



## **ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ**

Σχολή Μηχανικών Μεταλλείων – Μεταλλουργών

### **ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ**

"Διαχρονική εξέλιξη της μεταλλευτικής  
&  
προοπτικές εκμετάλλευσης ορυκτών πόρων."

**Γεωργία Καπνιά**

Επιβλ. Καθηγήτρια: Μενεγάκη Μαρία  
Οκτώβριος 2019



## ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Ευχαριστώ ολόψυχα την επιβλέπουσα καθηγήτρια αυτής της διπλωματικής εργασίας και Αναπλ. Καθηγήτρια της Σχολής Μηχανικών Μεταλλείων και Μεταλλουργών του Εθνικού Μετσόβιου Πολυτεχνείου, Μαρία Μενεγάκη, για την αρχική ιδέα ετούτου του πονήματος αλλά και τη μετέπειτα καθοδήγηση, στήριξη και υπομονή της. Επίσης, την εκτίμησή μου θα ήθελα να εκδηλώσω και στα υπόλοιπα μέλη της εξεταστικής επιτροπής, τον Αν. Καθηγητή κ. Ανδρέα Μπενάρδο και τον Αν. Καθηγητή κ. Θεόδωρο Μιχαλακόπουλο, για την προσεκτική ανάγνωση της εργασίας μου. Ευγνωμονώ τη μητέρα μου, τον πατέρα μου και όλους εκείνους τους αγαπημένους μου που με παροτρύνουν καθημερινά να βρω το δικό μου προσωπικό σβώλο χρυσού μεγάλο σαν αυγό χήνας...

## ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Η εργασία αυτή μελέτησε και παρουσίασε τη διαχρονική εξέλιξη της Μεταλλευτικής, καθώς και τις προοπτικές που αναδύονται όσον αφορά στην εκμετάλλευση ορυκτών πόρων και ειδικότερα, τις προοπτικές που αφορούν στην εκμετάλλευση των ορυκτών πόρων σε ακραία γήινα και σε εξωγήινα περιβάλλοντα. Η εργασία βασίστηκε στη μέθοδο της ανασκόπησης της διαθέσιμης βιβλιογραφίας και αρθρογραφίας και στη συστηματική καταγραφή των στοιχείων που αντλήθηκαν οργανωμένα σε χρονολογική σειρά (ιστορική ανασκόπηση).

Ειδικότερα, αρχικά, έγινε μια εισαγωγή στο θέμα της μεταλλευτικής και της ιστορίας της, ενώ στη συνέχεια παρουσιάστηκε ο σκοπός και η μεθοδολογία της εργασίας, η πρωτοτυπία και η σημαντικότητά της, καθώς και η κεφαλαιακή διάρθρωσή της. Στο δεύτερο κεφάλαιο, μελετήθηκε το ξεκίνημα και η εξέλιξη της Μεταλλευτικής στον προϊστορικό κόσμο ανά ήπειρο, καθώς και στην Ελλάδα. Στο τρίτο κεφάλαιο, αναλύθηκε η εξέλιξη της μεταλλευτικής στον αρχαίο κόσμο σύμφωνα με τα ευρήματα που έχουμε. Στο τέταρτο κεφάλαιο, παρουσιάστηκε η εξέλιξη της μεταλλευτικής στο μεσαιωνικό και αναγεννησιακό κόσμο ανά χώρα. Στο πέμπτο κεφάλαιο, μελετήθηκε η εξέλιξη της μεταλλευτικής στη βυζαντινή και την οθωμανική αυτοκρατορία. Στο έκτο κεφάλαιο, παρουσιάστηκε συνοπτικά η εξέλιξη της μεταλλευτικής στην εποχή του νεωτερισμού και του μετανεωτερισμού ανά ήπειρο ή χώρα. Στο έβδομο κεφάλαιο, περιγράφηκαν οι προκλήσεις και οι προοπτικές που αφορούν στη σημερινή μεταλλευτική, καθώς και οι προκλήσεις και οι προοπτικές εκμετάλλευσης ορυκτών πόρων σε ακραία γήινα περιβάλλοντα και σε εξωγήινα περιβάλλοντα. Στο όγδοο και τελευταίο κεφάλαιο, τέθηκε ο επίλογος της εργασίας.

### Λέξεις-Κλειδιά

Μεταλλευτική, μεταλλεύματα, ορυκτά, ορυχεία

## **ABSTRACT**

This dissertation studied and presented the diachronic evolution of mining, as well as the emerging prospects in terms of the exploitation of mineral resources; particularly, the prospects regarding the exploitation of fossil resources in extreme earthly and in alien environments. The dissertation was based on the method of literature review, by using the available books and articles and systematically recording the found data organized in chronological order (historical review).

Initially, an introduction was made on the subject of mining and its history, and then the dissertation's aim and methodology, its originality and importance, as well as its chapters' overview were presented. In the second chapter, the beginning and the evolution of mining in the prehistoric world per continent, as well as in Greece, were studied. In the third chapter, the evolution of mining in the ancient world was analyzed. In the fourth chapter, the evolution of mining in the Medieval and Renaissance world was mentioned.

In the fifth chapter, the evolution of mining in the Byzantine and Ottoman empires was studied. In the sixth chapter, a short review of the evolution of mining in the modern and postmodern era was made. The seventh chapter outlined the challenges and perspectives of today's mining, as well as the challenges and prospects of exploiting mineral resources in extreme earth environments and in alien environments.

### **Keywords**

Mining, minerals, mines

# ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΩΝ

**ΠΕΡΙΛΗΨΗ**  
**ABSTRACT**  
**ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΩΝ**  
**ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΕΙΚΟΝΩΝ**

## **ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1<sup>ο</sup>**

1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ .....	11
1.1. Εισαγωγή στο θέμα .....	11
1.2. Σκοπός εργασίας .....	14
1.3. Μεθοδολογία εργασίας .....	15
1.4. Σημαντικότητα θέματος .....	15
1.5. Διάρθρωση/Ανασκόπηση κεφαλαίων .....	17

## **ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2<sup>ο</sup>**

2. ΕΞΕΛΙΞΗ ΤΗΣ ΜΕΤΑΛΛΕΥΤΙΚΗΣ ΣΤΟΝ ΠΡΟΪΣΤΟΡΙΚΟ ΚΟΣΜΟ .....	18
2.1. Ευρώπη .....	19
2.2. Αφρική .....	22
2.3. Αμερική .....	23
2.4. Αυστραλία .....	24
2.5. Ασία .....	25
2.6. Ελλάδα .....	26
2.6.1. Προϊστορικοί Άνθρωποι και Μεταλλευτική .....	26
2.6.2. Μεταλλευτική και Ελληνική Μυθολογία .....	28

## **ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3<sup>ο</sup>**

3. ΕΞΕΛΙΞΗ ΤΗΣ ΜΕΤΑΛΛΕΥΤΙΚΗΣ ΣΤΟΝ ΑΡΧΑΙΟ ΚΟΣΜΟ .....	30
3.1. Αρχαίες Φιλιππίνες (αυτόχθονες προ-αποικιακά) .....	32
3.2. Αρχαία Αμερική (αυτόχθονες) .....	32
3.3. Αρχαία Αίγυπτος .....	33
3.4. Αρχαία Ινδία .....	33
3.5. Ρωμαϊκή Αυτοκρατορία .....	35

3.5.1. Γενικά.....	35
3.5.2. Αρχαία Ισπανία.....	36
3.5.3. Βρετανία, Ουαλία και άλλες κομητείες της σημερινής Μεγάλης Βρετανίας.....	36
3.6. Αρχαία Ελλάδα και Ρωμαϊκή Αυτοκρατορία.....	38
3.6.1. Αρχαία Ελλάδα.....	38
3.6.2. Ελλάδα και Κύπρος κατά τη Ρωμαϊκή Αυτοκρατορία.....	43

## **ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4<sup>ο</sup>**

4. ΕΞΕΛΙΞΗ ΤΗΣ ΜΕΤΑΛΛΕΥΤΙΚΗΣ ΣΤΟΝ ΜΕΣΑΙΩΝΙΚΟ ΚΑΙ ΑΝΑΓΕΝΝΗΣΙΑΚΟ ΚΟΣΜΟ.....	45
4.1. Ευρώπη.....	45
4.1.1. Μεγάλη Βρετανία & Αποικίες.....	46
4.1.2. Κεντρική Ευρώπη: Σλοβακία, Ουγγαρία.....	49
4.1.3. Ισπανία.....	49
4.1.4. Ιταλία.....	49

## **ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5<sup>ο</sup>**

5. ΕΞΕΛΙΞΗ ΤΗΣ ΜΕΤΑΛΛΕΥΤΙΚΗΣ ΣΤΗ ΒΥΖΑΝΤΙΝΗ ΑΥΤΟΚΡΑΤΟΡΙΑ ΚΑΙ ΤΗΝ ΤΟΥΡΚΟΚΡΑΤΙΑ.....	51
5.1. Βυζαντινή Αυτοκρατορία.....	51
5.1.1. Ελλάδα στο Βυζάντιο.....	52
5.1.2. Άλλες Κατεκτημένες Περιοχές του Βυζαντίου.....	53
5.2. Οθωμανική Αυτοκρατορία.....	53
5.2.1. Τουρκία.....	54
5.2.2. Ελλάδα υπό τους Οθωμανούς.....	54

## **ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6<sup>ο</sup>**

6. ΕΞΕΛΙΞΗ ΤΗΣ ΜΕΤΑΛΛΕΥΤΙΚΗΣ ΣΤΗΝ ΕΠΟΧΗ ΤΟΥ ΝΕΩΤΕΡΙΣΜΟΥ ΚΑΙ ΤΟΥ ΜΕΤΑΝΕΩΤΕΡΙΣΜΟΥ.....	56
6.1. Αφρική.....	57
6.2. Νέα Ζηλανδία.....	57
6.3. Ιαπωνία.....	58
6.4. ΗΠΑ.....	60
6.5. Ευρώπη.....	65
6.5.1. Γερμανία – Πρωσία – Αυστρία – Ουγγαρία.....	68
6.5.2. Ελλάδα.....	72

## **ΚΕΦΑΛΑΙΟ 7<sup>ο</sup>**

7. ΠΡΟΟΠΤΙΚΕΣ ΕΚΜΕΤΑΛΛΕΥΣΗΣ ΟΡΥΚΤΩΝ ΠΟΡΩΝ ΚΑΙ ΕΞΩΓΗΙΝΑ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΑ .....	82
7.1. Μεταλλευτικοί τομείς στη σημερινή κοινωνία.....	82
7.2. Βασικά μεταλλεύματα της σημερινής κοινωνίας και οι Προκλήσεις τους .....	83
7.2.1. Πετρέλαιο και αέριο .....	86
7.2.2. Άνθρακας .....	88
7.2.3. Φωσφορικό άλας .....	90
7.2.4. Άμμοι βαρέων μετάλλων.....	91
7.2.5. Σχιστολιθικό αέριο .....	92
7.2.6. Ουράνιο .....	94
7.3. Εγγύς μέλλον: ανάγκες, προκλήσεις και προοπτικές στη Γη.....	96
7.4. Απώτερο μέλλον: προκλήσεις και προοπτικές σε ακραία γήινα περιβάλλοντα και σε εξωγήινα περιβάλλοντα .....	98
7.4.1. Προκλήσεις και προοπτικές σε ακραία γήινα περιβάλλοντα.....	98
7.4.2. Προκλήσεις και προοπτικές σε εξωγήινα περιβάλλοντα.....	110

## **ΚΕΦΑΛΑΙΟ 8<sup>ο</sup>**

8. ΕΠΙΛΟΓΟΣ .....	118
ΠΗΓΕΣ – ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ .....	121



## ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΕΙΚΟΝΩΝ

Εικόνα 1. Η συσχέτιση της μεταλλευτικής με τους επιμέρους κλάδους των Γεω-Επιστημών.....	13
Εικόνα 2. Ορυχείο στο Grimes Graves που χρονολογείται από τη Νεολιθική Εποχή..	20
Εικόνα 3. Σφυρηλάτηση της ασπίδας το Αχιλλέα από τον Ήφαιστο (με τη βοήθεια της Αθηνάς) .....	29
Εικόνα 4. Αρχαιολογικά ευρήματα στο αρχαίο ορυχείο στο Dolaucothi της Ουαλίας...	37
Εικόνα 5. Απεικόνιση σε αρχαιολογικό εύρημα, της εργασίας των δούλων στα μεταλλεία του Λαυρίου.....	42
Εικόνα 6. Πρώιμη σφυρηλάτηση σιδήρου στην Αγγλία .....	47
Εικόνα 7. Ένας μηχανισμός θαλάσσιου ανυψωτήρα που χρησιμοποιούταν στα ορυχεία για τα μεταλλεύματα.....	50
Εικόνα 8. Ορυχεία χρυσού κατά τους πρώιμους Βυζαντινούς χρόνους .....	52
Εικόνα 9. Απεικόνιση σε ευρήματος στα ορυχεία στα επονομαζόμενα «Σιδηροκαύσια» (σημερινά Σιδερόκαψα) στη Χαλκιδική .....	55
Εικόνα 10. Διαφημιστική αφίσα για την ενίσχυση της εξόρυξης άνθρακα κατά τον Α' παγκόσμιο Πόλεμο .....	64
Εικόνα 11. Εργάτης σε ορυχείο που κρατά γεώφωνο για την ανίχνευση εχθρού κατά τον Α' παγκόσμιο Πόλεμο.....	66
Εικόνα 12. Γερμανοί εργάτες σε ορυχείο κατά τον Α' Παγκόσμιο Πόλεμο .....	70
Εικόνα 13. Χρήση μηχανήματος σε ορυχείο κατά τον Β' παγκόσμιο Πόλεμο .....	71
Εικόνα 14. Τα βασικά ορυκτά της σύγχρονης Ελλάδας (2019).....	80
Εικόνα 15. Εξερεύνηση ορυκτών πόρων στον βυθό της θάλασσας.....	99
Εικόνα 16. Το υπό κατασκευή μηχανήμα / πρότζεκτ SMD's Solwara 1 .....	101
Εικόνα 17. Ανακύκλωση μετάλλων από απόβλητα.....	109
Εικόνα 18 . Εντοπισμένοι πόροι νερού σε αστεροειδή.....	111
Εικόνα 19. Ο αστεροειδής Bennu και άλλοι αστεροειδείς .....	112
Εικόνα 20. Αστροναύτες που εξερευνούν έναν κρατήρα της Σελήνης.....	113
Εικόνα 21. Επιχείρηση εξόρυξης σε αστεροειδή .....	115

Εικόνα 22. Εγχείρημα για εκμετάλλευση των αστεροειδών .....	116
Εικόνα 23. Το Μέλλον: Διαστημική Μεταλλεία .....	117
Εικόνα 24. Η περιοχή εξερεύνησης από τους ανθρώπους (NASA) και εξορυκτικών επιχειρήσεων .....	118

# ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1<sup>ο</sup>

## **1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ**

Στο κεφάλαιο αυτό, γίνεται μια εισαγωγή στο θέμα της μεταλλευτικής και της ιστορίας της, ενώ στη συνέχεια παρουσιάζεται ο σκοπός και η μεθοδολογία της εργασίας, η πρωτοτυπία και η σημαντικότητά της, καθώς και η κεφαλαιακή διάρθρωσή της.

### **1.1. Εισαγωγή στο θέμα**

Η εξόρυξη λίθων και μετάλλων γίνεται καθαρά από τον άνθρωπο από την προϊστορική εποχή ακόμα. Οι σύγχρονες μέθοδοι εξόρυξης και μεταλλευτικής έρευνας περιλαμβάνουν την αναζήτηση για ορυκτά, την ανάλυση του δυναμικού κέρδους ενός προτεινόμενου ορυχείου, την εξαγωγή των επιθυμητών υλικών και την τελική αποκατάσταση του φυσικού περιβάλλοντος εκεί μετά το κλείσιμο του ορυχείου. (Agricola & Hoover, 1950; Μόδης & Σταματάκη, 2015).

Τα μεταλλεύματα που εξάγονται από τα ορυχεία περιλαμβάνουν μέταλλα, κάρβουνο, σχιστόλιθο, πολύτιμους λίθους, ασβεστόλιθο, κιμωλία, πέτρα διαστάσεων, ορυκτό άλας, ποτάσα, χαλίκι και πηλό. Απαιτείται η εξόρυξη για να ληφθεί οποιοδήποτε υλικό που δεν μπορεί να καλλιεργηθεί μέσω γεωργικών διεργασιών ή ουσιαστικά είναι δημιουργημένο με τεχνητό τρόπο σε εργαστήριο ή εργοστάσιο. Η εξόρυξη με την ευρύτερη έννοια του όρου περιλαμβάνει την εξαγωγή οποιουδήποτε μη ανανεώσιμου πόρου, όπως πετρελαίου, φυσικού αερίου ή ακόμα και νερού. (Agricola & Hoover, 1950).

Η τεχνολογία η οποία χρησιμοποιείται για τα μέταλλα έχει διάφορες πλευρές όπως για παράδειγμα τη μεταλλευτική, τη μεταλλουργία και τη μεταλλοτεχνία. Όταν χρησιμοποιούμε τον όρο της “μεταλλευτικής” εννοούμε

τις ενέργειες που ακολουθούμε για να εντοπίσουμε και να εξορύξουμε ένα μέταλλο. Αντίστοιχα, με τον όρο “μεταλλουργία” εννοούμε τη διαδικασία όπου στο μέταλλο, αφού έχει γίνει η εξόρυξη, ακολουθεί η τήξη του και η γενικότερη επεξεργασία του. Όταν μετέπειτα δημιουργούνται τα μεταλλικά αντικείμενα, αυτό ακριβώς είναι η ‘μεταλλοτεχνία’. (Κακαβογιάννης, 2005).

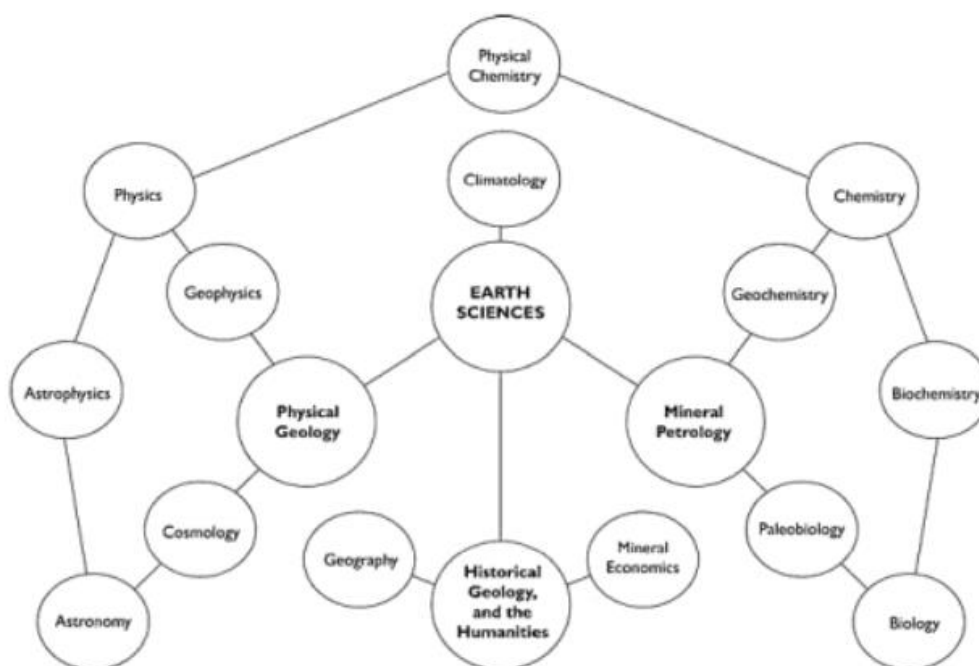
Η Μεταλλευτική αποτελεί ίσως τη δεύτερη αρχαιότερη ανθρώπινη προσπάθεια εκμετάλλευσης πόρων, με δεδομένο ότι η γεωργία ήταν η πρώτη. Οι δύο αυτές δραστηριότητες κατατάσσονται ως πρωταρχικές ή βασικές στον πρώιμο πολιτισμό. Το πόσο σημαντικές είναι αυτές για τον άνθρωπο δεν έχει διαφοροποιηθεί σχεδόν καθόλου από την αρχή του πολιτισμού. Θεωρώντας την αλιεία και την ξύλευση μέρος της γεωργίας, και την εξόρυξη πετρελαίου και φυσικού αερίου μέρος της Μεταλλευτικής, εύκολα καταλαβαίνει κανείς πως αυτές οι δύο μας προμηθεύουν με όλους τους βασικούς πόρους που χρησιμοποιεί ο σύγχρονος πολιτισμός. (Agricola & Hoover, 1950; Ali, 2009; Evans, Moon, Whateley, 2006; Hartman & Mutmansky, 2002; Τσαϊμου, 1997).

Πιο συγκεκριμένα, Μεταλλευτική είναι η ανθρώπινη δραστηριότητα της εξόρυξης μεταλλευμάτων, ορυκτών και πετρωμάτων από τη γη ή και άλλα ουράνια σώματα όπως η Σελήνη και κάποιοι αστεροειδείς, από κοιτάσματα, φλέβες ή αποθέσεις, για χρήση στην οικοδομή, την εξαγωγή μετάλλων οικονομικής σημασίας και τη γενικότερη παραγωγή αντικειμένων. (Evans, Moon, Whateley, 2006; Hartman & Mutmansky, 2002).

Η μεταλλευτική δραστηριότητα ήταν ήδη διαδεδομένη από την προϊστορική εποχή, παρ’ όλα αυτά η σύγχρονη εξέλιξή της, ή αλλιώς η επιστήμη της Μεταλλευτικής, αποτελεί τμήμα των επιστημών μηχανικού και περιλαμβάνει την αναζήτηση κοιτασμάτων, τη μεταλλευτική έρευνα, την ανάλυση για πιθανό κέρδος από την εκμετάλλευση αυτών, την εξόρυξη των επιθυμητών υλικών, τη λειτουργία ορυχείων, μεταλλείων και λατομείων, και τελικά το κλείσιμο των μεταλλευτικών/λατομικών χώρων μετά την εξάντληση των εκμεταλλεύσιμων αποθεμάτων. (Evans, Moon, Whateley, 2006; Hartman & Mutmansky, 2002; Μόδης & Σταματάκη, 2015).

Ως επιστήμη, η μεταλλευτική συχνά αποκαλείται και μεταλλειολογία. Ωστόσο, ο συγκεκριμένος κλάδος συσχετίζεται με πολυάριθμους άλλους κλάδους, εκτός των Επιστημών Μηχανικού, όπως είναι οι κλάδοι της Γεωλογίας, της Γεωφυσικής, της Γεωχημείας, κ.α. (Ali, 2009; Brockliss, 2003; Hartman, Cummins, Given, 1993).

Στην Εικόνα 1 παρακάτω, φαίνεται η συσχέτιση της μεταλλευτικής με τους επιμέρους κλάδους των Γεω-Επιστημών.



**Εικόνα 1. Η συσχέτιση της μεταλλευτικής με τους επιμέρους κλάδους των Γεω-Επιστημών**

Πηγή: Ali, 2009

Ειδικότερα, η ιστορία της Μεταλλευτικής είναι άκρως ενδιαφέρουσα. Συμβαδίζει παράλληλα με την ιστορία του ανθρώπινου πολιτισμού, με πολλές σημαντικές πολιτισμικές περιόδους να σχετίζονται, ακόμα και να ταυτοποιούνται από διάφορα ορυκτά ή παράγωγά τους: όπως για παράδειγμα, η εποχή του Λίθου (2.000.000-3.000 π.Χ.), η εποχή του Χαλκού (3.000-1.400 π.Χ.) και η εποχή του Σιδήρου (1.400 πΧ-500 μ.Χ.), (Τσάιμου, 1997), η εποχή του Ατσαλιού/Χάλυβα (1876-1926) (Mathews, 1926), η οποία

συνεχίστηκε μέχρι και το 1951 (Ξενίδης, χωρίς χρονολογία), η Πυρηνική εποχή (1945 έως σήμερα), (Στύλου, 2014), κ.λπ. Πολλά ορόσημα της ανθρώπινης ιστορίας – το ταξίδι του Μάρκο Πόλο στην Κίνα, τα ταξίδια του Βάσκο ντα Γκάμα στην Αφρική και την Ινδία, η ανακάλυψη του Νέου Κόσμου από τον Κολόμβο, ο “πυρετός του Χρυσού” που οδήγησε στην αποίκηση της Καλιφόρνια, της Αλάσκα, της Νότιας Αφρικής, της Αυστραλίας και του καναδικού Κλοντάικ- επετεύχθησαν με την απόκτηση ορυκτών ως το σημαντικότερο κίνητρο. (π.χ. Ali, 2009).

Οι μεταλλευτικές δραστηριότητες συνήθως δημιουργούν αρνητικό περιβαλλοντικό αντίκτυπο, κατά τη διάρκεια της ίδιας της εκμετάλλευσης αλλά και αφότου το ορυχείο έχει κλείσει (Ali, 2009). Γι’ αυτό το λόγο τα περισσότερα έθνη έχουν ήδη περάσει περιβαλλοντικές νομοθεσίες οι οποίες σκοπό έχουν τη μείωση του αντίκτυπου αυτού (Ali, 2003; Aryee, Ntibery, Atorkui, 2003). Η υγιεινή και η ασφάλεια στο εργασιακό περιβάλλον είναι επίσης θέματα που απασχολούν τον κλάδο σε μεγάλο βαθμό και έχουν εξελιχθεί και βελτιωθεί σημαντικά με την πάροδο του χρόνου. (Ali, 2003).

Επιπρόσθετα, τη σύγχρονη εποχή, τα επίπεδα της ανακύκλωσης των μετάλλων είναι – πλέον – γενικά χαμηλά. Εάν δεν αυξηθούν τα ποσοστά ανακύκλωσης στο τέλος του κύκλου ζωής τους, ορισμένα σπάνια μέταλλα ενδέχεται να μην είναι διαθέσιμα για χρήση. Λόγω των χαμηλών ποσοστών ανακύκλωσης, επίσης, μερικές χωματερές περιέχουν πλέον υψηλότερες συγκεντρώσεις μετάλλων από ό,τι ορισμένα από τα ίδια τα μεταλλεία. (Binnemans et al., 2013; Birfa, 2019).

## **1.2. Σκοπός εργασίας**

Η εργασία αυτή σκοπό έχει να μελετήσει και να παρουσιάσει τη διαχρονική εξέλιξη της Μεταλλευτικής, καθώς και τις προοπτικές που αναδύονται όσον αφορά στην εκμετάλλευση των ορυκτών πόρων και ειδικότερα, τις προοπτικές που αφορούν στην εκμετάλλευση των ορυκτών πόρων σε εξωγήινα περιβάλλοντα.

### **1.3. Μεθοδολογία εργασίας**

Η εργασία αυτή βασίζεται στη μέθοδο της ανασκόπησης της διαθέσιμης βιβλιογραφίας και αρθρογραφίας που σχετίζεται με θέμα και το σκοπό της. Επομένως, θα γίνει συστηματική καταγραφή των στοιχείων που θα αντληθούν από της πηγές της διαθέσιμης βιβλιογραφίας και αρθρογραφίας και αυτά θα παρουσιαστούν οργανωμένα σε χρονολογική σειρά (ιστορική ανασκόπηση).

### **1.4. Σημαντικότητα θέματος**

Οι άνθρωποι μελέτησαν τις ιδιότητες των μετάλλων και επέκτειναν τη χρήση τους σε ποικίλους τομείς, ενώ προήγαγαν και τις τεχνικές επεξεργασίας τους (Τσαίμου, 1997). Στην παρούσα εργασία, γίνεται μια προσπάθεια να φανεί σε ποιο βαθμό και με ποιον τρόπο εκμεταλλεύονταν οι άνθρωποι τα βασικότερα μέταλλα και ορυκτά, από τους προϊστορικούς κιόλας χρόνους μέχρι και το σύγχρονο κόσμο.

Από την αρχαιότητα κιόλας, η χρήση που έκαναν οι άνθρωποι στα μέταλλα, η οποία αφορούσε στην οπλοποιία, στη νομισματοκοπία, στην κοσμηματοποιία και σε άλλους κλάδους της βιοτεχνίας, συνέβαλε σαφώς στην ανάπτυξη του πολιτισμού τους, γιατί συνδέθηκε άμεσα με την καθημερινή ζωή, αλλά και με τα έργα πολιτισμού τους. Έτσι, οδήγησε στη βελτίωση της ποιότητας ζωής, καθώς και στην πρόοδο των τεχνών, των επιστημών και της βιομηχανίας, κ.ο.κ, αλλά και της κατανομής του πλούτου και της εξουσίας, αντίστοιχα. (Ali, 2009; Τσαίμου, 1997).

Γενικότερα, οι επιστήμονες της Νέας Εποχής, οι μηχανικοί, οι μεταλλειολόγοι και οι μεταλλουργοί, μέσα από έρευνες και απόπειρες προσπαθούν να μάθουν για τα κύρια μέταλλα, πώς χρησιμοποιούνταν και πώς παράγονταν. Με αυτόν τον τρόπο, θα καταλάβουν και θα αντληθούν πόσο σημαντική ήταν η συμβολή των μετάλλων για να εξελιχθούν οι κοινωνίες

μέσα στην πάροδο των χρόνων. Ο ειδικός που θα μελετήσει αυτούς τους πολιτισμούς και τις κοινωνίες θα κατανοήσει κάτι υψίστης σημασίας που ίσως να μην είναι και ευρέως γνωστό: στην αρχαιότητα πέρα από τη φιλοσοφία και την ποίηση που ανθούσαν εκείνα τα χρόνια, όπως π.χ. στην Ελλάδα, υπήρχαν και οι τεχνίτες, οι άνθρωποι που χρησιμοποιούσαν μέταλλα για να κατασκευάσουν. Με άλλα λόγια, και εκείνοι οι μεταλλουργοί είχαν βασική θέση στην εξέλιξη των κοινωνιών, καθώς μετέτρεπαν τη θεωρία σε πράξη. Αυτό είχε ως αποτέλεσμα να κατασκευαστούν ακόμα και μνημεία τα οποία προκαλούν δέος ακόμα και στη σύγχρονη εποχή. (Τσαίμου, 1997).

Από την άλλη πλευρά, η τελειοποίηση των εργαλείων οδήγησε σε έργα μοναδικά στη γλυπτική, στην αρχιτεκτονική και σε άλλες τέχνες, συμβάλλοντας έτσι και στη διαμόρφωση των επιστημών, όπως για παράδειγμα η χημεία, η ιατρική, η φαρμακευτική κ.ά. Επιπρόσθετα, στην επιστημονική εξέλιξη συνέβαλε η εξόρυξη των μετάλλων και η μελέτη τους. Άλλωστε, η οικονομική ανάπτυξη εξαρτάται από τα μέσα παραγωγής, που συνδέονταν άμεσα με τα εργαλεία και επομένως με τη μεταλλουργία. Τομείς όπως η γεωργία, το εμπόριο, η βιοτεχνία εξελίσσονταν παράλληλα με την τεχνική ανάπτυξη, όπως προαναφέρθηκε. (Τσαίμου, 1997).

Κάθε σύγχρονος μηχανικός, λοιπόν, έχει πολλαπλά να ωφεληθεί από τη μελέτη αυτή. Μπορεί να διευρύνει τις γνώσεις του για την τεχνική των αρχαίων, να συνειδητοποιήσει τη σχέση της με τα υψηλά πολιτιστικά τους επιτεύγματα, καθώς και την επιστημονική πρόοδο του ανθρώπου γενικότερα. (Τσαίμου, 1997).

Επιπλέον, στην παρούσα εργασία, γίνεται μια προσπάθεια παρουσίασης των προοπτικών που υπάρχουν όσον αφορά στην εκμετάλλευση των ορυκτών πόρων σε εξωγήινα περιβάλλοντα. Γίνεται λοιπόν μια προσπάθεια να καλυφθεί ένα σημαντικό ζήτημα για την ανθρωπότητα, καθώς αν δεν αυξηθούν τα ποσοστά ανακύκλωσης στο σύγχρονο κόσμο, στο τέλος του κύκλου ζωής τους, ορισμένα σπάνια μέταλλα ενδέχεται να μην είναι διαθέσιμα για χρήση, όπως επισημάνθηκε και παραπάνω (Binnemans et al., 2013; Birfa, 2019).



## 1.5. Διάρθρωση/Ανασκόπηση κεφαλαίων

Αρχικά, σε αυτό το πρώτο κεφάλαιο, έγινε μια εισαγωγή στο θέμα της μεταλλευτικής και της ιστορίας της, ενώ στη συνέχεια παρουσιάστηκε ο σκοπός και η μεθοδολογία της εργασίας, η πρωτοτυπία και η σημαντικότητά της, καθώς και η κεφαλαιακή διάρθρωσή της.

Στο δεύτερο κεφάλαιο, μελετάται το ξεκίνημα και η εξέλιξη της Μεταλλευτικής στον Προϊστορικό κόσμο ανά ήπειρο, καθώς και στην Ελλάδα.

Στο τρίτο κεφάλαιο, αναλύεται η εξέλιξη της μεταλλευτικής στον αρχαίο κόσμο σύμφωνα με τα ευρήματα που έχουμε.

Στο τέταρτο κεφάλαιο, παρουσιάζεται η εξέλιξη της μεταλλευτικής στον μεσαιωνικό και αναγεννησιακό κόσμο ανά χώρα.

Στο πέμπτο κεφάλαιο, μελετάται η εξέλιξη της μεταλλευτικής στη βυζαντινή και την οθωμανική αυτοκρατορία.

Στο έκτο κεφάλαιο, παρουσιάζεται συνοπτικά η εξέλιξη της μεταλλευτικής στην εποχή του νεωτερισμού και του μετανεωτερισμού ανά ήπειρο ή χώρα.

Στο έβδομο κεφάλαιο, περιγράφονται οι προκλήσεις και οι προοπτικές που αφορούν στη σημερινή μεταλλευτική, καθώς και οι προκλήσεις και οι προοπτικές εκμετάλλευσης ορυκτών πόρων σε ακραία γήινα περιβάλλοντα και σε εξωγήινα περιβάλλοντα.

Τέλος, τίθεται μια σύνοψη και ένα καταληκτικό συμπέρασμα υπό μορφή επιλόγου.

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2<sup>ο</sup>

### **2. ΕΞΕΛΙΞΗ ΤΗΣ ΜΕΤΑΛΛΕΥΤΙΚΗΣ ΣΤΟΝ ΠΡΟΪΣΤΟΡΙΚΟ ΚΟΣΜΟ**

Με αρχή την εποχή του Νεάντερνταλ και μετά, με την εξέλιξη που έφεραν οι πολιτιστικές επαναστάσεις του Homo Sapiens, “γεννήθηκε” και η Μεταλλευτική. Πολλοί υποστηρίζουν ότι η τέταρτη “επανάσταση” από αυτές είναι το γεγονός ότι ανακάλυψε, επεξεργάστηκε και εκμεταλλεύτηκε τα μέταλλα. Αντίστοιχα, πρώτη είναι ότι κατασκεύασε εργαλεία από πέτρα, η δεύτερη είναι ότι ανακάλυψε και εκμεταλλεύτηκε τη φωτιά για πολλές χρήσεις, και η τρίτη ότι ανακάλυψε τη γεωργία. Αργότερα, η πέμπτη επανάσταση στον πολιτισμό είναι το γεγονός ότι ανακάλυψε τα κράματα. (Μαριολάκος, 2013).

Οι βασικές περίοδοι του ανθρώπινου πολιτισμού διακρίνονται σε (Τσαϊμου,1997):

- ❖ Εποχή του Λίθου
- ❖ Εποχή του Χαλκού
- ❖ Εποχή του Σιδήρου

Η διάκριση αυτή πηγάζει από την πρώτη ύλη που χρειάστηκε ο άνθρωπος για να κατασκευάσει όπλα, εργαλεία και άλλα αντικείμενα και να ξεκινήσει η μεταλλευτική δραστηριότητα στον προϊστορικό κόσμο (Τσαϊμου,1997).

