίζεται στην αειφόρο χρήση των πόρων δημιουργώντας αξία από τα υπάρχοντα υλικά, αλλά είναι σαφώς κάτι παραπάνω από απλή ανακύκλωση υλικών. Παραδείγματος χάριν, ο σχεδιασμός προϊόντων για επαναχρησιμοποίηση και ανακύκλωση και η αντικατάσταση μη ανανεώσιμων πηγών ενέργειας με ανανεώσιμες πηγές ενέργειας αποτελούν τρόπους κυκλικής οικονομίας (How Can the International Trade Regime Support a Circular Transition after the Coronavirus Crisis? - Sitra, n.d.; Towards a Circular Economy: Business Rationale for an Accelerated Transition | Shared by Business, n.d.).

Σύμφωνα με τους Kirchherr, Reike και Hekkert (2017) η κυκλική οικονομία ορίζεται ως εξής:

«Μια κυκλική οικονομία περιγράφει ένα οικονομικό σύστημα που βασίζεται σε επιχειρηματικά μοντέλα που αντικαθιστούν την έννοια “τέλος κύκλου ζωής” με τη μείωση, εναλλακτική επαναχρησιμοποίηση, ανακύκλωση και ανάκτηση υλικών σε διαδικασίες παραγωγής/διανομής και κατανάλωσης, λειτουργώντας έτσι σε μικροεπίπεδο (προϊόντα, εταιρείες, καταναλωτές), μεσοεπίπεδο (οικοβιομηχανικά πάρκα) και μακροοικονομικό επίπεδο (πόλη, περιοχή, έθνος), με στόχο την επίτευξη βιώσιμης ανάπτυξης, που συνεπάγεται τη δημιουργία ποιότητας περιβάλλοντος, οικονομικής ευημερίας και κοινωνικής ισότητας, όφελος των σημερινών και των μελλοντικών γενεών. ”

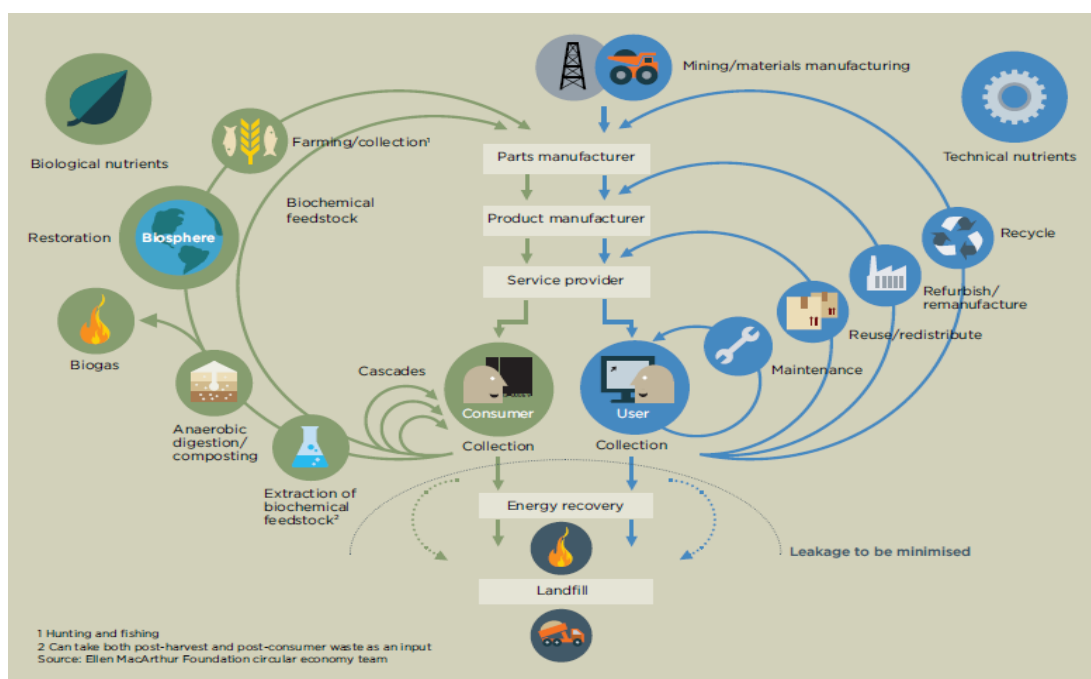
Αναλύοντας την έννοια της κυκλικής οικονομίας, αυτή συμπεριλαμβάνει τους βιογεωχημικούς κύκλους και την ανακύκλωση (Murray et al., 2017). Η σχηματική απεικόνιση της κυκλικής οικονομίας που χρησιμοποιείται συχνά από το Ίδρυμα Ellen MacArthur (2013) παρουσιάζεται στο Σχήμα 2.1. Οι κύκλοι στην αριστερή πλευρά παρουσιάζουν βρόχους βιολογικών υλικών που μπορούν να αποσυντεθούν και να επιστρέψουν πίσω στη βιόσφαιρα. Οι κύκλοι στη δεξιά πλευρά παρουσιάζουν τεχνικά υλικά που δεν μπορούν να αποσυντεθούν. Τόσο τα τεχνολογικά όσο και τα βιολογικά υλικά και τα προϊόντα περιβάλλουν το οικονομικό σύστημα. Υπάρχει μια ώθηση για αλλαγή από τεχνικά θρεπτικά συστατικά σε βιολογικά (Ellen Macarthur Foundation, 2013). Οι ανθρώπινες δραστηριότητες μπορούν να αλλάξουν τους βιογεωχημικούς κύκλους. Η αλλαγή του ρυθμού στους κύκλους είναι ζωτικής σημασίας για την επιβράδυνση ή τη διαχείριση της ροής (Murray et al., 2017).

Οι εσωτερικοί κύκλοι παρουσιάζουν μεγαλύτερη εξοικονόμηση υλικών, ενέργειας, εργατικού δυναμικού, κεφαλαίου και εξωτερικού κόστους. Περισσότερο συνεχόμενοι κύκλοι και περισσότερος χρόνος εντός του κύκλου συνεπάγεται τη δυνατότητα δημιουργίας αξίας. Τα προϊόντα και τα υλικά μπορούν επίσης να περάσουν σε διάφορες κατηγορίες προϊόντων και εφαρμογές. Οι μη τοξικές εισοδοί θα οδηγήσουν σε καθαρότερες ροές υλικών για ευκολότερη επαναχρησιμοποίηση και ανακύκλωση (Ellen Macarthur Foundation, 2013).

Η κυκλική οικονομία δεν είναι μια εντελώς νέα ιδέα και έχει το υπόβαθρο της σε διάφορες έννοιες. Διάφορες έννοιες και σχολές σκέψης γύρω από την κυκλική

οικονομία έχουν κοινό κυκλικό σύστημα κλειστού βρόχου. Η προέλευση του όρου συζητείται. Η ιδέα πίσω από την κυκλική οικονομία παρουσιάστηκε ήδη το 1848, όταν εισήχθη η ιδέα για το χημικό εργοστάσιο που δεν παράγει απόβλητα (Murray et al., 2017). Η ιδέα του βιομηχανικού μεταβολισμού, στην οποία οι φυσικές διεργασίες χρησιμοποιούνται για τη μετατροπή πρώτων υλών, ενέργειας και εργατικού δυναμικού σε προϊόντα και απόβλητα, εισήχθη από τον Ayres (1994). Η βιομηχανική οικολογία αλληλεπικαλύπτεται σημαντικά με την έννοια της κυκλικής οικολογίας (Murray et al., 2017). Οι Lovins και Hawken (1999) περιέγραψαν τον φυσικό καπιταλισμό, ο οποίος ενσωματώνει οικολογικούς με οικονομικούς στόχους. Οι διαδικασίες κλειστού βρόχου θα μπορούσαν να μειώσουν σημαντικά τις απαιτήσεις υλικών των εταιρειών (Lovins et al., 1999). Οι όροι «κλειστός βρόχος» και «κυκλική οικονομία» χρησιμοποιούνται συχνά παράλληλα (Bocken et al., 2016).

Προτάσεις για τις μεθόδους διαμόρφωσης της παγκόσμιας αγοράς με βάση το μοντέλο κυκλικής οικονομίας συμπεριλαμβάνουν την συνεισφορά όλων των χωρών και των πόλεων που τις απαρτίζουν να συμμετέχουν με τις πράξεις τους, σε όλους τους τομείς είτε αφορά αναλώσιμα προϊόντα ή κατασκευές, υλικά αγαθά και υπηρεσίες στον τελικό στόχο της ανακύκλωσης των πρώτων υλών και επαναχρησιμοποίησής τους (*TOWARDS CIRCULAR ECONOMY IN THE MINING INDUSTRY: Implications of Institutions on the Drivers and Barriers for Tailings Valorization*, 2019).



Σχήμα 2.1: Σχηματική απεικόνιση της κυκλικής οικονομίας, (Ellen Macarthur Foundation, 2013)

2.2 Ανάγκη της Κυκλικής Οικονομίας ως πυλώνας βιωσιμότητας

Οι ανησυχίες για το περιβάλλον και τους πεπερασμένους πόρους, στα οποία έγινε αναφορά στην αρχή του Κεφαλαίου 2, οδήγησαν την Παγκόσμια Επιτροπή Περιβάλλοντος και Ανάπτυξης να συντάξει την αναλυτική έκθεση Brundtland (World Commission on Environment and Development, 1987) που εξακολουθεί να διαμορφώνει την παγκόσμια ατζέντα για την αειφόρο ανάπτυξη. Προσέφερε έναν θετικό συμβιβασμό μεταξύ της επικρατούσας φιλοσοφίας για απεριόριστη οικονομική ανάπτυξη και των περιβαλλοντικών και κοινωνικών καταστροφών (Meadows et al., 1972). Πολλοί κλάδοι και έννοιες για τη μείωση της φυσικής εξόρυξης πόρων και της παραγωγής αποβλήτων, θα συνθέσουν στην συνέχεια την «κυκλική οικονομία».

Η κυκλική οικονομία έχει οριστεί με πολλούς τρόπους. Αναμφισβήτητα ο μόνος κοινός παρονομαστής σε όλους τους ορισμούς είναι η προσπάθεια για καλύτερη χρήση των πόρων, αν και αυτό που θεωρείται «καλύτερο» παραμένει υπό συζήτηση. Ωστόσο, είναι σαφές ότι σε παγκόσμιο επίπεδο η εξάντληση των φυσικών πόρων συνεχίζει να επιταχύνεται, ενώ παράδοξα βουνά αποβλήτων εξακολουθούν να συσσωρεύονται (Velenturf & Purnell, 2017). Είναι συνεπώς, λογικό ότι μια κυκλική οικονομία θα πρέπει να προσπαθεί να ελαχιστοποιεί την εκμετάλλευση των πόρων και να μεγιστοποιεί την πρόληψη των αποβλήτων. Ωστόσο, δεδομένου των κινδύνων για τη σταθερότητα ενός περιβάλλοντος, που είναι αποδεκτό για την ανάπτυξη του ανθρώπινου είδους, που προκαλούνται από την εξάντληση και τη ρύπανση (Rockström et al., 2009; Steffen et al., 2015) η κυκλική οικονομία πρέπει να επιδιώκει να αποκαταστήσει και να αναζωογονήσει το περιβάλλον, συνδράμοντας στη βιωσιμότητα από ολόκληρη την προοπτική του συστήματος βελτιστοποίησης κοινωνικών, περιβαλλοντικών, τεχνικών και οικονομικών αξιών υλικών και προϊόντων στην κοινωνία.

2.3 Οφέλη της Κυκλικής Οικονομίας

Η μετάβαση στην κυκλική οικονομία συνδέεται με υψηλές προσδοκίες σχετικά με οικολογικά και οικονομικά οφέλη: «*Η μετάβαση σε πιο κυκλικά οικονομικά μοντέλα υπόσχεται ένα πολύ πιο φωτεινό μέλλον για την Ευρωπαϊκή οικονομία, βοηθώντας στην αποσύνδεση της οικονομικής ανάπτυξης από τη χρήση πόρων και τις επιπτώσεις της, προσφέρει την προοπτική βιώσιμης ανάπτυξης που θα διαρκέσει*» (EUR-Lex - 52014DC0398 - EN - EUR-Lex, n.d.). Οι μελέτες τονίζουν όλο και περισσότερο αυτά τα οφέλη σε τέσσερα επίπεδα: χρήση πόρων, περιβάλλον, οικονομία και κοινωνικά οφέλη, συμπεριλαμβανομένης της δημιουργίας νέων θέσεων εργασίας όπως αυτά παρουσιάζονται στις χώρες της Ευρωπαϊκής Ένωσης.

2.3.1 Οφέλη διαθεσιμότητας πόρων: βελτίωση της ασφάλειας των πόρων και μείωση της εξάρτησης από τις εισαγωγές

Η κυκλική οικονομία έχει τη δυνατότητα να βελτιώσει την αποτελεσματικότητα της χρήσης πρωτογενών πρώτων υλών τόσο στην Ευρώπη όσο και σε παγκόσμιο επίπεδο. Εάν τα υλικά διατηρηθούν σε προϊόντα υψηλής ποιότητας ή τα απόβλητα επιστραφούν στη βιομηχανία ως δευτερεύουσες πρώτες ύλες υψηλής ποιότητας, η κυκλική οικονομία μπορεί να μειώσει τη ζήτηση της Ευρωπαϊκής βιομηχανίας για πρωτογενείς πρώτες ύλες. Η χαμηλότερη ζήτηση για πρωτογενείς πρώτες ύλες θα με τη σειρά της συμβάλει στη μείωση της εξάρτησης από τις εισαγωγές, καθιστώντας τις αλυσίδες αξίας σε πολλούς κλάδους της βιομηχανίας λιγότερο ευάλωτες στις διακυμάνσεις των τιμών στις διεθνείς αγορές βασικών προϊόντων και στην ανασφάλεια του εφοδιασμού που προκαλείται από την έλλειψη ή/και τους γεωπολιτικούς παράγοντες. Οι τρέχουσες εκτιμήσεις δείχνουν ότι το 6–12% της συνολικής κατανάλωσης υλικού (συμπεριλαμβανομένων των ορυκτών καυσίμων) θα μπορούσε ήδη να εξοικονομηθεί ή να αποφευχθεί μέσω ανακύκλωσης, αποφυγής αποβλήτων και στρατηγικών οικολογικού σχεδιασμού. Το μέγιστο δυναμικό με βάση τις υπάρχουσες τεχνολογίες εκτιμάται σε έως και 17 τοις εκατό (EUR-Lex - 52014DC0398 - EN - EUR-Lex, n.d.).

2.3.2 Οικολογικά οφέλη: λιγότερες περιβαλλοντικές επιπτώσεις

Η απόλυτη αποσύνδεση της οικονομικής ανάπτυξης και της ποιότητας ζωής από την κατανάλωση πόρων και ενέργειας είναι ο κύριος στόχος της πολιτικής της Ευρωπαϊκής Ένωσης της αποδοτικότητας των πόρων. Οι στρατηγικές της κυκλικής οικονομίας συμβάλλουν συγκεκριμένα σε αυτόν τον στόχο με διάφορους τρόπους,

συμπεριλαμβανομένης της ιεράρχησης των αποβλήτων και της επαναχρησιμοποίησης. Σύμφωνα με μια εκτίμηση επιπτώσεων σε σχέση με τους στόχους της Ε.Ε. για τα απόβλητα, το πλήρες κλείσιμο χώρων υγειονομικής ταφής σε συνδυασμό με αυξημένους στόχους ανακύκλωσης θα μπορούσε να επιφέρει πρόσθετη ετήσια μείωση των εκπομπών αερίων θερμοκηπίου περίπου 440 εκατομμυρίων τόνων μεταξύ 2014 και 2030 (*EUR-Lex - 52014DC0398 - EN - EUR-Lex*, n.d.). Επιπλέον, σε μια κυκλική οικονομία η αποφυγή δημιουργίας αποβλήτων, ο οικολογικός σχεδιασμός, η επαναχρησιμοποίηση και παρόμοια μέτρα μπορούν επίσης να συνδράμουν στην προστασία του κλίματος: ευθύνονται ήδη για την αποφυγή του 2 έως 4% των συνολικών ετήσιων εκπομπών αερίων θερμοκηπίου στην Ευρώπη (European Commission, 2020).

Πιο αναλυτικά, μέσω κατάλληλου σχεδιασμού στα στάδια παραγωγής υπάρχει η δυνατότητα μείωσης των απορριμμάτων που δημιουργούνται κατά τις διεργασίες αλλά και ύστερα από την κατανάλωση του όποιου προϊόντος. Χρησιμοποιώντας αποδοτικότερες πρώτες ύλες, περιορίζεται η πιθανότητα σπατάλης τους κατά την διαδικασία επεξεργασίας. Ταυτόχρονα σχέδια για πιο αποδοτικές και καλά οργανωμένες αλυσίδες ανεφοδιασμού γλιτώνουν τους παραγωγούς από την δημιουργία μεγάλων ποσοτήτων απορριμμάτων. Ένα άλλο παράδειγμα ανούσιας παραγωγής αποβλήτων, που μπορεί να επιλυθεί, προκύπτει λόγω της υπερβολικής προδιαγραφής των αγαθών. Ως αποτέλεσμα οι βιομηχανίες χάλυβα παράγουν 35-45% περισσότερο προϊόν από ότι χρειάζεται. Όσον αφορά τις κατασκευαστικές εταιρείες καλή πρακτική είναι η παραγωγή υλικών με συγκεκριμένο σκοπό υπ' όψιν, έτσι ώστε να αποφεύγεται η σπατάλη χρήσιμων πρώτων υλών σε διεργασίες όπου κάποιο πιο απλό προϊόν και με λιγότερα εξαρτήματα ή συστατικά θα μπορούσε να πάρει μέρος το ίδιο αποδοτικά. Μια τέτοια περίπτωση είναι η αγορά τετραθέσιων αυτοκινήτων στην Ευρώπη, για μετακίνηση και παρκάρισμα στην πλειοψηφία των φορών ενός ή δύο ατόμων το πολύ. Ο χώρος που απαιτεί κάθε αμάξι για την ίδια υπηρεσία θα μπορούσε να είναι ο μισός, εάν τα προϊόντα έχουν κατηγοριοποιηθεί για συγκεκριμένη χρήση από την αρχή (Ellen Macarthur Foundation, 2013).

Παρομοίως αλλαγές μπορούν να γίνουν και στα συστήματα παραγωγής για να μειωθούν τα υλικά που χάνονται ως απορρίμματα κατά την όποια διαδικασία. Αναφορικά στην επεξεργασία του αλουμινίου ένα μέρος του μετάλλου απομακρύνεται ως σκραπ, ενώ στις οικοδομικές εγκαταστάσεις το 15% των υλικών

χάνεται. Τέλος στην περίπτωση των τροφίμων, κομμάτι των χρήσιμων για τον άνθρωπο θερμιδικών αποθηκών που περιέχει το φαγητό δεν φτάνει ποτέ στον καταναλωτή (Ellen Macarthur Foundation, 2013).

Το πρόβλημα και όλα τα δεδομένα που χρειάζονται, τίθεται υπό ανάλυση από ειδικούς για την εύρεση των καλύτερων μεθόδων και τεχνικών για την εξουδετέρωση του. Νέες τεχνολογίες συμβάλλουν καταλυτικά στην αποτροπή δημιουργίας αποβλήτων ενώ ταυτόχρονα μειώνουν και την έκλυση διοξειδίου του άνθρακα και άλλων καυσαερίων στην ατμόσφαιρα, προστατεύοντας το περιβάλλον (Ellen Macarthur Foundation, 2013).

2.3.3 Οικονομικά οφέλη: ευκαιρίες για οικονομική ανάπτυξη και καινοτομία

Η απομάκρυνση από τους γραμμικούς τρόπους παραγωγής και κατανάλωσης με βάση το μοντέλο «παίρνω, φτιάχνω, χρησιμοποιώ και απορρίπτω» μπορεί επίσης να προσφέρει σημαντικές ευκαιρίες για τη βελτίωση της ανταγωνιστικότητας σε διάφορους τομείς της Ευρωπαϊκής βιομηχανίας. Η κυκλική οικονομία προσφέρει σημαντική εξοικονόμηση κόστους για διάφορες βιομηχανίες. Επιπροσθέτως, η κυκλική οικονομία μπορεί να προσφέρει μια πλατφόρμα για καινοτόμες προσεγγίσεις, τεχνολογίες και επιχειρηματικά μοντέλα που δημιουργούν οικονομική προστιθέμενη αξία από περιορισμένους φυσικούς πόρους. Αυτό μπορεί να υποστηρίξει την Ευρωπαϊκή βιομηχανία ώστε να γίνει πιο ανθεκτική και να βελτιώσει την παγκόσμια ανταγωνιστικότητά της.

2.3.4 Κοινωνικά οφέλη: βιώσιμη συμπεριφορά καταναλωτή και δυνατότητες απασχόλησης

Και από κοινωνική άποψη, η Ευρώπη μπορεί να επωφεληθεί από τη μετάβαση σε μια κυκλική οικονομία. Οι κοινωνικές καινοτομίες που σχετίζονται με την αποφυγή απορριμμάτων, την επαναχρησιμοποίηση, την ανακύκλωση, τον οικολογικό σχεδιασμό, την κατανομή της οικονομίας και άλλες εξελίξεις προσφέρουν ευκαιρίες για την καθιέρωση πιο βιώσιμων προτύπων συμπεριφοράς των καταναλωτών και συνεπώς για τη συμβολή στην ανθρώπινη υγεία και την ασφάλεια των καταναλωτών. Ειδικότερα, η κυκλική οικονομία μπορεί να δημιουργήσει νέες ευκαιρίες απασχόλησης στην Ευρώπη. Σύμφωνα με την εκτίμηση επιπτώσεων της Ευρωπαϊκής

Επιτροπής για τους στόχους των αποβλήτων, η απλοποιημένη νομοθεσία, η βελτιωμένη παρακολούθηση και η διάδοση των βέλτιστων πρακτικών θα μπορούσαν να δημιουργήσουν περισσότερες από 180.000 νέες θέσεις εργασίας έως το 2030 (European Commission, 2013).

2.4 Δράσεις για την πιο αποτελεσματική ανακύκλωση υλικών ανάλογα με το είδος των προϊόντων στην Ε.Ε.

Αντιμετωπίζοντας μια συνεχώς αυξανόμενη παγκόσμια κατανάλωση φυσικών πόρων και συναφών περιβαλλοντικών καθώς και κοινωνικοοικονομικών προκλήσεων, η μετάβαση προς μια κυκλική οικονομία θα είναι ζωτικής σημασίας. Το θέμα βρίσκεται στο επίκεντρο της πολιτικής ατζέντας, ειδικά από τότε που η Ευρωπαϊκή Επιτροπή δημοσίευσε το Σχέδιο Δράσης για την Κυκλική Οικονομία τον Δεκέμβριο του 2015.

Στο πλαίσιο του πακέτου «κυκλική οικονομία» που υποβλήθηκε τον Δεκέμβριο του 2015, η Ευρωπαϊκή Επιτροπή παρουσίασε ένα σχέδιο δράσης για την κυκλική οικονομία. Στο σχέδιο δράσης, η Επιτροπή δεσμεύτηκε συγκεκριμένα να αναλάβει τις ακόλουθες δράσεις:

- Ανάπτυξη ποιοτικών προτύπων για δευτερογενείς πρώτες ύλες, ιδίως για πλαστικά (από το 2016 και μετά).
- Ανάλυση των επιλογών πολιτικής για την αντιμετώπιση της διαπαφής μεταξύ χημικών, προϊόντων και νομοθεσίας για τα απόβλητα, συμπεριλαμβανομένου του τρόπου μείωσης της παρουσίας και βελτίωσης της παρακολούθησης χημικών που προκαλούν ανησυχία σε προϊόντα (έως το 2017).
- Λήψη μέτρων για τη διευκόλυνση της μεταφοράς αποβλήτων σε ολόκληρη την ΕΕ, συμπεριλαμβανομένης της ηλεκτρονικής ανταλλαγής δεδομένων (από το 2016 και μετά).
- Περαιτέρω ανάπτυξη του συστήματος πληροφοριών πρώτων υλών της Ε.Ε. (από το 2016 και μετά).

Για σχεδόν 20 χρόνια, από την έκδοση της στρατηγικής για την αειφόρο ανάπτυξη το 2001, η αειφόρος ανάπτυξη υπήρξε ένας από τους κύριους στόχους της Ευρωπαϊκής Ένωσης. Το μακροπρόθεσμο όραμα είναι η εξασφάλιση μιας ευημερούσας κοινωνίας, ενός καλύτερου και πιο υγιούς περιβάλλοντος, το οποίο προσφέρει καλύτερη ποιότητα ζωής για τις τρέχουσες και τις μελλοντικές γενιές (264 *Final*

COMMUNICATION FROM THE COMMISSION A Sustainable Europe for a Better World: A European Union Strategy for Sustainable Development (Commission's Proposal to the Gothenburg European Council), n.d.). Η Ευρωπαϊκή Ένωση έχει δεσμευτεί σθεναρά να εφαρμόσει την ατζέντα του 2030 και τους στόχους της αειφόρου ανάπτυξης στη στρατηγική της και να τις ενσωματώσει σε όλες τις εσωτερικές και εξωτερικές πολιτικές της (*EU Approach to Sustainable Development / European Commission, n.d.*). Η μετατόπιση της Ατζέντας 2030 προς χαμηλή περιεκτικότητα σε άνθρακα, αποτελεσματική χρήση των πόρων και κυκλική οικονομία προωθεί την κοινωνική ευημερία, την ισότητα και την ένταξη (*The Sustainable Development Agenda – United Nations Sustainable Development, n.d.*).

Ένας χάρτης με δράσεις για τη βιώσιμη οικονομία της Ευρωπαϊκής Ένωσης είναι η Πράσινη Συμφωνία (Green Deal) της Ε.Ε. που αναπτύχθηκε το 2019 από την Ευρωπαϊκή Επιτροπή. Η στρατηγική στοχεύει στην υλοποίηση της Ατζέντας 2030 μέσω της αποδοτικότερης αξιοποίησης των πόρων και της εφαρμογής της κυκλικής οικονομίας, της διατήρησης της βιοποικιλότητας και της μείωσης της ρύπανσης (European Commission, 2019). Ο κύριος στόχος της Ε.Ε. είναι να καταστεί ουδέτερη από το κλίμα έως το 2050. Για την επίτευξη του στόχου απαιτούνται δράσεις, όπως επενδύσεις σε φιλικές προς το περιβάλλον τεχνολογίες, καινοτομίες, καθαρότερες μεταφορές, απεξάρτηση του ενεργειακού τομέα από τον άνθρακα (decarbonization), ενεργειακά αποδοτικά κτίρια, συντήρηση και αποκατάσταση βιοποικιλότητας και διεθνείς συνεργασίες για τη βελτίωση των παγκόσμιων περιβαλλοντικών προτύπων (European Commission, 2019). Ορισμένα ορυκτά είναι απαραίτητα για τις τεχνολογίες που απαιτούνται για την επιτυχία της Πράσινης Συμφωνίας της Ευρώπης και τη μετάβαση σε μια ουδέτερη για το κλίμα Ευρώπη. Κατά συνέπεια, η Ευρωπαϊκή εξορυκτική βιομηχανία ως προμηθευτής αυτών των ορυκτών θα διαδραματίσει σημαντικό ρόλο (*EIT RawMaterials Supports EU Action Plan to Ensure a Secure and Sustainable Supply of Raw Materials / EIT RawMaterials, n.d.*).

Η Ευρωπαϊκή Επιτροπή υιοθέτησε μια άλλη πρωτοβουλία αειφορίας που ονομάζεται Πρωτοβουλία για τις Πρώτες Ύλες (Raw Material Initiative), η οποία αποσκοπεί στη διασφάλιση της βιώσιμης προμήθειας πρώτων υλών παγκοσμίως και εντός της Ε.Ε. και εξασφάλιση αποτελεσματικής χρήσης πρώτων υλών, μαζί με την ανακύκλωση δευτερογενών πρώτων υλών. Κρίσιμα μέταλλα όπως κοβάλτιο, πλατίνα, σπάνιες γαίες και τιτάνιο είναι ζωτικής σημασίας για την πρόοδο των βιώσιμων τεχνολογιών.

Ωστόσο, παρουσιάζουν υψηλό κίνδυνο εφοδιασμού καθώς η Ε.Ε. εξαρτάται σε μεγάλο βαθμό από τις εισαγωγές τους. Επομένως, η πρωτοβουλία πρώτων υλών βελτιώνει την αποδοτικότητα των πόρων, την ανακύκλωση και την επαναχρησιμοποίηση, όχι μόνο λόγω της έλλειψης υλικού και της εξάρτησης από τις εισαγωγές, αλλά και λόγω της εξοικονόμησης ενέργειας στην παραγωγή δευτερογενών πρώτων υλών σε σύγκριση με τις πρωτογενείς πρώτες ύλες (EU Waste Framework Directive, 2008) .

Η οδηγία της Ευρωπαϊκής Ένωσης 2014/95 / ΕΕ (Directive 2014/95/EU) όσον αφορά την αποκάλυψη μη χρηματοοικονομικών και διαφορετικών άλλων ειδών πληροφοριών από ορισμένες μεγάλες επιχειρήσεις και ομίλους υποχρεώνει τις εταιρείες με 500 και περισσότερους υπαλλήλους να υποβάλλουν ετήσιες εκθέσεις για μη χρηματοοικονομικά θέματα από το 2018 και ύστερα σχετικά με τα δεδομένα από το 2017 (Commission, 2014). Απαιτείται επίσης, να δημοσιεύουν εκθέσεις σχετικά με τις εφαρμοζόμενες πολιτικές που συνδέονται με το περιβάλλον, τις κοινωνικές ανησυχίες, τα ανθρώπινα δικαιώματα, την καταπολέμηση της διαφθοράς και τη δωροδοκία και την ποικιλομορφία στα διοικητικά συμβούλια της εταιρείας. Πριν από τη νομοθεσία του 2018, η Ευρωπαϊκή Επιτροπή (2017) εξέδωσε μη υποχρεωτική καθοδήγηση σχετικά με τις μη χρηματοοικονομικές αναφορές στις οποίες προτείνεται η χρήση ορισμένων από τα διεθνή, εθνικά ή εθνικά πλαίσια για την υποβολή εκθέσεων, όπως το Πρόγραμμα Παρακολούθησης των Εκπομπών του Άνθρακα (Carbon Disclosure Project - CDP), η Παγκόσμια Σύμπραξη Απολογισμών (Global Reporting Initiative -GRI), το ISO 26000 του Διεθνούς Οργανισμού Τυποποίησης, το Παγκόσμιο Σύμφωνο των Ηνωμένων Εθνών (UN Global Compact) και οι Στόχοι Βιώσιμης Ανάπτυξης (Sustainable Development Goals – SDGs) (*EUROPEAN COMMISSION COMMUNICATION FROM THE COMMISSION Guidelines on Non-Financial Reporting (Methodology for Reporting Non-Financial Information)*, n.d.).

Ο κύριος σκοπός είναι να αυξηθεί η διαφάνεια και με την πάροδο του χρόνου να οδηγήσει σε, σύμφωνα με την Ευρωπαϊκή Επιτροπή, πιο ανθεκτικές εταιρείες με καλύτερες επιδόσεις, καθώς και αυξημένη εμπιστοσύνη μεταξύ των ενδιαφερομένων, ιδίως των επενδυτών και των καταναλωτών. Αντί για λεπτομερείς και σε βάθος αναφορές, οι εταιρείες υποχρεούνται να δημοσιεύουν σχετικές, χρήσιμες πληροφορίες σχετικά με την απόδοσή τους και τον αντίκτυπο των δραστηριοτήτων τους. Η αποκάλυψη σχετικών πληροφοριών είναι ευέλικτη και μπορεί να έχει τη

μορφή ξεχωριστής αναφοράς. Αυτό το είδος μη χρηματοοικονομικής γνωστοποίησης θεωρείται ως ένα κρίσιμο συστατικό για να καταστεί δυνατή η αειφόρος χρηματοδότηση. Μέσω της αυξημένης διαφάνειας, η οδηγία στοχεύει να συμβάλει στην επίτευξη των στόχων βιώσιμης ανάπτυξης και της συμφωνίας του Παρισιού (*EUROPEAN COMMISSION COMMUNICATION FROM THE COMMISSION Guidelines on Non-Financial Reporting (Methodology for Reporting Non-Financial Information)*, n.d.).

Η Ε.Ε. οριοθετεί το σχέδιο κυκλικής οικονομίας της Επιτροπής για καθαρότερα συστήματα παραγωγής και βιώσιμες αλυσίδες εφοδιασμού σχετικά με μπαταρίες και ηλεκτρικά οχήματα κατασκευή και κτίρια ·ηλεκτρικός και ηλεκτρονικός εξοπλισμός τρόφιμα, νερό και συσκευασίες θρεπτικές ουσίες; πλαστικά και υφάσματα, μεταξύ άλλων πόρων (European Commission, 2020a).

