



ΑΡΙΣΤΟΤΕΛΕΙΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗΣ
ΣΧΟΛΗ ΘΕΤΙΚΩΝ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ
ΤΜΗΜΑ ΓΕΩΛΟΓΙΑΣ
ΤΟΜΕΑΣ ΟΡΥΚΤΟΛΟΓΙΑΣ-ΠΕΤΡΟΛΟΓΙΑΣ
ΚΟΙΤΑΣΜΑΤΟΛΟΓΙΑΣ



ΙΩΑΝΝΑ ΓΙΑΝΝΑΚΟΥΔΑΚΗ

ΑΕΜ: 5317

«ΤΑ ΜΕΤΑΛΛΑ ΤΗΣ ΠΡΑΣΙΝΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ»

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

Σεπτέμβριος

2022



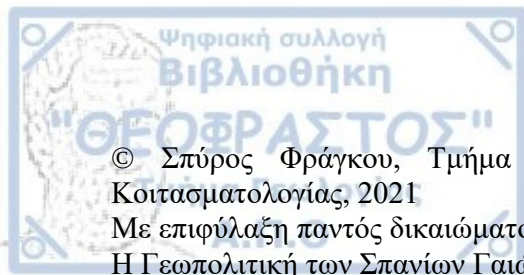
ΙΩΑΝΝΑ ΓΙΑΝΝΑΚΟΥΔΑΚΗ

«ΤΑ ΜΕΤΑΛΛΑ ΤΗΣ ΠΡΑΣΙΝΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ»

Υποβλήθηκε στο Τμήμα Γεωλογίας
Τομέας Ορυκτολογίας – Πετρολογίας -Κοιτασματολογίας

Επιβλέπων Καθηγητής

Μέλφος Βασίλειος



© Σπύρος Φράγκου, Τμήμα Γεωλογίας Α.Π.Θ., Τομέας Ορυκτολογίας, Πετρολογίας, Κοιτασματολογίας, 2021

Με επιφύλαξη παντός δικαιώματος.

Η Γεωπολιτική των Σπανίων Γαιών – Διπλωματική Εργασία

© Spyros Fragkou, School of Geology, Department of Mineralogy, Petrology, Economic Geology, 2021

All rights reserved.

The Geopolitics of Rare-Earth Elements – Bachelor Thesis

Απαγορεύεται η αντιγραφή, αποθήκευση και διανομή της παρούσας εργασίας, εξ ολοκλήρου ή τμήματος αυτής, για εμπορικό σκοπό. Επιτρέπεται η ανατύπωση, αποθήκευση και διανομή για σκοπό μη κερδοσκοπικό, εκπαιδευτικής ή ερευνητικής φύσης, υπό την προϋπόθεση να αναφέρεται η πηγή προέλευσης και να διατηρείται το παρόν μήνυμα. Ερωτήματα που αφορούν τη χρήση της εργασίας για κερδοσκοπικό σκοπό πρέπει να απευθύνονται προς το συγγραφέα.

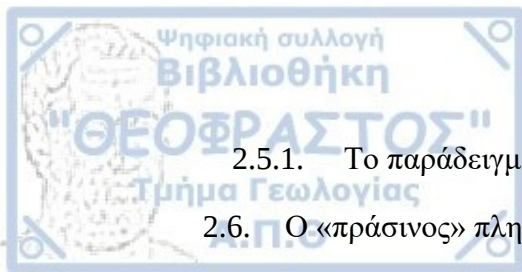
Οι απόψεις και τα συμπεράσματα που περιέχονται σε αυτό το έγγραφο εκφράζουν το συγγραφέα και δεν πρέπει να ερμηνευτεί ότι εκφράζουν τις επίσημες θέσεις του Α.Π.Θ.





ΠΙΝΑΚΑΣ ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΩΝ

ΠΙΝΑΚΑΣ ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΩΝ.....	5
ΠΙΝΑΚΑΣ ΓΡΑΦΗΜΑΤΩΝ	6
ΠΙΝΑΚΑΣ ΕΙΚΟΝΩΝ	6
ΠΕΡΙΛΗΨΗ.....	7
ABSTRACT.....	8
ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ	9
ΠΡΟΛΟΓΟΣ.....	10
ΕΙΣΑΓΩΓΗ	11
1. ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1 ^ο	12
1.1. Το λεξικό της «Πράσινης Ενέργειας»	12
1.2. Οι μορφές της «Πράσινης Ενέργειας».....	13
1.3. Η σημαντικότητα της «Πράσινης Ενέργειας»	15
1.4. Η αντικατάσταση των ορυκτών καυσίμων με την «Πράσινη Ενέργεια»	17
1.5. Η διαφορά μεταξύ της «Πράσινης Ενέργειας», της «Καθαρής Ενέργειας» και των «Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας».....	19
2. ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2 ^ο	20
2.1. Τα «πράσινα μέταλλα»	20
2.2. Τα «πράσινα μέταλλα» στην «πράσινη μετάβαση»	20
2.3. Η αύξηση της ζήτησης των «πράσινων μετάλλων»	21
2.3.1. Τα μέταλλα που ωφελούνται από την αύξηση της ζήτησης.....	24
2.3.2. «Πράσινα μέταλλα» προερχόμενα από την ανακύκλωση.....	25
2.4. Η ευκαιρία και οι κίνδυνοι για την «πράσινη μετάβαση»	27
2.5. Πως τα «πράσινα μέταλλα» μπορούν να αποθήσουν την κλιματική αλλαγή ...	31



2.5.1. Το παράδειγμα του Καναδά	33
2.6. Ο «πράσινος» πληθωρισμός	35
2.7. Η εισβολή στην Ουκρανία	40
2.8. Η αυτάρκεια στην ενέργεια.....	42
ΣΥΖΗΤΗΣΗ & ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ	44
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ	47

ΠΙΝΑΚΑΣ ΓΡΑΦΗΜΑΤΩΝ

Γράφημα 2: πρόβλεψη, ότι οι ανανεώσιμες πηγές ενέργειας θα παρέχουν σχεδόν το ήμισυ της παγκόσμιας ηλεκτρικής ενέργειας έως το 2050, πηγή: (Green_City_Times, 2022)	15
---	----

ΠΙΝΑΚΑΣ ΕΙΚΟΝΩΝ

Εικόνα 1: Παραγωγές χώρες στα συμβατικά καύσιμα και στα «πράσινα μέταλλα», πηγή: (Finance&economics, 2022)	21
Εικόνα 2: οι μεγαλύτερες παραγωγές χώρες πράσινων μετάλλων, πηγή: (BHMA_Team, 2021)	22
Εικόνα 3: σενάρια αύξησης τιμών των πράσινων μετάλλων, πηγή: (BHMA_Team, 2021)	23
Εικόνα 4: η βιομηχανία εξόρυξης και μετάλλων ως αποτέλεσμα των επιταγών του ESG, πηγή: (Campbell, Bond, Connellan, Mohen, & Foo, 2022)	26
Εικόνα 5: οι κύριοι κάτοχοι ενέργειας (Finance&economics, 2022)	28
Εικόνα 6: παραγωγή πράσινων μετάλλων ανά χώρα, πηγή (Finance&economics, 2022)	31
Εικόνα 7: έρευνα σχετικά με τα ορυχεία και τα μέταλλα, πηγή: (Mining&Metals, 2022)	32
Εικόνα 8: αύξηση των τιμών στα πράσινα μέταλλα, πηγή: (WhitePapers, 2022).....	38



«Τα μέταλλα της πράσινης ανάπτυξης»

Ιωάννα Γιαννακουδάκη

Η παρούσα διπλωματική εργασία, αφορά την μελέτη των «πράσινων μετάλλων», τα οποία πρόκειται να χρησιμοποιηθούν κατά την «πράσινη μετάβαση». Πρόκειται για μια βιβλιογραφική μελέτη, όπου ερευνάται η βιβλιογραφία και κυρίως πρόσφατα άρθρα από έγκυρες πηγές.

Αρχικά καταγράφεται το πλαίσιο σχετικά με την πράσινη ενέργεια και οι λόγοι για τους οποίους απαιτείται οι κυβερνήσεις να στραφούν σε αυτόν τον δρόμο ενισχύοντας τις επενδύσεις τους. Δίδονται πληροφορίες για τις μορφές της πράσινης ενέργειας, καθώς και για τα μέταλλα τα οποία είναι απαραίτητα για την δημιουργία νέων τεχνολογιών και ανανεώσιμων πηγών ενέργειας, ενώ καταγράφεται ο σαφής διαχωρισμός μεταξύ της πράσινης ενέργειας, της καθαρής ενέργειας και των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας.

Για τις νέες πηγές ενέργειας, για τις οποίες απαιτούνται τα πράσινα μέταλλα, παρουσιάζουν αυξημένη ζήτηση, με αποτέλεσμα την αύξηση τιμών των πράσινων μετάλλων, αν και γίνεται συζήτηση για την χρήση των ανακυκλωμένων πράσινων μετάλλων. Για την πράσινη μετάβαση υπάρχει ευκαιρία, αλλά υπάρχουν και διάφοροι κίνδυνοι, οπότε και καταγράφονται, μαζί με τα σενάρια για τα επόμενα έτη, στις περιπτώσεις αύξησης της θερμοκρασίας του πλανήτη, στις περιπτώσεις αύξησης των τιμών, στην περίπτωση του πληθωρισμού, αλλά και στην πρόσφατη εισβολή της Ρωσίας στην Ουκρανία και η διαπίστωση ανάγκης ενεργειακής αυτάρκειας στην Ε.Ε.

Λέξεις κλειδιά: πράσινη ενέργεια, πράσινα μέταλλα, ανανεώσιμες πηγές ενέργειας, συμβατικά καύσιμα, κλιματική αλλαγή



ABSTRACT

"The minerals of green growth"

Ioanna Giannakoudaki

This thesis concerns the study of "green metals", which are to be used during the "green transition". It is a bibliographic study, based on the literature and on recent articles from authoritative sources.

The thesis first sets out the context for green energy and the reasons why governments are required to follow this path by boosting their investments. Information is given on the forms of green energy, as well as on the metals that are necessary for the production of new technologies and renewable energy sources, while the clear separation between green energy, clean energy and renewable energy sources is recorded.

For the new energy sources, for which green metals are required, there is an increased demand, resulting in an increase in the prices of green metals, although there is a discussion about the use of recycled green metals. For the green transition there is an opportunity, but there are also various risks; so they are recorded, together with the scenarios for the following years, in the cases of global warming, in the cases of price increases, in the case of inflation, but also in the recent invasion of Russia in Ukraine and the determination of the need for energy self-sufficiency in the E.U.

Keywords: green energy, green metals, renewable energy, conventional fuels, climate change



Το θέμα της παρούσης διπλωματικής εργασίας μου ανατέθηκε τον Μάρτιο του 2022 από τον καθηγητή Κοιτασματολογίας του Τμήματος Γεωλογίας του Αριστοτελείου Πανεπιστημίου Θεσσαλονίκης, κ. Μέλφο Βασίλειο, τον οποίο ευχαριστώ θερμά για αυτήν την υπόδειξη του θέματος, την καθοδήγηση και τις συμβουλές του σε όλη τη διάρκεια της εργασίας αυτής.

Τέλος, θα ήθελα να ευχαριστήσω την οικογένεια μου για τη στήριξή τους σε όλη τη διάρκεια των σπουδών μου.

ΠΡΟΛΟΓΟΣ

Στο πλαίσιο της αναζήτησης και μελέτης των «πράσινων μετάλλων» και της «πράσινης μετάβασης», η συγκεκριμένη διπλωματική εργασία επιχειρεί να παρουσιάσει και να εξετάσει την έως τώρα ζήτηση των συμβατικών ορυκτών μετάλλων και πως προδιαγράφεται το μέλλον της ενέργειας με την χρήση των λεγόμενων «πράσινων μετάλλων».

Η πράσινη βιομηχανική επανάσταση είναι προ των πυλών, καθοδηγούμενη από τη ζήτηση των καταναλωτών για πιο πράσινες τεχνολογίες. Στα «πράσινα» μέταλλα περιλαμβάνονται: ο χαλκός, το κοβάλτιο, το λίθιο, το βανάδιο και διάφορα μέταλλα σπάνιων γαιών, ενώ οι κύριοι μοχλοί της πράσινης τεχνολογικής αλλαγής αφορούν:

- την Απόδοση καυσίμου
- την Αποθήκευση μπαταρίας
- τα Ηλεκτρικά οχήματα
- τις Ανανεώσιμες πηγές ενέργειας

Οι ανανεώσιμες πηγές ενέργειας και κυρίως η αιολική και η ηλιακή ενέργεια έκαναν την εμφάνισή τους τη δεκαετία του 1970, όμως τα πρώτα 30 έτη αφορούσαν περισσότερο την ενεργειακή ασφάλεια και λιγότερο το κλίμα, το οποίο την εποχή εκείνη δεν αποτελούσε πρόβλημα (Yergin 2020).

Σήμερα και έως το 2050, απαιτείται η μείωση των εκπομπών ρυπογόνων αερίων του θερμοκηπίου στο μηδέν. Αυτό αποτελεί τον παγκόσμιο στόχο που πρέπει να επιτευχθεί για να εξασφαλιστεί μια βιώσιμη Γη για τις επόμενες γενιές. Από την ηλεκτροδότηση του ενεργειακού δικτύου, έως την επανεξέταση της παγκόσμιας αλυσίδας εφοδιασμού τροφίμων, πρέπει να δημιουργηθούν καινοτόμες τεχνολογίες και να χαραχθεί μια από κοινού πολιτική και για τις κυβερνήσεις και για τους επενδυτές και για τον πληθυσμό

Η «Πράσινη Ενέργεια» ως φαίνεται θα αποτελέσει μέρος του μέλλοντος του κόσμου, προσφέροντας μια πιο καθαρή εναλλακτική προοπτική, σε σχέση με τις σημερινές πηγές ενέργειας. Αυτές οι πηγές ενέργειας που αναπληρώνονται άμεσα, δεν λειτουργούν μόνο υπέρ του περιβάλλοντος, αλλά οδηγούν επίσης και στη δημιουργία θέσεων εργασίας και πρόκειται να γίνουν οικονομικά βιώσιμες καθώς συνεχίζονται οι εξελίξεις. Οι εναλλακτικές αυτές πηγές ενέργειας αποτελούν το αντίθετο των μη βιώσιμων ορυκτών καυσίμων, λόγω της εκπομπής άνθρακα. Γεγονός αποτελεί ότι τα ορυκτά καύσιμα πλέον, πρέπει να αποτελέσουν παρελθόν, καθώς δεν παρέχουν βιώσιμη λύση στις ενεργειακές ανάγκες του πλανήτη. Αναπτύσσοντας μια ποικιλία λύσεων πράσινης ενέργειας μπορεί να δημιουργηθεί ένα απόλυτα βιώσιμο μέλλον για την παροχή ενέργειας, χωρίς να υποστεί σοβαρότατες βλάβες το περιβάλλον.

Στην παρούσα βιβλιογραφική μελέτη αναπτύσσονται οι έννοιες της πράσινης ενέργειας, της μετάβασης σε αυτήν και δίδονται πληροφορίες σχετικά με τα απαραίτητα πράσινα μέταλλα.

Στο 1^ο Κεφάλαιο, προσεγγίζεται το λεξικό της πράσινης ενέργειας, οι μορφές της, η σημαντικότητα της και η αντικατάσταση των ορυκτών καυσίμων με τα υλικά που χρησιμοποιεί η πράσινη ενέργεια, καθώς και γίνεται μνεία για τη διαφορά μεταξύ της πράσινης ενέργειας, της καθαρής ενέργειας και των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας.

Στο 2^ο Κεφάλαιο αναλύονται τα πράσινα μέταλλα στην πράσινη μετάβαση. Δίδονται πληροφορίες για την αύξηση της ζήτησης των πράσινων μετάλλων, ποια είναι τα μέταλλα τα οποία ωφελούνται από την αύξηση της ζήτησης και πληροφορίες σχετικές με τα πράσινα μέταλλα που προέρχονται από την ανακύκλωση. Καταγράφονται επίσης οι κίνδυνοι για την πράσινη μετάβαση, αλλά και η ευκαιρία, καθώς και η δυνατότητα που έχουν τα πράσινα μέταλλα στην απώθηση της κλιματικής αλλαγής, με κύριο το παράδειγμα δράσης του Καναδά. Επίσης παρατίθενται στοιχεία από σενάρια τα οποία αναφέρονται στον πράσινο πληθωρισμό, αλλά και το τι συνέβη με την εισβολή της Ρωσίας στην Ουκρανία.

Η μελέτη ολοκληρώνεται με συζήτηση και συμπεράσματα.

1.1. Το λεξικό της «Πράσινης Ενέργειας»

Ως πράσινη ενέργεια θεωρείται ο κάθε τύπος ενέργειας ο οποίος παράγεται από φυσικούς πόρους, όπως είναι το φως του ήλιου, ο άνεμος ή το νερό. Συχνά επίσης, η πράσινη ενέργεια, προέρχεται από ανανεώσιμες πηγές ενέργειας, αν και υπάρχουν ορισμένες διαφορές μεταξύ των ανανεώσιμων πηγών και της πράσινης ενέργειας. Το κλειδί με αυτούς τους ενεργειακούς πόρους είναι ότι δεν βλάπτουν το περιβάλλον, μέσω διάφορων παραγόντων, όπως για παράδειγμα η απελευθέρωση αερίων του θερμοκηπίου στην ατμόσφαιρα.