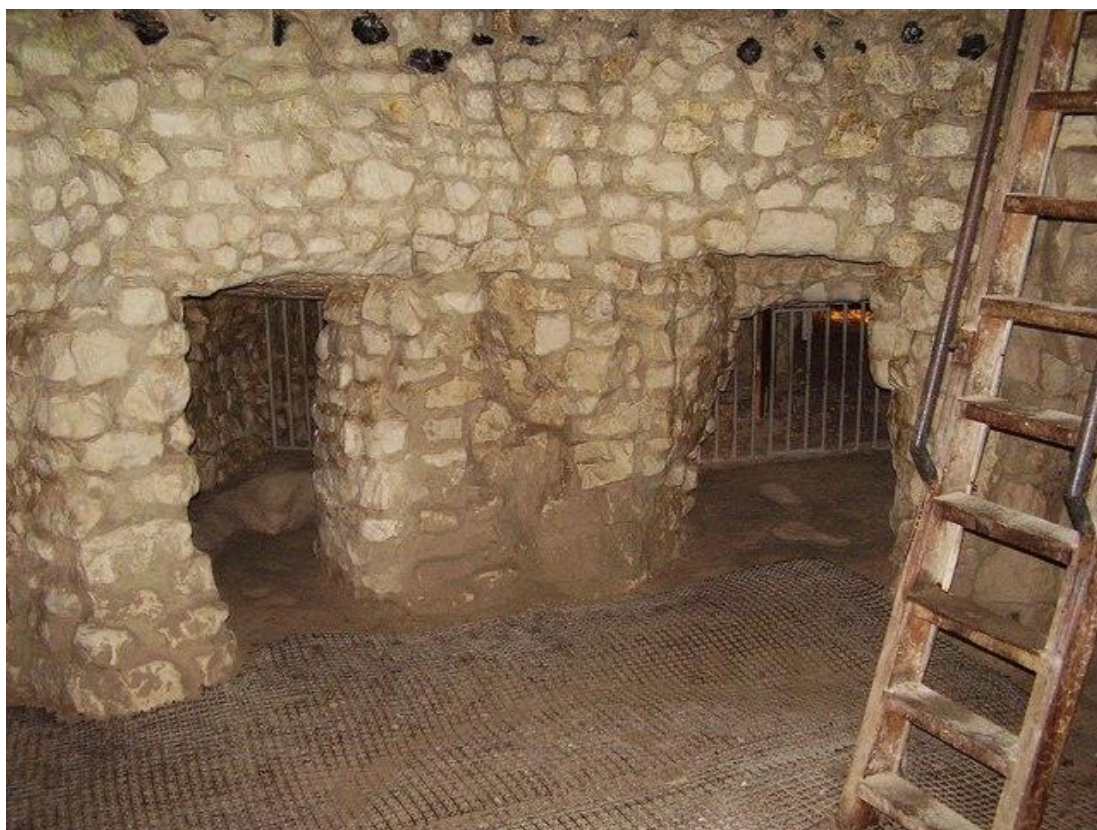
Στη συνέχεια, στο κεφάλαιο αυτό, μελετάται το ξεκίνημα και η εξέλιξη της Μεταλλευτικής στον Προϊστορικό κόσμο ανά ήπειρο, καθώς και στην Ελλάδα.

## 2.1. Ευρώπη

Από τις απαρχές του πολιτισμού, οι άνθρωποι χρησιμοποιούσαν λίθους, κεραμικά και αργότερα μέταλλα, τα οποία έβρισκαν κοντά στην επιφάνεια της Γης. Αυτά τους χρησίμευαν στο να φτιάχνουν πρώιμου τύπου εργαλεία και όπλα, όπως για παράδειγμα, ο υψηλής ποιότητας πυρίτης στην περιοχή της βόρειας Γαλλίας, νότιας Αγγλίας και Πολωνίας που συγκεντρωνόταν για τη δημιουργία εργαλείων πυριτόλιθου. (Hartman, Cummins, Given, 1992).

Μεταλλεία πυρίτη έχουν βρεθεί σε περιοχές πλούσιες σε ασβεστόλιθο όπου οι φλέβες του πετρώματος ακολουθήθηκαν υπογείως με τη βοήθεια στοών και φρεάτων. Τα μεταλλεία Grimes Graves και Krzemionki είναι ιδιαίτερος διάσημα, και άλλα μεταλλεία πυρίτη έχουν ρίζες στη Νεολιθική εποχή (περίπου 4000-3000 π.Χ.). (English-heritage.org.uk, χωρίς χρονολογία; Hartman, Cummins, Given, 1992; Russell, 2000). Άλλα σκληρότερα πετρώματα συγκεντρώνονταν και χρησιμοποιούνταν ως τσεκούρια, συμπεριλαμβανόμενου και του νεφρίτη της «Langdale axe industry» που βρίσκεται στο Lake District της Αγγλίας. (Castleden, 1992; Hartman, Cummins, Given, 1992; Pryor, 2003; Scarre, 2005).

Γενικότερα, πολλοί είναι αυτοί που εκτιμούν πως τα ορυχεία παρόμοιας χρονολόγησης, π.χ. στην Ουγγαρία, βρίσκονται σε περιοχές όπου οι προϊστορικοί Νεάντερνταλ ενδεχομένως εξόρυσσαν πυρίτη για να φτιάχνουν όπλα και εργαλεία. (Morton, 1996).



**Εικόνα 2. Ορυχείο στο Grimes Graves που χρονολογείται από τη Νεολιθική Εποχή**

Πηγή:[https://en.wikipedia.org/wiki/Grime%27s\\_Graves#/media/File:Grimes\\_Graves\\_-\\_neolithic\\_flint\\_mine\\_-\\_geograph.org.uk\\_-\\_1007207.jpg](https://en.wikipedia.org/wiki/Grime%27s_Graves#/media/File:Grimes_Graves_-_neolithic_flint_mine_-_geograph.org.uk_-_1007207.jpg)

Στη συνέχεια, παρουσιάζονται τα πιο βασικά μεταλλεία που βρέθηκαν στην Ευρώπη και χρονολογούνται από τους Προϊστορικούς χρόνους.

Τα Νεολιθικής εποχής μεταλλεία πυρίτη στο Spiennes, καλύπτουν έκταση μεγαλύτερη των 1.000 στρεμμάτων. Αυτή η περιοχή αποτελεί την πλέον πλούσια και μεγαλύτερη συγκέντρωση μεταλλείων στην αρχαιότητα στην Ευρώπη. Αξιοσημείωτη είναι, επίσης, η ποικιλία τεχνολογικών λύσεων που χρησιμοποιούνταν για την εξόρυξη εκεί, αλλά και το γεγονός πως τα ίδια τα μεταλλεία ήταν άμεσα συνδεδεμένα με έναν καταυλισμό της ίδιας χρονικής περιόδου. Υπήρξαν ενεργά κατά τη μέση και αργότερη Νεολιθική (4300-2200 π.Χ.). (UNESCO, 1992-2019).

Το Langdale Axe Industry στο Lake District της Αγγλίας έλαβε το όνομά του από τους αρχαιολόγους σε εξειδικευμένη παραγωγή πέτρινων εργαλείων

που τοποθετείται στο Great Langdale της Αγγλίας, τη Νεολιθική εποχή (ξεκίνησε περίπου το 4000 π.Χ.). Η ύπαρξη μιας τέτοιας τοποθεσίας παραγωγής, αρχικά, υποδείχθηκε από τυχαίες ανακαλύψεις περί το 1930, οι οποίες ακολουθήθηκαν από πιο συστηματικές έρευνες τις δεκαετίες 1940 και 1950, από την Κλαίρ Φελ και άλλους. Τα ευρήματα ήταν κυρίως απορριφθέντα τσεκούρια, ακατέργαστα κομμάτια και λεπίδες που είχαν δημιουργηθεί από σπάσιμο μεγάλων όγκων του πετρώματος που βρισκόταν σε κορήματα ή ίσως και από εκσκαφές ή υπαίθριες εξορύξεις, αλλά και σφυριά και προϊόντα της ίδιας της βιομηχανίας (lithic flakes-blades). Μάλιστα, αυτά τα τσεκούρια έχουν βρεθεί και σε αρχαιολογικούς χώρους σε όλη τη Βρετανία και την Ιρλανδία, και εκτιμάται ότι έχαιραν δημοτικότητας σε αυτή την περιοχή τη δεδομένη χρονική περίοδο. (Castleden, 1992; Hartman, Cummins, Given, 1992; Pryor, 2003; Scarre, 2005).

Τα μεταλλεία στο Grimes Graves στο Norfolk της Αγγλίας είναι ιδιαίτερος γνωστός και, όπως άλλα μεταλλεία πυρίτη, έχουν ρίζες στη Νεολιθική εποχή, με μια απαρχή στη Μεσολιθική Εποχή. Κατεργάζονταν από το 3000 π.Χ. έως το 2300 π.Χ. με τη βοήθεια κεράτων από κόκκινα ελάφια (άλκες). Έχει υπολογισθεί πως από μεσαίου βάθους πηγάδια θα είχαν εξορυχθεί περί τους 60 τόνους κομμάτια πυρίτη, τα οποία ανασύρονταν στην επιφάνεια και κατεργάζονταν χονδρικά επιτόπου ώστε να πάρουν σχήμα. Είναι εκτιμώμενο πως οι 60 αυτοί τόνοι θα μπορούσαν να είχαν παράξει 10.000 τσεκούρια από γυαλισμένη πέτρα, το κύριο προϊόν των μεταλλείων αυτών. Έρευνες έχουν δείξει πως γύρω στους 15-17 τόνους πυρίτη είχαν παραχθεί από τα 433 πηγάδια που έχουν καταγραφεί έως σήμερα. (English-heritage.org.uk, χωρίς χρονολογία; Russell, 2000).

Η κοιλάδα Castel Merle στην Dordogne της Γαλλίας αποτελούσε την καρδιά του εμπορίου της περιοχής την Παλαιολιθική εποχή. Οι αρχαιολόγοι έχουν πλέον ανακαλύψει κάτι που φέρεται να ήταν εργοστάσιο μεγάλης κλίμακας δημιουργίας χαντρών από ελεφαντόδοντο μαλλιάρου μαμούθ από την Τσεχοσλοβακία, αλλά και από σαπωνίτη που προερχόταν από μέρη ακόμα ανατολικότερα, τα οποία υπήρχαν από το 35000 π.Χ. περίπου. Οι δεκάδες χιλιάδες από χάντρες επεξεργάζονταν και σε διάφορες περιπτώσεις ακόμα και ράβονταν σε ρούχα, ενώ πιστεύεται πως οι κλασικές χάντρες των 6

χιλιοστών παρασκευάζονταν από γυναίκες. Πανομοιότυπες χάντρες έχουν βρεθεί μέχρι και τη Ρωσία. (Ridgley, 2000).

Τέλος, στο Hallstatt της Αυστρίας βρίσκεται το παλαιότερο αλατωρυχείο του κόσμου, το οποίο παράγει αλάτι εδώ και 7.000 χρόνια. Τοποθετείται στο βουνό ψηλά πάνω από το χωριό του Hallstatt στο Salzkammergut της Άνω Αυστρίας. Το χωριό αυτό μαζί με τα αξιοθέατα του Νταχστάιν συνθέτουν το πολιτιστικό τοπίο Hallstatt–Dachstein του Salzkammergut, το οποίο αποτελεί μνημείο παγκόσμιας πολιτιστικής κληρονομιάς της UNESCO. (NDTV, 2018; UNESCO, 1992-2019β).

## **2.2. Αφρική**

Το παλαιότερο ορυχείο, ευρέως γνωστό για την αρχαιολογική του ιστορία, είναι το ορυχείο Ngwenya Lion Cave στο Εσουατίνι (πρώην Σουαζιλάνδη της Νοτίου Αφρικής), στο οποίο η ραδιοχρονολόγηση δείχνει πως είναι τουλάχιστον 43.000 χρόνων και πιθανότατα χρονολογείται ακόμα πιο παλιά, στα 70.000-100.000 χρόνια πριν. Σε αυτήν την περιοχή, οι άνθρωποι της παλαιολιθικής εποχής, έσκαψαν τούνελ πλάτους 7,5 μέτρα, βάθους 9 μέτρα και ύψους 6 μέτρα, σε μια πρόσοψη γκρεμού σε ύψος 150 μέτρα, και εξόρυξαν αιματίτη για να κάνουν τη χρωστική, κόκκινη ώχρα. (Morton, 1996; Swaziland Natural Trust Commission, χωρίς χρονολογία).

Εκτιμάται ότι είχαν εξορυχτεί περί τους 50-100 τόνους πριν η είσοδος του μεταλλείου κλείσει από την πτώση ενός ογκόλιθου 5 τόνων από την οροφή της στοάς, οδηγώντας στην εγκατάλειψη της εκμετάλλευσης. (Dart & Beaumont, 1967).

Η ευρεία χρήση της κόκκινης ώχρας σε προϊστορικές ταφικές τελετές, αλλά και σε σπηλαιογραφίες σε όλον τον κόσμο, μπορούν να προσφέρουν ένα στοιχείο ως προς το πώς θα μπορούσε να έχει αναπτυχθεί μια εμπορική πρώτη ώθηση, η οποία αργότερα οδήγησε/εξελίχθηκε σε αυτό που εμείς βλέπουμε σήμερα σαν αποδείξεις της πρώιμης βιομηχανικού επιπέδου μεταλλευτικής ανάπτυξης και εμπορίου. (Morton, 1996).

Επίσης, μερικά από τα πρώτα παραδείγματα εξόρυξης «κόμπων» (nodule) πυρίτη συναντώνται στην κοιλάδα του Νείλου στην Αίγυπτο, όπου αναρίθμητα πηγάδια έχουν ανακαλυφθεί από την Παλαιολιθική εποχή, περίπου το 38000-33000 π.Χ. Παρ' όλα αυτά, η μεταλλευτική δραστηριότητα πηγαίνει ακόμα πιο πίσω στο χρόνο στην Κοιλάδα του Νείλου, όπως αναφέρουν οι Vermeersch και Paulissen, σε τέσσερα σημεία: στην Κένα και τη Νάζλετ Σαφάχα, τα οποία χρονολογούνται στο 50000 π.Χ. και τη Νάζλετ Κάτερ-2 και Μπεϊτ Αλλάμ στο 60000 π.Χ. Όλες αυτές οι τοποθεσίες αποτελούσαν λατομεία πυρίτη. (Vermeersch & Paulissen, 1989; Vermeersch, 2002).

### 2.3. Αμερική

Μια ομάδα ερευνητών από τη Χιλή και τη Γαλλία, ανακάλυψε στο βόρειο τμήμα της Λατινικής Αμερικής μόλις λίγα χρόνια πριν (συγκεκριμένα, το 2010), ένα μεταλλείο οξειδίου του σιδήρου ηλικίας 12.000 ετών, το οποίο το καθιστά την αρχαιότερη απόδειξη οργανωμένης μεταλλευτικής προσπάθειας σε ολόκληρη την Αμερικάνικη ήπειρο. Μέχρι εκείνη τη στιγμή, ένα μεταλλείο χαλκού μεταξύ 4.500 και 2.600 ετών που είχε ανακαλυφθεί στη Βόρεια Αμερική θεωρούνταν ως το πιο αρχαίο. (ABC News, 2010).

Επίσης, έρευνες που έγιναν στα τέλη του 19ου αιώνα έχουν δείξει ότι στην περιοχή γύρω από το Michigan, εκεί που συνορεύει δηλαδή με τον Καναδά, στο νησί Royale και γύρω από τη λίμνη Superior, υπάρχουν πάρα πολύ παλιά μεταλλεία αυτοφυούς χαλκού, τα οποία έχουν καθαρότητα 99,5%. Με άλλα λόγια, μιλάμε για έναν καθαρό αυτοφυή χαλκό. Σύμφωνα με ορισμένους ερευνητές η παραγωγή υπολογίζεται γύρω στους 250.000 τόνους, ενώ άλλοι υποστηρίζουν ότι είναι πάνω από 500.000 τόνους. Όπως φαίνεται από ραδιοχρονολογήσεις, τα συγκεκριμένα μεταλλεία ήταν σε λειτουργία από το 2500 π.Χ. μέχρι και το 1100 π.Χ. Βέβαια, ορισμένοι ερευνητές εκτιμούν ότι λειτουργούσαν και πιο πριν, συγκεκριμένα γύρω στο 5000 π.Χ., μία άποψη που είναι αμφισβητούμενη καθώς τότε, δηλαδή πριν 7.000 χρόνια, υπήρχαν αντίξοες καιρικές συνθήκες στη συγκεκριμένη περιοχή. (Μαριολάκος, 2013).

Πιο συγκεκριμένα, υπάρχουν προϊστορικά μεταλλεία χαλκού κατά μήκος της λίμνης Superior και μεταλλικός χαλκός βρισκόταν ακόμα εκεί στα χρόνια της αποικιοκρατίας. Οι Ινδιάνοι επωφελούνταν από αυτό το χαλκό χρησιμοποιώντας τον οι ίδιοι από το 5000 π.Χ., ενώ έχουν ανακαλυφθεί και χάλκινα εργαλεία, χάλκινες αιχμές από βέλη και άλλα τεχνουργήματα τα οποία αποτελούσαν μέρος ενός εκτεταμένου τοπικού δικτύου εμπορίου. (Cleland, 1992; Lankton, 1991).

Επιπρόσθετα, αρχαιολογικές αποστολές στη χερσόνησο Keweenaw και τη νήσο Royale, αποκάλυψαν την ύπαρξη σκαμμάτων που παρήγαγαν χαλκό αλλά και πέτρες σφυρηλάτησης οι οποίες χρησιμοποιούνταν ως εργαλεία κατεργασίας του χαλκού. Υψηλής προσέγγισης εκτιμήσεις έχουν δείξει ότι περίπου 0.7 δις κιλά χαλκού είχαν εξορυχτεί εκείνη την περίοδο, αλλά οι αρχαιολόγοι θεωρούν πως τέτοιου είδους εικόνες έχουν βασιστεί σε φτωχά στοιχεία και πως κανείς δεν μπορεί να είναι βέβαιος για την πραγματική εικόνα της εποχής. (Cleland, 1992).

## **2.4. Αυστραλία**

Η χρωστική κόκκινη ώχρα βρέθηκε στο Jinmium της Αυστραλίας, σε ορυχείο το οποίο χρονολογείται 75.000 έως 116.000 χρόνια πριν. (Bower, 1996). Ωστόσο, αυτό δεν αποτελεί την πρώτη απόδειξη ύπαρξης αυτής της κόκκινης χρωστικής, καθώς βρέθηκε κόκκινη ώχρα στο Bed II στο Olduvai της Τανζανίας, σε ορυχείο που χρονολογείται 1,7 εκατομμύρια χρόνια πριν (Oakley, 1981, σελ. 206-207). Επομένως, πρόκειται για την παλαιολιθική κιάλας περίοδο, την εποχή των Νεάντερταλ, όπου επίσης έχει βρεθεί ότι χρησιμοποιούνταν και μαύρη ώχρα (Morton, 1996).



## 2.5. Ασία

Η μεταλλουργία χαλκού, σύμφωνα με τους Renfrew & Bahn (2001), ξεκίνησε από τρία ανεξάρτητα κέντρα παραγωγής που βρίσκονται βόρεια και ανατολικά από την Μεσοποταμία. Ξεκίνησε η μεταλλευτική επεξεργασία του χαλκού περίπου το 6300 π.Χ.

Ωστόσο, δεν μπορούμε να υπολογίσουμε με ακρίβεια πότε ξεκίνησε η χρήση του χαλκού. Βέβαια, ορισμένες έρευνες που έγιναν από αρχαιολόγους έχουν δείξει ότι χρησιμοποιήθηκε πρώτη φορά χωρίς να έχει επεξεργαστεί στο Β. Ιράκ από το 8700 μέχρι και το 9000 π.Χ., δηλαδή στη Μεσολιθική Εποχή. Αντίστοιχα, ο χρυσός χρησιμοποιήθηκε πρώτη φορά περίπου το 6000 π.Χ. και ο άργυρος γύρω στο 4000 π.Χ. Στο Catalhoyuk, βρέθηκαν κατασκευές από μόλυβδο, οι οποίες χρονολογούνται περίπου στο 3500 π.Χ., ενώ αντίστοιχα ο κασσίτερος φαίνεται να ανακαλύφθηκε μεταγενέστερα, στις αρχές της 2<sup>ης</sup> χιλιετίας π.Χ. Η χρήση του χρυσού συγκεκριμένα, γινόταν για την κατασκευή κοσμημάτων, σαν φυσικό κράμα με άργυρο, ευρέως γνωστό ως ήλεκτρο. Έτσι κι αλλιώς, οι Σουμέριοι από το 3.000 π.Χ. είχαν ξεκινήσει την κατασκευή κοσμημάτων. (Μαριολάκος, 2013).

Από την άλλη πλευρά, μέσα από έρευνες και ανασκαφές που έλαβαν χώρα σχεδόν σε ολόκληρη την Ανατολική Μεσόγειο βρέθηκαν υλικά και μέταλλα προερχόμενα, μέσω του εμπορίου, από τις Ινδίες. Άλλωστε, σε ανασκαφές που έγιναν από αρχαιολόγους στις Ινδίες βρέθηκαν πολλά είδη υλικών της Μεσογείου, αντίστοιχα. Επομένως, εκτιμάται ότι οι Ινδίες επίσης είχαν εκείνη την περίοδο ξεκινήσει τη μεταλλευτική τους δραστηριότητα. (Μαριολάκος, 2013).

## 2.6. Ελλάδα

### 2.6.1. Προϊστορικοί Άνθρωποι και Μεταλλευτική

Για πολλά χρόνια και συγκεκριμένα μέχρι την 7<sup>η</sup> χιλιετία π.Χ. και για 2 εκατομμύρια πριν από τότε, ο άνθρωπος καθημερινά μεταχειριζόταν εργαλεία για διάφορες εργασίες, τα οποία όμως ήταν από πέτρα. Τη συγκεκριμένη περίοδο, όπου στη χώρα μας άρχιζε η Νεολιθική Εποχή (6850 π.Χ.), ο Homo Sapiens έχει τελειώσει από το στάδιο της τροφосуλλογής και έχει περάσει στο στάδιο της τροφοπαραγωγής. Βέβαια, κάποια περίοδο, συγκεκριμένα στις αρχές της 7<sup>ης</sup> χιλιετίας π.Χ., ο άνθρωπος βάζει στην καθημερινότητά του και τα μέταλλα με πρωταρχικό τον αυτοφυή χαλκό. Έπειτα, με τη χρήση της φωτιάς ξεκίνησε στα μεταλλεία την επεξεργασία των μεταλλευμάτων χαλκού. Στην αρχή, ο άνθρωπος επεξεργαζόταν μόνο τα οξειδία και τις ανθρακικές ενώσεις του χαλκού και πολύ αργότερα των θειούχων μεταλλευμάτων. Τα θειούχα μεταλλεύματα του χαλκού επεξεργάστηκαν ακόμη πιο αργά, καθώς ακόμα δεν είχε εξελιχθεί η τεχνολογία της φρύξης, κάτι που βοήθησε τον άνθρωπο να εκμεταλλευτεί πιο μετά και άλλους φυσικούς πόρους. Αυτή είναι και η βασικότερη αιτία που δεν έγινε νωρίτερα η αξιοποίηση-εκμετάλλευση των κοιτασμάτων στην Κύπρο, όπου βρίσκονται κατά βάση μεταλλεύματα θειούχου χαλκού. Για πολύ καιρό, λοιπόν, ο άνθρωπος χρησιμοποιούσε εξίσου την πέτρα και τον χαλκό. Η συγκεκριμένη περίοδος είναι γνωστή ως Χαλκολιθική. (Μαριολάκος, 2013).

Έως τώρα, η Χαλκολιθική εποχή εκτιμάται ότι ξεκινάει από τα τέλη της Νεολιθικής εποχής και ολοκληρώνεται κατά την Πρωτο-Ελλαδική και Πρωτο-Μινωική Εποχή. Ωστόσο, όσον αφορά στην περίπτωση της Ελλάδας, έχει πλέον αποδειχτεί ότι η μεταλλευτική επεξεργασία του χαλκού είχε αρχίσει από τα τέλη της 6ης χιλιετίας π.Χ. (Koukouli & Bassiakos, 2002).

Έως και τη Χαλκολιθική εποχή, ο άνθρωπος είχε άμεση σχέση με τη φύση, συγκεκριμένα εξαρτιόταν από αυτή. Αυτό είναι λογικό, καθώς ο άνθρωπος εκμεταλλευόταν τους λίθους για να κατασκευάσει λίθινα εργαλεία,

να χρησιμοποιήσει τη φωτιά, στη γεωργία αλλά και στην παραγωγή του χαλκού. Οι λίθοι, λοιπόν, του δίνονταν από τη φύση. Όλα, λοιπόν, τα παραπάνω τα έδινε η μάνα Γη στον άνθρωπο. Ο χαλκός, ο οποίος αναφέρθηκε αρκετές φορές και παραπάνω, είχε πολλά πλεονεκτήματα στη ζωή του ανθρώπου, παρ' όλα αυτά όμως είχε και μειονεκτήματα, όπως για παράδειγμα ότι δεν είναι σκληρός. Περνώντας, λοιπόν, τα χρόνια με εντατική χρήση του χαλκού, ο άνθρωπος χωρίς να γνωρίζουμε πώς, κατάφερε να αναπτύξει την τεχνολογία των κραμάτων. Με άλλα λόγια, ανέμειξε στην αρχή τον χαλκό με το αρσενικό και μετά, με τον κασσίτερο. Αυτό είχε ως αποτέλεσμα, να δημιουργηθεί ένα καινούργιο υλικό, ευρέως γνωστό με το όνομα μπρούτζος ή κρατέρωμα. Μετέπειτα, έγινε η παραγωγή ενός άλλου κράματος, συγκεκριμένα από χαλκό και ψευδάργυρο, με το όνομα ορείχαλκος. (Μαριολάκος, 2013).

Τα κράματα που αναφέρθηκαν υπερτερούν έναντι του χαλκού, καθώς είναι πολύ πιο σκληρά από αυτόν. Είναι σημαντικό να αναφερθεί πως είχαν αναπτύξει την τεχνολογία σε τέτοιο σημείο που μπορούσαν να έχουν παραγωγή κραμάτων με ορισμένη σκληρότητα. Μέσα στη 2<sup>η</sup> χιλιετία π.Χ. η μεταλλουργία του χαλκού προωθεί την ανάπτυξη της φρύξεως, η οποία καινοτόμος τεχνολογία επέτρεψε να γίνει χρήση και σε μεταλλεύματα θειούχου χαλκού για να παραχθεί ο χαλκός. Από τότε και ύστερα, αναδεικνύονται τα κοιτάσματα που βρίσκονταν στην Κύπρο. (Μαριολάκος, 2013).

Όπως προαναφέρθηκε, έχουν βρεθεί μεταλλεία που βρίσκονταν σε λειτουργία από το 5000-2000 π.Χ. Τη συγκεκριμένη χρονική περίοδο, οι Μινωίτες ήταν οι «βασιλιάδες» στη θάλασσα και στο εμπόριο, βέβαια και οι Αιγύπτιοι τα πήγαιναν καλά στο κομμάτι του ναυτικού. Από την άλλη πλευρά, οι Μεσοποτάμιοι δεν είχαν στόλο, ούτε δίκτυο των λιμανιών. Οι Φοίνικες μέχρι τότε δεν ήταν ευρέως γνωστοί σε αυτούς τους τομείς, παρ' όλο που οι Χαναΐτες είχαν στόλο και λιμάνια. Σε γενικές γραμμές, πολλοί γνωρίζουν πως η Κρήτη την Εποχή των Μετάλλων ήταν ένας από τους πιο σημαντικούς πολιτισμούς που αναπτύχθηκε από τόσο παλιά. Αξίζει να σημειωθεί, βέβαια, πως παρ' όλο που αυτό το νησί είχε πόλεις μεγάλες και με πλούτο, όπως για παράδειγμα η Κνωσσός, η Φαιστός, η Ζάκρος, τα Μάλλια κ.ά., όπου μέσα από έρευνες έχει βρεθεί χρυσός, άργυρος, μεταλλικά εργαλεία, όπλα,

πολύτιμοι λίθοι, ελεφαντόδοντο κ.λπ., η Κρήτη δεν έχει δικά της μεταλλεύματα. Έτσι, μέσα από έρευνες και ανασκαφές που έλαβαν χώρα σχεδόν σε ολόκληρη την Ανατολική Μεσόγειο βρέθηκαν υλικά προερχόμενα, μέσω του εμπορίου, από τις Ινδίες. Άλλωστε, όπως επισημάνθηκε και παραπάνω, σε ανασκαφές που έγιναν από αρχαιολόγους στις Ινδίες βρέθηκαν πολλά είδη-υλικά της Μεσογείου, αντίστοιχα. (Μαριολάκος, 2013).

## **2.6.2. Μεταλλευτική και Ελληνική Μυθολογία**

Τα μέταλλα που ανακαλύφθηκαν και χρησιμοποιήθηκαν μετέβαλαν άρδην τα κοινωνικοοικονομικά, πολιτικά, πολιτιστικά και ναυτιλιακά δεδομένα σε όλο τον κόσμο από πολύ παλιά. Μάλιστα, εκτιμάται ότι πολλά πρόσωπα της Ελληνικής Μυθολογίας σχετίζονται με τα μεταλλεύματα και την ανεύρεσή τους, όπως για παράδειγμα ο Τιτάνας Κρόνος, αλλά και ο Κάδμος και ο Θάσος, ο Φρίξος και η Έλλη, οι Αργοναύτες, ο Ηρακλής, ο Προμηθέας, κ.ά. (Μαριολάκος, 2013).

Φυσικά, σύμφωνα, με την Ελληνική μυθολογία, εκείνος που είχε ως βασική ενασχόληση τη μεταλλουργία και την επεξεργασία μετάλλων ήταν ο Ήφαιστος, ο οποίος δεν ασχολούταν μόνο με τη φωτιά και την ηφαιστειακή λάβα, όπως πίστευαν ορισμένοι, αλλά σύμφωνα με έρευνες αφοσιωνόταν και στην εξελιγμένη τεχνολογία εκείνης της εποχής, καθώς ήταν ο πρώτος που άρχισε την παραγωγή κραμάτων όπως για παράδειγμα τον μπρούντζο ή κρατέρωμα και τον ορείχαλκο. Εκτός βέβαια από αυτά, ασχολείτο με την κατασκευή μεταλλικών όπλων και γενικά αντικειμένων που χρησιμοποιούνταν καθημερινά, και επίσης αυτοκινούμενων τριπόδων που είχαν χρυσούς τροχούς (Ομήρου Ιλιάδα, Στίχοι 368-331). (Μαριολάκος, 2013).

Επίσης, ο Προμηθέας ήταν εκείνος που ασχολήθηκε με τη μεταλλουργία και κυρίως, του σιδήρου. Όπως είναι γνωστό από τη Μυθολογία, ο Προμηθέας έκλεψε τη φωτιά από τον Όλυμπο ή τον Ουρανό, με σκοπό να τη δώσει στους ανθρώπους. Το γεγονός αυτό, όπως ήταν φυσικό, εξόργισε τους θεούς του Ολύμπου με αποτέλεσμα να τον δέσουν με αλυσίδες σε μια πλαγιά στο όρος Καύκασος. (Μαριολάκος, 2013).

Ακόμη, ο Δαίδαλος, ο Τάλως και ο Ίκαρος ασχολούνταν με την τότε τεχνολογία και τη μεταλλουργία. Τέλος, τεχνοκράτες εκείνης της περιόδου αποτελούσαν και οι Δάκτυλοι, οι Κουρήτες, οι Τελχίνες και οι Κάβειροι. (Μαριολάκος, 2013).



**Εικόνα 3. Σφυρηλάτηση της ασπίδας το Αχιλλέα από τον Ήφαιστο (με τη βοήθεια της Αθηνάς)**

Πηγή: Vail, 2018 (<https://medium.com/@kv.achilles/hephaestus-forging-the-shield-of-achilles-art-through-the-ages-edcb42b7c5e0>)

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3<sup>ο</sup>

### **3. ΕΞΕΛΙΞΗ ΤΗΣ ΜΕΤΑΛΛΕΥΤΙΚΗΣ ΣΤΟΝ ΑΡΧΑΙΟ ΚΟΣΜΟ**

Οι άνθρωποι από τον αρχαίο κίβλας κόσμο, ασχολήθηκαν με μεταλλικά στοιχεία που υπήρχαν από μόνα τους στη φύση, όπως παραδείγματος χάρη ο χρυσός, ο άργυρος, ο χαλκός, ο μόλυβδος και ο σίδηρος (Tylecote, 1962; Tylecote, 1987; Craddock, 1995). Είναι σημαντικό να αναφερθεί βέβαια ότι εκτός από τα στοιχεία που βρίσκονται τη φύση μόνα τους όπως είναι, υπάρχουν και οι χημικές ενώσεις οι οποίες δημιουργούν τα ορυκτά. Μερικές ενώσεις είναι ο μαλαχίτης με τον οποίο εξάγεται ο χαλκός, και ο μαγνητίτης με τον οποίο εξάγεται ο σίδηρος (Bachmann, 1982). Στην Παλαιολιθική Εποχή, ο άνθρωπος εκμεταλλεύτηκε τον χαλκό και τα οξείδια του σιδήρου, η διαφορά όμως είναι ότι τότε τα χρησιμοποιούσαν σαν χρωστικές ουσίες (Tylecote, 1987). Υπάρχει η πεποίθηση, χωρίς όμως να έχει αποδειχθεί από κάποιον μέχρι σήμερα ότι στην Παλαιολιθική και τη Νεολιθική Εποχή, οι άνθρωποι ασχολούνταν με τον χρυσό τον οποίο συνέλεγαν από τις προσχώσεις των ποταμών (Tylecote, 1987; Craddock, 1995).

Στην αρχαία εποχή, ειδικότερα, ο άνθρωπος ασχολούταν κατά βάση με επτά μέταλλα, γνωστά και ως “επτά μέταλλα της αρχαιότητας”. Αυτά ήταν: ο χρυσός, ο χαλκός, ο άργυρος, ο μόλυβδος, ο κασσίτερος, ο σίδηρος και ο υδράργυρος (Cramb, 2012; Healy, 1978). Τα επτά αυτά μέταλλα, ήταν ευρέως γνωστά στη Μεσοποταμία, την Αίγυπτο, την Ελλάδα και τη Ρώμη. Εκτός του μόλυβδου και του κασσίτερου, τα υπόλοιπα βρίσκονταν αυτοφυή στη γη. (Healy, 1978).

Γενικότερα, ο χρυσός υποδήλωνε δύναμη και πλούτο και ακριβώς αυτός είναι ο λόγος που στην 5η χιλιετία π.Χ. βρισκόταν σε πολλούς τάφους στην Ευρώπη. Αντίθετα, τον χαλκό, παραδείγματος χάρη, τον χρησιμοποιούσαν οι άνθρωποι όχι μόνο για στολισμό, αλλά και για χρήσιμες δουλειές. Πιο συγκεκριμένα, ο χαλκός, ο μαλαχίτης και ο αζουρίτης για πάρα πολλά χρόνια υπήρχαν ως βασικό υλικό σε ψηφίδες και διάφορες χρωστικές

(Radivojevic et al, 2010). Στα τέλη της 2ης χιλιετίας π.Χ., αρχίζει να χρησιμοποιείται πιο έντονα ο σίδηρος, αλλάζοντας εντελώς ό,τι ήταν μέχρι τότε γνωστό στη μεταλλευτική και τη μεταλλουργία, αλλά και σε ό,τι αφορά στη συνεισφορά που είχαν τα μέταλλα στην καθημερινότητα του ανθρώπου (Knauth et al, 1974).