2.4.1 Μπαταρίες και ηλεκτρικά οχήματα

Η Ε.Ε. εισήγαγε Οδηγία για τις μπαταρίες το 2006. Από τότε, εκεί ήταν μια σειρά αναθεωρήσεων σε αυτήν την οδηγία. Η Ε.Ε. επανέλαβε τη δέσμευσή της να αυξήσει τη συλλογή και την ανακύκλωση χρησιμοποιημένων μπαταριών από ευρωπαϊκά κράτη (European Commission, 2020b, 2020a). Τόνισε επίσης τη σημασία της σταδιακής κατάργησης των μη επαναφορτιζόμενων μπαταριών. Η Επιτροπή πίεσε επίσης την αυτοκινητοβιομηχανία να τηρήσει τα πρότυπα εκπομπών CO₂ για τη μείωση του αποτυπώματος άνθρακα. Ενθάρρυνε τους ευρωπαίους ιδιοκτήτες οχημάτων να αγοράζουν ηλεκτρικά οχήματα με ιόντα λιθίου. Η υπεύθυνη εξόρυξη και εξαγωγή αυτού του μετάλλου θα απαιτηθεί για την επίτευξη κινητικότητας μηδενικών εκπομπών, της ουδετερότητας του κλίματος και της τεχνολογικής ηγεσίας. Υπό το πρίσμα αυτό, το 2017, η Ε.Ε. ξεκίνησε την European Battery Alliance για να δημιουργήσει μια βιώσιμη αλυσίδα αξίας για την παραγωγή μπαταριών λιθίου για οχήματα. Πρόσφατα, υπήρχαν ανησυχίες για υπερπροσφορά, καθώς η πανδημία COVID-19 οδήγησε σε πτώση της τιμής του λιθίου. Αυτό το ζήτημα μπορεί να οδηγήσει σε μεγαλύτερη ζήτηση για αυτό το λευκό μέταλλο.

2.4.2 Κατασκευές και κτίρια

Η Ε.Ε.(European Commission, 2020a) υπέβαλε τις συστάσεις της για τις πρακτικές της κυκλικής οικονομίας στους τομείς της βιομηχανίας κτιρίων, κατασκευών και κατεδαφίσεων. Έχει προωθήσει τις αρχές κυκλικότητας για τη βελτίωση της αντοχής

και της προσαρμοστικότητας των κτιρίων καθ' όλη τη διάρκεια του κύκλου ζωής τους. Ο κατασκευαστικός κλάδος πρέπει να έχει λογικούς στόχους για την ανάκτηση απορριμμάτων κατεδάφισης και ανεπιθύμητων υλικών. Επιπλέον, η Ε.Ε. (European Commission, 2020) αναφέρεται σε θέματα ασφάλειας, στη λειτουργικότητα της ανάκτησης υλικών και στην απόδοση βιωσιμότητας των δομικών προϊόντων (Jiménez-Rivero & García-Navarro, 2017). Η Επιτροπή ανέκαθεν προωθούσε πράσινες πρωτοβουλίες όπως η επαναχρησιμοποίηση των εκσκαφών, προκειμένου να μειωθεί η στεγανοποίηση των εδαφών και να αποκατασταθούν τυχόν εγκαταλελειμμένα ή μολυσμένα πεδία καφέ (Vandecasteele et al., 2018).

2.4.3 Ηλεκτρικός και ηλεκτρονικός εξοπλισμός

Χρόνο με το χρόνο, οι τεχνολογίες πληροφοριών και επικοινωνιών, συμπεριλαμβανομένου του ηλεκτρονικού εξοπλισμού και συσκευών, παράγουν περισσότερα απόβλητα που καταλήγουν σε χώρους υγειονομικής ταφής. Η Ε.Ε. ανακυκλώνει λιγότερο από το 40% αυτών των ροών αποβλήτων (European Commission, 2020b). Τα ηλεκτρικά και ηλεκτρονικά απόβλητα (ΑΗΗΕ) περιλαμβάνουν υπολογιστές, εκτυπωτές, τηλεοράσεις, ψυγεία, κινητά τηλέφωνα, tablet και φορητούς υπολογιστές, μεταξύ άλλων τεχνολογιών. Τα υλικά και τα συστατικά τους κατασκευάζονται από σπάνιους, επικίνδυνους πόρους. Για παράδειγμα, τα εξαρτήματα των smartphone περιλαμβάνουν πολύτιμα και σπάνια μέταλλα όπως χρυσό, ασήμι, χαλκό, πλατίνα και παλλάδιο. Η εξόρυξη αυτών των μετάλλων έχει αντίκτυπο στο φυσικό περιβάλλον σε τοπικές, περιφερειακές και παγκόσμιες κλίμακες, καθώς τα οικοσυστήματα καταστρέφονται μέσω διαρροών αποβλήτων και ρύπανσης (Kemp & Owen, 2018). Τα ηλεκτρικά και ηλεκτρονικά υλικά μπορούν ακόμη και να δημιουργήσουν προβλήματα υγείας εάν δεν συλλέγονται, υποβάλλονται σε επεξεργασία ή/και ανακυκλώνονται με τον κατάλληλο τρόπο (Unger et al., 2017).

Υπό το πρίσμα αυτό, οι οδηγίες της Ε.Ε. αποσκοπούσαν στον περιορισμό της χρήσης βαρέων μετάλλων ή στη βελτίωση της ανάκτησης και της ανακύκλωσής τους μετά την χρήση (*DIRECTIVE 2002/96/EC OF THE EUROPEAN PARLIAMENT AND OF THE COUNCIL of 27 January 2003 on Waste Electrical and Electronic Equipment (WEEE)*, 2003; European Union, 2002). Το 2012, η Επιτροπή αναθεώρησε τις οδηγίες της για την αντιμετώπιση των αυξημένων αποβλήτων που παράγονται οι ΗΗΕ (European Union, 2012; *L_2017305EN.01000801.Xml*, n.d.). Ως εκ τούτου, τα κράτη

μέλη της Ε.Ε. αναμένεται να συλλέγουν και να αναφέρουν δεδομένα σχετικά με τα ηλεκτρικά και ηλεκτρονικά προϊόντα που πωλούνται, συλλέγονται, ανακυκλώνονται και ανακτώνται (*Preparatory Study for the Ecodesign Working Plan 2020-2024 / Internal Market, Industry, Entrepreneurship and SMEs*, n.d.).

2.4.4 Τρόφιμα, νερό και συσκευασίες

Η τροφική αλυσίδα και τα παραγόμενα απόβλητά της έχουν επίσης αρνητικές επιπτώσεις στο φυσικό περιβάλλον. Η Ε.Ε. (2008) πρότεινε έναν στόχο για τη μείωση των απορριμμάτων τροφίμων στη στρατηγική «Farm-to-Fork» (*Farm to Fork Strategy*, n.d.). Η Ε.Ε. (European Commission, 2020b) επιβεβαίωσε τη δέσμευσή της να αντιμετωπίσει αυτό το ζήτημα. Για παράδειγμα, η οδηγία για το πόσιμο νερό (*Drinking Water Legislation - Environment - European Commission*, n.d.) προορίζεται στο να κάνει πόσιμο το νερό βρύσης και προσβάσιμο σε δημόσιους χώρους, προκειμένου να μειωθεί η παραγωγή εμφιαλωμένου νερού και των απορριμμάτων συσκευασίας του. Έχει επίσης, ευαισθητοποιήσει σχετικά με την προηγούμενη οδηγία του για επαναχρησιμοποιήσιμες και ανακυκλώσιμες συσκευασίες υλικών και προϊόντων (European Union, 1994). Το 2017, τα απόβλητα από υλικά συσκευασίας ανήλθαν σε 173 κιλά ανά κάτοικο. Ωστόσο, αυτός ο αριθμός αναμένεται να αυξηθεί, χρόνο με το χρόνο (*Drinking Water Legislation - Environment - European Commission*, n.d.).

Η Ε.Ε. (European Commission, 2020a) διευκρίνισε ότι η μελλοντική πρωτοβουλία της Επιτροπής για βιώσιμα προϊόντα θα κατευθύνει τις επιχειρήσεις και τους καταναλωτές να απαγορεύσουν τις συσκευασίες μιας χρήσης, τα πλαστικά μαχαιροπήρουνα και τα επιτραπέζια σκεύη. Αυτά τα είδη είναι εμφανή στις υπηρεσίες γρήγορου φαγητού. Η Ε.Ε. (European Commission, 2020b) θα μπορούσε να περιορίσει τη συσκευασία υλικών και να ανοίξει το δρόμο για πιο επαναχρησιμοποιήσιμα, βιώσιμα προϊόντα.

2.4.5 Θρεπτικές ουσίες

Η Ε.Ε. προέβλεψε ότι το ολοκληρωμένο σχέδιο διαχείρισης θρεπτικών ουσιών θα τονώσει τις αγορές για ανακτημένα θρεπτικά συστατικά. Διευκρίνισε ότι ο κανονισμός για την επαναχρησιμοποίηση των υδάτων της ενθαρρύνει τις ευρωπαϊκές εκμεταλλεύσεις να επαναχρησιμοποιούν το νερό για γεωργικούς σκοπούς (Salvini et al., 2018; Unay-Gailhard & Bojnec, 2019). Η Επιτροπή αξιολόγησε τη δυνατότητα

επεξεργασίας λυματολάσπης και δευτερογενούς πηγής νερού (Kacprzak et al., 2017; Smol et al., 2015).

Πρόσφατα, το Farm Sustainability Tool (FaST) αναπτύχθηκε ως βοήθεια προς τους αγρότες να διαχειριστούν τη χρήση θρεπτικών ουσιών στο αγρόκτημά τους. Αυτή η εφαρμογή προτάθηκε (δωρεάν) στο πλαίσιο των Καλών Γεωργικών και Περιβαλλοντικών Συνθηκών (GAEC) και αποτελεί μέρος των τελευταίων προτάσεων κοινής γεωργικής πολιτικής (ΚΓΠ) για το 2021-2027. Με λίγα λόγια, αυτή η τεχνολογία πρέπει να βελτιώσει την ανταγωνιστικότητα και την περιβαλλοντική βιωσιμότητα των ευρωπαϊκών αγροκτημάτων (Unay-Gailhard & Bojnec, 2019). Η πρόσβαση στο FaST γίνεται μέσω προσωπικού υπολογιστή και μέσω έξυπνων συσκευών, συμπεριλαμβανομένων έξυπνων τηλεφώνων και tablet. Παρέχει χρήσιμα δεδομένα σχετικά με τους πόρους των εκμεταλλεύσεων, συμπεριλαμβανομένων των καλλιεργειών, του εδάφους, των ζώων, της κοπριάς, κ.λπ., μεταξύ άλλων θεμάτων. Αυτή η εφαρμογή μπορεί να υποστηρίξει τους αγρότες για το πώς να βελτιώσουν τη γονιμοποίηση των καλλιεργειών, να μειώσουν τις διαρροές θρεπτικών ουσιών στα υπόγεια ύδατα ή στα ποτάμια, αύξηση της ποιότητας του εδάφους και μείωση των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου. Επιπλέον, το εργαλείο θα βοηθήσει στη μείωση της χρήσης θρεπτικών συστατικών ή/και στην αύξηση της απόδοσης των καλλιεργειών. Και στις δύο περιπτώσεις, αυτό θα οδηγήσει σε αύξηση των εσόδων και της αποτελεσματικότητας των αγροτών. Μερικές χώρες της Ε.Ε. προσαρμόζουν ήδη τις λειτουργίες και τις υπηρεσίες του FaST για να διασφαλίσουν ότι προσαρμόζεται στις τοπικές συνθήκες, εκμεταλλευόμενοι παράλληλα τις υπάρχουσες γνώσεις.

Επίσης σημαντική ήταν η ανακύκλωση των πρώτων υλών ως μέρος της πολιτικής της κυκλικής οικονομίας που μπορεί να επεκταθεί και στον γεωργικό και κτηνοτροφικό τομέα, μέσω της εκμετάλλευσης πλούσιων σε άνθρακα λιπάσματα που προκύπτουν ως απορρίμματα από άλλες διεργασίες. Οι μέθοδοι αυτοί απαιτούν αρκετά λιγότερη ενέργεια και επομένως καύση ορυκτών καυσίμων για την ολοκλήρωση των εργασιών, ενώ παράλληλα δεσμεύουν μεγάλες ποσότητες άνθρακα, αποτρέποντας την συμμετοχή τους στην δημιουργία διοξειδίου του άνθρακα. Τα εδάφη στα οποία πραγματοποιούνται οι εναλλακτικές μορφές καλλιέργειας παρουσιάζουν πλεονεκτήματα στην κατακράτηση υγρών και την διατήρησή τους σε γόνιμη κατάσταση. Συγκεκριμένες τακτικές περιλαμβάνουν την διοχέτευση οργανικών

λιπασμάτων, τη εναλλαγή καλλιεργειών σε διαφορετικές ποικιλίες που προωθεί αγρόβιοποικιλότητα, την περιστροφική βόσκηση κ.ά. (Ellen Macarthur Foundation, 2013).

Οι παραπάνω ιδέες χρησιμοποιούμενες συνδυαστικά αποδεικνύεται πως έχουν την δυνατότητα να συμβάλλουν στην καταπολέμηση της κλιματικής αλλαγής, ταυτόχρονα με την αναδιαμόρφωση της οικονομίας στην πιο αποδοτική για την ανθρώπινη κοινωνία και το περιβάλλον μορφή της (Ellen Macarthur Foundation, 2013).

2.4.6 Πλαστικά

Η κατασκευή πλαστικών αυξάνει τη ζήτηση για πετροχημικά, καθώς αποτελούν το 99% όλων των πλαστικών. Για δεκαετίες, εταιρείες πετρελαίου και φυσικού αερίου έχουν δημιουργήσει αγορές για τα παραπροϊόντα τους ή/και τις διαχειρίζονται ως ροές αποβλήτων (Watkins et al., 2019).

Χρειάζονται περισσότερα από 400 χρόνια για την αποικοδόμηση του πλαστικού. Ωστόσο, η χρήση του αυξήθηκε με ρυθμό 4% ετησίως, από το 2000 (*5 Steps That Could End the Plastic Pollution Crisis – and Save Our Ocean* / *World Economic Forum*, n.d.). Επιπλέον, αυτό το υλικό φέρει αποτύπωμα άνθρακα όταν καίγεται κατά την αποτέφρωση. Ως εκ τούτου, τα περισσότερα πλαστικά υπάρχουν ακόμη σε χώρους υγειονομικής ταφής ή στα φυσικά μας περιβάλλοντα (Scharff, 2014). Έτσι, οι ευρωπαϊκές κυβερνήσεις επέβαλαν αυστηρούς περιορισμούς στη χρήση πλαστικών σακουλών (European Commission, 2020a). Αυτά τα μέτρα ακολούθησαν σημαντικές μειώσεις τέτοιων αποβλήτων στα απορρίμματα των πολιτών. Ως αποτέλεσμα, υπήρχε επίσης λιγότερο πλαστικό σε θαλάσσια περιβάλλοντα.

Επί του παρόντος, το ερευνητικό πρόγραμμα της Ε.Ε. εστιάζεται στη διερεύνηση της παρουσίας μικροπλαστικών στα τρόφιμα και τα ποτά. Το Ευρωπαϊκό Κοινοβούλιο τόνισε ότι η πρόληψη των πλαστικών απορριμμάτων πρέπει να είναι μία από τις πρώτες προτεραιότητες της Επιτροπής (*Texts Adopted - A European Strategy for Plastics in a Circular Economy - Thursday, 13 September 2018*, n.d.). Άλλες ευρωπαϊκές οντότητες και ενδιαφερόμενα μέρη έχουν επισημάνει ότι η μείωση της χρήσης αυτού του υλικού απαιτείται για τη βελτίωση του φυσικού περιβάλλοντος καθώς και για την υγεία και την ευημερία των μεμονωμένων πολιτών. Η Ε.Ε. (European Commission, 2020b) διευκρίνισε ότι σκοπεύει να εισαγάγει πιο αυστηρά

νομοθετικά μέσα για την εξάλειψη της συσκευασίας τροφίμων μιας χρήσης. Η επιτροπή συνέστησε στους κατασκευαστές να χρησιμοποιούν βιοαποικοδομήσιμες και ανακυκλώσιμες συσκευασίες για τα προϊόντα τους (European Council, 2019). Υπάρχουν διάφοροι ενδιαφερόμενοι, συμπεριλαμβανομένων κυβερνήσεων, διακυβερνητικών οργανισμών και μη κυβερνητικών οργανισμών σε διαφορετικά πλαίσια που ζητούν όλο και περισσότερο τη μείωση των πλαστικών προϊόντων (EU, 2019f, 2020a, 2020b).

2.4.7 Υφάσματα

Η παραγωγή ενδυμάτων, υποδημάτων και οικιακών υφασμάτων απαιτεί πρωτογενείς πρώτες ύλες και νερό. Συγκεκριμένα, η κλωστοϋφαντουργία κατατάσσεται ως η δεύτερη υψηλότερη όσον αφορά στη χρήση γης και είναι πέμπτη όσον αφορά τις εκπομπές αερίων θερμοκηπίου (*Waste Recycling — European Environment Agency, n.d.*). Οι διαδικασίες παραγωγής υφασμάτων απαιτούν μεγάλες ποσότητες διαφορετικών χημικών. Επιπλέον, το πλύσιμο των κλωστοϋφαντουργικών προϊόντων απελευθερώνει επίσης χημικά και μικροπλαστικά στα οικιακά λύματα (Monea et al., 2020). Ως εκ τούτου, η κλωστοϋφαντουργία επηρεάζει τα φυσικά οικολογικά μας συστήματα σε κάθε φάση των παραγωγικών της διαδικασιών (Stål και Jansson, 2017). Πολύ συχνά, τα κλωστοϋφαντουργικά προϊόντα εξάγονται στις αναπτυσσόμενες χώρες, αποτεφρώνονται ή αποτίθενται σε χωματερές, καθώς η ανακύκλωσή τους παραμένει πολύ χαμηλή (*Waste Recycling — European Environment Agency, n.d.*; Scharff, 2014).

Η Ε.Ε. (2015b) είχε αναγνωρίσει την κλωστοϋφαντουργία ως τομέας προτεραιότητας. Η Επιτροπή προτείνει μια ολοκληρωμένη στρατηγική της Ε.Ε. για τα κλωστοϋφαντουργικά προϊόντα. Γι' αυτό το λόγο η Ε.Ε. (European Commission, 2020b) πρότείνει ότι οι κατασκευαστές υφαντικών υλών πρέπει να ακολουθούν οικολογικά σχέδια και μέτρα αειφορίας για να διασφαλίσουν ότι συμμετέχουν σε συστήματα κλειστού βρόχου. Τέτοια συστήματα θα απαιτούσαν τη χρήση και την επαναχρησιμοποίηση πόρων, την αντιμετώπιση της χρήσης μιας ευρείας ποικιλίας χημικών ουσιών, την ενδυνάμωση των επιχειρήσεων και των καταναλωτών τους να επιλέξουν την επαναχρησιμοποίηση κλωστοϋφαντουργικών προϊόντων και εγκαταστάσεων επισκευής (European Commission, 2020b; Monea et al., 2020).

2.5 Προώθηση χρήσης δευτερογενών πρώτων υλών

Οι «δευτερογενείς πρώτες ύλες» είναι ανακυκλωμένα υλικά που μπορούν να χρησιμοποιηθούν σε διαδικασίες παραγωγής αντί ή παράλληλα με πρωτογενείς πρώτες ύλες. Η χρήση δευτερογενών πρώτων υλών παρουσιάζει ορισμένα πλεονεκτήματα, όπως αυξημένη ασφάλεια εφοδιασμού, μειωμένη χρήση υλικών και ενέργειας, μειωμένες επιπτώσεις στο κλίμα και το περιβάλλον και μειωμένο κόστος κατασκευής. Ωστόσο, η χρήση δευτερογενών πρώτων υλών αντιμετωπίζει και ορισμένα εμπόδια, συμπεριλαμβανομένης της απουσίας προτύπων ποιότητας σε ολόκληρη την Ε.Ε. για ορισμένα υλικά (όπως πλαστικά), δυσκολίες που συνδέονται με το εμπόριο δευτερογενών πρώτων υλών σε ολόκληρη την Ε.Ε. και πιθανή παρουσία χημικών σε ανακυκλωμένα υλικά που προκαλούν ανησυχία. Η διαδικασία συλλογής και ανακύκλωσης αποβλήτων θεωρείται μεγάλης σημασίας (*STRATEGY for SECONDARY RAW MATERIALS / Legislative Train Schedule / European Parliament, n.d.*).

Οι φυσικοί πόροι όπως έχει αναφερθεί, εμφανίζονται σε άνισες ποσότητες σε όλο τον κόσμο. Το γεγονός της διαπραγμάτευσης δευτερογενών πρώτων υλών θεωρείται ως μια σημαντική δράση της κυκλικής οικονομίας. Πρωτίστως θα παρέχει πιο φιλικούς προς το περιβάλλον πόρους σε χώρες με έλλειψη πρώτων υλών και θα ενθαρρύνει επίσης την ανακύκλωσή τους. Ο ρόλος του σχεδιασμού είναι ζωτικής σημασίας εάν τα υλικά θα είναι ανακυκλώσιμα όσο το δυνατόν περισσότερο και αποφεύγοντας επικίνδυνο περιεχόμενο (Yamaguchi & Steenblik, 2018).

Οι ηγέτες πρέπει να ακολουθήσουν την ατζέντα του 2030 και να παρέχουν εύκολες εμπορικές συμφωνίες για την προώθησή της κυκλικής οικονομίας και να μετριάσουν την επίδραση των ρυπογόνων διαδικασιών. Η αξιοποίηση των αποβλήτων θα συνδράμει στη βελτίωση της χρήσης δευτερογενών πρώτων υλών και θα ενισχύσει τη δημιουργία ταχύτερων αγορών κυκλικής οικονομίας. Στη συνέχεια, παρουσιάζονται δράσεις για την παροχή κινήτρων στη χρήση δευτερογενών πρώτων υλών.

2.5.1 Αλλαγές στη ζήτηση πρωτογενών πόρων

Οι περισσότερες ανεπτυγμένες χώρες στον κόσμο, συμπεριλαμβανομένης της Ευρωπαϊκής Ένωσης και των διαφορετικών μελών της, εξαρτώνται από άλλες τρίτες χώρες προκειμένου να εισαγάγουν τις απαραίτητες πρώτες ύλες (Kettunen et al., 2019).

Μια λίστα με τις πιο σημαντικές πρώτες ύλες που χρησιμοποιήθηκαν στην Ευρώπη δημιουργήθηκε από την ίδια την Ευρωπαϊκή Ένωση για να παρακολουθεί πόσο εξαρτάται η ίδια από άλλες χώρες με διαφορετικές πρώτες ύλες.

Παρόλο που η κυκλική χρήση πρώτων υλών στην Ευρώπη έχει αυξηθεί τα τελευταία χρόνια, χρήζει περαιτέρω βελτίωσης. Ένας από τους στόχους της Ευρωπαϊκής Επιτροπής είναι να εξαρτάται λιγότερο από τις εισαγωγές πρώτων υλών, βελτιώνοντας τη τοπική οικονομία και το περιβάλλον. Στο σχέδιο δράσης της Ευρωπαϊκής κυκλικής οικονομίας, διαφορετικές δράσεις, όπως η δημιουργία και η βελτίωση των σημερινών τεχνολογιών σχετικά με την παραγωγή δευτερογενών πρώτων υλών, διαδραματίζουν σημαντικό ρόλο. Για να γίνει αυτό, η Ευρώπη στοχεύει στη βελτίωση της επαναχρησιμοποίησης, και της ανακύκλωσης των προϊόντων, με την τυποποίηση της επισήμανσης (standardization of labelling) και τη δημιουργία μιας αγοράς δευτερογενών πρώτων υλών, δίνοντας έτσι μια μεγαλύτερη διάρκεια ζωής στην πρώτη ύλη και αποφεύγοντας εισαγωγές νέων πρώτων υλών από το εξωτερικό ή την εκ νέου εξόρυξη τους εντός των συνόρων (European Commission, 2020).

Σε περίπτωση που η Ευρώπη επιτύχει να βελτιώσει την κυκλικότητα της χρήσης πρώτων υλών τα επόμενα χρόνια, όπως αναφέρεται στο σχέδιο, θα έχει επιπτώσεις στο διεθνές εμπόριο. Οι πλούσιοι σε πόρους προμηθευτές πρώτων υλών θα επηρεαστούν από τη μείωση των εξαγωγών αυτών των υλικών. Αυτό θα μπορούσε να συνεπάγεται μια πρόοδο στην κυκλικότητα των προϊόντων και μια φιλική προς το περιβάλλον ευκαιρία σε όλες αυτές τις χώρες που εξαρτώνται από τις εξαγωγές πρώτων υλών. Ταυτόχρονα, ένα πρόβλημα για αυτές τις αναπτυσσόμενες οικονομίες βασίζεται στην εξόρυξη και την εξαγωγή πρώτων υλών, μειώνοντας έτσι το διεθνές εμπόριο. Η Ευρώπη και οι αναπτυσσόμενες χώρες θα πρέπει να λάβουν υπόψη την κατάσταση εκμεταλλευόμενες τις διάφορες ευκαιρίες όπως η ανάπτυξη των εγχώριων αγορών και η ανάπτυξη νέων στρατηγικών προκειμένου να βελτιώσουν τις οικονομικές τους επιδόσεις (Kettunen et al., 2019).

2.5.2 Εμπόριο δευτερογενών πρώτων υλών

Η μετάβαση σε ένα μοντέλο κυκλικής οικονομίας πρέπει να εισαχθεί στις γραμμές παραγωγής ανακυκλωμένων υλικών, ως ανακυκλωμένα απόβλητα ή επαναχρησιμοποίησιμα συστατικά, προκειμένου να τους δοθεί μεγαλύτερη διάρκεια

ζωής και να αποφευχθεί η εξόρυξη νέων. Το διεθνές εμπόριο δευτερογενών πρώτων υλών πραγματοποιείται όταν μια χώρα δεν είναι σε θέση να διαχειριστεί τα ανακυκλώσιμα απόβλητά της ή απλά προτιμά να μην το κάνει. Μερικές φορές η εξαγωγή ανακυκλώσιμων αποβλήτων πραγματοποιείται στην ίδια χώρα με την παραγωγή προϊόντων, λόγω του γεγονότος ότι ορισμένες εταιρείες διαθέτουν τα κέντρα ανακύκλωσής τους όπου τα κέντρα παραγωγής, τα οποία μπορεί να είναι οικονομικά φθηνότερα για τις εταιρείες (Kettunen et al., 2019).

Όπως αναφέρεται στο σχέδιο δράσης της Ευρωπαϊκής Ένωσης για την κυκλική οικονομία, η Ευρώπη πρέπει να μειώσει την εξάρτησή της από τις πρώτες ύλες. Για να επιλυθεί αυτό, η Ευρώπη παρουσιάζει τις δευτερογενείς πρώτες ύλες, που λαμβάνονται από διαδικασίες ανακύκλωσης ως μέρος της λύσης. Ταυτόχρονα, μετά την Ευρωπαϊκή Πράσινη Συμφωνία (European Green Deal), η Ευρώπη υποτίθεται ότι θα αυξήσει τον δεσμευτικό στόχο και τα πρότυπα ποιότητας των ανακυκλωμένων τεμαχίων ή υλικών νέων προϊόντων, επομένως θα αυξηθεί η χρήση αυτών των δευτερογενών πρώτων υλών, όπως παρουσιάζεται στο Σχήμα 2.2. Ταυτόχρονα, αυτή η αύξηση θα μεταφραστεί επίσης σε αύξηση του εμπορίου σε αυτόν τον τομέα (*Green Deal: SECONTRADE an Essential Player in the European Circular Economy / SECONTRADE Blog, n.d.*).

Η Ευρώπη πρέπει να δώσει προτεραιότητα στο εσωτερικό εμπόριο ή στο εμπόριο με χώρες όπου η διαχείριση των αποβλήτων υποστηρίζεται από κατάλληλα μέτρα κυκλικής οικονομίας. Ταυτόχρονα, σε περίπτωση που αρχίσει να εισάγει απόβλητα για ανακύκλωση και επισκευή, θα μπορούσε να οδηγήσει στη δημιουργία θέσεων εργασίας και να βελτιώσει τη διαχείριση των οικιακών αποβλήτων (Kettunen et al., 2019).



Σχήμα 2.2: Διαχείριση αποβλήτων, (*Input Study on “How to Stimulate Secondary Raw Material Markets” Workshop, 2018*).

2.5.3 Πολιτικές κυκλικής οικονομίας στην Ευρωπαϊκή Ένωση και επιπτώσεις στη διεθνή αγορά

Η Ευρωπαϊκή Ένωση έχει θεσπίσει διάφορα μέτρα για την προώθηση ενός πιο κυκλικού οικονομικού σχεδιασμού. Βελτίωση της ανθεκτικότητας, της επαναχρησιμοποίησης και του σχεδιασμού προϊόντων που μπορούν εύκολα να επισκευαστούν και να αναβαθμιστούν. Στο ίδιο σημείο, το σχέδιο στοχεύει στο σχεδιασμό προϊόντων που μπορούν να παραχθούν με δευτερεύουσες πρώτες ύλες προκειμένου να μειωθεί η ποσότητα και η εξάρτηση των πρώτων υλών. Ταυτόχρονα, στοχεύει στην απαγόρευση της χρήσης προϊόντων μίας χρήσης (European Commission 2020).

Αυτή η πρόοδος στον κυκλικό σχεδιασμό μπορεί να προκαλέσει διεθνή αντίκτυπο, καθώς άλλες χώρες υιοθετούν παρόμοιες πολιτικές και πρότυπα στο σχεδιασμό, προκειμένου να διευκολύνουν και να αυξήσουν τις εξαγωγές τους στις ευρωπαϊκές αγορές (Kettunen et al., 2019).

Οι ευρωπαϊκές πολιτικές και το σχέδιο δράσης για την κυκλική οικονομία επικεντρώθηκαν επίσης στη διαχείριση των αποβλήτων. Η Ευρώπη σχεδιάζει να μειώσει δραστικά την ποσότητα παραγόμενων αποβλήτων. Μέχρι το 2030, έχει προγραμματιστεί ότι τα μη ανακυκλώσιμα απόβλητα από τους δήμους θα μειωθούν στο 50%. Όσον αφορά τα ανακυκλώσιμα απόβλητα, η Ευρωπαϊκή Επιτροπή εργάζεται για τη νομοθεσία περί περιορισμών στις μπαταρίες, τις συσκευασίες, τα οχήματα και τα ηλεκτρονικά απόβλητα που θα ενθαρρύνουν τις διαδικασίες ανακύκλωσης προκειμένου να επανεισάγουν στην αγορά τα απόβλητα ξανά (European Commission 2020).

Αυτά τα νέα μέτρα για την παροχή κινήτρων στη χρήση δευτερογενών πρώτων υλών μπορούν να δημιουργήσουν μια διεθνή αγορά με περισσότερες ευκαιρίες για χώρες με την ικανότητα της διαδικασίας ανακυκλώσιμων αποβλήτων. Αυτό μπορεί να προσφέρει οφέλη στις χώρες που δεν μπορούν να διαχειριστούν μεγάλο αριθμό μη επεξεργασμένων δευτερογενών πρώτων υλών, ενώ δημιουργούν οφέλη στις χώρες που τις εισάγουν εισάγοντας ξανά τις ανακυκλωμένες πρώτες ύλες στην αγορά (Kettunen et al., 2019).

Ένα άλλο από τα κύρια σημεία του σχεδίου κυκλικής οικονομίας της Ευρωπαϊκής Ένωσης είναι η δημιουργία μιας αγοράς δευτερογενών πρώτων υλών, που μπορεί να

δημιουργήσει άμεσο διεθνές αποτέλεσμα στο εμπόριο. Οι απαιτήσεις για ανακυκλωμένο περιεχόμενο σε προϊόντα θα βοηθήσει στην αύξηση της ζήτησης για δευτερογενείς πρώτες ύλες. Ταυτόχρονα, τυποποιώντας τις διαδικασίες ανακύκλωσης, το τέλος της διάρκειας ζωής των υλικών θα βοηθήσει στην εξομάλυνση της χρήσης δευτερογενών πρώτων υλών στην Ευρώπη και σε όλο τον κόσμο (European Commission, 2020).

Όλα αυτά τα μέτρα στην αγορά δευτερογενών πρώτων υλών μπορούν να έχουν επιπτώσεις στο διεθνές εμπόριο. Η υποστήριξη για την ανάπτυξη προτύπων στις διεθνείς βιομηχανίες σχετικά με τα ταξινομημένα πλαστικά και τα ανακυκλωμένα πλαστικά εξασφαλίζει την ανάπτυξη πιστοποιήσεων για υλικά στην Ευρωπαϊκή Ένωση και σε τρίτες χώρες και επίσης διασφαλίζει ότι τα πλαστικά και άλλα είδη απορριμμάτων αντιμετωπίζονται με τον ίδιο τρόπο σε τρίτες χώρες όπως στην Ευρώπη. Ταυτόχρονα, η δημιουργία αυτής της αγοράς δευτερογενών πρώτων υλών μπορεί να δημιουργήσει μεγάλες ευκαιρίες για τα μέλη της Ευρωπαϊκής Ένωσης και τρίτες χώρες, αλλά απαιτείται ένα καλύτερο ποιοτικό πρότυπο για πλαστικά και ανακυκλωμένα πλαστικά με παγκόσμιο τρόπο. Οποιαδήποτε διαφορά σε αυτά τα πρότυπα μπορεί να δημιουργήσει εμπόδια στην αγορά μεταξύ της Ευρωπαϊκής Ένωσης και τρίτων χωρών (Kettunen et al., 2019).