Ως πηγή ενέργειας, η πράσινη ενέργεια προέρχεται συχνά από τεχνολογίες ανανεώσιμων πηγών ενέργειας, όπως η ηλιακή ενέργεια, η αιολική ενέργεια, η γεωθερμική ενέργεια, η βιομάζα και η υδροηλεκτρική ενέργεια. Κάθε μία από αυτές τις τεχνολογίες λειτουργεί με διαφορετικούς τρόπους, είτε παίρνοντας ενέργεια από τον ήλιο, όπως συμβαίνει με τα ηλιακά πάνελ, είτε χρησιμοποιώντας ανεμογεννήτριες ή τη ροή του νερού, για την παραγωγή ενέργειας (Lazaroiu and Putrus 2022).

Για να θεωρηθεί πράσινη ενέργεια, ένας πόρος δεν μπορεί να παράγει ρύπανση, όπως παράγουν τα ορυκτά καύσιμα. Αυτό σημαίνει ότι δεν είναι όλες οι πηγές, οι οποίες χρησιμοποιούνται από τη βιομηχανία ανανεώσιμων πηγών ενέργειας, πράσινες. Για παράδειγμα, η παραγωγή ενέργειας που καίει οργανικά υλικά από βιώσιμα δάση, μπορεί να είναι ανανεώσιμη, αλλά δεν είναι απαραίτητα πράσινη, λόγω του CO₂, το οποίο παράγεται από την ίδια τη διαδικασία καύσης.

Οι πηγές πράσινης ενέργειας συνήθως αναπληρώνονται φυσικά, σε αντίθεση με τις πηγές ορυκτών καυσίμων, όπως το φυσικό αέριο ή ο άνθρακας, που μπορεί να χρειαστούν εκατομμύρια χρόνια για να αναπληρωθούν. Οι πράσινες πηγές επίσης, συχνά αποφεύγουν τις εργασίες εξόρυξης ή γεώτρησης, που μπορεί να είναι επιβλαβείς για τα οικοσυστήματα.

1.2. Οι μορφές της «Πράσινης Ενέργειας»

Όπως αναφέρθηκε, οι κύριες πηγές είναι η αιολική ενέργεια, η ηλιακή ενέργεια και η υδροηλεκτρική ενέργεια (συμπεριλαμβανομένης της παλίρροιακής ενέργειας, η οποία χρησιμοποιεί την ενέργεια των ωκεανών από τις παλίρροιες που δημιουργούνται στη θάλασσα). Η ηλιακή και η αιολική ενέργεια μπορούν να παραχθούν, σε μικρότερη όμως κλίμακα, και στα σπίτια των ανθρώπων, ενώ μπορούν να παραχθούν σε μεγαλύτερη κλίμακα, για την βιομηχανία (Nunez 2019).

Οι έξι μορφές της πράσινης ενέργειας, είναι:

Η Ηλιακή Ενέργεια

Αυτός ο κοινός τύπος ανανεώσιμης ενέργειας παράγεται συνήθως με τη χρήση φωτοβολταϊκών στοιχείων, τα οποία αιχμαλωτίζουν το ηλιακό φως και το μετατρέπουν σε ηλεκτρική ενέργεια. Η ηλιακή ενέργεια χρησιμοποιείται επίσης για τη θέρμανση κτιρίων και για ζεστό νερό, καθώς και για την εστίαση και τον φωτισμό, ενώ έχει πλέον γίνει αρκετά προσιτή ώστε να χρησιμοποιείται για ποικίλους οικιακούς σκοπούς και σε μεγαλύτερη κλίμακα χρησιμοποιείται ακόμη και για την τροφοδοσία ολόκληρων περιοχών.

Η Αιολική Ενέργεια

Ιδιαίτερα κατάλληλη για τοποθεσίες υπεράκτιων και υψηλότερου υψομέτρου περιοχών, η αιολική ενέργεια, χρησιμοποιεί τη δύναμη της ροής του αέρα, για να ωθήσει ειδικές τουρμπίνες, οι οποίες στη συνέχεια παράγουν την ηλεκτρική ενέργεια.

Υδροηλεκτρική Ενέργεια

Αυτός ο τύπος πράσινης ενέργειας χρησιμοποιεί τη ροή του νερού σε ποτάμια, ρυάκια, φράγματα ή αλλού, έτσι ώστε να παραχθεί η ηλεκτρική ενέργεια. Η υδροηλεκτρική ενέργεια μπορεί ακόμη και να λειτουργήσει σε μικρή κλίμακα, χρησιμοποιώντας τη ροή του νερού μέσω σωληνώσεων στο σπίτι ή μπορεί να προέλθει από τις βροχοπτώσεις ή τις παλίρροιες στους ωκεανούς.

Οι κάτωθι ενέργειες εξαρτάται εάν θα κριθούν ή όχι «πράσινες», από τον τρόπο δημιουργίας τους.

Γεωθερμική Ενέργεια

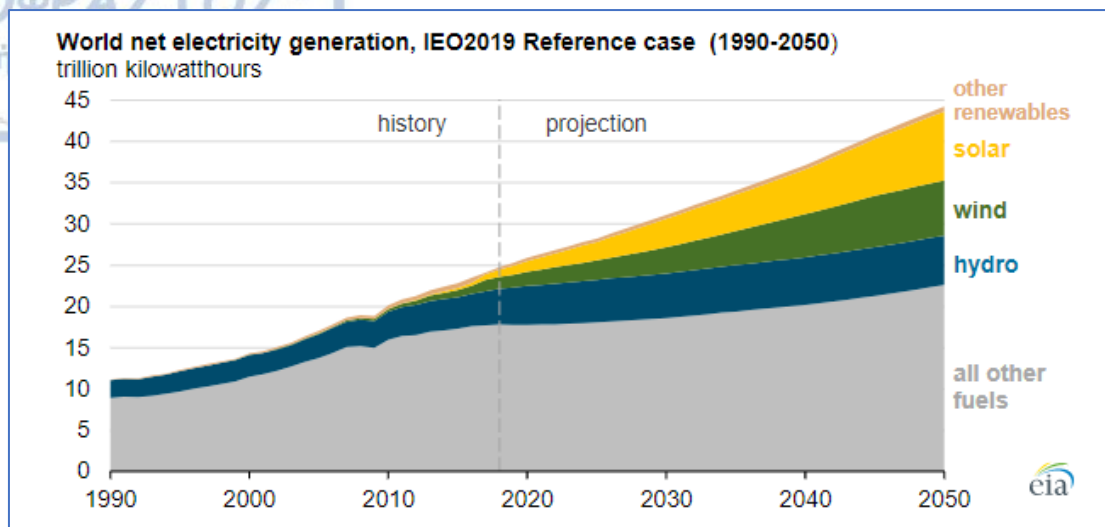
Αυτός ο τύπος πράσινης ενέργειας χρησιμοποιεί τη θερμική ενέργεια που έχει αποθηκευτεί ακριβώς κάτω από τον φλοιό της γης. Αυτός ο πόρος απαιτεί γεώτρηση για την πρόσβαση του, θέτοντας έτσι υπό αμφισβήτηση τις περιβαλλοντικές επιπτώσεις, αν και είναι ένας πολύ μεγάλος πόρος, όταν αξιοποιηθεί. Η γεωθερμική ενέργεια, από την αρχαιότητα, χρησιμοποιείται για κολύμβηση ή θεραπείες (θερμές πηγές - λουτρά), και αυτός ο ίδιος πόρος μπορεί επίσης να χρησιμοποιηθεί για τον ατμό του, με στόχο την περιστροφή τουρμπίνων και την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας. Η ενέργεια αυτή, η οποία αποθηκεύεται μόνο υπό τις Ηνωμένες Πολιτείες, είναι αρκετή για να παράγει 10 φορές περισσότερη ηλεκτρική ενέργεια από αυτήν που μπορεί να παράγει με σημερινά δεδομένα ο άνθρακας. Ενώ ορισμένα έθνη, όπως η Ισλανδία, διαθέτουν εύκολα προσβάσιμους γεωθερμικούς πόρους, παρόλα αυτά είναι ένας πόρος που εξαρτάται από την τοποθεσία που βρίσκεται, ώστε να έχει ευκολία στη χρήση, ενώ για να είναι πλήρως «πράσινες» οι διαδικασίες γεώτρησης πρέπει να διέπονται από αυστηρούς ελέγχους και διαδικασίες.

Βιομάζα

Αυτός ο ανανεώσιμος πόρος ενέργειας, χρειάζεται επίσης προσεκτική διαχείριση, προκειμένου να χαρακτηριστεί πραγματικά ως πηγή «πράσινης ενέργειας». Οι σταθμοί ηλεκτροπαραγωγής βιομάζας χρησιμοποιούν απόβλητα ξύλου, πριονίδι και εύφλεκτα οργανικά γεωργικά απόβλητα για τη δημιουργία ενέργειας. Ενώ η καύση αυτών των υλικών απελευθερώνει αέρια θερμοκηπίου, αυτές οι εκπομπές εξακολουθούν να είναι πολύ χαμηλότερες από εκείνες των καυσίμων με βάση το πετρέλαιο.

Βιοκαύσιμα

Αντί να καίγεται η βιομάζα, τα βιοκαύσιμα ως οργανικά υλικά μπορούν να μετατραπούν σε καύσιμα, όπως η αιθανόλη και το βιοντίζελ. Τα βιοκαύσιμα εκτιμάται ότι θα έχουν την ικανότητα να καλύπτουν πάνω από το 25% της παγκόσμιας ζήτησης καυσίμων, για τις μεταφορές, έως το 2050 (Green_City_Times 2022).



Γράφημα 1: πρόβλεψη, ότι οι ανανεώσιμες πηγές ενέργειας θα παρέχουν σχεδόν το ήμισυ της παγκόσμιας ηλεκτρικής ενέργειας έως το 2050, πηγή: (Green_City_Times 2022)

1.3. Η σημαντικότητα της «Πράσινης Ενέργειας»

Η πράσινη ενέργεια είναι σημαντική για το περιβάλλον, καθώς αντικαθιστά τις αρνητικές επιπτώσεις των ορυκτών καυσίμων, με πιο φιλικές προς το περιβάλλον εναλλακτικές λύσεις. Προερχόμενη από φυσικούς πόρους, η πράσινη ενέργεια είναι επίσης συχνά ανανεώσιμη και καθαρή, που σημαίνει ότι δεν εκπέμπει καθόλου ή εκπέμπει λιγότερα αέρια θερμοκηπίου και είναι συχνά άμεσα διαθέσιμη. Ακόμη και όταν λαμβάνεται υπόψη ο πλήρης κύκλος ζωής μιας πράσινης πηγής ενέργειας, απελευθερώνονται πολύ λιγότερα αέρια θερμοκηπίου από ό,τι από τα ορυκτά καύσιμα, καθώς και είναι λιγότερα ή σε χαμηλότερα επίπεδα οι ατμοσφαιρικοί ρύποι. Αυτό δεν είναι μόνο καλό για τον πλανήτη και το περιβάλλον, αλλά είναι καλύτερο για την υγεία των ανθρώπων και των ζώων, μιας και ο αέρας που αναπνέουν θα είναι καθαρότερος.

Η πράσινη ενέργεια μπορεί επίσης να οδηγήσει σε σταθερές τιμές ενέργειας, καθώς αυτές οι πηγές παράγονται συχνά σε τοπικό επίπεδο και δεν επηρεάζονται τόσο από μια γεωπολιτική κρίση, από τις αυξήσεις τιμών ή τα όποια προβλήματα στην αλυσίδα εφοδιασμού. Τα οικονομικά οφέλη περιλαμβάνουν επίσης τη δημιουργία θέσεων εργασίας, για την κατασκευή εγκαταστάσεων, που συχνά εξυπηρετούν τις κοινότητες, όπου απασχολούνται οι εργαζόμενοι. Οι δε ανανεώσιμες πηγές ενέργειας, δημιούργησαν 11 εκατομμύρια θέσεις

εργασίας παγκοσμίως το 2018, με αυτόν τον αριθμό να αυξάνεται διαρκώς. Λόγω της τοπικής φύσης της παραγωγής ενέργειας μέσω αυτών των πηγών, όπως η ηλιακή και η αιολική ενέργεια, η ενεργειακή υποδομή είναι πιο ευέλικτη και λιγότερο εξαρτημένη από τις κεντρικές πηγές, που μπορούν να οδηγηθούν σε διαταραχές, καθώς είναι και λιγότερο ανθεκτική στην κλιματική αλλαγή η οποία σχετίζεται με τις καιρικές συνθήκες. Η πράσινη ενέργεια αντιπροσωπεύει επίσης μια λύση χαμηλού κόστους για τις ενεργειακές ανάγκες πολλών μερών του κόσμου. Έτσι αναμένεται το κόστος να συνεχίζει να μειώνεται, αυξάνοντας περαιτέρω την προσβασιμότητα στην πράσινη ενέργεια, ειδικά στον αναπτυσσόμενο κόσμο.

Υπάρχουν πολλά παραδείγματα πράσινης ενέργειας που χρησιμοποιούνται σήμερα, από την παραγωγή ενέργειας έως τη θερμική θέρμανση κτιρίων και μεταφορών. Πολλές βιομηχανίες δε ερευνούν πράσινες λύσεις για:

Θέρμανση και Ψύξη σε Κτίρια

Λύσεις πράσινης ενέργειας χρησιμοποιούνται στα κτίρια με γραφεία και οικίες και σε αυτά περιλαμβάνονται ηλιακοί θερμοσίφωνες, λέβητες βιομάζας και θερμότητα από τη γεωθερμία, καθώς και συστήματα ψύξης, τα οποία και αυτά τροφοδοτούνται από ανανεώσιμες πηγές.

Βιομηχανικές Διεργασίες

Η ανανεώσιμη θερμότητα για τις βιομηχανικές διεργασίες μπορεί να λειτουργήσει με χρήση βιομάζας ή ανανεώσιμης ηλεκτρικής ενέργειας, ενώ το υδρογόνο είναι πλέον ένας μεγάλος πάροχος ανανεώσιμων πηγών ενέργειας για τις βιομηχανίες τσιμέντου, σιδήρου, χάλυβα και χημικών.

Μεταφορές

Τα αειφόρα βιοκαύσιμα και η ανανεώσιμη ηλεκτρική ενέργεια αυξάνονται σε χρήση στις μεταφορές και σε πολλούς κλάδους της βιομηχανίας, ενώ η αυτοκινητοβιομηχανία αποτελεί παράδειγμα, καθώς η ηλεκτροδότηση αναπτύσσεται, με στόχο να αντικαταστήσει τα ορυκτά καύσιμα και επίσης άλλοι τομείς που ερευνούν ενεργά την ηλεκτροδότηση είναι η αεροδιαστημική και οι κατασκευές.

1.4. *Η αντικατάσταση των ορυκτών καυσίμων με την «Πράσινη Ενέργεια»*

Η πράσινη ενέργεια έχει την δυνατότητα να αντικαταστήσει τα ορυκτά καύσιμα στο μέλλον, ωστόσο μπορεί να απαιτείται ποικίλη παραγωγή και από διαφορετικά μέσα, για να επιτευχθεί αυτό. Η γεωθερμία, για παράδειγμα, είναι ιδιαίτερα αποτελεσματική στις τοποθεσίες όπου είναι εύκολο να αξιοποιηθεί αυτός ο πόρος, ενώ η αιολική ενέργεια ή η ηλιακή ενέργεια μπορεί να ταιριάζουν καλύτερα σε άλλες γεωγραφικές τοποθεσίες. Ωστόσο, με τη συγκέντρωση πολλαπλών πηγών πράσινης ενέργειας για την κάλυψη των αναγκών και με τις προόδους που γίνονται, όσον αφορά την παραγωγή και την ανάπτυξη αυτών των πόρων, υπάρχει σοβαρή πιθανότητα τα ορυκτά καύσιμα, σταδιακά, να καταργηθούν, αν και μέχρι να συμβεί αυτό θα περάσουν πολλά ακόμη χρόνια, αλλά το γεγονός παραμένει και αυτό είναι απαραίτητο για τη μείωση της κλιματικής αλλαγής, τη βελτίωση του περιβάλλοντος και τη μετάβαση του πλανήτη σε ένα πιο βιώσιμο μέλλον.

Η κατανόηση της οικονομικής βιωσιμότητας της πράσινης ενέργειας, απαιτεί σύγκριση με τα ορυκτά καύσιμα. Το γεγονός είναι ότι καθώς οι εύκολα προσβάσιμες ορυκτές πηγές, αρχίζουν να εξαντλούνται, το κόστος αυτού του τύπου ενέργειας θα αυξηθεί, εξαιτίας της σπανιότητας του. Την ίδια στιγμή που τα ορυκτά καύσιμα γίνονται όλο και πιο ακριβά, παρατηρείται το κόστος των πράσινων πηγών ενέργειας να μειώνεται. Επίσης και άλλοι παράγοντες λειτουργούν υπέρ της πράσινης ενέργειας, όπως είναι η ικανότητα παραγωγής σχετικά φθηνών τοπικών ενεργειακών λύσεων (παράδειγμα είναι τα ηλιακά πάρκα), ενώ το ενδιαφέρον, οι επενδύσεις και η ανάπτυξη λύσεων πράσινης ενέργειας, μειώνουν το κόστος καθώς συνεχίζεται η επέκταση των γνώσεων και η αξιοποίηση αυτών. Ως αποτέλεσμα, η πράσινη ενέργεια μπορεί όχι μόνο να γίνει οικονομικά βιώσιμη, αλλά και η προτιμώμενη επιλογή (Holmes 2020).