Όσον αφορά στις αρχαίες μεταλλουργικές μεθόδους, συγκρίνοντας τα μέταλλα που ανακαλύφθηκαν από τον άνθρωπο με υλικά που χρησιμοποιούνταν πιο παλιά, όπως για παράδειγμα το ξύλο, τα οστά και ο λίθος (Roberts et al, 2008), συμπεραίνεται ότι τα πρώτα έχουν πιο πολλά θετικά στοιχεία, όπως το ότι είναι πιο εύκαμπτα όταν θερμανθούν (πρώιμο στάδιο μεταλλουργίας) και το γεγονός ότι διατηρούν μυτερές τις άκρες τους. Η ιδιότητα αυτή που έχουν τα μέταλλα, οδήγησε στην ανάπτυξη και διάδοση της χύτευσης και της παραγωγής διαφόρων σχημάτων μέσω της χρήσης κατάλληλων εκμαγείων (Knauth et al, 1974). Σε αυτό, λοιπόν, το στάδιο η μεταλλουργία βασιζόταν σε τέσσερις βασικούς παράγοντες (Forbes, 1964):

- 1) την ποιότητα που έχει το μετάλλευμα,
- 2) τα καύσιμα που είναι απαραίτητα για να παραχθεί η θερμότητα, η φωτιά,
- 3) το ρεύμα του αέρα που τροφοδοτείται και
- 4) τα εργαλεία που είναι βασικά, όπως για παράδειγμα τη μεταλλουργική κάμινο και τα χωνευτήρια.

Γενικότερα, οι βασικές περίοδοι του ανθρώπινου πολιτισμού διακρίνονται στις εξής:

- ❖ Εποχή του Λίθου
- ❖ Εποχή του Χαλκού
- ❖ Εποχή του Σιδήρου

Η διάκριση αυτή πηγάζει από την πρώτη ύλη που χρειάστηκε και εκμεταλλεύτηκε, κατά κύριο λόγο, ο άνθρωπος για να κατασκευάσει όπλα, εργαλεία και άλλα αντικείμενα. Πρώτος πρότεινε τη διάκριση αυτή ο Thompson και πρωταγωνιστεί μέχρι τις μέρες μας. Ωστόσο, κάτι παρόμοιο

είχε παρατηρηθεί και στη ρωμαϊκή εποχή, πολύ πριν τον Thompson. (Τσαίμου, 1997).

### **3.1. Αρχαίες Φιλιππίνες (αυτόχθονες προ-αποικιακά)**

Η εξόρυξη στις Φιλιππίνες ξεκίνησε γύρω στο 1000 π.Χ. Οι πρώτοι Φιλιππινέζοι εργάζονταν σε διάφορα ορυχεία χρυσού, αργύρου, χαλκού και σιδήρου. Κοσμήματα, πλινθώματα χρυσού, αλυσίδες και σκουλαρίκια έχουν βρεθεί και ανάγονται στους αρχαίους προγόνους τους. Επίσης, έχουν βρεθεί χρυσές χειρολαβές μαχαιριών, χρυσά πιάτα, επιμετάλλωση δοντιών και τεράστια χρυσά στολίδια της δεδομένης περιόδου. (Manansala, 2007).

Σύμφωνα με τον Legeza (1988, p. 129-136) βρέθηκαν χρυσά κοσμήματα φιλιππινέζικης προέλευσης στην αρχαία Αίγυπτο και σύμφωνα με τον Pigafetta (Manansala, 2007), οι άνθρωποι του Mindoro διέθεταν μεγάλη ικανότητα στην ανάμιξη του χρυσού με άλλα μέταλλα, με σκοπό τη φυσική και τέλεια όψη του, η οποία μπορούσε να εξαπατήσει ακόμα και τους καλύτερους χρυσοχόους. Οι αυτόχθονες ήταν επίσης γνωστοί για τα κοσμήματα από άλλες πολύτιμες πέτρες, π.χ. από σάρδιο λίθο (καρνεόλη), αχάτη και μαργαριτάρια. Μερικά εξαιρετικά παραδείγματα κοσμημάτων των Φιλιππίνων περιλάμβαναν περιδέραια, ζώνες, βραχιόλια και δαχτυλίδια τοποθετημένα γύρω από τη μέση. (Manansala, 2007).

### **3.2. Αρχαία Αμερική (αυτόχθονες)**

Κατά τη διάρκεια των αρχαίων χρόνων, εξορύσσονταν μεγάλες ποσότητες χαλκού κατά μήκος της χερσονήσου Keweenaw της λίμνης Superior και στο κοντινό Isle Royale, καθώς ο χαλκός εξακολουθούσε να υπάρχει διαθέσιμος κοντά στην επιφάνεια της γης κατά τους αποικιακούς χρόνους (Lankton, 1991; Ricard, 1932; West, 1970). Οι αυτόχθονες λαοί χρησιμοποίησαν τη λίμνη Superior για την εξόρυξη χαλκού τουλάχιστον πριν από 5.000 χρόνια (Lankton, 1991). Έχουν ανακαλυφθεί εργαλεία χαλκού,



βέλη και άλλα αντικείμενα που αποτελούν μέρος ενός εκτεταμένου δικτύου εγχώριων εμπορικών συναλλαγών. Επιπλέον, ο οψιανός, ο πυριτόλιθος και άλλα ορυκτά εξορύσσονταν, δουλεύονταν και εμπορεύονταν (West, 1970).

### **3.3. Αρχαία Αίγυπτος**

Οι Αρχαίοι Αιγύπτιοι εξόρυξαν μαλαχίτη στο Maadi. Αρχικά, οι Αιγύπτιοι χρησιμοποίησαν τις λαμπρές πράσινες πέτρες από μαλαχίτη για διακόσμηση και στην τέχνη της κεραμικής. Αργότερα, μεταξύ 2613 και 2494 π.Χ., τα μεγάλα οικοδομικά έργα απαιτούσαν αποστολές στο εξωτερικό στην περιοχή Wadi Maghareh, προκειμένου να εξασφαλιστούν ορυκτά και άλλοι πόροι που δεν διατίθονταν στην ίδια την Αίγυπτο. Επίσης, βρέθηκαν λατομεία για καλλαΐτη (τυρκουάζ) και χαλκό στα Wadi Hammamat, Tura και Aswan, καθώς και σε διάφορες άλλες περιοχές της Nubian, στη χερσόνησο Sinai και στην Timna. Τα ευρήματα υποδεικνύουν ότι η εξόρυξη στην Αίγυπτο πραγματοποιούνταν κατά τις πρώτες δυναστείες. Ακόμα, τα ορυχεία χρυσού της Nubia ήταν από τα μεγαλύτερα και τα πιο εκτενή μεταξύ των ορυχείων στην αρχαία Αίγυπτο. (Shaw, 2000).

### **3.4. Αρχαία Ινδία**

Η ιστορία της μεταλλουργίας στην ευρύτερη περιοχή της Ινδίας ξεκίνησε πριν από το 3000 π.Χ. (Arnold, 2004; Tewari, 2003). Τα μεταλλεύματα αναφέρονται σε διάφορα αρχαία ινδικά κείμενα. Οι επαφές των Ινδών σε πολιτιστικό και εμπορικό επίπεδο, με την Εγγύς Ανατολή, τους Έλληνες και τους Ρωμαίους, επέτρεπαν την ανταλλαγή γνώσεων στη μεταλλευτική, η οποία άκμασε (Edgerton, 1968/2002).

Τα βασικότερα μεταλλεύματα τα οποία εκμεταλλεύονταν και χρησιμοποιούσαν οι Ινδοί, περιλαμβάνουν τα εξής:

- ❖ Ορείχαλκος: Ο ορείχαλκος χρησιμοποιήθηκε στο Lothal και Atranjikhhera την 3η και 2η χιλιετία π.Χ. (Kharakwal, χωρίς χρονολογία). Ο ορείχαλκος και ενδεχομένως ο ψευδάργυρος, βρέθηκαν επίσης στην Taxila μεταξύ 4ου με 3ου αιώνα π.Χ. (Craddock et al., 1983).
- ❖ Χαλκός: Η τεχνολογία για τον χαλκό ανάγεται στην 4ο χιλιετία π.Χ. στην περιοχή των Ιμαλαΐων και αποτελεί το πρώτο στοιχείο λογικά ανακαλύφθηκε στην περιοχή (Agrawal & Tiwari, 2003). Ο χαλκός και τα κράματά του χρησιμοποιούνταν, εκτός των άλλων, στη δημιουργία χάλκινων και μπρούτζινων ομοιωμάτων θεοτήτων του Βουδισμού. Άλλα μεταλλικά αντικείμενα φτιαγμένα από Ινδούς τεχνίτες που έχουν βρεθεί, περιλαμβάνουν διάφορα λυχνάρια. Ο χαλκός ήταν και ένα συστατικό για τα ξυράφια για τις τελετές τους. Επίσης, μία από τις σημαντικότερες ιστορικές πηγές για την ευρύτερη περιοχή της Ινδίας στην αρχαιότητα, αποτελούν τα βασιλικά αρχεία που έχουν χαραχθεί σε πλάκες χαλκού (Tamra-shasan). Καθώς ο χαλκός δεν σκουριάζει και δεν αποσυντίθεται, θα επιβιώνουν επ' αόριστον. Συλλογές αρχαιολογικών κειμένων από τις πλάκες χαλκού και τις λίθινες επιγραφές, έχουν μεταγλωττιστεί και δημοσιευθεί από την αρχαιολογική έρευνα της Ινδίας. (Chakrabarti, 1996).
- ❖ Χρυσός και ασήμι: Τα βαθύτερα ορυχεία χρυσού του αρχαίου κόσμου βρέθηκαν στην περιοχή Maski στην Καρνάτακα της Ινδίας. Επίσης, βρέθηκαν αρχαία ορυχεία ασημιού στη βορειοδυτική Ινδία, τα οποία χρονολογούνται στα μέσα της 1ης χιλιετίας π.Χ. Ο χρυσός και το ασήμι χρησιμοποιούνταν επίσης για τη δημιουργία σκευών για τη βασιλική οικογένεια και τους ευγενείς. Η βασιλική οικογένεια φορούσαν ρούχα από ακριβά υφάσματα, τα οποία περιείχαν χρυσό και ασήμι. (Srinivasan & Srinivasa, 2004).
- ❖ Σίδηρος: Πρόσφατες ανασκαφές στη Middle Ganges Valley, δείχνουν ότι η εξόρυξη και χρήση του σιδήρου στην Ινδία είχε ήδη ξεκινήσει από το 1800 π.Χ. Τον 5ο αιώνα π.Χ., ο Έλληνας ιστορικός Ηρόδοτος παρατήρησε ότι οι Ινδοί χρησιμοποιούσαν βέλη από σίδηρο. Οι αρχαίοι Ρωμαίοι χρησιμοποιούσαν πανοπλίες και μαχαιροπίρουνα από σίδηρο,

προερχόμενο από την Ινδία. (Srinivasan & Srinivasa, 2004; Tewari, 2003).

- ❖ Χάλυβας: Η πρώτη μορφή χωνευτηρίου χάλυβα δημιουργήθηκε στην Ινδία, γύρω στο 300 π.Χ. Για την παραγωγή του, αναμίγνυαν σίδηρο με γυαλί και στη συνέχεια, θέρμαιναν το μίγμα αργά και μετά το έψυχαν. Έτσι, έκαναν εξαγωγές ευρέως σε όλη τη Μέση Ανατολή, εφαρμόζοντας την τοπική αυτή τεχνική παραγωγής, του επονομαζόμενου χάλυβα Δαμασκού που απέκτησε μεγάλη φήμη σε όλο τον τότε κόσμο. (Srinivasan & Srinivasa, 2004).
- ❖ Ψευδάργυρος: Ο ψευδάργυρος εξορυσσόταν στην Ινδία ήδη από τον 4ο με 3ο αιώνα π.Χ. Η αρχαία βορειοδυτική Ινδία αποτελεί τον αρχαιότερο γνωστό πολιτισμό που παρήγαγε ψευδάργυρο σε βιομηχανική κλίμακα (Craddock et al., 1983; Srinivasan & Srinivasa, 2004). Η τεχνική εξόρυξής του αναπτύχθηκε γύρω στο Zawar στο Rajasthan (Kharakwal, χωρίς χρονολογία).

### **3.5. Ρωμαϊκή Αυτοκρατορία**

Οι Ρωμαίοι από το ξεκίνημα κιόλας των κατακτήσεών τους, κατακτούσαν όλες τις περιοχές-χώρες στη Μεσόγειο που διέθεταν πλούτο μεταλλευμάτων, από την Ιβηρική Χερσόνησο μέχρι τη Συρία και από τη Βόρεια Αφρική μέχρι τον Δούναβη. Ο πλούτος και τα εξορυγμένα μέταλλα, συγκεντρώνονταν σε φυλάκια συνήθως στη Ρώμη, ενώ συνέχιζαν να εκμεταλλεύονται όλα τα ορυχεία και τα μεταλλεία των κατεκτημένων περιοχών. (Orykta.gr, χωρίς χρονολογία<sup>γ</sup>).

#### **3.5.1. Γενικά**

Οι Ρωμαίοι ήταν εκείνοι που ανέπτυξαν μεθόδους εξόρυξης σε ιδιαίτερα μεγάλη κλίμακα και, κυρίως με τη χρήση μεγάλων ποσοτήτων νερού

που έφερναν στα ορυχεία από πλήθος υδραγωγείων. Το νερό χρησιμοποιούταν για διάφορους σκοπούς, συμπεριλαμβανομένης της απομάκρυνσης της περίσσειας και των υπολειμμάτων πετρωμάτων, του καθαρισμού των θρυμματισμένων ή σπασμένων μεταλλευμάτων, αλλά και για τη λειτουργία των μηχανημάτων. Στη ουσία, λοιπόν, οι Ρωμαίοι χρησιμοποίησαν υδραυλικές μεθόδους εξόρυξης σε μεγάλη κλίμακα για να αναζητήσουν τις φλέβες του μεταλλεύματος. Επρόκειτο για τη διαδικασία η οποία ονομάζεται υδραυλική εξόρυξη μεταλλευμάτων. Κατασκεύασαν πολυάριθμα υδραγωγεία για την παροχή νερού στα ορυχεία. Εκεί, το νερό αποθηκευόταν σε μεγάλες δεξαμενές. (Labate, 2016).

### **3.5.2. Αρχαία Ισπανία**

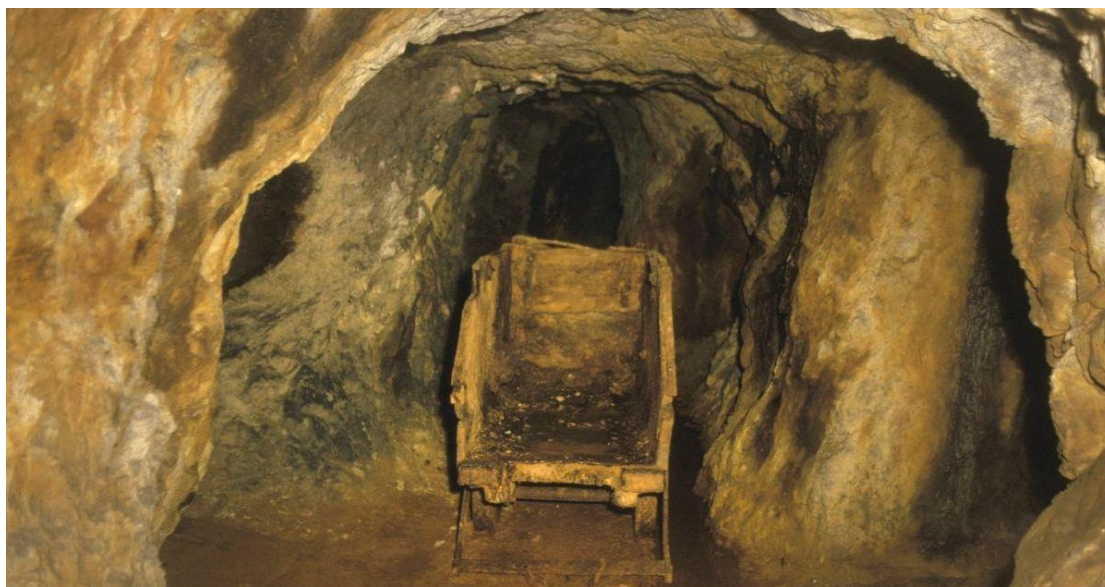
Οι παραπάνω μέθοδοι υδραυλικής εξόρυξης αναπτύχθηκαν από τους Ρωμαίους στην Ισπανία το 25 μ.Χ., για να εκμεταλλευτούν τα μεγάλα κοιτάσματα χρυσού, κυρίως στην περιοχή που εκτείνεται στο Las Medulas, αλλά και χαλκού, όπως στο Rio Tinto της Ισπανίας. Στην εν λόγω περιοχή, έχουν βρεθεί επτά μακριά υδραγωγεία συνδεδεμένα με τους τοπικούς ποταμούς, τα οποία χρησιμοποιούσαν. Η Ισπανία, γενικότερα, αποτέλεσε μία από τις σημαντικότερες περιοχές εξόρυξης και εκμετάλλευσης από πλευράς της Ρωμαϊκής Αυτοκρατορίας. (Lewis & Jones, 1970).

### **3.5.3. Βρετανία, Ουαλία και άλλες κομητείες της σημερινής Μεγάλης Βρετανίας**

Οι ρωμαϊκοί ανθρακωρύχοι χρησιμοποίησαν τις προαναφερθείσες μεθόδους και για να δουλέψουν κοιτάσματα κασιτέρου στην Κορνουάλη και μεταλλεύματα μόλυβδου στα Πέννινα Όρη της σημερινής Μεγάλης Βρετανίας. Ωστόσο, στη σημερινή Μεγάλη Βρετανία, οι αυτόχθονες την αρχαία εποχή, εξόρυσαν ορυκτά για χιλιετίες. Όμως, μετά τη ρωμαϊκή κατάκτηση, η κλίμακα των επιχειρήσεων αυξήθηκε εξαιρετικά, καθώς οι Ρωμαίοι χρειάζονταν

πόρους από τις περιοχές της Βρετανίας, της Ουαλίας κ.ο.κ., ιδίως χρυσό, άργυρο, ο κασσίτερο και μόλυβδο. (The Independent, 2007).

Οι ρωμαϊκές τεχνικές δεν περιορίστηκαν στην εξόρυξη από την επιφάνεια της γης. Τις ακολούθησαν οι εξορύξεις υπόγειων φλεβών με μεταλλεύματα, όταν η εξόρυξη έπαψε πλέον να είναι εφικτή, όπως παραδείγματος χάρη στο Dolaucothi της Ουαλίας. Πολλά παραδείγματα συσκευών που χρησιμοποιούνταν για την εν λόγω εργασία, έχουν βρεθεί σε παλιά ρωμαϊκά μεταλλεία και ορισμένα παραδείγματα, σώζονται μέχρι και σήμερα στο Βρετανικό Μουσείο και στο Εθνικό Μουσείο της Ουαλίας. (Investmining Company, 2019).



**Εικόνα 4. Αρχαιολογικά ευρήματα στο αρχαίο ορυχείο στο Dolaucothi της Ουαλίας**

Πηγή: Hayward, 2018 (<https://www.walesonline.co.uk/news/wales-news/gold-mines-wales-what-produced-15003344>)

Επίσης, οι Ρωμαίοι ήταν οι πρώτοι που ξεκίνησαν να φτιάχνουν ορείχαλκο, ο οποίος αποτελεί κράμα χαλκού με ψευδάργυρο. Τον ορείχαλκο τον χρησιμοποιούσαν για το κόψιμο νομισμάτων. (Orykta.gr, χωρίς χρονολογία<sup>β</sup>).

## 3.6. Αρχαία Ελλάδα και Ρωμαϊκή Αυτοκρατορία

### 3.6.1. Αρχαία Ελλάδα

Η εξόρυξη στην Ευρώπη έχει πολύ μεγάλη ιστορία και ιδίως, στην Ελλάδα της αρχαιότητας (Mining Greece, χωρίς χρονολογία<sup>α</sup>).

Την περίοδο όπου ο Αιγαιακός πολιτισμός ήταν ακόμα στο νεολιθικό στάδιο, είχε ξεκινήσει να εμφανίζεται ένας πολιτισμός υψηλών προδιαγραφών στην κοιλάδα του Νείλου και τη Μεσοποταμία. Οι περιοχές αυτές το οφείλουν αυτό στην εκμετάλλευση του ορυκτού πλούτου που είχαν. Ενδεχομένως, η ανακάλυψη των αυτοφυών μετάλλων να έγινε στη Μέση Νεολιθική Εποχή (5000 π.Χ). (Τσαίμου, 1997).

Η γενικότερη εκμετάλλευση άργησε να εμφανισθεί, διότι το επίπεδο πολιτισμού και το κοινωνικό πλαίσιο που ζούσε ο πρωτόγονος άνθρωπος, δεν του έδιναν τη δυνατότητα να μπορεί να ασκεί τη μεταλλοτεχνία. Προς το τέλος της Νεολιθικής εποχής, υπάρχουν κάποια μεταλλικά ευρήματα, σαν ιδιαίτερα και σπάνια εξωτικά αντικείμενα. (Τσαίμου, 1997).

Ύστερα από τις αρχές της 3<sup>ης</sup> χιλιετίας, κοντά στο τέλος της Νεολιθικής εποχής, παρουσία μιας νέας εποχής, βρίσκονται ο ελληνικός πολιτισμός και κυρίως ο αιγαιακός. Στην εποχή των μετάλλων και της τεχνολογίας αυτών, μπορούμε να πούμε ότι έχουμε την εποχή της «Επανάστασης του μετάλλου» αφού η χρήση τους και ιδιαίτερα του χαλκού εμφανίζεται στην κατασκευή εργαλείων και όπλων. Για όσα μέχρι τώρα γνωρίζουμε για τη μεταλλουργία, λοιπόν, η πρώτη της εμφάνιση εντοπίζεται στον αιγαιακό χώρο και κατά βάση στις Κυκλάδες (Κυκλαδίτικος πολιτισμός). (Τσαίμου, 1997).

Μπορεί στη Νεολιθική εποχή να θεμελιώθηκε η Παραγωγική Επανάσταση για τον πολιτισμό που ακολουθεί, αλλά το σίγουρο είναι ότι αυτός ο πολιτισμός άκμασε χάρις την Επανάσταση του μετάλλου. Μπορεί ο πρωτόγονος άνθρωπος το μέταλλο να το χρησιμοποιούσε για την κατασκευή πολύτιμων κοσμημάτων, αλλά στην εποχή αυτή, πρωταγωνιστεί στη ζωή του ανθρώπου ως πρώτη ύλη για την παραγωγή όπλων και εργαλείων, κυρίως ο

χαλκός. Εμφανές είναι ότι την εποχή αυτή που πρωταγωνιστής είναι το μέταλλο, δεν παρατηρείται μόνο τεχνολογική μεταβολή, αλλά και ριζική αλλαγή της πορείας του ανθρώπινου γένους, η οποία επικύρωσε κατά κάποια καταλυτική μέθοδο την πορεία της ανθρωπότητας. (Τσάιμου, 1997).

Έτσι, ξεκινάει η εποχή της χαλκοκρατίας. Η εποχή εκείνη οφείλει την ονομασία της από το υλικό αυτό, από το 3000 π.Χ. μέχρι να κάνει την εμφάνιση του ο σίδηρος, κάτι το οποίο έγινε στη μυκηναϊκή εποχή, ή και λίγο μετά (Orykta.gr, χωρίς χρονολογία<sup>β</sup>; Τσάιμου, 1997). Ονομάζεται έτσι αυτή η εποχή του ανθρώπινου πολιτισμού, διότι το μέταλλο αποτελούσε τη βασική ύλη για την παραγωγή όπλων, εργαλείων βάζων και διαφόρων αντικειμένων της καθημερινότητας. Ο χαλκός βέβαια δεν ήταν το μόνο μέταλλο καθώς χρησιμοποιούταν και ο μόλυβδος. (Τσάιμου, 1997).

Ειδικότερα, στην Ελληνική αρχαϊκή εποχή, τα μέταλλα τα οποία είχαν πρωταγωνιστικό ρόλο για την παραγωγή όπλων και εργαλείων ήταν ο χαλκός μεν, αλλά και ο κασσίτερος – που σε συνδυασμό με το χαλκό δημιουργούσαν το κρατέρωμα – καθώς και ο σίδηρος. Τότε, για τον ανθρώπινο πολιτισμό, είχαν εμφανιστεί και δύο άλλα μέταλλα, τα οποία επιθυμούσε περισσότερο ο άνθρωπος και ήταν πιο πολύτιμα: ο χρυσός και ο άργυρος, τα οποία δεν είχαν εντοπιστεί σε όπλα και εργαλεία, αλλά ήταν ιδανικά για κοσμήματα και πολυτελή εργαλεία. Δεν αποτελούσαν, όμως, τη βασικότερη πρώτη ύλη όπως ο χαλκός. (Τσάιμου, 1997).

Σταδιακά, λοιπόν, γίνεται το πέρασμα στην εποχή του Χαλκού από τη Νεολιθική εποχή τόσο στην ηπειρωτική Ελλάδα και στον πολιτισμό του Αιγαίου. Η εποχή που μεσολαβεί στην ανάμεσα στην Εποχή του Λίθου και την Εποχή του Χαλκού, ονομάζεται «Λιθόχαλκη περίοδος» και κρατά 2-3 αιώνες. Οι τρεις γεωγραφικές περιοχές όπου πρωταγωνίστησε η Εποχή του Χαλκού στην Ελλάδα, ήταν η Κρήτη, οι Κυκλάδες και η ηπειρωτική Ελλάδα. (Τσάιμου, 1997).

Η περίοδος της χαλκοκρατίας στον αρχαίο Ελλαδικό χώρο, λοιπόν, διακρίνεται στις παρακάτω εποχές (Τσάιμου, 1997, σελ. 37-38):

1. Πρωτοκυκλαδική Εποχή του Χαλκού (ΠΚ)

Μεσοκυκλαδική Εποχή του Χαλκού (ΜΚ)

Υστεροκυκλαδική Εποχή του Χαλκού (ΥΚ)

2. Πρωτοελλαδική Εποχή του Χαλκού (ΠΕ)

Μεσοελλαδική Εποχή του Χαλκού (ΜΕ)

Υστεροελλαδική Εποχή του Χαλκού(ΥΕ)

3. Πρωτομινωϊκή Εποχή του Χαλκού (ΠΜ)

Μεσομινωϊκή Εποχή του Χαλκού (ΜΕ)

Υστερομινωϊκή Εποχή του Χαλκού (ΥΕ)

4. Μυκηναϊκή εποχή («Πολύχρυσος Μυκήνη»)

Ο σίδηρος άρχισε να εδραιώνεται στην Ελλάδα, ύστερα από την εποχή του χαλκού που ξεκίνησε στην αρχή της 3<sup>ης</sup> χιλιετίας έως και το τέλος της 2<sup>ης</sup> χιλιετίας. Επομένως, η Εποχή του Σιδήρου ακολουθεί κυρίως, από το 1200-1000 π.Χ. και μετά. (Orykta.gr, χωρίς χρονολογία<sup>β</sup>; Τσαίμου, 1997).

Ο σίδηρος εκτός του ότι πήρε τη θέση του χαλκού στην παραγωγή όπλων και εργαλείων, είναι και η εποχή όπου εξελίσσεται ο πολιτισμός του ανθρώπου. Σε αυτό το σημείο, σημειώνεται ότι από μετεωρίτη προήλθε ο πρώτος σίδηρος που ήρθε σε επαφή με τον άνθρωπο. Ο μυκηναϊκός πολιτισμός το 1200 π.Χ. κατά βάσει καταστράφηκε από το μεταναστευτικό κύμα των λαών, διότι είχαν όπλα από σίδηρο. Με αυτό τον τρόπο, οι λαοί αυτοί έφεραν το νέο μέταλλο στην Ελλάδα. (Τσαίμου, 1997).

Ο αρχαίος Έλληνας δεν άργησε να αντιληφθεί τη δύναμη του σιδήρου και ιδιαίτερα του χάλυβα, σε αντίθεση με το κρατέρωμα, ειδικότερα σε ό,τι αφορά στα γεωργικά εργαλεία και τα όπλα. Σε συνδυασμό με το σίδηρο, οι Έλληνες χρησιμοποιούσαν και το κρατέρωμα, το οποίο έγινε το μέταλλο για πολυτελή και σπάνια αντικείμενα, ενώ τον σίδηρο τον χρησιμοποιούσαν από εκεί και πέρα, για μαζική επεξεργασία και παραγωγή. (Τσαίμου, 1997).

Επισημαίνεται ότι τις πρωταρχικές πληροφορίες για τη μεταλλευτική στην Αρχαία Ελλάδα, τις παρέχουν οι δυο μεγάλοι ποιητές: ο Όμηρος και ο Ησίοδος, μέσα από τα έργα τους. Αυτούς ακολουθούν και άλλοι ποιητές της αρχαιότητας, εμπλουτίζοντας τα στοιχεία περί αρχαιοελληνικής μεταλλευτικής, όπως οι Πausανίας, Διόδωρος (ο Σικελιώτης), Ζήσιμος, Ηρόδοτος,



Θουκυδίδης, Ξενοφών, Αριστοτέλης, Θεόφραστος, Πλούταρχος, κ.λπ. (Orykta.gr, χωρίς χρονολογία<sup>α</sup>).

Πολύ σημαντικό, μεταγενέστερο του Ομήρου, έργο που απεικονίζει την «Ορυκτολογία» της εποχής εκείνης, είναι το «Περί Λίθων» του Θεοφράστου. Σε αυτό περιγράφονται τα τότε γνωστά μέταλλα, γαίες και πετρώματα, καθώς και η υφή, η προέλευση και οι ιδιότητές τους, αποδεικνύοντας τον ιδιαίτερα υψηλό βαθμό της μεταλλευτικής των αρχαίων Ελλήνων. Επίσης, γνωστοποιούνται πολυάριθμα ορυχεία, αλλά και η ανάπτυξη του εμπορίου μετάλλων της εποχής εκείνης. (Orykta.gr, χωρίς χρονολογία<sup>α</sup>).

Οι πιο σπουδαίες περιοχές στον Ελλαδικό χώρο, όπου πραγματοποιούταν η εξορυκτική και η μεταλλευτική δραστηριότητα, είναι η Πίνδος, η Ροδόπη, ο Πάρνωνα, ο Ταΰγετος, η Σκαπτή Ύλη και όλο το όρος Παγγαίο, η Θάσος, η Λαυρεωτική, η Κύθνος, η Σέριφος, η Σίφνος, η Λακωνία, κ.α. (Τσαίμου, 1997).

Τα βασικότερα μέταλλα που εξορύσσονταν ήταν με βάση την περιοχή (Mining Greece, χωρίς χρονολογία<sup>α,β,γ</sup>; Orykta.gr, χωρίς χρονολογία<sup>α</sup>):

- ❖ Σίδηρος: Ροδόπη, Κύθνος, Σέριφος, Λακωνία, Κρήτη, Κύπρος, κ.α.
- ❖ Μαγνητίτης: Σέριφος, Κύπρος
- ❖ Άργυρος και μόλυβδος: Λαύριο, Σίφνος, Δοϊράνη, όρος Δύσωρο (Κρούσια)
- ❖ Χαλκός, χρυσός και άργυρος: Κύπρος, Θάσος, Σίφνος, όρος Παγγαίο, Εύβοια και Χαλκιδική. Η Κύπρος, ιδίως, θεωρούταν η πλουσιότερη σε χαλκό
- ❖ Αμίαντος, γύψος και πολύτιμοι λίθοι: Κύπρος
- ❖ Μόλυβδος και ψευδάργυρος στη Ροδόπη.
- ❖ Θείο, τραχείτης, καολίνης κ.α.: Μήλος,
- ❖ Μάρμαρα: Αττική (Πεντέλη), Θάσος, Νάξος, Πάρος, Χίος, κ.α.
- ❖ Ασβεστόλιθοι και γρανίτες: σε ολόκληρο τον Ελλαδικό χώρο.

Σε αυτό το σημείο αναφέρεται χαρακτηριστικά ότι από τα μεγαλύτερα ορυχεία αποτέλεσαν τα ορυχεία αργύρου του Λαυρίου, τα οποία υποστήριξαν

πολύ την ελληνική πόλη-κράτος της Αθήνας. Παρ' όλο που σε αυτά, εργάζονταν πάνω από 20.000 δούλοι, η τεχνολογία τους ήταν ουσιαστικά παρόμοια με τους προγόνους της Εποχής του Χαλκού (Mining Greece, χωρίς χρονολογία<sup>α</sup>). Σε άλλα ορυχεία, όπως στη Θάσο, έσκαβαν οι Παριανοί, για μάρμαρα μετά τον 7ο αιώνα π.Χ. (Mining Greece, χωρίς χρονολογία<sup>β</sup>). Το μάρμαρο που εξορυσσόταν, αργότερα, βρέθηκε από τους αρχαιολόγους για να είναι χρησιμοποιημένο σε αρχιτεκτονικές κατασκευές, όπως παραδείγματος χάρη σε τάφους αρχαίων Ελλήνων βασιλέων. Ο Φίλιππος Β' της Μακεδονίας, πατέρας του Μεγάλου Αλεξάνδρου, κατέλαβε τα ορυχεία χρυσού στο όρος Παγγαίο το 357 π.Χ., για να χρηματοδοτήσει τις στρατιωτικές του εκστρατείες. Επίσης, κατέλαβε ορυχεία χρυσού στη Θράκη για την κοπή νομισμάτων, τα οποία τελικά παρήγαν 26 τόνους κάθε χρόνο. (Mining Greece, χωρίς χρονολογία<sup>γ</sup>).



**Εικόνα 5. Απεικόνιση σε αρχαιολογικό εύρημα, της εργασίας των δούλων στα μεταλλεία του Λαυρίου**

Πηγή: Orykta.gr, χωρίς χρονολογία<sup>α</sup> (<http://www.orykta.gr/istoria/istoria-ellinikis-metalleias/64-arxaiuellhnikoi-xronoi>)

Κατά την εποχή του Μεγάλου Αλεξάνδρου, ειδικότερα, η ελληνική επικράτεια επεκτάθηκε στην Ανατολή, με αποτέλεσμα την αύξηση του εμπορίου και της μετανάστευσης που είχαν ως συνέπεια, την αισθητή μείωση της μεταλλευτικής δραστηριότητας στον Ελλαδικό χώρο. Την εποχή εκείνη, η μεταλλευτική δραστηριότητα περιορίστηκε στην ευρύτερη περιοχή του όρους Παγγαίου και του Λαυρίου. Ωστόσο, έντονη χαρακτηριζόταν η μεταλλοτεχνία, κυρίως στις περιοχές των Κορίνθου, Δήλου, Χίου, Σάμου, Ρόδου και Κύπρου. Πλέον, η μεταλλευτική άκμαζε, κατά κύριο λόγο, στις αποικίες εκτός ελλαδικού χώρου, π.χ. στη Σινώπη, την Πέργαμο, τις Συρακούσες και στην Ανατολή, με επίκεντρο την Αλεξάνδρεια της Αιγύπτου. (Orykta.gr, χωρίς χρονολογία<sup>α</sup>).

### **3.6.2. Ελλάδα και Κύπρος κατά τη Ρωμαϊκή Αυτοκρατορία**

Οι Ρωμαίοι, όπως προαναφέρθηκε, κατακτούσαν όλες τις περιοχές-χώρες στη Μεσόγειο που διέθεταν πλούτο μεταλλευμάτων. Η ίδια κατάσταση ίσχυε και για την περίπτωση των μεταλλείων και ορυχείων της Ελλάδας, αν και η απόδοσή τους ήταν χαμηλή. Τα ορυχεία του Λαυρίου δεν λειτουργούσαν πια, καθώς ήταν εξαντλημένα τα εξορύσιμα αποθέματά τους, μη ελκύοντας οικονομικό ενδιαφέρον των Ρωμαίων που πλέον, λόγω της Αυτοκρατορίας και των πολυάριθμων κατακτήσεών τους, διέθεταν υπό την κατοχή τους πολλά άλλα, πλουσιότερα ορυχεία προς εκμετάλλευση σε Δύση και Ανατολή. Από την άλλη πλευρά, τα ορυχεία στο Παγγαίο διέθεταν ακόμα περιθώρια εκμετάλλευσης, αν και πλέον εξορύσσονταν μόνο χαλκός και σίδηρος, και όχι πια χρυσός και άργυρος. Επίσης, συνεχίστηκε η εκμετάλλευση των ορυχείων στην Κύπρο. (Orykta.gr, χωρίς χρονολογία<sup>γ</sup>).