2.6 Οικονομική και περιβαλλοντική αξιοποίηση των αποβλήτων στην Ε.Ε.

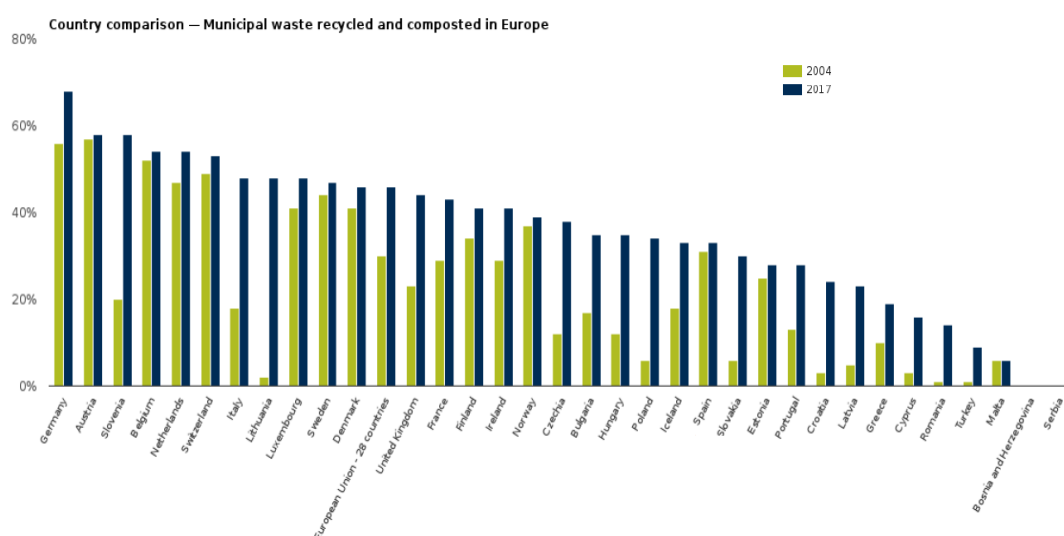
Η επιδίωξη της βιώσιμης διαχείρισης αποβλήτων οδήγησε στη δημιουργία μιας ιεράρχησης αποβλήτων. Αυτή η ιεράρχηση αποβλήτων, η οποία παρέχει μια ταξινόμηση της διαχείρισης αποβλήτων σε διαφορετικές επιλογές διαχείρισης, βασίζεται στα οφέλη, καθώς και στην ευημερία και τα συμφέροντα του περιβάλλοντος, της κοινωνίας και της οικονομίας. Αυτές οι επιλογές διαχείρισης, οι οποίες σε ορισμένες χώρες έχουν εξελιχθεί σε στρατηγικές που σχετίζονται με τη διαδικασία, την υποδομή, τη νομοθεσία και τους ενδιαφερόμενους φορείς, μεταξύ άλλων, περιλαμβάνουν τα πέντε R της διαχείρισης αποβλήτων. Αυτά τα πέντε R - μείωση, επαναχρησιμοποίηση, ανακύκλωση, ανάκτηση και επισκευή (Reduce, Reuse, Recycle, Recovery, Repair) - είναι όλο και πιο σημαντικά για την επίτευξη βιώσιμης διαχείρισης αποβλήτων (Mueller, 2013). Η αποτελεσματική εφαρμογή στρατηγικών που προέρχονται από τα πέντε R πραγματοποιείται μέσω διαφορετικών μεθόδων. Το

κλειδί μεταξύ των μεθόδων είναι να παρακινηθούν οι ενδιαφερόμενοι φορείς στη διαχείριση αποβλήτων ή στην αλυσίδα παραγωγής να συμμετάσχουν υπεύθυνα στην επίτευξη αποτελεσματικών στόχων διαχείρισης αποβλήτων.

Λαμβάνοντας υπόψη τα σημαντικά οφέλη που απορρέουν από την ανακύκλωση των αποβλήτων, ιδίως με την προσπάθεια προς μια κυκλική οικονομία, οι χώρες της Ε.Ε. αναμένεται να ανακυκλώσουν το 50% των αστικών τους αποβλήτων έως το 2020 καθώς και να επιτύχουν στόχο 65% για την ανακύκλωση αστικών αποβλήτων έως το 2030 (EC, 2016).

Ορισμένες Ευρωπαϊκές χώρες έχουν μερικά από τα υψηλότερα ποσοστά ανακύκλωσης στον κόσμο, με ποσοστό ανακύκλωσης 55% (Eunomia & European Environmental Bureau, 2017). Στην Ευρωπαϊκή Ένωση, μόνο 3 χώρες καταφέρνουν να είναι πάνω από το ποσοστό 55% που καθορίστηκε στην τελευταία οδηγία της Ε.Ε.: Γερμανία (68%), Αυστρία (58%) και Σλοβενία (58%) (*Waste Recycling — European Environment Agency, n.d.*).

Παρ' όλα αυτά, το μέσο ποσοστό ανακύκλωσης της Ευρωπαϊκής Ένωσης ήταν 46% το 2017, το οποίο δέχτηκε αύξηση 16 εκατοστιαίων μονάδων από το 2004. Το 2017, η Ισπανία κατατάχθηκε 22^η στις 28 με ποσοστό ανακύκλωσης 33%, με αύξηση μόλις 2 ποσοστιαίες μονάδες σε 13 χρόνια. Το 2004 η Ισπανία κατέλαβε τη 10^η θέση στην Ευρωπαϊκή Ένωση με ποσοστό ανακύκλωσης πάνω από τον ευρωπαϊκό μέσο όρο, αλλά υποχώρησε 13 βαθμούς κάτω από τον μέσο όρο το 2017 όπως παρουσιάζεται στο Σχήμα 2.3.



Διάγραμμα 2.1: Δημοτικά απόβλητα που ανακυκλώνονται και κομποστοποιούνται στην Ευρώπη - Σύγκριση χωρών, (*Waste Recycling — European Environment Agency, n.d.*)

2.7 Προώθηση στρατηγικής κυκλικής οικονομίας σε παγκόσμιο επίπεδο

Η μετάβαση σε μια πιο κυκλική οικονομία έχει δημιουργήσει τάσεις όχι μόνο στην Ευρώπη, σε όλο τον κόσμο. Ταυτόχρονα, οι αναπτυσσόμενες χώρες αντιμετωπίζουν μια αυξανόμενη κατάσταση με μεγάλη αύξηση του πληθυσμού λόγω της οικονομικής ανάπτυξης. Αυτό επηρεάζει την παγκόσμια κατανάλωση και το εμπόριο πρώτων υλών. Ορισμένες αναπτυσσόμενες χώρες αποφάσισαν να περιορίσουν την εξαγωγή πρώτων υλών σε τρίτες χώρες προκειμένου να προστατεύσουν την τοπική βιομηχανία και να μην καταναλώσουν όλους τους φυσικούς πόρους τους (Kettunen et al., 2019) .

Λόγω της παγκοσμιοποίησης, προς το παρόν, η οικονομία έχει αρχίσει να συνδέεται όλο και περισσότερο μεταξύ των χωρών. Η ροή υλικών μεταξύ οικονομιών είναι κλειστή σε σχέση με την έννοια της κυκλικής οικονομίας. Η ροή υλικών θα δώσει μια δεύτερη ζωή σε πολλά προϊόντα. Ταυτόχρονα, τα προϊόντα μπορούν να χρησιμοποιηθούν με πιο αποτελεσματικό τρόπο συμβάλλοντας στην ανακύκλωση των φυσικών πόρων, στη βέλτιστη αξιοποίηση των πόρων και στη βελτίωση της βιώσιμης παγκόσμιας οικονομικής ανάπτυξης (J. Z. Chen, 2009).

Η μετάβαση προς την κυκλική οικονομία είναι συνδεδεμένη με το διεθνές εμπόριο. Η ανάγκη για εμπόριο μεταχειρισμένων αγαθών, προϊόντων στο τέλος του κύκλου ζωής τους, δευτερογενών υλικών και απορριμμάτων έφερε την ανάγκη ενίσχυσης των εμπορικών σχέσεων μεταξύ των χωρών (Yamaguchi & Steenblik, 2018).

Η ενσωμάτωση της κυκλικής οικονομίας στις εξωτερικές πολιτικές συνάδει με την Ατζέντα 2030. Η ισορροπία μεταξύ οικονομικών, κοινωνικών και περιβαλλοντικών στόχων θα είναι απαραίτητη για την επίτευξη των στόχων της αειφόρου ανάπτυξης. Οι εξωτερικές πολιτικές πρέπει να καλύπτουν τομείς όπως η ανάπτυξη συνεργασίας, η διεθνής διπλωματία, η μετανάστευση και η ασφάλεια και διεθνείς εμπορικές συμφωνίες (Ashraf et al., 2020).

Οι εμπορικές συμφωνίες μπορούν να διαδραματίσουν σημαντικό ρόλο στην ταχεία πρόοδο σε μια πιο κυκλική οικονομία. Οι χώρες μπορούν να βελτιώσουν την περιβαλλοντική τους ατζέντα και να επιδείξουν ηγετικό ρόλο συνδέοντας τις εμπορικές συμφωνίες με τις περιβαλλοντικές πολιτικές τους (United Nations environment program, 2020).

Οι εμπορικές πολιτικές, καθώς το ελεύθερο εμπόριο κυκλικών προϊόντων, η μη διάκριση και η διαφάνεια μπορούν να βελτιώσουν τη μετάβαση σε μια πιο κυκλική οικονομία. Ταυτόχρονα, η εναρμόνιση των προτύπων, όπως η ποιότητα ή το υλικό περιεχόμενο θα διευκολύνει τη μετάβαση. Η εμφάνιση αυτών των συμφωνιών μπορεί να επεκτείνει την ευθύνη των παραγωγών, ενθαρρύνοντάς τους να υπογράψουν καλύτερη ποιότητα και πιο κυκλικά προϊόντα (Yamaguchi, 2020).

Ο Παγκόσμιος Οργανισμός Εμπορίου μπορεί να αποτελέσει ένα πραγματικά χρήσιμο εργαλείο προκειμένου οι χώρες να συνεργαστούν για να έχουν ένα πιο αποτελεσματικό εμπόριο. Μπορεί επίσης να δημιουργήσει συνέργειες μεταξύ διαφορετικών χωρών, να ενημερώσει τους διάφορους υπεύθυνους χάραξης πολιτικής για την κυκλική οικονομία και να συνεργαστεί με άλλους οργανισμούς για να συμβάλει σε ένα επιχειρηματικό μοντέλο κυκλικής οικονομίας (*How Can the International Trade Regime Support a Circular Transition after the Coronavirus Crisis?* - Sitra, n.d.).

Οι αναπτυσσόμενες χώρες πρέπει επίσης να ληφθούν υπόψη στο βιώσιμο εμπόριο. Απαιτείται συνεργασία μεταξύ όσο το δυνατόν περισσότερων εθνών για την αλλαγή της γραμμικής οικονομίας. Ταυτόχρονα, αυτές οι χώρες μπορούν να παρέχουν γνώση, καινοτομία και λύσεις για τη βελτίωση της μετάβασης (*How Can the International Trade Regime Support a Circular Transition after the Coronavirus Crisis?* - Sitra, n.d.).

2.8 Δυνατότητα ανάκτησης μετάλλων και αδρανών υλικών μετά την απόρριψή τους

Καθώς ο παγκόσμιος πληθυσμός και οι παγκόσμιες οικονομίες συνεχίζουν να αυξάνονται με όλο και πιο γρήγορους ρυθμούς, και λόγω των εξελίξεων στην επιστήμη και την τεχνολογία, η ζήτηση για κρίσιμα υλικά (π.χ. μέταλλα, σπάνιες γαίες) αυξάνεται ραγδαία (Das, 2010; Morf et al., 2013). Η εξόρυξη τέτοιων πολύτιμων μετάλλων δημιουργεί κινδύνους για τα οικοσυστήματα και την ανθρώπινη υγεία (Eisler, 2005). Οι συμβατικές εξορυκτικές δραστηριότητες μπορούν να οδηγήσουν στη ρύπανση των εδαφών, των υπόγειων και των επιφανειακών υδάτων (Li et al., 2014). Τέτοιες συνέπειες επιδεινώνονται περαιτέρω από τις τεράστιες ποσότητες αποβλήτων που παράγονται καθημερινά, κυρίως από κατασκευές και κατεδαφίσεις, βιομηχανικές και εμπορικές δραστηριότητες και οικιακά νοικοκυριά,

αφήνοντας μια κληρονομιά μη ανακυκλωμένων μετάλλων σε χώρους διάθεσης απορριμμάτων (Kisting & Van Wyk, n.d.).

2.8.1 Κυκλική Οικονομία για μέταλλα

Σε αντίθεση με άλλες πρώτες ύλες, όπως ορυκτά καύσιμα ή τρόφιμα, τα μέταλλα δεν καταναλώνονται. Δεδομένου ότι δεν χάνουν τις εγγενείς τους ιδιότητες κατά την ανακύκλωση, τα μέταλλα μπορούν να χρησιμοποιηθούν και να επαναχρησιμοποιηθούν πολλές φορές, διατηρώντας την ποιότητα και τη λειτουργικότητά τους. Υπό αυτήν την έννοια, τα μέταλλα είναι ένα υλικό με μόνιμα χαρακτηριστικά που μπορεί να χαρακτηριστεί ως μόνιμα διαθέσιμος πόρος, αρκεί να παραμένουν εντός των ορίων του πλανήτη και δεν διαχέονται σε περιβάλλοντα όπου η ανακύκλωσή τους δεν είναι εφικτή για τεχνικούς-οικονομικούς λόγους (Wellmer & Hagelüken, 2015). Τα μέταλλα είναι βασικά συστατικά σε βασικές βιώσιμες καινοτομίες, συμπεριλαμβανομένων των μεταφορών χαμηλών εκπομπών άνθρακα, των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας και των ψηφιακών επικοινωνιών.

Η ζήτηση για πρώτες ύλες θα αυξηθεί παράλληλα με την υψηλότερη διείσδυση αυτών των εφαρμογών στην αγορά, καθώς και τον αυξανόμενο παγκόσμιο πληθυσμό και τη μεσαία τάξη όπως αποδειχθεί στο Κεφάλαιο 1. Αυτό δημιούργησε δύο μεγάλες προκλήσεις στην Ε.Ε.: Εξασφάλιση οικονομικής και βιώσιμης πρόσβασης σε πρώτες ύλες και αύξηση της αποδοτικότητας των πόρων. Η ανακύκλωση παρέχει έναν εξαιρετικά αποτελεσματικό τρόπο επανεισαγωγής πολύτιμων υλικών πίσω στην οικονομία και, με αυτόν τον τρόπο, αντιμετωπίζονται οι βασικές στρατηγικές προκλήσεις, μειώνονται παράλληλα οι περιβαλλοντικές επιπτώσεις και η ενεργειακή ένταση της προσφοράς υλικών.

Η ανακύκλωση μετάλλων έχει σημαντικά οφέλη, όπως συνοψίζονται παρακάτω (Hagelüken, 2013):

- Αντικατάσταση πρωτογενών πρώτων υλών. Η Ευρώπη παράγει μόνο περίπου το 3% των πρωτογενών πρώτων υλών που χρειάζεται για την παραγωγή μετάλλων, ενώ το αστικό ορυχείο της Ευρώπης προσφέρει μεγάλη δυνατότητα ανακύκλωσης περισσότερων, ιδίως τεχνολογίας και κρίσιμων μετάλλων.
- Μείωση των περιβαλλοντικών επιπτώσεων και των επιπτώσεων του CO₂ στην παραγωγή δευτερογενών πρώτων υλών σε σύγκριση με το πρωτογενές υλικό.

Η ανακύκλωση εξοικονομεί έως και 20 φορές την ενέργεια που απαιτείται για την παραγωγή μετάλλων και μειώνει τις επιπτώσεις στο νερό, τον αέρα, το έδαφος και τη βιόσφαιρα.

- Μείωση της εξάρτησης από εισαγόμενα υλικά και εξασφαλισμένη προσφορά πολύτιμων υλικών, μερικά από τα οποία είναι κρίσιμα υλικά (μέταλλα που είναι σημαντικά για την οικονομία της Ε.Ε. και παρουσιάζουν κίνδυνο εφοδιασμού).
- Αποφυγή της υγειονομικής ταφής και αποτέφρωση μετάλλων, η οποία δεν είναι μόνο απώλεια πολύτιμων πρώτων υλών, αλλά επίσης δημιουργεί επιπτώσεις στο περιβάλλον.
- Υποστήριξη οικονομικών δραστηριοτήτων στην Ευρώπη στα διάφορα στάδια της αλυσίδας αξίας ανακύκλωσης μετάλλων (συλλογή, προεπεξεργασία και τελική επεξεργασία) και σε μεταγενέστερες βιομηχανίες χάρη στην ασφάλεια του εφοδιασμού.

Ωστόσο, η αυξανόμενη ζήτηση για μέταλλα δεν μπορεί να καλυφθεί μόνο με την ανακύκλωση. Η πρωτογενής (εξόρυξη) και η δευτερεύουσα (ανακύκλωση) προμήθεια θα παραμείνουν συμπληρωματικές στο μέλλον. Λόγω της μόνιμης φύσης των μετάλλων και της μεγάλης διάρκειας ζωής ορισμένων μεταλλικών προϊόντων και υποδομών (που μπορούν να παραμείνουν σε αποθέματα για δεκάδες ή εκατοντάδες χρόνια), δημιουργήθηκε ένα σημαντικό ανθρωπογενές απόθεμα, δημιουργώντας ένα πιθανό μελλοντικό αστικό ορυχείο. Η υιοθέτηση της στρατηγικής της κυκλικής οικονομίας σημαίνει ότι στο τέλος της ζωής αυτών των προϊόντων - όποτε και όπου θα γίνει αυτό - πρέπει να ανακυκλωθούν σωστά και αποτελεσματικά. Συνήθως, καταναλωτικά αγαθά, όπως ηλεκτρικές και ηλεκτρονικές εφαρμογές, και επαναφορτιζόμενες μπαταρίες έχουν σχετικά σύντομους κύκλους ζωής. Περιέχουν επίσης πολλά πολύτιμα και κρίσιμα μέταλλα (Hagelüken, 2013).

Σήμερα, υπάρχουν προηγμένες τεχνολογίες μεταλλουργικής ανακύκλωσης για τέτοια πολύπλοκα προϊόντα, επομένως τεχνικά η κυκλικότητα μπορεί να επιτευχθεί για μεγάλο αριθμό μετάλλων τους. Η πρακτική κυκλικής οικονομίας μπορεί να διαδραματίσει σημαντικό ρόλο για την υποστήριξη της ποιότητας της κυκλικής διαχείρισης (Hagelüken, 2013).

2.9 Ανακυκλωμένες ηλεκτρικές συσκευές στην Ε.Ε.

Τα ηλεκτρικά και ηλεκτρονικά προϊόντα ήταν ένας από τους κύριους τομείς στη συζήτηση της βιωσιμότητας των πόρων, κυρίως λόγω α) της αυξανόμενης ζήτησής τους, β) της χρήσης κρίσιμων πόρων και γ) προκλήσεων για τη σωστή διαχείριση του τέλους ζωής (End-of-Life - EoL) για ηλεκτρονικά προϊόντα (γνωστά ως e-waste) (Habib et al., 2015). Τα ηλεκτρονικά απόβλητα είναι μια ταχέως αναπτυσσόμενη ροή αποβλήτων παγκοσμίως, η οποία με την τρέχουσα τάση, αναμένεται να διπλασιαστεί έως το 2045 (Parajuly et al., 2019). Τα ηλεκτρονικά απόβλητα είναι επίσης ένα μείγμα πολύτιμων πόρων και τοξικών ουσιών που απαιτούν προσεκτικό χειρισμό. Τα ηλεκτρονικά προϊόντα έχουν εξελιχθεί για να γίνουν περίπλοκα και πανταχού παρόντα στην καθημερινή ζωή, αλλά τα συστήματα συλλογής και διαχείρισης τους δεν κατάφεραν να διασφαλίσουν σε μεγάλο βαθμό τον σωστό χειρισμό τους (των ηλεκτρονικών αποβλήτων). Αυτό συνεπάγεται δυνητικούς κινδύνους απώλειας πόρων και αρνητικές επιπτώσεις στο περιβάλλον καθώς και στην ανθρώπινη υγεία (Wang et al., 2016).

Οι κυβερνήσεις και άλλοι παράγοντες έχουν αναλάβει δράσεις για την αντιμετώπιση του αυξανόμενου προβλήματος των ηλεκτρονικών αποβλήτων. Στην Ευρώπη, η Οδηγία για τα απόβλητα ηλεκτρικού και ηλεκτρονικού εξοπλισμού (ΑΗΗΕ) θέτει στόχους για τη συλλογή και την επακόλουθη επεξεργασία ηλεκτρονικών αποβλήτων για την ανάκτηση υλικού (Commission of the European Communities, 2003). Η Οδηγία εξουσιοδοτεί όλα τα κράτη μέλη της Ευρωπαϊκής Ένωσης να διευκολύνουν τη χωριστή συλλογή και ανάκτηση πόρων από τα ηλεκτρονικά απόβλητα. Το πιο σημαντικό, το σύστημα που βασίζεται στην αρχή της Διευρυμένης Ευθύνης του Παραγωγού (Extended Producer Responsibility - EPR) έχει καταστήσει τους παραγωγούς υπεύθυνους για τα ηλεκτρονικά προϊόντα τους με στόχο τη βελτίωση της ανακυκλωσιμότητας και την ενθάρρυνση της ενσωμάτωσης των πτυχών EoL κατά τη σχεδιασμό προϊόντων (Atasu, 2019). Για περισσότερο από δύο δεκαετίες, έννοιες όπως «σχεδιασμός για ανακύκλωση» κυκλοφορούν επίσης (Kriwet et al., 1995) και πιο πρόσφατα, η Ευρωπαϊκή Οδηγία Οικολογικού Σχεδιασμού έχει αρχίσει να ορίζει απαιτήσεις σχεδιασμού για προϊόντα που σχετίζονται με την ενέργεια ώστε να περιλαμβάνουν όλα τα στάδια κύκλου ζωής προϊόντος, συμπεριλαμβανομένου του EoL προϊόντος (European Union, 2009).

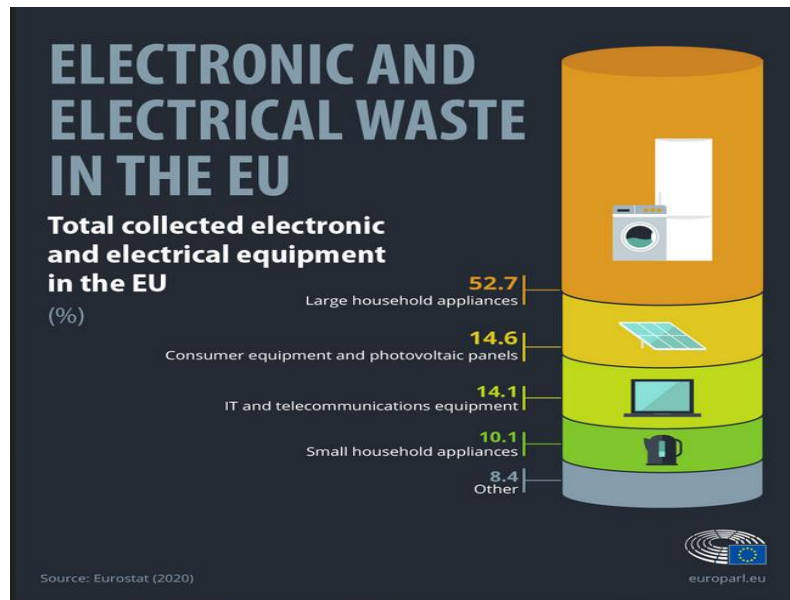
Ωστόσο, τα αποτελέσματα αυτών των συλλογικών προσπαθειών δεν ήταν ικανοποιητικά. Παρά την σχετικά καλά εδραιωμένη υποδομή διαχείρισης αποβλήτων,

οι ευρωπαϊκές χώρες συλλέγουν μόνο το ένα τρίτο περίπου των παραγόμενων ηλεκτρονικών αποβλήτων στο πλαίσιο των επίσημων συστημάτων συλλογής με σημαντικές ποσότητες να πηγαίνουν σε μη συμμορφούμενα κανάλια διαχείρισης αποβλήτων (Balde et al., 2017). Όσον αφορά τα ίδια τα προϊόντα, υπάρχουν λίγα στοιχεία για το σχεδιασμό που υποστηρίζει την ανάκτηση πόρων EoL. Τα κλασικά ελαττώματα του σχεδιασμού εξακολουθούν να υπάρχουν ακόμη και σε μοντέρνα ηλεκτρονικά προϊόντα (Parajuly et al., 2016). Λόγω της σύνθετης σύνθεσης και του σχεδιασμού των υλικών τους, πολλά ηλεκτρονικά προϊόντα δεν είναι συμβατά με τις διαδικασίες ανακύκλωσης υλικών, με αποτέλεσμα απώλεια πόρων. Καθώς οι τεχνικές ανακύκλωσης προσπαθούν να ακολουθήσουν τον συνεχώς προηγμένο σχεδιασμό προϊόντων, το «Design-for-EoL» δεν ήταν η προτεραιότητα. Συνολικά, η έλλειψη προόδου είναι απογοητευτική - λαμβάνοντας υπόψη την ανάπτυξη πολιτικής και την τεχνολογική έρευνα που έχει πραγματοποιηθεί.

Τα τελευταία χρόνια, η έννοια της κυκλικής οικονομίας θεωρείται όλο και πιο σημαντική για την αντιμετώπιση του προβλήματος των ηλεκτρονικών αποβλήτων. Η κυκλική οικονομία στοχεύει στον «σχεδιασμό» των αποβλήτων μέσω της βελτιστοποίησης των κύκλων προϊόντων και υλικών διατηρώντας τα στην υψηλότερη χρησιμότητα και αξία τους (Ellen MacArthur Foundation, 2019) με τη βοήθεια καθαρότερων και ανανεώσιμων τεχνολογιών, καινοτόμων επιχειρηματικών μοντέλων και πολιτικών που τα υποστηρίζουν (Ghisellini et al., 2016). Μια τέτοια βελτιστοποίηση μπορεί να πραγματοποιείται μέσω καλύτερα σχεδιασμένων προϊόντων και επιχειρηματικών μοντέλων που επιτρέπουν α) επέκταση διάρκειας ζωής προϊόντος, β) επαναχρησιμοποίηση προϊόντων και εξαρτημάτων και γ) αποτελεσματική ανάκτηση υλικού από τα προϊόντα EoL. Κατ'αρχάς, το όραμα του συστήματος διαχείρισης ηλεκτρονικών αποβλήτων που βασίζεται στη Διευρυμένη Ευθύνη του Παραγωγού ήταν σύμφωνο με αυτό της κυκλικής οικονομίας, καθώς θεωρείται ότι κάνοντας τους παραγωγούς υπεύθυνους για τη συλλογή και επεξεργασία EoL, θα είχαν κίνητρα να αναδιοργανώσουν τα επιχειρηματικά μοντέλα σχεδιασμού των προϊόντων για τη μείωση του κόστους EoL τους. Ωστόσο, η εφαρμογή περιορίστηκε σε απλές διαδικασίες συλλογής και ανακύκλωσης υλικών με συλλογικά σχήματα που δεν προσφέρουν κίνητρα για μεμονωμένους φορείς να βελτιώσουν την ανάκτηση πόρων. Η προετοιμασία για επαναχρησιμοποίηση προϊόντων EoL, τα οποία θα εξοικονομήσουν την ενσωματωμένη ενέργεια και πολλές

κρίσιμες πρώτες ύλες που χάνονται κατά την ανακύκλωση, είναι σχεδόν ανύπαρκτη (Coughlan et al., 2018; Parajuly & Wenzel, 2017).

Σε μια κυκλική οικονομία, μεγαλύτερη εστίαση δίνεται στην κατανάλωση (ή χρήση) αντικειμένου, καθώς ο στόχος είναι να μεγιστοποιηθεί η χρησιμότητα και ως εκ τούτου η χρησιμότητα των πόρων (Ellen Macarthur Foundation, 2013).



Σχήμα 2.3: Απόβλητα ηλεκτρικού και ηλεκτρονικού εξοπλισμού (ΑΗΗΕ) στην Ε.Ε. και σύγκριση μεγαλύτερης συνεισφοράς ανάλογα με το είδος της συσκευής, (Guillot, 2021)

3. ΕΠΙΔΡΑΣΕΙΣ ΤΗΣ ΚΥΚΛΙΚΗΣ ΟΙΚΟΝΟΜΙΑΣ ΣΤΟΝ ΜΕΤΑΛΛΕΥΤΙΚΟ ΤΟΜΕΑ

Αναφορά έχει γίνει στα πλαίσια αυτής της εργασίας η συνεχώς αυξανόμενη ζήτηση πρώτων υλών για την κάλυψη των αναγκών της κοινωνίας, που προκύπτει λόγω της αύξησης που παρατηρείται στον παγκόσμιο πληθυσμό. Τα μέταλλα και τα ορυκτά καύσιμα έχουν αποτελέσει τους θεμέλιους λίθους στους οποίους ανέκαθεν στηριζόταν η οικονομία και με την προώθηση νέων στόχων βιώσιμης ανάπτυξης από τη μεριά των Ηνωμένων Εθνών (U.N.), ακόμη περισσότερες ποσότητες υλικών απαιτούνται για την κατασκευή τεχνολογιών φιλικών προς το περιβάλλον. Μερικά χαρακτηριστικά παραδείγματα αποτελούν τα μηχανήματα που απαιτούν χαμηλότερες ποσότητες άνθρακα για την επίτευξη των ίδιων αποτελεσμάτων (παραγόμενης ενέργειας) και τα υβριδικά αυτοκίνητα που αξιοποιούν φυσικό αέριο ή ακόμη και ηλεκτρική ενέργεια. Στην περίπτωση της παραγωγής αιολικής ενέργειας, στην οποία στρέφεται όλο και περισσότερο η οικονομία, οι κατασκευές των μηχανισμών χρειάζονται συγκεκριμένα μέταλλα όπως το νεοδύμιο (Nd) και το δυσπρόσιο (Dy) για να λειτουργήσουν, αυξάνοντας με αυτόν τον τρόπο τη ζήτηση τους (Vidal-Legaz et al., 2018). Το πρόβλημα στην προσπάθεια εκπλήρωσης των παραπάνω αναγκών έγκειται στην ακάθεκτη μείωση των απαιτούμενων πρώτων υλών σε ποιότητα και ποσότητα που βρίσκονται διαθέσιμα στη φύση. Ενώ δυσμενέστερη γίνεται η κατάσταση με τα περισσότερα κοιτάσματα που βρίσκονται σχετικά κοντά στην επιφάνεια του εδάφους, να έχουν ήδη εξορυχτεί και χρησιμοποιηθεί (*TOWARDS CIRCULAR ECONOMY IN THE MINING INDUSTRY: Implications of Institutions on the Drivers and Barriers for Tailings Valorization*, 2019).

Λύση στο πρόβλημα δόθηκε με την ιδέα της ανακύκλωσης υλικών, η οποία όμως στην περίπτωση των μετάλλων δεν είναι εύκολα πραγματοποιήσιμη καθώς η παγκόσμια ζήτηση σε μέταλλα είναι εξαιρετικά μεγάλη και δεν είναι δυνατή η κάλυψη της από τα παρεχόμενα ανακυκλωμένα υλικά μόνο (Vidal-Legaz et al., 2018). Επιπλέον μειονέκτημα χρήσης αυτής της μεθόδου είναι η απώλεια ποσοστού των μετάλλων κατά τη διάρκεια της χρήσης των προϊόντων από τα οποία απαρτίζονται (Florin et al., 2015). Η ανακύκλωση υλικών έχει καθιερωθεί σε έναν βαθμό ως πολιτική των περισσότερων κρατών συμπεριλαμβανομένου και στον τομέα της εξόρυξης πρώτων υλών.

3.1 Γενικές οδηγίες για την κυκλικότητα στο μεταλλευτικό τομέα

Χρησιμοποιώντας τη πρακτική της κυκλικής οικονομίας ο απώτερος σκοπός της οποίας είναι η επίτευξη της πιο αποδοτικής μεθόδου διαχείρισης της παροχής, χρήσης, απόρριψης και ανακύκλωσης των περιορισμένων πρώτων υλών που απαιτούνται με όλο και αυξανόμενο ρυθμό, νέες μέθοδοι αντικατέστησαν τις παλαιότερες και προώθησαν την δημιουργία ενός σταθερού αυτοσυντήρητου συστήματος (Tayebi-Khorami et al., 2019).

Στην εξορυκτική βιομηχανία αυτό επιτεύχθηκε μέσω της λεπτομερούς μελέτης των οριοθετημένων κοιτασμάτων και της εύρεσης των πιο αποτελεσματικών και οικονομικών μεθόδων εξόρυξης του μεγαλύτερου ποσοστού από το χρήσιμο συστατικό. Παρομοίως η ελαχιστοποίηση παρουσίας τεμαχίων των πολύτιμων πετρωμάτων στα απορρίμματα που παράγονται κατά τις διεργασίες, έχει ως στόχο την εις βάθος χρόνου οικονομικότερη πρακτική για τις εταιρείες και τις κυβερνήσεις που έχουν αναλάβει τις εξορύξεις αυτές (Tayebi-Khorami et al., 2019).