Η απόδοση της πράσινης ενέργειας εξαρτάται από την τοποθεσία καθώς και από τις κατάλληλες συνθήκες, όπως για παράδειγμα το δυνατό και μεγάλης διάρκειας ηλιακό φως, έτσι ώστε να δημιουργηθεί μια γρήγορη και αποδοτική ενεργειακή λύση. Ωστόσο, για να συγκριθούν πραγματικά οι διαφορετικοί τύποι ενέργειας, είναι απαραίτητο να αναλυθεί ο πλήρης κύκλος ζωής μιας πηγής ενέργειας. Αυτό περιλαμβάνει:

- την αξιολόγηση της ενέργειας, η οποία χρησιμοποιείται για τη δημιουργία της πράσινης πηγής ενέργειας,

- την επεξεργασία της ποσότητας ενέργειας, η οποία μπορεί να μετατραπεί σε ηλεκτρική ενέργεια και
- τυχόν περιβαλλοντική εκκαθάριση, η οποία απαιτήθηκε για τη δημιουργία της ενεργειακής λύσης

Φυσικά, η περιβαλλοντική ζημιά θα εμποδίζει μια πηγή να είναι πραγματικά «πράσινη», αλλά όταν συνδυάζονται όλοι αυτοί οι παράγοντες, δημιουργείται αυτό που είναι γνωστό ως «Levelised Energy Cost» (LEC). Επί του παρόντος, τα αιολικά πάρκα θεωρούνται η πιο αποδοτική πηγή πράσινης ενέργειας, καθώς απαιτείται λιγότερη διύλιση και επεξεργασία από την παραγωγή (για παράδειγμα, ηλιακών συλλεκτών). Η πρόοδος στην τεχνολογία και στις δοκιμές των σύνθετων υλικών, έχει συμβάλει στη βελτίωση της διάρκειας ζωής τους και επομένως και στο ενεργειακό κόστος των ανεμογεννητριών. Ωστόσο, το ίδιο μπορεί να ειπωθεί για τα ηλιακά πάνελ, τα οποία επίσης σημειώνουν μεγάλη ανάπτυξη. Οι λύσεις πράσινης ενέργειας έχουν επίσης το πλεονέκτημα ότι δεν χρειάζονται πολλές πρόσθετες ενεργειακές δαπάνες μετά την κατασκευή τους, καθώς τείνουν να χρησιμοποιούν μια άμεσα ανανεώσιμη πηγή ενέργειας, όπως για παράδειγμα ο άνεμος. Ενώ η συνολική απόδοση της χρησιμοποιήσιμης ενέργειας για τον άνθρακα είναι μόλις το 29% της αρχικής ενεργειακής του αξίας, η αιολική ενέργεια προσφέρει απόδοση 1164% στην αρχική εισροή ενέργειας.

Οι ανανεώσιμες πηγές ενέργειας κατατάσσονται επί του παρόντος ως εξής ως προς την απόδοση (αν και αυτό μπορεί να αλλάξει καθώς συνεχίζονται οι εξελίξεις):

- Αιολική ενέργεια
- Γεωθερμία
- Υδροηλεκτρική ενέργεια
- Πυρηνική Ενέργεια
- Ηλιακή ενέργεια

Η δημιουργία ενέργειας, με μηδενικό αποτύπωμα άνθρακα, είναι ένα μεγάλο βήμα για ένα πιο φιλικό προς το περιβάλλον μέλλον και εάν μπορεί η πράσινη ενέργεια να χρησιμοποιηθεί ώστε να καλυφθούν συνολικά οι ανάγκες σε ενέργεια, στις βιομηχανίες και στις μεταφορές, τότε θα μειωθούν σημαντικά και οι επιπτώσεις στο περιβάλλον.

1.5. *Η διαφορά μεταξύ της «Πράσινης Ενέργειας», της «Καθαρής Ενέργειας» και των «Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας»*

Όπως αναφέρθηκε, υπάρχει διαφορά μεταξύ πράσινης, καθαρής και ανανεώσιμης ενέργειας. Υπάρχει μια σύγχυση στην χρήση των εναλλακτικών όρων, μιας και ο πόρος μπορεί να είναι όλα αυτά ταυτόχρονα, μπορεί όμως να είναι ανανεώσιμος αλλά όχι πράσινος ή καθαρός (όπως με ορισμένες μορφές ενέργειας από την βιομάζα).

Η πράσινη ενέργεια είναι αυτή που προέρχεται από τις φυσικές πηγές, όπως είναι ο ήλιος. Η καθαρή ενέργεια αποτελείται από τους τύπους εκείνους που δεν απελευθερώνουν ρύπους στον αέρα και οι ανανεώσιμες πηγές ενέργειας (ΑΠΕ) προέρχονται από πηγές που ανανεώνονται διαρκώς, όπως είναι η υδροηλεκτρική ενέργεια, η αιολική ενέργεια ή η ηλιακή ενέργεια. Οι ανανεώσιμες πηγές ενέργειας συχνά θεωρούνται οι ίδιες, αλλά τίθεται ένα ερώτημα, όπως για παράδειγμα, εάν ένα υδροηλεκτρικό φράγμα, το οποίο μπορεί να εκτρέψει τις πλωτές οδούς και να επηρεάσει το τοπικό περιβάλλον, μπορεί πραγματικά να ονομαστεί «πράσινο». Ωστόσο, μια πηγή, όπως είναι η αιολική ενέργεια, είναι ανανεώσιμη, πράσινη και καθαρή, δεδομένου ότι προέρχεται από μια φιλική προς το περιβάλλον, αυτοτροφοδοτούμενη και μη ρυπογόνο πηγή.

2. ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2^ο

2.1. Τα «πράσινα μέταλλα»

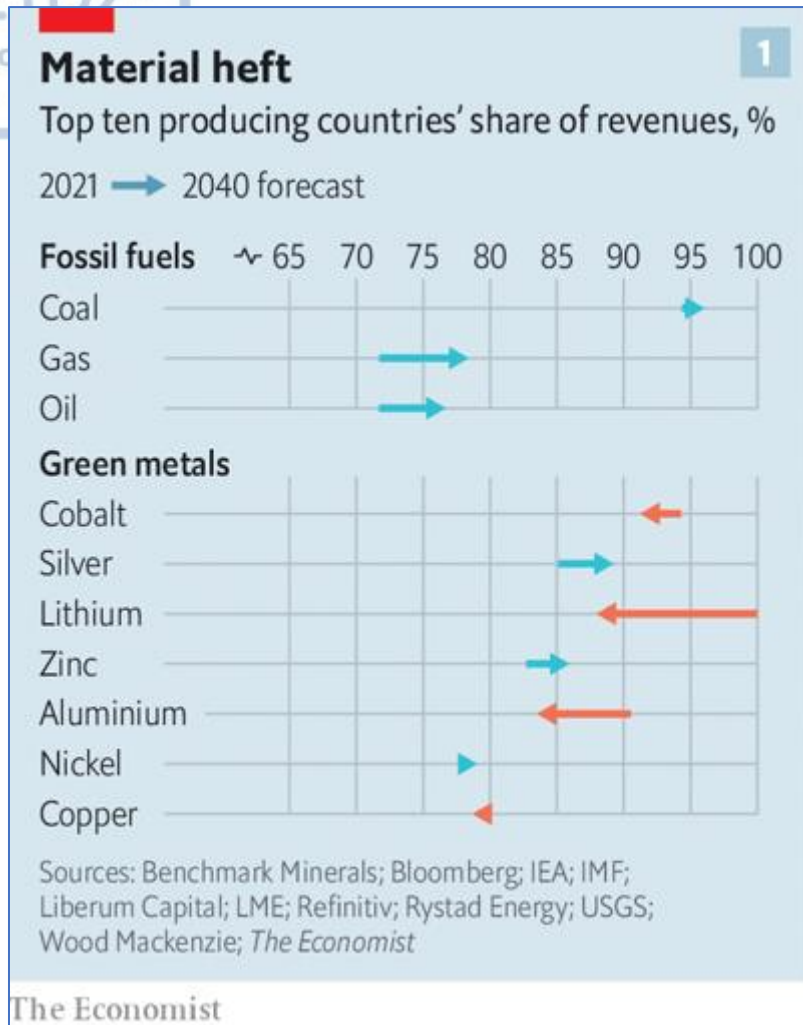
Το «πράσινο μέταλλο», αναφέρεται στο μέταλλο με τις χαμηλότερες συνολικές εκπομπές άνθρακα (C_{lc}) του κύκλου ζωής του, κατά τη διάρκεια της ωφέλιμης περιόδου. Το μέτρο του «πράσινου» (C_{lc}) περιλαμβάνει τον άνθρακα (C_m), που σχετίζεται με την εξόρυξη πρώτων υλών, τον άνθρακα (C_t) από τη μεταφορά των μετάλλων, τον άνθρακα (C_p) από τον καθαρισμό και τον καθαρισμό των μετάλλων για χρήση, τον άνθρακα (C_f) από την τήξη, τον άνθρακα (C_r) από την ανάκτηση και την ανακύκλωση του μετάλλου ώστε να μπορεί να χρησιμοποιηθεί ξανά και τελευταίο, τον άνθρακα (C_d) που σχετίζεται με την απόρριψη του μετάλλου, όταν αυτό δεν μπορεί πλέον να χρησιμοποιηθεί. Η εξίσωση άνθρακα - κύκλου ζωής, ενός μετάλλου θα μπορούσε να γραφτεί με απλούς όρους ως:

$$C_{lc} = C_m + C_t + C_p + C_f + C_r + C_d$$

Η βιομηχανία των μετάλλων αντιπροσωπεύει περίπου το 8% των παγκόσμιων εκπομπών ισοδυνάμου διοξειδίου του άνθρακα (CO_{2e}) ετησίως, με σχεδόν όλες να προέρχονται από τη βιομηχανία σιδήρου και χάλυβα λόγω του οπτάνθρακα και του ασβεστόλιθου, οι οποίοι χρησιμοποιούνται στην τήξη. Το αλουμίνιο είναι η επόμενη μεγαλύτερη πηγή μετάλλων CO_{2e}, με λιγότερο από το 1% της συνεισφοράς της βιομηχανίας, ενώ σε παγκόσμιο επίπεδο, ορισμένες περιοχές ορίζουν τα πράσινα μέταλλα με βάση την ένταση του CO₂ (Baird 2021).

2.2. Τα «πράσινα μέταλλα» στην «πράσινη μετάβαση»

Η πράσινη μετάβαση επικεντρώνεται σε μη σιδηρούχα μέταλλα που είναι πιο εξειδικευμένα. Με βάση τα έως τώρα δεδομένα της βιομηχανίας, προβλέπεται η ζήτηση και τα κέρδη, σχετικά με τρία ορυκτά καύσιμα (πετρέλαιο, φυσικό αέριο, άνθρακας) και επτά μέταλλα (αλουμίνιο, κοβάλτιο, χαλκός, λίθιο, νικέλιο, ασήμι και ψευδάργυρος), που είναι αναγκαία για την δημιουργία της οικονομικής, ηλεκτρικής ενέργειας (Finance_Economics 2022).



Εικόνα 1: Παραγωγές χώρες στα συμβατικά καύσιμα και στα «πράσινα μέταλλα», πηγή: (Finance_Economics 2022)

2.3. Η αύξηση της ζήτησης των «πράσινων μετάλλων»

Καθώς ο κόσμος από τα παραδοσιακά καύσιμα, στρέφεται σε καθαρότερες πηγές ενέργειας, ο Διεθνής Οργανισμός Ενέργειας (International Energy Agency - IEA), προβλέπει ότι η αιολική και η ηλιακή ενέργεια θα μπορούσαν να αντιπροσωπεύουν το 70% της παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας, έως το 2050, από 9% που είναι το 2020, εφόσον ο κόσμος αποφασίσει να γίνει ουδέτερος στις εκπομπές άνθρακα, έως το 2050. Αυτή η συνθήκη μεταφράζεται σε τεράστια ζήτηση για τα μέταλλα, όπως είναι το κοβάλτιο, ο χαλκός και το νικέλιο, τα οποία είναι ζωτικής σημασίας για τις νέες τεχνολογίες, μιας και υποστηρίζουν σχεδόν τα πάντα, από τα ηλεκτρικά αυτοκίνητα έως τις ανανεώσιμες πηγές ενέργειας. Ο IEA εκτιμά ότι το μέγεθος της αγοράς τέτοιων πράσινων μετάλλων πρόκειται να

επταπλασιαστεί σχεδόν μέχρι το 2030. Όπως και τα αποθέματα ορυκτών καυσίμων, αυτά τα εμπορεύματα κατανέμονται άνισα (Finance_Economics 2022).

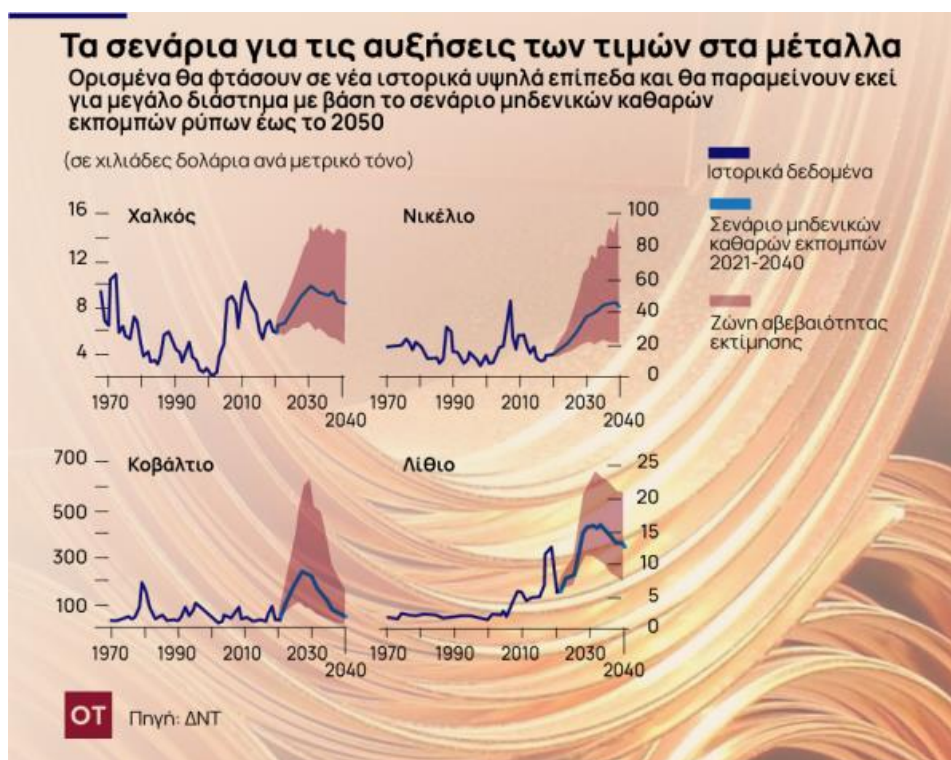


Εικόνα 2: οι μεγαλύτερες παραγωγές χώρες πράσινων μετάλλων, πηγή: (BHMA_Team 2021)

Σύμφωνα δε και με το Διεθνές Νομισματικό Ταμείο (BHMA_Team 2021), η πράσινη μετάβαση, έχει ως αποτέλεσμα την αύξηση των τιμών των μετάλλων, εξαιτίας της αυξημένης ζήτησης τους, σε παγκόσμιο επίπεδο¹. Έτσι η μετάβαση στις καθαρότερες μορφές ενέργειας θα έχει ως αποτέλεσμα η προσφορά να φτάσει σε οριακά επίπεδα κι έτσι θα προκληθούν πολύ μεγάλες αυξήσεις στις τιμές. Υπολογίζεται ότι η ζήτηση σε μέταλλα κάθε λογής (ιδίως όσων

¹ «Είναι ενδεικτικό, για παράδειγμα, ότι μια τυπική συστοιχία μπαταριών για την κίνηση ενός ηλεκτρικού οχήματος χρειάζεται περίπου 8 κιλά λιθίου, 35 κιλά νικελίου, 20 κιλά μαγγανίου και 14 κιλά κοβαλτίου. Οι σταθμοί φόρτισης από την πλευρά τους απαιτούν μεγάλες ποσότητες χαλκού για την κατασκευή τους. Η συνολική ζήτηση για ενέργεια από μπαταρίες αναμένεται να αυξηθεί από 0,16 TWh (τετραβάτρες) το 2020 σε 14 TWh το 2050, καθώς το 86% των αυτοκινήτων θα κινούνται με ηλεκτρισμό λένε οι αναλυτές του ΔΝΤ. Οι αναλυτές του Ταμείου επισημαίνουν ότι επικεντρώνονται στο σενάριο αυτό επειδή το θεωρούν ως το πιο φιλόδοξο κι αυτό με τη μεγαλύτερη πιθανότητα να περιορίσει την υπερθέρμανση του στους 1,5 βαθμούς Κελσίου. Την ίδια στιγμή για να παραχθεί πράσινη ενέργεια από ηλιακά πάνελ απαιτούνται μεγάλες ποσότητες χαλκού, πυριτίου, ασημιού και ψευδάργυρου. Οι ανεμογεννήτριες χρειάζονται επίσης μεγάλες ποσότητες από σιδηρομετάλλευμα, χαλκό και αλουμίνιο» (BHMA_Team 2021).

χρησιμοποιούνται για τις νέες τεχνολογίες), τα επόμενα χρόνια, θα ανέλθει σε 3 δις τόνους. Ενώ οι εκτιμήσεις του ΔΝΤ (Οκτώβριος 2021) σχετικά με την μελλοντική ζήτηση, αναφέρουν ότι οι τιμές του χαλκού, του κοβαλτίου, του λιθίου και του νικελίου, θα υπερδιπλασιαστούν, συγκριτικά με τις τιμές το 2020. Η εκτίμηση αυτή θεωρείται η επικρατέστερη εφόσον το σενάριο μηδενισμού των καθαρών εκπομπών ρύπων, προκειμένου να αντιμετωπιστεί η κλιματική αλλαγή, θα ισχύσει. Στην περίπτωση αυτή οι παραγωγοί αυτών των μετάλλων, μέσα στα επόμενα 25 έτη θα έχουν κέρδη ανάλογα του κλάδου των πετρελαιοειδών, ενώ η εφοδιαστική αλυσίδα των πράσινων μετάλλων θα δεχτεί σημαντικές πιέσεις.