Στην ουσία, πέραν των ορυχείων στο Παγγαίο της Μακεδονίας και αυτών στην Κύπρο, διακόπηκε η εκμετάλλευση όλων των υπόλοιπων ορυχείων του Ελλαδικού χώρου. Τόσο επειδή ήταν πλέον φτωχά σε μεταλλεύματα, όσο και επειδή οι Ρωμαίοι προμηθεύονταν μέταλλα από άλλες πλουσιότερες, κατεκτημένες τους, περιοχές όπως η Ιβηρία, η Γαλατία, η

Δακία, η Μικρά Ασία και άλλες περιοχές στην Ανατολή. (Orykta.gr, χωρίς χρονολογία<sup>Υ</sup>).

Έτσι, τα ορυχεία και μεταλλεία στον Ελλαδικό χώρο, ξεκίνησαν να επαναλειτουργούν κατά τον 3ο αιώνα μ.Χ., κυρίως στο Παγγαίο για χρυσό και στη Σέριφο για σίδηρο, εφαρμόζοντας την αρχαιοελληνική μέθοδο. Η περίοδος της Ρωμαϊκής Αυτοκρατορίας στην Ελλάδα επέφερε την παρακμή της στην μεταλλευτική. (Orykta.gr, χωρίς χρονολογία<sup>Υ</sup>).

Ωστόσο, αυτό δεν ίσχυσε για τα λατομεία της Ελλάδας από όπου εξόρυσσαν μάρμαρο, τραχείτη, γρανίτη, ασβεστόλιθους, κ.ο.κ., τα οποία λόγω της υψηλής τους ποιότητας, τα χρησιμοποιούσαν οι Ρωμαίοι για τα έργα γλυπτικής, αρχιτεκτονικής και άλλων τεχνών τους. Κορυφαία όλων ήταν τα λατομεία στην Πεντέλη. (Orykta.gr, χωρίς χρονολογία<sup>Υ</sup>).

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4<sup>ο</sup>

### **4. ΕΞΕΛΙΞΗ ΤΗΣ ΜΕΤΑΛΛΕΥΤΙΚΗΣ ΣΤΟΝ ΜΕΣΑΙΩΝΙΚΟ ΚΑΙ ΑΝΑΓΕΝΝΗΣΙΑΚΟ ΚΟΣΜΟ**

Στην αρχαία εποχή, όπως προαναφέρθηκε, ο άνθρωπος ασχολούταν κατά βάση με επτά μέταλλα: με τον χρυσό, τον χαλκό, τον άργυρο, τον μόλυβδο, τον κασσίτερο, τον σίδηρο και τον υδράργυρο (Healy, 1978). Βέβαια, εκτός από αυτά, στη μάνα γη υπάρχουν και άλλα ορυκτά που ανήκουν στην ομάδα του λευκόχρυσου – PGM (Λευκόχρυσος, Ιρίδιο, Ρουθίνιο, Παλλάδιο, Ρόδιο και Όσμιο), όμως τα συγκεκριμένα δεν τα εκμεταλλεύτηκαν ιδιαίτερα οι άνθρωποι στην αρχαιότητα. Έτσι, μέταλλα που δεν ήταν ευρέως γνωστά, όπως παραδείγματος χάρη το αρσενικό, ο ψευδάργυρος και το αντιμόνιο, η ανακάλυψή τους έγινε γύρω στον 14ο αιώνα μ.Χ. Την ίδια περίοδο, είχαν ήδη ανακαλυφθεί και τα επτά βασικά μέταλλα που προαναφέρθηκαν, γνωστά και ως “επτά μέταλλα της αρχαιότητας”. (Cramb, 2012; Healy, 1978). Μέσα στον 16ο αιώνα, έγινε η ανακάλυψη του λευκόχρυσου (Pt), ενώ τον 18ο αιώνα ανακαλύφθηκαν 12 ακόμη ορυκτά. (Cramb, 2012).

#### **4.1. Ευρώπη**

Η εξόρυξη ως βιομηχανία υπέστη απίστευτες αλλαγές κατά την περίοδο του Μεσαίωνα στην Ευρώπη. Η εξορυκτική βιομηχανία στις αρχές του Μεσαίωνα, επικεντρώθηκε κυρίως στην εξόρυξη χαλκού και σιδήρου. Επίσης, χρησιμοποιήθηκαν και άλλα πολύτιμα μέταλλα, κυρίως για την επιχρύσωση ή το κόψιμο νομισμάτων. Τον 14ο αιώνα, περίπου, η αυξανόμενη χρήση όπλων, πανοπλιών, αλόγων κ.ο.κ., αύξησε κατά πολύ τη ζήτηση του σιδήρου. Οι ιππότες τον Μεσαίωνα, παραδείγματος χάρη, ήταν συχνά φορτωμένοι με έως και 100 λίβρες (45 κιλά) μετάλλου λόγω

πανοπλίας, αλυσίδων, καθώς και οπλικού εξοπλισμού, όπως σπαθιά, λόγχες και άλλου είδους όπλα. Κατ' επέκταση, χαρακτηριζόταν συντριπτική η εξάρτηση από τον σίδηρο για πολεμικούς σκοπούς, γεγονός το οποίο προώθησε τις διαδικασίες παραγωγής και εξόρυξης σιδήρου. (Friedel, 2007).

Η κρίση του αργύρου (ασημιού) το 1465, προέκυψε όταν όλα τα ορυχεία είχαν εξαντληθεί και δεν μπορούσαν πλέον να εξορυχθούν χρησιμοποιώντας τη διαθέσιμη τεχνολογία. Αν και η αυξημένη χρήση τραπεζογραμματίων, πιστωτικών και χάλκινων κερμάτων κατά τη διάρκεια αυτής της περιόδου μείωσε την αξία και την εξάρτηση από πολύτιμα μέταλλα, ο χρυσός και το ασήμι εξακολουθούσαν να κατέχουν ζωτικής σημασίας ρόλο στην ιστορία της εξόρυξης κατά τον Μεσαίωνα. (Internet Archive, 1999).

Κατά την Αναγέννηση, εξαπλώθηκε η αλχημεία. Οι αλχημιστές της Αναγεννησιακής Ευρώπης σχετίζονταν –εκτός των άλλων - και με την εξόρυξη και την παραγωγή μετάλλων και πολύτιμων λίθων. (Tara, 2007). Έτσι, η καθιέρωση της μεταλλευτικής ως επιστήμη έγινε μετά την Αναγέννηση, όταν ξεκίνησε η εξάπλωση και η παραγωγή χυτοσιδήρου μέσω υψικαμίνου, σημειώθηκε πρόοδος στην ανόργανη υδατική χημεία και αναπτύχθηκαν υδρομεταλλευτικές μέθοδοι παραγωγής. Αυτήν την περίοδο, πρωτοξεκίνησε η κατεργασία εξορυγμένου χρυσού με κυανιούχο διάλυμα για την εξαγωγή καθαρού μετάλλου, καθώς και η εφαρμογή της μεθόδου εκχύλισης βωξίτη σε διάλυμα με καυστικό νάτριο (NaOH). (Orykta.gr, χωρίς χρονολογία<sup>β</sup>).

#### **4.1.1. Μεγάλη Βρετανία & Αποικίες**

##### **A. Αγγλία, Γερμανία και Ολλανδία**

Το μεγαλύτερο μέρος της γνώσης των μεσαιωνικών τεχνικών εξόρυξης προέρχεται από βιβλία, εκ των οποίων ίσως το σημαντικότερο αποτελεί το «De Re Metallica» του Agricola (1556/1912). Αυτά τα βιβλία περιγράφουν πολλές διαφορετικές μεθόδους εξόρυξης που χρησιμοποιούνταν στα ορυχεία των Γερμανών και των Σαξώνων. Ένα πρωταρχικό ζήτημα στα ορυχεία του

Μεσαίωνα, το οποίο ο Agricola επεξηγεί λεπτομερώς, ήταν η απομάκρυνση του νερού από τους άξονες εξόρυξης. Καθώς οι ανθρακωρύχοι έσκαβαν βαθύτερα για να έχουν πρόσβαση σε νέες φλέβες, οι πλημμύρες που προέκυπταν, αποτελούσαν ένα μεγάλο εμπόδιο. Η εξορυκτική βιομηχανία έγινε εξαιρετικά πιο αποδοτική και ευημερούσα με την εφεύρεση των μηχανικών αντλιών και αυτών που λειτουργούσαν με τη βοήθεια των ζώων. (Agricola, 1556/1912).

Εξαιτίας των διαφορών στην κοινωνική δομή της κοινωνίας, την περίοδο του Μεσαίωνα, η ολοένα αυξανόμενη εξόρυξη ορυκτών εξαπλώθηκε από την Κεντρική Ευρώπη, στην Αγγλία στα μέσα του 6ου αιώνα. Στη Μεγάλη Βρετανία, τα κοιτάσματα ορυκτών ανήκαν στη Βασίλισσα και αυτό διατηρήθηκε, αν και στην Αγγλία, τα βασιλικά δικαιώματα εξόρυξης περιορίζονταν στον χρυσό και το ασήμι (εκ των οποίων η Αγγλία δεν είχε ιδιαίτερα αποθέματα) με δικαστική απόφαση από το 1568 και με νόμο από το 1688. Η Βρετανία διέθετε κυρίως σίδηρο, ψευδάργυρο, χαλκό, μόλυβδο και κασσίτερο. Επίσης, με την εξόρυξη και τη μεταλλευτική, τη δεδομένη περίοδο, ασχολούνταν και η Γερμανία και η Ολλανδία. (Heaton, 1948/1968).



**Εικόνα 6. Πρώιμη σφυρηλάτηση σιδήρου στην Αγγλία**

Πηγή:[https://en.wikipedia.org/wiki/Economics\\_of\\_English\\_Mining\\_in\\_the\\_Middle\\_Ages#/media/File:Bas\\_fourneau.png](https://en.wikipedia.org/wiki/Economics_of_English_Mining_in_the_Middle_Ages#/media/File:Bas_fourneau.png)

## **B. Βρετανικές Αποικίες στην Ασία: Ινδία, Πακιστάν, Κασμίρ**

Στην Ινδία ξεκίνησε να παράγεται για πρώτη φορά ο καθαρός ψευδάργυρος και μάλιστα, την περίοδο του Μεσαίωνα. (Orykta.gr, χωρίς χρονολογία<sup>β</sup>). Επίσης, κατά τη διάρκεια του 14ου αιώνα, Ευρωπαίοι ερευνητές μελέτησαν την ινδική τεχνολογία χύτευσης και μεταλλευτικής (Mondal, 2004).

Με την έλευση των Mughals, ξεκίνησε η ινδική αυτοκρατορία Mughals (περίπου 1500-1700 μ.Χ.), κατά την οποία βελτιώθηκε περαιτέρω η καθιερωμένη παράδοση στη μεταλλευτική που είχε υιοθετήσει η Ινδία (Gommans, 2002). Μετέπειτα, η ιστορία της μεταλλουργίας στην ευρύτερη περιοχή της Ινδίας, συνεχίστηκε καλά υπό την κατοχή των Άγγλων (Arnold, 2004; Tewari, 2003).

Ωστόσο, οι πολιτικές που εφαρμόστηκαν στην Ινδία, ως βρετανική αποικία, οδήγησαν σε στασιμότητα της προόδου της μεταλλευτικής στην περιοχή (Arnold, 2004). Μετά την Ινδική εξέγερση του 1857, πολλά Ινδικά χαλύβδινα σπαθιά καταστράφηκαν, κατόπιν διαταγής των Βρετανικών Αρχών (Srinivasan & Srinivasa, 2004). Η εξόρυξη και η μεταλλουργία, πλέον, ελέγχονταν και εκμεταλλεύονταν από τους Βρετανούς (Arnold, 2004). Στη συνέχεια, λοιπόν, η μεταλλευτική παρήκμασε καθ' όλη διάρκεια της Βρετανικής Αυτοκρατορίας (Srinivasan & Srinivasa, 2004). Αργότερα, όμως, ξεκίνησε η εκμετάλλευσή τους από Ινδούς και αποικιοκράτες με σκοπό να φτιάξουν στρατούς και να αντισταθούν στην Αγγλία, καθώς ακολούθησε μια περίοδος διαφόρων πολέμων (Arnold, 2004).

Αξιόλογα κατορθώματα στη μεταλλουργία, παρατηρούνται και στο Κασμίρ -ένα τμήμα του ανήκει στην Ινδία, ένα στο Πακιστάν και ένα στην Κίνα, σύμφωνα με τον Στούκα (2018) – αλλά και στη Λαχόρη του Πακιστάν, κατά τη δυναστεία των Mughal (Savage-Smith & Belloli, 1985).



#### **4.1.2. Κεντρική Ευρώπη: Σλοβακία, Ουγγαρία**

Η χρήση της δύναμης του νερού υπό τη μορφή των νερόμυλων, ήταν εκτεταμένη στην κεντρική Ευρώπη. Οι νερόμυλοι χρησιμοποιούνταν για τη σύνθλιψη των μεταλλευμάτων, την άντληση μεταλλευμάτων και τον αερισμό, ο οποίος επιτυγχανόταν μέσω γιγάντιων φυσητήρων. Για πρώτη φορά, χρησιμοποιήθηκε μπαρούτι στην εξόρυξη στο Selmečbánya, στο τότε Βασίλειο της Ουγγαρίας (πλέον, Μπάνσκα Štiavnica της Σλοβακίας), το 1627. Η «μαύρη σκόνη» (μπαρούτι) επέτρεπε την ανατίναξη των βράχων και της γης με σκοπό την αποκάλυψη των φλεβών των μεταλλευμάτων. Η ανατίναξη ήταν πολύ ταχύτερη από ό,τι η χρήση φωτιάς και επέτρεπε την εξόρυξη αδιαπέραστων μέχρι πρότινος μεταλλευμάτων. Το 1762, ιδρύθηκε η πρώτη παγκόσμια Ακαδημία ορυχείων στην ίδια πόλη. (Craddock, 1996; Heiss & Oeggel, 2008).

#### **4.1.3. Ισπανία**

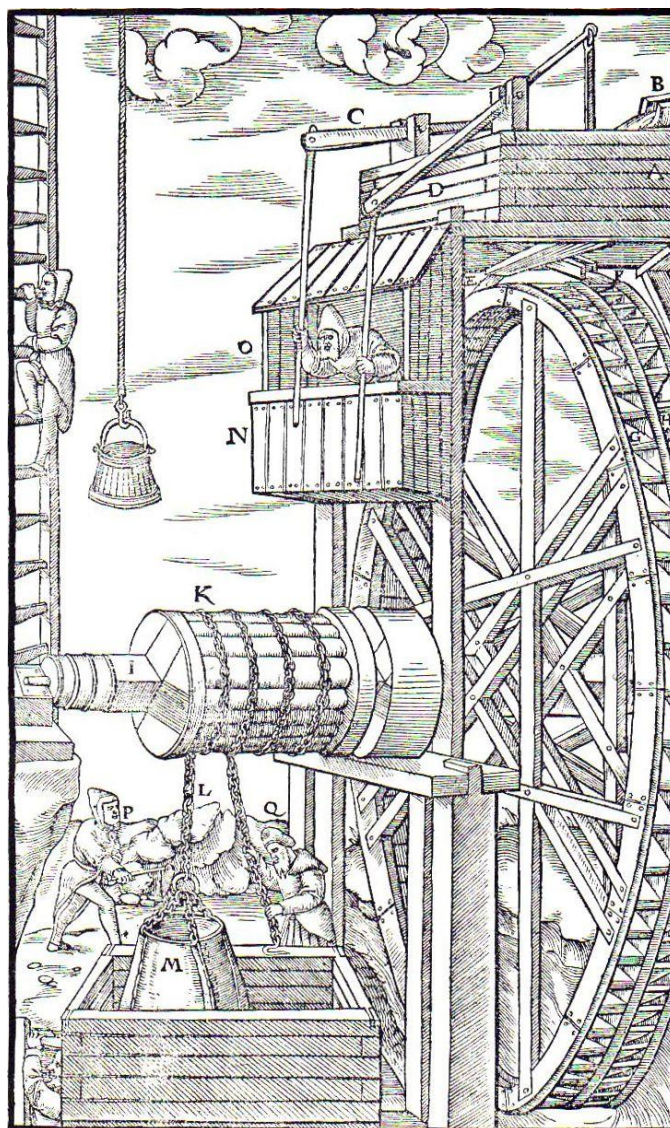
Η ευρεία υιοθέτηση καινοτομιών στην γεωργία και η αυξανόμενη χρήση μετάλλων ως οικοδομικά υλικά, αποτέλεσαν επίσης κινητήρια δύναμη για την τεράστια ανάπτυξη της βιομηχανίας σιδήρου κατά τη διάρκεια αυτής της περιόδου. Εφευρέσεις όπως η «arrastra», χρησιμοποιούνταν συχνά από τους Ισπανούς για να κονιοποιήσουν το μέταλλευμα μετά την εξόρυξη. Αυτή η συσκευή τροφοδοτούταν από ζώα και έκανε χρήση των ίδιων αρχών με αυτές που χρησιμοποιούνταν για το τρίθρωμα σιτηρών. (Young, 1965).

#### **4.1.4. Ιταλία**

Η Ιταλία άκμασε ιδιαιτέρως τον 14ο, 15ο και 16ο αιώνα, διευρύνοντας το εμπόριό της στην Ασία και την Ευρώπη. Η εξόρυξη αργύρου στο Τιρόλο αύξησε τη ροή του χρήματος σε αυτήν. Τα πολυτελή είδη που έφερναν οι

Σταυροφόροι από την Ανατολή, αύξαναν την ευημερία της, ιδίως των πόλεων-κέντρων της, Γένοβα και Βενετία. (Severy et al., 1970).

Κατά τη διάρκεια της Αναγέννησης, εποχή η οποία ταυτίστηκε με την Ιταλία και την άνθισή της, πλήθος στοιχείων για τη μεταλλευτική, η οποία άκμασε, λαμβάνονται από το έργο «De re metallica» (Agricola, 1556/1912), το οποίο καλύπτει επίσης και στοιχεία για τη γεωλογία, την εξόρυξη και τη χημεία (Musson, 1969).



Εικόνα 7. Ένας μηχανισμός θαλάσσιου ανυψωτήρα που χρησιμοποιούταν στα ορυχεία για τα μεταλλεύματα

Πηγή: <https://en.wikipedia.org/wiki/Engineering#/media/File:Agricola1.jpg>

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5<sup>ο</sup>

### **5. ΕΞΕΛΙΞΗ ΤΗΣ ΜΕΤΑΛΛΕΥΤΙΚΗΣ ΣΤΗ ΒΥΖΑΝΤΙΝΗ ΑΥΤΟΚΡΑΤΟΡΙΑ ΚΑΙ ΤΗΝ ΤΟΥΡΚΟΚΡΑΤΙΑ**

#### **5.1. Βυζαντινή Αυτοκρατορία**

Κατά τους βυζαντινούς χρόνους, τα ορυχεία ήταν πολλά και πλούσια. Η σχετική με τη μεταλλευτική νομοθεσία της Βυζαντινής Αυτοκρατορίας διαχωριζόταν στα δυο μέρη, στις περιπτώσεις ατομικής ιδιοκτησίας και εκμετάλλευσης, όπου απέδιδαν οι ιδιοκτήτες φόρους ειδικούς στη διοίκηση, καθώς και στις περιπτώσεις των πλήρως κρατικής εκμετάλλευσης μεταλλείων. Στην ουσία η διοίκηση της Βυζαντινής Αυτοκρατορίας κατείχε ως επί το πλείστον τον έλεγχο των μεταλλείων, καθώς και το μονοπώλιο σε οτιδήποτε εξορυσσόταν. (Orykta.gr, χωρίς χρονολογία<sup>γ</sup>; Σιδέρης, 1977).

Γενικώς, η Αυτοκρατορία εκμεταλλευόταν όλον τον ορυκτό πλούτο των περιοχών τις οποίες κατείχε, αλλά χωρίς να τους παρέχει ιδιαίτερη φροντίδα και εστιάζοντας την προσοχή και το ενδιαφέρον της στα χρησιμότερα μέταλλα, δηλαδή ασήμι, χαλκό, σίδηρο και μόλυβδο και προπάντων, χρυσό για λόγους χλιδής των ανακτόρων, των αυτοκρατόρων και των ευγενών πλουσίων. Στην περίοδο αυτή, ιδίως ο χρυσός και ο άργυρος, ήταν συνυφασμένοι με την κοινωνική θέση και την αξία του ατόμου. Επομένως, όμως, δεν γινόταν πλήρης αξιοποίηση του διαθέσιμου πλούτου σε ορυκτά. (Orykta.gr, χωρίς χρονολογία<sup>γ</sup>; Σιδέρης, 1977).



**Εικόνα 8. Ορυχεία χρυσού κατά τους πρώιμους Βυζαντινούς χρόνους**

Πηγή: Afanas'eva & Ivanov, 2013 (<http://www.medievalists.net/2014/11/unexpected-evidence-concerning-gold-mining-early-byzantium/>)

### **5.1.1. Ελλάδα στο Βυζάντιο**

Κατά τους Βυζαντινούς χρόνους, η ελληνική μεταλλεία που είχε παρακμάσει κατά τη Ρωμαϊκή κατοχή, ξεκίνησε να ανακάμπτει από το 330 π.Χ., χάρη στον Μέγα Κωνσταντίνο. (Orykta.gr, χωρίς χρονολογία<sup>γ</sup>).

Τα βασικότερα Ελληνικά ορυχεία των οποίων γινόταν εκμετάλλευση συστηματική κατά τους Βυζαντινούς χρόνους (Orykta.gr, χωρίς χρονολογία<sup>γ</sup>; Σιδέρης, 1977):

- ❖ Χρυσός: ορυχεία Θράκης και Πόντου
- ❖ Άργυρος: ορυχεία Λαυρίου και Πόντου
- ❖ Χαλκός: ορυχεία Κύπρου

- ❖ Μάρμαρα: ορυχεία Αττικής, Πάρου και Προκοννήσου
- ❖ Θείο: ορυχεία νησιών Αιγαίου, Κύπρου και Μακεδονίας

### 5.1.2. Άλλες Κατεκτημένες Περιοχές του Βυζαντίου

Τα βασικότερα ορυχεία άλλων κατεκτημένων περιοχών των οποίων γινόταν εκμετάλλευση συστηματική κατά τους Βυζαντινούς χρόνους (Orykta.gr, χωρίς χρονολογία<sup>γ</sup>; Σιδέρης, 1977):

- ❖ Χρυσός: ορυχεία Δακίας (σημερινή Ρουμανία), Δαλματίας και Αιγύπτου
- ❖ Άργυρος: ορυχεία Τρανσυλβανίας
- ❖ Χαλκός: ορυχεία Δαλματίας
- ❖ Σίδηρος: ορυχεία Βοσνίας
- ❖ Μόλυβδος: ορυχεία Καππαδοκίας
- ❖ Θείο: ορυχεία Αρμενίας

## 5.2. Οθωμανική Αυτοκρατορία

Η Οθωμανική Αυτοκρατορία, καθ' όλη την επικράτειά της, εκμεταλλευόταν πολυάριθμα μεταλλεία, διοργάνωνε πομπώδεις τελετές όλο μεγαλοπρέπεια σε αυτά και οι σουλτάνοι έδειχναν προσωπικό ενδιαφέρον για τη μεταλλευτική. Ωστόσο, και σε αυτήν την περίοδο, δεν αξιοποιούνταν όλα και πλήρως τα μεταλλεύματα. Οι λόγοι για αυτό, είχαν να κάνουν με το ότι δεν υπήρχαν τα κατάλληλα μέσα και ούτε καλές τεχνικές, αλλά και με το ότι εστιάζονταν παθιασμένα σε συγκεκριμένα μεταλλεύματα προς εξόρυξη. (Orykta.gr, χωρίς χρονολογία<sup>δ</sup>).

Στην ουσία, τα μεταλλεία δεν αξιοποιούνταν συστηματικά και το ενδιαφέρον εστιάζόταν στα βασικά μέταλλα: χρυσός, άργυρος, χαλκός, σίδηρος και μόλυβδος. Τα πολύτιμα μέταλλα και οι πολύτιμοι λίθοι δεν

χρησιμοποιούνταν και σε αυτήν τη χρονική περίοδο, για σκοπούς στολισμού και επίδειξης. Δηλαδή, όπως και κατά τους Βυζαντινούς χρόνους, έτσι και σε αυτήν την περίοδο, ο χρυσός και ο άργυρος κατά κύριο λόγο, μαρτυρούσαν την κοινωνική και οικονομική κατάσταση του ατόμου. (Orykta.gr, χωρίς χρονολογία<sup>δ</sup>).

### **5.2.1. Τουρκία**

Τα πιο βασικά ορυχεία των οποίων γινόταν εκμεταλλευση κατά την Οθωμανική Αυτοκρατορία, στην ευρύτερη περιοχή της σημερινής Τουρκίας παρουσιάζονται παρακάτω, οργανωμένα με βάση τα εξορυσσόμενα μέταλλα (Orykta.gr, χωρίς χρονολογία<sup>δ</sup>):

- ❖ Χρυσός: Άργανε μαντέμ (Κεντρική Μικρά Ασία), Κερασούντα, Ποντοηράκλεια και Μπακίρ μουρεσί (πλησίον Ινέμπολης)
- ❖ Άργυρος: Μπάλι μαντέμ (πλησίον Αδραμύτιου), Λιτζέϊ (πηγές Άλυος), Μουλγάρ μαντέμ (Ταρσός), Κιουμούς χανέ (Αργυρούπολη Πόντου, πλησίον Τραπεζούντας), Άργανε μαντέμ (Κεντρική Μικρά Ασία) και Γκιουμούς μαντέμ (πλησίον Τοκάτης)
- ❖ Χαλκός: Μουλγάρ μαντέμ (Ταρσός), Γκιουμούς μαντέμ (πλησίον Τοκάτης), Κερασούντα και Μπακίρ μουρεσί (πλησίον Ινέμπολης)
- ❖ Μόλυβδος: Μπάλι μαντέμ (πλησίον Αδραμύτιου) και Λιτζέϊ (πηγές Άλυος)
- ❖ Γαιάνθρακες: Ποντοηράκλεια
- ❖ Άλατα: Τούζλα (πλησίον Άγκυρας) και Μπιπλίσ (Ανατολικής Τουρκίας)

### **5.2.2. Ελλάδα υπό τους Οθωμανούς**

Στον Ελλαδικό χώρο, κατά την περίοδο της Οθωμανικής Αυτοκρατορίας, τα ορυχεία στο Λαύριο ήταν ανεκμετάλλευτα, γιατί οι

Οθωμανοί πίστευαν ότι ήταν εξαντλημένα. Ωστόσο, υπολειπούνταν διάφορα μικρού μεγέθους ορυχεία σε περιοχές της Θάσου, της Εύβοιας, της Σίφνου, του Χορτιάτη και της Θράκης, καθώς επίσης εκμεταλλεύονταν με ό τρόπο τα ορυχεία στα Μαντεμοχώρια στη Χαλκιδική, στα επονομαζόμενα «Σιδηροκαύσια» (σημερινά Σιδερόκαψα). (Μεταλλεία Χαλκιδικής, 2013; Orykta.gr, χωρίς χρονολογία<sup>δ</sup>).



**Εικόνα 9. Απεικόνιση σε ευρήματος στα ορυχεία στα επονομαζόμενα «Σιδηροκαύσια» (σημερινά Σιδερόκαψα) στη Χαλκιδική**

Πηγή: Μεταλλεία Χαλκιδικής, 2013 (<https://www.metalleiachalkidikis.gr/metalleia-chalkidikis-metalleftiki-istoria-vyzantinoi-chronoi-tourkokratia.html>)

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6<sup>ο</sup>

### **6. ΕΞΕΛΙΞΗ ΤΗΣ ΜΕΤΑΛΛΕΥΤΙΚΗΣ ΣΤΗΝ ΕΠΟΧΗ ΤΟΥ ΝΕΩΤΕΡΙΣΜΟΥ ΚΑΙ ΤΟΥ ΜΕΤΑΝΕΩΤΕΡΙΣΜΟΥ**

Όπως, προαναφέρθηκε, τον 18ο αιώνα ανακαλύφθηκαν 12 ακόμη ορυκτά, ενώ τον 20ο αιώνα έγινε γνωστό ένα σύνολο από 86 ορυκτά. (Cramb, 2012).

Από την άλλη πλευρά, πριν το 1860, η τιμή του χάλυβα ήταν πολύ ακριβή γιατί ήταν δύσκολη η μαζική παραγωγή του και δυσεύρετη. Η βιομηχανική παραγωγή μαζικής παραγωγής χάλυβα επικεντρωνόταν κυρίως στο Σέφιλντ της Μ. Βρετανίας. Το ίδιο ίσχυε και στην περίπτωση του άνθρακα και άλλων μεταλλευμάτων. Επίσης, χαμηλή ήταν και η ζήτησή τους σε πολλές χώρες, ενώ το κύριο καύσιμό τους ήταν μέχρι τότε το ξύλο, καθώς η βασική ιδέα του αποτελεσματικότερου καύσιμου, του άνθρακα, εισήχθη αργότερα στον κόσμο. (Jung, 2010).

Μετά το 1860, η εφεύρεση του ατμοκινητήρα και των σιδηροδρομικών μεταφορών απέδειξε την απόλυτη υπεροχή του άνθρακα έναντι του ξύλου και ενθάρρυνε την έκρηξη της εξορυκτικής βιομηχανίας. Στην περίπτωση του χάλυβα, η χαλυβουργία άρχισε να ανθίζει. Αργότερα, η εισαγωγή της διαδικασίας Siemens-Martin επέτρεψε τον ευκολότερο και στενότερο έλεγχο της παραγωγής χάλυβα. (Jung, 2010).

Στη συνέχεια, με την πολιτική κάθε χώρας να είναι πολύ φιλική προς την εξορυκτική και μεταλλουργία βιομηχανία, η παραγωγή του χάλυβα και του άνθρακα αυξήθηκε σημαντικά το διάστημα των δεκαετιών 1850-1870. Ο Παγκόσμιος Πόλεμος Α' και ο Β' προκάλεσαν την παραγωγή καυσίμων και χάλυβα, καθώς και την εκτροπή της παραγωγής για στρατιωτική χρήση. Κάθε χώρα αντιμετώπιζε ποικίλες καταστάσεις ενώ παράλληλα, προωθούνταν ο εκσυγχρονισμός, αλλά με πολλές και διάφορες πολιτικές από την κάθε μια. (Jung, 2010).



## 6.1. Αφρική

Η μεταλλευτική βιομηχανία της Αφρικής είναι η μεγαλύτερη βιομηχανία ορυκτών στον κόσμο. Η Αφρική είναι η δεύτερη μεγαλύτερη ήπειρος, με έκταση 30 εκατομμυρίων τετραγωνικών χιλιομέτρων, γεγονός που συνεπάγεται μεγάλες ποσότητες πόρων. Για πολλές αφρικανικές χώρες, η εξερεύνηση και η παραγωγή ορυκτών αποτελούν σημαντικό τμήμα της οικονομίας τους και παραμένουν κομβικές για την οικονομική ανάπτυξη. Η Αφρική είναι πολύ προικισμένη με ορυκτό πλούτο και κατατάσσεται πρώτη ή δεύτερη στα παγκόσμια αποθέματα βωξίτη, κοβαλτίου, βιομηχανικού διαμαντιού, φωσφορικού πετρώματος, μετάλλων της οικογένειας της πλατίνας – PGM - , καθώς και βερμικουλίτη. Η Εταιρεία Εξορύξεων/Μεταλλευτικής και Εξερεύνησης της Κεντρικής Αφρικής (CAMEC), μια από τις πρωτογενείς επιχειρήσεις της Αφρικής που δραστηριοποιούνται στον τομέα της εξόρυξης, επικρίνεται για το δίχως ρυθμιστικό πλαίσιο περιβαλλοντικό της αντίκτυπο και την ελάχιστη κοινωνική εταιρική της ευθύνη. Η CAMEC πώλησε πρόσφατα το 95,4% των μετοχών της στην Eurasian Natural Resources Corporation. Είναι υπό αναδιάρθρωση και δεν εμπορεύεται πλέον με το σήμα CAMEC. (International Business Times, 2010; Laurance, 2009).

## 6.2. Νέα Ζηλανδία

Η εξόρυξη στη Νέα Ζηλανδία ξεκίνησε όταν οι αυτόχθονες Μαορί προχώρησαν στη λατόμευση βράχων, όπως ο αργιλίτης, την εποχή πριν από τον ευρωπαϊκό αποικισμό. Η εξόρυξη των Ευρωπαίων άρχισε στο δεύτερο μισό του 19ου αιώνα. Η Νέα Ζηλανδία διαθέτει άφθονα κοιτάσματα άνθρακα, αργύρου, σιδηρομεταλλεύματος, ασβεστόλιθου και χρυσού. Κατατάσσεται 22η στον κόσμο στην παραγωγή σιδηρομεταλλεύματος και 29η στην παραγωγή χρυσού. Η συνολική αξία της ορυκτής παραγωγής στη Νέα Ζηλανδία ήταν 1,5 δισεκατομμύριο δολάρια το 2006 (εξαιρουμένου του πετρελαίου και του φυσικού αερίου). Τα σημαντικότερα μεταλλικά ορυκτά που παράγονται είναι ο

χρυσός (10,62 τόνοι), ο άργυρος (27,2 τόνοι) και ο τιτανιομαγνητίτης (2,15 εκατομμύρια τόνοι). Μια έκθεση του 2008 υπολόγισε ότι οι ανεκμετάλλευτοι πόροι των επτά βασικών ορυκτών (συμπεριλαμβανομένου του χρυσού, του χαλκού, του σιδήρου και του μολυβδαινίου) ανέρχονταν σε αξία, σε περίπου 140 δισεκατομμύρια δολάρια. (Cumming, 2010; Thompson et al., 1995).

### 6.3. Ιαπωνία

#### *1<sup>η</sup> Περίοδος: 1850-1914*

Πριν από το 1854, η βάση του εθνικού πλούτου της Ιαπωνίας σίγουρα προήλθε από τη γεωργία της. Δεν υπήρχε σχεδόν καμία άλλη σημαντική βιομηχανία στην Ιαπωνία. Ολόκληρη η Ιαπωνία βρισκόταν κάτω από το φεουδαρχικό σύστημα. Στα μέσα του 1850, η κυβέρνηση αναγκάστηκε να ανοιχτεί στο δυτικό εμπόριο και την επιρροή του. Το 1868, η νέα κοινωνική τάξη άλλαξε βασικούς τομείς της Ιαπωνίας. Καθώς ο εθνικισμός και η Δύση προτιμούν την εξουσία να κυριαρχούν στην Ιαπωνία, η "ολιγαρχία" των Meiji, επέβαλλε την ταχεία βιομηχανοποίηση και τον εκσυγχρονισμό της χώρας. Η παραγωγή χάλυβα ξεκίνησε και έγινε μαζική. (Jung, 2010; Nam, 2010).

Το σύστημα μαζικής παραγωγής καθιερώθηκε στη βιομηχανία μεταλλουργίας. Κατά τη διάρκεια αυτής της διαδικασίας, επεκτάθηκε η μεταλλευτική βιομηχανία στην Ιαπωνία. Γενικά, ο άνθρακας ήταν πολύ σημαντικός στην βιομηχανοποίηση. Ο ισχυρός ρυθμός ανάπτυξης της παραγωγής άνθρακα αντιστοιχεί σε έναν εξίσου ισχυρό ρυθμό ανάπτυξης του πληθυσμού των ιαπωνικών πόλεων κατά την περίοδο αυτή. Η κυβέρνηση παρενέβη σε πολλές ιδιωτικές επιχειρήσεις για να τις βοηθήσει να ευδοκιμήσουν και να χρηματοδοτηθούν για την κατασκευή εργοστασίων. (Jung, 2010; Nam, 2010).