Αναγνωρίζοντας ότι οι μέχρι πρότινος προσεγγίσεις της γραμμικής οικονομίας δεν θα μπορούν να ανταπεξέλθουν στις νέες απαιτήσεις, εναλλακτικοί τρόποι διαχείρισης των εργασιών επιλέχθηκαν, όπως η προτίμηση υπόγειων εξορύξεων ή καλύτεροι μέθοδοι διάθεσης των απορριμμάτων σε συνδυασμό με την ανακύκλωση και την επαναχρησιμοποίηση τους. Τα νέο σύστημα που προκύπτει είναι πλέον κλειστό μειώνοντας την ανάγκη εύρεσης και εκμετάλλευσης νέων κοιτασμάτων και στρέφεται προς τα απορρίμματα ως νέα πηγή χρήσιμων μετάλλων και άλλων υλικών. Επομένως και για τον τομέα της μεταλλευτικής όπως και των εταιρειών (κυβερνητικών ή ιδιωτικών) παραγωγής προϊόντων απαραίτητη καθορίστηκε η συμμόρφωση με την πολιτική «μειώνω, επαναχρησιμοποιώ, ανακυκλώνω» όσον αφορά στην διαχείριση των απορριμμάτων. Η πρακτική αυτή περιλαμβάνει τις εξής οδηγίες στα πλαίσια των εξορυκτικών έργων:

- Επαναχρησιμοποίηση νερών και στερεών υλικών με βάση τα νέα κυκλικά πρότυπα.
- Αποδοτικότερη αξιοποίηση των απορριμμάτων και των παραπροϊόντων που προκύπτουν κατά την εξόρυξη.
- Συμμετοχή στην κατασκευή προϊόντων εύκολων προς επισκευή.

- Τροποποίηση προϊόντων με στόχο την εύκολη αναγνώριση των κραμάτων μετά το τέλος της χρήσης τους για την πιο ομαλή ανακύκλωση και επαναχρησιμοποίηση τους.

Ενώ πιο γενικές οδηγίες στα πλαίσια της κυκλικής οικονομίας για τις εκμεταλλεύσεις είναι:

- Περιορισμός χρήσης των πρώτων υλών με στόχο την ισορρόπηση της ζήτησης και της παροχής.
- Αύξηση της ανάκτησης χρήσιμων υλικών κατά την εξόρυξη και την επεξεργασία των ορυκτών.
- Περιορισμός της δημιουργίας απορριμμάτων είτε σε στερεή (tailings), υγρή (τεμάχια άχρηστου υλικού διαλυμένα σε νερά) ή αέρια (εκπομπές).
- Ανάπτυξη μεθόδων προσέγγισης φτωχών πετρωμάτων.
- Διαμόρφωση των μελλοντικών εφαρμογών ενός υλικού (ορυκτού ή μετάλλου) με στόχο την πλήρη αξιοποίηση της χρησιμότητας του (Tayebi-Khorami et al., 2019).

Για την μείωση των παραγόμενων μεταλλευτικών απορριμμάτων και των επιπτώσεων που προκαλούν, όταν δημιουργούνται κατά τη διάρκεια μιας εκμετάλλευσης, κάποιες μέθοδοι εμφανίζουν και οικονομικό ενδιαφέρον. Οι πιο συνηθισμένες τακτικές που χρησιμοποιούνται αφορούν την καθορισμένη από την αρχή του έργου διαδικασία διάθεσης των απορριμμάτων, οι οποίες θα περιλαμβάνουν τα στάδια της μεταλλευτικής έρευνας του εν προκειμένω κοιτάσματος, της επιλογής της καταλληλότερης μεθόδου εκμετάλλευσης μαζί με την μέθοδο διάθεσης των απορριμμάτων, την επαναεπεξεργασία, ανακύκλωση και επαναχρησιμοποίηση τους. Τέλος ακολουθεί η αναδόμηση του γύρω περιβάλλοντος στην πρωταρχική του κατάσταση (Edraki et al., 2014).

Μια πολύ αποτελεσματική μέθοδος με τα περισσότερα προτερήματα είτε περιβαλλοντικά είτε οικονομικά είναι η αξιοποίηση των απορριμμάτων προς την αποκατάσταση του εδάφους. Ο συνδυασμός των δύο διαδικασιών έχει ως αποτέλεσμα η ίδια η περιοχή μιας εκμετάλλευσης γίνεται διαθέσιμη για νέες οικονομικές δραστηριότητες χωρίς να υπάρχει κίνδυνος μόλυνσης. Γνωστό παράδειγμα της παραπάνω πρακτικής είναι αυτό της εταιρείας Kidston Renewable (ηλιακής και υδροηλεκτρικής) Energy Hub στην Νορθ Κουϊνσλαντ (North Queensland) της

Αυστραλίας όπου στο παλαιό ορυχείο χρυσού της Kidston, δύο ανοιχτοί χώροι σε διαφορετικά υψόμετρα χρησιμοποιούνται για την παραγωγή και την αποθήκευση ηλιακής ενέργειας μέσω ηλιακών πάνελ (*KSI Project Details*, n.d.).

3.2 Αναθεώρηση της αντιμετώπισης μεταλλευτικών απορριμμάτων

Όντας ζωτικής σημασίας στην εξασφάλιση πρώτων υλών και επομένως της οικονομικής ανάπτυξης της κοινωνίας, η εξορυκτική βιομηχανία χρειάζεται να υιοθετήσει τις νέες πρακτικές κυκλικότητας σε όλους τους τομείς της. Αυτό περιλαμβάνει αλλαγές στην νομοθεσία και τις αναγκαίες υποδομές (Tayebi-Khorami et al., 2019) .

Όσον αφορά στον τομέα των μεταλλευτικών απορριμμάτων, οι ήδη χρησιμοποιούμενες μέθοδοι διαχείρισης τους είναι επαρκείς αλλά δεν προσφέρουν κάποιο ουσιαστικό όφελος προς την κοινωνία. Σημαντική αποτελεί πλέον η ελάττωση των περιβαλλοντικών επιπτώσεων και των κινδύνων προς την ανθρώπινη υγεία των απορριμμάτων μέσω πειθαρχικών και ολοκληρωμένων προσεγγίσεων στην αξιοποίηση τους (Tayebi-Khorami et al., 2019).

Η επίτευξη αυτών των στόχων είναι σχετικά δύσκολη, αφού παλαιότερες αντίθετες πολιτικές και κοινωνική αποστροφή προς τα προϊόντα κατασκευασμένα από υλικά των απορριμμάτων αποτελούν εμπόδια. Οι μεταβολές που θα επηρεάσουν θετικά την διαδικασία πρέπει να πραγματοποιηθούν στους νομικούς, οικονομικούς, γεωπεριβαλλοντικούς, μεταλλουργικούς και τομείς μηχανικής. Ακολουθώντας την νέα στρατηγική, οι διεργασίες εξόρυξης, επεξεργασίας και κατασκευής θα αξιοποιούν στο μέγιστο όλες τις πρώτες ύλες, από την αρχή της εξόρυξης τους μέχρι και μετά το τέλος της ζωής τους, όπου ύστερα από επεξεργασία θα χρησιμοποιούνται ξανά σε νέες κατασκευαστικές διαδικασίες. Επίσης καλή τακτική είναι η χρήση πρώτων υλών με γρήγορο ρυθμό αναπλήρωσης και η δημιουργία ανθεκτικότητας στους κύκλους των πόρων (δηλαδή καλύτερη ανταπόκριση στις μεταβολές της παγκόσμιας προσφοράς και ζήτησης διαφόρων πόρων) (Tayebi-Khorami et al., 2019).

Η εφαρμογή των μεθόδων επαναχρησιμοποίησης υλικών απαιτεί εκτεταμένες γνώσεις πάνω στις εταιρείες που θα ενδιαφέρονται να αξιοποιήσουν τα μεταλλευτικά απορρίμματα προς την δημιουργία νέων προϊόντων καθώς και τον τρόπο

διοργάνωσης και συνεργασίας μεταξύ των κατασκευαστικών αυτών και εξορυκτικών εταιρειών έτσι ώστε τα νέα προϊόντα που θα παραχθούν να είναι κατάλληλα φτιαγμένα. Λόγω της ελλιπούς έρευνας πάνω στις αναγκαίες διαδικασίες επίτευξης του παραπάνω στόχου, η πρακτική δεν τίθεται σε λειτουργία σε αρκετά. Γι' αυτό το λόγο η λεπτομερής κατανόηση των επιδράσεων και της κοινωνικής αντίδρασης που θα έχουν τα νέα προϊόντα φτιαγμένα από ανακυκλωμένα υλικά είναι απαραίτητη (Tayebi-Khorami et al., 2019).

Σημαντική επίσης αποτελεί η ανάλυση των απορριμμάτων, που θα ανακυκλωθούν με στόχο την αξιοποίησή τους σε νέες διεργασίες, για επικίνδυνες και τοξικές επιπτώσεις προς την ανθρώπινη υγεία και το περιβάλλον. Όλες οι νέες οδηγίες θα φορούν την εξασφάλιση της πιο οικονομικά συμφέρουσας αξιοποίησης των απορριμμάτων και με τους λιγότερους κινδύνους, διαμορφώνοντας το καινούργιο σύστημα κυκλικότητας (Tayebi-Khorami et al., 2019).

Η αυξανόμενη ζήτηση για περιορισμένες πρώτες ύλες σε συνδυασμό με την προσέγγιση της κυκλικής οικονομίας έχουν την δυνατότητα εκτόξευσης την αξία των μεταλλευτικών απορριμμάτων, χάρις την επίλυση του θέματος της βιώσιμης ανάπτυξης που θα προσφέρει η εύκολη πρόσβαση σε ανεκμετάλλευτους και άχρηστους μέχρι τώρα σωρούς υλικών. Η ύπαρξη αρκετών πολύτιμων συστατικών στις πηγές αυτές των απορριμμάτων των εξορύξεων επηρεάζουν τον καθορισμό των αποδοτικότερων μεθόδων εκμετάλλευσής τους, με τα περισσότερα οφέλη για την κοινωνία και τη εξορυκτική βιομηχανία. Επιδιώκοντας τα καλύτερα αποτελέσματα όλο και πιο εξελιγμένες πρωτοποριακές διεργασίες στηριζόμενες σε αναλύσεις και δεδομένα από όλους τους συμπλεκόμενους τομείς (Tayebi-Khorami et al., 2019).

Η αλλαγές στη διαχείριση των απορριμμάτων για να στεφθούν με επιτυχία χρειάζεται να είναι σταδιακές και καλά οργανωμένες από κοινωνικής, περιβαλλοντικής, μεταλλουργικής, νομικής και οικονομικής απόψεως. Αυτό απαιτεί περισσότερη έρευνα και μελέτη για την εύρεση λύσεων σε τυχόν προβλήματα που μπορεί να προκύψουν. Ιδιαίτερα όσον αφορά τα έργα εξόρυξης, λεπτομέρειες πάνω στο είδος και τις ποσότητες των οικονομικά χρήσιμων ορυκτών που εξορύσσονται μαζί με αυτές που βρίσκονται στα απορρίμματα (Tayebi-Khorami et al., 2019) .

3.2.1 Τρόποι δημιουργίας μεταλλευτικών απορριμμάτων

Για να γίνει πιο κατανοητή η χρησιμότητα τους σημαντική είναι η επισήμανση του τρόπου δημιουργίας των μεταλλευτικών απορριμμάτων.

3.2.1.α Εξορυκτικά απόβλητα / Μεταλλευτικά στείρα (waste rock)

Σε ένα μεταλλείο η παραγωγή απορριμμάτων πραγματοποιείται και στα τρία στάδια της διεργασίας. Σε πρακτικό επίπεδο όταν λαμβάνει μέρος μια εξόρυξη, ποσότητες υπερκείμενων πετρωμάτων που θεωρούνται άχρηστα εξορύσσονται και στη συνέχεια αποτίθενται κοντά στο σημείο εξόρυξης σε σωρούς, όπου αναλόγως της περιεκτικότητας τους σε τοξικά στοιχεία και της επιρροής του ανέμου και του νερού, μπορεί να διασπαρθούν και να μολύνουν το περιβάλλον των γύρω περιοχών (*Chapter 4: Mining Waste*, n.d.).

Πιο συγκεκριμένα μεγάλες ποσότητες διαφορετικής χημικής σύστασης και μεγέθους πετρωμάτων που εξορύσσονται πριν και ταυτόχρονα με το χρήσιμο προς αξιοποίηση υλικό, μεταφέρονται μέσω φορτηγών και αποτίθενται σε εκτενείς χώρους όπου πιθανώς θα έρθουν σε επαφή με νερά. Αναπόφευκτη είναι η διαμόρφωση όξιων μεταλλοφόρων μειγμάτων που πιθανόν να διαρρεύσουν στο υπέδαφος. Συνήθως προκύπτουν κατά την οξείδωση θειικών ορυκτών και περιλαμβάνουν σίδηρο, θείο και βαρέα μέταλλα με αρκετά όξινο pH (Tayebi-Khorami et al., 2019).

Υπάρχουν περιπτώσεις όπου η παρουσία ανθρακικών και άλλων αλάτων αποτρέπει την δημιουργία όξινου περιβάλλοντος, διατηρώντας όμως την ίδια περίπου σύσταση. Οι επιπτώσεις προς τα οικοσυστήματα και κατ' επέκταση την ανθρώπινη υγεία μπορούν να είναι καταστροφικές. Για την αντιμετώπιση τους απαιτούνται ακριβά συστήματα καθαρισμού νερού και μακροχρόνια παρακολούθηση και αναδιαμόρφωση των πασχουσών περιοχών μέχρι να επανέλθουν στην πρότερη τους κατάσταση, πρακτικές που οι εταιρείες και η κυβέρνηση διστάζουν να χρηματοδοτήσουν (Tayebi-Khorami et al., 2019).

3.2.1.β Φράγματα τελμάτων (Tailings dams)

Στις αρχικές επεξεργασίες ενός κοιτάσματος, όπου το χρήσιμο συστατικό διαχωρίζεται, τεμάχια μικρού μεγέθους του στείρου υλικού που μένουν με τη μορφή σκόνης, η οποία στη συνέχεια αναμειγνύεται με νερό προς τη δημιουργία υλός και μεταφέρεται μέσω σωλήνων σε χώρους αποθήκευσης. Η χρήση ύδατος μπορεί να φανεί αναγκαία για την μείωση της οξείδωσης τους και τη γενική σταθεροποίηση

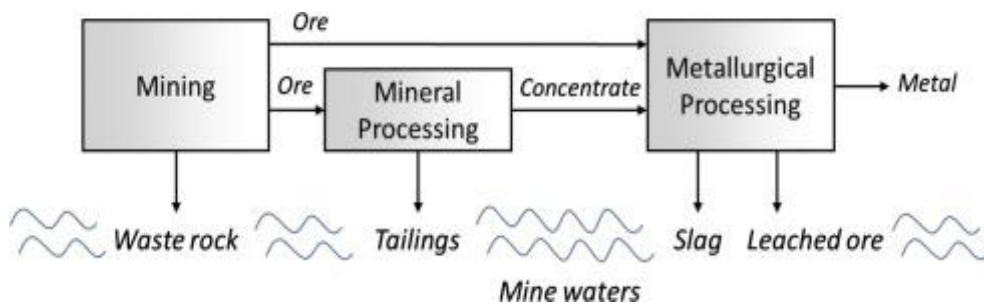
τους σε περιπτώσεις όπου είναι επικίνδυνα για το περιβάλλον (Geological Survey of Sweden).

Όντας παρόμοια σε σύσταση με τα στείρα πετρώματα που προκύπτουν κατά την εξόρυξη, υπάρχει ο ίδιος κίνδυνος δημιουργίας όξινης απορροής και μόλυνσης του περιβάλλοντος είτε στην υγρή μορφή της είτε από την διασπορά σκόνης του στεγνού υλικού (Tayebi-Khorami et al., 2019). Οι μέθοδοι αντιμετώπισης του προβλήματος συνιστούν συνήθως την απομάκρυνση των επικίνδυνων παραπροϊόντων πίσω από κατάλληλα φτιαγμένα φράγματα τα οποία αποτελούν εν τέλει αποθηκευτικοί χώροι όπως αναφέρθηκε στην προηγούμενη παράγραφο. Η χρήση τους όμως δεν είναι εντελώς ασφαλής καθώς ένα ποσοστό των δομών αυτών αποτυγχάνει να κρατήσει τα περιεχόμενα από το να διαρρεύσουν στο γύρω περιβάλλον. Κάθε χρόνο για τα τελευταία τριάντα χρόνια έχουν καταγραφεί παραπάνω από μια αποτυχία ασφάλισης των υλικών με σταδιακή αύξηση των επεισοδίων στα πιο πρόσφατα χρόνια. Περιβαλλοντικές και κατασκευαστικές καταστροφές σε συνδυασμό με οικονομικές απώλειες και στη χειρότερη περίπτωση θάνατοι αποτέλεσαν συνέπειες των παραπάνω περιστατικών (Davies, 2002).

3.2.1.γ Απορρίματα από μεταλλουργικές διεργασίες

Ακόμη και κατά τις μεταλλουργικές διεργασίες, μικρό ποσοστό του χρήσιμου υλικού θα μείνει στους εκχυλισμένους σωρούς του απορρίμματος στη περίπτωση χρήσης υδρομεταλλουργικών μεθόδων ή στο στερεό απόρριμμα που προκύπτει μετά από τη χρήση μεθόδου πυρομεταλλουργίας (π.χ. φρήξη). Εάν δεν έχουν πραγματοποιηθεί κατάλληλες προετοιμασίες για την προστασία του εδάφους τα μείγματα θα διαρρεύσουν προκαλώντας παρόμοιες επιπτώσεις με τα άλλα δύο είδη απορριμμάτων.

Πληθώρα παραγόντων (ορυκτολογικών, τεχνολογικών, οικονομικών) συμβάλλουν στον καθορισμό του χρήσιμου από το άχρηστο ορυκτό, επηρεάζοντας ταυτόχρονα την χημική σύσταση των εναπομενοντων σωρών θρυμματισμένων πτερωμάτων. Όντας δύσκολος, ο διαχωρισμός των πολύπλοκων ορυκτών, επηρεάζει περαιτέρω την παραπάνω επιλογή, οδηγώντας μερικές φορές στην απομάκρυνση τεμαχίων χρήσιμου ορυκτού αφού δεν είναι αρκετά υψηλή συγκέντρωση. Επομένως η εκμετάλλευση των απορριμμάτων με στόχο την ανακύκλωση τους τουλάχιστον, θα στηρίζεται σε μεταβλητούς παράγοντες με βάση των οποίων οι διαδικασίες θα πρέπει να προσαρμόζονται (Lébre & Corder, 2015).



Σχήμα 3.1: Πηγές μεταλλοφόρων απορριμμάτων, (Lèbre et al., 2017)

3.2.2 Τρόποι κατηγοριοποίησης μεταλλευτικών απορριμμάτων

Είναι εμφανές πως κάθε χρόνο οι ποσότητες των παραγόμενων μεταλλευτικών απορριμμάτων σε ολόκληρο τον κόσμο να αυξάνονται σημαντικά. Σύμφωνα με τα δεδομένα του πρότζεκτ Εξόρυξης Ορυκτών και Βιώσιμης Ανάπτυξης (Mining, Minerals, and Sustainable Development) στον κόσμο υπάρχουν πάνω από 3500 ενεργές εξορυκτικές εγκαταστάσεις, η κάθε μια από τις οποίες παράγει απορρίμματα. Συγκεκριμένα οι ποσότητες των απορριμμάτων που προκύπτουν από τις εξορύξεις και τις διεργασίες επεξεργασίας φτάνουν τους 100 δισεκατομμύρια τόνους τον χρόνο, με όγκο αρκετά μεγαλύτερο σε σχέση με αυτόν του χρήσιμου συστατικού (Tayebi-Khorami et al., 2019). Εφόσον η αύξηση στην ζήτηση και η φτώχη σε περιεκτικότητα χρήσιμου υλικού των πετρωμάτων θα ωθήσει με τη σειρά της την αύξηση στον αριθμό και το μέγεθος των εξορύξεων, τα απορρίμματα θα παρουσιάσουν την ίδια έκβαση (Chryss et al., 2012). Τα προβλήματα που δημιουργούνται χάρις σε αυτά, αφορούν όχι μόνο την επιλογή βραχυπρόθεσμα του χώρου απόθεσης τους αλλά και τις μεθόδους διαχείρισης τους σε βάθος χρόνου. Περαιτέρω η χημική τους σύσταση μπορεί να συμβάλει στην παραγωγή «όξινης απορροής» με σημαντικές επιπτώσεις προς το περιβάλλον (Adiansyah et al., 2015). Παρόμοια αποτελέσματα θα έχουν αέριας μορφής ρύποι όταν εκλυθούν κατά τη διάρκεια των διεργασιών. Χαρακτηριστικό παράδειγμα κακής διαχείρισης των τελμάτων αποτέλεσε η περίπτωση του ορυχείου Μπρουμαντίνχο στη Βραζιλία (Tayebi-Khorami et al., 2019).

Τα περιβαλλοντικά, οικονομικά και κοινωνικά προβλήματα που προκαλούν τα μεταλλευτικά απορρίμματα, υποδεικνύουν την ανάγκη για αναδιοργάνωση του ήδη υπάρχοντος πλάνου διαχείρισης τους. Νέες πολιτικές στηριζόμενες σε γνωστές

αξιόπιστες μεθόδους ανακύκλωσης των απορριμμάτων ή αποτροπής δημιουργίας τους και γενικής αναδόμησης των διαδικασιών (Tayebi-Khorami et al., 2019) .

Ο κύριος λόγος για τον οποίο η αξιοποίηση των μεταλλευτικών απορριμμάτων δεν είναι αρκετά διαδεδομένη είναι η οικονομική αξία των εξαγμένων ποσοτήτων του χρήσιμου συστατικού που είναι συνήθως χαμηλότερη σε σύγκριση με τα έξοδα που έγιναν για να πραγματοποιηθεί αυτή η εξόρυξη. Παρόλα αυτά ο διαχωρισμός του χρήσιμου και του άχρηστου υλικού δεν είναι πάντοτε τόσο ξεκάθαρος, καθώς οι συγκυρίες μπορεί να αλλάζουν, αναδιαμορφώνοντας την αξία τους (Lèbre et al., 2017).

Συγκεκριμένα με την πάροδο του χρόνου η έλλειψη πρόσβασης σε νέα κοιτάσματα με εύκολη προσπέλαση, σε συνδυασμό με την εξέλιξη των τεχνολογικών μεθόδων διαχωρισμού, του χρήσιμου από το στείρο, καθιστά τις άλλοτε κοστοβόρες διεργασίες εκμετάλλευσης των μεταλλευτικών απορριμμάτων πιο εύκολα αξιοποιήσιμες και άρα πιο ελκυστικές για τις εξορυκτικές εταιρείες (Lèbre et al., 2017).

Η χημική σύσταση και η ποσότητα των απορριμμάτων που προκύπτουν κατά τις εξορύξεις καθορίζονται εκ των πρότερων με βάση τις ερευνητικές μελέτες και δειγματοληψίες που έχουν γίνει στην αρχή. Όλες οι λεπτομέρειες από τα μεγέθη των κοιτασμάτων, τις μεθόδους εκμετάλλευσης, τα έξοδα του εξοπλισμού, της απαιτούμενης ενέργειας και του προσωπικού μέχρι την χρηματική αξία των εξορυσσόμενων πετρωμάτων καθορίζονται από πριν. Αρκετές φορές η επιλεγείσα μέθοδος εξόρυξης καθορίζει και το πιο υλικό θα θεωρείται ως το χρήσιμο ή ως το παραπροϊόν και πιο ως το απόρριμμα ανεξαρτήτως της πραγματικής αξίας τους. Επομένως σε περίπτωση όπου ένα χρήσιμο μέταλλευμα κατηγοριοποιηθεί κατά την εξόρυξη ως απόρριμμα λόγω της χαμηλής συγκέντρωσης του μέσα στο πέτρωμα, η οικονομική αξία του θα αποδείξει εάν η αξιοποίηση του μετά την διαδικασία είναι αναγκαία, ανεξαρτήτως της δυσκολίας της επιλεγμένης διεργασίας εμπλουτισμού. Ως αποτέλεσμα υπάρχουν περιπτώσεις όπου για να αποφευχθεί άσκοπη κατανάλωση χρημάτων, το απόρριμμα δεν χρησιμοποιείται και ποσοστό του πολύτιμου υλικού πετάγεται (Lèbre et al., 2017).

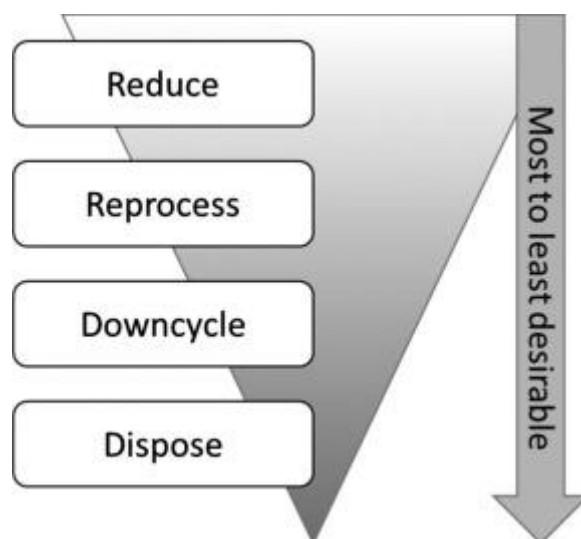
Τελικά σημαντικότερο ρόλο στον προσδιορισμό του χρήσιμου από το στείρο έχουν οι τιμές των εμπορευμάτων που αυξομειώνονται απρόβλεπτα και μπορούν να καθορίσουν την συνέχιση ή τη διακοπή μιας εξόρυξης, αφήνοντας μέρος του

κοιτάσματος που έχει ήδη εξορυχτεί αναξιοποίητο. Σύμφωνα με μετρήσεις που έκανε ο D. Laurence στο άρθρο του «Establishing a sustainable mining operation: an overview» το 2011, το ποσοστό των μεταλλείων που κλείνουν πριν την ολοκλήρωση του έργου φτάνει το 75%.

Εν κατακλείδι η μέθοδος καθορισμού του τρόπου αντιμετώπισης των διαφόρων πετρωμάτων που βρίσκονται αναμειγμένα σε μια περιοχή στηρίζεται σε πληθώρα παραγόντων, οι περισσότεροι των οποίων είναι οικονομικής φύσεως. Λόγω της πολυπλοκότητας των θεμάτων που χρειάζεται να επιλυθούν για να λειτουργήσει σωστά ένα μεταλλείο, τα προβλήματα αξιοποίησης των απορριμμάτων τοποθετούνται στο τέλος της λίστας και πραγματοποιούνται σε πολύ μικρό βαθμό μέχρι σήμερα.⁶

3.3 Αναλυτικές μέθοδοι κυκλικής οικονομίας στα μεταλλεία

Η γενική πρακτική που έχει αναφερθεί μέχρι τώρα στην εργασία για την διαχείριση των μεταλλευτικών απορριμμάτων και την ανάκτηση χρήσιμων ορυκτών περιλαμβάνει τις τρεις οδηγίες «μείωσης, επαναχρησιμοποίησης και ανακύκλωσης» (Lèbre et al., 2017). Πάνω σε αυτές τις αρχές θα στηρίζονται και οι πιο εξελιγμένες οδηγίες διαχείρισης των απορριμμάτων όπως παρουσιάζεται στην *Εικόνα 3.2* και θα αναπτυχθούν αναλυτικότερα παρακάτω.



Σχήμα 3.2: Ιεραρχική αποτύπωση των οδηγιών διαχείρισης μεταλλευτικών απορριμμάτων, (Lèbre et al., 2017)

Η πρακτική αυτή χρησιμοποιείται περισσότερο για την αξιοποίηση κατεστραμμένων προϊόντων που έχουν ήδη απορριφθεί και όχι τόσο για απορρίμματα μεταλλείων. Συνήθως προτιμότερη θεωρείται η επαναχρησιμοποίηση των αγαθών ύστερα από

επιδιόρθωση λόγω του χαμηλότερου κόστους που απαιτείται. Όντας η πιο πολυχρησιμοποιημένη πολιτική στην Ευρωπαϊκή Ένωση και την Αυστραλία, αποδεικνύει την αποδοτικότητα της (Lèbre et al., 2017) .

Πιο συγκεκριμένα στην αρχική πολιτική η έννοια «επαναχρησιμοποίησης» που αφορά τα μεταλλευτικά απορρίμματα αναφέρεται στην χρήση τους σε άλλες διεργασίες χωρίς να προηγηθεί κάποια επεξεργασία. Αντιθέτως η ανακύκλωση αφορά την ανάκτηση των χρήσιμων συστατικών που περιέχονται στα απορρίμματα ή ακόμη και την πλήρη χρήση τους με στόχο την αξιοποίηση τους σε νέες διεργασίες και προϊόντα. Παρ' όλο που θεωρείται λιγότερο κοστοβόρα η διαδικασία της επαναχρησιμοποίησης είτε από ενεργειακής είτε υλικής άποψης, αγνοεί την σημασία μερικών πολύτιμων ορυκτών για τα οποία η ανάκτηση θα ήταν πιο οικονομικά συμφέρουσα (Lèbre et al., 2017) .

Πιο πρόσφατα, η πολιτική αυτή βιώσιμης ανάπτυξης έχει ενσωματωθεί στο νέο πλάνο Αποφυγής δημιουργίας Απορριμμάτων και Ανάκτησης Υλικών (Waste Avoidance and Resource Recovery Strategy) από την Αρχή Προστασίας του Περιβάλλοντος (Environment Protection Authority) στην περιοχή New South Wales της Αυστραλίας (Maqsood et al., 2020). Το πρόβλημα με την λειτουργία του παραπάνω πλάνου βρίσκεται σε πρακτικό επίπεδο, όπου χρησιμοποιούνταν για διαφορετικά είδη απορριμμάτων και όχι για αυτά που προέκυπταν από τις μεταλλευτικές διεργασίες.

Σημαντικότερη, επομένως, αποτελεί η διευκρίνιση της σωστής και αποτελεσματικής διαχείρισης των μεταλλευτικών απορριμμάτων με την μετρίαση των περιβαλλοντικών επιπτώσεων και την ανάκτηση των χρήσιμων ορυκτών να αποτελούν προτεραιότητες. Αυτός ο στόχος αποτέλεσε το έναυσμα για τη δημιουργία πιο εξελιγμένων οδηγιών που θα μετατραπούν από την «ανακύκλωση» σε «επαναεπεξεργασία» εννοώντας την ανάκτηση περαιτέρω πρώτων υλών και από την «επαναχρησιμοποίηση» σε «αξιοποίηση απορριμμάτων για απλούστερες διεργασίες» διατηρώντας την ίδια σημασία χρησιμοποίησης ολόκληρων των απορριμμάτων για μια διαφορετική διεργασία, μετά από κάποια μικρή προεργασία (Lèbre et al., 2017).

Τελικά ένα ολοκληρωμένο πλάνο διαχείρισης απορριμμάτων μεταλλείων πρέπει να συμπεριλαμβάνει λύσεις και για την προβλήματα της κατανάλωσης νερών, ενέργειας,

χημικών ενώσεων για την αρχική επεξεργασία καθώς και την αποκατάσταση των εδαφών όπου πραγματοποιείται η εξόρυξη (Lèbre et al., 2017) .

3.3.1 Μείωση και αποτροπή δημιουργίας απορριμμάτων (Reduce and Prevent)

Πρωταρχική και σημαντικότερη οδηγία αποτελεί η μείωση των παραγόμενων απορριμμάτων είτε μέσω της μείωσης των πρώτων υλών που θα εξορυχτούν είτε την αποτροπή δημιουργίας των απορριμμάτων. Αποδοτικότερη αλλά και πιο δύσκολη στην επίτευξη της αποτελεί η αποτροπή της δημιουργίας τους από το αρχικό στάδιο. Εκτός από την δυσκολία αναδιοργάνωσης των εργασιών μιας εξόρυξης με την επιπλέον αυτή παράμετρο δεν υπάρχει και οικονομικό κίνητρο που να παροτρύνει τις εξορυκτικές εταιρείες να τις ενσωματώσουν στις συνολικές διαδικασίες της εκμετάλλευσης (Lèbre et al., 2017).

Απαραίτητη αποτελεί η πλήρης διερεύνηση των μεθόδων μείωσης της παραγωγής των μεταλλευτικών απορριμμάτων. Διαφορετικές μέθοδοι έχουν διαφορετικά αποτελέσματα, μερικά εκ των οποίων μπορεί να μην είναι ωφέλιμα. Ταυτόχρονα με την μείωση στην παραγωγή των απορριμμάτων μειώνονται και οι ποσότητες χρήσιμων ορυκτών ή μετάλλων που τυχαίνει να έχουν παρασυρθεί σε αυτά. Παρόμοια λειτουργεί και για τοξικές ουσίες που μπορούν να προκαλέσουν μεγάλη ζημιά στο περιβάλλον. Κυρίως αφορά τα θειικά ορυκτά που συμβάλουν στην παραγωγή της όξινης απορροής μεταλλείων. Συμπερασματικά ο σημαντικότερος στόχος των μεθόδων αυτών πρέπει να αφορά την διατήρηση όσο περισσότερων οικονομικά ή περιβαλλοντικά ωφέλιμων μεταλλοφόρων ορυκτών εκτός των απορριμμάτων (Lèbre et al., 2017).