Εικόνα 3: σενάρια αύξησης τιμών των πράσινων μετάλλων, πηγή: (BHMA_Team 2021)

Και σύμφωνα με την Καλαμαρά (Καλαμαρά 2021), η βιομηχανία μετάλλων βρίσκεται αντιμέτωπη με το ενεργειακό και παραγωγικό κόστος, παρόλο που ακόμη δεν μπορεί να εκτιμηθεί το τελικό ισοζύγιο, εξαιτίας της ανοδικής τιμής των κύριων μετάλλων. Αναφορικά με τα πρόσφατα στοιχεία του Ιδρύματος Οικονομικών & Βιομηχανικών Ερευνών (IOBE), στη χώρα μας το μεγαλύτερο ενεργειακό μερίδιο κόστους παραγωγής, παρατηρείται στον κλάδο των κύριων μετάλλων (15,8%) και των μη μεταλλικών ορυκτών (14%), ενώ ακολουθούν τα ορυχεία και τα λατομεία (12,2%). Στον κλάδο των μετάλλων και την εξόρυξη,

εξαιτίας των χρόνιων προβλημάτων τους σχετικών με τις περιβαλλοντικές αδειοδοτήσεις οι οποίες μπορεί να δοθούν και μετά από τρία χρόνια, διαπιστώνεται και μια αποθάρρυνση των επενδυτών. Οι ασάφειες, η ελλιπής ερμηνεία οδηγιών τα Ε.Ε. και προβλήματα σχετικά με την λατομική και δασική νομοθεσία, οδηγούν σε υψηλό κόστος λειτουργίας και σημαντικές καθυστερήσεις, με αποτέλεσμα την μη ανάπτυξη των νέων (Καλαμαρά 2021).

2.3.1. Τα μέταλλα που ωφελούνται από την αύξηση της ζήτησης

Σύμφωνα με ερευνητές, από την στιγμή που οι κυβερνήσεις θα εκπληρώνουν τις υποχρεώσεις τους σχετικά με την υπερθέρμανση του πλανήτη, οι ανάγκες θα εξαρτώνται όλο και περισσότερο από την πράσινη ενέργεια, με αποτέλεσμα να αυξηθεί η ζήτηση των πράσινων μετάλλων και ιδίως του αλουμινίου, του χαλκού και του ψευδάργυρου (Insider 2021), οπότε σύμφωνα και με τα σενάρια της Wood Mackenzie^{2 3}, θα ισχύσουν τα κάτωθι:

Αλουμίνιο: χρησιμοποιείται στα ηλιακά πάνελ και στα δομικά μέρη αυτών. Η ζήτηση του αλουμινίου θα αυξηθεί από τα 2,4 εκατ. τόνους (οι ανάγκες το 2020), σε 4,6 εκατ. τόνους έως το 2040. Η ζήτηση θα αυξηθεί, σύμφωνα με το σενάριο, στην περίπτωση που ισχύσει η αύξηση της θερμοκρασίας του πλανήτη, έως το τέλος του 21^{ου} αιώνα, κατά 2,8 – 3 βαθμούς Κελσίου. Στην περίπτωση όμως κατά την οποία η άνοδος της θερμοκρασίας είναι κυμανθεί μεταξύ 1,5 – 2 βαθμών Κελσίου, τότε για την ηλιακή ενέργεια και έως το 2040, θα χρειαστούν 8,5 – 10 εκατ. τόνοι αλουμινίου. Ενώ εάν οι ανανεώσιμες πηγές ενέργειας αναπτυχθούν με ταχείς ρυθμούς κι έτσι περιοριστεί η υπερθέρμανση του πλανήτη στους 1,5 βαθμούς Κελσίου, η ζήτηση αλουμινίου, για την παγκόσμια κατανάλωση και έως το 2040, θα ανέλθει στο 12,6%, από το 3% που βρισκόταν το 2020.

Χαλκός: χρησιμοποιείται στους ηλιακούς και θερμικούς συλλέκτες και στα καλώδια μετάδοσης υψηλής και χαμηλής τάσης. Σύμφωνα με το κύριο σενάριο η ζήτηση του χαλκού, για την ηλεκτρική ενέργεια, θα αυξηθεί έως το 2040 στα 0,8 εκατ. τόνους/έτος, σε σύγκριση με το 2020 όπου η ζήτηση του χαλκού ήταν στα 0,4 εκατ. τόνους. Όσον αφορά την ζήτηση του χαλκού στον ηλιακό τομέα, αναμένεται έως το 2040, αύξηση κατά 1,3 εκατ. τόνους, με την

² Wood Mackenzie: Παγκόσμια ερευνητική και συμβουλευτική ομάδα, η οποία δίδει δεδομένα, γραπτές αναλύσεις και συμβουλές στις βιομηχανίες ενέργειας, χημικών, ανανεώσιμων πηγών ενέργειας, μετάλλων και εξόρυξης.

³ Τα σενάρια της Wood Mackenzie, για το αλουμίνιο, τον χαλκό και τον ψευδάργυρο, αναφέρονται μόνο στη ζήτηση η οποία προέρχεται από τη βιομηχανία της ηλιακής ενέργειας και δεν αναφέρονται στη παγκόσμια ζήτηση, συνολικά.

προϋπόθεση ότι η υπερθέρμανση του πλανήτη παραμένει στους 2 βαθμούς Κελσίου. Εάν όμως η θερμοκρασία αυξηθεί μόνο κατά 1,5 βαθμούς Κελσίου, η αύξηση της ζήτησης του χαλκού αναμένεται, για τα επόμενα 20 έτη, να φτάσει στους 1,6 εκατ. τόνους.

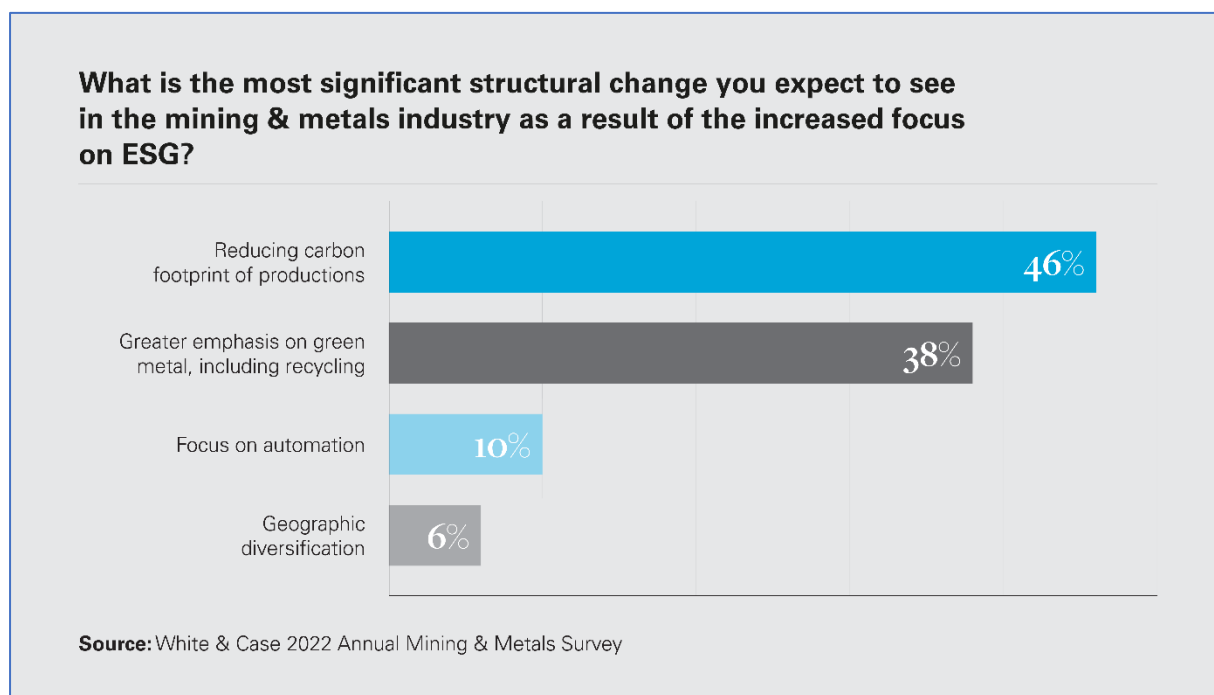
Ψευδάργυρος: χρησιμοποιείται στα δομικά μέρη των ηλιακών συλλεκτών και προσφέρει προστασία διαρκείας. Σήμερα στις εγκαταστάσεις της ηλιακής ενέργειας χρησιμοποιούνται 0,4 εκατ. τόνοι ψευδάργυρου. Στην περίπτωση αύξησης της παγκόσμιας θερμοκρασίας, έως το τέλος του 21^{ου} αιώνα, κατά 2,8 – 3 βαθμούς Κελσίου, η ζήτηση του ψευδάργυρου θα αυξηθεί έως το 2040 κατά 0,8 εκατ. τόνους. Εάν η θερμοκρασία αυξηθεί μόνο 2 βαθμούς Κελσίου, η ζήτηση του ψευδάργυρου, έως το 2040, θα αυξηθεί κατά σε 1,7 εκατ. τόνους κι εάν η θερμοκρασία αυξηθεί μόνο 1,5 βαθμούς Κελσίου, η ζήτηση του ψευδάργυρου, έως το 2040, θα αυξηθεί σε 2,1 εκατ. τόνους, ετησίως.

2.3.2. «Πράσινα μέταλλα» προερχόμενα από την ανακύκλωση

Η παγκόσμια ώθηση προς μια κυκλική οικονομία χαμηλών εκπομπών άνθρακα και η αυξημένη εστίαση στην Περιβαλλοντική, Κοινωνική και Εταιρική Διακυβέρνηση (Environmental, social, and corporate governance – ESG), δημιουργούν πολλές νέες ευκαιρίες για την ανακύκλωση των μετάλλων, ενώ γίνεται συζήτηση σχετικά με το εάν το scrap αποτελεί την απάντηση στην αυξανόμενη ζήτηση για πράσινα μέταλλα.

Η διύλιση και η επεξεργασία μετάλλων είναι μία από τις σημαντικότερες πηγές εκπομπών αερίων θερμοκηπίου, παγκοσμίως. Με τις ιδιαίτερα ενεργοβόρες διεργασίες τους, οι βιομηχανίες αλουμινίου και χάλυβα εκτιμάται ότι συνεισφέρουν από μόνες τους το 2% και το 7% αντίστοιχα σε όλες τις παγκόσμιες εκπομπές CO₂. Καθώς η ESG μελετά τον τομέα εξόρυξης και μετάλλων, δημιουργείται ένας χώρος για την παραγωγή «πράσινων μετάλλων», με τις εταιρίες στον τομέα εξόρυξης και μετάλλων, να εργάζονται για τη μείωση των άμεσων εκπομπών από τις εγκαταστάσεις παραγωγής μετάλλων τους και τους καταναλωτές να επικεντρώνονται όλο και περισσότερο στα «πράσινα» διαπιστευτήρια τους, ζητώντας να μάθουν τις έμμεσες εκπομπές των μετάλλων που καταναλώνονται στην αλυσίδα εφοδιασμού τους. Ως μέρος αυτής της τάσης, υπάρχει αυξημένο ενδιαφέρον για την ανακύκλωση ως πηγή πράσινων μετάλλων. Οι ιδέες γύρω από την κυκλική οικονομία, όπου όλες οι πτυχές της οικονομίας επαναπροσδιορίζονται και/ή επαναχρησιμοποιούνται, ευθυγραμμίζονται με την ανακύκλωση. Οι σχετικά υψηλές τιμές των εμπορευμάτων καθιστούν οικονομικά βιώσιμη τη

διαδικασία διαλογής και επεξεργασίας του scrap, η οποία συχνά απαιτεί πόρους. Η τήξη παλιοσίδερων για ανακύκλωση, απαιτεί επίσης σημαντικά λιγότερη ενέργεια από την αρχική διαδικασία δύλισης ακατέργαστων ορυκτών σε μέταλλα, που σημαίνει και χαμηλότερες εκπομπές ρύπων. Τέλος, η επανατοποθέτηση των παγκόσμιων αλυσίδων εφοδιασμού, μετά από τον COVID-19 και η γεωπολιτική σύγκρουση, έφεραν στην επιφάνεια τα μειονεκτήματα των αλληλεξαρτήσεων της παγκόσμιας εφοδιαστικής αλυσίδας, οδηγώντας τις χώρες να αναζητήσουν πηγές εμπορευμάτων, συμπεριλαμβανομένων των πιθανών χρήσεων για scrap, αν και ακόμη δεν είναι βέβαιο ότι η ανακύκλωση αποτελεί την απάντηση στην αναμενόμενη αυξανόμενη ζήτηση για πράσινα μέταλλα (Campbell, et al. 2022), αν και πρόσφατες εκτιμήσεις δείχνουν ότι το ποσοστό της παγκόσμιας παραγωγής μετάλλων που παράγεται από τη δευτερογενή διαδικασία (δηλαδή, παραγωγή από scrap μετάλλων) είναι περίπου 20% για τα περισσότερα ευρέως ανακυκλωμένα μέταλλα και αυτό το ποσοστό είναι υψηλότερο στους τομείς χάλυβα και αλουμινίου στις δικαιοδοσίες των Η.Π.Α. και της Ε. Ε.



Εικόνα 4: η βιομηχανία εξόρυξης και μετάλλων ως αποτέλεσμα των επιταγών του ESG, πηγή: (Campbell, et al. 2022)

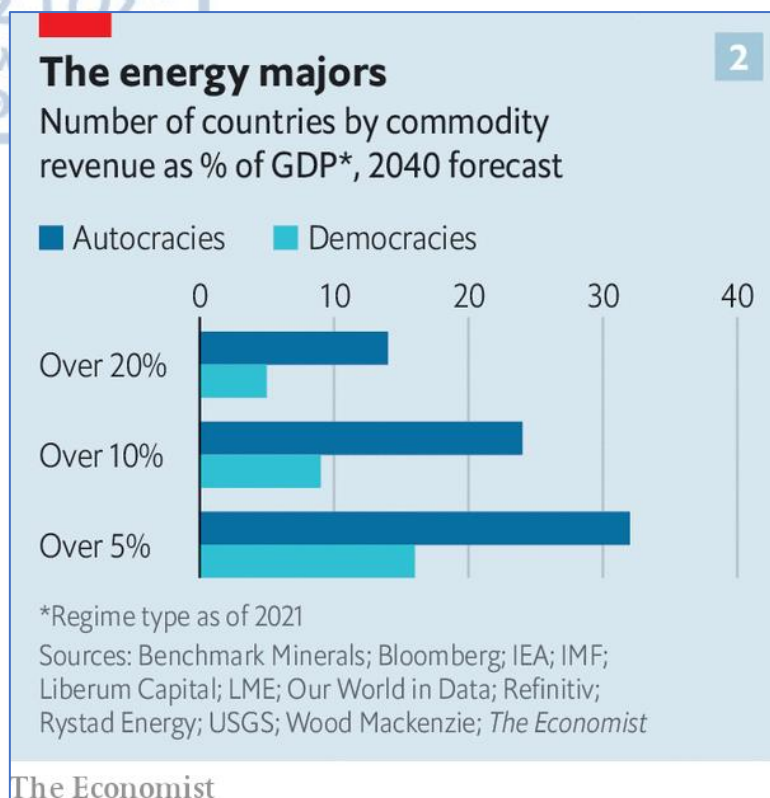
2.4. *Η ευκαιρία και οι κίνδυνοι για την «πράσινη μετάβαση»*

Η πράσινη μετάβαση, πηγάζει από αποφάσεις πολλών κυβερνήσεων, όχι μιας και η απαλλαγή από τις εκπομπές ρύπων, αποτελούν προσπάθεια δεκαετιών.

Για κάποιες χώρες η έκρηξη στην αγορά των πράσινων μετάλλων αποτελεί ευκαιρία, ενώ για κάποιες άλλες ελλοχεύουν κίνδυνοι, όπως για παράδειγμα τα επενδυτικά έργα εξόρυξης της Ρωσίας, τα οποία έγιναν θύματα των τοπικών συνθηκών και της γεωπολιτικής. Επίσης τα υπέρογκα ενοίκια θα μπορούσαν να αλλοιώσουν τις εγχώριες αγορές και τους πολιτικούς θεσμούς, με αποτέλεσμα η στροφή προς τα καθαρά καύσιμα να δημιουργήσει προβλήματα. Στις αρχές του 21^{ου} αιώνα η Κίνα, με ταχείς ρυθμούς, αστικοποιήθηκε και εκβιομηχανίστηκε, ενώ το ΑΕΠ της Βραζιλίας και της Ρωσίας, δύο χωρών πλούσιων σε πόρους, αυξήθηκε κατά τα δύο τρίτα, μεταξύ 2000 και 2014. Εξαιτίας αυτής της ανάπτυξης στην Κίνα, καταναλώθηκαν σωροί άνθρακα, σιδήρου και χάλυβα, ενώ η πράσινη ανάπτυξη επικεντρώνεται σε μη σιδηρούχα μέταλλα, τα οποία είναι πιο εξειδικευμένα και τα ετήσια έσοδά τους, σήμερα, ανέρχονται στα 600 δισεκατομμύρια δολάρια και ισοδυναμούν μόνο με το ένα πέμπτο των υλικών που προτιμούσε η Κίνα (Finance_Economics 2022).