Μετά τον πόλεμο με την Κίνα, η Ιαπωνία επιτάχυνε περισσότερο την βιομηχανοποίησή της, και εστίασε στη βαριά βιομηχανία για να τροφοδοτήσει τον στρατό της για ιμπεριαλιστικούς σκοπούς. Αντίστοιχα, η Ιαπωνία ενθάρρυνε τη μεταλλευτική βιομηχανία της. Η χώρα από φεουδαρχική

οικονομία μετατράπηκε σε καπιταλιστική οικονομία. Η δυτικοποίηση παρείχε τον ακρογωνιαίο λίθο για να γίνει η Ιαπωνία η πιο ισχυρή δύναμη στην Ανατολική Ασία. (Jung, 2010; Nam, 2010).

## *2<sup>η</sup> Περίοδος: 1914 - 1945*

Από τα μέσα της δεκαετία του 1890, η ιαπωνική βιομηχανία χάλυβα και η μεταλλευτική δραστηριότητα της χώρας γενικότερα, υπό ταχεία πολιτική δυτικοποίησης, βίωσαν μεγάλες προόδους. Η κυβέρνηση ενθάρρυνε τη βαριά βιομηχανία να ανθίσει και η ιαπωνική χαλυβουργία βρισκόταν στο κέντρο της. Ωστόσο, στην αρχή του 20ου αιώνα η Ιαπωνία έκανε τη μεγάλη επιτυχία. Ο βασικός παράγοντας του απότομου ρυθμού ανάπτυξης της, ήταν ο Α΄ Παγκόσμιος Πόλεμος. Ήταν αλήθεια ότι η Ιαπωνία άρχισε να βιομηχανοποιείται ταχέως σε σύγκριση με τις άλλες χώρες της Ανατολικής Ασίας, αλλά οι συνολικές υποδομές ήταν ακόμη μικρότερες από αυτές των ευρωπαϊκών και αμερικανικών χωρών. (Jung, 2010; Nam, 2010).

Ωστόσο, η κατάσταση άλλαξε με το ξέσπασμα του Α΄ Παγκοσμίου Πολέμου. Κατά τη διάρκεια του πολέμου, οι ευρωπαϊκές χαλυβουργικές εταιρείες που εξήγαγαν σημαντικές ποσότητες προϊόντων στην Ιαπωνία, αναγκαστικά αποσύρθηκαν. Ταυτόχρονα, οι Σύμμαχοι παράγγελλαν ιαπωνικό ατσάλι για πρόσθετη στρατιωτική χρήση. Αυτό αύξησε σημαντικά την εξαγωγή χάλυβα της Ιαπωνίας στη διεθνή αγορά. Δεδομένου ότι δεν υπήρχαν επαρκείς προμήθειες χάλυβα από ξένες χώρες, οι εγχώριες απαιτήσεις είχαν επίσης εκτοξευθεί. Συνολικά, ο Α΄ Παγκόσμιος Πόλεμος έδωσε πολύτιμες ευκαιρίες σε ολόκληρη την ιαπωνική μεταλλουργική βιομηχανία και με ποικίλους τρόπους. (Jung, 2010; Nam, 2010).

Μαζί με τη χαλυβουργία, η βιομηχανία της μεταλλευτικής γενικότερα στην Ιαπωνία επεκτάθηκε σταδιακά. Η δεκαετία του 1930 ήταν μια περίοδος κατά την οποία η Ιαπωνία συνεχίζει την επέκτασή της και τη διαφοροποίηση της με την ανάπτυξη του χάλυβα, των μηχανημάτων και της χημικής βιομηχανίας. Η βαριά βιομηχανία της Ιαπωνίας ξεπέρασε πια όλες τις άλλες βιομηχανίες, και ο αριθμός των εργοστασίων παραγωγής χάλυβα διπλασιάστηκε από εκείνο της δεκαετίας του 1920. Ο αριθμός των

εργαζομένων τετραπλασιάστηκε. Από αυτή την περίοδο, η Ιαπωνία κατέστη αυτάρκης στην παραγωγή προϊόντων χάλυβα. Ο δείκτης παραγωγής προς κατανάλωση ανήλθε σε 103% για τον χάλυβα και 115% για τα προϊόντα χάλυβα. (Jung, 2010).

Κατά τη διάρκεια του Β' Παγκοσμίου πολέμου, η ιαπωνική κυβέρνηση ανάγκασε τη βαριά βιομηχανία της να αφιερώσει σχεδόν όλη την παραγωγή της για να εκπληρώσει τις στρατιωτικές ανάγκες. Εξαιτίας αυτής της πολιτικής, η ιαπωνική χαλυβουργία δεν μπορούσε να παράγει αρκετά για τις μη στρατιωτικές απαιτήσεις. Επιπλέον, δεδομένου ότι οι συμμαχικές δυνάμεις της δημιουργούσαν έντονα εμπόδια στο θαλάσσιο εμπόριο, από το οποίο η αυτοκρατορία εξαρτιόταν σε μεγάλο βαθμό, η ανταπόκριση στη διεθνή ζήτηση περιορίστηκε. Ως αποτέλεσμα, ο κλάδος της μεταλλευτικής της Ιαπωνίας πλήγηκε σοβαρά από τον πόλεμο αυτό. Στο τέλος του πολέμου και με την απελευθέρωση των αποικιών της Νοτιοανατολικής Ασίας, η Ιαπωνία βίωσε σκληρό πληθωρισμό, ελλείμματα και ύφεση. (Jung, 2010).

### *3<sup>η</sup> Περίοδος: 1950+*

Όπως και στην περίπτωση της Γερμανίας, τα έξοδα του πολέμου κατέστρεψαν την ιαπωνική οικονομία. Η ανεργία, ο πληθωρισμός και η φτώχεια σε όλους τους τομείς της Ιαπωνίας, κατέστησαν παράλυτο τον κλάδο της μεταλλευτικής. Ωστόσο, αργότερα και μετά από τη συνδρομή της Αμερικής, ξεκίνησε η ανάκαμψη της Ιαπωνίας. Έτσι, όταν ο πόλεμος της Κορέας ξέσπασε το 1950, η ιαπωνική χαλυβουργία άνθισε και πάλι κυρίως σε ό,τι αφορά το διεθνές εμπόριο όπλων. (Jung, 2010).

## **6.4. ΗΠΑ**

### *1<sup>η</sup> Περίοδος: 1850-1914*

Από το 1850, η αυξημένη παραγωγή ανθρακίτη (λιθάνθρακα) οδήγησε τα αμερικανικά νοικοκυριά να αντικαταστήσουν το ξύλο από αυτό το υψηλότερης ποιότητας καύσιμο. Το μεγαλύτερο μέρος του ανθρακίτη

εξορύχθηκε από τα κοιτάσματα άνθρακα της Βορειοανατολικής Πενσυλβανίας και του Οχάιο. Αργότερα και η Δυτική Βιρτζίνια άρχισε να συνεισφέρει στην εξορυκτική βιομηχανία. Μετά την εφεύρεση και την εισαγωγή των προϊόντων της εκβιομηχάνισης, όπως οι σιδηρόδρομοι και οι διαδικασίες παραγωγής με τη χρήση ηλεκτρικής ενέργειας, η ανάγκη για ασφαλώδη άνθρακα (μαλακό κάρβουνο) παρουσιάστηκε επίσης στο εσωτερικό της χώρας. Ο αριθμός των επιχειρήσεων που ήταν πρόθυμες να εξορύξουν ασφαλώδη άνθρακα αυξανόταν συνεχώς. Ως αποτέλεσμα, η συνολική παραγωγή άνθρακα στην ΗΠΑ αυξήθηκε σημαντικά από το 1850 έως το 1890 και κορυφώθηκε το 1918, φτάνοντας τα 680 εκατομμύρια τόνους. Με τη βιομηχανοποίηση της διαδικασίας εξόρυξης στις αρχές της δεκαετίας του 1900, η παραγωγή άνθρακα των Ηνωμένων Πολιτειών σηματοδότησε τη μοναδική θέση του στον κόσμο. (Jung, 2010).

Με την ανάπτυξη της βιομηχανίας εξόρυξης άνθρακα, η αμερικανική παραγωγή χάλυβα, επίσης αυξήθηκε, από 380.000 τόνους το 1875 σε 60 εκατομμύρια τόνους το 1920. Με τη μαζική εξαγωγή χάλυβα, την αξιόπιστη τεχνική, την προστατευτική τιμολογιακή πολιτική του και την επέκταση των αστικών υποδομών, οι ΗΠΑ πέτυχαν από το 1870 έως το 1913 ετήσιους ρυθμούς ανάπτυξης πάνω από 7%, τους υψηλότερους στον κόσμο. Ειδικά στην περίπτωση του χάλυβα, ήταν ευκολότερο για την Αμερική να γίνει το κέντρο της παραγωγής, δεδομένου ότι τα εδάφη που περιέχουν μεγάλη ποσότητα σιδηρομεταλλεύματος βρίσκονται πολύ κοντά στις πόλεις της Ανατολικής Ακτής τους – πόλεις τεράστιες και πυκνοκατοικημένες. Η έλλειψη εγχώριου εργατικού δυναμικού αναπληρώθηκε από μετανάστες εργάτες από τη Βρετανία, τη Γερμανία και τις χώρες της Ανατολικής Ευρώπης. Η αμερικανική παραγωγή χάλυβα ξεπέρασε τελικά εκείνη της Βρετανίας το 1889. (Jung, 2010).

Το 1901, η U.S Steel Corporation ιδρύθηκε από τον J.P Morgan, συγχωνεύοντας την Carnegie Steel Company, του Άντριου Κάρνεγκι με κάποιες άλλες μεγάλες εταιρείες παραγωγής χάλυβα στις Ηνωμένες Πολιτείες. Από την ίδρυσή της, η U.S Steel ήταν η μεγαλύτερη παραγωγός χάλυβα παγκοσμίως, μεγαλύτερη από κάθε ευρωπαϊκή εταιρεία, ενώ συγχρόνως ήταν και η μεγαλύτερη εταιρεία γενικότερα, εκείνη την εποχή. Η εταιρεία κατέκτησε

το 67% της συνολικής παραγωγής χάλυβα στις ΗΠΑ και το 30% της συνολικής παγκόσμιας παραγωγής μόλις το πρώτο έτος λειτουργίας της. Το 1911, το μερίδιο της U.S Steel στην αμερικανική εξαγωγική βιομηχανία ανά υπερέβη το 50%. Η εταιρεία ήταν ο μεγαλύτερος όμιλος μεταλλείων και χαλυβουργιών στον κόσμο. (Jung, 2010).

Τέλος, οι βιομηχανίες χαλυβουργίας και παραγωγής άνθρακα στις Ηνωμένες Πολιτείες πριν από τον Α' Παγκόσμιο Πόλεμο ήταν υπερβολικά μεγάλες. Εξαιτίας των τεράστιων αποθεμάτων που είχε στη διάθεσή της, αλλά και το πλεονέκτημα της τοποθεσίας όπου βρίσκονταν αυτά, η αμερικανική χαλυβουργία και μεταλλεία αναπτύχθηκε πιο γρήγορα απ' ό,τι οποιαδήποτε άλλη στον κόσμο. (Jung, 2010).

## *2<sup>η</sup> Περίοδος: 1914 - 1945*

Για να ανταπεξέλθουν στις στρατιωτικές τους ανάγκες για τον Πρώτο Παγκόσμιο Πόλεμο, οι ευρωπαϊκές χώρες χρειάζονταν απεγνωσμένα την εισαγωγή επιπλέον καυσίμων και χάλυβα. Δράττοντας αυτή την ευκαιρία, οι Ηνωμένες Πολιτείες πρωταγωνίστησαν χωρίς αμφιβολία στο διεθνές εμπόριο άνθρακα και χάλυβα. Κατά τη διάρκεια του Α' Παγκοσμίου Πολέμου, η ετήσια παραγωγή χάλυβα και άνθρακα στις ΗΠΑ, υπερέβη τη συνδυασμένη παραγωγή όλων των γερμανικών και αυστρο-ουγγρικών εταιρειών. Σε εκείνη την περίοδο, οι επιχειρήσεις σιδήρου και χάλυβα στις Η.Π.Α. μεγιστοποίησαν την ετήσια παραγωγή τους. Η απασχόληση γνώρισε αντίστοιχη άνθιση. (Jung, 2010).

Μετά τον πόλεμο, σημειώθηκε προσωρινή μείωση της παραγωγής. Δεν υπήρχε πλέον μαζική ζήτηση για στρατιωτικό εξοπλισμό. Ωστόσο, για επτά χρόνια μετά τον Α' Παγκόσμιο Πόλεμο, οι ευρωπαϊκές χώρες εισήγαγαν σταθερά το χάλυβα και τον άνθρακα των ΗΠΑ προκειμένου να αποκαταστήσουν κατεστραμμένες πόλεις, εγκαταστάσεις και υποδομές. Η συνεχώς αυξανόμενη τεχνολογική πρόοδος των ΗΠΑ στη μεταλλουργία και την εξόρυξη ξεπέρασε αυτή κάθε άλλου έθνους στον κόσμο. Ακόμα και μεγάλος αριθμός σχετικών εγκαταστάσεων στην Ευρώπη, αλλά και σε άλλες ηπείρους ήταν υπό την κυριότητα Αμερικανών. (Jung, 2010).

Ωστόσο, οι Η.Π.Α. ήλθαν σύντομα αντιμέτωπες με μια αποτελμάτωση από τις χειρότερες στη σύγχρονη ιστορία. Εντελώς απρόοπτα, το αμερικανικό χρηματιστήριο συνετρίβη στο Κραχ του 1929, οι χρηματοδοτικές ροές πάγωσαν και οι ξένες επενδύσεις έφυγαν από την αμερικανική αγορά. Η ζημιά στη συνολική βιομηχανική παραγωγή των ΗΠΑ ήταν πρακτικώς ανυπολόγιστη, και η παραγωγή άνθρακα και χάλυβα μειώθηκε σημαντικά. Έφτασε στο κατώτατο σημείο της το χειμώνα του 1932-33. (Jung, 2010).

Μετά το 1933, η κατάσταση έγινε και πάλι ευνοϊκή. Η ανάκαμψη από τη Μεγάλη Ύφεση ήταν γρήγορη και αποτελεσματική. Η άνθιση, εκ νέου, της μεταλλευτικής και εξορυκτικής βιομηχανίας συνοδεύτηκε από την τάση για εκμηχανισμό του ευρωπαϊκού, ασιατικού και αμερικανικού κόσμου κι αυτό αύξησε τις απαιτήσεις σε καύσιμα και χάλυβα. Στο κέντρο της τάσης αυτής, υπήρχε η ανάγκη για στρατιωτικό εκμηχανισμό: άρματα μάχης και αεριωθούμενα. Οι ευρωπαϊκές και ασιατικές χώρες εισήγαγαν σημαντική ποσότητα άνθρακα και χάλυβα από την Αμερική. Οι ΗΠΑ έγιναν ξανά το παγκόσμιο κέντρο παραγωγής και εξαγωγής χάλυβα. Όταν ξεκίνησε ο Δεύτερος Παγκόσμιος Πόλεμος το 1939, η εξαγωγή χάλυβα και οπλικών συστημάτων από τις ΗΠΑ αυξήθηκε εντυπωσιακά. (Jung, 2010).

### *3<sup>η</sup> Περίοδος: 1950+*

Ο Β 'Παγκόσμιος Πόλεμος έκανε τις ΗΠΑ την ισχυρότερη δύναμη στον κόσμο. Για να διατηρήσουν τη θέση τους ως παγκόσμιας ηγετικής δύναμης οι ΗΠΑ, οι εγχώριες βιομηχανίες χάλυβα και εξόρυξης συνέχισαν να κρατούν την παραγωγή τους σε δυσθεώρητα επίπεδα. Η Αμερική διατήρησε ταχείς ρυθμούς ανάπτυξης και διαφύλαξε τη θέση της ως μαζικός εισαγωγέας αλλά και εξαγωγέας καυσίμων και χάλυβα. (Jung, 2010).



Εικόνα 10. Διαφημιστική αφίσα για την ενίσχυση της εξόρυξης άνθρακα κατά τον Α' παγκόσμιο Πόλεμο

Πηγή: <https://www.worldwar1centennial.org/index.php/educate/places/why-commemorate.html>



## 6.5. Ευρώπη

Η ευρωπαϊκή μεταλλευτική βιομηχανία έχει μακρά παράδοση, αλλά σήμερα είναι επίσης μεταξύ των πιο σύγχρονων και πιο καινοτόμων βιομηχανικών τομέων της ηπείρου. Η ανακάλυψη νέων κοιτασμάτων, ορυκτών και μεταλλευμάτων απαιτούν μεγάλη έμφαση στην έρευνα και την ανάπτυξη. Η εξερεύνηση, η εξόρυξη και η εκμετάλλευση των ορυχείων υποστηρίζονται πλέον από τεχνολογίες υψηλού επιπέδου. Ο κλάδος προωθεί επίσης την πρόοδο στους τομείς της προστασίας του περιβάλλοντος, της υγείας και της ασφάλειας. (Euromines, χωρίς χρονολογία).

Η ευρωπαϊκή μεταλλευτική βιομηχανία είναι θεμελιώδης για την οικονομική ευημερία της ηπείρου. Η κατανάλωση αδρανών υλικών, βιομηχανικών ορυκτών και μετάλλων στην Ευρώπη αυξήθηκε ραγδαία κατά την τελευταία δεκαετία. Σήμερα, η Ευρώπη είναι σχεδόν αυτάρκης στην παραγωγή πολλών βιομηχανικών ορυκτών και αδρανών υλικών. Ωστόσο, είναι και πολύ μεγάλος εισαγωγέας των περισσότερων μετάλλων και μεταλλευμάτων. (Euromines, χωρίς χρονολογία).

Η Ευρώπη είναι πλούσια σε φυσικούς πόρους και η εξόρυξη και η προμήθεια ορυκτών εξακολουθεί να διαδραματίζει κρίσιμο ρόλο στην ευρωπαϊκή οικονομία και την κοινωνία, όπως έχει κάνει εδώ και χιλιάδες χρόνια. Τα ορυκτά χρησιμοποιούνται στην καθημερινή ζωή ως υλικά κατασκευής (θρυμματισμένα πετρώματα, άμμος και χαλίκι) για έργα υποδομής, κτίρια και δρόμους, καθώς και για βιομηχανικούς σκοπούς (π.χ. μέταλλα, ασβέστης, καολίνη, πυριτική άμμος, τάλκης) στην παραγωγή χάλυβα, αυτοκινήτων, υπολογιστών, φαρμάκων, λιπασμάτων και τροφίμων για ανθρώπους και ζώα, για να αναφέρουμε μόνο μερικές βασικές εφαρμογές. (Euromines, χωρίς χρονολογία).

Κατά τον 20<sup>ο</sup> και τον 21<sup>ο</sup> αιώνα, ο κλάδος της μεταλλευτικής στην Ευρώπη σηματοδεύτηκε από τις ανατροπές και τις εξελίξεις λόγω της επιρροής των Βαλκανικών πολέμων (1912-13), αλλά κυρίως του Α' και Β' Παγκοσμίου Πολέμου, καθώς και του ξεσπάσματος της διεθνούς χρηματοοικονομικής κρίσης. Γενικότερα, ωστόσο, στον σύγχρονο κόσμο, η διεθνής ζήτηση για

μέταλλα αυξήθηκε δραματικά σε σχέση με τον προηγούμενο καιρό. (Orykta.gr, χωρίς χρονολογία<sup>ζ</sup>; Orykta.gr, χωρίς χρονολογία<sup>η</sup>).



**Εικόνα 11. Εργάτης σε ορυχείο που κρατά γέωφωνο για την ανίχνευση εχθρού κατά τον Α' παγκόσμιο Πόλεμο**

Πηγή: <http://www.ddoughty.com/ww1-miners.html>

## 20<sup>ος</sup> Αιώνας

Η περίοδος 1926 – 1960, σημαδεύτηκε από το “κραχ” του 1929-1930 και την Κατοχή λόγω των Παγκοσμίων Πολέμων, οι οποίοι είχαν πολύ μεγάλο, αρνητικό τίμημα. Στα κρίσιμα χρόνια μετά την Κατοχή, ωστόσο, τα κράτη της Ευρώπης ανασυντάσσονταν και ανέπτυσαν στενές σχέσεις με συμμάχους που έκαναν από τον πόλεμο, π.χ. τις ΗΠΑ στην περίπτωση των Συμμάχων Κρατών κατά του μετώπου της Γερμανίας και της Ιαπωνίας (Orykta.gr, χωρίς χρονολογία<sup>ζ</sup>).

Μετέπειτα, με το ξεκίνημα της δεκαετίας του 1980, ξεκινά και μια εποχή κρίσης. Προβλήματα παρουσιάστηκαν στον κλάδο της μεταλλευτικής τη δεκαετία του 1980 και κληροδοτήθηκαν και στην επόμενη δεκαετία, κυρίως στο πρώτο μισό της. Έτσι, οι διεθνείς τιμές παραμένουν χαμηλές και για τα μεταλλευτικά και για τα μεταλλουργικά προϊόντα, ενώ κάποιες χώρες εκτός Ευρώπης (π.χ. Κίνα) εξακολουθούν και διαθέτουν μεταλλεύματα επιθετικά και στην ευρωπαϊκή αγορά, σε τιμές αθέμιτα χαμηλότερες απ' τις κανονικές, αλλά και χώρες του τρίτου κόσμου που, μάλιστα, υποστηρίζονται κιόλας από κοινοτικούς πόρους. Ωστόσο, η “κοινοτική συμπαράσταση” δεν επιτρέπεται για όσα μεταλλευτικά προϊόντα παράγονται στις χώρες-μέλη της Ευρώπης. Έτσι, επέρχεται ζημιώνεται ο κλάδος στην Ευρώπη. (Orykta.gr, χωρίς χρονολογία<sup>ζ</sup>).

## 21<sup>ος</sup> Αιώνας

Το διάστημα 2000–2009, σε διεθνές επίπεδο, οι πρώτες ύλες βρίσκονται σε μεγάλη ζήτηση και, ανάλογα, διαμορφώνονται προς τα πάνω και οι τιμές τους. Η παγκόσμια οικονομία ανακάμπτει και αναδεικνύει σε ζωτικής σημασίας το κεφάλαιο “πρώτες ύλες”. Μέχρι το 2007, ενέργεια, φυσικοί πόροι και μέταλλα βασικά για τη βιομηχανία, όπως ο σίδηρος, ο χαλκός, το αλουμίνιο, το νικέλιο και άλλα, βρίσκονται σε αυξανόμενη έως και ραγδαία ζήτηση και οι τιμές τους αγγίζουν ιστορικά υψηλά επίπεδα. Έτσι, επηρεάζεται θετικά και η μεταλλευτική δραστηριότητα στην Ευρώπη. (Orykta.gr, χωρίς χρονολογία<sup>η</sup>).

Ωστόσο, στον αντίποδα των θετικών στοιχείων, η τόσο υψηλή ζήτηση προκαλεί και αρνητικές συνέπειες στο διεθνές οικονομικό περιβάλλον. Το αυξανόμενο κόστος πρώτων υλών και ενέργειας συμπαρασύρει προς τα πάνω και πολλά άλλα συναρτώμενα κόστη, όπως για παράδειγμα, το κόστος των θαλάσσιων μεταφορών, αλλά και της ίδιας της εξόρυξης των πρώτων υλών. Το αποτέλεσμα είναι η διεθνής χρηματοπιστωτική κρίση που ξεκινά το 2008 και η αναστάτωση που ακολουθεί, να δίνουν τέλος στην περίοδο ευφορίας που είχε προηγηθεί. Έτσι, η ευρωπαϊκή ανάπτυξη πληγώνεται σοβαρά, επομένως και η μεταλλευτική. (Orykta.gr, χωρίς χρονολογία<sup>η</sup>).

Ωστόσο, το διάστημα 2010–2012, η Ευρωπαϊκή οικονομία επιχειρεί την ανάπτυξη της και την οριστική έξοδο από το τέλμα του 2009. Η ζήτηση στον τομέα των πρώτων υλών αυξάνεται και συνεπώς, επέρχεται η άνοδος των τιμών τους καθ' όλο το διάστημα 2010-2011. (Orykta.gr, χωρίς χρονολογία<sup>η</sup>).

Το 2012 όμως, η κατάσταση στην Ευρώπη δεν εξελίσσεται καλά: η κρίση έχει επεκταθεί πλέον σε βιομηχανικά κράτη, όπως η Ιταλία και η Ισπανία και άλλα ακόμη μοιάζουν να βρίσκονται μπροστά στον κίνδυνο ύφεσης ή έστω στασιμότητας. Ωστόσο, και η γενικότερη διεθνώς συγκυρία δεν είναι ευνοϊκή για τον τομέα των πρώτων υλών, με αποτέλεσμα την κάμψη της ζήτησης και τη μείωση των τιμών. (Orykta.gr, χωρίς χρονολογία<sup>η</sup>).

### **6.5.1. Γερμανία – Πρωσία – Αυστρία - Ουγγαρία**

Σύμφωνα με τον Jung (2010), μπορούν να διακριθούν οι παρακάτω χρονικές περίοδοι της ιστορικής εξέλιξης της Γερμανίας στον κλάδο της μεταλλευτικής.

#### *1<sup>η</sup> Περίοδος 1850 - 1914*

Κατά την έναρξη της βιομηχανικής επανάστασης, η Γερμανία άρχισε να βιομηχανοποιείται με αποτέλεσμα, πολλές επιχειρήσεις στον κλάδο της μεταλλευτικής να υποστηρίζονται ή να ιδρύονται από τη γερμανική κυβέρνηση. Με την πάροδο του χρόνου, αυτές οι βιομηχανικές μονάδες αυξήθηκαν και ευημερούσαν με την παράλληλα υποστήριξη της Πρωσίας και άλλων γερμανικών κρατιδίων. Έτσι, η βιομηχανία σιδήρου και χάλυβα άνθισε γρήγορα. Το ενδιαφέρον εστιάστηκε στον πρωτογενή τομέα και μεταφέρθηκε σταδιακά στη βαριά βιομηχανία και στην μαζική εξόρυξη άνθρακα και παραγωγή χάλυβα, μεταξύ των άλλων. (Fulbroock, 1990; Jung, 2010).

Από το 1890 έως το 1900, η Γερμανία ξεκίνησε την αυτοκρατορία της, κάνοντας συμμαχία με την Αυστρία, την Ουγγαρία και την Ιταλία. Από την άλλη πλευρά, το διάστημα 1850-1880, βασικές περιοχές με μεταλλευτική δραστηριότητα αποτελούν οι περιοχές Ρουρ και Σαάρ, οι οποίες μετέπειτα

έγιναν η βάση για τους παγκόσμιους πολέμους στους οποίους προέβηκε η χώρα. (Fulbroock, 1990; Jung, 2010).

Από το 1880 μέχρι και την παραμονή του Α' Παγκοσμίου πολέμου (1914), η συμμαχία αυτή ανέπτυξε την πολιτική, οικονομική και στρατιωτική δύναμή της. Κατά τη διάρκεια αυτής της περιόδου, η Γερμανία διέυρνε τη βιομηχανία και τον κλάδο της μεταλλευτικής της γενικότερα. Ο χάλυβας παράγεται για πολιτική χρήση, καθώς και για την παραγωγή όπλων και την επέκταση του Ναυτικού, εξυπηρετώντας έτσι τη στρατιωτικοποίηση. (Fulbroock, 1990; Jung, 2010).

## *2<sup>η</sup> Περίοδος 1914-1945*

Κατά τη διάρκεια του Α' Παγκοσμίου Πολέμου, η κατάσταση έγινε σκληρή για τη Γερμανία. Ο πόλεμος με τα χαρακώματα εξαντλούσαν τους Γερμανούς και τις μεγάλες βιομηχανίες. Η έλλειψη εργασίας έκανε σοβαρές ζημιές στην παραγωγή άνθρακα και χάλυβα. Η γερμανική αυτοκρατορία κατέρρευσε στο εγγύς τέλος του πολέμου το 1918, και μετά τον πόλεμο η Γερμανία είχε το καθήκον να καταβάλει τεράστιες αποζημιώσεις σε άλλες ευρωπαϊκές χώρες. Η ύφεση αυτή σχεδόν σε κάθε μέρος της βιομηχανίας της, διήρκεσε στη Γερμανία πάνω από 10 χρόνια μετά τον Α' Παγκόσμιο Πόλεμο. Η χαλυβουργία και η μεταλλευτική γενικότερα, δεν αποτελούσαν εξαίρεση. (Fulbroock, 1990; Jung, 2010).

Το 1933, η κυβέρνηση των Ναζί άρχισε να κάνει τη γερμανική βιομηχανία να στηρίζει την πολιτική της για τη μελλοντική στρατιωτική κατάκτηση. Ο Χίτλερ υποστήριξε οικονομικές διευθετήσεις που σχεδιάστηκαν για να επεκτείνουν την επιρροή της Γερμανίας στη Νοτιοανατολική και Ανατολική Ευρώπη. Επίσης, από 1936, η κυβέρνηση των Ναζί ξεκίνησε τετραετές σχέδιο για την προετοιμασία του πολέμου. Η χαλυβουργία για στρατιωτική ενίσχυση ήταν στο επίκεντρο αυτού του σχεδίου, αν και η Γερμανία διατήρησε πολιτική ειρήνης μέχρι την παραμονή του Β' Παγκοσμίου Πολέμου. (Fulbroock, 1990; Jung, 2010).



**Εικόνα 12. Γερμανοί εργάτες σε ορυχείο κατά τον Α' Παγκόσμιο Πόλεμο**

Πηγή: <http://www.ddoughty.com/ww1-miners.html>

Στην περίπτωση του σιδηρομεταλλεύματος, η Γερμανία εισήγαγε τεράστιες ποσότητες από τη Σουηδία. Στην πραγματικότητα, η εγχώρια παραγωγή της Γερμανίας αποτελούσε ένα σχετικά μικρό μερίδιο της κατανάλωσης σιδηρομεταλλεύματος. (Jung, 2010).

Το 1939, η Γερμανία εισέβαλε στην Πολωνία και με αυτή την πράξη ξεκίνησε ο Β' Παγκόσμιος Πόλεμος. Για τις εξορυκτικές εταιρείες της Γερμανίας, αυτός ο πόλεμος επέφερε πολύ αυξημένη ζήτηση σε αρκετά

καύσιμα. Το κλειδί της νίκης στις μάχες ήταν η ποσότητα των μηχανοκίνητων στρατευμάτων, και η Γερμανία επιτάχυνε την παραγωγή χάλυβα ακόμη περισσότερο. (Fulbrook, 1990; Jung, 2010).

Τελικά, ο Β' Παγκόσμιος Πόλεμος ήταν άλλη μια δοκιμασία για τη Γερμανία. Τα γερμανικά στρατεύματα απέτυχαν να νικήσουν κάποιες χώρες και για τον λόγο αυτό, σε μεταγενέστερα στάδια του πολέμου, η Γερμανία έπρεπε να πολεμήσει σε διάφορα μέτωπα ταυτόχρονα. Έτσι, με την πάροδο του χρόνου, η Γερμανία σταδιακά εξαντλήθηκε. Επίσης, στο τέλος του πολέμου, πολλά εργοστάσια παραγωγής άνθρακα και χάλυβα καταστράφηκαν από τον βομβαρδισμό των Συμμάχων. (Fulbrook, 1990; Jung, 2010).



**Εικόνα 13. Χρήση μηχανήματος σε ορυχείο κατά τον Β' παγκόσμιο Πόλεμο**

Πηγή: <http://honesthistory.net.au/wp/coal-miners-during-world-war-ii/>

### 3η Περίοδος: 1946+

Μετά την ήττα της στο Β' Παγκόσμιο Πόλεμο, η Γερμανία διαιρέθηκε σε 4 ζώνες: τη Σοβιετική, την Αμερικάνικη, τη Βρετανική και τη Γαλλική. Η Δυτική Γερμανία ανακατασκευάστηκε το 1947 μέσω του σχεδίου Μάρσαλ. Το έργο συνέβαλε επίσης στην επανεμφάνιση της βιομηχανίας ορυχείων και χάλυβα στη Γερμανία. Ωστόσο, χρειάστηκαν πολύς χρόνος και προσπάθειες για την ανάκτηση του επιπέδου της παραγωγής του 1940. (Fulbrook, 1990; Jung, 2010).

### 6.5.2. Ελλάδα

#### 19<sup>ος</sup> Αιώνας

Από το 1830 και την υπογραφή από Αγγλία, Γαλλία και Ρωσία του Πρωτοκόλλου του Λονδίνου, την πρώτη διεθνή διπλωματική πράξη που αναγνώριζε ανεξάρτητη κρατική υπόσταση στην Ελλάδα, πέρασαν 31 χρόνια μέχρι να προκύψει η πρώτη ουσιαστική και κάπως συστηματικότερη εκμετάλλευση του μεταλλευτικού πλούτου της χώρας. Το νομοθετικό πλαίσιο για αυτή τη νέα προσπάθεια έδωσε ο νόμος “Περί μεταλλείων”, του 1861. (Orykta.gr, χωρίς χρονολογία<sup>ε</sup>).

Η απουσία υψικαμίνων, αλλά και της απαραίτητης καύσιμης ύλης για τη χρήση τους (αποκλειστικά λιθάνθρακες εκείνη την εποχή), ανάγκαζε τις τότε μεταλλευτικές εταιρείες να προωθούν σχεδόν όλη την παραγωγή τους στο εξωτερικό. Μεταξύ άλλων, ήταν και η πάρα πολύ χαμηλή εσωτερική ζήτηση αυτή που αποθάρρυνε τη δημιουργία δαπανηρών υψικαμίνων στη χώρα. Επίσης, ενώ τα ελληνικά μάρμαρα ήταν περιζήτητα και εντός Ελλάδας, λίγο πριν μπει ο 20ος αιώνας, οι εσωτερικές ανάγκες π.χ. σε χυτοσίδηρο δεν ξεπερνούσαν τους 2.000 τόνους. (Orykta.gr, χωρίς χρονολογία<sup>ε</sup>).

#### 20<sup>ος</sup> Αιώνας

Στις αρχές του 20ου αιώνα, η Ελλάδα, μετά τη συμφωνία του 1881, έφτανε μέχρι τη Θεσσαλία -πλην Ελλασόνας – ενώ η Ήπειρος, εκτός από την



επαρχία της Άρτας, παρέμενε υπό την οθωμανική αυτοκρατορία. Στο επίκεντρο της μεταλλευτικής δραστηριότητας βρισκόταν η Λαυρεωτική, που θα μπορούσε να έχει εξελιχθεί ως κόμβος ανάπτυξης σε πολύ μεγαλύτερο βαθμό. Δυστυχώς, μέχρι και το 1952, η χώρα, παρότι προσέθεσε εκτάσεις και πληθυσμό, ταλανίστηκε και από σχεδόν συνεχείς συγκρούσεις, πολεμικές και εμφύλιες, ενώ και το πολιτικό σκηνικό έμοιαζε να βρίσκεται σε μόνιμη αναταραχή. Η μεταλλεία, δραστηριότητα πολύ ευαίσθητη σε τέτοιου είδους αβεβαιότητες, δεν έβρισκε χώρο να αναπτυχθεί πραγματικά. (Orykta.gr, χωρίς χρονολογία<sup>7</sup>).

Σε γενικές γραμμές, ο τομέας της μεταλλείας στην Ελλάδα στο πλαίσιο του 20ου αιώνα μπορεί να διαιρεθεί στις παρακάτω χρονικές περιόδους (Orykta.gr, χωρίς χρονολογία<sup>7</sup>).

#### *1η Περίοδος: 1901 – 1925*

Το σκηνικό του προηγούμενου αιώνα κυριάρχησε σ' αυτή την πρώτη 25ετία. Με δεδομένο ότι μονάδες επεξεργασίας δεν υπήρχαν, ούτε καν για λιώσιμο των μετάλλων, οι επιχειρήσεις μεταλλείας προτιμούσαν να δραστηριοποιούνται στην εξόρυξη και εμπορία φυσικών μεταλλευμάτων. Αυτές οι πολύτιμες πρώτες ύλες, αφού δεν τύγγαναν εκμετάλλευσης εδώ, έφευγαν ως είχαν για χώρες του εξωτερικού, αναπόφευκτα σε χαμηλές τιμές. Η ζημιά ήταν διπλή, διότι οι χώρες που εκκαμίνευαν και επεξεργάζονταν αυτές τις πρώτες ύλες, τις μετέτρεπαν σε προϊόντα που και η Ελλάδα είχε ανάγκη και τα εισήγαγε, στη συνέχεια, με μεγάλη υπεραξία. (Orykta.gr, χωρίς χρονολογία<sup>7</sup>).