Οι μέθοδοι μείωσης των απορριμμάτων που μπορεί να χρησιμοποιηθούν σε μια εταιρεία παραγωγής αγαθών στηρίζονται κυρίως στην απλή αρχή μείωσης παρεχόμενων πρώτων υλών που είναι απαραίτητα για τη κατασκευή τους. Στην περίπτωση όμως των εκμεταλλεύσεων η πρακτική αυτή δεν προτιμάται λόγω της μείωσης στις ποσότητες των ορυκτών πόρων που θα εξορύσσονται. Επομένως εάν οι διαδικασίες πραγματοποιηθούν με προσοχή και αξιοποιώντας τις πιο αποδοτικές μεθόδους εκμετάλλευσης τότε θα μπορεί να ελαχιστοποιηθεί το ποσοστό των χρήσιμων ορυκτών που θα χανόταν στα απορρίμματα. Ως αποτέλεσμα οι ίδιες οι ποσότητες των απορριμμάτων θα μειώνονταν καθώς και δεν θα υπήρχε ανάγκη για

νέες περιβαλλοντικά καταστροφικές εξορύξεις έτσι ώστε να καλυφθεί η καθορισμένη ποσότητα χρήσιμου ορυκτού ή μετάλλου (Lèbre et al., 2017).

Πριν αρχίσει ακόμη η εξόρυξη, η κατηγοριοποίηση των εν προκειμένη περίπτωση πετρωμάτων αναλόγως της περιεκτικότητας τους σε οικονομικά χρήσιμο ορυκτά καθορίζει τις μεθόδους της εξόρυξης τα έξοδα και τα μηχανήματα που θα χρησιμοποιηθούν προκειμένου όσο το δυνατόν περισσότερες ποσότητες του να εξορυχτούν. Επειδή όταν τα πρότυπα αξιοποιήσιμης σε χρήσιμο υλικό περιεκτικότητας είναι υψηλά μειώνονται τα πετρώματα που αξίζει να εξορυχτούν, περιορίζεται ταυτόχρονα και ο χρόνος ζωής του μεταλλείου λόγω της έλλειψης κέρδους. Όπως παρουσιάζεται στο Σχήμα 3.3 με το γράμμα «α» απορρίπτοντας την εκμετάλλευση μόνο των «πλούσιων» σε χρήσιμα ορυκτά οι διεργασίες θα μπορούν να πραγματοποιηθούν εις βάθος χωρίς να αφήσουν τεμάχια χαμηλότερης περιεκτικότητας ως απορρίμματα ανεκμετάλλευτα (Laurence, 2011).

Μια διαφορετική μέθοδος μείωσης των απορριμμάτων σε ένα μεταλλείο αναφέρεται σε μια πρώτη διαδικασία διαχωρισμού των χρήσιμων από τα στείρα τεμάχια πετρώματος που εξορύσσονται όπως δείχνει το Σχήμα 3.3 με το γράμμα «β». Ξεχωρίζοντας στο αρχικό στάδιο της εξόρυξης τις εμφανείς διαφορές ανάμεσα στα δύο και απορρίπτοντας τα στείρα, δίνεται η δυνατότητα αποδοτικότερης διαχείρισης των πρώτων υλών, με τη λιγότερη κατανάλωση ενέργειας και νερού, καθώς και την μειωμένη ποσότητα των απορριμμάτων. Αυτό σημαίνει πως το κόστος για την ανάκτηση του πολύτιμου ορυκτού ή μετάλλου που έχει διαφύγει εκεί μαζί με τα περιβαλλοντικά προβλήματα που θα επέφερε θα μειωθούν επίσης (Norgate & Haque, 2013).

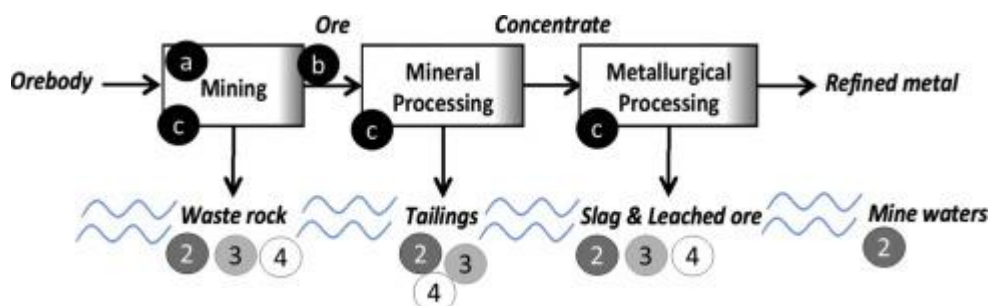
Μια τελευταία μέθοδος αποτροπής δημιουργίας απορριμμάτων αποτελεί η ανάκτηση των παραπροϊόντων που παρουσιάζεται με το γράμμα «c» στο Σχήμα 3.3. Η μέθοδος αυτή πραγματοποιείται στα στάδια της ορυκτολογικής και μεταλλουργικής επεξεργασίας και αφορά την εκλεκτική απομάκρυνση παραπροϊόντων όπως στην περίπτωση του μεταλλείου μολύβδου – ψευδαργύρου – αργύρου Broken Hill στην Αυστραλία όπου ανακτάται χαλκός σε περιεκτικότητες (~0,1% Cu) (Mudd, 2007). Παρόμοια διαδικασία έλαβε μέρος σε ένα άλλο μεταλλείο της Αυστραλίας επονομαζόμενο Olympic Dam. Χρησιμοποιώντας επίπλευση, εκχύλιση και κάποιες ακόμη μεθόδους ανακτήθηκε χαλκός και ουράνιο από τα «τέλματα επίπλευσης» πριν αυτά απομακρυνθούν. Ως επιπλέον προτέρημα από τη μείωση της ποσότητας των

απορριμμάτων, ανακτώνται και τα παραπροϊόντα χρυσού, αργύρου και ουρανίου (Lèbre et al., 2017) .

Σημαντικό αποτελεί και το θέμα της όξινης απορροής μεταλλείων στην οποία συμβάλλει η ύπαρξη πυρίτη (FeS_2) μέσα σε κάποια αποτιθέμενα απορρίμματα. Επομένως η απομάκρυνση του ως παραπροϊόν θα αποτρέψει τον κίνδυνο αυτό, όπως πραγματοποιήθηκε μέσω επίπλευσης στο ορυχείο της Magma Copper Company της Αμερικής. Οι ποσότητες μπορεί να μην ήταν αρκετές για να παραχθεί μεγάλο κέρδος αλλά σε συνδυασμό με τη μείωση του περιβαλλοντικού κινδύνου και του κόστους που θα είχε η επεξεργασία των αποβλήτων για την επίτευξη αυτού του στόχου (διαχωρισμού του επικίνδυνου για περιβάλλον πυριτικού ορυκτού από τα υπόλοιπα απορρίμματα), η μέθοδος άξιζε να υλοποιηθεί (Lèbre et al., 2017) .

Μέχρι πρόσφατα η απομάκρυνση των επικίνδυνων ενώσεων είχε μόνο ως στόχο την προστασία των εδαφών και οικοσυστημάτων από τον καταστροφή που θα προκαλούσε η οξείδωση τους μέσα στις μεγάλες ποσότητες απορριμμάτων που δημιουργούνται. Βασιζόμενοι στην ιδέα της κυκλικής οικονομίας προκύπτει η προοπτική της αξιοποίησης των ενώσεων αυτών σε άλλες διεργασίες.

Τελικά οι συνθήκες, η τεχνολογία που αλλάζουν συνεχώς αποτελούν τους βασικούς παράγοντες πάνω στους οποίους στηρίζεται η αποδοτικότερη διαχείριση των μεταλλευτικών απορριμμάτων. Επιλέγοντας τον καταλληλότερο συνδυασμό διεργασιών, παίρνοντας υπόψη τους περιορισμούς και τα προβλεπόμενα προβλήματα μπορεί να επιτευχθεί το καλύτερο αποτέλεσμα. Εάν ύστερα από όλες τις παραπάνω διαδικασίες παραμείνουν αρκετά απορρίμματα, χρειάζεται να εξετασθεί η επιλογή της επανεπεξεργασίας τους προς άλλους ωφέλιμους σκοπούς (Lèbre et al., 2017).



Σχήμα 3.3: Τοποθέτηση των δραστηριοτήτων διαχείρισης αποβλήτων στο πλαίσιο εξορυκτικών εργασιών, (Lèbre et al., 2017)

3.3.2 Επανεπεξεργασία απορριμμάτων μεταλλείων (Reprocess)

Μετά το τέλος των διεργασιών αποτροπής δημιουργίας μεταλλευτικών απορριμμάτων, εφόσον αυτές δεν είναι απόλυτα αποτελεσματικές, γίνεται λόγος για την αμέσως πιο αποδοτική μέθοδο επανεπεξεργασίας τους για νέες διαδικασίες παραγωγής αγαθών. Η πρακτική αυτή συμβάλει στην ανάκτηση ορυκτών πολύ χαμηλής περιεκτικότητας που έχουν παραμείνει σε αυτά, ενώ παράλληλα ελαχιστοποιεί τις καταστροφές που θα μπορούσαν να προκαλέσουν κάποια από τα πιο τοξικά στο περιβάλλον εάν έμεναν ως «άχρηστα». Το κύριο μειονέκτημα αυτών των διαδικασιών είναι η έλλειψη άμεσης ανταπόκρισης στις επιπτώσεις που δημιουργούν τα απορρίμματα. Άρα η χρήση χώρων, ενέργειας και υποδομών που απαιτούνται για την διάθεση των απορριμμάτων δεν γίνεται να αποφθεχθούν (Lèbre et al., 2017).

Πολλές τεχνολογίες με στόχο τον διαχωρισμό των διαφόρων ορυκτών έχουν κατασκευαστεί μέσα στις τελευταίες δεκαετίες, με πιο διαδεδομένη αυτή των βιοαντιδραστήρων (Sánchez-Andrea et al., 2014). Επίσης γνωστή μέθοδος είναι η άμεση ανάκτηση ορυκτών ή μεταλλικών ενώσεων από το ίδιο το απόρριμμα (Lèbre et al., 2017). Οι παράγοντες που ωθούν τις εταιρείες προς επεξεργασία των απορριμμάτων της ίδιας ή και άλλων εταιρειών ποικίλουν. Κυρίως έχουν σχέση με το οικονομικό κέρδος της ανάκτησης πρώτων υλών που λόγω της πρότερης χαμηλής τιμής τους στην αγορά χαρακτηρίζονταν ως στείρα και απορρίπτονταν. Παραδείγματος χάριν η εταιρεία Ergo στην Νότια Αφρική έχει επεξεργαστεί 890 εκατομμύρια τόνους τελμάτων για να παράγει 8,2 εκατομμύρια τόνους χρυσού και 5,5 εκατομμύρια τόνους ουρανίου μέσα στα 25 χρόνια λειτουργίας της. Όπως είναι εμφανές οι περιεκτικότητες στα δύο μέταλλα των απορριμμάτων ήταν αρκετές για να αποτελέσει οικονομικά ελκυστικότερη η ανάκτηση τους από εκεί παρά από νέες υπόγειες εξορύξεις (*ERGO TO BE REBORN / Miningreview.Com*, n.d.).

Παρόμοια κατάσταση υπήρξε στην εταιρεία εξορύξεων Ernest Henry Mining, στο Queensland της Αυστραλίας όπου τέλματα επεξεργάζονται για την παραγωγή μαγνητίτη (Fe_3O_4) στα εργοστάσια επεξεργασίας. Αποτελώντας το 20% σε περιεκτικότητα των τελμάτων, η απομάκρυνση του μαγνητίτη από αυτά θα μειώσει αρκετά τις ποσότητες τους και άρα όλες τις επιπτώσεις τους. Σύμφωνα με την αναφορά της Stuthers S. «Ένα ενσωματωμένο σύστημα για βάση ανακύκλωσης μεταλλικών τελμάτων εξορύξης» το 1997 στο Βασιλικό Ινστιτούτο Τεχνολογίας της Μελβούρνης στην Αυστραλία (Royal Melbourne Institute of Technology), η

ανακύκλωση των απορριμμάτων οποιαδήποτε μεταλλείου προς την ανάκτηση χρήσιμων πρώτων υλών αλλά και η χρήση τους για άλλες διαδικασίες (π.χ. συμπλήρωση φραγμάτων) είναι ελκυστικότερη για εταιρείες που έχουν ήδη προϋπάρχον λόγο για την επεξεργασία τους.

Άλλα παραδείγματα αξιοποίησης λιμναίων τελμάτων και εγκαταλελειμμένων σωρών απορριμμάτων μεταλλείων παρουσιάζονται στις Ηνωμένες Πολιτείες Αμερικής με την εταιρεία Magnetation που χρησιμοποιεί μαγνητικούς διαχωριστές για την ανάκτηση μεταλλικών ενώσεων σιδήρου (*About Us / Magnetation*, n.d.). Επιπλέον στον Καναδά η εταιρεία BioteQ μέσω πρόσθεσης ρητινών που προκαλούν επιλεκτική ανταλλαγή ιόντων για τον διαχωρισμό των μεταλλικών στοιχείων δημιουργούνται νέα «καθαρότερα» ρεύματα, στα οποία η πρόσθεση θειούχων αντιδραστηρίων καθιζάνει τα εναπομείναντα διαλυμένα μέταλλα, επαναφέροντας τα νερά αυτά στην πρότερη αμόλυνη μορφή τους (*Metals Removal & Recovery : BQE Water*, n.d.).

Τέλος στις περιπτώσεις ανάκτησης χρυσού μικρής κλίμακας η αναγκαία χρήση υδραργύρου για τον διαχωρισμό του χρυσού από άλλα μη χρήσιμα ορυκτά, έχει ως αποτέλεσμα την διάλυση του υδραργύρου στα παραγόμενα τέλματα, τα οποία είναι εξαιρετικά τοξικά για το περιβάλλον. Ακόμη και κατά τη διάρκεια της διαδικασίας διαχωρισμού του υδραργύρου από τον χρυσό μετά από την αμαλγάμωση τους, απαιτείται η αύξηση της θερμοκρασίας, με αποτέλεσμα ο υδράργυρος να εξατμίζεται στην ατμόσφαιρα όπου κινδυνεύει να εισπνευστεί από τους εργάτες. Για την ανάκτηση τουλάχιστον του χρυσού από τα τέλματα, αυτά επεξεργάζονται σε μεγάλους κάδους με διάλυμα κυανιούχου νατρίου με αποτέλεσμα την διάλυση του χρυσού. Στη συνέχεια στο διάλυμα προστίθεται ψευδάργυρος ο οποίος συμμετέχει στην ιζηματοποίηση του χρυσού και εύκολη πλέον ανάκτηση του. Από την άλλη μεριά ο υδράργυρος για να απομακρυνθεί από τις άμμους των τελμάτων μπορεί να χρησιμοποιηθεί τράπεζα διαλογής (Esdaile & Chalker, 2018).

Ένα τέτοιο εγχείρημα έχει αναλάβει η εταιρεία Comstock Mining της Νεβάδα με το πιλοτικό της έργο απομάκρυνσης υδραργύρου από το κοίτασμα Comstock Lode χρυσού και αργύρου το 2018. Το έργο περιελάμβανε την κατασκευή εργοστασίου ανάκτησης 15 εκατομμυρίων τόνων υδραργύρου από τα τέλματα της επεξεργασίας διαχωρισμού των ορυκτών από τον χρυσό.

3.3.3 Αξιοποίηση απορριμμάτων για απλούστερες διεργασίες (Downcycle)

Υπάρχουν περιπτώσεις όπου το απόρριμμα που προκύπτει κατά τη διάρκεια των διαδικασιών εκμετάλλευσης να είναι τόσο φτωχό σε πολύτιμα ορυκτά ή μέταλλα, ώστε να μην αξίζει οικονομικά να επεξεργαστεί εκ νέου. Επομένως τα πρόβλημα του κατελημμένου χώρου και των περιβαλλοντικών κινδύνων παραμένουν (Lèbre et al., 2017).

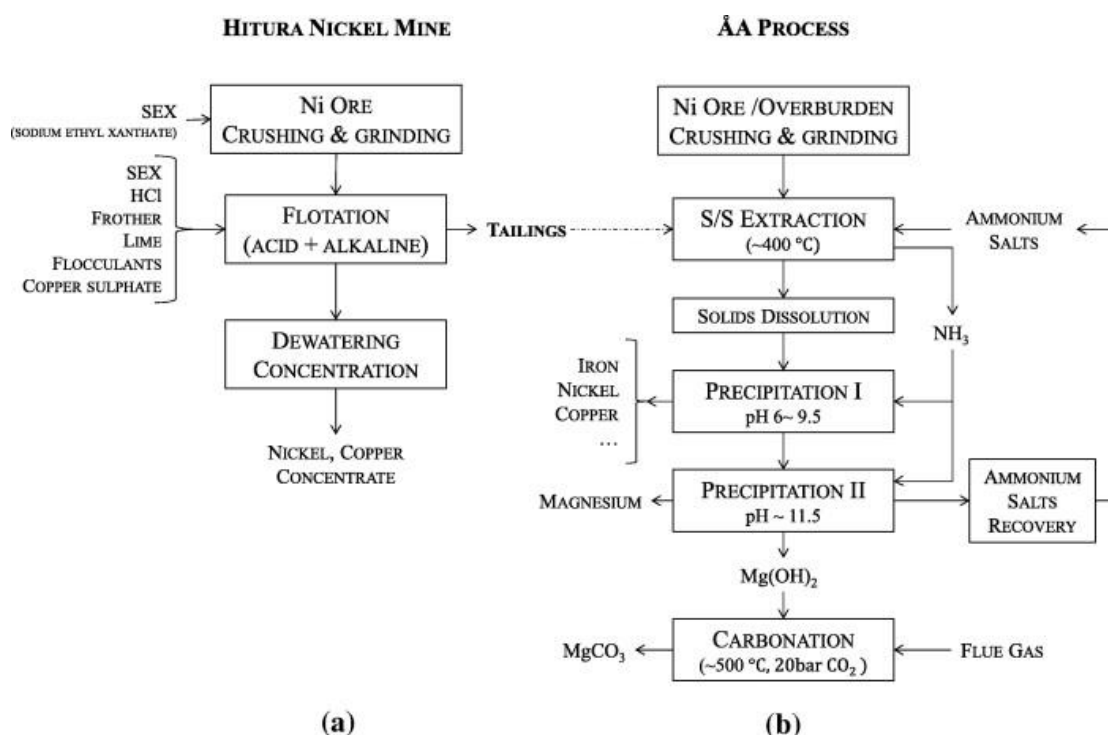
Λαμβάνοντας υπόψη τα παραπάνω θέματα, η λύση που προτάθηκε αφορά την χρήση των απορριμμάτων για πιο απλές και οικονομικά λιγότερο ελκυστικές διαδικασίες από την ανάκτηση. Τέτοιου είδους διαδικασίες θα έχουν το προτέρημα της διευκόλυνσης της διάθεσης των μικρότερων όγκων απορριμμάτων καθώς και του περιορισμού δημιουργίας μολύνσεων των εδαφών και των νερών των γύρω περιοχών. Ένα όμως μειονέκτημα προκύπτει με αυτή τη μέθοδο είναι ο μη αναστρέψιμος χαμός των οποιονδήποτε χρήσιμων ενώσεων που τυγχάνει να εμπεριέχουν τα απορρίμματα, το οποίο θεωρείται αρκετά σοβαρό έτσι ώστε η χρήση της να αποτελεί την έσχατη λύση (Lèbre et al., 2017).

Κύρια χρήση για τα στείρα απορρίμματα αποτελούν οι επιχώσεις, οι οποίες με την πάροδο του χρόνου εξελίσσονται από την απλή διαδικασία συμπλήρωσης των κενών σε πιο πολύπλοκες μορφές για να αποφεύγονται σφάλματα. Επίσης μπορεί να παρέχει στήριξη στις υπόγειες δομές ώστε να πραγματοποιείται η εξόρυξη με μεγαλύτερη άνεση και ασφάλεια. Συμπερασματικά η επίχωση προσφέρει αρκετά στην ανάκτηση των πετρωμάτων από το κοίτασμα κρατώντας το έδαφος σταθερό και περιορίζοντας τον χαμό των χρήσιμων ορυκτών και μετάλλων.

Είναι εμφανές παρά τα πολλά προτερήματα της μεθόδου, το κύριο πρόβλημα που δημιουργείται εξαιτίας του χημισμού των απορριμμάτων δεν εξαφανίζεται. Αντιθέτως ο κίνδυνος διάλυσης των ορυκτών ενώσεων, συγκεκριμένα θειούχων, σε υπόγεια νερά που μπορεί να έρθουν εύκολα σε επαφή με τα θαμμένα απορρίμματα, υπάρχει ακόμη. Ως αποτέλεσμα όξινα διαλύματα μπορεί να παραχθούν, μολύνοντας τον υδροφόρο ορίζοντα και τα εδάφη της περιοχής στην οποία έχουν τοποθετηθεί (Johnson, 2003). Γνωρίζοντας τους κινδύνους, η καλύτερη λύση στο πρόβλημα αποτελεί η αξιοποίηση κυρίως αδρανών υλικών για τις επιχώσεις (Lèbre et al., 2017).

Άλλες διαδικασίες για τις οποίες τα απορρίμματα έχουν την δυνατότητα να φανούν χρήσιμα, αξιοποιούν τον όγκο και την ποσότητα τους, ιδιαίτερα μέσα στο ίδιο το μεταλλείο. Μια από αυτές είναι η παραγωγή στεγανωτικών και υλικών αναχώματος που είναι απαραίτητα για την συγκράτηση σωρών από άλλα στείρα υλικά. Εξίσου χρήσιμη αποτελεί η δημιουργία κατασκευαστικών υλικών. Συγκεκριμένα οι αναμειγμένοι από ειδικούς μύλους πολτοί απορριμμάτων είναι εξαιρετικά χρήσιμοι για την παρασκευή τούβλων, υαλοβάμβακα και πετροβάμβακα, που αποτελούν απαραίτητα υλικά για την κατασκευή νέων υποδομών (Edraki et al., 2014).

Μια νέα τεχνική που έχει αρχίσει να χρησιμοποιεί τα μεταλλευτικά απορρίμματα είναι η δέσμευση άνθρακα από τις μεγάλες ποσότητες διοξειδίου του άνθρακα που έχουν απελευθερωθεί και θα συνεχίσουν στο μέλλον των μεγάλων βιομηχανιών. Η διαδικασία για να στεφθεί με επιτυχία απαιτεί μεγάλους σωρούς από μεταλλοφόρα απορρίμματα στα οποία θα διοχετευθούν ροές αέρα πλούσιες σε διοξείδιο του άνθρακα. Η ανθρακοποίηση των περιεχόμενων ορυκτών ή μετάλλων η οποία πραγματοποιείται κάτω από συγκεκριμένες συνθήκες, επιτρέπει την δέσμευση του άνθρακα και την εύκολη αποθήκευση του με τη μορφή μεταλλικών ενώσεων, αποφεύγοντας πολλά από τα προβλήματα που δημιουργεί στην προηγούμενη αέρια μορφή του. Πολύ γνωστή είναι η αξιοποίηση απορριμμάτων που περιέχουν υδροξείδιο του μαγνησίου ($Mg(OH)_2$) (Assima et al., 2014). Εκμεταλλευόμενοι την ήδη υπάρχουσα διαδικασία δέσμευσης του άνθρακα, για το νικελιούχο απόρριμμα του ορυχείου Finnish Hitura, το Φινλανδικό Πανεπιστήμιο Åbo Akademi αποφάσισε στην παράλληλη ανάκτηση μαγνησίου, σιδήρου, νικελίου και χαλκού από αυτά, όπως παρουσιάζεται στο Σχήμα 3.4 (Romão et al., 2013).



Σχήμα 3.4: (a) Απλοποιημένο σχέδιο για τον εμπλουτισμό μεταλλευμάτων Ni στην χώρα εξόρυξης Hitura. (b) Επεξεργασία μεταλλεύματος Ni μέσω διαδικασίας ΑΑ, (Romão et al., 2013)

3.3.4 Υπεύθυνη διάθεση απορριμμάτων (Disposal)

Όταν πλέον όλες οι προηγούμενες διεργασίες έχουν πραγματοποιηθεί πλήρως και οι οποιεσδήποτε περιεχόμενες ποσότητες χρήσιμων πρώτων υλών των απορριμμάτων έχουν ανακτηθεί ή φανεί χρήσιμες σε άλλους τομείς, τα εναπομείναντα υλικά αποτίθενται με όσο γίνεται περισσότερη ασφάλεια σε κατάλληλα σημεία. Η πιο αποδοτική μέθοδος διάθεσης των απορριμμάτων είναι ανεπιφύλακτα η αφαίρεση υγρασίας από αυτά σε περιπτώσεις που είναι σε υγρή μορφή. Με αυτόν τον τρόπο όχι μόνο εξοικονομείται νερό αλλά μειώνεται και ο όγκος τους. Ως συνέπεια αυτού αποκτούν πιο σταθερή μορφή που διαχειρίζεται ευκολότερα και με χαμηλότερο κόστος. Επειδή όμως ο κίνδυνος διαρροής των διαφόρων ενώσεων στο υπέδαφος και τον υδροφόρο ορίζοντα δεν εξαλείφεται εντελώς, θεωρείται ότι η ανάγκη μόνιμης και τελειωτικής διάθεσης των υλικών μπορεί να επιτευχθεί μόνο για τα αδρανή (Lèbre et al., 2017).

Συνήθως πραγματοποιούνται προσωρινές αποθέσεις των απορριμμάτων, ακόμη και στα ενδιάμεσα στάδια της εκμετάλλευσης όπου τα εξορυσσόμενα πετρώματα τοποθετούνται σε σωρούς ως προετοιμασία για την εκ νέου επεξεργασία τους. Η ίδια πρακτική ακολουθείται πριν από την αξιοποίηση τους σε άλλες διεργασίες, ιδιαίτερα σε περιπτώσεις όπου θα συμβάλουν στην στήριξη του μεταλλείου. Οι πιο απλές διαδικασίες στις οποίες μπορούν να βοηθήσουν τα απορρίμματα είναι αυτές της επίχωσης, αναχώματος και σφραγίσματος, που είναι απαραίτητες σε διάφορα σημεία κατά τη διάρκεια ζωής του μεταλλείου (Lèbre et al., 2017).

Ανάλογα με τις ανάγκες που παρουσιάζονται, χρειάζεται να αποφασιστεί το είδος της διάθεσης των άχρηστων υλικών, προσωρινής ή μόνιμης. Η διάκριση κρίνεται αναγκαία αφού οι μέθοδοι μόνιμης διάθεσης των απορριμμάτων περιλαμβάνουν την απομόνωση, την αραίωση, τον ολοκληρωτικό περιορισμό και την εξουδετέρωση των αντιδραστικών ενώσεων, μετά την ολοκλήρωση των οποίων είναι σχεδόν αδύνατη η οποιαδήποτε διαδικασία επαναεπεξεργασίας.

Κατά την απλή απόθεση των απορριμμάτων, ο τρόπος με τον οποίο τοποθετούνται εξαρτάται από είδος της επεξεργασίας θα δεχθούν στο επόμενο στάδιο. Κάποιες

φορές χρειάζεται να αποθεθούν ξεχωριστά με βάση τα μεγέθη των τεμαχίων τους ή τις περιεκτικότητες τους σε μέταλλα, ή την πηγή από την οποία έχουν προέλθει, το είδος των ορυκτών κ.ά.. Για να επιτευχθεί αυτή η διαδικασία χρειάζεται χρόνος, κατά τον οποίο τα απορρίμματα είναι τοποθετημένα ελεύθερα στο έδαφος, χωρίς κάποιο ισχυρό φράγμα μεταξύ τους και του εδάφους, με αποτέλεσμα την πιθανή δημιουργία όξινης απορροής. Η ύπαρξη αυτού του νέου προβλήματος απαιτεί διευθέτηση από τους ειδικούς, δεδομένου ότι ο χρόνος που παραμένουν εκτεθειμένα τα απορρίμματα είναι συνήθως αρκετός για να προκληθεί ζημιά στο γύρω υπέδαφος (Lèbre et al., 2017).

Εφόσον η αντιμετώπιση του προβλήματος μετά από την διαρροή θα ήταν οικονομικά ασύμφορη, ο μόνος τρόπος επίλυσης αποτελεί η από πριν διαμόρφωση του χώρου απόθεσης με συστήματα συλλογής των αποπλυμάτων. Ακόμη και στο τελευταίο στάδιο διαχείρισης των απορριμμάτων κρίνεται εύκαιρη η συλλογή χρήσιμων μεταλλικών ενώσεων ως πλάνο της κυκλικής οικονομίας (Lèbre et al., 2017). Διάφορες μέθοδοι εξουδετέρωσης των όξινων απορροών και απόσπαση των πολύτιμων μετάλλων, έχουν προταθεί, όπως η χημική ζηματοποίησης, η εκχύλιση με τη χρήση διαλύτη, αντίστροφη όσμωση κ.ά. (T. Chen et al., 2014).

Ακολουθώντας τις παραπάνω οδηγίες και τις διαφορετικές μεθόδους επίτευξης τους, δημιουργείται σταδιακά ένα νέο σταθερό και βιώσιμο πλάνο ανάκτησης, χρησιμοποίησης, ανακύκλωσης και επαναχρησιμοποίησης πρώτων υλών που πρεσβεύει η ιδέα της κυκλικής οικονομίας. Η πλήρης ενσωμάτωση και υιοθέτηση των μεθόδων αυτών δεν έχει πραγματοποιηθεί ακόμη, καθώς χρειάζονται να συλλεχθούν περισσότερα δεδομένα, να γίνουν μελέτες πάνω στα προτερήματα και τα μειονεκτήματα που δημιουργούνται αναλόγως των συνθηκών, σε συνδυασμό με τα κόστη και τα έσοδα που θα δημιουργούνται.

Στο πλαίσιο ενός μεταλλευτικού έργου, απαιτείται η συλλογή όσο το δυνατόν περισσότερων πληροφοριών για το ίδιο το έδαφος, τα κοιτάσματα που περιέχονται σε αυτό, τις ιδιότητες τους, έτσι ώστε να επιλεγεί η καταλληλότερη μέθοδος εκμετάλλευσης. Σημαντικότερη από όλα αποτελεί η οργάνωση όλων των διαδικασιών από τις αρχικές μεταλλευτικές έρευνες έως τις διεργασίες διάθεσης των απορριμμάτων και της προστασίας του περιβάλλοντος, με βάση όλες τις ανάγκες, τα εμπόδια και τις ευκαιρίες που απαιτεί η κυκλική οικονομία.

3.4 Καθοριστικοί παράγοντες στην ανάπτυξη της κυκλικής οικονομίας στον τομέα των εκμεταλλεύσεων

3.4.1 Ευκαιρίες και κινητήριοι μοχλοί στον τομέα της κυκλικής οικονομίας

Όπως έχει προαναφερθεί στα προηγούμενα κεφάλαια της παρούσας εργασίας τα προβλήματα και δεδομένες καταστάσεις που προκύπτουν κατά τη διάρκεια των εκμεταλλεύσεων, αποτελούν ευκαιρίες για αλλαγές και εξέλιξη των παλαιότερων και όχι τόσο αποδοτικών μεθόδων διαχείρισης των εξορυσσόμενων πρώτων υλών. Μέσω των νέων πρακτικών που προτείνει η κυκλική οικονομία ως λύση στα θέματα των ανεξέλεγκτων παραγωγών και εναποθέσεων αποβλήτων, δημιουργούνται καινούργιες δυνατότητες αξιοποίησης των προβλημάτων αυτών προς ωφέλιμων αποτελεσμάτων.

Ο σημαντικότερος στόχος του εμπλουτισμού των περιορισμένων αποθεμάτων διαφόρων πρώτων υλών έχει ήδη αρχίσει να γίνεται πραγματικότητα, χάρις τις καινοτόμες ιδέες αξιοποίησης των απορριμμάτων από βιομηχανίες και εξορυκτικές εταιρείες. Ενώ τα πρώτα βήματα έχουν γίνει, η ανάπτυξη των μεθόδων δεν παύει να είναι αναγκαία. Στην περίπτωση της ανάκτησης μετάλλων από τα τέλματα των εξορύξεων, οι ήδη σε λειτουργία τεχνολογίες έχουν μέχρι στιγμής χρησιμοποιηθεί για έναν περιορισμένο αριθμό στοιχείων, αγνοώντας άλλα σημαντικά υλικά για τα οποία μπορεί να μην υπάρχει κάποιος τρόπος αξιοποίησης. Αυτά τα εμπόδια ζητείται να προσπεράσει η επιστήμη με νέες τεχνολογικές εξελίξεις.