Σύμφωνα με μελέτες και σενάρια, σχετικά με το ποιες παραγωγές χώρες θα κερδίσουν ή θα χάσουν από αυτή την πράσινη μετάβαση, έως το 2040, τα παραγόμενα στοιχεία είναι τα κάτωθι:

- Η υπερθέρμανση του πλανήτη μέχρι το 2100 θα παραμείνει κάτω από τους 2°C. Έτσι η ζήτηση και τα έσοδα για τα τρία ορυκτά καύσιμα (πετρέλαιο, φυσικό αέριο, άνθρακας) και τα επτά μέταλλα (αλουμίνιο, κοβάλτιο, χαλκός, λίθιο, νικέλιο, ασήμι και ψευδάργυρος), τα οποία είναι σημαντικά για την οικονομία της ηλεκτρικής ενέργειας, διατηρούν τις τιμές τους στα σημερινά υψηλά επίπεδα.



Εικόνα 5: οι κύριοι κάτοχοι ενέργειας (Finance_Economics 2022)

- Ο πληθυσμός θα εξαρτάται λιγότερο από τους πόρους, οι οποίοι σχετίζονται με την ενέργεια το 2040, από ό,τι σήμερα, κυρίως επειδή οι πηγές του μέλλοντος, ο άνεμος και η ηλιοφάνεια, είναι δωρεάν. Έτσι οι δαπάνες για τα ορυκτά καύσιμα, σε σχέση με το παγκόσμιο ΑΕΠ, μειώνονται στο μισό (και θα συρρικνώνονταν περαιτέρω αν δεν υπήρχε το φυσικό αέριο), ενώ τα έσοδα από τα πράσινα μέταλλα παραμένουν μικρότερα, αλλά αυξάνονται από 0,5% σε 0,7% του ΑΕΠ, δηλαδή σχεδόν τριπλασιάζεται σε απόλυτες τιμές.

- Ο αριθμός των μεγάλων παραγωγών χωρών, οι οποίες συνδέονται με την ενέργεια, μειώνεται με την πάροδο του χρόνου, ενώ πάνω από το ήμισυ των συνολικών δαπανών πηγαίνει στις χώρες με απολυταρχικά καθεστώτα.

Ουσιαστικά οι χώρες οι οποίες παράγουν προϊόντα για την ενέργεια χωρίζονται σε 3 κατηγορίες:

Στην 1^η κατηγορία, στην οποία περιλαμβάνονται οι ωφελημένοι από την πράσινη ενέργεια, ανήκει η Αυστραλία η οποία διαθέτει σχεδόν όλα τα μέταλλα, η Χιλή η οποία φιλοξενεί το 42% των παγκόσμιων αποθεμάτων λιθίου και το ένα τέταρτο των κοιτασμάτων

χαλκού, αλλά και τα απολυταρχικά κράτη όπως το Κονγκό το οποίο κατέχει το 46% των παγκόσμιων αποθεμάτων κοβαλτίου (και παράγει το 70% της παγκόσμιας παραγωγής σήμερα), η Κίνα η οποία διαθέτει αλουμίνιο, χαλκό και λίθιο και οι φτωχότερες δημοκρατίες στην Ασία και τη Λατινική Αμερική, όπως η Ινδονησία η οποία διαθέτει νικέλιο και το Περού που κατέχει σχεδόν το ένα τέταρτο του ασημιού στον κόσμο.

Στην 2^η κατηγορία περιλαμβάνονται οι χώρες με έσοδα τα οποία παραμένουν σταθερά ή εμφανίζουν μικρή μείωση. Είναι οι χώρες του ΟΠΕΚ (Οργανισμός Εξαγωγών Πετρελαιοπαραγωγών Χωρών), το Ιράν, το Ιράκ και η Σαουδική Αραβία και η Ρωσία. Αν και τα έσοδα από το πετρέλαιο συρρικνώνονται, το μερίδιό τους επεκτείνεται, από 45% που είναι σήμερα, σε 57% το 2040. Άλλες χώρες, όπως η Αμερική, η Βραζιλία και ο Καναδάς, χάνουν κέρδη από τα ορυκτά καύσιμα, αλλά είναι σε θέση να αξιοποιήσουν τα τεράστια κοιτάσματα ορυκτών τους.

Στην 3^η κατηγορία ανήκουν τα «πετρελαιοκράτη», τα οποία χάνουν τα περισσότερα. Πολλά πλούσια σε πετρέλαιο έθνη στη Βόρεια Αφρική, όπως η Αλγερία, και η Αίγυπτος, στην υποσαχάρια Αφρική, όπως η Αγκόλα και η Νιγηρία και στην Ευρώπη, όπως η Βρετανία και η Νορβηγία, βλέπουν τα έσοδά τους να συρρικνώνονται. Μικρές πολιτείες όπως το Νότιο Σουδάν, το Ανατολικό Τιμόρ και το Τρινιντάντ, επίσης σημειώνουν μείωση κερδών, όπως και στο Μπαχρέιν και στο Κατάρ, όπου τα έσοδα μειώνονται κατά το ένα πέμπτο ή περισσότερο.

Όμως, έως το 2040, προκειμένου να καλυφθεί η αυξανόμενη ζήτηση, οι δαπάνες που απαιτούνται για την εξεύρεση και την παραγωγή των πράσινων μετάλλων ανέρχονται στα 2 τρισεκατομμύρια δολάρια. Πρόσφατα έργα υποδεικνύουν ότι η εξόρυξη αρκετού χαλκού και νικελίου απαιτεί 250-350 δισεκατομμύρια δολάρια (Finance_Economics 2022). Την ίδια στιγμή η Κίνα δαπανά και οι επενδυτικοί όμιλοι αγοράζουν ορυχεία κοβαλτίου στο Κονγκό και στην Ινδονησία καταστρέφουν τροπικά δάση για να σκάψουν για νικέλιο. Ενώ η Tesla, η κατασκευάστρια ηλεκτρικών αυτοκινήτων, προτίθεται να αγοράσει τη μελλοντική παραγωγή νικελίου σε ορυχεία στην Αυστραλία, τη Μινεσότα και τη Νέα Καληδονία. Παράλληλα γίνεται συζήτηση για την ποιότητα των κοιτασμάτων, μιας και η μέση ποιότητα του χαλκού της Χιλής μειώθηκε κατά 30% τα τελευταία 15 χρόνια, διότι οι χαμηλότερες ποιότητες αυξάνουν το κόστος εξόρυξης και επεξεργασίας, αλλά και τις εκπομπές άνθρακα.

Η καινοτομία επίσης αποτελεί κερδοφόρα λύση, όπως για παράδειγμα η εξερεύνηση των βυθών της θάλασσας και η εξόρυξη χαλκού, κοβάλτιου και άλλων ορυκτών, από τις

κορυφογραμμές στη μέση του ωκεανού, στα Φίτζι (8%) και στη Νορβηγία (5,5%), κράτη τα οποία κατέχουν τα περισσότερα οικονομικά δικαιώματα σε αυτές τις θαλάσσιες κορυφογραμμές. Η καινοτομία θα μπορούσε επίσης να διευκολύνει την ανακύκλωση, ενώ μέχρι το 2040, ο IEA, υπολογίζει ότι η εξόρυξη κοβαλτίου από τις παλιές μπαταρίες, μπορεί να συμβάλει στην κάλυψη του 12% της συνολικής ζήτησης.

Ενώ ο μεγαλύτερος κίνδυνος προέρχεται από την πολιτική των κυβερνήσεων, με αποτέλεσμα η «ευλογία» των πόρων να γίνεται «κατάρρα», ενώ αποθαρρύνονται οι επενδύσεις. Οι διαρκείς διακυμάνσεις στις τιμές του πετρελαίου, έχουν προκαλέσει αστάθεια σε πολλές χώρες, όπως και οι αντίπαλες ομάδες, οι οποίες ελέγχουν τον πλούτο και τροφοδοτούν την ανισότητα και τις διαμάχες, την στιγμή που οι εισροές τρις δολαρίων υποτιμούν τα τοπικά νομίσματα και συνθλίβουν τις εξαγωγές. Για παράδειγμα στο Περού, η κυβέρνηση σκέφτεται την αύξηση της φορολογίας, ενώ στα ορυχεία χαλκού οι ντόπιοι απαιτούν μερίδιο στα κέρδη και στη Χιλή συζητείται η κρατικοποίηση του χαλκού και του λιθίου. Καναδοί επενδύουν 10 δις δολάρια, σε ορυχείο χαλκού στα σύνορα του Πακιστάν με το Ιράν και το Αφγανιστάν και η εταιρία BHP επιστρέφει στην Αφρική επενδύοντας στην Τανζανία. Οι τιμές του χαλκού, για παράδειγμα, ακόμη δεν είναι αρκετά υψηλές, 10.000 \$ σημερινή τιμή, ενώ αναμένεται να αυξηθεί στα 15.000 \$, ανά τόνο. Όσο υψηλότερες είναι, ωστόσο, οι τιμές, τόσο περισσότερο υπάρχει ο κίνδυνος να μειωθεί η ζήτηση, με αποτέλεσμα η τοπική πολιτική να γίνει περισσότερο ασταθής και να σταματήσουν πάλι οι επενδύσεις (Finance_Economics 2022).



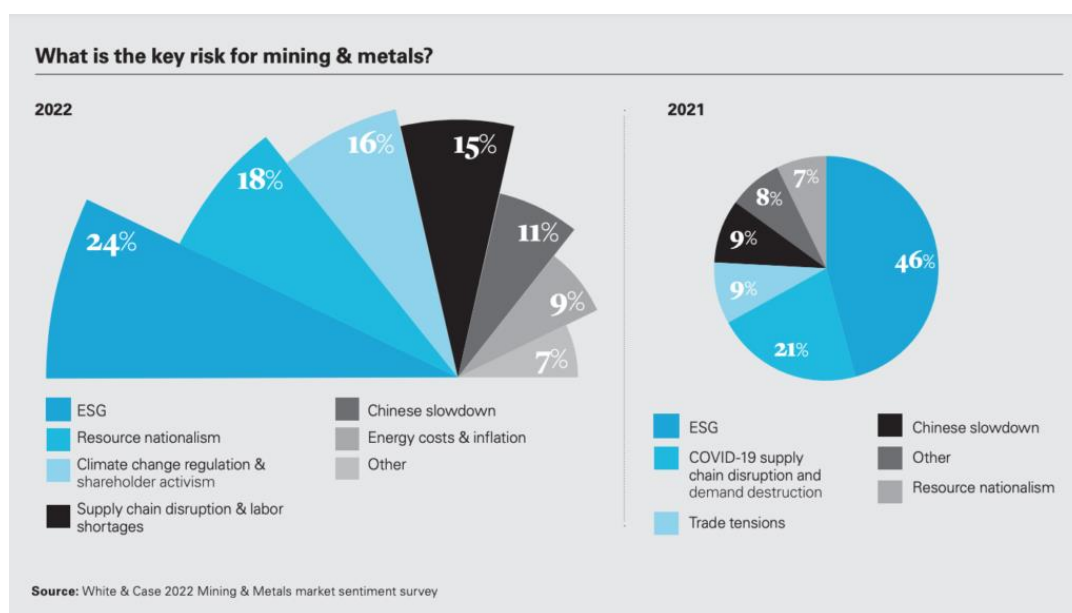
Εικόνα 6: παραγωγή πράσινων μετάλλων ανά χώρα, πηγή (Finance_Economics 2022)

2.5. Πως τα «πράσινα μέταλλα» μπορούν να απωθήσουν την κλιματική αλλαγή

Η οικοδόμηση μιας μελλοντικής οικονομίας δεν απαιτεί μόνο να την οικοδόμηση ενός νέου ενεργειακού τοπίου, αλλά απαιτεί και την αναθεώρηση του τρόπου που παράγονται τα θεμελιώδη δομικά υλικά. Ο χάλυβας και το αλουμίνιο είναι δύο από τα πιο συχνά χρησιμοποιούμενα υλικά κατασκευής και η παραγωγή τους, από μόνη της, αντιπροσωπεύει το 10% των παγκόσμιων εκπομπών (με το χάλυβα να αντιπροσωπεύει το 7% και το αλουμίνιο το 3%). Αυτό το μεγάλο ενεργειακό αποτύπωμα άνθρακα, ο βασικός οικονομικός ρόλος που διαδραματίζουν και τα δύο μέταλλα και η αυξανόμενη παγκόσμια ζήτηση, καθιστούν την παραγωγή του χάλυβα και του αλουμινίου, τον τέλει στόχο για τη μείωση των ρυπογόνων εκπομπών, με την εφαρμογή νέων τεχνολογιών.

Η πρωτοποριακή τεχνολογία εκπομπών, είναι όμως άχρηστη, εάν δεν μπορεί να εφαρμοστεί στην πραγματικότητα λόγω διαφόρων εμποδίων χρηματοδότησης. Η αποτελεσματική καταπολέμηση της κλιματικής αλλαγής σημαίνει να δοθεί η τεχνολογία σε όσο το δυνατόν περισσότερα κράτη και ο κυριότερος τρόπος για να επιτύχει η επανάσταση της καθαρής τεχνολογίας, είναι να γίνει η χρηματοδότηση όσο το δυνατόν πιο εύκολη.

Το 2021, το θέμα της Περιβαλλοντικής, Κοινωνικής και Εταιρικής Διακυβέρνησης για το περιβάλλον (Environmental, social, and corporate governance - ESG) εδραιώθηκε ως βασική πτυχή της εξορυκτικής επιχείρησης, η οποία αναμένεται να παραμείνει ως προτεραιότητα (MiningAndMetals 2022). Σύμφωνα με την έρευνα της Mining & Metals, η οποία με δείγμα 63 υπεύθυνων λήψης αποφάσεων, στον τομέα των ορυχείων και των μετάλλων, διαπίστωσε ότι για δεύτερη συνεχή χρονιά, τα θέματα ESG συνεχίζουν να θεωρούνται ιδιαίτερα σημαντικά, με το 24% των ερωτηθέντων να θεωρούν την εξόρυξη ως τη μεγαλύτερη απειλή, ενώ το 40% θεωρεί αναγκαία τη ρύθμιση που σχετίζεται με το κλίμα.



Εικόνα 7: έρευνα σχετικά με τα ορυχεία και τα μέταλλα, πηγή: (MiningAndMetals 2022)

Όλοι οι συμμετέχοντες στην έρευνα συμφώνησαν ότι η αντιμετώπιση των προκλήσεων της κλιματικής αλλαγής και της ενεργειακής μετάβασης θα πρέπει να είναι η νούμερο ένα προτεραιότητα για τη βιομηχανία τη χρονιά που διανύουμε, ενώ διαφαίνεται μια σημαντική ευκαιρία για τον κλάδο. Οι δε τελικοί χρήστες και ειδικά εκείνοι που προωθούν την ατζέντα της ενεργειακής μετάβασης, όπως οι κατασκευαστές ηλεκτρικών οχημάτων, θέλουν να μπορούν να πουν στους καταναλωτές, ότι τα υλικά που χρησιμοποιούν διαθέτουν εγκεκριμένα

διαπιστευτήρια ESG. Έτσι το 2021 οι εταιρίες BHP και Tesla, υπέγραψαν σύμφωνο συνεργασίας, με στόχο να δημιουργήσουν μια πιο «πράσινη» αλυσίδα εφοδιασμού. Με παρόμοιες συμφωνίες η εταιρία Rio Tinto (η οποία παράγει αλουμίνιο χωρίς άνθρακα), συνεργάζεται με εταιρίες όπως η Apple, ενώ η Glencore έχει υπογράψει συμφωνία προμήθειας κοβαλτίου με την Tesla. Έρευνες επίσης δείχνουν ότι οι δανειστές, ιδίως οι κρατικοί φορείς, είναι πολύ πιο πρόθυμοι να χρηματοδοτήσουν έργα, τα οποία συμβάλλουν στη διασφάλιση της προμήθειας ορυκτών ζωτικής σημασίας για την ενεργειακή μετάβαση. Παράλληλα εταιρίες όπως η BHP ανακοινώνουν ότι αποχωρούν από τον κλάδο πετρέλαιο – φυσικό αέριο και από τον θερμικό άνθρακα, η δε Anglo American απομακρύνθηκε εντελώς από τον θερμικό άνθρακα. Η Vale ανακοίνωσε επίσης την έξοδό της από την αγορά άνθρακα, ως μέρος της δέσμευσής της να γίνει ουδέτερη, ως προς τον άνθρακα, έως το 2050 και να μειώσει το ένα τρίτο των εκπομπών της έως το 2030, η δε Rio Tinto ενέκρινε ένα έργο σχετικό με το λίθιο, ύψους 2,4 δισεκατομμυρίων δολαρίων στη Σερβία. Έτσι και παρόλα τα προβλήματα, η μετάβαση προς τις λειτουργίες ESG και τα πράσινα μέταλλα, δεν πρόκειται να σταματήσει, μιας και οι εταιρείες που έχουν εστιάσει την προσοχή τους σε αυτούς τους τομείς βλέπουν ήδη τα οφέλη.

2.5.1. Το παράδειγμα του Καναδά

Η ανάγκη για απανθρακοποίηση είναι ο κύριος λόγος, για τον οποίο χώρες όπως ο Καναδάς, έχουν υπογράψει την Πρωτοβουλία της Βιομηχανικής Απανθρακοποίησης (Industrial Deep Decarbonization Initiative-IDD) η οποία ξεκίνησε τον Ιούνιο του 2021, κατά τη διάρκεια του COP26⁴, για την αντιμετώπιση των εκπομπών στην παραγωγή χάλυβα και τσιμέντου. Συγκεκριμένα, η IDDI καλεί τους υπογράφοντες να εξετάσουν τους πράσινους παράγοντες για την προμήθεια χάλυβα, κάτι το οποίο συνάδει και με τους στόχους της βιομηχανίας χάλυβα ώστε να μηδενιστούν έως το 2050 (παρά την προβλεπόμενη αύξηση της ζήτησης κατά 33% την ίδια ημερομηνία) (vanStee 2022).