Το αδιέξοδο δεν έμοιαζε να μπορεί να λυθεί με άλλο τρόπο παρά μόνο με την προσέλκυση ξένων κεφαλαίων προκειμένου να επενδύσουν σε μονάδες επεξεργασίας των ελληνικών πρώτων υλών, στην Ελλάδα. Έγινε, τότε, μια αξιόλογη προσπάθεια προβολής του σχετικού πλούτου της χώρας μας. Βασίστηκε σε μια σειρά από μελέτες, εκθέσεις και πραγματείες ειδικών που απεστάλησαν σε ανθρώπους-κλειδί του ευρωπαϊκού μεγάλου κεφαλαίου. (Orykta.gr, χωρίς χρονολογία<sup>7</sup>).

Οι συγκρούσεις της περιόδου των Βαλκανικών πολέμων (1912-13), αλλά κυρίως ο Α΄ Παγκόσμιος πόλεμος, είχαν διπλό αποτέλεσμα για την Ελλάδα: κατ' αρχάς, πρακτικώς διπλασιάστηκε σε έκταση και πληθυσμό και, απ' την άλλη, η διεθνής ζήτηση για μέταλλα αυξήθηκε δραματικά. Έτσι, το τέλος αυτή της περιόδου αρχίζει και σηματοδοτεί σημαντική άνοδο στην εγχώρια παραγωγή σε αρκετά μεταλλεύματα. Κυριότερα, ο σίδηρος και το σιδηρομαγγάνιο, αλλά επίσης και ο ψευδάργυρος, ο μόλυβδος, ο χαλκός, ο λευκόλιθος, ο σιδηροπυρίτης, η σμύριδα και, βέβαια, ο λιγνίτης. (Orykta.gr, χωρίς χρονολογία<sup>5</sup>).

### *2<sup>η</sup> Περίοδος: 1926 - 1944*

Αυτή η περίοδος ήταν εξαιρετικά κρίσιμη και δυσχερής για τη χώρα και, αναπόφευκτα, η μεταλλεία επηρεάστηκε. Παρ' ότι σ' αυτό το διάστημα ιδρύθηκε (το 1935) η "ΑΕ Μεταλλείων Βωξίται Παρνασσού, μια εταιρεία – ορόσημο στον ελληνικό χώρο της μεταλλείας, καθώς επίσης πολλά αναπτυξιακά έργα ξεκίνησαν την περίοδο 1928-1932, το "κραχ" του 1929-30, ο Δεύτερος Παγκόσμιος Πόλεμος και η Κατοχή, είχαν πολύ μεγάλο, αρνητικό τίμημα. (Orykta.gr, χωρίς χρονολογία<sup>5</sup>).

Για παράδειγμα, τα περισσότερα από τα έργα που είχαν ξεκινήσει πριν από το Β΄ Παγκόσμιο Πόλεμο σταμάτησαν και πάρα πολλά ολοκληρωμένα, καταστράφηκαν στη διάρκεια της Κατοχής, ενώ χαρακτηριστική ήταν και η περίπτωση της "Χρυσωρυχεία Βορείου Ελλάδος". Η εταιρεία ξεκίνησε τις εργασίες της για την παραγωγή προσχωματικού χρυσού από τον Γαλλικό ποταμό λίγο πριν από την έναρξη του Ελληνοϊταλικού πολέμου του '40 και τα πρώτα δείγματα ήταν απολύτως θετικά και ελπιδοφόρα. Όμως ο πόλεμος και, πολύ περισσότερο η Κατοχή οδήγησαν τη μεταλλευτική δραστηριότητα σε ουσιαστική παύση λειτουργιών. (Orykta.gr, χωρίς χρονολογία<sup>5</sup>).

### *3<sup>η</sup> Περίοδος: 1945 - 1960*

Στα κρίσιμα χρόνια μετά την Κατοχή, η Ελλάδα, δυστυχώς, συνταράχθηκε μέχρι το 1949 από την επώδυνη και σκληρή εμφύλια σύγκρουση. Η κατάσταση που επικράτησε αποθάρρυνε το ελληνικό αλλά και

το διεθνές ενδιαφέρον των ιδιωτικών κεφαλαίων. Όταν τα πράγματα καταλάγιασαν, ο χαμένος χρόνος έγινε απόπειρα να κερδηθεί με την απόφαση για ανάπτυξη βαριάς βιομηχανίας στη χώρα, κάτι που σήμαινε ότι ο ορυκτός πλούτος της ήταν στρατηγικής σπουδαιότητας. Οι εξειδικευμένοι επιστήμονες του τομέα άρχισαν, τότε, να αξιοποιούνται και να εισακούγονται κι αυτό έπαιξε ουσιαστικό ρόλο στην ανασυγκρότηση των μεταλλείων. (Orykta.gr, χωρίς χρονολογία<sup>7</sup>).

Έτσι, το ιδιωτικό ενδιαφέρον αναζωπυρώθηκε και, χάρη στη χορήγηση πολλών αδειών για σχετική έρευνα, όλο το πεδίο αναζωογονήθηκε στον συγκεκριμένο τομέα της έρευνας που αποτελεί το θεμέλιο λίθο της μεταλλείας. Τα αποτελέσματα αυτών των εκτεταμένων ερευνών ήταν πολύ ενθαρρυντικά, όχι μόνον για μεταλλεύματα και ορυκτά, αλλά ακόμη και για το πεδίο των πολύτιμων λίθων. Δυστυχώς, από κρατικής πλευράς, το θέμα δεν αντιμετωπίστηκε όπως έπρεπε. Πρακτικώς, ούτε καν πολιτική χαράχθηκε στον τομέα της έρευνας, παρότι την ίδια περίπου εποχή αρκετές ξένες εταιρείες εκδήλωσαν ενδιαφέρον ακόμη και για την ανεύρεση κοιτασμάτων πετρελαίου στη χώρα. (Orykta.gr, χωρίς χρονολογία<sup>7</sup>).

Στην καλή πλευρά της κατάστασης, αρκετά βελτιωμένη παρουσιάστηκε στη μεταπολεμική περίοδο και έως το 1953 η παραγωγή λατομικών προϊόντων. Μάρμαρα, καολίνη και γύψος ήταν αυτά που γνώρισαν τη μεγαλύτερη άνοδο. Στην περίοδο 1956-60, σημαντικές ανοδικές τάσεις, της τάξης σχεδόν του 100% γνώρισε η παραγωγή φυσικών μεταλλευμάτων, με κυριότερη αυτή του μαγγανίου, του λιγνίτη, του λευκόλιθου και της βαριτίνης. Με εξαίρεση μια μικρή ανοδική τάση το 1958 και το 1959, ωστόσο, η παραγωγή εμπλουτισμένων μεταλλευμάτων και κατεργασμένων προϊόντων παρέμενε περίπου σταθερή -χαμηλά σε απόλυτα μεγέθη. (Orykta.gr, χωρίς χρονολογία<sup>7</sup>).

#### *4<sup>η</sup> Περίοδος: 1961 - 1979*

Η άνθιση στο χώρο της ελληνικής μεταλλουργίας ήλθε σ' αυτό το διάστημα και έτσι, η περίοδος μπορεί να χαρακτηριστεί ως η σημαντικότερη στον τομέα στη σύγχρονη ιστορία της χώρας. Σε αυτή την περίοδο, όχι μόνον

αναπτύχθηκε σε σημαντικό βαθμό αυτή καθαυτή η βιομηχανία, αλλά αποδείχθηκε ξεκάθαρα και ότι το υπέδαφος της χώρας κρύβει «θησαυρό»: πάνω από 50 είδη ορυκτών, από τα οποία τουλάχιστον 20 είναι εκμεταλλεύσιμα και αρκετά απ' αυτά στρατηγικής σημασίας στον σύγχρονο κόσμο. (Orykta.gr, χωρίς χρονολογία<sup>5</sup>).

Η οργανωμένη, πλέον, έρευνα και οι τεχνολογικές πρόοδοι επέτρεψαν σε εκείνο το διάστημα να ανακαλυφθούν αρκετές καινούριες περιοχές με μεταλλευτικό πλούτο. Μάλιστα, το 1962, 40 περιοχές της χώρας (με τη Μακεδονία και τη Θράκη να φιλοξενούν τις 32 απ' αυτές) αποκαλύφθηκε ότι διαθέτουν ραδιενεργά μεταλλεύματα. Η περιοχή Βάθης, στο Κιλκίς, επελέγη ως η πιο κατάλληλη για δοκιμαστικές έρευνες. (Orykta.gr, χωρίς χρονολογία<sup>5</sup>).

Το από χρόνια ζητούμενο στη μεταλλευτική βιομηχανία της χώρας γίνεται επίσης πραγματικότητα στο ίδιο διάστημα. Όχι μόνο αυξάνεται η παραγωγή μεταλλευμάτων και ορυκτών, αλλά παράλληλα, αυξάνεται και η μεταποίησή τους. Δεν εξάγονται πλέον μόνον ως πρώτες ύλες, αλλά έχοντας ήδη αποκτήσει υπεραξία και έτσι, οι σχετικές με τη μεταλλεία δραστηριότητες αναδεικνύονται μετά το 1969 στον κορυφαίο εξαγωγικό τομέα της χώρας, προσπερνώντας έως και τον καπνό που ως τότε κρατούσε τα πρωτεία. (Orykta.gr, χωρίς χρονολογία<sup>5</sup>).

Η ανάπτυξη αυτή φέρνει επενδύσεις και οι εγκαταστάσεις εκσυγχρονίζονται και πολλαπλασιάζονται, αλλά, συγχρόνως, λαμβάνονται και τα πρώτα ουσιαστικά μέτρα περιβαλλοντικής προστασίας. (Orykta.gr, χωρίς χρονολογία<sup>5</sup>).

Σ' αυτό το αισιόδοξο πλαίσιο, το 1972, η Ελληνική Επιτροπή Ατομικής Ενεργείας (Ε.Ε.Α.Ε.) με τη συνδρομή των φορέων του Δημοσίου, ξεκινά το 1972 και τις έρευνες για τα ραδιενεργά ορυκτά στις περιοχές της Μακεδονίας και της Θράκης, που, όπως προαναφέρθηκε, είχαν επισημανθεί από το 1962 ως υποσχόμενες. (Orykta.gr, χωρίς χρονολογία<sup>5</sup>).

#### *5<sup>η</sup> Περίοδος: 1980 - 1989*

Η δεκαετία του 1980 συνιστά προάγγελο μιας περιόδου κρίσης για την ελληνική μεταλλεία. Στις αρχές της δεκαετίας, μια σειρά ανακατατάξεων εντός

του κλάδου, αλλά και μια αρνητική διεθνής συγκυρία στην αγορά του τομέα, φέρνουν πολλές ελληνικές μεταλλευτικές επιχειρήσεις σε εξαιρετικά δυσχερή θέση. Αρκετές κλείνουν και πολλές ακόμη χαρακτηρίζονται προβληματικές. (Orykta.gr, χωρίς χρονολογία<sup>ζ</sup>).

Η πλήρης ένταξη της χώρας στην Ευρωπαϊκή Κοινότητα παίζει επίσης σημαντικό ρόλο, όχι μόνον επειδή επηρεάζει θεμελιωδώς το σύνολο της εθνικής οικονομίας, αλλά και επειδή έχει ειδικότερες, προς το αρνητικό, επιπτώσεις στην ελληνική μεταλλευτική βιομηχανία. Ωστόσο, ο κλάδος καταφέρνει και αφουγκράζεται τις ανάγκες της εποχής και στρέφεται προς την παραγωγή βιομηχανικών ορυκτών, που στη διάρκεια εκείνης της δεκαετίας έδειξαν να αρχίζουν να πλεονεκτούν συγκριτικά με τα μεταλλεύματα. Και παράλληλα, αν και σε βαθμό προσαρμοσμένο στις συνθήκες ύφεσης και γενικότερη κρίσης που πλήττει τον χώρο, όχι μόνον δεν εγκαταλείπουν, αλλά αναπτύσσουν και περαιτέρω δραστηριότητα και στον τομέα των εξαγωγών, όσο και στον πολύ κρίσιμο, της έρευνας. (Orykta.gr, χωρίς χρονολογία<sup>ζ</sup>).

Τα βασικά μεταλλεύματα της εποχής στον κλάδο, ήταν (Orykta.gr, χωρίς χρονολογία<sup>ζ</sup>):

- ❖ Βωξίτης, αλούμινα και αλουμίνιο
- ❖ Λευκόλιθος, δίπυρη και καυστική μαγνησία
- ❖ Μικτά θειούχα μεταλλεύματα: χρυσοφόρος σιδηροπυρίτης και σφαλερίτης (ZnS).
- ❖ Σιδηρονικελιούχα μεταλλεύματα: Νικέλιο
- ❖ Βιομηχανικά Ορυκτά: μπεντονίτης και περλίτης

#### *6<sup>η</sup> Περίοδος: 1990 - 1999*

Τα προβλήματα που παρουσιάστηκαν στον κλάδο τη δεκαετία του 1980 κληροδοτούνται και στην επόμενη, κυρίως στο πρώτο μισό της, σε διεθνές επίπεδο. Κατ' αυτό τον τρόπο, παραδοσιακές για την Ελλάδα αγορές δεν μπορούν να απορροφήσουν τα προϊόντα της κι απ' την άλλη, η "κοινοτική συμπαράσταση" δεν επιτρέπεται για όσα μεταλλευτικά προϊόντα παράγονται στις χώρες-μέλη της Ευρώπης. Για τη μεταλλεία, έναν κατεξοχήν εξαγωγικό

τομέα για την Ελλάδα, ο συνδυασμός όλων των πιο πάνω είναι τοξικός. Έτσι, ακολουθεί η ιδιωτικοποίηση πολλών μεταλλευτικών εταιρειών. (Orykta.gr, χωρίς χρονολογία<sup>ζ</sup>).

Στη συνέχεια, μετά τις ιδιωτικοποιήσεις, η μεγάλη λιγνιτοφόρος λεκάνη του άξονα Φλώρινας – Αμυνταίου – Πτολεμαΐδας – Κοζάνης – Σερβίων εξορύσσεται πιο εντατικά με τη δημιουργία, προς το τέλος της δεκαετίας, του Ατμοηλεκτρικού Σταθμού Φλώρινας, ενώ σε υψηλούς ρυθμούς συνεχίζεται η έρευνα για βιομηχανικά ορυκτά, όπως και για χρυσό. (Orykta.gr, χωρίς χρονολογία<sup>ζ</sup>).

## 21<sup>ος</sup> Αιώνας

### *1<sup>η</sup> Περίοδος: 2000 - 2009*

Πρόκειται για μια οκταετία υψηλής ανάπτυξης και επέκτασης για την εξορυκτική βιομηχανία. Ειδικά μέχρι το πρώτο εξάμηνο του 2008, μια σειρά από ευνοϊκές συγκυρίες οδηγούν τον χώρο σε άνθιση. Εντός Ελλάδας, οι Ολυμπιακοί Αγώνες του 2004, τα μεγάλα κατασκευαστικά έργα που ολοκληρώνονται εκείνο το διάστημα και η κορύφωση στις οικοδομικές δραστηριότητες εν γένει, οδηγούν την παραγωγή δομικών υλικών (αδρανών και μη) σε διαρκή άνοδο. (Orykta.gr, χωρίς χρονολογία<sup>η</sup>).

Αλλά και σε διεθνές επίπεδο, οι πρώτες ύλες βρίσκονται σε μεγάλη ζήτηση και, ανάλογα, διαμορφώνονται προς τα πάνω και οι τιμές τους. Ο ρυθμός ανάπτυξης είναι μεγάλος και η παγκόσμια οικονομία ανακάμπτει βασιζόμενη στις “πρώτες ύλες”. Μέχρι το 2007, τα βασικά βιομηχανικά μεταλλεύματα βρίσκονται σε αυξανόμενη ζήτηση και οι τιμές τους είναι πολύ υψηλές, γεγονός που ευνοεί τις εξαγωγές της Ελλάδας. (Orykta.gr, χωρίς χρονολογία<sup>η</sup>).

Ωστόσο, παράλληλα, προκαλούνται και αρνητικές συνέπειες στο διεθνές οικονομικό περιβάλλον. Ως αποτέλεσμα, παρουσιάζονται αυξανόμενες πληθωριστικές τάσεις με όλες τους τις συνέπειες σε κράτη όπως και η Ελλάδα. Την ίδια στιγμή, στον τομέα του χρυσού, αλλά και του μαρμάρου,

παρουσιάζονται εντεινόμενα προβλήματα τα οποία επηρεάζουν τη χώρα. (Orykta.gr, χωρίς χρονολογία<sup>η</sup>).

Τα βασικά μεταλλεύματα της Ελλάδας τη δεδομένη περίοδο, ήταν (Orykta.gr, χωρίς χρονολογία<sup>η</sup>): Λιγνίτης, Σιδηρονικέλιο, Βωξίτης, Μάρμαρα, Ασβεστολιθικά αδρανή, Λευκόλιθος – Μαγνησία, Περλίτης, Μπεντονίτης, Κίσηρις, Μονωτικό υλικό, Ποζολάνη, Άστριοι, Χαλαζίας, Γύψος, Καολίνης, Ανθρακικό ασβέστιο, Τάλκης, Χουντίτης, Ατταπουλγίτης, Μικτά θειούχα, καθώς και Χρυσός.

Η διεθνής χρηματοπιστωτική κρίση ξεσπά και η γενική διεθνής ανάπτυξη πληγώνεται σοβαρά, κατ' επέκταση και της μεταλλευτικής. Αναπόφευκτα, λοιπόν, η κρίση αγγίζει και την Ελλάδα, που, επισήμως, αντιστρέφει την ως τότε πορεία της προς τα πάνω και μπαίνει σε ρυθμό ύφεσης το 2009. Οι οικονομικές συνθήκες στο διεθνές περιβάλλον, αλλά και στο ελληνικό, όπου ο οικοδομικός – κατασκευαστικός κλάδος πρακτικώς καταρρέει, δημιουργούν αρνητικότερες συνθήκες για τον κλάδο της μεταλλευτικής και οι δραστηριότητές του μειώνονται δραστικά. (Orykta.gr, χωρίς χρονολογία<sup>η</sup>).

## *2<sup>η</sup> Περίοδος: 2010 - 2012*

Το 2010, είναι μια χρονιά που σηματοδοτεί για την Ελλάδα, την έναρξη μιας πολυετούς περιόδου με έντονα αρνητικές συνέπειες σε όλα τα επίπεδα: κοινωνικό, πολιτικό και, φυσικά, οικονομικό. Τα συσσωρευμένα προβλήματα, αλλά και οι δυσλειτουργίες πολλών δεκαετιών, σπρώχνουν ολοταχώς τη χώρα προς τη χρεωκοπία, που αποφεύγεται μόνο με την ένταξή της σε πρόγραμμα διάσωσης. Όσα ακολουθούν είναι, αναπόφευκτα, απρόβλεπτα και τελούν υπό διαρκές καθεστώς ανατροπών. (Orykta.gr, χωρίς χρονολογία<sup>η</sup>).

Ωστόσο, την ίδια στιγμή που στην Ελλάδα ξεκινούσε μια τέτοια περίοδος, η παγκόσμια οικονομία ξεκινά ανάκαμψή της για να βγει από την κρίση. Η αυξητική αυτή τάση συμπαρασύρει και τη ζήτηση στον τομέα των πρώτων υλών, συνεπώς και την άνοδο των τιμών τους. Έτσι, ειδικά για τον τομέα της εξορυκτικής βιομηχανίας στην Ελλάδα, ο συνδυασμός εσωτερικών και εξωτερικών συνθηκών (ύφεση εντός, ανάκαμψη εκτός) είναι θετικός ως

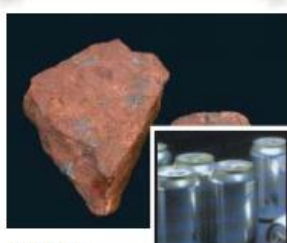
αποτελέσματα και οι εξαγωγές του κλάδου αυξάνονται σημαντικά. (Orykta.gr, χωρίς χρονολογία<sup>η</sup>).

Η ίδια τάση με τα ίδια θετικά αποτελέσματα, παρουσιάζεται και το 2011. Όμως το 2012, φέρνει μια ακόμη ανατροπή, αυτή τη φορά προς το χειρότερο. Εντός Ελλάδος, η οικονομία οδεύει προς το χειρότερο, αλλά και η κατάσταση σε διεθνές επίπεδο δεν εξελίσσεται καλά, καθώς πολλά ανεπτυγμένα κράτη βρίσκονται σε ύφεση. Έτσι, στον τομέα των πρώτων υλών, η ζήτηση πέφτει και κατ' επέκταση και οι τιμές, γεγονός που επηρεάζει αρνητικά τον ελληνικό κλάδο της μεταλλευτικής. (Orykta.gr, χωρίς χρονολογία<sup>η</sup>).



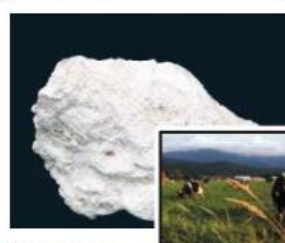
#### Λιγνίτης

**Βρίσκεται:** Πτολεμαίδα, Μεγαλόπολη, Σέρβια, Φλώρινα, Δράμα  
**Χρήσεις:** παραγωγή ηλεκτρισμού



#### Βοξίτης

**Βρίσκεται:** Παρνασσός, Γκιώνα, Ελικώνα, Οίτη, Ελευσίνα  
**Χρήσεις:** παραγωγή αλουμινίου για κουφώματα οικοδομών, Ζάντες αυτοκινήτων, κουτάκια αναψυκτικών



#### Λευκόλιθος

**Βρίσκεται:** Γερακινή Χαλκιδικής, Εύβοια  
**Χρήσεις:** ζωοτροφές, λιπάσματα, φάρμακα, γάλακας



#### Μπεντονίτης

**Βρίσκεται:** Μήλος  
**Χρήσεις:** χύτευση μεταλλικών εξαρτημάτων αυτοκινήτων, γεωτρήσεις πετρελαίου, άμμος υγιεινής κατοικίδιων ζώων



#### Περλίτης

**Βρίσκεται:** Μήλος, Νησί Γυαλί στα Δωδεκάνησα  
**Χρήσεις:** μονωτικά οικοδομών, φιλτράρισμα λαδιών



#### Ατταπουλγίτης

**Βρίσκεται:** Γρεβενά  
**Χρήσεις:** άμμος υγιεινής κατοικίδιων ζώων, όπως τα χόματα για την καθαριότητα της γάτας, φιλτράρισμα βρώσιμων λαδιών



#### Νικελούχα Σιδηρομεταλλεύματα

**Βρίσκεται:** Λάρυμνα, Εύβοια, Καστοριά  
**Χρήσεις:** ανοξείδωτος χάλυβας για μαχαίροπήρουνα, χειρουργικά εργαλεία



#### Ανθρακικό ασβέστιο

**Βρίσκεται:** Κεφαλονιά, Κορινθία  
**Χρήσεις:** χρώματα, πλαστικά, χαρτί, οδοντόπαστες



#### Ασβεστολιθικά ασρανή

**Βρίσκεται:** Διάσπαρτα σ' όλη τη χώρα  
**Χρήσεις:** οικοδομή, κατασκευές

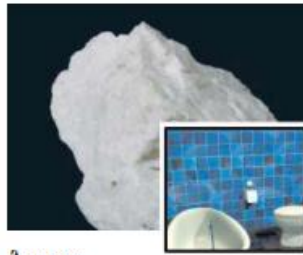




### **Χουντίτης**

**Βρίσκεται:** Κοζάνη

**Χρήσεις:** καθυστερεί τη φωτιά σε περίπτωση πυρκαγιάς στα πλαστικά, χρώματα



### **Άστριος**

**Βρίσκεται:** Θεσσαλονίκη, Δράμα **Χρήσεις:** είδη υγιεινής, πλακάκια, πορσελάνη, υαλορραγία



### **Χαλαζίας**

**Βρίσκεται:** Θεσσαλονίκης, Κιλκίς, Χαλκιδική, Λάρισα, Κοζάνη

**Χρήσεις:** γυαλί, πορσελάνη. Ο πολύ καθαρός χαλαζίας χρησιμοποιείται στους υπολογιστές.



### **Γύψος**

**Βρίσκεται:** Κρήτη, Κεφαλονιά, Ζάκυνθος

**Χρήσεις:** γύψινα διακοσμητικά



### **Μάρμαρα**

**Βρίσκεται:** Διάσπαρτα σ' όλη τη χώρα

**Χρήσεις:** διακόσμηση, τέχνη, οικοδομή, κατασκευές



### **Ποζολάνη**

**Βρίσκεται:** Μήλο, Κίμωλο, Θεσσαλονίκη

**Χρήσεις:** πρόσμεικτο στη βιομηχανία τσιμέντου



### **Γαληνίτης**

**Βρίσκεται:** Στρατόνι Χαλκιδικής **Χρήσεις:** παραγωγή μολύβδου που χρησιμοποιείται σε μπαταρίες και μολυβδοσωλήνες



### **Χρυσός**

**Βρίσκεται:** Στρατόνι Χαλκιδικής, Ανατολική Μακεδονία, Θράκη

**Χρήσεις:** βιομηχανικές εφαρμογές, κοσμήματα, νομίσματα



### **Κίσηρης**

**Βρίσκεται:** Νησί Γυαλί στα Δωδεκάνησα

**Χρήσεις:** μονωτικό υλικό

**Εικόνα 14. Τα βασικά ορυκτά της σύγχρονης Ελλάδας (2019)**

Πηγή: ΚΜΛΕ, 2011 (<https://www.sme.gr/wp-content/uploads/2019/01/KMLE-2011-e-book.pdf>)

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 7<sup>ο</sup>

### **7. ΠΡΟΟΠΤΙΚΕΣ ΕΚΜΕΤΑΛΛΕΥΣΗΣ ΟΡΥΚΤΩΝ ΠΟΡΩΝ ΚΑΙ ΕΞΩΓΗΙΝΑ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΑ**

#### **7.1. Μεταλλευτικοί τομείς στη σημερινή κοινωνία**

Τα μεταλλευτικά ορυκτά γενικά κατατάσσονται σε κατηγορίες όπως τα βασικά μέταλλα, τα ορυκτά καύσιμα και τα πολύτιμα μέταλλα. Όπως επισημάνθηκε πρωτίτερα στην εργασία αυτή, μέταλλα όπως ο σίδηρος εξορύσσονται εδώ και αιώνες, ενώ άλλα, όπως το αλουμίνιο, άρχισαν να εξορύσσονται μόλις πρόσφατα. Οι συνολικές ποσότητες μετάλλων που έχουν εξαχθεί ήδη από τη γήινη κρούστα και περιέχονται σε εφαρμογές (υποδομές, μηχανήματα και εργαλεία) είναι πολύ μεγάλες. (Reardon 2011).

Σήμερα, η ανακύκλωση των μετάλλων από συσσωρευμένα απορρίμματα και απόβλητα σε χώρους υγειονομικής ταφής μπορεί σε ορισμένες περιπτώσεις να είναι οικονομικότερη από ό, τι η εξόρυξη μεταλλευμάτων. Για παράδειγμα, το 2008, η παγκόσμια χαλυβουργία παράγαγε πάνω από 1,3 δισεκατομμύρια τόνους χάλυβα. Χρησιμοποίησε, όμως, 1,48 δισεκατομμύρια τόνους πρώτων υλών, δηλαδή, 470 εκατομμύρια τόνους λιγότερους από ό, τι θα χρειαζόταν για να παραγάγει την ίδιο ποσότητα χάλυβα στη δεκαετία του '70. Όσον αφορά το αλουμίνιο, εκτιμάται ότι από το 1880 έχουν παραχθεί 900 εκατομμύρια τόνοι του μετάλλου, από τους οποίους, σχεδόν το 75% εξακολουθεί να χρησιμοποιείται σήμερα. Η ζήτηση αλουμινίου συνεχίζει να αυξάνεται και η ανακύκλωσή του εξοικονομεί περισσότερο από το 90% της ενέργειας που απαιτείται για την παραγωγή νέου μετάλλου, κάτι που καθιστά αυτή τη διαδικασία πολύ ελκυστική. (Carvalho, 2017).

Τα άλλα μέταλλα, όπως το ουράνιο, και τα ορυκτά καύσιμα, όπως το πετρέλαιο και το φυσικό αέριο, εξάγονται για ενεργειακό εφοδιασμό και

καταναλώνονται σε μεγάλο βαθμό ή συνολικά στις εφαρμογές τους (καίγονται), και επομένως η ανακύκλωση δε μπορεί να εφαρμοστεί όπως πιο πάνω (αν και στην περίπτωση του αναλωμένου πυρηνικού καυσίμου, η επανεπεξεργασία μπορεί ακόμη να ανακτήσει το αχρησιμοποίητο ουράνιο). Και σε ό,τι αφορά τα βασικά μέταλλα και σε ό,τι αφορά τα καύσιμα, οι πόροι στη Γη είναι πεπερασμένοι. Η διαφορά μεταξύ τους είναι ότι για μερικά μέταλλα (βασικά μέταλλα), μπορούμε να ζήσουμε με ένα μέρος των πόρων του φλοιού Γης, ενώ τα ενεργειακά ορυκτά και τα ορυκτά καύσιμα, η τάση είναι να τα χρησιμοποιήσουμε μέχρι να εξαντληθούν πλήρως τα αποθέματα του πλανήτη. Εάν η κατανάλωση συνεχιστεί με τους σημερινούς ρυθμούς, η πεπερασμένη ποσότητα ενεργειακών καυσίμων σε γεωλογικούς αποθέματα θα εξαντληθεί και αυτό μπορεί να θέσει σε κίνδυνο την ανάπτυξη και την εξέλιξη κάποια στιγμή στο μέλλον. Οι περιβαλλοντικές και κοινωνικοοικονομικές επιπτώσεις της εξόρυξης μπορεί επίσης να διαφέρουν ανάλογα με τα μεταλλεύματα και τις περιοχές στις οποίες γίνεται. (Brown, 2011; Carvalho, 2017; Gordon et al., 2006).

## **7.2. Βασικά μεταλλεύματα της σημερινής κοινωνίας και οι Προκλήσεις τους**

Η κατηγορία αυτή περιλαμβάνει το χαλκό, το νικέλιο, τον σίδηρο, το μαγγάνιο, τον ψευδάργυρο και άλλα, όμως ο σίδηρος (Fe) και το αλουμίνιο (Al) έχουν την πρωτοκαθεδρία στην κατανάλωση και εκπροσωπούν το μεγαλύτερο μέρος των μετάλλων που έχει συσσωρευτεί στον κόσμο μας. Ο σίδηρος εξορύσσεται από την αρχαιότητα και τεράστιες ποσότητες του μετάλλου βρίσκονται σήμερα σε κάθε είδους υποδομές, κτίσματα και κατασκευές. Το αργίλιο (αλουμίνιο) παράγεται μόλις από τον 19ο αιώνα, αλλά σήμερα κατέχει σημαντική θέση στην οικονομία και τη βιομηχανία. Για να αναδείξουμε τη σημασία του, μπορούμε να εξετάσουμε στατιστικά στοιχεία γύρω από την παγκόσμια εξόρυξη βασικών μετάλλων: κατά την περίοδο 1970-2004 (διάστημα 35 ετών) η εξόρυξη αυξήθηκε περισσότερο από 75%

ενώ η παγκόσμια εξόρυξη βιομηχανικών ορυκτών (π.χ. πετρώματα, τσιμέντο), αυξήθηκε την ίδια περίοδο κατά 53%. (Carvalho, 2017).

Στο ίδιο διάστημα, η παγκόσμια κατανάλωση αλουμινίου αυξήθηκε από 12,5 δισεκατομμύρια τόνους ετησίως σε 38 δισεκατομμύρια τόνους ετησίως, δηλαδή περισσότερες από τρεις φορές, ενώ η παγκόσμια κατανάλωση σιδηρούχων μετάλλων (που χρησιμοποιούνται για την παραγωγή χάλυβα) αυξήθηκε με λίγο πιο βραδύ ρυθμό φτάνοντας περίπου το ένα δισεκατομμύριο τόνους το 2014 - διπλάσια απ' αυτήν του 1974. Στις Ηνωμένες Πολιτείες, το αλουμίνιο που ανασύρθηκε και ανακυκλώθηκε από παλαιά μεταλλευτικά υπολείμματα το 2016, αντιστοίχισε στο 31% περίπου της κατανάλωσής του την ίδια χρονιά. (Carvalho, 2017).

Τις τελευταίες δεκαετίες, η απελευθέρωση υλικών στο περιβάλλον, που συμβαίνει σε κάθε στάδιο, από την εξόρυξη ως τη χρήση, αλλά και η εναπόθεση αποβλήτων επιβλαβών για το περιβάλλον και την ανθρώπινη υγεία, αυξήθηκαν με μεγαλύτερη ταχύτητα, λόγω της απομάκρυνσης των υπερκείμενων υλικών προκειμένου να υπάρξει πρόσβαση στα μεταλλεύματα. Η ποσότητα των αποβλήτων που προκύπτουν από την παραγωγή των 12 κυρίων μεταλλευμάτων και των βασικών αγαθών που προέρχονται απ' αυτά, υπολογίστηκε κατά μέσο όρο σε τέσσερις φορές το βάρος των ίδιων των εξορυχθέντων. Αλλά στην πραγματικότητα η ροή των αποβλήτων αυξάνεται ταχύτερα από την παραγωγή αγαθών, εξαιτίας της υποβάθμισης των υφιστάμενων μεταλλείων και της ανάγκης να εξορυχτούν ορυκτά από ακόμη μεγαλύτερο βάθος. (Carvalho, 2017).

Οι παγκόσμιες τάσεις στην κατανάλωση σιδήρου και χάλυβα δείχνουν επίσης μεγαλύτερη κατανάλωση μετάλλων στη Βόρεια Αμερική, την Ευρωπαϊκή Ένωση, την Κίνα και την Ινδία απ' ό,τι η μεταλλευτική δραστηριότητα αυτών των χωρών. Η αντίθετη τάση παρατηρήθηκε στον υπόλοιπο κόσμο Είναι επίσης γνωστό ότι τα αποθέματα αυτών των μετάλλων (π.χ., ο σίδηρος - Fe – αποτελεί το 5% του φλοιού τις Γης) υπερβαίνουν κατά πολύ τις ποσότητες που έχουν ήδη εξαχθεί και εξασφαλίζουν τη διαθεσιμότητα αυτών των πόρων για μεγάλο χρονικό διάστημα. (Carvalho, 2017).

Αυτό, όμως, δεν ισχύει για όλα τα μέταλλα και η ανακύκλωση είναι απαραίτητη γι' αυτά και μπορεί να επεκτείνει περαιτέρω το χρόνο ζωής του πόρου (Gordon et al., 2006). Το κόστος εξόρυξης βασικών μετάλλων είναι μεγάλο και για να πραγματοποιηθεί, συνήθως απαιτούνται μεγάλες επενδύσεις και μεγάλες υποδομές, οπότε, γενικά οι περιβαλλοντικές επιπτώσεις της είναι αντίστοιχα σοβαρές. Επιπλέον, η ανάπτυξη ορυχείων χαλκού, μολύβδου και αρσενικού στο Περού, έχει ήδη προκαλέσει δραματικές ζημιές στο περιβάλλον και σήμερα απαιτείται εντατικός διάλογος όλων των ενδιαφερομένων πλευρών, προκειμένου να υπάρξει κοινωνική συναίνεση για τα ορυχεία, όπως συνέβη στην Cajamarca και στο Las Bambas. Επίσης, από μερικά από τα μεγαλύτερα ορυχεία στο Περού είναι που προκύπτουν αναφορές για πολύ φτωχές προδιαγραφές ασφαλείας και μεγάλες κοινωνικές και περιβαλλοντικές επιπτώσεις που αλλάζουν τις ζωές ολόκληρων κοινοτήτων και διακυβεύουν τους υδάτινους πόρους και τα γεωργικά εδάφη. (Carvalho, 2017).