Πρώθηση από τη κοινωνία και ιδιαίτερα από ενδιαφερόμενα ιδρύματα, τα παγκόσμια δίκτυα ενημέρωσης και κρατικούς φορείς, έχει δοθεί στα πλαίσια της κυκλικής οικονομίας, με στόχο την ομαλή μετάβαση των βιομηχανιών παραγωγής και εξόρυξης. Συγκεκριμένα για τις εταιρείες που απασχολούνται σε αυτόν τον τομέα, η οικονομική ανάπτυξη που μπορεί να πυροδοτήσει η αλλαγή στον τρόπο διαχείρισης των πρώτων υλών είναι αρκετά ισχυρός παράγοντας προώθησής της. Οι διάφορες διαδικασίες επεξεργασίας των απορριμμάτων που έχουν αναλυθεί στο Κεφάλαιο 3 της εργασίας παρέχουν επιπλέον κέρδος στους παραγωγούς τους, το οποίο χρησιμοποιείται είτε για νέες επενδύσεις στα πλαίσια των εκμεταλλεύσεων ή για την κάλυψη των ίδιων των τεχνικών διαχείρισης των απορριμμάτων. Άλλες επενδύσεις μπορούν να γίνουν στους τομείς της παραγωγής ενέργειας, των υδατοκαλλιεργειών,

ακόμη και την αξιοποίηση των μεταλλευτικών χώρων ως αποθήκες κρασιού ή κάποιου άλλου είδους επιχείρησης τουρισμού. Συνοψίζοντας οι ίδιοι οι χώροι και τα περιεχόμενα κοιτάσματα τους, χρήσιμη και στείρα, αποτελούν ευκαιρίες για την ανάπτυξη ποικίλων ωφέλιμων για την κοινωνία ενεργειών.

Αναγνωρίζοντας όλα τα προβλήματα που μαστίζουν τις εξορυκτικές εταιρείες και κατ' επέκταση τις βιομηχανίες παραγωγής προϊόντων, της παγκόσμιας αύξησης της ζήτησης, της περιορισμένης ποσότητας νέων εξορυσσόμενων πρώτων υλών και της επίδρασης τους στην παγκόσμια οικονομία, οι επιστήμονες πιέζονται να δώσουν λύσεις. Με την ανάπτυξη της τεχνολογίας προτάθηκαν οι καινοτόμες ιδέες αξιοποίησης των μεταλλευτικών απορριμμάτων για τα οποία δεν υπήρχε οικονομικό όφελος σε παλαιότερα χρόνια. Η ανάπτυξη αυτή στις τεχνολογίες δημιουργεί νέους δρόμους και προοπτικές για αξιοποίηση και των μικρότερων συγκεντρώσεων σε οποιοδήποτε χρήσιμο ορυκτό ή μέταλλο, δίνοντας τους μεγαλύτερη αξία και διαμορφώνοντας με αυτόν τον τρόπο εκ νέου την αγορά και τη ζήτηση.

Οι εξελίξεις στον μεταλλευτικό τομέα πραγματοποιούνται σταδιακά και με προσοχή, έτσι ώστε οι βιομηχανίες να αποκομίζουν τα περισσότερα οφέλη, με τις λιγότερες επιπτώσεις. Λεπτομερείς μελέτες λαμβάνουν μέρος με στόχο την καταγραφή των εξόδων και των εσόδων που παρατηρούνται κατά τις διεργασίες επεξεργασίας των ροών απορριμμάτων. Σημαντικό ρόλο στην απόφαση μιας εξορυκτικής εταιρείας να επενδύσει σε μηχανήματα και τεχνικές αξιοποίησης των απορριμμάτων έχει ο χρόνος ζωής του μεταλλείου. Εάν η περίοδος λειτουργίας του είναι σχετικά μικρή (λιγότερη από 10 χρόνια) τότε η χρήση των παραπάνω μεθόδων δεν θεωρείται εφικτή, δεδομένου του χρόνου που απαιτούν οι υπόλοιπες διαδικασίες εύρεσης, προσεκτικής εξόρυξης και επεξεργασίας των κύριων κοιτασμάτων. Σε μερικές περιπτώσεις οι εταιρείες χρηματοδοτούν την αποθήκευση των απορριμμάτων για μελλοντική χρήση, όταν η αξιοποίησή τους θα είναι περισσότερο συμφέρουσα οικονομικά και τεχνολογικά.

Πολλές φορές η επεξεργασία των στείρων υλικών ενός μεταλλείου εξαρτάται από την δυσκολία εύρεσης και ανάκτησης του ίδιου ορυκτού ή μετάλλου από νέες εξορύξεις. Αν και η βάση της λογικής αυτής αποτελεί το οικονομικό κέρδος, η επιλογή ανάμεσα στα δύο στηρίζεται σε εξονυχιστικές έρευνες και στατιστικά δεδομένα που καθορίζουν τα ποσοστά επιτυχίας στα περιορισμένα διαθέσιμα χρονικά όρια. Επομένως τα αποτιθέμενα απορρίμματα ενός μεταλλείου για τα οποία έχει ήδη

πραγματοποιηθεί μελέτη και οι περισσότερες πληροφορίες για τα χαρακτηριστικά τους έχουν καταγραφεί, αποτελούν ιδανικότερος στόχος για επιπλέον επεξεργασίες.

3.4.2 Ανάγκη για την αποδοτικότερη ενσωμάτωση των τεχνικών κυκλικής οικονομίας

Οι αλλαγές στα πρωτόκολλα οργάνωσης και διαχείρισης των μεταλλευτικών έργων πραγματοποιούνται σταδιακά από τις εταιρείες με βάση τις δυνατότητες που προσφέρουν οι νέες τεχνολογίες. Η ανάπτυξη που έχει παρατηρηθεί στους μηχανισμούς επεξεργασίας των απορριμμάτων μέχρι στιγμής, δεν είναι πλέον αρκετή για τη διευθέτηση όλων των προβλημάτων που δημιουργούνται και την ολοκληρωτική ανάκτηση των χρήσιμων στοιχείων. Επομένως δημιουργείται η ανάγκη κατασκευής πιο εξελιγμένων και λεπτομερών τεχνολογιών, για την αποδοτικότερη αξιοποίηση των ροών απορριμμάτων.

Ο κύριος λόγος για το οποίο οι μεταβολές στον εξορυκτικό τομέα πραγματοποιούνται με πιο αργούς ρυθμούς είναι η έλλειψη οργάνωσης στις αλυσίδες αξίας που αναφέρονται στις διαδικασίες επαναεπεξεργασίας. Επειδή είναι μια εντελώς νέα πρακτική με αρκετές δυσκολίες και επιπλέον έξοδα να αποτελούν εμπόδια στην ομαλή επίτευξη της, πληθώρα εταιρειών αποφεύγουν να την υιοθετήσουν πλήρως και αναθέτουν την διεκπεραίωση της σε συνέταιρους τους. Η μειωμένη συνεισφορά μπορεί να αποδοθεί και στην έλλειψη επιχειρηματικότητας από μέρους των εταιρειών όπου νέες ιδέες διοργάνωσης των μεθόδων «ανακύκλωσης» θα μπορούσαν να παρέχουν οφέλη σε όλους τους συμμετέχοντες. Μεγαλύτερο αντίκτυπο στην λειτουργική ενσωμάτωση των πρακτικών κυκλικής οικονομίας έχει η εξέλιξη των τεχνολογικών μεθόδων, καθώς θα παρουσιάζει όλα τα προτερήματα και μειονεκτήματα που θα έχει η χρήση τους.

Σε πιο πρακτικό επίπεδο, για να εγκριθεί η επεξεργασία των απορριμμάτων από τους αρμόδιους, απαιτείται η συλλογή εκτεταμένων ποσοτήτων τους. Λόγω των περιορισμένων συγκεντρώσεων των χρήσιμων στοιχείων στους όγκους των απορριμμάτων, χρειάζεται να συγκεντρωθούν ακόμη περισσότερες ποσότητες έτσι ώστε να υπάρξει οικονομικό όφελος μεγαλύτερο από τα έξοδα που έγιναν για την πραγματοποίηση της διαδικασίας. Κάποιες ακόμη πληροφορίες που χρειάζεται να προσδιορισθούν με ακρίβεια όσον αφορά στα επόμενα στάδια της διαδικασίας, όπως ο προσδιορισμός των πρώτων υλών που θα αξιοποιηθούν και τις εταιρείες στις οποίες

η επεξεργασία τους θα αποβεί πιο αποδοτική. Σε αυτήν τη απόφαση παίζει ρόλο και ο χρόνος ζωής του μεταλλείου, καθώς επηρεάζει την συνέχιση της διαδικασίας από την ίδια την εξορυκτική εταιρεία ή την μεταβίβαση της σε κάποια άλλη μετά το τέλος της κλείσιμο του ορυχείου.

Το μεγαλύτερο πρόβλημα που απαραίτητα πρέπει να επιλυθεί είναι η έλλειψη καινοτομίας στον τομέα των τεχνολογιών. Χωρίς περισσότερες επενδύσεις οι επιστήμονες και ειδικοί έχουν επαναπαυτεί στις δυνατότητες των ήδη χρησιμοποιούμενων μηχανημάτων και τεχνικών και δεν διατηρούν τον ενθουσιασμό για καινοτομία και πρωτοπόρες ιδέες. Παρόμοια κατάσταση επικρατεί και στον ερευνητικό τομέα. Η στασιμότητα που έχει παρατηρηθεί στις έρευνες των μεγάλων εταιρειών και τα πανεπιστήμιων, είναι σημαντικό μειονέκτημα. Ως αποτέλεσμα οι βιομηχανίες δεν έχουν την δυνατότητα να ανταπεξέλθουν στις απαιτήσεις λεπτομερούς επεξεργασίας των μεταλλευτικών απορριμμάτων.

Παράλληλα η μείωση των απορριμμάτων που παράγονται, συμβάλλει στην αύξηση της σταθερότητας και της ευκολίας στη διαχείριση τους. Μια τέτοιου είδους αλλαγή θα ελαχιστοποιούσε τους κινδύνους στην ασφάλεια και το περιβάλλον ταυτόχρονα. Υπό οικονομικής άποψης, η φορολόγηση των απορριμμάτων που δημιουργούνται ανά συγκεκριμένη ποσότητα στήριξε την ανάπτυξη της κυκλικής οικονομίας και των προϊόντων της, αλλά χρειάζεται περαιτέρω οργάνωση αφού νομικά η κατηγοριοποίηση τους ως νέα πρώτη ύλη ή απόρριμμα είναι αμφιλεγόμενη.

3.4.3 Προβλήματα και εμπόδια στην ανάπτυξη της κυκλικής οικονομίας

Τα περισσότερα προβλήματα που αντιμετωπίζει η εξορυκτική βιομηχανία στην προσπάθεια υιοθέτησης των τεχνικών κυκλικότητας είναι τεχνολογικά και οικονομικά για τα οποία έχει γίνει λόγος και στο προηγούμενο κομμάτι του κεφαλαίου ως μέρος των αναγκών που χρειάζεται να εκπληρωθούν για την ανάπτυξη της πρακτικής αυτής. Αρκετά εμπόδια παρουσιάζονται λόγω της έλλειψης στήριξης από ιδρύματα και οργανισμούς που συνήθως διστάζουν να επενδύσουν στον τομέα λόγω των κινδύνων και της αβεβαιότητας κέρδους των διαδικασιών. Μεγαλύτερο πρόβλημα αποτελεί η πρόβλεψη πιθανής μόλυνσης του περιβάλλοντος από τις διάφορες διεργασίες που υπόκεινται τα απορρίμματα. Στη συνέχεια θα αναλυθούν περαιτέρω τα θέματα αυτά.

3.4.3.α Ο χρόνος λειτουργίας του μεταλλείου

Ανάλογα με τον χρόνο που καθορίζουν οι μεταλλευτικές εταιρείες να λειτουργήσει ένα μεταλλείο, επηρεάζει άμεσα και τον τρόπο διαχείρισης των δευτερευόντων ροών υλικών που προκύπτουν κατά την επεξεργασία των πετρωμάτων. Για τα παλαιότερα μεταλλεία, σημασία δίνεται περισσότερο στην ανάκτηση των κύριων ορυκτών, καθώς αξιοποίηση των υπόλοιπων πρώτων υλών που βρίσκονται στην ίδια εξόρυξη σε αυτό το τελικό στάδιο δεν επέφερε κανένα κέρδος. Αντίθετα σε ένα καινούργιο μεταλλευτικό έργο, όπου οι αποφάσεις για την οργάνωση των διαδικασιών και των μεθόδων που θα χρησιμοποιηθούν, βρίσκονται στο αρχικό στάδιο αλλαγές και υποδείξεις για την αξιοποίηση των απορριμμάτων και των παραπροϊόντων μπορούν να γίνουν με ευκολία, ύστερα από έρευνα της οικονομικής τους αξίας.

Εφόσον η διαχείριση των απορριμμάτων ενός μεταλλείου σημαίνει την οριστική απομόνωση τους σε κατάλληλους χώρους, χάνεται η δυνατότητα πρόσβασης σε αυτά. Όσον αφορά στους ίδιους τους χώρους της εξόρυξης, μετά τη λήξη του έργου μπορεί να χρησιμοποιούνται για άλλους σκοπούς.

3.4.3.β Περιβαλλοντικά εμπόδια

Πιθανότητες μόλυνσης των εδαφών υπάρχουν πάντα κατά την επεξεργασία των τελμάτων. Αποθέτοντας τα απορρίμματα εκτεθειμένα στο έδαφος έτοιμα ανά πάσα στιγμή για μετακινηθούν για τις διεργασίες ανακύκλωσης, ο κίνδυνος μόλυνσης από κάποια διαρροή στο υπέδαφος δεν είναι μικρός. Αντίστοιχα σε περιπτώσεις όπου τα απορρίμματα έχουν ήδη απομονωθεί σε υπόγειους χώρους μετά το τέλος του έργου και αποφασιστεί η ανασκαφή τους για την ανάκτηση των μικρών συγκεντρώσεων χρήσιμων ενώσεων, υπάρχει ο ίδιος κίνδυνος μόλυνσης. Οι πιθανές επιπτώσεις της διαχείρισης των υλικών αυτών προδιαθέτουν αρνητικά τις εταιρείες για την ενσωμάτωση των μεθόδων ανακύκλωσης.

3.4.3.γ Τεχνολογικά προβλήματα

Τα πρώτα βήματα στον δρόμο για την ενδυνάμωση της ιδέας της ανακύκλωσης υλικών έχουν γίνει χάρις στην τεχνολογική εξέλιξη των τελευταίων δεκαετιών. Το πρόβλημα του διαχωρισμού των αξιοποιήσιμων από τα στείρα ορυκτά πραγματοποιείται ικανοποιητικά ως έναν βαθμό. Οι απαιτήσεις για την αποδοτικότερη επεξεργασία των ροών υλικών έχουν αρχίσει να αυξάνονται με ταχείς ρυθμούς τις οποίες όμως δεν μπορούν να ικανοποιήσουν οι επιστήμονες πλέον λόγω

της έλλειψης τόσο εξειδικευμένων μηχανημάτων. Αρκετές έρευνες που πραγματοποιούνται στον τομέα δεν φέρουν αποτελέσματα, αφήνοντας πολλές ερωτήσεις αναπάντητες. Μέχρις στιγμής επειδή η επεξεργασία των τελμάτων απαραίτητα χρειάζεται να λάβει μέρος πριν την οριστικό ενταφιασμό, έχει ενσωματωθεί πλέον στην ήδη υπάρχουσα διαδικασία διάθεσης τους, για μεγαλύτερη ευκολία. Επειδή οι δυσκολίες χειρισμού των απορριμμάτων που θα ανακυκλωθούν είναι αρκετές λόγω των απλών μηχανισμών που έχουν κατασκευαστεί για αυτόν τον σκοπό, υπάρχει ανάγκη για περαιτέρω ανάπτυξη τους.

Ένα επιπλέον πρόβλημα που δημιουργεί η τεχνολογική εξέλιξη είναι η απότομη μεταβολή στη ζήτηση διαφόρων πρώτων υλών. Παραδείγματος χάριν στον τομέα παραγωγής ενέργειας νέες ιδέες και εφαρμογές παρουσιάζονται τα τελευταία χρόνια που απαιτούν για να υλοποιηθούν συγκεκριμένα μέταλλα σε μεγάλες ποσότητες. Το λίθιο (Li) είναι ένα από αυτά τα μέταλλα, λόγω των ειδικών ιδιοτήτων του, γεγονός που το καθιστά εξαιρετικά πολύτιμο σήμερα. Η αλλαγή που έχει προκαλέσει η αύξηση στη ζήτηση του συγκεκριμένου μετάλλου στην αγορά και τις εξορυκτικές εταιρείες είναι ραγδαία, καθώς από στείρο που θεωρείτο προηγουμένως σε άλλες εξορύξεις, τώρα για την ανάκτηση του θα έχει προτεραιότητα από όποιες πηγές θα είναι διαθέσιμες.

3.4.3.δ Αλυσίδα αξίας

Στην αρχή του υποκεφαλαίου έχει γίνει αναφορά στις ελλείψεις που παρατηρούνται στην οργάνωση των διαδικασιών αξιοποίησης των δευτερευόντων ροών υλικών των μεταλλείων. Για να πραγματοποιηθούν αποδοτικά οι διεργασίες απαιτείται προσεκτικός συντονισμός διαφορετικών τομέων και ρύθμιση μεταβλητών που επηρεάζουν το τελικό αποτέλεσμα. Πιο συγκεκριμένα εξαιτίας των περιορισμένων γνώσεων και της έλλειψης εμπειρίας στην καινούργια πρακτική ανακύκλωσης που εφαρμόζουν οι εταιρείες, το βάρος της διεκπεραίωσης των διαδικασιών της εναποτίθενται στην καλή συνεργασία και επικοινωνία των μελών.

Τα θέματα με τα οποία απασχολούνται οι επενδυτές αφορούν τον υπολογισμό των εσόδων και των εξόδων που χρειάζονται για την ολοκλήρωση των έργων. Επειδή οι κλάδοι που συνεργάζονται για την επίτευξη του στόχου είναι ποικίλοι με διαφορετικές ανάγκες και απαιτήσεις, δεν είναι δυνατός ο συντονισμός τους από έναν μόνο υπεύθυνο. Επομένως απαραίτητη θεωρείται η επικοινωνία και η συνεργασία

ανάμεσα στους ειδικούς κάθε τομέα, γεγονός που για να επιτευχθεί απαιτεί αρκετή προσπάθεια και διοργάνωση ανάμεσα στις μεγαλύτερες και μικρότερες εταιρείες.

Η έλλειψη γνώσεων δεν αποτελεί πρόβλημα μόνο στον συντονισμό των εργατών και των διεργασιών ενός μεταλλευτικού έργου. Με περιορισμένο αριθμό εμπειρών και καταρτισμένων μηχανικών να λαμβάνουν μέρος σε μια εξόρυξη, δεν μπορεί να δοθεί αρκετό βάρος στην ανάκτηση των μικρών συγκεντρώσεων χρήσιμων ορυκτών και μετάλλων που μπορεί να παρασύρθηκαν στις ροές των απορριμμάτων, έναντι των βασικών λειτουργικών δραστηριοτήτων και οργάνωσης του μεταλλείου.

3.4.3.ε Συμβολή Ιδρυμάτων

Αρκετές φορές εμπόδια παρουσιάζονται στους κανονισμούς και άδειες που απαιτούνται για την συνέχιση της επεξεργασίας των τελμάτων. Εφόσον οι νόμοι, οι περιβαλλοντικές άδειες και οι ίδιες οι διαδικασίες εξαρτώνται σε μεγάλο βαθμό από τα ιδρύματα και τις υπεύθυνες εταιρείες που επενδύουν στις εξορύξεις, θέματα σε διάφορα στάδια της αλυσίδας εμποδίζουν την ομαλή ολοκλήρωση του έργου. Κύριο πρόβλημα αποτελεί η πολυπλοκότητα και χρονοκαθυστέρηση που παρατηρείται στην απόκτηση των απαραίτητων εγγράφων καταγραφής των σωρών και των τελμάτων. Ακόμη και η καταχώρηση δεδομένων ενός χημικού αντιδραστηρίου επίπλευσης που θα χρησιμοποιηθεί, χρειάζεται μεγάλη προσπάθεια. Οι εκτενείς γραφειοκρατικές διαδικασίες από τις οποίες χρειάζεται να γίνουν για την κυριότητα των απορριμμάτων και τις μεθόδους εξουδετέρωσης τους, έχουν το μόνο πλεονέκτημα να ωθούν την εξέλιξη στην επίλυση προβλημάτων που θα προκύπτουν κατά την διάρκεια οποιουδήποτε έργου.

Μεγαλύτερη δυσκολία για την ανακύκλωση των πρώτων υλών αποτελεί η αδειοδότηση για τον χώρο όπου θα πραγματοποιηθούν οι διεργασίες επεξεργασίας των απορριμμάτων, σε παρόμοιο βαθμό με αυτήν της αρχικής εξασφάλισης του σημείου εξόρυξης. Γι' αυτό τον λόγο συνήθως προτιμάται να γίνονται εντός του χώρου της εξορυκτικής περιοχής.

3.4.3.στ Οικονομικά εμπόδια

Σημαντικότερος παράγοντας που καθορίζει εάν θα υλοποιηθεί ένα μεταλλευτικό έργο και οι υπόλοιπες διεργασίες παραγωγής και επεξεργασίας είναι ο οικονομικός. Αρκετές είναι οι περιπτώσεις όπου τα έσοδα από μια εκμετάλλευση δεν είναι αρκετά για να καλύψουν το κόστος όλου του έργου. Οι περιορισμένες συγκεντρώσεις σε

πολύτιμα ορυκτά και μέταλλα δεν καθιστά τα έξοδα για την ανάκτηση τους συμφέρουσα οικονομικά. Οι επενδύσεις σε μηχανήματα, υποδομές, προσωπικό, σε συνδυασμό με τις κατάλληλες περιβαλλοντικά φιλικές μεθόδους είναι πάντοτε υψηλές ως αντάλλαγμα για την πιο αποδοτική ανάκτηση με τις μεγαλύτερες ποσότητες. Για να υλοποιηθεί με επιτυχία ένα μεταλλευτικό έργο και με τις μέγιστες οικονομικές απολαβές απαραίτητη είναι η πρόβλεψη και δυνατότητα επίλυσης των προβλημάτων και των αναγκών που θα προκύψουν κατά τη διάρκεια και μετά το τέλος του έργου. Χωρίς την παροχή ισχυρού οικονομικού κινήτρου στις εξορυκτικές εταιρείες η ανάπτυξη της κυκλικής οικονομίας δεν θα ήταν δυνατή σήμερα, αλλά πολλές φορές η αξία των περιεχόμενων στα προς επεξεργασία απορρίμματα, χρήσιμων συστατικών δεν είναι αρκετή για να δικαιολογηθούν τα έξοδα απόκτησης τους. Ως αποτέλεσμα πολλά σώματα απορριμμάτων παραμένουν αναξιοποίητα, με τον επιπρόσθετο κίνδυνο της μόλυνσης των εδαφών και των υδροφόρων οριζόντων στα σημεία που έχουν εναποτεθεί.

Στην οικονομική αξία των διαφόρων ορυκτών και μεταλλικών ενώσεων παίζει καθοριστικό ρόλο η ζήτηση τους στην παγκόσμια αγορά. Ανάλογα με τις ανάγκες που δημιουργεί η τεχνολογική εξέλιξη, η εξασφάλιση των ζητούμενων ποσοτήτων μπορεί να ωθήσει την ανάπτυξη της κυκλικής οικονομίας, με την εξουσιοδότηση αξιοποίησης δευτερευόντων πρώτων υλών στα μεταλλεία. Το πρόβλημα έγκειται στις περιπτώσεις όπου η ζήτηση παραμένει χαμηλή, λόγω της εύκολης ανάκτησης τους από άλλες πηγές. Τα χαμηλά κέρδη από την πώληση των ποσοτήτων αυτών δεν θα καλύψουν τα έξοδα απόσπασής τους από τους σωρούς απορριμμάτων και λεκάνες τελμάτων όπου βρίσκονταν αναμειγμένα. Ειδικά εάν βρίσκονται σε απόμερες περιοχές όπου η μετακίνηση τους προς τους κατάλληλους χώρους επεξεργασίας θα ήταν εξαιρετικά κοστοβόρα. Γενικά επενδύσεις σε τέτοιου είδους πρακτικές έχουν την δυνατότητα να κάνουν μόνο οι μεγαλύτερες εξορυκτικές εταιρείες καθώς το μελλοντικό κέρδος δεν είναι βέβαιο. Η έλλειψη προκαθορισμένων αποτελεσμάτων στα οικονομικά θέματα των εταιρειών αποτελούν συχνά εμπόδιο στην εξέλιξη της κυκλικότητας σε όλες τις χώρες.

3.4.3.ζ Γνωσιακές ελλείψεις

Τελευταία αλλά εξίσου σημαντικά αποτελούν τα κενά στις γνώσεις που είναι απαραίτητες για την υλοποίηση των τεχνικών επεξεργασίας των μεταλλευτικών απορριμμάτων. Τα πιο απλά δεδομένα της χημικής σύστασης και περιεκτικότητας

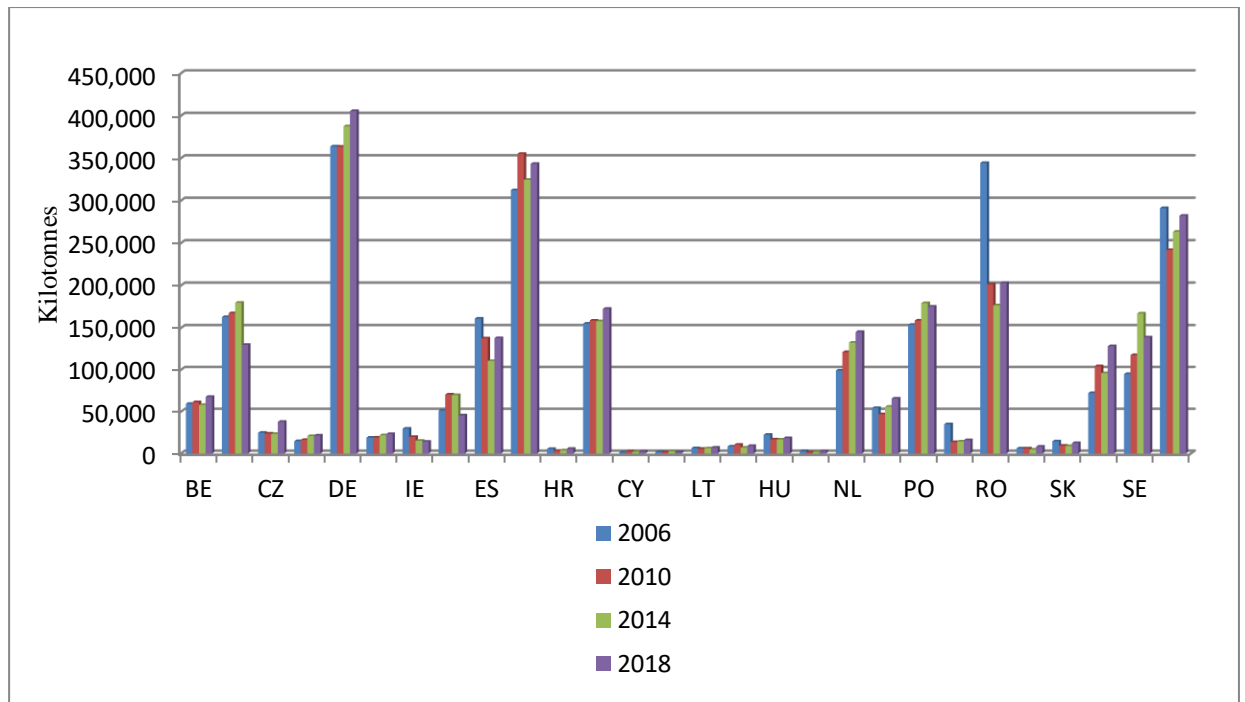
των απορριμμάτων αγνοούνται. Για αρκετά στοιχεία που έχουν βρεθεί σε εκμεταλλεύσεις ανά περιόδους στο παρελθόν δεν είχε βρεθεί κάποιος τρόπος αξιοποίησης τους, γεγονός που τα καθιστούσε άχρηστα και ανάξια ανάλυσης. Επίσης οι χημικές αναλύσεις στους σωρούς των απορριμμάτων δεν ήταν τόσο ακριβείς στο παρελθόν σε σχέση με τώρα, αφήνοντας αρκετά κενά και αβεβαιότητες για την πιθανότητα αξιοποίησης τους.

(TOWARDS CIRCULAR ECONOMY IN THE MINING INDUSTRY: Implications of Institutions on the Drivers and Barriers for Tailings Valorization, 2019).

3.5 Μεταλλευτικά απορρίματα και αξιοποίηση τους στην Ε.Ε.

3.5.1 Ποσότητες μεταλλευτικών απορριμμάτων στην Ε.Ε.

Στην Ευρωπαϊκή Ένωση οι αναλύσεις των ποσοτήτων παραγόμενων μεταλλευτικών απορριμμάτων έχουν πραγματοποιηθεί από την Eurostat ετησίως και παρουσιάζονται στο Διάγραμμα 3.1. Σύμφωνα με τα δεδομένα του διαγράμματος περισσότερα μεταλλευτικά απορρίματα παράγουν οι χώρες όπως η Γερμανία, η Γαλλία, η Αγγλία οι οποίες είναι οικονομικά σταθερότερες και με μεγαλύτερη συμβολή στην εξορυκτική βιομηχανία. Αντίθετα χώρες όπως η Εσθονία, η Λιθουανία, η Σλοβενία και η Σλοβακία όπου δεν πραγματοποιούνται αρκετές εκμεταλλεύσεις για να παραχθούν και μεγάλες ποσότητες απορριμμάτων



Διάγραμμα 3.1: Συνολικά παραγόμενα απορρίμματα από εξορύξεις και λατομεία στην Ε.Ε.

(Statistics / Eurostat, n.d.)

3.5.2 Πολιτική διαχείρισης Μεταλλευτικών Απορριμμάτων στην Ε.Ε.

Όσον αφορά την διαχείριση των απορριμμάτων που προκύπτουν από εκμεταλλεύσεις στις χώρες της Ευρωπαϊκής Ένωσης έχει υιοθετηθεί η οδηγία 2006/21/EC γνωστή και ως «οδηγία μεταλλευτικών αποβλήτων» (Mining Waste Directive) μετά από αρκετά ατυχήματα κατά την διοργάνωσή τους. Σύμφωνα με τις οδηγίες στο Άρθρο 4 του νέου κανονισμού τα κράτη μέλη οφείλουν:

«να αποφασίζουν για τα μέτρα, τις διαδικασίες και την καθοδήγηση με στόχο την πρόληψη ή το περιορισμό, όσο είναι δυνατόν, των δυσμενών επιπτώσεων στο περιβάλλον, ιδίως στο νερό, τον αέρα, το έδαφος, την χλωρίδα, την πανίδα και το τοπίο, καθώς και τυχόν επακόλουθους κινδύνους στην ανθρώπινη υγεία ως αποτέλεσμα της διαχείρισης των αποβλήτων από τις εξορυκτικές βιομηχανίες».

Πιο συγκεκριμένα η οδηγία όπως αναφέρεται στον τίτλο αφορά μόνο τα απορρίμματα που έχουν προκύψει κατά την αναζήτηση, την εξόρυξη, την επεξεργασία και αποθήκευση ορυκτών πόρων και από την εκμετάλλευση λατομείων. Μέχρι πριν τις αρχές του 2000 όλα τα απορρίμματα που παράγονταν, ανεξαρτήτως της πηγής προέλευσής τους διαχειρίζονταν με βάση την γενική οδηγία 1999/31/EC και οδηγούνταν για υγειονομική ταφή. Όντας ανεπαρκής για την πλήρη αντιμετώπιση

των πιθανών περιβαλλοντικών και άλλων επιπτώσεων από τις πρακτικές αυτές στα μεταλλευτικά απορρίμματα, ψηφίστηκε η αλλαγή στις μεθόδους αντιμετώπισης των δυο ειδών αποβλήτων.

Εκτός από τις εκτενείς οδηγίες που αφορούν τον ακριβή χαρακτηρισμό των τεχνικών όρων που χρησιμοποιούνται σε ένα μεταλλείο, την πρόβλεψη σοβαρών ατυχημάτων, τις αιτήσεις και αδειοδοτήσεις και άλλες οργανωτικές διαδικασίες που θα πρέπει να λάβουν οι εταιρείες, σημαντικότερες αποτελούν οι οδηγίες του Άρθρου 5 για τα σχέδια διαχείρισης των αποβλήτων *για την μείωση στο ελάχιστο, την επεξεργασία, την αξιοποίηση και τη διάθεση των εξορυκτικών αποβλήτων, λαμβάνοντας υπόψη την αρχή της βιώσιμης ανάπτυξης*. Ονομαστικά οι στόχοι των σχεδίων διαχείρισης αποβλήτων θα είναι οι εξής:

- *η πρόληψη ή μείωση της παραγωγής αποβλήτων και των επιβλαβών της επιπτώσεων.*
- *η προαγωγή της αξιοποίησης των εξορυκτικών αποβλήτων μέσω της ανακύκλωσης, της επαναχρησιμοποίησης ή της επαναξιοποίησής τους, εφόσον αυτό είναι περιβαλλοντικώς ορθό σύμφωνα με τα ισχύοντα σε κοινοτικό επίπεδο περιβαλλοντικά πρότυπα και τις απαιτήσεις της παρούσας οδηγίας, εφόσον συντρέχουν.*
- *η εξασφάλιση ασφαλούς βραχυπρόθεσμης και μακροπρόθεσμης διάθεσης των εξορυκτικών αποβλήτων, λαμβάνοντας ιδίως υπόψη κατά το στάδιο του σχεδιασμού μιας εγκατάστασης αποβλήτων τη διαχείριση κατά τη διάρκεια λειτουργίας της καθώς και μετά το κλείσιμό της.*

Περαιτέρω λεπτομερείς κανονισμοί και διευκρινήσεις δίνονται στο έγγραφο της οδηγίας και είναι δημοσιευμένη στην Επίσημη Εφημερίδα της Ευρωπαϊκής Ένωσης και απευθύνεται στα κράτη μέλη. Με βάση αυτούς του κανονισμούς απαιτείται από όλες τις εξορυκτικές εταιρείες εντός της Ε.Ε. να χειρίζονται την οργάνωση και διαχείριση των μεταλλευτικών απορριμμάτων και αναλόγως του είδους των ορυκτών που εξορύσσονται τις ιδιότητες τους, τις ποσότητες τους στα απορρίμματα, τις υπάρχουσες τεχνικές διαχωρισμούς τους και αρκετούς άλλους παράγοντες να αποφασίσουν στις μεθόδους επεξεργασίας και ανάκτησης που κηρύττει η κυκλική οικονομία.