Η ανάγκη ώστε η βιομηχανία να προχωρήσει προς την παραγωγή καθαρού χάλυβα είναι επιβεβλημένη, αλλά οι πιο πράσινες λειτουργίες υπονομεύονται από τις φθηνές εξαγωγές από

⁴ 26^ο Climate Change Conference of the Parties (COP26), στη Γλασκόβη, 31 Οκτωβρίου έως 13 Νοεμβρίου 2021.

πιο μολυσμένες περιοχές παραγωγής, όπως είναι αυτή της Κίνας. Η οικολογία και η τιμολόγηση του άνθρακα, θα μπορούσαν σύντομα να το αλλάξουν αυτό, καθώς οι περισσότερες χώρες προσπαθούν να συνυπολογίσουν το αποτύπωμα του άνθρακα και του χάλυβα στην κοστολόγηση, δημιουργώντας έτσι μεγάλες ευκαιρίες για τους παραγωγούς χάλυβα χαμηλών εκπομπών, κεφαλαιοποιώντας με αυτόν τον τρόπο την αγορά. Με αυτήν την συνθήκη, στον Καναδά, παρατηρήθηκε μια αύξηση παραγωγής χάλυβα. Οι διμερείς επίσης εμπορικές συμφωνίες, είναι ένας άλλος τρόπος υποστήριξης της απαλλαγής από τις εκπομπές άνθρακα, όπως για παράδειγμα η ανακοίνωση των Η.Π.Α. και της Ε.Ε., για τη σύναψη συμφωνίας στον τομέα του χάλυβα και του αλουμινίου έως το 2024. Αυτή η συμφωνία περιορίζει την πρόσβαση στον «βρώμικο» χάλυβα και στο αλουμίνιο (δηλ. στα προϊόντα που δεν πληρούν τα όρια των ρυπογόνων εκπομπών), ενώ υπάρχουν κι άλλες χώρες που επιθυμούν να συμμετέχουν σε αυτή την συμφωνία. Αυτό έχει ιδιαίτερη σημασία για τον Καναδά, δεδομένου ότι οι ΗΠΑ αντιπροσώπευαν το 89% των канаδικών εξαγωγών χάλυβα και το 81% των εξαγωγών πρωτογενούς αλουμινίου το 2019 (vanStee 2022).

Εν κατακλείδι, η τιμολόγηση του άνθρακα είναι αυτή που οδηγεί σε αλλαγές στη βιομηχανία των μετάλλων. Το χρονοδιάγραμμα τιμολόγησης του άνθρακα του Καναδά (που αναμένεται να φτάσει τα 170\$ ανά τόνο CO₂e έως το 2030), είναι ένας άλλος σημαντικός μοχλός για την απανθρακοποίηση, ιδιαίτερα στον τομέα του χάλυβα (Cobden 2021).

Στον Καναδά, οι παραγωγοί χάλυβα ανταποκρίνονται σε αυτή την πίεση επενδύοντας στην τεχνολογία μείωσης των εκπομπών, κατά 70%, αντικαθιστώντας τις υψικαμίνους καύσης άνθρακα, με ηλεκτρικούς καμίνους. Αυτή η μετασκευή όχι μόνο θα μειώσει τις εκπομπές ρύπων, αλλά αυξάνει την παραγωγή κατά περισσότερο από 50% και διευκολύνει την προσαρμογή της παραγωγής στη ζήτηση της αγοράς. Η μετατροπή σε ηλεκτρικούς φούρνους αναμένεται να ολοκληρωθεί πλήρως έως το 2029. Αλλά και εταιρίες στο Οντάριο, σχεδιάζουν να δαπανήσουν 1,7 δισεκατομμύρια δολάρια (400 εκατομμύρια δολάρια από ομοσπονδιακή χρηματοδότηση) για τη σταδιακή κατάργηση της παραγωγής χάλυβα με καύση άνθρακα. Αυτή η μετάβαση θα οδηγήσει σε ετήσια μείωση κατά 3 εκατομμύρια τόνους CO₂, η οποία είναι ισοδύναμη με την αφαίρεση 1 εκατομμυρίου αυτοκινήτων από το δρόμο. Αν και ο Καναδάς είναι δευτερεύων παίκτης, όσον αφορά την παραγωγή, η χώρα διαθέτει σημαντικά πράσινα διαπιστευτήρια και παράγει τις χαμηλότερες εκπομπές, ανά τόνο χάλυβα, μεταξύ 15 χωρών, συμπεριλαμβανομένων μεγάλων παραγωγών όπως είναι η Κίνα, η Ιαπωνία, η Ινδία, η Γερμανία και οι Η.Π.Α. (GEI 2022).

Τα «πράσινα διαπιστευτήρια» του Καναδά επεκτείνονται επίσης και στο αλουμίνιο. Η θέση της χώρας ως ο 4^{ος} μεγαλύτερος παραγωγός στον κόσμο σημαίνει ότι το προϊόν χαμηλών εκπομπών, τους δίνει σημαντικό ανταγωνιστικό πλεονέκτημα στην πράσινη οικονομία. Η παραγωγή αλουμινίου χρησιμοποιεί τεράστιες ποσότητες ηλεκτρικής ενέργειας και η αφθονία υδροηλεκτρικής και πυρηνικής ενέργειας μηδενικών εκπομπών στηρίζει την παρουσία της βιομηχανίας στη χώρα. Βασιζόμενη στο πράσινο αλουμίνιο του Καναδά, ανακοινώθηκε μια επένδυση 110 εκατομμυρίων δολαρίων, στην περιοχή Saguenay-Lac-Saint-Jean του Κεμπέκ, τον Δεκέμβριο του 2021, ενώ θεωρείται ότι είναι η πρώτη επένδυση, μεγάλης χωρητικότητας στη Βόρεια Αμερική, μια δεκαετία μετά την άνοδο της Κίνας στην κυριαρχία αυτού του κλάδου. Ήδη πρωτοπόροι στη μείωση των εκπομπών, οι κυβερνήσεις του Καναδά και του Κεμπέκ χρηματοδοτούν μια από κοινού επιχείρηση, για την παραγωγή αλουμινίου χωρίς άνθρακα. Η τεχνολογία αυτή αναμένεται να είναι έτοιμη έως το 2024, με υπολογισμένη παραγωγή μεγάλης κλίμακας έως το 2026. Αυτή η καινοτομία μπορεί να εξαλείψει 7 εκατομμύρια τόνους CO₂ κάθε χρόνο, που ισοδυναμούν με το 1% των συνολικών εθνικών εκπομπών του Καναδά (vanStee 2022).

2.6. Ο «πράσινος» πληθωρισμός

Μελετητές υποστηρίζουν ότι η ενεργειακή μετάβαση θα αποδειχτεί πληθωριστική και εστιάζονται σε τέσσερις κύριους λόγους (WhitePapers 2022):

- Οι παγκόσμιες επενδύσεις κεφαλαίου στην ενέργεια αναμένεται να υπερδιπλασιαστούν έως το 2030. Η ενεργειακή βιομηχανία άρχισε δειλά να επενδύει από το 2014, όμως οι απαιτούμενες επενδύσεις στην παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας και στις υποδομές είναι σαφώς πολλαπλάσιες. Επιπλέον, η μέση κεφαλαιουχική ένταση της ενέργειας χαμηλού άνθρακα είναι περίπου διπλάσια από αυτή των υδρογονανθράκων.
- Η μετάβαση περιλαμβάνει τεράστιες αυξήσεις στη ζήτηση για τα εμπορεύματα, όπως το ανθρακικό λίθιο, το κοβάλτιο και το νικέλιο. Η μετάβαση μόλις ξεκίνησε, αλλά οι τιμές των περισσότερων «πράσινων μετάλλων» έχουν ήδη υπερτριπλασιαστεί.

- Η «πράσινη ασφάλιση» (Green Premium), η οποία αντιπροσωπεύει το πρόσθετο κόστος επιλογής μιας καθαρής τεχνολογίας, έναντι μιας παραδοσιακής. Για να επιτευχθούν οι καθαρές – μηδενικές εκπομπές (net-zero emissions - NZE), είναι απαραίτητο να εξαλειφθούν τα «πράσινα ασφάλιστρα», κάτι το οποίο μπορεί να γίνει είτε καθιστώντας τις πράσινες τεχνολογίες φθηνότερες (μέσω καινοτομίας και κλίμακας), είτε ακριβότερα τα ορυκτά καύσιμα (μέσω φόρων άνθρακα ή κανονισμών). Ενώ η ηλεκτρική ενέργεια από ανανεώσιμες πηγές γίνεται φθηνότερη, αυτή η μετάβαση θα πάρει χρόνο και μέχρι τότε, συνεπάγεται υψηλότερο κόστος, με αποτέλεσμα μια πληθωριστική μετάβαση.
- Ένα βασικό χαρακτηριστικό οποιουδήποτε σχεδίου, που στοχεύει στις NZE είναι η τιμολόγηση του άνθρακα. Αυτό όμως φαίνεται πολιτικά προκλητικό και θα έχει ως αποτέλεσμα οι καταναλωτές να αντιμετωπίζουν σημαντικά υψηλότερες τιμές ενέργειας.

Η μετάβαση στην πράσινη ενέργεια θα είναι πιθανότατα άτακτη, μιας και για τις ενεργειακές μεταβάσεις απαιτείται πάντα πολύς χρόνος, ειδικά όταν οι επενδύσεις σε πράσινη ενέργεια δεν αυξάνονται αρκετά γρήγορα, οι τεχνολογίες που απαιτούνται για την επίτευξη των NZE έως το 2050 δεν υπάρχουν ακόμη σε εμπορική βάση, ενώ οι απαρχαιωμένοι νόμοι και κανονισμοί εμποδίζουν την εφαρμογή της καινοτομίας. Μια άτακτη παράδοση συνεπάγεται όμως περιοδικές ελλείψεις εφοδιασμού και ακόμη πιο ασταθείς τιμές ενέργειας. Οπότε εκτιμάται ότι αυτοί οι παράγοντες θα αυξήσουν τον πληθωρισμό κατά 25 έως 50 μονάδες βάσης (bps) την επόμενη δεκαετία κι έτσι, ο πληθωρισμός και τα ονομαστικά επιτόκια θα είναι πιθανώς υψηλότερα και πιο ευμετάβλητα, ιδιαίτερα σε σχέση με τα επίπεδα των δύο τελευταίων δεκαετιών. Αυτό όμως δεν έχει ακόμη τιμολογηθεί στις αγορές, θα υπάρξει ένας αντανakλαστικός αντίκτυπος της πράσινης μετάβασης, η οποία έχει βαθιές επιπτώσεις, τόσο για τους φορείς χάραξης πολιτικής όσο και για τους επενδυτές. Έτσι η απαλλαγή από τις ανθρακούχες εκπομπές μπορεί να θεωρηθεί ως δυσμενές σοκ λόγω προσφοράς, όπως συνέβη με τις πετρελαϊκές κρίσεις της δεκαετίας του 1970 (Pisani-Ferry 2021).

Παρόλο που δεν γίνονται όσες επενδύσεις απαιτούνται στην ενεργειακή βιομηχανία, αναμένεται να υπερδιπλασιαστούν έως το 2030, αν και κατά την τελευταία δεκαετία, οι παγκόσμιες επενδύσεις σε ενέργεια μειώθηκαν στην πραγματικότητα κατά 35%, καθώς οι

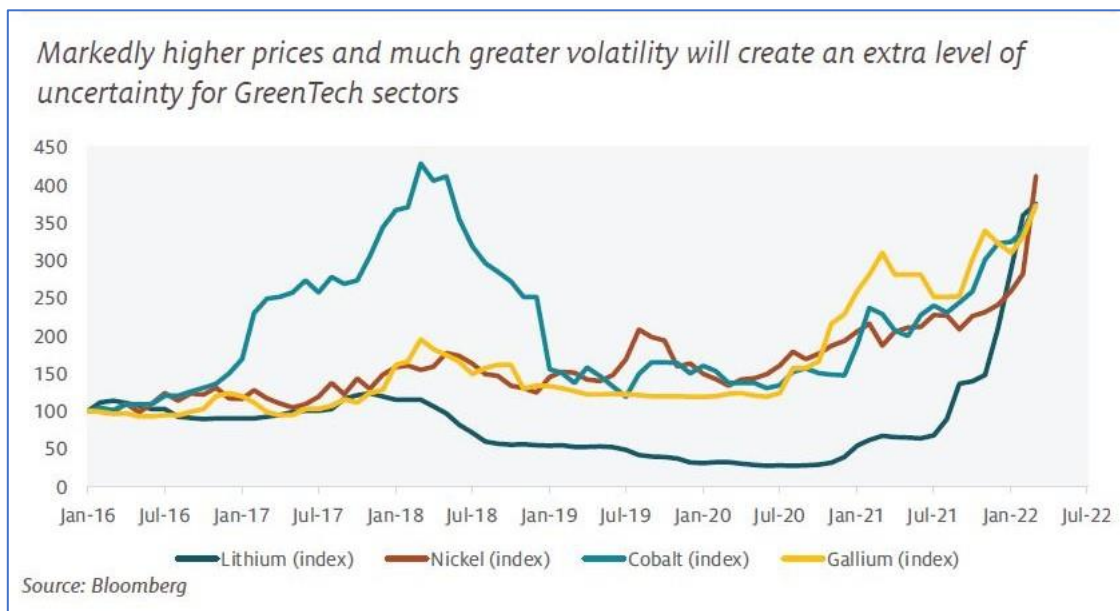
πράσινες δαπάνες δεν αυξήθηκαν άμεσα, έτσι ώστε να αντισταθμίσουν τη μείωση των επενδύσεων στα ορυκτά καύσιμα. Επιπλέον, η κεφαλαιοποίηση του πετρελαίου και του φυσικού αερίου σημείωσαν πτωτική τάση, μέχρι πρόσφατα, καθώς οι επενδυτές ήταν διστακτικοί σχετικά με τις μακροπρόθεσμες προοπτικές ζήτησης σε έναν κόσμο που επιθυμεί απαλλαγή από τις εκπομπές άνθρακα.

Για να εκπληρωθούν οι φιλοδοξίες για NZE, το ετήσιο κεφάλαιο πρέπει να υπερδιπλασιαστεί έως το 2030 και εκτός από την παραγωγή ορυκτών καυσίμων, οι απαιτούμενες επενδύσεις στην παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας και στις υποδομές πρέπει να είναι σημαντικές. Αν και έχει σημειωθεί πρόοδος, είναι σαφές ότι οι απαιτούμενες επενδύσεις για την πράσινη ενέργεια είναι πολύ υψηλές και μέχρι τώρα δεν έχουν αυξηθεί αρκετά γρήγορα. Επίσης, η πράσινη μετάβαση περιλαμβάνει τεράστιες αυξήσεις στη ζήτηση για πολλά εμπορεύματα. Ο ήλιος και ο άνεμος μπορεί να είναι ελεύθεροι πόροι, αλλά τα υλικά που χρησιμοποιούνται στις ανεμογεννήτριες ή που χρησιμοποιούνται στα ηλεκτρικά αυτοκίνητα, είναι φυσικά και πρέπει να εξορυχθούν, με αποτέλεσμα να δημιουργηθούν νέες αλυσίδες εφοδιασμού για τον καθαρό άνθρακα (Yergin 2020).

Τεράστιες επενδύσεις απαιτούνται, για τη μετάβαση στις NZE, έως το 2030, ενώ αναμένεται να επταπλασιαστεί το μέγεθος της αγοράς των πράσινων μετάλλων. Για παράδειγμα, η παραγωγή μπαταριών αυξάνεται εκθετικά και απαιτεί λίθιο, κοβάλτιο, νικέλιο, γραφίτη και μαγγάνιο. Όπως και οι κυψέλες καυσίμου, χρειάζονται κοβάλτιο, παλλάδιο, πλατίνα, γραφίτη, χαλκό, νικέλιο και τιτάνιο. Η λίστα αυτή μπορεί να επεκταθεί ώστε να συμπεριλάβει τις ανεμογεννήτριες που χρειάζονται νικέλιο, ψευδάργυρο, μολυβδαίνιο ή τα φωτοβολταϊκά στοιχεία που χρειάζονται μέταλλο πυριτίου, γάλλιο, ίνδιο, σελήνιο κλπ. Η μετάβαση στα ηλεκτρικά αυτοκίνητα, απαιτεί μέταλλα και η ζήτηση των ορυκτών αυτών θα εκτοξευθεί (το λίθιο έως 4300%, το κοβάλτιο και το νικέλιο έως 2500%), μιας και το ηλεκτρικό όχημα χρησιμοποιεί 6 φορές περισσότερα ορυκτά, από ένα συμβατικό αυτοκίνητο και μια ανεμογεννήτρια χρησιμοποιεί 9 φορές περισσότερα ορυκτά παρά ένα εργοστάσιο παραγωγής ενέργειας με αέριο. Η ζήτηση και οι τιμές των πράσινων μετάλλων ήδη έχουν εκτοξευθεί, ενώ οι παραγωγοί μπαταριών, οι κατασκευαστές κυψελών και άλλοι κλάδοι, θα πρέπει να συνυπολογίσουν και πιθανούς περιορισμούς πόρων, με αποτέλεσμα τις υψηλότερες και πιο ασταθείς τιμές και τον πληθωρισμό.