Οι σημερινές παγκόσμιες τάσεις στην παραγωγή αυτών των μετάλλων είναι ανησυχητικές (Carvalho, 2017):

- 1) παρά την αύξηση των ροών υλικών, η μέση κατά κεφαλήν κατανάλωση βασικών αγαθών δεν βελτιώθηκε σε παγκόσμιο επίπεδο αλλά μόνο τοπικά.
- 2) το περιβαλλοντικό κόστος από την εξόρυξη και την επεξεργασία επιβαρύνει ολοένα και περισσότερο, ιδίως τις λιγότερο αναπτυγμένες χώρες
- 3) αυτές οι συνδυασμένες τάσεις δημιουργούν μια μη βιώσιμη μακροπρόθεσμα κατάσταση.

Αυτό συμβαίνει επειδή με την τρέχουσα τεχνολογία, η εξόρυξη μετάλλων με τέτοιο ρυθμό που θα ικανοποιούσε τις ανάγκες του παγκόσμιου πληθυσμού σε επίπεδο ίδιο μ' αυτό που απολαμβάνουν οι περισσότερες ανεπτυγμένες χώρες, θα εξαντλούσε τα αποθέματα αρκετών απ' αυτά, όπως ο χαλκός, ο ψευδάργυρος και η πλατίνα (Gordon et al., 2006).

### 7.2.1. Πετρέλαιο και αέριο

Αυτός ο εξορυκτικός τομέας είναι ο μεγαλύτερος στον κόσμο σε ό,τι αφορά τα παραγόμενα υλικά και το ύψος των εσόδων που φέρνουν. Η πρόσβαση στις πηγές ενέργειας και η χρήση τους, διαμόρφωσαν τις δραστηριότητες και την οικονομική ανάπτυξη της ανθρώπινης κοινωνίας μέσα στα χρόνια, και αυτό ισχύει ιδιαίτερα για το πετρέλαιο και το φυσικό αέριο κατά τον 20ό αιώνα. Η εκμετάλλευση του πετρελαίου επεκτάθηκε πλήρως τον περασμένο αιώνα και σοβαρές οικολογικές επιπτώσεις έχουν ήδη προκύψει απ' αυτήν: από τις πετρελαιοκηλίδες και τη μόλυνση του εδάφους στα δάση του Ισημερινού και στο Δέλτα του ποταμού Νίγηρα, έως τη ρύπανση των ακτών της Αρκτικής και τις πετρελαιοκηλίδες στη θάλασσα, όπως, για παράδειγμα, αυτή από την Πλατφόρμα «Deerwater Horizon», στο Κόλπο του Μεξικού, 2010. (Carvalho, 2017).

Μόνον στον Κόλπο του Μεξικού, υπάρχουν πάνω από 2000 πετρελαϊκές πλατφόρμες σε λειτουργία και πολλές πετρελαιοκηλίδες έχουν προκύψει και είναι πιθανό να προκύψουν ξανά. Επίσης, πετρελαιοφόρα ναυάγησαν σε θάλασσες σε όλο τον κόσμο που προκάλεσαν ρύπανση με σημαντικές επιπτώσεις στις παράκτιες περιοχές (π.χ. Torrey Canyon, Exxon Valdez και Prestige). Η πιο εικονική περίπτωση επίθεσης στο θαλάσσιο περιβάλλον ήταν η πετρελαιοκηλίδα από το σούπερ-τάνκερ Torrey Canyon το 1967 στην ακτή της Κορνουάλης, στο Κανάλι της Μάγχης, ακριβώς πριν από 50 χρόνια. Αυτή η καταστροφή πυροδότησε τον μεγάλο προβληματισμό και την εντεινόμενη, μεγάλη ανησυχία για τις οικολογικές καταστροφές. Οι επιστημονικές εκθέσεις έχουν τεκμηριώσει τις τοξικές επιδράσεις του αργού πετρελαίου στους ζώντες οργανισμούς, συμπεριλαμβανομένων των ανθρώπων, την επίμονη μόλυνση από πετρελαϊκούς υδρογονάνθρακες και την αργή ανάκαμψη των θαλάσσιων οικοσυστημάτων. Εκθέσεις από αρκετές χώρες έχουν επισημάνει επίσης τις σοβαρές επιπτώσεις στο χερσαίο περιβάλλον, τις ανθρώπινες κοινότητες και την οικονομία. Η ρύπανση από το Deerwater Horizon (2010) κόστισε 62 δισ. δολάρια στη British Petroleum και το κόστος των πετρελαιοκηλίδων μετά το ναυάγιο πετρελαιοφόρων όπως το Prestige στις ακτές της Ισπανίας και της Πορτογαλίας το 2002, εκτιμήθηκαν

επίσης σε δισεκατομμύρια. Οι πετρελαιοκηλίδες έδειξαν επίσης την ποικιλία των τρόπων με τους οποίους καθίσταται τοξικό το αργό πετρέλαιο, τις σοβαρές οικολογικές επιπτώσεις του, αλλά και το πόσο απροετοίμαστοι είναι τα έθνη να αντιμετωπίσουν τέτοιες καταστροφές. (Carvalho, 2017).

Παρά τις επιπτώσεις που αναφέρθηκαν πιο πάνω, οι περισσότερες χώρες εξαρτώνται από τον εφοδιασμό σε πετρέλαιο και φυσικό αέριο και η παραγωγή τους παραμένει μια συνεχής δραστηριότητα. Έχουν γίνει πολλές εκτιμήσεις των αποθεμάτων πετρελαίου και φυσικού αερίου, αλλά επανειλημμένα έχουν ανακαλυφθεί νέα κοιτάσματα και των δύο και ο αναμενόμενος χρόνος ζωής αυτών των πόρων έχει επεκταθεί. Τελικά, μπορεί να διαρκέσουν από άλλα 50 χρόνια έως 5 αιώνες, ανάλογα με τις εκτιμήσεις. Παρ' όλα αυτά, παρότι κάποια αβεβαιότητα υφίσταται, υπάρχει ευρεία συναίνεση στην πεποίθηση ότι τα ορυκτά καύσιμα υπάρχουν σε πεπερασμένες ποσότητες και πολλές εκστρατείες για την καλύτερη χρήση αυτών των πόρων και για την εξοικονόμηση ενέργειας έχουν ξεκινήσει παγκοσμίως, προκειμένου, επίσης, να περιοριστεί και η ταχεία απελευθέρωση διοξειδίου του άνθρακα στην ατμόσφαιρα. (Carvalho, 2017).

Άλλες επιπτώσεις που συνδέονται με την παραγωγή πετρελαίου και φυσικού αερίου είναι η απόρριψη των τριμμάτων από τον καθαρισμό των αγωγών, που κατά κανόνα είναι εξαιρετικά ραδιενεργά, και της άμμου που κατακάθεται στον πυθμένα των δεξαμενών πετρελαίου και επίσης περιέχει μέταλλα και ραδιοϊσότοπα σε υψηλές συγκεντρώσεις. Παρά τις τρέχουσες διαθέσιμες γνώσεις, ο περιβαλλοντικός αντίκτυπος της έρευνας και εξόρυξης πετρελαίου και φυσικού αερίου παραμένει υψηλός, συχνά δεν ρυθμίζεται πλήρως ούτε ελέγχεται επαρκώς και, εάν η διαχείριση των απόβλητων δεν είναι η κατάλληλη, οι επιπτώσεις μπορεί να διαρκέσουν χιλιάδες χρόνια (π.χ. η ραδιενεργός ημιζωή του  $^{226}\text{Ra}$  είναι 1600 έτη). Το περιβαλλοντικό αποτύπωμα και οι δυνητικές βλάβες στην ανθρώπινη υγεία, μπορεί, συνεπώς, να διαρκέσουν πολύ περισσότερο από τον ίδιο τον πόρο. Τα ορυκτά καύσιμα καταναλώνονται σε εντατικούς ρυθμούς και δεν υπάρχει καμία ελπίδα ότι ο βιογεωχημικός κύκλος και οι φυσικές διεργασίες θα αναπληρώσουν αυτές τις δεξαμενές στη Γη σε χρονική κλίμακα που να έχει νόημα για τις ανθρώπινες κοινωνίες. Ως εκ τούτου, απαιτούνται και πρέπει να

αναζητηθούν άλλες πηγές ενέργειας (Brown, 2011; Michaelides, 2012). Το μόνο εγγυημένο αποτέλεσμα της υψηλότερης χρήσης ενέργειας είναι τα μεγαλύτερα περιβαλλοντικά βάρη που ενδέχεται να θέσουν σε κίνδυνο τη βιωσιμότητα της βιόσφαιρας. Πράγματι, σήμερα υπάρχει επιστημονική συναίνεση στο ότι το πετρέλαιο και το φυσικό αέριο, μαζί με την καύση άνθρακα, έχουν σημαντικό περιβαλλοντικό αποτύπωμα και ευθύνονται για αυξημένες συγκεντρώσεις διοξειδίου του άνθρακα στην ατμόσφαιρα και επιταχυνόμενες κλιματικές αλλαγές. (Carvalho, 2017).

### **7.2.2. Άνθρακας**

Ο άνθρακας έχει χρησιμοποιηθεί για χιλιάδες χρόνια, όπως προαναφέρθηκε σε αυτήν την εργασία, αλλά πραγματικά αναδείχτηκε ως το πιο σημαντικό καύσιμο με τη βιομηχανική επανάσταση και τους ατμοκίνητους κινητήρες. Τον 19ο και τον 20ό αιώνα, ο άνθρακας αποτέλεσε την κύρια πηγή ενέργειας στη μεταλλουργία και στην παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας και εξήχθη σε πολλές χώρες, από το Ηνωμένο Βασίλειο στην Αυστραλία και από τις Ηνωμένες Πολιτείες της Αμερικής στη Ρωσία. Το 1980, στο Ηνωμένο Βασίλειο, ο άνθρακας αντικαταστάθηκε από το φθηνότερο και άφθονο φυσικό αέριο και το πετρέλαιο και αυτό ήταν το τέλος μιας εποχής. Σήμερα, ο άνθρακας εξακολουθεί να συμβάλλει στην παραγωγή περίπου του 25% της παγκόσμιας ενέργειας, αλλά το ποσοστό αυτό μειώνεται γρήγορα και μέχρι το 2050 ο άνθρακας θα συμβάλει μόνο στο κατά 1/3. (Carvalho, 2017).

Υπάρχουν περίπου 892 δισεκατομμύρια τόνοι επιβεβαιωμένων αποθεμάτων άνθρακα παγκοσμίως. Αυτό σημαίνει ότι, σύμφωνα με την Παγκόσμια Ένωση Άνθρακα, υπάρχει αρκετός για να διαρκέσει περίπου 110 χρόνια με τα τρέχοντα ποσοστά κατανάλωσης. Αντίθετα, σύμφωνα με ορισμένες εκτιμήσεις, τα επιβεβαιωμένα αποθέματα πετρελαίου και φυσικού αερίου αντιστοιχούν σε περίπου 52 και 54 έτη, αντίστοιχα, με βάση τα τρέχοντα επίπεδα παραγωγής (World Coal Association, 2017). Η ασφάλεια κατά την εξόρυξη άνθρακα είναι ένα πολύ φλέγον ζήτημα, καθώς εκτιμάται ότι



περίπου 500 ανθρακωρύχοι πεθαίνουν κάθε χρόνο σε ορυχεία μόνο στην Κίνα. (Carvalho, 2017).

Οι περιβαλλοντικές επιπτώσεις της καύσης άνθρακα περιλαμβάνουν αυξημένες ποσότητες διοξειδίου του άνθρακα στην ατμόσφαιρα, οι οποίες μαζί με άλλα αέρια θερμοκηπίου, όπως το πρωτοξειδίο του αζώτου (N<sub>2</sub>O) και το μεθάνιο (CH<sub>4</sub>), αποτελούν αιτίες της σημερινής υπερθέρμανσης του πλανήτη (IPCC 2014). Τα αποδεικτικά στοιχεία για την κλιματική αλλαγή και τα πιθανά αποτελέσματά της οδήγησαν σε διεθνείς διαπραγματεύσεις για τη μείωση των εκπομπών διοξειδίου του άνθρακα και τη δημιουργία μιας αγοράς άνθρακα (IEA, 2017). Παρά ταύτα, ο άνθρακας εξακολουθεί να αποτελεί μοχλό για την οικονομική ανάπτυξη πολλών χωρών (π.χ. παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας και χαλυβουργία), ενώ άλλοι σήμερα μειώνουν την καύση άνθρακα λόγω των επιπτώσεων στην ατμόσφαιρα και σε παγκόσμιο επίπεδο. Εκτός από τις παγκόσμιες επιπτώσεις, οι χώρες που καταναλώνουν πολύ μεγάλες ποσότητες άνθρακα, όπως η Κίνα, πρέπει να αντιμετωπίσουν τις σοβαρές επιπτώσεις στο περιβάλλον και τη δημόσια υγεία από την εξόρυξη άνθρακα και την καύση άνθρακα (Carvalho, 2017).

Λιγότερο γνωστές από τις εκπομπές CO<sub>2</sub>, αλλά επίσης καλά τεκμηριωμένες, είναι οι εξαιτίας της καύσης άνθρακα εκπομπές αιθάλης και σωματιδίων στην ατμόσφαιρα καθώς και η απελευθέρωση ραδιενεργών στοιχείων που εξατμίζονται και εισάγονται στην ατμόσφαιρα. Τα ραδιοϊσότοπα που εκπέμπονται από τη χρήση ορυκτών καυσίμων είναι τα πρωταρχικά της ραδιενεργούς σειράς του ουρανίου, του θορίου και του ακτινίου. Ωστόσο, οι εκλύσεις ραδιενέργειας που σημειώθηκαν από μείζονα πυρηνικά ατυχήματα (π.χ. Three Mile Island, Τσερνομπίλ, Φουκουσίμα) υπερκέρασαν τη ραδιενέργεια που απελευθερώνεται από τους σταθμούς ηλεκτροπαραγωγής άνθρακα. Επιπλέον, αρκετές αναφορές υποδεικνύουν ότι η απελευθέρωση καπνού και αερίου από την καύση ορυκτών καυσίμων και βιομάζας μπορεί πράγματι να αυξήσει την έκθεση σε ραδιενέργεια του ανθρώπινου πληθυσμού μέσω της εισπνοής και αυτό το ζήτημα μπορεί να έχει αγνοηθεί στο παρελθόν (Carvalho, 2017; Yan et al., 2012).

### 7.2.3. Φωσφορικό άλας

Η βιομηχανία φωσφορικών αλάτων είναι ζωτικής σημασίας για τη γεωργία και την παραγωγή τροφίμων. Η παραγωγή φωσφορικών αλάτων αυξήθηκε τον περασμένο αιώνα και συνεχίζει να αυξάνεται προκειμένου να προμηθεύεται με λιπάσματα η γεωργία και να επιτυγχάνονται μεγάλες σοδιές στην παραγωγή τροφίμων. Από το φωσφορικό βράχο που παράγεται ετησίως, το μεγαλύτερο μέρος μετατρέπεται σε φωσφορικό οξύ και από αυτό, το 82% χρησιμοποιείται για λιπάσματα, το 9% στις ζωτροφές και στα ποτά και το 9% σε βιομηχανικά προϊόντα (π.χ. απορρυπαντικά). (Heckenmüller et al., 2014).

Κατά τη διάρκεια του περασμένου αιώνα, φωσφορικά λιπάσματα χρησιμοποιήθηκαν υπερβολικά σε ορισμένες περιοχές, γεγονός που αύξησε την περιεκτικότητα P (φωσφόρου) σε εδάφη στην Ευρώπη και τη Βόρεια Αμερική - τώρα και στην Κίνα. Αυτή η περίσσεια P καταλήγει σε υδάτινα περιβάλλοντα που προκαλούν ευτροφισμό και αλλοιώνουν τη βιοποικιλότητα και αντιπροσωπεύουν επίσης απώλεια P για τη γεωργία (Scholz et al., 2013).

Εν τω μεταξύ, οι σωροί φωσφογύψου ανέρχονται σε περίπου 30.000.000.000 τόνους σε όλο τον κόσμο και αυτό το βιομηχανικό απόθεμα συχνά αποτελεί πηγή περιβαλλοντικών ρύπων. Τα περισσότερα από τα σημεία εναπόθεσης του φωσφογύψου δεν έχουν αποκατασταθεί και παρότι έγιναν προσπάθειες για την επαναχρησιμοποίηση του υλικού, για παράδειγμα, για τον εμπλουτισμό εδαφών ή σε δομικά υλικά, γνώρισαν περιορισμένη επιτυχία. Μια λύση που επί του παρόντος προωθείται από τη βιομηχανία φωσφορικών αλάτων (να διασκορπιστεί ο φωσφογύψος στα εδάφη για να απαλλαγούμε από τις στοίβες του υλικού) δεν είναι επιθυμητή διότι αυτό θα πολλαπλασίαζε τους ρύπους στο χώμα και το νερό και θα εμπόδιζε την ενδεχόμενη ανάκτηση ουρανίου από το φωσφογύψο. Οι κύριοι παραγωγοί φωσφορικών αλάτων είναι οι ΗΠΑ, η Κίνα και το Μαρόκο, ενώ στη Δυτική Σαχάρα υπάρχουν τα μεγαλύτερα παγκόσμια αποθέματα φωσφορικών αλάτων. Μια έντονη διαφωνία σχετικά με τους περιορισμένους πόρους φωσφορικών αλάτων και την πιθανή έλλειψη

φωσφόρου στη γεωργία έχει ξεσπάσει από την τελευταία δεκαετία. (Carvalho 2017).

Κάποιοι μελετητές υποστηρίζουν ότι η παραγωγή φωσφορικών αλάτων έχει ήδη φτάσει στην κορυφή της και ότι ο πόρος θα εξαντληθεί σε περίπου έναν αιώνα, οπότε, οι ελλείψεις στην παραγωγή τροφίμων θα είναι αναπόφευκτες. Άλλοι, ωστόσο, υποστηρίζουν ότι με τους τρέχοντες ρυθμούς κατανάλωσης, οι πόροι φωσφόρου μπορεί να διαρκέσουν αρκετούς αιώνες ακόμη (Vaccari, 2009; Rosemarin, 2010).

Επί του παρόντος, χρησιμοποιούμε περισσότερο φώσφορο σε σύντομο χρονικό διάστημα και, πάντως, ταχύτερα από όσο η φύση μπορεί να αναδιανείμει και η προφανής συμβουλή είναι ότι η χρήση του πρέπει να γίνεται με καλύτερες πρακτικές από τις σημερινές. Πάντως, η ανακύκλωση του φωσφόρου είναι εφικτή, κάτι που σημαίνει ότι η διαθεσιμότητά του μπορεί να επεκταθεί σε βάθος χρόνου. (Carvalho 2017).

#### **7.2.4. Άμμοι βαρέων μετάλλων**

Πρόκειται για ένα νέο τομέα εξόρυξης που αναπτύχθηκε πρόσφατα για την εξαγωγή ζιρκονίου και στοιχείων σπάνιων γαιών (REE), όπως είναι το λανθάνιο, το ευρώπιο, το ταντάλιο και το έρβιο, τα οποία απαιτούνται στην παραγωγή κινητών τηλεφώνων, ηλεκτρονικών υπολογιστών, μόνιμων μαγνητών κλπ. Η παραγωγή σπάνιων γαιών, αυξήθηκε από περίπου 1000 τόνους / έτος στη δεκαετία του 1950 σε 135.000 τόνους / έτος το 2009, αν και στη συνέχεια υποχώρησε ελαφρά. Η συνολική αλματώδης αύξηση, ωστόσο, αναμένεται να διατηρηθεί προκειμένου να υποστηριχθεί ο κλάδος των ηλεκτρονικών και των τηλεπικοινωνιών, αλλά και η επικείμενη αυτοματοποίηση στη βιομηχανική παραγωγή, τις μεταφορές και τις υπηρεσίες. (Carvalho 2017).

Τα μεγαλύτερα αποθέματα σπάνιων γαιών βρίσκονται στην Κίνα που είναι επίσης ο μεγαλύτερος καταναλωτής REE. Εκτός της Κίνας, τα περισσότερα ορυχεία της REE βρίσκονται στις παραθαλάσσιες αμμώδεις κοιλάδες (άμμος μοναζίτη) στις αφρικανικές ακτές, τη Νότια Ασία και την

Αυστραλία. Στις παραθαλάσσιες περιοχές του Μπανγκλαντές, της Ινδίας, της Μοζαμβίκης, της Σενεγάλης παρουσιάζεται σήμερα εξόρυξη άμμου βαρέων μετάλλων και πολύ μεγαλύτερα έργα βρίσκονται τώρα σε διαδικασία έγκρισης και εφαρμογής στην Αφρική. (Carvalho 2017).

Πρόσφατες εκθέσεις ισχυρίζονται ότι η εκμετάλλευση των άμμων βαρέων μετάλλων μπορεί να προκαλέσει ραδιενεργό μόλυνση του περιβάλλοντος (Schüler et al., 2011). Τα μέταλλα που εντοπίζονται σ' αυτές τις εναποθέσεις άμμου συνήθως συνδέονται με το ουράνιο και το θόριο και ο διαχωρισμός του ζιρκονίου από τις σπάνιες γαίες αυξάνει τη συγκέντρωση αυτών των φυσικά απαντώμενων ραδιοϊσοτόπων στα παραγόμενα υλικά. Τα αποτελέσματα επιβεβαίωσαν τις αυξημένες συγκεντρώσεις των ραδιοϊσοτόπων που σχετίζονται με τα βαριά μέταλλα στις παράκτιες αμμουδιές καθώς και ότι η έκθεση σε ακτινοβολία μπορεί να αποτελεί επαγγελματικό κίνδυνο για όσους ασχολούνται με τη συλλογή της άμμου, αλλά περιβαλλοντική ραδιενεργή μόλυνση, δεν αναφέρθηκε. (Carvalho 2017).

Καθώς η εξόρυξη άμμου βαρέων μετάλλων επεκτείνεται πολύ γρήγορα, πρέπει να καταστεί προτεραιότητα η ανάπτυξη στρατηγικών διατήρησης των παράκτιων περιοχών καθώς και η επιβολή κανονισμών σχετικά με τη συλλογή και το χειρισμό αυτών των φυσικών ραδιενεργών ορυκτών, για την προστασία των εργαζομένων και του κοινού από την ακτινοβολία. (Carvalho 2017).

#### **7.2.5. Σχιστολιθικό αέριο**

Το σχιστολιθικό αέριο, που παράγεται από την υδραυλική ρωγμάτωση ή την "υδραυλική κατεργασία" είναι ένας νέος τύπος εξόρυξης φυσικού αερίου και πετρελαίου που αναπτύχθηκε πρόσφατα, κυρίως από το έτος 2000 στις ΗΠΑ. Αυτή η διαδικασία εξαγωγής δημιουργεί ενθουσιασμό και σε άλλες περιοχές του πλανήτη, συμπεριλαμβανομένης της Ευρώπης. Στην "υδραυλική ρωγμάτωση", βαθιές γεωτρήσεις γίνονται στο φλοιό της Γη και νερό με κόκκους άμμου ή ζιρκόνιο, επιφανειοδραστικές ουσίες και παράγοντες ρευστοποίησης / γαλακτωματοποίησης εγχέονται υπό υψηλή πίεση στα

υποκείμενα παραγωγικά στρώματα, συνήθως σχιστολιθικά. Η έγχυση υπό υψηλή πίεση νερού και άμμου θραύει τις σχισμές των σχιστολιθικών στρώσεων, κάτι που διευκολύνει τη διαφυγή του φυσικού αερίου (αέριοι υδρογονάνθρακες, συμπεριλαμβανομένου του μεθανίου, του προπανίου, κ.λπ.) από τα πετρώματα, καθιστώντας δυνατή την άντλησή τους στην επιφάνεια. (Carvalho 2017).

Η σημερινή τεχνολογία, αξιοποιώντας αυτούς τους πόρους, επέτρεψε στις ΗΠΑ να αυξήσουν την παραγωγή φυσικού αερίου και να αντικαταστήσουν μ' αυτό τον άνθρακα. Η καύση φυσικού αερίου για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας αναμένεται να βελτιώσει την ποιότητα του αέρα και να μειώσει τις επιπτώσεις του θερμοκηπίου που προέρχονται από την καύση άνθρακα. Ωστόσο, η υδραυλική ρωγμάτωση δεν ανταποκρίνεται άμεσα στις απαιτήσεις ασφάλειας για την προστασία των υδάτων και την ακτινοπροστασία και δεν έχει γίνει αποδεκτή από το κοινό. (Jackson et al., 2014).

Χιλιάδες πηγάδια για την παραγωγή φυσικού αερίου μ' αυτόν τον τρόπο έχουν διανοιχτεί σε πολλές περιοχές των ΗΠΑ. Εκθέσεις τόνισαν, ακόμη, ότι οι περιοχές όπου εφαρμόζεται η τεχνική, επηρεάζονται επίσης από πιο συχνούς σεισμούς λόγω της αναδιανομής των δυνάμεων στο υπέδαφος. Οι χημικές και ραδιενεργές παρενέργειες της παραγωγής σχιστολιθικού αερίου φαίνονται πολύ σοβαρές και η μόλυνση των υπόγειων υδροφορέων αποτελεί επί του παρόντος ένα σημαντικό ζήτημα. Μια πρόσφατη αξιολόγηση των επιπτώσεων της υδραυλικής διάρρηξης στην ποιότητα και την ποσότητα των υδάτων στις ΗΠΑ έχει τεκμηριώσει μια σειρά επιπτώσεων, αν και τα επιστημονικά στοιχεία κρίθηκαν ανεπαρκή για μια τελική αξιολόγηση σε εθνικό επίπεδο. (Carvalho 2017).

Τα παράπλευρα αποτελέσματα αυτής της μεθόδου υπογραμμίζουν κάτι που ήταν γνωστό από πολύ καιρό: η εξόρυξη μπορεί να είναι πολύτιμη, αλλά συχνά φέρνει στην επιφάνεια και σε επαφή με τη βιόσφαιρα αυξημένες συγκεντρώσεις φυσικώς απαντώμενων στοιχείων που μπορεί να είναι τοξικά για τη ζωή. Η εισαγωγή νέων μεθόδων απαιτεί προφύλαξη στη χρήση και ωρίμανση των τεχνικών. Πρέπει να εφαρμόζεται η αρχή της πρόληψης. (Carvalho 2017).

### 7.2.6. Ουράνιο

Η εξόρυξη ουρανίου επιτρέπει στα ραδιενεργά μεταλλεύματα που παρουσιάζουν ενδιαφέρον για τις βιομηχανικές χώρες να χρησιμοποιηθούν ως καύσιμο για την ηλεκτροπαραγωγή μέσω της πυρηνικής βιομηχανίας. Όπως συμβαίνει και με άλλα ενεργειακά προϊόντα, η γεωγραφική κατανομή των αποθεμάτων ουρανίου και των καταναλωτών του μετάλλου δεν συμπίπτει και γι' αυτό το εξαγόμενο ουράνιο εμπορεύεται και μεταφέρεται σε όλο τον κόσμο. Τα παγκόσμια αποθέματα ουρανίου εκτιμήθηκαν σε περίπου 5,7 εκατ. τόνους και με την παρούσα κατανάλωση (περίπου 63.000 τόνοι ετησίως), τεχνολογία και χρήση, για ένα σύνολο 450 περίπου πυρηνικών αντιδραστήρων που χρησιμοποιούνται για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας, τα αποθέματα θα μπορούσαν να διαρκέσουν περίπου 90 χρόνια. Αυτό αντιπροσωπεύει ένα υψηλότερο επίπεδο εξασφαλισμένων πόρων από ό, τι είναι το σύνηθες για τα περισσότερα ορυκτά. (Carvalho 2017).

Η εξόρυξη του ουρανίου είναι πράγματι ένα πρώτο στάδιο σε ένα σύνολο βιομηχανιών που συνδέονται με το μέταλλο. Με την επικρατούσα ονομασία “κύκλος πυρηνικού καυσίμου” οι βιομηχανίες αυτές είναι κατανεμημένες σε διάφορες χώρες και έχουν σκοπό την προετοιμασία κατάλληλων καυσίμων για την πυρηνική βιομηχανία. (Hore-Lacy 2016).

Κατά κανόνα, το μέταλλευμα ουρανίου που εξάγεται από το ορυχείο υπόκειται σε άλεση σ' έναν παρακείμενο μύλο προκειμένου να προκύψει το λεγόμενο “κίτρινο κέικ” (οξειδίο ουρανίου) για εξαγωγή. Αυτά τα δύο πρώτα στάδια, παράγουν σημαντικές ποσότητες αποβλήτων εξόρυξης και μια σειρά από υπολείμματα ραδιενεργών αποβλήτων, με παραμένουσα ακτινοβολία. Αυτά τα απόβλητα ουρανίου προξενούν επιπτώσεις στο περιβάλλον και εγείρουν μακροπρόθεσμα ζητήματα που χρήζουν προσεκτικής εξέτασης (Carvalho 2017).

Το μεγαλύτερο μέρος των υφιστάμενων εγκαταστάσεων εξόρυξης και άλεσης ουρανίου στον κόσμο, ακόμη και αν ληφθεί υπόψη μόνο η βραχυπρόθεσμη έκθεση σε ραδιενέργεια, δε συμφωνούν με τα τρέχοντα πρότυπα ασφαλείας για την ακτινοπροστασία που εκπόνησε ο ΔΟΑΕ και

εφαρμόστηκαν διεθνώς για την προστασία των εργαζομένων, των πολιτών και του περιβάλλοντος. Οι περιβαλλοντικές επιπτώσεις παλιών ορυχείων ραδίου και ουρανίου έχουν αξιολογηθεί σε πολλές χώρες. Για παράδειγμα, στις ΗΠΑ, τη Γερμανία, τη Γαλλία και την Πορτογαλία, το συμπέρασμα ήταν ότι οι ποσότητες των υπολειμμάτων και η αποστράγγιση των ορυχείων αποτελούν πηγές μόλυνσης που ενισχύουν τη φυσική ραδιενέργεια στο νερό, τα εδάφη και τα γεωργικά προϊόντα. (Carvalho 2017).

Οι δημόσιες ανησυχίες σχετικά με την ασφάλεια των πυρηνικών σταθμών (NPP), ιδίως μετά τα πυρηνικά ατυχήματα του Τσερνομπίλ και της Φουκουσίμα, αμφισβητούν το μέλλον της πυρηνικής ενέργειας και αρκετές χώρες (π.χ. η Γερμανία) αποφάσισαν να απομακρυνθούν απ' αυτήν και να ποντάρουν στις ανανεώσιμες πηγές ενέργειας, παρότι και αυτές μπορεί επίσης να έχουν σημαντικές επιπτώσεις στον κύκλο ζωής, συμμετέχουν στην αύξηση του διοξειδίου του άνθρακα και απαιτούν εξόρυξη για τις απαραίτητες πρώτες ύλες - για παράδειγμα, σπάνιες γαίες και λιπάσματα. Άλλες χώρες (π.χ. Κίνα) έχουν πυρηνικά εργοστάσια υπό κατασκευήν. Ορισμένες χώρες της Αφρικής και της Κεντρικής Ασίας εξέφρασαν επίσης ενδιαφέρον για την πυρηνική ενέργεια και επί του παρόντος σχεδιάζουν να δρομολογήσουν και εξόρυξη ουρανίου. (Carvalho 2017).

Η εξόρυξη και παραγωγή ουρανίου είναι δυνατή σε συμφωνία με τα πρότυπα που διασφαλίζουν την ακτινοπροστασία των εργαζομένων και του περιβάλλοντος. Η σημερινή μεγάλη πρόκληση για τις εταιρείες είναι να οργανώνουν την εξόρυξη του ουρανίου και την άλεσή του έτσι ώστε η προφύλαξη από την ακτινοβολία και η προστασία του περιβάλλοντος -ακόμη και μετά την εγκατάλειψη των ορυχείων - να συμπεριλαμβάνονται στις τιμές του τελικού προϊόντος και να αποφεύγονται μολυσμένες τοποθεσίες παλαιού τύπου. (Carvalho 2017).

### 7.3. Εγγύς μέλλον: ανάγκες, προκλήσεις και προοπτικές στη Γη

Όπως και σήμερα, έτσι και κάθε μελλοντική κοινωνία θα έχει παρόμοιες ή ακόμα μεγαλύτερες ανάγκες για πρώτες ύλες ως εκ τούτου, η διαθεσιμότητα τους πρέπει να εξασφαλιστεί για τις γενιές που έρχονται. Το τρέχον μοντέλο οικονομικής ανάπτυξης δεν πρέπει να εξαντλεί τυφλά πόρους ή να παραβλέπει την εφαρμογή εναλλακτικών μοντέλων ανάπτυξης, αφήνοντας κατ' αυτόν τον τρόπο τις μελλοντικές γενιές στο κατώφλι της περιβαλλοντικής καταστροφής. Αυτή, κατ' αρχάς, είναι η βασική δεοντολογική αρχή της αλληλεγγύης μεταξύ των γενεών. Και άλλωστε, κάτι τέτοιο θα έθετε σε κίνδυνο την βιώσιμη ανάπτυξη, η έννοια της οποίας διατυπώθηκε με διαφωτιστικό τρόπο στην έκθεση Brundtland "Το κοινό μας μέλλον" (WCED, 1987).

Συνεπώς, η εξορυκτική δραστηριότητα είναι ένα τεράστιο πεδίο ανθρώπινης δραστηριότητας που θα εξακολουθεί να ανταποκρίνεται στις κοινωνικές ανάγκες, όπως ο καθορισμός και η βελτίωση της τεχνοσφαίρας, αλλά σήμερα έχει να ανταποκριθεί επίσης και στην πρόσθετη ευθύνη που έρχεται με τη γνώση: να διαχειριστεί τους πόρους υπεύθυνα και να διατηρήσει υγιή οικοσυστήματα ικανά να στηρίξουν την ανθρώπινη κοινωνία με ποιότητα ζωής, σήμερα και στο μέλλον. (Carvalho 2017).

Οι τρέχουσες προκλήσεις που αντιμετωπίζει η εξορυκτική δραστηριότητα είναι η αποκατάσταση των παλαιότερων επιπτώσεων, η καλύτερη προστασία των υδάτινων πόρων και η γενικότερη φροντίδα του περιβάλλοντος και της ανθρώπινης υγείας πολύ αποτελεσματικότερα από ό, τι στο παρελθόν. Τα τρέχοντα και επερχόμενα έργα εξόρυξης πρέπει να συζητούνται με όλους τους ενδιαφερόμενους φορείς και να είναι νομικά εγκεκριμένα και κοινωνικώς αποδεκτά, για να είναι επιτυχημένα. Οι τοπικές κοινότητες, ιδιαίτερα σε υποβαθμισμένες και φτωχές περιφέρειες, έχουν το δικαίωμα να μοιραστούν τον πλούτο από την εξόρυξη πρώτων υλών και να αποκομίσουν απ' αυτήν ένα θετικό αποτέλεσμα στη ζωή τους. (Carvalho 2017).



Εν μέρη, είναι εμφανές ότι μεταλλευτικές εταιρείες προσπαθούν να επιτύχουν ένα αμφίδρομο θετικό κλίμα συμβίωσης των μεταλλευτικών δραστηριοτήτων και των τοπικών κοινοτήτων, με την προσφορά μισθωτής εργασίας και της εντατικής προαγωγής του φυσικού και ανθρωπογενούς περιβάλλοντος. Αυτός ο συντονισμός με τους ενδιαφερόμενους φορείς και ο διαμοιρασμός των πόρων στην κοινότητα, αν και έχει ήδη καθυστερήσει σε πολλές μεταλλευτικές περιοχές, προχωρεί και μπορεί να επιτρέψει τη βελτίωση της εξορυκτικής δραστηριότητας, σε σχέση με το όπως την γνωρίζουμε σήμερα. (Carvalho 2017).