3.6 Διαδικασία οργάνωσης ενός μεταλλείου με βάση την ανάλυση της ροής πρώτων υλών

Στηριζόμενοι στην δραματική αύξηση των ροών απορριμμάτων που παράγονται στο πλαίσιο μιας εκμετάλλευσης, καθιστώντας τες ως τις υψηλότερες σε ποσότητες από όλες τις υπόλοιπες ροές βιομηχανικών αποβλήτων, και την ύπαρξη ποικίλων πολύτιμων πρώτων υλών μέσα σε αυτά, οι Lèbre και Corder στο άρθρο τους «Ο ρόλος της εξορυκτικής βιομηχανίας στην κυκλική οικονομία: Ένα πλαίσιο οδηγιών για τη διαχείριση πρώτων υλών στο επίπεδο του χώρου εξόρυξης» (The role of the mining industry in a circular economy: A framework for resource management at the mine site level) που εκδόθηκε από το Πανεπιστήμιο της Queensland στην Αυστραλία στο περιοδικό Journal of Industrial Ecology, πρότειναν την δημιουργία ενός πλαισίου οργάνωσης για την καταμέτρηση και επισκόπηση των πιθανών οφελών των διαδικασιών ανάκτησης ορυκτών από μεταλλευτικά απορρίμματα. Οι οδηγίες αυτές θα καθορίσουν τις κατευθυντήριες γραμμές οργάνωσης της εξορυκτικής βιομηχανίας με βάση την πρακτική της κυκλικής οικονομίας και θα στηρίξει τις μεταβολές προς τη βιώσιμη ανάπτυξη της.

3.6.1 Ανάλυση των παραγόμενων ποσοτήτων απορριμμάτων με στόχο την επιλογή των αποδοτικότερων μεθόδων κατεργασίας τους

Προτεραιότητα για ένα νέο εξορυκτικό έργο αποτελεί ο καθορισμός των ορίων του χώρου της εκμετάλλευσης και η παροχή εξορυκτικής άδειας στην εταιρεία που έχει το έχει αναλάβει. Σημαντικό ρόλο θα έχει και ο χρόνος λειτουργίας του έργου, μέσα στο οποίο χρειάζεται να οργανωθούν οι διεργασίες με προσοχή και ευελιξία για το καλύτερο αποτέλεσμα (Taube, 1986).

Με βάση τις ήδη υπάρχουσες πρακτικές διαχείρισης των απορριμμάτων που έχουν αναλυθεί στο Κεφάλαιο 3 της παρούσας εργασίας, έχει προταθεί η ενσωμάτωση συγκεκριμένων δεικτών ανάλυσης ροής υλικών, οι οποίοι θα δίνουν μια καθαρή εικόνα της επίδοσης του εξορυκτικού έργου. Οι ποσότητες των παραγόμενων απορριμμάτων, αυτών που θα χρησιμοποιούνται εκ νέου και αυτές των συγκεντρώσεων απορριπτόμενων ορυκτών, θα συγκρίνονται με στόχο την υιοθέτηση των πιο αποδοτικών μεθόδων διαχείρισης τους, σε σχέση με αυτές που θα έχουν κατώτερες επιδόσεις. Οι δείκτες που παρουσιάζονται από τους ειδικούς Lèbre και

Corder θα μπορούν να ενσωματωθούν εύκολα και σε έργα επαναεπεξεργασίας μεταλλευτικών απορριμμάτων, όπου τα δεδομένα είναι πιο πολύπλοκα, επιτρέποντας την σύγκριση μεταξύ διαφορετικών μεθόδων διαχείρισης τους και την διευκρίνιση των καλύτερων συνθηκών για την επίτευξη αποκατάστασης του περιβάλλοντος από μια τέτοιου είδους διεργασία (Taube, 1986) .

Πιο συγκεκριμένα οι δείκτες για την ανάλυση της ροής υλικών ενός μεταλλείου έχουν προσαρμοστεί από τους δείκτες ανάλυσης των ροών όλων των ειδών πρώτων υλών που χρησιμοποιούν οι βιομηχανίες στην Ε.Ε. από το 2001. Οι αλλαγές αυτές στους αρχικούς δείκτες, επιτρέπουν τον καθορισμό των ποσοτήτων των ορυκτών πρώτων υλών, αλλά και αυτών που από λάθος απομακρύνθηκαν με τα στείρα. Η εξακρίβωση των παραπάνω δεδομένων παρουσιάζει ξεκάθαρα τις δυνατότητες και τα προβλήματα του εκάστοτε έργου, ενώ συμβάλλει στην επιλογή των τεχνικών με τις καλύτερες επιδόσεις στην ανάκτηση και την αξιοποίηση ορυκτών υλών (Taube, 1986).

Λόγω των διαφορετικών μορφών και ειδών πρώτων υλών όταν εισάγονται και εξάγονται από μια βιομηχανία, για να διατηρείται μια σταθερή μονάδα μέτρησης, χρησιμοποιούνται οι χρηματικές μονάδες – σε αμερικάνικα δολάρια \$ - στις οποίες καταμετρούνται η ολική παραγωγή ορυκτών υλών από την εξόρυξη, η αντίστοιχη ολική παραγωγή από την επαναεπεξεργασία των απορριφθέντων ροών υλικών, καθώς και οι ποσότητες των χαμένων, στα νέα απόβλητα της εξόρυξης, οικονομικά συμφερόντων ορυκτών πόρων, μαζί με τις αντίστοιχες ολικές. Συγκεκριμένα η καταμέτρηση της παραγωγής οποιασδήποτε ροής υλικών θα εκφράζεται ως ο λόγος της χρηματικής αξίας που θα αντιστοιχεί στους τόνους αυτού του προς πώληση ορυκτού ή μετάλλου (USD/t) (Taube, 1986).

Μέσω της κοινής σταθερής βάσης που παρέχει η οικονομική αξία μπορούν να συγκριθούν οι αποδόσεις εξορυκτικών έργων που ασχολούνται με εντελώς διαφορετικές ορυκτές ύλες. Για να πραγματοποιηθεί η σύγκριση, οι περισσότεροι δείκτες συναθροίζονται προς ένα τελικό αποτέλεσμα. Κάποιοι δείκτες όπως αυτοί της ολικής παραγωγής, των ολικών ποσοτήτων πρώτων υλών που έχουν μετακινηθεί και αντίστοιχων που έχουν επαναεπεξεργαστεί, διαιρεμένοι προς τα έτη λειτουργίας του έργου, παρουσιάζουν δεδομένα για τις δυνατότητες απόδοσης του εκάστοτε εργοστασίου, τις πιθανές ελλείψεις στον εξοπλισμό μεταφοράς υλικών που θα χρειάζεται να καλυφθούν κ.ά. (Taube, 1986) .

Αναλύοντας περαιτέρω τη σημασία και τις μαθηματικές σχέσεις μεταξύ των παραπάνω δεικτών στα πλαίσια ενός έργου, η ολική παραγωγή υλικών από τις ροές των απορριμμάτων αναφέρεται στις ποσότητες οικονομικά συμφερόντων ορυκτών υλών, τα οποία ανακτώνται από τις ροές αποβλήτων που προκύπτουν κατά τις διάρκειες της εκμετάλλευσης. Αντίστοιχα ο δείκτης των ποσοτήτων των χαμένων, στα νέα απόβλητα της εξόρυξης, οικονομικά συμφερόντων ορυκτών πόρων, αναφέρεται στις ποσότητες των αξιοποιήσιμων ορυκτών και μετάλλων που είχαν από λάθος απορριφτεί και δεν ήταν η δυνατή η ανάκτηση τους στο στάδιο της επαναεπεξεργασίας των σωρών αποβλήτων στα οποία εμπεριέχονταν. Για τους δύο αυτούς δείκτες, το άθροισμα τους καθορίζει τη συνολική ποσότητα απορριμμάτων που τίθεται για εκ νέου επεξεργασία διαχωρισμού και ανάκτησης (Taube, 1986).

Παρόμοια η ποσότητα των ολικών χαμένων, στα μεταλλευτικά απόβλητα, οικονομικά συμφερόντων ορυκτών πόρων μπορεί να προκύψει μαθηματικά από την αφαίρεση των συνολικών ανακτημένων πρώτων υλών από τις ποσότητες χαμένων, στα νέα απόβλητα της εξόρυξης, οικονομικά συμφερόντων ορυκτών (Taube, 1986) .

Όσον αφορά στους υπόλοιπους δείκτες, οι ολικές ποσότητες πρώτων υλών που έχουν επεξεργαστεί, καταγράφουν τις ποσότητες των κοιτασμάτων που θα εξορυχτούν και θα παραδοθούν προς εμπλουτισμό και επεξεργασία, ενώ οι συνολικές ποσότητες πρώτων υλών που έχουν μετακινηθεί αναφέρονται στους όγκους όλων των πετρωμάτων χρήσιμων και των στείρων, μαζί με τα υπερκείμενα, που απομακρύνονται από και μέσα στον χώρο της εξόρυξης (Taube, 1986).

Επιπλέον δείκτες έχουν δημιουργηθεί για τον υπολογισμό των διαφόρων ροών αποβλήτων. Αρχικά υπολογίζεται η συνολική ποσότητα των πιο επικίνδυνων στείρων ορυκτών που παράγονται κατά την εκμετάλλευση, που εύκολα μπορούν αντιδράσουν με άλλες ενώσεις στον περιβάλλοντα χώρο και να παράγουν οξέα, άκρως καταστροφικά για εδάφη και υδάτινα σώματα. Ένας ακόμη σημαντικός δείκτης αποτελεί η καθαρή παραγωγή αποβλήτων, η οποία περιλαμβάνει τις ολικές ποσότητες των παραγόμενων αποβλήτων ενός εξορυκτικού έργου, με την εξαίρεση των όγκων προοριζόμενων για επαναεπεξεργασία και ανάκτηση. Συμπερασματικά σε ένα έργο με κύριο στόχο την επεξεργασία μεταλλευτικών απορριμμάτων ο δείκτης αυτός θα είναι εμφανώς μηδενικός (Taube, 1986) .

Ο συνδυασμός των παραγόμενων ποσοτήτων ορυκτών υλών και των συνολικών αντίστοιχων ποσοτήτων υλικών που έχουν μετακινηθεί μέσα στον χώρο της εκμετάλλευσης ως λόγος του πρώτου προς το δεύτερο, παρουσιάζει ένα νέο δείκτη, της αποδοτικότητας παραγωγής τους. Για να γίνει καλύτερα κατανοητή η σχέση μεταξύ των μεγεθών χρειάζεται να τονισθούν όλα όσα περιλαμβάνονται στην μέτρηση των μετακινούμενων υλικών, όπως η αξιοποιήσιμη για τις διεργασίες γη και η καταναλισκόμενη ενέργεια για την μετακίνηση. Η ενέργεια που απαιτείται κατά τη διάρκεια της εκμετάλλευσης, σε σχέση με την παραγόμενη ποσότητα υλικών είναι πολύ σημαντικός παράγοντας κατανόησης των δυνατοτήτων του εργοστασιακού έργου (Taube, 1986).

Ακόμη πιο πολύπλοκη αποτελεί η σχέση που καθορίζει την αδυναμία εξόρυξης, η οποία παρουσιάζεται από τον λόγο των συνολικών απωλειών στη διάρκεια της εκμετάλλευσης προς το σύνολο των υπαρχόντων ποσοτήτων χρήσιμων ορυκτών που εμπεριέχονται στο αρχικό ρεύμα παροχής υλικών. Μέσω του δείκτη αυτού κρίνεται η καταλληλότητα και αποδοτικότητα των επιλεγμένων μεθόδων εκμετάλλευσης (Taube, 1986).

Μερικοί ακόμη δείκτες που σχετίζονται με τις καταναλώσεις ενέργειας και νερού έχουν σχεδιαστεί, με στόχο όμως τον καθορισμό των περιβαλλοντικών επιδόσεων ενός μεταλλευτικού έργου και όχι την κρίση των δεδομένων μεθόδων διαχείρισης των υλικών, χρήσιμων και μη (Taube, 1986) .

3.6.2 Πρακτικοί παράγοντες που θα επηρεάζουν τις μεθόδους διαχείρισης ενός μεταλλείου

Παρά τους λεπτομερείς σχεδιασμούς, οδηγίες και ακριβείς μαθηματικές μετρήσεις των ροών υλικών σε ένα μεταλλευτικό έργο, υπάρχουν αρκετοί άλλοι παράγοντες που στη διάρκεια λειτουργίας του θα επηρεάσουν τις αποδόσεις του. Αλλαγές στην ιδιοκτησία του έργου ή στην επιλεγμένα προς αξιοποίηση ορυκτά και οι προσωρινές διακοπές λειτουργίας έχουν αρνητικές συνέπειες στην ομαλή ολοκλήρωση του (Taube, 1986) .

Το πιο συνηθισμένο πρόβλημα σε ένα μεταλλείο, από τα παραπάνω είναι οι διακοπές λειτουργίας τους κυρίως λόγω οικονομικών ελλείψεων που προκαλούν οι μειώσεις στην αξία των ορυκτών στην αγορά. Ο Laurence στο άρθρο που δημοσίευσε το 2011 ανέφερε πως από τη έρευνα του πάνω σε 1000 διαφορετικές εξορύξεις που

τερματίστηκαν, 75% αυτών αποδείχθηκαν πρόωρες και αρκετές ποσότητες κοιτασμάτων παρέμειναν αναξιοποίητες. Ένα ακόμη πρόβλημα που δημιουργείται είναι η ανεπαρκής προετοιμασία περιορισμού τυχών τοξικών αποβλήτων, για την οποία δεν υπήρχε αρκετός χρόνος και προσπάθεια να υλοποιηθεί και να σταματήσει οποιαδήποτε διαρροή. Υπάρχει επίσης η πιθανότητα η διακοπή στην λειτουργία να επηρεάσει τους ίδιους τους επενδυτές, αλλά και τις επιχειρήσεις και τις κοινότητες των κοντινών περιοχών που δεν θα μπορούν να ανταπεξέλθουν στην απότομη αλλαγή.

Η επίδραση στον τελικό στόχο ενός έργου των παραπάνω παραγόντων, είναι υπολογίσιμη, αναγκάζοντας τους ειδικούς να τους λάβουν υπόψη τους κατά την δημιουργία των οδηγιών διαχείρισης του οποιουδήποτε έργου. Ανάλυση και καταμέτρηση της ζημίας που πιθανόν να προκαλέσουν στο τελικό αποτέλεσμα, οι διακοπές και αλλαγές στην οργάνωση και τους στόχους, είναι απαραίτητες για την παραγωγή ενός ολοκληρωμένου πλάνου οδηγιών (Taube, 1986) .

3.6.3 Πειραματική έρευνα στην εκμετάλλευση του ορυχείου Mount Morgan

Εξαιρετικά πολύτιμη απεδείχθη η πειραματική υιοθέτηση των οδηγιών και μετρήσεων ποσοτήτων υλικών που εισήχθησαν και εξάχθηκαν από το εξορυκτικό έργο στο ορυχείο Mount Morgan στην Αυστραλία. Η ύπαρξη δευτερευόντων διεργασιών – επαναεπεξεργασίας μεταλλευτικών απορριμμάτων – βοήθησε στην καταμέτρηση των επιπλέον ροών παραγόμενων απορριμμάτων και διαμόρφωσε μια πλήρη εικόνα των προτερημάτων και των ελλειμμάτων των επιλεγμένων διαδικασιών (Taube, 1986).

3.6.3.a Ιστορική αναδρομή στις διαδικασίες διαχείρισης του μεταλλείου (1882-1982)

Το ορυχείο Mount Morgan στην κεντρική Queensland της Αυστραλίας ξεκίνησε τη λειτουργία του από το 1882 ύστερα από μεταλλευτική έρευνα στην οποία ανακαλύφθηκαν κοιτάσματα χρυσού και χαλκού σε μεγάλες συγκεντρώσεις. Η εξόρυξη συνεχίστηκε για 100 χρόνια περίπου με μια ενδιάμεση διακοπή τις περιόδους του Β΄ Παγκοσμίου Πολέμου (1927-1932), όπου λόγω εργοστασιακού λάθους πλημύρισε ο χώρος (Taube, 1986).

Όσον αφορά στην διαχείριση των παραγόμενων σωρών απορριμμάτων και τελμάτων, οι αρχικές μέθοδοι αφορούσαν την απλή απόθεση ή και απόρριψη των άχρηστων υλικών, χωρίς κάποια συνειδητοποιημένη διαδικασία προστασίας του περιβάλλοντος και των υδάτων της περιοχής. Σύμφωνα με μετέπειτα έρευνες στην διάρκεια της λειτουργίας του μέχρι το 1980 το ορυχείο παράγαγε περίπου 40 εκατομμύρια τόνους (Mt) τελμάτων, αρκετά υψηλές ποσότητες σε σχέση με την αρχική παραγωγή πετρωμάτων που έφτασε τους 50 εκατομμύρια τόνους (Taube, 1986).

Στην περίοδο από την έναρξη της επαναλειτουργίας του μέχρι και την λήξη της το 1980 νέες πρακτικές διαχείρισης των απορριμμάτων καθιερώθηκαν, με σημαντικότερες τις διεργασίες ανάκτησης χρήσιμων μετάλλων από αυτά. Συγκεκριμένα ανοιχτοί σκαμμένοι χώροι ονομαζόμενοι «Sandstone Gully» κατασκευάστηκαν με στόχο την συμπλήρωση τους και έφτασαν τελικά να αποθηκεύουν μέχρι 28 εκατομμύρια τόνους νέων τελμάτων και από τους οποίους μετακινηθήκαν το 1982 με στόχο την εξουδετέρωση τους (Wels et al., n.d.).

Η μόλυνση των υδάτων από την διαρροή των όξινων αυτών ουσιών είχε ήδη επηρεάσει την βιοποικιλότητα σε απόσταση 40 χιλιομέτρων από το σημείο της εξόρυξης, σύμφωνα με έρευνες του Wels που πραγματοποιήθηκαν το 2006.

3.6.3.β Επαναεπεξεργασία τελμάτων «Sandstone Gully»

Αναλυτικότερα στην περίοδο από το 1982 τα ιστορικά τέλματα που είχαν αποθεθεί στον ανοιχτό χώρο «Sandstone Gully», άρχισαν να οδηγούνται προς εκ νέου επεξεργασία, αναζωογονώντας την επιχείρηση για άλλα 8 χρόνια μέχρι την παύση λειτουργίας του. Από τα θειικά απορρίμματα αυτά, τα οποία περιελάμβαναν ενώσεις χρυσού και χαλκού σύμφωνα με τις μετρήσεις που πραγματοποίησε ο Wels στην έρευνα του για υπόγειες διαρροές των τοξικών ενώσεων τους (Wels et al., 2006).

Παρά τον ορυκτό πλούτο που περιείχαν τα τέλματα, οι πτώσεις στις τιμές αγοράς του χρυσού σε συνδυασμό με το πρόβλημα της έντονης αντίδρασης μεταξύ των ενώσεων του χαλκού και του προστιθέμενου αντιδραστηρίου του κυανίου, καταναλώνοντας μεγάλες ποσότητες του, οι δραστηριότητες της ανάκτησης έπαψαν το 1990. Η όλη διαδικασία επεξεργασίας τους δεν χρειάστηκε για να πραγματοποιηθεί, η απομάκρυνση μεταλλευτικών στείρων για πρόσβαση σε αυτά, καθώς είχαν ήδη αποτεθεί σε ανοιχτούς χώρους (Taube, 1986).

3.6.3.γ Έργα επαναεπεξεργασίας απορριμμάτων της εταιρείας Carbine Resources

Τελικά οι σχετικές μετρήσεις των όξινων και μεταλλοφόρων υγρών που διέρρευσαν στις περιοχές κυρίως κοντά στον ποταμό Dee κάθε χρόνο από τα απορρίμματα των εξορύξεων, έφτασαν τα 94 εκατομμύρια λίτρα περίπου, μολύνοντας στην πορεία τα εδάφη και τον καταστρέφοντας οικοσυστήματα (Wels et al., 2006). Μετά την εγκατάλειψη του έργου από τις προηγούμενες υπεύθυνες εξορυκτικές εταιρείες, η εξόρυξη περιήλθε στα χέρια της πολιτείας της Queensland, η οποία αναγκάστηκε να επωμιστεί και το έργο της αποκατάστασης του περιβάλλοντος μαζί με τα κόστη για τον περιορισμό της ήδη υπάρχουσας μόλυνσης (Taube, 1986).

Έπειτα από προτροπή του Κρατικού Τμήματος Φυσικών πόρων και Εξόρυξης (state Department for Natural Resources and Mining) για συνεργασία στην ολοκλήρωση του έργου, η εταιρεία Carbine Resources αποφάσισε να το αναλάβει. Πρώτες μελέτες και οικονομικές έρευνες υπέδειξαν την δυνατότητα επεξεργασίας τουλάχιστον 8 εκατομμυρίων τόνων τελμάτων για την ανάκτηση χρυσού, θεικού χαλκού και πυρίτη. Προηγούμενες ιστορικές αναλύσεις έδειξαν ότι στα τέλματα που έχουν παραχθεί το 50% περίπου αποτελείται από θείο στην μορφή του πυρίτη (FeS_2), το οποίο είναι υπεύθυνο για την δημιουργία της όξινης απορροής, μετά από επαφή με νερό και οξυγόνο. Όντας χρήσιμη πρώτη ύλη για καλλιέργειες και με ζήτηση σε χώρες όπως η Κίνα, τα ποσοστά ανάκτησης που προβλέπονταν για τον πυρίτη έφταναν το 90%, γεγονός που θα καθιστούσε τα υπόλοιπα, σημαντικά πλέον περιορισμένα απορρίμματα, λιγότερο επικίνδυνα στην περίπτωση διαρροής τους (*Restarting Mount Morgan Operations: A Case Study in Innovative Technology Application*, n.d.). Για πρόσβαση στα τέλματα τα οποία είχαν πλέον καλυφθεί κατά τις προηγούμενες διεργασίες διάθεσης τους, τα στείρα υλικά που χρησιμοποιήθηκαν, θα χρειαζόταν να μετακινηθούν.

3.6.3.δ Αποτελέσματα της καταμέτρησης της ροής των υλικών του έργου

Οι δείκτες ροής υλικών καταμετρήθηκαν σε όλα τα εξορυκτικά έργα του έργου με στόχο την σύγκριση των αποτελεσμάτων. Κρατώντας τις τιμές με βάση τις οποίες υπολογίζονταν οι δείκτες σταθερές και για τα τρία έργα, η εταιρεία Carbine Resources χρησιμοποίησε τους δικούς της τύπους κατηγοριοποίησης και μέτρησαν πρώτα τις ποσότητες των ορυκτών που χάθηκαν στα νέα απορρίμματα. Η εύρεση

αρκετών πληροφοριών για την συμπλήρωση των δεδομένων δεν ήταν εύκολη, ιδιαίτερα για τις παλαιότερες δραστηριότητες, όπου πολλές λεπτομέρειες παραλείπονταν να καταγραφούν, με αποτέλεσμα την ύπαρξη αβεβαιότητας για την ακρίβεια τους (Taube, 1986).

Τα δύο έργα που έλαβαν μέρος μετά το 1982 είχαν ως κύριο στόχο την ανάκτηση χρήσιμων υλικών από τα υπάρχοντα μεταλλευτικά απόβλητα, για τα οποία η επεξεργασία μπορεί να πραγματοποιηθεί στον ίδιο χώρο όπου είχαν αποθεθεί. Επιπλέον λόγω της αξιοποίησης των αποβλήτων ως παροχή υλικών για τις επεξεργασίες, ο δείκτης παραγωγής νέων απορριμμάτων από αυτές ήταν αρκετά μικρός. Παρόμοια οι δείκτες της αξίας των συνολικών παραγόμενων ορυκτών υλών, εκείνης των συνολικών υλικών που μετακινήθηκαν και αυτής όλων των ορυκτών που χάθηκαν στα παραγόμενα απόβλητα ήταν εξαιρετικά χαμηλοί (Taube, 1986).

Αντίθετα στην σύγκριση του έργου επεξεργασίας «Sandstone Gully» με τις ιστορικές δραστηριότητες, οι δείκτες των ολικών μετακινούμενων, των επεξεργασμένων υλικών ετησίως και αυτός της αδυναμίας εξόρυξης του πρώτου είναι πολύ μεγαλύτεροι σε σχέση με αυτούς των δεύτερων. Ο τελευταίος δείκτης ήταν υψηλός λόγω της εξόρυξης χαμηλών συγκεντρώσεων χρυσού και απουσίας χαλκού και πυρίτη (Taube, 1986).

Ανάμεσα στο έργο που ανέλαβε η Carbine Resources και αυτό της επεξεργασίας των τελμάτων το νεότερο έργο είχε καλύτερες προοπτικές και αποτελέσματα στην παραγωγή παρά τις όποιες ομοιότητες στην αρχική οργάνωσή τους. Οι συνολικές ποσότητες υλικών που μετακινήθηκαν και επεξεργάστηκαν ετησίως ήταν αρκετά χαμηλές σε σχέση με αυτές των προηγούμενων έργων, αντίθετα με τις αποδόσεις στην παραγωγή που ήταν εξαιρετικά υψηλές, χάρις στην εξόρυξη αρκετών ποσοτήτων τριών χρήσιμων προϊόντων από τα μεταλλευτικά απορρίμματα (Taube, 1986).

Συμπερασματικά το έργο επεξεργασίας της εταιρείας Carbine είχε τις καλύτερες αποδόσεις σε όλους σχεδόν τους δείκτες ροής των υλικών και επομένως είχε πολύ καλά αποτελέσματα ως μέθοδος κυκλικότητας. Επίσης παρουσιάζεται η χρησιμότητα καταγραφής της ροής των υλικών, οι οποίες μέσω σύγκρισης με τις αντίστοιχες άλλων έργων, καθορίζουν την επιτυχία των επιλεγμένων μεθόδων ανάκτησης υλικών

και τις πιθανές μελλοντικές αλλαγές που θα χρειαστούν για την παροχή ακόμη καλύτερων αποτελεσμάτων (Taube, 1986).

4. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Στο πλαίσιο της παρούσας εργασίας πραγματοποιήθηκε ανάλυση πάνω στις ροές πρώτων υλών που εξορύσσονται, εισάγονται και εξάγονται και καταναλώνονται ετησίως τις τελευταίες δεκαετίες παγκόσμια. Οι μελέτες του Περιβαλλοντικού Προγράμματος των Ηνωμένων Εθνών (UNEP) και της Διεθνούς Επιτροπής Πόρων (IRP), οι οποίες χρησιμοποιούν δεδομένα από εξορυκτικές εταιρείες σε όλες τις χώρες, παρουσιάζουν μια γενικά ανοδική πορεία στην ζήτηση, κατανάλωση και απόρριψη υλικών.

- Η πληθυσμιακή αύξηση σε συνδυασμό με την ανάπτυξη της τεχνολογίας έχουν αποτελέσει τους καθοριστικούς παράγοντες στην διαμόρφωση της παγκόσμιας αυτής ανάγκης σε πρώτες ύλες.
- Εξίσου σημαντική επιρροή έχουν η οικονομική δύναμη και η σταθερότητα κάθε χώρας στις ανάγκες και τις απαιτήσεις των κατοίκων τους.

Οι παραπάνω παράγοντες αλληλοεξαρτώνται και από τα καθορισμένα δεδομένα των οικονομικά εκμεταλλεύσιμων κοιτασμάτων (χημική σύσταση, περιεκτικότητες, ποσότητες) που βρίσκονται εντός των συνόρων κάθε κράτους.

Ύστερα από αρκετές μελέτες και πειράματα έχει παρατηρηθεί πως η εξόρυξη των ορυκτών πόρων έχει δυστυχώς σημαντικά αρνητική επίδραση στο περιβάλλον, λόγω των πιθανών διαρροών τοξικών αποβλήτων και αερίων επιβλαβών για το έδαφος και την ατμόσφαιρα. Ταυτόχρονα οι προβλέψεις για την παραγωγή και κατανάλωση του πλανήτη για τα επόμενα 40 χρόνια δείχνουν πως, η ζήτηση σε ορυκτούς πόρους θα αυξηθεί ακόμη περισσότερο, ενώ εξαιτίας των περιορισμένων ανέγγιχτων κοιτασμάτων που έχουν παραμείνει στο έδαφος και των ανεξέλεγκτων απορρίψεων των ήδη σε κυκλοφορία επεξεργασμένων υλικών, η απόκτηση νέων υλικών θα αποδειχθεί δυσκολότερη στο μέλλον. Ο συνδυασμός των δυο καταστάσεων παρουσιάζει ακόμη μεγαλύτερο κίνδυνο, καθώς το φαινόμενο της μόλυνσης του περιβάλλοντος εντείνεται, χωρίς την ύπαρξη οποιουδήποτε αποτρεπτικού παράγοντα.

Την λύση σε αυτό το δύσκολο πρόβλημα έχει αναλάβει να βρει η επιστημονική κοινότητα. Μεγαλύτερη υποστήριξη συγκριτικά με άλλες, απέκτησε η ιδέα της αξιοποίησης των πολυάριθμων απορριφθέντων προϊόντων, τα οποία είναι πλούσια σε διάφορων ειδών πρώτες ύλες, με στόχο την ανάκτηση τους και επαναχρησιμοποίησής τους στην παραγωγή νέων αγαθών με στόχο την βιωσιμότητα. Η Ε.Ε. έχει

παρουσιάσει εδώ και μερικά χρόνια ολοκληρωμένη τη νομοθεσία σχετικά με τις διαδικασίες ανακύκλωσης αχρήστων προϊόντων πλούσιων σε πρώτες ύλες (κτίρια, θρεπτικές ουσίες, πλαστικά, υφάσματα, μπαταρίες, ηλεκτρικά οχήματα κ.ά.). Η πρακτική περιλαμβάνει την συλλογή οικιακών και εργοστασιακών απορριμμάτων, σύμφωνα με οργανωμένες οδηγίες από αρμόδιους φορείς. Αρκετές μελέτες πάνω στις μεθόδους της κυκλικής οικονομίας παραθέτουν όλα της τα προτερήματα της σε οικονομικό, περιβαλλοντικό, κοινωνικό επίπεδο, βρίσκεται ακόμη στα αρχικά στάδια και για να ενσωματωθεί πλήρως σε όλους τους τομείς της παραγωγής υλικών και χρειάζεται όχι μόνο περισσότερες αναλύσεις και πειράματα αλλά και υποστήριξη από την κοινωνία. Οι μέχρι πρότινος περιπτώσεις ενσωμάτωσης των διαφόρων τεχνικών ανάκτησης πρώτων υλών παρουσιάζουν ενθαρρυντικά αποτελέσματα για το μέλλον και σταδιακά αποτελούν παραδείγματα προς μίμηση από άλλες εταιρείες παραγωγής.

Οι ενέργειες που έχουν ληφθεί στα πλαίσια της πρακτικής της ανακύκλωσης έως και σήμερα είναι ακόμη λίγες, σε σχέση με τις νέες εξορύξεις ορυκτών πόρων που πραγματοποιούνται παγκοσμίως για την κάλυψη των αναγκών. Σημαντική διαφορά στον τρόπο αντιμετώπισης τους, έχουν δημιουργήσει τα οικονομικά και περιβαλλοντικά αποτελέσματα των διαδικασιών που παραθέτουν οι νέοι νόμοι βιωσιμότητας της Ε.Ε., όχι μόνο για την ίδια αλλά και για άλλες χώρες του εξωτερικού. Τέτοιου είδους αλλαγές αποτελούν:

- Βελτίωση της ανθεκτικότητας, της επαναχρησιμοποίησης και του σχεδιασμού προϊόντων που μπορούν εύκολα να επισκευαστούν και να αναβαθμιστούν.
- Σχεδιασμός προϊόντων που μπορούν να παραχθούν με δευτερεύουσες πρώτες ύλες προκειμένου να μειωθεί η ποσότητα και η εξάρτηση από τις πρώτες ύλες.