Η ενέργεια, σε ένα μέλλον μηδενικών εκπομπών άνθρακα, θα κοστίσει πολύ περισσότερο από τη σημερινή παραγωγή, θα χρειαστεί να αντικατασταθούν συστήματα, ώστε να

επιτευχθούν οι μηδενικές εκπομπές, αλλά και θα απαιτηθεί η ανάπτυξη νέων ακριβών τεχνολογιών. Όλα αυτά πρόκειται να επιβαρύνουν σημαντικά τα ρυθμιστικά και τα οικονομικά συστήματα όλων των χωρών (Nordhaus 2021).



Εικόνα 8: αύξηση των τιμών στα πράσινα μέταλλα, πηγή: (WhitePapers 2022)

Η «πράσινη ασφάλιση» επίσης αποτελεί ένα πρόσθετο κόστος, για την πράσινη τεχνολογία, έναντι της παραδοσιακής. Για να επιτευχθεί η NZE, είναι κρίσιμο να εξαλειφθούν τα «πράσινα ασφάλιστρα», είτε καθιστώντας τις πράσινες τεχνολογίες φθηνότερες (μέσω καινοτομίας και κλίμακας), είτε ακριβαίνοντας τα ορυκτά καύσιμα (μέσω φόρων άνθρακα ή κανονισμών). Τελικά, τα ασφάλιστρα πρέπει να είναι μηδενικά ή αρνητικά ώστε να δοθούν κίνητρα στους καταναλωτές να επιλέξουν την πράσινη ενέργεια. Μέχρι τότε, η μετάβαση συνεπάγεται υψηλότερο κόστος και θα είναι πληθωριστική. Για να εξαλειφθούν τα «πράσινα ασφάλιστρα», το κλειδί βρίσκεται στην καινοτομία και στην κλιμάκωση της παραγωγής, για τη μείωση του κόστους. Σύμφωνα με τον Bill Gates (Gates 2021), η μετάβαση στην πράσινη ενέργεια είναι ένα κυκλικό πρόβλημα, μιας και για να μειωθεί το κόστος, πρέπει να επέλθει η κλιμάκωση παραγωγής, αλλά για να επιτευχθεί η κλιμάκωση πρέπει να μειωθούν το κόστος και οι τιμές.

Όσον αφορά τα φωτοβολταϊκά (PV) οι τιμές τους παρουσιάζουν πτωτική τάση, κατά περίπου 10% ετησίως και από το 1976 υπάρχει μείωση κόστους κατά 20%, με αποτέλεσμα μειώθηκε η τιμή από 100 \$/W το 1976 σε 0,33 \$/W το 2020. Και στα τελευταία δεκαπέντε χρόνια και εξαιτίας της ανάπτυξης της καινοτομίας, οι τιμές της ηλιακής και της αιολικής ενέργειας σημείωσαν πτώση κατά 90% (Doerr και Perkins 2021).

Οι κυβερνήσεις και η πολιτική τους μπορούν να διαδραματίσουν ρόλο στην μείωση των «πράσινων ασφαλιστρών», μέσω κρατικών χρηματοδοτούμενων επενδύσεων και υποδομών, αλλά και με την παροχή κινήτρων στην παραγωγή και επιδοτήσεις από την πλευρά της ζήτησης για την ενθάρρυνση των καταναλωτών. Το αυτό ισχύει επίσης και για τους φόρους άνθρακα, οι οποίοι είναι ζωτικής σημασίας για την εξισορρόπηση των όρων ανταγωνισμού. Έτσι εάν αυξηθεί σταδιακά η τιμή του άνθρακα, ώστε να αντικατοπτρίζει το πραγματικό του κόστος, οι κυβερνήσεις μπορούν να ωθήσουν τους καταναλωτές και τους παραγωγούς σε πιο αποτελεσματικές αποφάσεις, ενθαρρύνοντας την καινοτομία που μειώνει τα «πράσινα ασφαλιστρα (Gates 2021). Η τιμολόγηση του άνθρακα είναι μια κλασική λύση για την κλιματική αλλαγή και είναι και ο πιο αποτελεσματικός τρόπος, ως κίνητρο, για τη μετάβαση από τα ορυκτά καύσιμα στην πράσινη ενέργεια. Έτσι δεν προκαλεί έκπληξη το γεγονός ότι οι ερευνητές πιστεύουν, σχεδόν ομόφωνα, ότι η αύξηση της τιμής του άνθρακα είναι απαραίτητη για την επίτευξη των NZE (Yergin 2020).

Η συζήτηση αφορά την τιμή του άνθρακα και την επίδραση της στον πληθωρισμό. Συνήθως τα προτεινόμενα μοντέλα ξεκινούν μια μέση τιμή περίπου στα 40\$ ανά τόνο CO₂ και στη συνέχεια η τιμή αυξάνεται σταδιακά στα 200\$. Σύμφωνα με τον Nordhaus (Nordhaus 2021), μια αποτελεσματική πολιτική είναι αυτή που ανεβάζει την τιμή σταδιακά, ώστε να δώσει χρόνο στον πληθυσμό να προσαρμοστεί σε έναν κόσμο με υψηλότερες τιμές άνθρακα, να δώσει στις εταιρείες ένα μήνυμα σχετικά με το οικονομικό περιβάλλον για τις μελλοντικές επενδύσεις τους και έτσι να μειώνονται συνεχώς οι εκπομπές του άνθρακα. Ο εκτιμώμενος αντίκτυπος στον πληθωρισμό, εξαρτάται από διάφορες υποθέσεις, αν και παρουσιάζεται μια αύξηση του πληθωρισμού κατά περίπου 25bps, ετησίως και μεσοπρόθεσμα. Σε ένα εναλλακτικό σενάριο περιλαμβάνεται η απότομη αύξηση της τιμής του άνθρακα στα 100\$, που όμως σε αυτήν την περίπτωση ο πληθωρισμός θα αυξανόταν 2,5% σε ένα ή δύο χρόνια και θα είχε ως αποτέλεσμα τη μείωση της ζήτησης ορυκτών καυσίμων κατά 15%. Στην περίπτωση κατά την οποία η τιμή του άνθρακα αυξανόταν στα 100\$, σταδιακά μέσα σε μια δεκαετία, μελέτες καταδεικνύουν ότι οι τιμές της ενέργειας θα αυξανόταν κατά 25%, ενώ θα

υπάρχει μια σημαντική υποκατάσταση στα ορυκτά καύσιμα, καθώς το κόστος τους θα ήταν πολλαπλάσιο. Έτσι ο Nordhaus, εκτιμά ότι το κόστος της ηλεκτρικής ενέργειας, το οποίο παράγεται από μια υπάρχουσα μονάδα άνθρακα, θα αυξηθεί κατά 123%, με την τιμή του άνθρακα να φτάνει στα 40\$ και κατά 619% με την τιμή στα 200\$. Τα αντίστοιχα ποσοστά για το φυσικό αέριο είναι 38% και 184%, αντίστοιχα (Nordhaus 2021).

Η μετάβαση στην πράσινη ενέργεια αποτελεί ένα εγχείρημα δύσκολο στην εφαρμογή του. Τα ορυκτά καύσιμα ικανοποιούν επί του παρόντος το 83% της παγκόσμιας ενεργειακής ζήτησης (79% στις ΗΠΑ), αλλά για να επιτευχθεί NZE αυτό το ποσοστό πρέπει να πέσει στο μηδέν. Αντισταθμίζοντας αυτήν την πτώση, ο Διεθνής Οργανισμός Ενέργειας (International Energy Agency – IEA), προβλέπει ότι η ηλιακή και η αιολική ενέργεια θα αντιπροσωπεύουν το 70% της παραγωγής ενέργειας, έως το 2050, από 9% που ήταν το 2020.

Ενώ το σλόγκαν «Όλα με ηλεκτρισμό, όλα χωρίς άνθρακα»⁵, κερδίζει έδαφος, διαπιστώνεται ότι η εφαρμογή του είναι δύσκολη και περίπλοκη, ενώ πρέπει να αλλάξει η δομή μιας δαιδαλώδους οικονομίας. Οι επενδύσεις σε πράσινη ενέργεια δεν αυξάνονται αρκετά γρήγορα, παρόλο που υπάρχει η δέσμευση για εγκατάλειψη των ορυκτών καυσίμων, δεν γίνονται επενδύσεις αντικατάστασης των συστημάτων. Την ίδια στιγμή το κόστος αυξάνεται για τους παραγωγούς πετρελαίου και φυσικού αερίου, καθώς οι μη κρατικοί επενδυτές προσπαθούν να μειώσουν την επένδυσή τους στα ορυκτά καύσιμα. Παράλληλα οι τεχνολογίες που απαιτούνται για την επίτευξη των NZE, έως το 2050, δεν υπάρχουν ακόμη σε εμπορική βάση, ενώ για να δοθεί μια άδεια χερσαίας και όχι υπεράκτιας, ανεμογεννήτριας στην Ευρώπη, απαιτούνται επτά έτη, εξαιτίας των ρυθμιστικών εμποδίων (Yergin 2020). Έτσι η ανάπτυξη της πράσινης ενέργειας και η ,μετάβαση σε αυτήν μπορεί να διαρκέσει δεκαετίες (Toone 2021). Και σύμφωνα και με τον Bill Gates (Gates 2021), όπως και στο παρελθόν, απαιτούνταν πολύς χρόνος, για την μετάβαση από την μια πηγή ενέργειας στην άλλη.

2.7. Η εισβολή στην Ουκρανία

Η εισβολή της Ρωσίας στην Ουκρανία, θεωρείται από πολλούς επιταχυντής για την μετάβαση στην πράσινη ενέργεια.

⁵ "Electrify Everything, Decarbonize Everything"

Η συνεχιζόμενη εξάρτηση από τα ορυκτά καύσιμα, τα οποία εμπορεύονται κάποιες χώρες, δημιουργεί γεωπολιτικές ευπάθειες. Ο πόλεμος στην Ουκρανία είχε ως αποτέλεσμα την εκ νέου εστίαση στην ενεργειακή ασφάλεια και τον διπλασιασμό των επενδύσεων για τη μετάβαση στην καθαρή ενέργεια. Και ενώ αυτό διαπιστώνεται σε παγκόσμιο επίπεδο, δημιουργεί ιδιαίτερα σοβαρά προβλήματα στην Ευρώπη, μιας και η Ε.Ε. τις τελευταίες δύο δεκαετίες, είχε αυξήσει την εξάρτησή της από την εισαγόμενη ενέργεια, στο 57,5% (αυτή η τάση ήταν ιδιαίτερα έντονη στη Γερμανία, την Ολλανδία, την Ελλάδα και την Πολωνία). Επιπλέον, ο δείκτης εξάρτησης παραμένει πολύ υψηλός στην Ιταλία (74%), στην Ιρλανδία (71%), στην Ισπανία (68%), αλλά και σε άλλες χώρες. Δυστυχώς, η μεγαλύτερη πηγή ενέργειας της Ε.Ε. είναι η Ρωσία, η οποία προμηθεύει το 41% του εισαγόμενου φυσικού αερίου, το 27% του αργού πετρελαίου και το 47% του άνθρακα. Έτσι στις 11 Μαρτίου 2022, η Ursula von der Leyen, Πρόεδρος της Ευρωπαϊκής Επιτροπής, δήλωνε ότι πρόκειται να υποβληθεί πρόταση, με στόχο τη σταδιακή κατάργηση της εξάρτησής της Ε.Ε. από το ρωσικό αέριο, πετρέλαιο και άνθρακα, έως το 2027 (WhitePapers 2022).

Σε απάντηση στη ρωσική εισβολή, η Ε.Ε. ανακοίνωσε τα περιγράμματα της νέας ενεργειακής στρατηγικής της, η οποία προβλέπει ανεξαρτησία από τα ρωσικά ορυκτά καύσιμα πολύ πριν από το 2030, με την εύρεση νέων πηγών αερίου, αλλά και με τον τριπλασιασμό της δυναμικότητας των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας. Βραχυπρόθεσμα, η Ε.Ε. επιχειρεί να μειώσει τις αγορές ρωσικού φυσικού αερίου, κατά δύο τρίτα πριν από το τέλος του έτους, κυρίως με την εύρεση άλλων πηγών, όπως είναι οι Η.Π.Α., αλλά και με την κατασκευή έξι νέων πυρηνικών σταθμών ηλεκτροπαραγωγής, στοχεύοντας στην απόλυτη ενεργειακή ανεξαρτησία. Η στάση της Γερμανίας δε, έχει αλλάξει, με τον Υπουργό Οικονομικών της, Christian Lindner, να αποκαλεί πρόσφατα τις ανανεώσιμες πηγές ενέργειας «ενέργεια ελευθερίας». Όπως υπογραμμίζει και ο Yergin (Yergin 2020), εδώ και δεκαετίες, οι επενδύσεις για το κλίμα ήταν πάντα θέμα εθνικής ασφάλειας και ο πόλεμος της Ρωσίας στην Ουκρανία, απλώς επανάφερε το θέμα στο προσκήνιο. Η απαλλαγή βέβαια από τον άνθρακα, μπορεί να θεωρηθεί εν μέρει ως πολιτική εθνικής ασφάλειας, πολλά όμως από τα πράσινα μέταλλα, που χρησιμοποιούνται στις μπαταρίες και στα ηλιακά πάνελ, προέρχονται από χώρες όπως είναι η Κίνα, η Ρωσία και το Κονγκό. Αυτή η συνθήκη φωτίζει μια σειρά από τρωτά σημεία που χρήζουν άμεσης αντιμετώπισης.

2.8. Η αυτάρκεια στην ενέργεια

Ως ενεργειακή αυτάρκεια ορίζεται η ικανότητα μιας χώρας ή μιας περιοχής, να μπορεί να εκπληρώσει τις δικές της ενεργειακές ανάγκες. Υπολογίζεται ως παραγωγή επί της συνολικής παροχής πρωτογενούς ενέργειας (Total primary energy supply - TPES). Εάν ο αριθμός είναι μικρότερος από 100%, τότε η χώρα ή η περιοχή δεν είναι αυτάρκης και εξαρτάται από τις εισαγωγές ενέργειας. Το ποσοστό δε της ενεργειακής αυτάρκειας, είναι η αναλογία μεταξύ της εθνικής παραγωγής πρωτογενούς ενέργειας (άνθρακας, πετρέλαιο, φυσικό αέριο, πυρηνικές, υδραυλικές και ανανεώσιμες πηγές ενέργειας) και της κατανάλωσης της πρωτογενούς ενέργειας, σε ένα δεδομένο έτος (Insee 2016).

Καθώς η απειλή της υπερθέρμανσης του πλανήτη συνεχίζεται, οι χώρες σε όλο τον κόσμο εργάζονται σκληρά για να οικοδομήσουν έναν πιο βιώσιμο τρόπο ζωής, επικεντρωμένες στην παροχή πιο βιώσιμων ενεργειακών λύσεων. Η εισβολή δε της Ρωσίας στην Ουκρανία έφερε στην επιφάνεια την συζήτηση σχετικά με την ενεργειακή αυτάρκεια των χωρών (Matyjaszek 2022).

Οι χώρες οι οποίες πρωτοστατούν ως ενεργειακά αυτάρκεις (2019) είναι:

- Ισλανδία
- Σουηδία
- Κόστα Ρίκα
- Ηνωμένο Βασίλειο
- Γερμανία

Η Ισλανδία λαμβάνει πλέον σχεδόν το 100% της ενέργειάς της από ανανεώσιμες πηγές και καταλαμβάνει την κορυφή της λίστας. Παράγει την ηλεκτρική της ενέργεια από υδροηλεκτρικούς και γεωθερμικούς σταθμούς, ενώ αυτά τα εργοστάσια παραγωγής ενέργειας, προσελκύουν χιλιάδες τουρίστες κάθε χρόνο.

Η Σουηδία ακολουθεί, αρκετά πιο πίσω και επικεντρώνεται στην εξάλειψη όλων των ορυκτών καυσίμων στη χώρα. Έχει επενδύσει σε μεγάλο βαθμό σε έξυπνα δίκτυα, στην ηλιακή και αιολική ενέργεια, στις καθαρές μεταφορές και στην αποθήκευση ενέργειας.

Η Κόστα Ρίκα δε, στοχεύει να είναι πλήρως απανθρακοποιημένη στο άμεσο μέλλον, ενώ η χώρα έχει ήδη καταφέρει να εξαντλήσει πλήρως τις ανανεώσιμες πηγές ενέργειας και χρησιμοποιεί ηλιακές, αιολικές, γεωθερμικές και υδροηλεκτρικές πηγές ενέργειας.

Το Ηνωμένο Βασίλειο αν και δεν έχει την ίδια γεωγραφία με χώρες όπως η Ισλανδία και η Κόστα Ρίκα, επωφελείται από τους ισχυρούς ανέμους κι έτσι αξιοποιεί πλήρως την αιολική ενέργεια. Η χώρα έχει πλέον καταφέρει να παράγει περισσότερη ενέργεια από τα αιολικά πάρκα, από ό,τι μέσω σταθμών παραγωγής ενέργειας από τον άνθρακα. Η Σκωτία και η Βόρεια Ιρλανδία πρωτοστατούν στον τομέα αυτόν, με την Σκωτία να βρίσκεται σε θέση να παράγει αρκετή αιολική ενέργεια, για να προμηθεύει περισσότερο από το 100% των σπιτιών της.

Η Γερμανία από την άλλη εστιάζει πολλές προσπάθειές της στην ηλιακή ενέργεια, ενώ σε μια μέρα του 2015, η χώρα έσπασε ρεκόρ, καλύπτοντας έως και το 78% της ζήτησης ηλεκτρικής ενέργειας στην επικράτεια της μέσω ανανεώσιμων πηγών ενέργειας.