Ως πρωτοποριακή πρακτική, τα πλεονεκτήματα της κυκλικής οικονομίας δεν είναι ακόμη ευρέως γνωστά, με αποτέλεσμα πολλές εταιρείες να διστάζουν να επενδύσουν σε αυτήν ή πιθανώς να μην έχουν την οικονομική δυνατότητα να την ασπαστούν. Η περιορισμένη ακόμη απήχηση της πρακτικής στον τομέα των επεξεργασμένων πρώτων υλών είναι ένας από τους λόγους η επιστημονική κοινότητα στράφηκε στον τομέα των εκμεταλλεύσεων για την υιοθέτηση της κυκλικότητας, αφού στα μεταλλευτικά έργα παράγονται οι υψηλότερες περιεκτικότητες σε χρήσιμα υλικά από τις οποίες μεγάλες ποσότητες τους απομακρύνονται στα απορρίμματα. Η προσφορά των μεταλλευτικών έργων στην διασφάλιση επιπλέον υλικών από την ανακύκλωση των παραγόμενων σωρών απορριμμάτων είναι αδιαμφισβήτητη, σύμφωνα με τα

αποτελέσματα των διαφόρων πιλοτικών έργων κυκλικότητας που έχουν ενσωματώσει αρκετές εταιρείες εκμεταλλεύσεων ανά την υφήλιο.

Οι πιο σωστές και αποδοτικότερες μέθοδοι ανακύκλωσης ορυκτών υλών προκύπτουν από την ενδελεχή μελέτη και ανάλυση των δεδομένων του εκάστοτε έργου. Με την υιοθέτηση των πιο γενικών μεθόδων περιορισμού παραγωγής, επαναεπεξεργασίας, αξιοποίησης για απλούστερες διεργασίες και την υπεύθυνη διάθεση των απορριμμάτων ενός έργου δημιουργείται ένα περιβάλλον ενδεικνυόμενο για ανακύκλωση, αφού όλα τα παραγόμενα ρεύματα υλικών μπορούν να φανούν χρήσιμα και οικονομικώς ωφέλιμα για άλλες διεργασίες. Πιο συγκεκριμένα οι πληροφορίες σχετικά με την χημική σύσταση, τις ποσότητες, περιεκτικότητες, τις μεθόδους εξόρυξης, το μέγεθος και περισσότερο το στάδιο της επεξεργασίας κατά το οποίο έχουν πραχτεί τα προς ανακύκλωση μεταλλευτικά απορρίμματα είναι απαραίτητες για την ανάπτυξη της καταλληλότερης διαδικασίας διαχωρισμού των διαφορετικών υλικών σε αυτά.

Η επιτυχία των παραπάνω διαδικασιών εξαρτάται από πολλούς παράγοντες, θετικούς και αρνητικούς, οι οποίοι δρουν ταυτόχρονα και επηρεάζουν την ολική ανάπτυξη της κυκλικής οικονομίας στον μεταλλευτικό τομέα. Παρά τα όποια εμπόδια οικονομικά, κοινωνικά, τεχνολογικά ή γνωστικά, η ανάγκη για την πλήρη ενσωμάτωση της κυκλικότητας έχει αρχίσει να γίνεται επιτακτική αλλά και ελκυστική, χάρις στην πληθώρα ωφέλιμων αποτελεσμάτων και των ευκαιριών που παρέχονται τα τελευταία χρόνια για την επέκταση της πρακτικής της.

Νέες τεχνικές αξιοποίησης των απορριμμάτων ενός μεταλλείου εφευρίσκονται συχνά, αλλά οικονομικά ή περιβαλλοντικά εμπόδια της εκάστοτε εταιρείας αποτρέπουν την συμπερίληψη τους στην παραγωγική τους διαδικασία. Η αντιμετώπιση του προβλήματος αυτού απαιτεί την λεπτομερή καταγραφή των ροών των υλικών που εισάγονται, επεξεργάζονται και απορρίπτονται σε μια εκμετάλλευση, η οποία θα επιτρέψει την οργανωμένη σύγκριση της αποδοτικότητας της οποιασδήποτε μεθόδου ανάκτησης χρήσιμων πρώτων υλών με άλλων έργων και θα προωθήσει αυτή με τα καλύτερα αποτελέσματα. Επειδή κάθε έργο είναι τελείως διαφορετικό η διαδικασία χρειάζεται πάντα μεταβολές για να ανταπεξέρχεται στην κατάσταση και τους αναπάντεχους παράγοντες. Με αυτόν τον τρόπο θα επιτυγχάνεται η πλήρης και πιο αποδοτική αξιοποίηση των τεχνικών κυκλικότητας, με τα λιγότερα εμπόδια.

BIBΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- 264 final COMMUNICATION FROM THE COMMISSION A Sustainable Europe for a Better World: A European Union Strategy for Sustainable Development (Commission's proposal to the Gothenburg European Council). (n.d.).
- 5 steps that could end the plastic pollution crisis – and save our ocean | World Economic Forum. (n.d.). Retrieved September 12, 2021, from <https://www.weforum.org/agenda/2019/03/5-steps-that-could-end-the-plastic-pollution-crisis-and-save-our-oceans-eb7d4caf24/>
- About us | Magnetation. (n.d.). Retrieved September 16, 2021, from <https://magnetation.com/about-us/>
- Adiansyah, J. S., Rosano, M., Vink, S., & Keir, G. (2015). A framework for a sustainable approach to mine tailings management: disposal strategies. *Journal of Cleaner Production*, 108, 1050–1062. <https://doi.org/10.1016/J.JCLEPRO.2015.07.139>
- AMAP/UNEP. (2013). Technical Background Report for the Global Mercury Assessment 2013. In *Arctic Monitoring and Assessment Programme*.
- Antikainen, M., & Valkokari, K. (2016). A Framework for Sustainable Circular Business Model Innovation. *Technology Innovation Management Review*, 6(7). <https://doi.org/10.22215/timreview1000>
- Ashraf, N., Knaepen, H., Van Seters, J., & Mackie, J. (2020). *ecdpm's The integration of climate change and circular economy in foreign policies*. www.ecdpm.org/dp274
- Assima, G. P., Larachi, F., Molson, J., & Beaudoin, G. (2014). Emulation of ambient carbon dioxide diffusion and carbonation within nickel mining residues. *Minerals Engineering*, 59. <https://doi.org/10.1016/j.mineng.2013.09.002>
- Atasu, A. (2019). Operational Perspectives on Extended Producer Responsibility. *Journal of Industrial Ecology*, 23(4). <https://doi.org/10.1111/jiec.12816>
- Balde, C. P., Forti, V., Gray, V., Kuehr, R., & Stegmann, P. (2017). The global e-waste monitor 2017. In *United Nations University*. <https://doi.org/10.1016/j.proci.2014.05.148>

- Beylot, A., & Villeneuve, J. (2017). Accounting for the environmental impacts of sulfidic tailings storage in the Life Cycle Assessment of copper production: A case study. *Journal of Cleaner Production*, 153. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2017.03.129>
- Bocken, N. M. P., de Pauw, I., Bakker, C., & van der Grinten, B. (2016). Product design and business model strategies for a circular economy. *Journal of Industrial and Production Engineering*, 33(5). <https://doi.org/10.1080/21681015.2016.1172124>
- Bringezu, S., Ramaswami, A., Schandl, H., O'Brien, M., & Pelton, R. (2017). Assessing Global Resource Use. *United Nations Environment Programme*.
- Cement Sustainability Initiative. (2016). Cement Industry Energy and CO2 Performance: Getting the Numbers Right (GNR). *World Business Council for Sustainable Development*.
- Chapter 4: Mining waste*. (n.d.). Retrieved September 12, 2021, from https://www.sgu.se/en/itp308/preparatory_course/4-mining-waste/
- Chen, J. Z. (2009). Material flow and circular economy. *Systems Research and Behavioral Science*, 26(2). <https://doi.org/10.1002/sres.968>
- Chen, T., Yan, B., Lei, C., & Xiao, X. (2014). Pollution control and metal resource recovery for acid mine drainage. *Hydrometallurgy*, 147–148. <https://doi.org/10.1016/j.hydromet.2014.04.024>
- Chryss, A., Fourie, A. B., Mönch, A., Nairn, D., & Seddon, K. D. (2012). Towards an integrated approach to tailings management. *Journal of the Southern African Institute of Mining and Metallurgy*, 112(11). https://doi.org/10.36487/acg_rep/1263_01_chryss
- Commission, E. (n.d.). *Study on the EU's list of Critical Raw Materials (2020) Final Report*. <https://doi.org/10.2873/904613>
- Commission, E. (2014). Directive 2014/34/EU of the European Parliament and of the Council. *Official Journal of the European Union*.
- Commission of the European Communities. (2003). Directive 2002/96/EC of The European and of The Council of 27 January 2003 on waste electrical and electronic equipment (WEEE). *Official Journal of the European Union*.

- Coughlan, D., Fitzpatrick, C., & McMahon, M. (2018). Repurposing end of life notebook computers from consumer WEEE as thin client computers – A hybrid end of life strategy for the Circular Economy in electronics. *Journal of Cleaner Production*, 192. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2018.05.029>
- Das, N. (2010). Recovery of precious metals through biosorption - A review. *Hydrometallurgy*, 103(1–4). <https://doi.org/10.1016/j.hydromet.2010.03.016>
- Data Visualisations – materialflows.net*. (n.d.). Retrieved September 12, 2021, from <http://www.materialflows.net/visualisation-centre/data-visualisations/>
- Davies, M. P. (2002). Tailings impoundment failures are geotechnical engineers listening? *Geotechnical News*, 20(3).
- DIRECTIVE 2002/96/EC OF THE EUROPEAN PARLIAMENT AND OF THE COUNCIL of 27 January 2003 on waste electrical and electronic equipment (WEEE)*. (2003).
- Dittrich, M., & Bringezu, S. (2010). The physical dimension of international trade. Part 1: Direct global flows between 1962 and 2005. *Ecological Economics*, 69(9). <https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2010.04.023>
- Drinking water legislation - Environment - European Commission*. (n.d.). Retrieved September 12, 2021, from https://ec.europa.eu/environment/water/water-drink/legislation_en.html
- Edraki, M., Baumgartl, T., Manlapig, E., Bradshaw, D., Franks, D. M., & Moran, C. J. (2014). Designing mine tailings for better environmental, social and economic outcomes: A review of alternative approaches. *Journal of Cleaner Production*, 84(1). <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2014.04.079>
- Eisler, R. (2005). Mercury hazards from gold mining to humans, plants, and animals. *Reviews of Environmental Contamination and Toxicology*, 181. <https://doi.org/10.1201/9781420037982-21>
- EIT RawMaterials supports EU Action Plan to ensure a secure and sustainable supply of raw materials | EIT RawMaterials*. (n.d.). Retrieved September 12, 2021, from <https://eitrawmaterials.eu/eit-rawmaterials-supports-eu-action-plan-to-ensure-a-secure-und-sustainable-supply-of-raw-materials/>
- Ellen Macarthur Foundation. (2013). *Ellen Macarthur Foundation Towards a*

Circular Economy Vol 1: an economic and business rationale for an accelerated transition. Ellen MacArthur Foundation.

ERGO TO BE REBORN | *Miningreview.com*. (n.d.). Retrieved September 12, 2021, from <https://www.miningreview.com/top-stories/ergo-to-be-reborn/>

Esdaille, L. J., & Chalker, J. M. (2018). The Mercury Problem in Artisanal and Small-Scale Gold Mining. In *Chemistry - A European Journal* (Vol. 24, Issue 27). <https://doi.org/10.1002/chem.201704840>

Esposito, M., Tse, T., & Soufani, K. (2017). Is the Circular Economy a New Fast-Expanding Market? *Thunderbird International Business Review*, 59(1). <https://doi.org/10.1002/tie.21764>

EU approach to sustainable development | *European Commission*. (n.d.). Retrieved September 12, 2021, from https://ec.europa.eu/info/strategy/international-strategies/sustainable-development-goals/eu-approach-sustainable-development_en

EU Waste Framework Directive. (2008). 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). In *Official Journal of the European Union*.

Eunomia, & European Environmental Bureau. (2017). Recycling – Who Really Leads the World? *European Environmental Bureau*, 2.

EUR-Lex - 52014DC0398 - EN - EUR-Lex. (n.d.). Retrieved September 12, 2021, from <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=CELEX%3A52014DC0398>

European Commission. (2013). The opportunities to business of improved resource efficiency. Final Report. *AMEC Environmental and Infrastructure and Bio Intelligence Services, February*.

European Commission. (2020a). European green deal: Circular economy action plan for a cleaner and more competitive Europe. *European Union*.

European Commission. (2020b). Leading the way to a global circular economy: state of play and outlook. *Commission Staff Working Document*.

EUROPEAN COMMISSION COMMUNICATION FROM THE COMMISSION

Guidelines on non-financial reporting (methodology for reporting non-financial information). (n.d.). Retrieved September 12, 2021, from http://ec.europa.eu/finance/company-reporting/non-financial_reporting/index_en.htm#related-documents

European Council. (2019). 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. *Www.Plasticseurope.De*, 2019(March).

European Union. (1994). European Parliament and Council Directive 94/62/EC. *Official Journal of the European Communities*, 1993(L).

European Union. (2002). Directive 2002/95/EU of the European Parliament and of the Council on the restriction of the use of certain hazardous substances in electrical and electronic equipment. *European Union, The European Parliament and the Council of the 27 January 2003*, 54(1 July).

European Union. (2009). Directive 2009/125/EC “ecodesign requirements.” *Official Journal of the European Union*, 2009/125/E.

European Union. (2012). Directive 2012/19/EU of the European Parliament and of the Council of 4th July 2012 on waste electrical and electronic equipment (WEEE). *Official Journal of the European Union*, L(June).

Farm to Fork Strategy. (n.d.). Retrieved September 12, 2021, from https://ec.europa.eu/food/horizontal-topics/farm-fork-strategy_en

Florin, N., Madden, B., Sharpe, S., Benn, S., Agarwal, R., Perey, R., & Giurco, D. (2015). Shifting Business Models for a Circular Economy: Metals Management for Multi-Product-Use Cycles. In *Journal of Industrial Ecology* (Vol. 10, Issues 1–2).

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. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2015.09.007>

Global Material Resources Outlook to 2060. (2019). *Global Material Resources Outlook to 2060*. <https://doi.org/10.1787/9789264307452-EN>

- Green Deal: SECONTRADE an essential player in the European circular economy / SECONTRADE Blog.* (n.d.). Retrieved September 12, 2021, from <https://secontrade.com/blog/en/2020/09/08/green-deal-secontrade-an-essential-player-in-the-european-circular-economy/>
- Guillot, J. D. (2021). *E-waste in the EU: facts and figures (infographic)*. European Parliament.
- Habert, G., & Roussel, N. (2009). Study of two concrete mix-design strategies to reach carbon mitigation objectives. *Cement and Concrete Composites*, 31(6), 397–402. <https://doi.org/10.1016/J.CEMCONCOMP.2009.04.001>
- Habib, K., Parajuly, K., & Wenzel, H. (2015). Tracking the Flow of Resources in Electronic Waste - The Case of End-of-Life Computer Hard Disk Drives. *Environmental Science and Technology*, 49(20). <https://doi.org/10.1021/acs.est.5b02264>
- Hagelüken, C. (2013). Recycling of (critical) metals. *Critical Metals Handbook*, 41–69. <https://doi.org/10.1002/9781118755341.CH3>
- Hasanbeigi, A., Arens, M., & Price, L. (2014). Alternative emerging ironmaking technologies for energy-efficiency and carbon dioxide emissions reduction: A technical review. In *Renewable and Sustainable Energy Reviews* (Vol. 33). <https://doi.org/10.1016/j.rser.2014.02.031>
- Hilson, G., & Monhemius, A. J. (2006). Alternatives to cyanide in the gold mining industry: what prospects for the future? In *Journal of Cleaner Production* (Vol. 14, Issues 12-13 SPEC. ISS.). <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2004.09.005>
- How can the international trade regime support a circular transition after the coronavirus crisis? - Sitra.* (n.d.). Retrieved September 12, 2021, from <https://www.sitra.fi/en/articles/how-can-the-international-trade-regime-support-a-circular-transition-after-the-coronavirus-crisis/>
- Input study on “How to stimulate secondary raw material markets” Workshop.* (2018).
- International Resource Panel. (2019). Global Resources Outlook 2019: Summary for Policymakers. *United Nations Environment Programme, March*.
- Jiménez-Rivero, A., & García-Navarro, J. (2017). Best practices for the management

- of end-of-life gypsum in a circular economy. *Journal of Cleaner Production*, 167. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2017.05.068>
- Kacprzak, M., Neczaj, E., Fijałkowski, K., Grobelak, A., Grosser, A., Worwag, M., Rorat, A., Brattebo, H., Almås, Å., & Singh, B. R. (2017). Sewage sludge disposal strategies for sustainable development. *Environmental Research*, 156. <https://doi.org/10.1016/j.envres.2017.03.010>
- Kemp, D., & Owen, J. R. (2018). The industrial ethic, corporate refusal and the demise of the social function in mining. *Sustainable Development*, 26(5). <https://doi.org/10.1002/sd.1894>
- Kettunen, M., Gionfra, S., Monteville, M., Blériot, J., Macarthur, E., Gower, R., & Kendal, J. (2019). *EU circular economy and trade: Improving policy coherence for sustainable development*. www.ieep.eu.
- Kisting, S., & Van Wyk, D. (n.d.). *Case study on Extractive Industries prepared for the Lancet Commission on Global Governance*.
- Krausmann, F., Erb, K. H., Gingrich, S., Lauk, C., & Haberl, H. (2008). Global patterns of socioeconomic biomass flows in the year 2000: A comprehensive assessment of supply, consumption and constraints. *Ecological Economics*, 65(3), 471–487. <https://doi.org/10.1016/J.ECOLECON.2007.07.012>
- Kriwet, A., Zussman, E., & Seliger, G. (1995). Systematic integration of design-for-recycling into product design. *International Journal of Production Economics*, 38(1). [https://doi.org/10.1016/0925-5273\(95\)99062-A](https://doi.org/10.1016/0925-5273(95)99062-A)
- KS1 Project Details*. (n.d.). Retrieved September 12, 2021, from <https://www.genexpower.com.au/ks1-project-details.html>
- L_2017305EN.01000801.xml*. (n.d.). Retrieved September 12, 2021, from <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/HTML/?uri=CELEX:32017L2102&from=EN>
- Laurence, D. (2011). Establishing a sustainable mining operation: An overview. *Journal of Cleaner Production*, 19(2–3). <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2010.08.019>
- Lébre, É., & Corder, G. (2015). Integrating industrial ecology thinking into the management of mining waste. In *Resources* (Vol. 4, Issue 4).

<https://doi.org/10.3390/resources4040765>

Lèbre, É., Corder, G. D., & Golev, A. (2017). Sustainable practices in the management of mining waste: A focus on the mineral resource. *Minerals Engineering*, *107*. <https://doi.org/10.1016/j.mineng.2016.12.004>

Li, Z., Ma, Z., van der Kuijp, T. J., Yuan, Z., & Huang, L. (2014). A review of soil heavy metal pollution from mines in China: Pollution and health risk assessment. In *Science of the Total Environment* (Vols. 468–469). <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2013.08.090>

Lovins, A. B., Lovins, L. H., & Hawken, P. (1999). A road map for natural capitalism. *Harvard Business Review*, *77*(3).

Maqsood, T., Shooshtarian, S., Sp, P., Khalfan, W. M., & Yang, R. J. (2020). *Review and identify jurisdictional regulations/specifications/guidelines/ standards, affecting the development and operation of end-markets for C&D waste streams Research Report 1 SBEnrc P1.75 Creation and Stimulation of End-Markets for Construction and Demolition Waste*. <https://sbenrc.com.au/research-programs/1-75/>

Meadows, D. H., Meadows, D. L., Randers, J., & Behrens, W. W. (1972). The Limits to Growth: A report for the Club of Rome's Project on the Predicament of Mankind. In *The Limits to Growth: A report for the Club of Rome's Project on the Predicament of Mankind*. <https://doi.org/10.1349/ddlp.1>

Metallurgical Alumina Refining Energy Intensity - International Aluminium Institute. (n.d.). Retrieved September 16, 2021, from <https://international-aluminium.org/statistics/metallurgical-alumina-refining-energy-intensity/#data>

Metals Removal & Recovery: BQE Water. (n.d.). Retrieved September 16, 2021, from <https://www.bqewater.com/technology-solutions/metals/>

Monea, M. C., Löhr, D. K., Meyer, C., Preyl, V., Xiao, J., Steinmetz, H., Schönberger, H., & Drenkova-Tuhtan, A. (2020). Comparing the leaching behavior of phosphorus, aluminum and iron from post-precipitated tertiary sludge and anaerobically digested sewage sludge aiming at phosphorus recovery. *Journal of Cleaner Production*, *247*. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.119129>

- Morf, L. S., Gloor, R., Haag, O., Haupt, M., Skutan, S., Lorenzo, F. Di, & Böni, D. (2013). Precious metals and rare earth elements in municipal solid waste – Sources and fate in a Swiss incineration plant. *Waste Management*, 33(3), 634–644. <https://doi.org/10.1016/J.WASMAN.2012.09.010>
- Mudd, G. M. (2007). *The Sustainability of Mining in Australia: Key Production Trends and Their Environmental Implications for the Future*. <http://civil.eng.monash.edu.au/publications/>
- Mueller, W. (2013). The effectiveness of recycling policy options: Waste diversion or just diversions? *Waste Management*, 33(3). <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2012.12.007>
- Murray, A., Skene, K., & Haynes, K. (2017). The Circular Economy: An Interdisciplinary Exploration of the Concept and Application in a Global Context. *Journal of Business Ethics*, 140(3). <https://doi.org/10.1007/s10551-015-2693-2>
- Myers, N., & Kent, J. (2003). New consumers: The influence of affluence on the environment. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 100(8). <https://doi.org/10.1073/pnas.0438061100>
- Norgate, T., & Haque, N. (2013). The greenhouse gas impact of IPCC and ore-sorting technologies. *Minerals Engineering*, 42. <https://doi.org/10.1016/j.mineng.2012.11.012>
- Parajuly, K., Habib, K., Cimpan, C., Liu, G., & Wenzel, H. (2016). End-of-life resource recovery from emerging electronic products – A case study of robotic vacuum cleaners. *Journal of Cleaner Production*, 137. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2016.07.142>
- Parajuly, K., Kuehr, R., Awasthi, A. K., Fitzpatrick, C., Lepawsky, J., Smith, E., Widmer, R., & Zeng, X. (2019). Future e-waste scenarios. *StEP (Bonn), UNU ViE-SCYCLE (Bonn) & UNEP IETC (Osaka)*.
- Parajuly, K., & Wenzel, H. (2017). Potential for circular economy in household WEEE management. *Journal of Cleaner Production*, 151. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2017.03.045>
- Preparatory study for the Ecodesign Working Plan 2020-2024 | Internal Market,*

Industry, Entrepreneurship and SMEs. (n.d.). Retrieved September 12, 2021, from https://ec.europa.eu/growth/content/preparatory-study-ecodesign-working-plan-2020-2024_en

Restarting Mount Morgan Operations: A case study in innovative technology application. (n.d.). Retrieved September 16, 2021, from www.nortongoldfields.com.au

Ritzén, S., & Sandström, G. Ö. (2017). Barriers to the Circular Economy - Integration of Perspectives and Domains. *Procedia CIRP*, 64. <https://doi.org/10.1016/j.procir.2017.03.005>

Rockström, J., Steffen, W., Noone, K., Persson, Å., Chapin, F. S., Lambin, E., Lenton, T. M., Scheffer, M., Folke, C., Schellnhuber, H. J., Nykvist, B., de Wit, C. A., Hughes, T., van der Leeuw, S., Rodhe, H., Sörlin, S., Snyder, P. K., Costanza, R., Svedin, U., ... Foley, J. (2009). Planetary boundaries: Exploring the safe operating space for humanity. *Ecology and Society*, 14(2). <https://doi.org/10.5751/ES-03180-140232>

Romão, I. S., Gando-Ferreira, L. M., & Zevenhoven, R. (2013). Combined extraction of metals and production of Mg(OH)₂ for CO₂ sequestration from nickel mine ore and overburden. *Minerals Engineering*, 53. <https://doi.org/10.1016/j.mineng.2013.08.002>

Salvini, G., Dentoni, D., Ligtenberg, A., Herold, M., & Bregt, A. K. (2018). Roles and drivers of agribusiness shaping Climate-Smart Landscapes: A review. In *Sustainable Development* (Vol. 26, Issue 6). <https://doi.org/10.1002/sd.1897>

Sánchez-Andrea, I., Sanz, J. L., Bijmans, M. F. M., & Stams, A. J. M. (2014). Sulfate reduction at low pH to remediate acid mine drainage. *Journal of Hazardous Materials*, 269. <https://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2013.12.032>

Sauvé, S., Bernard, S., & Sloan, P. (2016). Environmental sciences, sustainable development and circular economy: Alternative concepts for trans-disciplinary research. *Environmental Development*, 17. <https://doi.org/10.1016/j.envdev.2015.09.002>

Scharff, H. (2014). Landfill reduction experience in The Netherlands. *Waste Management*, 34(11). <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2014.05.019>

Smol, M., Kulczycka, J., Henclik, A., Gorazda, K., & Wzorek, Z. (2015). The possible use of sewage sludge ash (SSA) in the construction industry as a way towards a circular economy. In *Journal of Cleaner Production* (Vol. 95). <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2015.02.051>

Statistics | Eurostat. (n.d.). Retrieved September 12, 2021, from https://ec.europa.eu/eurostat/databrowser/view/env_ac_mfa/default/table?lang=en

STEEL STATISTICAL YEARBOOK 2017. (n.d.).

Steffen, W., Richardson, K., Rockström, J., Cornell, S. E., Fetzer, I., Bennett, E. M., Biggs, R., Carpenter, S. R., De Vries, W., De Wit, C. A., Folke, C., Gerten, D., Heinke, J., Mace, G. M., Persson, L. M., Ramanathan, V., Reyers, B., & Sörlin, S. (2015). Planetary boundaries: Guiding human development on a changing planet. *Science*, 347(6223). <https://doi.org/10.1126/science.1259855>

Steinberger, J. K., Krausmann, F., Getzner, M., Schandl, H., & West, J. (2013). Development and Dematerialization: An International Study. *PLoS ONE*, 8(10). <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0070385>

STRATEGY for SECONDARY RAW MATERIALS | Legislative train schedule | European Parliament. (n.d.). Retrieved September 12, 2021, from <https://www.europarl.europa.eu/legislative-train/theme-new-boost-for-jobs-growth-and-investment/file-strategy-for-secondary-raw-materials>

Taube, A. (1986). The Mount Morgan gold-copper mine and environment, Queensland: a volcanogenic massive sulfide deposit associated with penecontemporaneous faulting. In *Economic Geology* (Vol. 81, Issue 6). <https://doi.org/10.2113/gsecongeo.81.6.1322>

Tayebi-Khorami, M., Edraki, M., Corder, G., & Golev, A. (2019). Re-thinking mining waste through an integrative approach led by circular economy aspirations. In *Minerals* (Vol. 9, Issue 5). <https://doi.org/10.3390/min9050286>

Texts adopted - A European Strategy for Plastics in a circular economy - Thursday, 13 September 2018. (n.d.). Retrieved September 12, 2021, from https://www.europarl.europa.eu/doceo/document/TA-8-2018-0352_EN.html

The Sustainable Development Agenda – United Nations Sustainable Development.

- (n.d.). Retrieved September 12, 2021, from <https://www.un.org/sustainabledevelopment/development-agenda/>
- Towards a Circular Economy: Business rationale for an accelerated transition / Shared by Business.* (n.d.). Retrieved September 12, 2021, from <https://emf.thirdlight.com/link/ip2fh05h21it-6nvypm/@/preview/1?o>
- TOWARDS CIRCULAR ECONOMY IN THE MINING INDUSTRY: Implications of Institutions on the Drivers and Barriers for Tailings Valorization.* (2019).
- Unay-Gailhard, Ī., & Bojnec, Š. (2019). The impact of green economy measures on rural employment: Green jobs in farms. *Journal of Cleaner Production*, 208. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2018.10.160>
- Unger, N., Beigl, P., Höggerl, G., & Salhofer, S. (2017). The greenhouse gas benefit of recycling waste electrical and electronic equipment above the legal minimum requirement: An Austrian LCA case study. *Journal of Cleaner Production*, 164. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2017.06.225>
- United Nations. (2017). World Population Prospects (2017 revision): Key findings & advance tables. In *World Population Prospects The 2017*.
- Vandecasteele, I., Marí i Rivero, I., Baranzelli, C., Becker, W., Dreoni, I., Lavallo, C., & Batelaan, O. (2018). The Water Retention Index: Using land use planning to manage water resources in Europe. *Sustainable Development*, 26(2). <https://doi.org/10.1002/sd.1723>
- Velenturf, A. P. M., & Purnell, P. (2017). Resource recovery from waste: Restoring the balance between resource scarcity and waste overload. *Sustainability (Switzerland)*, 9(9). <https://doi.org/10.3390/su9091603>
- Vidal-Legaz, B., Blengini, G. A., Mathieux, F., Latunussa, C., Mancini, L., Nita, V., Hamor, T., Ardente, F., Nuss, P., Torres de Matos, C., Wittmer, D., Peiró, L. T., Garbossa, E., Pavel, C., Dias Alves, P., Blagoeva, D., Bobba, S., Huisman, J., Eynard, U., ... Pennington, D. (2018). Raw Materials Scoreboard 2018. European Innovation Partnership on Raw Materials. In *European Commission*.
- Wang, Z., Zhang, B., & Guan, D. (2016). Take responsibility for electronic-waste disposal. In *Nature* (Vol. 536, Issue 7614). <https://doi.org/10.1038/536023a>
- Waste recycling — European Environment Agency.* (n.d.). Retrieved September 15,

2021, from <https://www.eea.europa.eu/data-and-maps/indicators/waste-recycling-1/assessment-1>

Watkins, E., Schweitzer, J.-P., Leinala, E., & Börkey, P. (2019). *POLICY APPROACHES TO INCENTIVISE SUSTAINABLE PLASTIC DESIGN-ENVIRONMENT WORKING PAPER N°149*. www.oecd.org/environment/workingpapers.htm

Wellmer, F. W., & Hagelüken, C. (2015). The feedback control cycle of mineral supply, increase of raw material efficiency, and sustainable development. In *Minerals* (Vol. 5, Issue 4). <https://doi.org/10.3390/min5040527>

Wels, C., Findlater, L., & McCombe, C. (2006). Assessment of groundwater impacts at the historic Mount Morgan mine site, Queensland, Australia. *7th International Conference on Acid Rock Drainage 2006, ICARD - Also Serves as the 23rd Annual Meetings of the American Society of Mining and Reclamation, 3*. <https://doi.org/10.21000/jasmr06022311>

Wels, C., Findlater, L., Shaw, S., & Laurencont, T. (n.d.). *Mt Morgan Mine-a case study of ARD impacted groundwater*.

World Business Council for Sustainable Development Cement Industry Energy and CO2 Performance. (n.d.).

World Commission on Environment and Development. (1987). Report of the World Commission on Environment and Development: Our Common Future (The Brundtland Report). *Medicine, Conflict and Survival, 4*. <https://doi.org/10.1080/07488008808408783>

World Health Organization. (2016). Artisanal and small-scale gold mining and health- TECHNICAL PAPER #1: ENVIRONMENTAL AND OCCUPATIONAL HEALTH HAZARDS ASSOCIATED WITH ARTISANAL AND SMALL-SCALE GOLD MINING. *Heliyon, 6*(6).

Yamaguchi, S., & Steenblik, R. (2018). International Trade and the Transition to a More Resource Efficient and Circular Economy – A Concept Paper. In *OECD Trade and Environment Working Papers: Vol. 2018/03* (Issue 2017).

ΑΝΑΚΟΙΝΩΣΗ ΤΗΣ ΕΠΙΤΡΟΠΗΣ ΠΡΟΣ ΤΟ ΕΥΡΩΠΑΪΚΟ ΚΟΙΝΟΒΟΥΛΙΟ, ΤΟ ΣΥΜΒΟΥΛΙΟ, ΤΗΝ ΕΥΡΩΠΑΪΚΗ ΟΙΚΟΝΟΜΙΚΗ ΚΑΙ ΚΟΙΝΩΝΙΚΗ

ΕΠΙΤΡΟΠΗ ΚΑΙ ΤΗΝ ΕΠΙΤΡΟΠΗ ΤΩΝ ΠΕΡΙΦΕΡΕΙΩΝ Ένα νέο σχέδιο δράσης για την κυκλική οικονομία Για μια πιο καθαρή και πιο ανταγωνιστική Ευρώπη. (n.d.).

Επίσημη Εφημερίδα της Ευρωπαϊκής Ένωσης, ΟΔΗΓΙΑ 2006/21/ΕΚ ΤΟΥ ΕΥΡΩΠΑΪΚΟΥ ΚΟΙΝΟΒΟΥΛΙΟΥ ΚΑΙ ΤΟΥ ΣΥΜΒΟΥΛΙΟΥ της 15ης Μαρτίου 2006 σχετικά με τη διαχείριση των αποβλήτων της εξορυκτικής βιομηχανίας και την τροποποίηση της οδηγίας 2004/35/ΕΚ.

European Commission. (2020). Study on the EU's list of Critical Raw Materials (2020) Final Report.