Οι χώρες που εμφανίζονται στην παραπάνω λίστα κατάφεραν να εκμεταλλευτούν με επιτυχία τη δύναμη της πράσινης ενέργειας, είτε πρόκειται για ηλιακή, αιολική, γεωθερμική ή παλιρροιακή ενέργεια. Αυτές οι ανανεώσιμες πηγές ενέργειας αποδεικνύονται ζωτικής σημασίας για τη μείωση του αποτυπώματος άνθρακα. Το μόνο μειονέκτημα αυτών των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας, είναι ότι είναι δαπανηρή η εφαρμογή τους. Έτσι η δαπάνη αυτή αποτελεί πρόβλημα για τις αναπτυσσόμενες χώρες, οι οποίες δεν διαθέτουν τα κεφάλαια για να εφαρμόσουν τις ανανεώσιμες πηγές ενέργειας στην πράξη.

Φυσικά, δεν είναι μόνο η αύξηση της χρήσης ανανεώσιμων πηγών ενέργειας που θα βοηθήσει στη βιωσιμότητα, μιας και σημαντικό ρόλο παίζει και η ανακύκλωση. Χώρες όπως η Γερμανία, η Αυστρία, η Νότια Κορέα και η Ουαλία πρωτοστατούν στην ανακύκλωση, ενώ οι ΗΠΑ κατατάσσονται στην 25^η θέση της λίστας. Τα απορρίμματα χαρτιού, για παράδειγμα, αποτελούν ένα ιδιαίτερα μεγάλο πρόβλημα, ιδιαίτερα στον επιχειρηματικό κόσμο, μιας και χρειάζεται διπλάσια ποσότητα ενέργειας για την παραγωγή χαρτιού από ό,τι για την παραγωγή πλαστικού. Αυτό καθιστά απαραίτητη την εστίαση στην ανακύκλωση χαρτιού για τη βελτίωση της βιωσιμότητας.

Στην Ε.Ε., η ενεργειακή αυτάρκεια είναι της τάξης του 52,4%, που σημαίνει ότι η εθνική παραγωγή καλύπτει μόνο το ήμισυ των ευρωπαϊκών ενεργειακών αναγκών.

Η συζήτηση όμως για την δυνατότητα ενεργειακής αυτάρκειας των χωρών μόλις ξεκίνησε και η προσπάθεια να μειωθεί η ενεργειακή εξάρτησή από τρίτες χώρες αποτελεί πρωταρχικό μέλημα.

ΣΥΖΗΤΗΣΗ & ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Έχουν περάσει χρόνια ερευνώντας τις αιτίες και τις επιπτώσεις της κλιματικής αλλαγής και με τη βοήθεια ειδικών στους τομείς της φυσικής, της χημείας, της βιολογίας, της μηχανικής, των πολιτικών επιστημών και των οικονομικών, οι μελετητές έχουν επικεντρωθεί στο τι πρέπει να γίνει προκειμένου να σταματήσει η διολίσθηση του πλανήτη στην (μερική ή ολική) περιβαλλοντική καταστροφή. Ο προεξέχων στόχος αφορά τις καθαρές μηδενικές εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου, αλλά και τι πρέπει να γίνει για να επιτευχθεί αυτός ο εξαιρετικά σημαντικός στόχος. Οι προκλήσεις που αντιμετωπίζει ο σύγχρονος κόσμος είναι πολλές, ενώ η καινοτομία στην τεχνολογία που απαιτείται μπορεί να συμβάλλει στη μείωση των εκπομπών. Αν και η επίτευξη μηδενικών εκπομπών δεν θα είναι απλή ή εύκολη (Gates 2021).

Καθώς ο κόσμος προσπαθεί να απογαλακτιστεί από τα ορυκτά καύσιμα και να προσχωρήσει στις ανανεώσιμες πηγές ενέργειας, ένα νέο ορυκτό σύνορο αναδύεται για να χτίσει την τεχνολογία που απαιτείται. Όμως κάποια παλιά προβλήματα παραμένουν, τη στιγμή που ορισμένες χώρες, με εκμεταλλεύσιμα αποθέματα «πράσινων μετάλλων» μπορεί να μην είναι αρκετά ισχυρές για να αποφύγουν την «κατάρτα των πόρων», ενώ η Κίνα έχει επιβληθεί στην αγορά και οι παγκόσμιες επιχειρήσεις του Βορρά κυριαρχούν στην εξόρυξη. Όμως πολλά ορυκτά, εν τέλει, δεν είναι καθόλου «καθαρά» από μόνα τους (Higgins 2022).

Η ανάγκη για την απόκτηση των πράσινων μετάλλων δεν θα είναι τόσο μεγάλη, όσο ήταν η ανάγκη του πετρελαίου και φυσικού αερίου μετά τον δεύτερο παγκόσμιο πόλεμο. Οι συγκρίσεις με το παρελθόν όμως δίνουν κάποια στοιχεία για την επικείμενη αλλαγή. Μεταξύ 1940 και 1970, το μερίδιο των υδρογονανθράκων στον ενεργειακό εφοδιασμό των πλούσιων χωρών αυξήθηκε από το 26% σε σχεδόν στο 70%. Οι κάποτε περιθωριακές οικονομίες στη Μέση Ανατολή μετατράπηκαν σε πλούσια πετρελαιοπαραγωγά κράτη. Για παράδειγμα, μεταξύ 1970 και 1980 το κατά άτομο ΑΕΠ του Κατάρ και της Σαουδικής Αραβίας αυξήθηκε 12 και 18 φορές, αντίστοιχα, ενώ τα χωριά των Βεδουίνων έγιναν πόλεις και τα ψαροκάικα έδωσαν τη θέση τους σε δεξαμενόπλοια και πολυτελή γιοτ. Και αυτή τη φορά η μετάβαση πρόκειται να είναι απρόοπτη, ιδίως για τις χώρες οι οποίες ονομάζονται «υπερδυνάμεις των πράσινων μετάλλων», υπολογίζεται δε ότι πολλές από τις σημερινές φτωχές οικονομίες, μπορούν να κερδίσουν περισσότερα από 1,2 τρισεκατομμύρια δολάρια, ως

ετήσια έσοδα, από πράσινα μέταλλα, τα οποία σχετίζονται με την παραγωγή ενέργειας, έως το 2040 (Finance_Economics 2022).

Η πράσινη μετάβαση αυξάνει τη ζήτηση για τα μέταλλα και για τα ορυκτά, τα οποία χρειάζονται για την παραγωγή ανεμογεννητριών, ηλιακών συλλεκτών, ηλεκτρικών οχημάτων, αποθήκευσης μπαταριών και άλλου ηλεκτρονικού εξοπλισμού, ενώ μέταλλα όπως ο χαλκός, το λίθιο και το βανάδιο, είναι σημαντικά για τις πράσινες τεχνολογίες και την παραγωγή και για την αποθήκευση της ενέργειας. Ο Διεθνής Οργανισμός Ενέργειας και έως το 2050, στον χάρτη της ενεργειακής μετάβασης, αναφέρει ότι το μερίδιο της ενέργειας, από τις ανανεώσιμες πηγές ενέργειας (ιδίως της ηλιακής, της υδροηλεκτρικής και της αιολικής ενέργειας), πρόκειται να αυξηθεί από 10% έως 60%, ενώ το μερίδιο των ορυκτών καυσίμων θα δεχτεί μείωση περίπου από 80% έως 20%. Για να επιτευχθεί η αντικατάσταση των ορυκτών καυσίμων με καύσιμα χαμηλών εκπομπών ρύπων, απαιτείται οκταπλάσια αύξηση των επενδύσεων. Αυτή η επένδυση στις ανανεώσιμες πηγές ενέργειας επόμενο είναι να προκαλέσει σημαντική αύξηση της ζήτησης σε πράσινα μέταλλα, όμως η δημιουργία ορυχείων είναι μια χρονοβόρα διαδικασία, οπότε δεν είναι γνωστό κατά πόσο μπορεί να αυξηθεί η σημερινή παραγωγή ή εάν επαρκούν τα αποθέματα μέχρι την ολοκληρωτική μετάβαση, μιας και ανεπαρκή είναι τα αποθέματα χαλκού, λιθίου και πλατίνας και ανεπαρκής ακόμη και η σημερινή παραγωγή κοβαλτίου, νικελίου, γραφίτη και βαναδίου (BHMA_Team 2021).

Σε μια έκθεση του 2020 (Hund, και συν. 2020), ο Διεθνής Οργανισμός Ενέργειας δηλώνει πώς οι τεχνολογίες καθαρής ενέργειας γενικά απαιτούν περισσότερα ορυκτά από τις αντίστοιχες οι οποίες βασίζονται στα ορυκτά καύσιμα, μιας κι ένα ηλεκτρικό αυτοκίνητο χρησιμοποιεί πέντε φορές περισσότερα ορυκτά από ένα συμβατικό αυτοκίνητο. Παράλληλα η παγκόσμια οικονομική ανάπτυξη και η αστικοποίηση συνεχίζουν να αυξάνουν τη ζήτηση για τσιμέντο⁶. Οι δε επενδύσεις στις υποδομές (Calderón and Servén 2014), παρουσιάζουν αυξημένη κινητικότητα, καλύτερη οικονομική κατάσταση, βελτιωμένη ποιότητα ζωής και μπορούν να μειώσουν την ανισότητα των τάξεων. Ωστόσο, με την παραγωγή τσιμέντου να συμβάλλει περίπου στο 7-8% των εκπομπών CO₂ και τη βιομηχανία εξόρυξης μεταξύ του 4-7%, η πορεία προς ένα μέλλον χαμηλών εκπομπών άνθρακα, βιώσιμο και υψηλότερο βιοτικό επίπεδο δεν φαίνεται πολύ πράσινο.

⁶ Οι εξορύξεις και η παραγωγή τσιμέντου παίζουν σημαντικό ρόλο για ένα πράσινο μέλλον, εξαιτίας των χαμηλών εκπομπών άνθρακα. Και οι εξορύξεις και η τσιμεντοβιομηχανία συμβάλλουν περισσότερο από το 10% των παγκόσμιων εκπομπών CO₂, όμως η ζήτηση και στις δύο περιπτώσεις παραμένει σε υψηλά επίπεδα.

Για τους επενδυτές, πράσινα μέταλλα όπως ο χαλκός, το νικέλιο και ο ψευδάργυρος διαπραγματεύονται στις προθεσμιακές αγορές, γεγονός που παρουσιάζει ένα μοναδικό σύνολο κινδύνων και κόστους. Εν κατακλείδι η ανάγκη για τα πράσινα μέταλλα πρόκειται μόνο να αυξηθεί και αυτό θα επιβαρύνει περισσότερο τη μείωση των εκπομπών CO₂ από τις υπάρχουσες λειτουργίες, ενώ θα καλύψει τις αυξημένες απαιτήσεις προϊόντων (Baird 2021).

Η επίλυση των μεγαλύτερων προβλημάτων του πλανήτη, από την κλιματική καταστροφή και τις πανδημίες, έως τις πυρκαγιές και τις επιχειρησιακές αστοχίες, απαιτεί, περισσότερο από οτιδήποτε άλλο, να βρεθούν νέοι τρόποι διαχείρισης των αλληλεπιδράσεων. Για τις εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα και άλλες περιβαλλοντικές ζημιές, πρέπει να εφαρμοστεί ένας νέος τρόπος πράσινης σκέψης, που θα βοηθήσει να ξεπεραστούν οι μεγαλύτερες προκλήσεις, λαμβάνοντας υπόψη το κόστος μετάδοσης των οικονομικών συγκρούσεων. Σε μια συζήτηση, η οποία που αρχίζει από την ιστορία του περιβαλλοντικού κινήματος και φτάνει στο «Green New Deal», εξηγείται πώς το πνεύμα της πράσινης σκέψης παρέχει μια ελπιδοφόρα νέα προοπτική για τη σύγχρονη ζωή. Στο επίκεντρο της πράσινης σκέψης βρίσκεται η αναγνώριση ότι ο παγκοσμιοποιημένος κόσμος δεν διαμορφώνεται από μεμονωμένα άτομα, αλλά από αναρίθμητες αλληλεπιδράσεις, εντός και εκτός της οικονομίας. Δείχνει επίσης, πώς η επανεξέταση της οικονομικής αποτελεσματικότητας, της βιωσιμότητας, της πολιτικής, των κερδών, των φόρων, της ατομικής ηθικής, της εταιρικής κοινωνικής ευθύνης, των οικονομικών και άλλων παραγόντων, θα βελτιώνει την αποτελεσματικότητα και την ισότητα της κοινωνίας. Και οι συγκεκριμένες λύσεις αφορούν την τιμολόγηση του άνθρακα, τις καινοτόμες τεχνολογίες σχετικές με τις χαμηλές εκπομπές άνθρακα, τον σχεδιασμό ενός αποτελεσματικού φορολογικού συστήματος και τον τρόπο προώθησης συνεργασιών για το κλίμα.

Το αποτέλεσμα είναι ένα πρωτοποριακό νέο όραμα, σχετικά με το πώς μπορεί να διαμορφωθεί το περιβάλλον, αλλά και η οικονομία.

- Baird, Bob. «WHAT IS A GREEN METAL?»
<https://www.moderncasting.com/articles/2021/08/11/what-green-metal>. 11 8 2021.
<https://www.moderncasting.com/articles/2021/08/11/what-green-metal> (πρόσβαση 8 23, 2022).
- Calderón, César, and Luis Servén. *Infrastructure, Growth, and Inequality*. Policy Research Working Paper 7034, World Bank, 2014.
- Campbell, Rebecca, David E. Bond, Clare Connellan, Paddy Mohen, and James Foo. "From trash to treasure: Green metals from recycling." <https://www.whitecase.com/insight-our-thinking/trash-treasure-green-metals-recycling>. 5 5, 2022.
<https://www.whitecase.com/insight-our-thinking/trash-treasure-green-metals-recycling> (accessed 8 23, 2022).
- Cobden, Catherine. *Understanding Canada's Carbon Tax*. Canadian Steel Producers Association , 2021.
- Doerr, John, και Kleiner Perkins. *Speed & Scale: An Action Plan for Solving our Climate Crisis Now*. Portfolio, 2021.
- Finance_Economics. «The transition to clean energy will mint new commodity superpowers.» *The economist*, 3 2022.
- Gates, Bill. *How to Avoid a Climate Disaster: The Solutions We Have and the Breakthroughs We Need*. Random House Publishing Group, 2021.
- GEI. «Global Efficiency Intelligence.» 2022.
- Green_City_Times. «The RISE of Solar.» *Green City Times*, 2022.
- Higgins, Mike. «In data: The new power generation.» *The World Today*, 27 5 2022.
- Holmes, Bob. «Why green energy finally makes economic sense.» *FOOD & ENVIRONMENT*, 14 1 2020.
- Hund, Kirsten, Daniele LaPorta, Thao P. Fabregas, Tim Laing, και John Drexhage. *Minerals for Climate Action: The Mineral Intensity of the Clean Energy Transition (CLIMATE-SMART MINING FACILITY)*. Washington: International Bank for Reconstruction and Development/ The World Bank, 2020.
- Insee. «Energy self-sufficiency rate.» *Insee*, 13 10 2016.

Lazaroiu, George Cristian, and Ghanim Putrus. "Renewable energy generation driving positive energy communities." *Renewable Energy*, 8 9, 2022.

Matyjaszek, Harry. «Which countries are leading the way in sustainable energy?» *Efficiency & Environment*, 2022.

Nordhaus, William. *The Spirit of Green: The Economics of Collisions and Contagions in a Crowded World*. Πανεπιστήμιο Yale, 2021.

Nunez, Christina. «Renewable energy, explained.» <https://www.nationalgeographic.com/environment/article/renewable-energy>. National Geographic . 30 1 2019. <https://www.nationalgeographic.com/environment/article/renewable-energy> (πρόσβαση 8 10, 2022).

Pisani-Ferry, Jean. *Climate Policy is Macroeconomic Policy, and the Implications Will Be Significant*. Peterson Institute for International Economics, 2021.

Toone, Eric. «Degradation of Components of the Lpt Transenvelope Machinery Reveals LPS-Dependent Lpt Complex Stability in Escherichia coli.» *Journal Article* , 2021.

vanStee, Tomas. «How green metals can push back climate change.» *Energy Nerds*, 18 1 2022.

WhitePapers. «Greenflation: The Energy Transition Will Prove Inflationary.» *Epoch*, 31 3 2022.

Yergin, Daniel. *The New Map: Energy, Climate, and the Clash of Nations*. Penguin Press, 2020.

BHMA_Team. «Πράσινη μετάβαση – Ετοιμαστείτε για αυξήσεις στις τιμές των μετάλλων, λέει το ΔΝΤ.» *Το Βήμα*, 12 2021.

Insider. «Τα τρία μέταλλα που θα ωφεληθούν από την αυξημένη ζήτηση για ανανεώσιμες πηγές ενέργειας.» <https://energypress.gr/news/ta-tria-metalla-poy-tha-ofelithoyn-apo-tin-ayximeni-zitisi-gia-ananeosimes-piges-energeias>. 11 8 2021. <https://energypress.gr/news/ta-tria-metalla-poy-tha-ofelithoyn-apo-tin-ayximeni-zitisi-gia-ananeosimes-piges-energeias> (πρόσβαση 8 24, 2022).

Καλαμαρά, Λέττα. «Υψηλό το κόστος ενέργειας και παραγωγής στη βιομηχανία μετάλλων.» *Ναυτεμπορική*, 19 2021.

MiningAndMetals. *Mining & metals 2022: ESG and energy transition – the sector's biggest opportunity*. White & Case states, 2022.