Η μελλοντική εξορυκτική δραστηριότητα, πάλι, αποτελεί έναν άλλο παράγοντα. Η ενισχυμένη εκτίμηση για την ανάγκη προστασίας του περιβάλλοντος και του οικοσυστήματος για τη διασφάλιση της δημόσιας υγείας και της ποιότητας ζωής, έχει ωθήσει τα μεταλλεία να έχουν καλύτερες περιβαλλοντικές επιδόσεις από ό, τι στο παρελθόν. Παρ' όλα αυτά, οι μεταλλευτικές εταιρείες έχοντας ως βασικό κίνητρο το κέρδος σε συνδυασμό με το γεγονός της παγκόσμιας ύφεσης της αγοράς των μετάλλων, τείνουν να χρησιμοποιούν μεταλλευτικές τεχνικές για την επίτευξη μειωμένου κόστους παραγωγής, που ωστόσο επιβαρύνουν σφόδρα το περιβάλλον. (IBM, 2009).

Επιπλέον, η αυτοματοποίηση των διαδικασιών εξόρυξης και μεταλλουργικής επεξεργασίας (από την γεώτρηση μέχρι την χημική επεξεργασία) πολύ σύντομα θα μειώσει την αλληλοεπίδραση του ανθρώπου με επικίνδυνες καταστάσεις (π.χ. μεταφορές των μετάλλων, χημικές εγκαταστάσεις), το οποίο όμως θα ελαττώσει και τις προσφερόμενες θέσεις εργασίας για μη-εξειδικευμένους εργάτες. Μια τέτοια κίνηση μπορεί να αυξήσει το κέρδος των εταιρειών, αλλά παράλληλα μεγεθύνεται και ο κίνδυνος μη-αποδοχής των μεταλλευτικών δραστηριοτήτων από τις τοπικές κοινότητες. Χαρακτηριστικό παράδειγμα είναι οι διαπραγματεύσεις των μεταλλευτικών φορέων με τις τοπικές κοινότητες γύρω από μεταλλευτικές περιοχές στο Περού (Jaskoski, 2014; Flor, 2014).

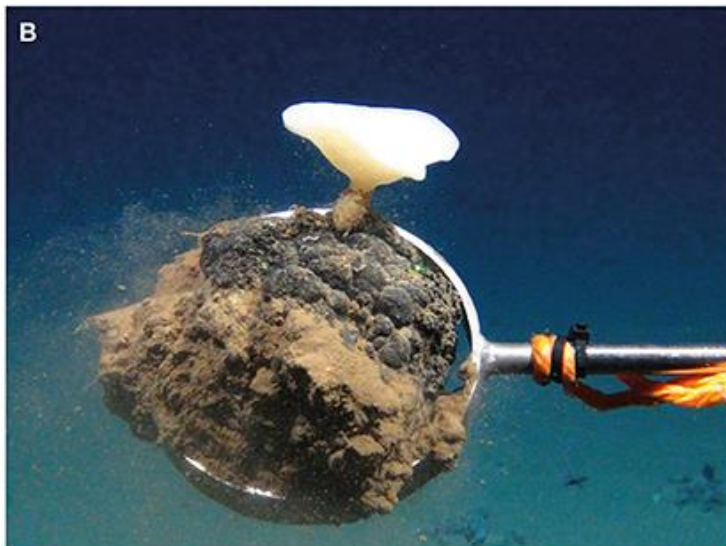
Για να είναι αποδεκτές, οι μεταλλευτικές δραστηριότητες οφείλουν να σέβονται την τοπική πολιτισμική κληρονομιά, να προωθούν την συμμετοχική ανάπτυξη των μεταλλευτικών δραστηριοτήτων με τοπικούς και περιφερειακούς φορείς και ενδιαφερομένους και να προβαίνουν σε δράσεις

που διέπονται από διαφάνεια και με συνεχή ενημέρωση προς τους πολίτες. Επιπλέον οι φορείς μεταλλευτικών δραστηριοτήτων είναι υποχρεωμένοι να σέβονται τα ανθρώπινα δικαιώματα και να προωθούν την προστασία τους, ενώ παράλληλα να δρουν υπέρ της δίκαιης και ίσης κοινωνικό-οικονομικής ανάπτυξης των κοινοτήτων που θίγονται από μεταλλευτικές δραστηριότητες. (Carvalho 2017).

## **7.4. Απώτερο μέλλον: προκλήσεις και προοπτικές σε ακραία γήινα περιβάλλοντα και σε εξωγήινα περιβάλλοντα**

### **7.4.1. Προκλήσεις και προοπτικές σε ακραία γήινα περιβάλλοντα**

Η αυξανόμενη ζήτηση για ορυκτά και μέταλλα, συμπεριλαμβανομένης της χρήσης στον τομέα της τεχνολογίας, έχει οδηγήσει σε αναζωπύρωση του ενδιαφέροντος για την εξερεύνηση των ορυκτών πόρων που βρίσκονται στον βυθό της θάλασσας. Τέτοιοι πόροι, είτε τεράστιες ποσότητες (πολυμεταλλικών) θειούχων σε θαλάσσιες περιοχές γύρω από υδροθερμικές οπές, είτε φλοιοί πλούσιοι σε κοβάλτιο (CRC) στις πλευρές υποθαλάσσιων βουνών ή πεδία μαγγανίου (πολυμεταλλικών) οζιδίων στις αβυσσιακές πεδιάδες, δεν μπορούν να ληφθούν υπόψη ξεχωριστά από τις διακριτές, σε ορισμένες περιπτώσεις ακόμα και μοναδικές, συναθροίσεις θαλάσσιων ειδών που συνδέονται με τους οικοτόπους καθαυτούς και τις περιβαλλοντικές δομές. (Miller et al., 2018).



**Εικόνα 15. Εξερεύνηση ορυκτών πόρων στον βυθό της θάλασσας**

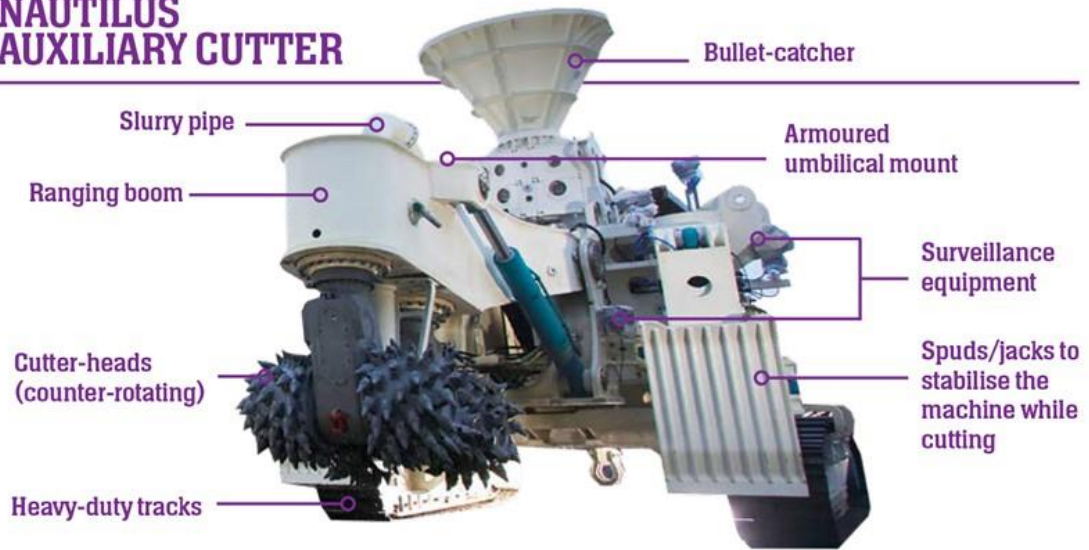
Πηγή: Miller et al., 2018

Σε αυτό το σημείο αναφέρεται ότι η εξόρυξη σε θειούχα άλατα (επίσης γνωστή ως μεταλλική εξόρυξη) αναφέρεται σε εργασίες εξόρυξης στις οποίες απομακρύνονται μέταλλα, όπως χαλκός, νικέλιο, πλατίνα και άλλα, από θειούχα μεταλλεύματα.

Επίσης, εκτός από τα αποθέματα ορυκτών, υπάρχει ενδιαφέρον για την εξαγωγή μεθανίου από ενυδατωμένα αέρια (gas hydrates) στις ηπειρωτικές πλαγιές και υψώματα. Πολλές από τις περιοχές που εντοπίστηκαν για μελλοντική εξόρυξη στο βυθό της θάλασσας αναγνωρίζονται ήδη ως ευπρόσβλητα θαλάσσια οικοσυστήματα. Από την ίδρυσή της το 1982, η Διεθνής Αρχή Θάλασσας (ISA), η οποία ασχολείται με τη ρύθμιση των ανθρωπίνων δραστηριοτήτων στον πυθμένα της θάλασσας πέρα από την ηπειρωτική υφαλοκρηπίδα, έχει εκδώσει 27 συμβάσεις διερεύνησης ορυκτών πόρων, συνολικής επιφάνειας άνω των 1,4 εκατομμυρίων km<sup>2</sup> και συνεχίζει να αναπτύσσει κανόνες για την εμπορική μεταλλεία. Ταυτόχρονα, ορισμένες επιχειρήσεις εξόρυξης πυθμένα βυθού πραγματοποιούνται ήδη σε περιοχές υφαλοκρηπίδας των εθνικών κρατών, γενικά σε σχετικά μικρά βάθη, και σε άλλες σε προχωρημένα στάδια σχεδιασμού. Η πρώτη εμπορική επιχείρηση, που αναμένεται να στοχεύσει σε πλούσια σε μεταλλικά στοιχεία σουλφίδια σε βαθύτερα νερά, σε βάθη μεταξύ 1.500 και 2.000 μέτρων στην ηπειρωτική υφαλοκρηπίδα της Παπούασίας, έχει προγραμματιστεί να αρχίσει στις αρχές του 2019. (Miller et al., 2018).

Από την άλλη πλευρά, αξίζει να σημειωθεί ότι οι πρώτες μεγάλες μηχανές εξόρυξης βαθέων υδάτων στον κόσμο, παραδόθηκαν από τη Βρετανία με βάση το Soil Machine Dynamics (SMD) στα Nautilus Minerals στην Παπούα Νέα Γουινέα το 2017. Ωστόσο, κανένα μηχάνημα δεν έχει δοκιμαστεί σε βάθος λόγω συμβατικών προβλημάτων με την ολοκλήρωση της παραγωγής σκάφους υποστήριξης που κατασκευάζεται στην Κίνα. (Murray, 2019).

## NAUTILUS AUXILIARY CUTTER



Εικόνα 16. Το υπό κατασκευή μηχανήμα / πρότζεκτ SMD's Solwara 1

Πηγή: Murray, 2019

### A. Υπεράκτια άντληση πετρελαίου

Μεταξύ της κοινότητας των ιστορικών μοιάζει να επικρατεί συναίνεση ως προς την ημερομηνία και τον τόπο που σηματοδοτεί την έναρξη της έρευνας και άντλησης πετρελαίου από τη θάλασσα. Η ημερομηνία αυτή είναι το 1897 και ο τόπος η -τότε- ειδυλλιακή παραλία της πόλης Summerland στην Καλιφόρνια, κοντά στη Santa Barbara. Το έναυσμα για τις έρευνες έδωσε η τακτική παρουσία κηλίδων πετρελαίου στη θαλάσσια περιοχή λίγες εκατοντάδες μέτρα έξω από την ακτή και για το λόγο αυτό ο επιχειρηματίας H. L. Williams αποφάσισε να παραλείψει εντελώς το στάδιο της έρευνας και να προχωρήσει κατευθείαν στο στάδιο της άντλησης. Τρεις ξύλινες αποβάθρες στήθηκαν, φτάνοντας σε απόσταση ενός τετάρτου του μιλίου (περίπου 400 μέτρα) έξω από την ακτή και σε σημείο όπου το βάθος του νερού ήταν 11 μέτρα. Οι αποβάθρες έφτασαν σε τρία χρόνια να φιλοξενούν 20 πύργους γεωτρήσεων (derricks) που χρησιμοποιούσαν την τεχνολογία της εποχής: ασάλινο σωλήνα από τον πύργο προς τον πυθμένα και εργαλεία με συρματόσκοινα -τα περιστροφικά γεωτρήματα (rotary drilling rigs) δεν ήταν

ακόμη τότε σε χρήση. Με όλο τον υποστηρικτικό εξοπλισμό (γεννήτριες κ.λπ.) τοποθετημένο στην ακτή και με αυτή την τεχνολογία γεώτρησης ο Williams πέτυχε το βάθος στόχου των 139 μέτρων κάτω από τον αμμώδη πυθμένα της περιοχής. (BP National Commission, 2010).

Η πρώτη θαλάσσια εξέδρα επιφανείας αποτέλεσε μια καινοτόμο κατασκευή της εταιρείας Brown & Root, ολοκληρώθηκε το 1938 και σηματοδοτεί την έναρξη της υπεράκτιας άντλησης πετρελαίου. Κατασκευάστηκε κατά παραγγελία, το 1937, της κοινοπραξίας Superior Oil και Pure Oil, επτά χρόνια αφότου οι γεωφυσικές και σεισμικές έρευνες που είχε διεξάγει η Pure Oil στην περιοχή της παραθαλάσσιας πόλης Creole, της Λουιζιάνα είχαν καταλήξει στο συμπέρασμα ότι οι πετρελαιοφόροι άμμοι (oil sands) που βρίσκονταν στην περιοχή, επεκτείνονταν και κάτω από τη θάλασσα. Το βάθος του νερού κάτω απ' την εξέδρα ήταν μόλις 4,5 μέτρα και η απόστασή της απ' την ακτή περίπου 1600 μέτρα, παρά ταύτα η κατασκευή της υπήρξε ορόσημο για την εποχή και εγκαινίασε έναν νέο κλάδο της πετρελαϊκής βιομηχανίας. Το βάθος της πρώτης γεώτρησης, αφότου η εξέδρα, με τον καιρό, ενισχύθηκε κι άλλο, με ασάλινα δεσίματα και επιπλέον πασσάλους, έφτασε στα 2865 μέτρα και την ακολούθησαν άλλες 10 γεωτρήσεις που, συνολικά, απέδωσαν 4.000.000 βαρέλια πετρελαίου (Mbo) στη διάρκεια ζωής του κοιτάσματος Creole. Το κοίτασμα Creole οδήγησε στην έρευνα και την ανακάλυψη αρκετών ακόμη περιοχών με μικρό θαλάσσιο βάθος που θα μπορούσαν να είναι αποδοτικές, όμως οι περιορισμένες τότε δυνατότητες των σεισμικών ερευνών εμπόδιζαν την εκμετάλλευσή τους, αφού τις παρουσίαζαν πρακτικώς απροσπέλαστες με την τεχνολογία της εποχής. Επιπλέον, το πρηνές της υφαλοκρηπίδας ήταν πλούσιο κυρίως σε φυσικό αέριο, κάτι που έκανε ασύμφορη την εκμετάλλευση των μικρών κοιτασμάτων που βρίσκονταν όμως διασκορπισμένα. Η εντονότερη έρευνα για την ανακάλυψη κοιτασμάτων σε μεγαλύτερα θαλάσσια βάθη ήταν αναπόφευκτη και προς τα εκεί οδηγήθηκε η βιομηχανία. (BP National Commission, 2010)

## **B. Υπεράκτιες Γεωτρήσεις**

Ο όρος “υπεράκτιες γεωτρήσεις” ή “θαλάσσιες γεωτρήσεις μεγάλου βάθους” δεν πρέπει να συγχέεται με το βάθος στόχου: αφορά μόνον το ύψος της στήλης νερού από την επιφάνεια μέχρι τον πυθμένα της θάλασσας. Το βάθος στόχου (αφότου το γεωτρύπανο έχει διαπεράσει τον πυθμένα) μπορεί και να φτάνει τα 10 χιλιόμετρα, όμως η σημερινή τεχνολογία δεν επιτρέπει εκμετάλλευση σε βάθη μεγαλύτερα από τα 3100 μέτρα από την εξέδρα έως τον πυθμένα. Η σχετική κατηγοριοποίηση (σε μέτρα) είναι η εξής:

### **Πίνακας 1. Κατηγοριοποίηση βάθους**

<i>Βάθος νερού, ft -metres</i>	<i>Κατηγοριοποίηση</i>
<i>0-999 - 0 έως 300 meters</i>	<i>Μικρού βάθους (Shallow water)</i>
<i>1000-4999 – 300 έως 1500 meters</i>	<i>Μεγάλου βάθους (Deepwater)</i>
<i>+5000 -πάνω από 1500 μέτρα</i>	<i>Πολύ μεγάλου βάθους (Ultradeep water)</i>

Η πρόοδος στην τεχνολογία -και – των γεωτρήσεων καθιστά σήμερα συμφέρουσα την άντληση πετρελαίου και φυσικού αερίου από σημεία που βρίσκονται σε ολοένα και μεγαλύτερα βάθη. Το όριο αυτή τη στιγμή είναι στα περίπου 3 χλμ, όμως η έρευνα συνεχίζεται εντατικά για να επιτευχθούν ακόμη πιο φιλόδοξοι στόχοι. Το 2012, σύμφωνα με την έκθεση της IFP Energies nouvelles, η πετρελαϊκή βιομηχανία είχε φτάσει να επενδύει περίπου μισό τρισεκατομμύριο δολάρια ετησίως στην έρευνα για τον εντοπισμό και την αξιοποίηση κοιτασμάτων σε όλο τον πλανήτη και τα 100 δισ., το 20% απ’ αυτά, αφορούσαν έρευνα και ανάπτυξη (R&D) στο πεδίο των θαλάσσιων γεωτρήσεων. Ο τομέας, ωστόσο, δέχθηκε μεγάλο πλήγμα από την οικονομική κρίση του 2008.

Παρά τις προκλήσεις που παρουσιάζουν οι θαλάσσιες γεωτρήσεις, ειδικά αυτές του πολύ μεγάλου βάθους, όπου οι πιέσεις είναι εξαιρετικά υψηλές, η συνέχισή τους είναι απαραίτητη από τις πετρελαϊκές εταιρείες, διότι αντιπροσωπεύουν περίπου το 20% των γνωστών αποθεμάτων πετρελαίου και το 25% του φυσικού αερίου. Με εκτιμήσεις του 2010, τα θαλάσσια κοιτάσματα που είναι ήδη υπό εκμετάλλευση παρήγαγαν 650 δισεκατομμύρια ισοδύναμα βαρέλια πετρελαίου (Gigabarrels of oil equivalent ή Gboe σε συντομογραφία), γεγονός που οδηγεί αναγκαστικά στην προσπάθεια να ξεπεραστούν οι τεχνολογικές προκλήσεις και να επιτευχθεί η άντληση από ολόένα και μεγαλύτερα βάθη.

Αυτονόητα, λόγω των εξαιρετικά χαμηλών θερμοκρασιών και των αντίστοιχα υψηλών πιέσεων, οι γεωτρήσεις μεγάλου και πολύ μεγάλου βάθους παρουσιάζουν πολύ υψηλότερο βαθμό δυσκολίας και κινδύνων, φυσικών και τεχνολογικών, απ' ό,τι οι γεωτρήσεις σε ρηχά νερά. Στους φυσικούς κινδύνους, περιλαμβάνονται αυτά καθαυτά τα φαινόμενα επιφανείας (καταιγίδες, κύματα, ρεύματα κ.λπ.), όσο και αυτά του πυθμένα (π.χ. λασποηφαίστεια, υδρίτες, ασταθή πρηνή κ.α.). Οι ακραίες περιβαλλοντικές συνθήκες, με τη σειρά τους, αναδεικνύουν κινδύνους που σχετίζονται με προβλήματα στην τεχνολογία που αυτή τη στιγμή εφαρμόζεται για τη γεώτρηση και την άντληση του πόρου. (Martin, 2012).

Ένας από τους πιο μεγάλους τέτοιους κινδύνους είναι οι αιφνίδιες εκρήξεις (blowouts). Συχνά, οι αιφνίδιες εκρήξεις ανακλύπουν από προβλήματα στη δομική ακεραιότητα της εξόρυξης, αλλά και από απώλεια πίεσης στη λάσπη διάτρησης και τεχνικές ανεπάρκειες στην τσιμέντωσή της. Η πιθανότητα αποτυχίας αυξάνεται όσο αυξάνεται το βάθος της γεώτρησης, διότι αντιστοίχως αυξάνονται και οι απαιτούμενες ποσότητες λάσπης και τσιμέντου. Ένα άλλο σημαντικό ζήτημα είναι και το γεγονός ότι οι εξέδρες γεώτρησης σε βαθιά ύδατα είναι εγκατεστημένες σε απομακρυσμένα σημεία και η αντιμετώπιση έκτακτων περιστατικών, όπως μια έκρηξη ή μια διαρροή, μπορεί να καθυστερήσει σημαντικά σε σχέση με αντίστοιχα ατυχήματα στην ξηρά ή σε ρηχά νερά, κοντά στις ακτές. Στην ανοιχτή θάλασσα, η όρυξη μιας γεώτρησης εκτόνωσης (relief well) αποτελεί τον ύστατο τρόπο αντιμετώπισης



μιας ανεξέλεγκτης διαρροής, σύμφωνα με τα πρότυπα των σχεδίων έκτακτης ανάγκης (emergency planning). (Martin, 2012).

Όπως είναι λογικό, οι δυσκολίες που αναφέρθηκαν πιο πάνω, αυξάνονται όσο αυξάνεται και το βάθος της γεώτρησης και σ' αυτό το πλαίσιο, ένα από τα πλέον διαπιστωμένα προβλήματα είναι αυτό που προκύπτει από τη μικρή ανοχή μεταξύ πίεσης των πόρων και βαθμού ρωγμάτωσης του σχηματισμού. Σε μια επίγεια γεώτρηση, ή σε μια γεώτρηση σε ρηχά νερά, αυτό το περιθώριο ασφαλείας είναι σημαντικά μεγαλύτερο απ' αυτό σε μια γεώτρηση σε μεγάλο θαλάσσιο βάθος. Η βαθμίδα ρωγμάτωσης εξαρτάται άμεσα από το βάρος των υπερκειμένων του πόρου. Όμως, μια στήλη πετρώματος είναι βαρύτερη από μια ισοδύναμη στήλη θαλασσινού νερού και συνεπώς η βαθμίδα ρωγμάτωσης είναι χαμηλότερη στις υποθαλάσσιες γεωτρήσεις. Συνεπακόλουθα, όσο μεγαλύτερο είναι το βάθος του νερού, τόσο μικρότερο το "εύρος του παραθύρου" μεταξύ της πίεσης του πόρου και της πίεσης ρωγμάτωσης, κάτι που σημαίνει ότι για να διατηρηθεί εντός λειτουργικού πλαισίου το ειδικό βάρος της λάσπης γεώτρησης, απαιτούνται επιπλέον σωληνώσεις.

Ειδικότερα, σε γενικές γραμμές, όσο πιο βαθιά είναι τα νερά όπου διενεργείται η γεώτρηση, τόσο αυξάνεται και η γεωλογική πολυπλοκότητα της διάταξης. Το γεγονός αυτό λειτουργεί συνδυαστικά με το μικρό εύρος του "παραθύρου" μεταξύ πίεσης του πόρου και βαθμίδας ρωγμάτωσης και για να αντιμετωπιστεί αυτό το ζήτημα απαιτούνται επιπλέον σωληνώσεις. Μια συμβατική γεώτρηση απαιτεί περίπου 5 σωληνώσεις, αλλά μια γεώτρηση σε μεγάλο θαλάσσιο βάθος μπορεί να απαιτεί έως και 10 διαφορετικές. Λόγω του αυξημένου αριθμού σωληνώσεων τα όρια ανοχής μέσα στη γεώτρηση γίνονται πιο στενά, ενώ αντίστοιχης σημασίας είναι και η διασφάλιση της ποιότητας των υλικών. Με την πρόοδο της τεχνολογίας, οι απαιτήσεις αυτές έχουν φτάσει να ικανοποιούνται, ενώ αυξημένα είναι πλέον και τα μεγέθη των σωληνώσεων που παρέχει η βιομηχανία.

## Γ. Μηχανισμοί Ασφαλείας

Στην καθομιλουμένη της κοινότητας των θαλασσίων εξορύξεων, η συστοιχία εξαρτημάτων που τοποθετούνται στην κεφαλή της γεώτρησης, προκειμένου να ελεγχθεί η παραγωγή, ονομάζεται “δέντρο” ή, ακόμη πιο γλαφυρά, “Χριστουγεννιάτικο δέντρο”. Επειδή αποτελείται από πηνία, βαλβίδες, στραγγαλιστικά, μανόμετρα κ.λπ., όντως μοιάζει, στο τέλος, μ’ ένα χριστουγεννιάτικο δέντρο και γι’ αυτό η ονομασία έχει επικρατήσει.

Ο αντικρηκτικός μηχανισμός ασφάλειας (Blow-Out-Preventer και εν συντομία BOP -εκφέρεται ως B-O-P ), είναι μια ειδικού τύπου βαλβίδα, ή παρόμοια μηχανολογική διάταξη εκτόνωσης, που συχνά τοποθετείται σε στοίβες, για να παρακολουθήσει, ελέγξει και, το κυριότερο, σφραγίσει, εν ανάγκη, τις γεωτρήσεις, ειδικά σε μεγάλα βάθη. Οι μηχανισμοί αυτοί προορίζονται να αντιμετωπίσουν κινδύνους κοινούς σε τέτοιου είδους εξορύξεις, όπως, π.χ., τα kicks (αιφνίδιες εισροές αερίου), τις συχνά ακραίες ασταθείς πιέσεις, αλλά και την ανεξέλεγκτη ροή πετρελαίου ή φυσικού αερίου από τη γεώτρηση. Όλα τα πιο πάνω μπορούν να οδηγήσουν σε καταστροφικά γεγονότα όπως οι εκρήξεις (blowouts) και γι’ αυτό το λόγο τα BOP είναι μηχανισμοί θεμελιώδους κρισιμότητας για μια σειρά από ζητήματα που ξεκινούν από την πιθανή μετατόπιση της σωλήνωσης, του ρευστού διάτρησης, της ακεραιότητας και των εξαρτημάτων της γεώτρησης και φτάνουν ως την περιβαλλοντική προστασία και την ασφάλεια του προσωπικού της πλατφόρμας. (Chakrabarti, 2005).

Από την άλλη πλευρά, οι υποθαλάσσιες γεωτρήσεις απαιτούν μια διαρκή μεταφορά υλικών από τον πυθμένα προς την πλατφόρμα εξορύξης και παραγωγής και το αντίστροφο. Τα risers είναι οι σωληνωτοί αγωγοί (conduits) που επιτρέπουν αυτή ακριβώς την κάθετη παραγωγή και εισαγωγή / εξαγωγή υλικών, αλλά και τη σύνδεση των εγκαταστάσεων που βρίσκονται στην εξέδρα μ’ αυτές που βρίσκονται στον πυθμένα της θάλασσας. (Rigzone.com, 2013).

Τα Remotely Operated Vehicles (ROVs) είναι υποβρύχια τηλεχειριζόμενα ρομποτικά σκάφη που ελέγχονται από την επιφάνεια μέσω ενός συνδέσμου τροφοδοσίας που περιλαμβάνει καλώδια ρεύματος, χειρισμού και επικοινωνίας και επιτρέπει, επίσης, τη συλλογή πληροφοριών

από τον πυθμένα. Τα ROVs αποτέλεσαν αναγκαιότητα για τις υποθαλάσσιες γεωτρήσεις, αφού οι κίνδυνοι και οι δυσκολίες που αντιμετωπίζουν οι δύτες σε υψηλές πιέσεις, καθιστούν την ανθρώπινη παρουσία ανέφικτη σε πολύ μεγάλα βάθη. Υπάρχει ένα συγκεκριμένο όριο, σχετικά χαμηλό, πέρα απ' το οποίο η κατάδυση δυτών είναι απαγορευτική και τα ROVs, που σχεδιάστηκαν ακριβώς για να ξεπεραστούν αυτοί οι ανθρώπινοι περιορισμοί, αποτελούν σήμερα απαραίτητο εργαλείο για τη βιομηχανία του πετρελαίου (Rigzone.com, 2013).

Το πρώτο ROV που συνεισέφερε ουσιαστικά σε θαλάσσια γεώτρηση χρησιμοποιήθηκε το 1962 από τη Shell στη Δυτική Ακτή των ΗΠΑ (BP National Commission, 2010).

#### **Δ. Φυσικοί κίνδυνοι των θαλάσσιων γεωτρήσεων σε μεγάλα βάθη**

Πριν ξεκινήσει η έρευνα για μια γεώτρηση σε μεγάλα βάθη, πρέπει να συνυπολογιστούν, κατά προτεραιότητα, κάποιες παράμετροι του θαλάσσιου περιβάλλοντος, αλλά και οι πιθανοί γεωλογικοί κίνδυνοι. Οι περιβαλλοντικές παράμετροι που λαμβάνονται υπόψιν αφορούν το βάθος του στόχου, αλλά και του νερού, τις καιρικές συνθήκες, τη θερμοκρασία στην επιφάνεια της θάλασσας, όπως και στον πυθμένα, το ύψος των κυμάτων, τα θαλάσσια ρεύματα και την χλωρίδα και πανίδα της περιοχής. (Blischke et al, 2012).

Ως γεωλογικοί κίνδυνοι, απ' την άλλη πλευρά, ορίζονται γεωλογικές καταστάσεις “που αντιπροσωπεύουν ή δυνητικά μπορούν να εξελιχθούν έτσι ώστε να οδηγήσουν σε βλάβη ή και ανεξέλεγκτο κίνδυνο”. Τέτοιοι κίνδυνοι, που εξαρτώνται από τις γεωλογικές συνθήκες και διεργασίες, σύγχρονες ή του παρελθόντος, απαντώνται, πρακτικώς σε κάθε σημείο του πλανήτη. Στη θάλασσα, οι πιο σημαντικοί απ' αυτούς τους κινδύνους είναι (International Centre for Geohazards, 2010):

- i Η αστάθεια των πρηνών και οι κατολισθήσεις μαζών (mass wasting processes), μεταξύ των οποίων και οι ροές φερτών υλικών (debris flows) και οι βαρυτικές (gravity flows)

- ii Τα φαινόμενα που ανακλύπτον από την πίεση των πόρων. Μεταξύ αυτών περιλαμβάνονται ο διαπυρισμός της λάσπης και τα λασποηφαίστεια, οι αβαθείς υδροφορείς, οι υδρίτες φυσικού αερίου, οι συγκεντρώσεις αερίου σε μικρά βάθη, οι υποβρύχιοι κρατήρες που προκλύπτον από τη διαφυγή αερίου (rockmarks) και οι διαφυγές ρευστών (fluidments)
- iii Η σεισμικότητα

#### **Δ. Άλλα ακραία γήινα περιβάλλοντα**

Χαρακτηριστικό παράδειγμα ακραίου περιβάλλοντος αποτελεί το ορυχείο χρυσού Sarylakh στη Ρωσία, τύπου επιφανειακής εκμετάλλευσης, για την παραγωγή χρυσού και αντιμονίου, το οποίο αποτελεί το ψυχρότερο στον κόσμο έχοντας ως μέση χαμηλότερη θερμοκρασία τους  $-46,7^{\circ}$ . (Frik Els, 2016).

Από την άλλη πλευρά, διενεργούνται και επιχειρήσεις εξορύξεων αποβλήτων. Στη δύσκολη ως προς την ανεύρεση ανανεώσιμων πηγών ενέργειας εποχή που ζούμε φαίνεται πως ένα πράγμα συνεχίζουμε να το παράγουμε ακούραστα και αδιάκοπα και αυτό είναι τα απορρίμμάτα μας. Οι επιχειρήσεις εξόρυξης αποβλήτων μπορούν εξελικτικά να απελευθερώνουν ολόένα και περισσότερους χώρους, οι οποίοι ήδη χρησιμοποιούνται σε χωματερές, ΧΥΤΑ, ΧΑΔΑ κλπ., ούτως ώστε να επαναχρησιμοποιηθούν στο μέλλον για ίδια ή και διαφορετική χρήση. Επίσης βοηθούν στην αποκατάσταση του περιβάλλοντος και της οπτικής αναβάθμισής του αλλά κυρίως της ποιότητας ζωής. Το μεγαλύτερο δυνητικά πλεονέκτημά τους παρόλα αυτά είναι πως μέσω των έργων αυτών υπάρχει τα τελευταία χρόνια ανάκτηση πόρων χρήσιμων σε αναρίθμητους τομείς της καθημερινότητας, ανακυκλώσιμων υλικών, ακόμα και καύσιμης ύλης, η οποία οδηγεί σε παραγωγή ενέργειας. (Σφυρη, 2014).

Τέλος, σύμφωνα με την Life+ reclaim (2014): «ο βασικός στόχος είναι να μετατραπεί η Εξόρυξη Αποβλήτων (LFM) σε ένα χρήσιμο εργαλείο για την ανάκτηση:

- ❖ Υλικών, ιδίως μετάλλων
- ❖ Χώρου, που ισοδυναμεί με επιπλέον χωρητικότητα για τον ΧΥΤΑ και διάρκεια ζωής σε περιπτώσεις επέκτασης
- ❖ Εδάφους, το οποίο απορρίπτεται μαζί με τα απόβλητα και το οποίο είναι ένας πολύτιμος φυσικός πόρος για τα τοπικά οικοσυστήματα, καθώς και την ίδια τη βιομηχανία υγειονομικής ταφής
- ❖ Ανακυκλώσιμων υλικών, όπως πλαστικό και χαρτί, τα οποία μπορεί είτε να ανακυκλώνονται μετά από επεξεργασία σε κατάλληλη εγκατάσταση ανακύκλωσης ή να καίγονται στις σύγχρονες εγκαταστάσεις αποτέφρωσης
- ❖ Γης, ιδίως στην περίπτωση των παλαιών χωματερών, που μπορεί να οδηγήσει σε ένα επιτυχές πρόγραμμα αποκατάστασης με ελάχιστο περιβαλλοντικό αποτύπωμα και προσαρμόζεται εύκολα σε διαφορετικές συνθέσεις των αποβλήτων και καταστάσεις της χωματερής.» (Life+ reclaim, 2014).



**Εικόνα 17. Ανακύκλωση μετάλλων από απόβλητα**

Πηγή: Carvalho, 2017

#### 7.4.2. Προκλήσεις και προοπτικές σε εξωγήινα περιβάλλοντα

Σήμερα, το ταξίδι στο διάστημα τείνει να μοιάζει με προσπάθεια να ταξιδιού από τη Νέα Υόρκη στο Λος Άντζελες με ένα μόνο γέμισμα του ρεζερβουάρ και με όλα τα αναλώσιμα του ταξιδιού φορτωμένα στο αυτοκίνητο. Υπάρχουν πάνω από 16.000 αστεροειδείς κοντά στη Γη που η τροχιά τους προσεγγίζει αυτή της Γης. Οι αστεροειδείς αυτοί περιέχουν τους πόρους που καθιστούν δυνατή την τροφοδοσία και τη διατήρηση της ζωής μακριά από τον πλανήτη μας, δημιουργώντας ένα νέο τρόπο ταξιδιού και ανθρώπινης παρουσίας στο διάστημα. Οι κοντινοί στη Γη αστεροειδείς είναι εύκολα προσβάσιμοι. Πιο προσβάσιμοι ακόμη κι από τη Σελήνη, οι κοντινοί στη Γη αστεροειδείς αποτελούνται από φυσικούς πόρους που μπορούν να επιταχύνουν την εξερεύνηση και την εκμετάλλευση από την ανθρωπότητα του απώτερου διαστήματος. Επίσης, είναι πλούσιοι σε πόρους και ορυκτά. Περίπου δύο τρισεκατομμύρια τόνοι νερού, για παράδειγμα, είναι διαθέσιμοι σε αστεροειδείς κοντά στη Γη. Αυτό το νερό μπορεί να χρησιμοποιηθεί για τη διατήρηση της ανθρώπινης ζωής, αλλά και ως προωθητικό για διαστημικά σκάφη. Μέσα από ένα εκτεταμένο, πολυετές πρόγραμμα παρατήρησης, π.χ. η Planetary Resources, όπως και άλλες εταιρείες στον κλάδο, επέλεξε τους πιο ελπιδοφόρους, πλούσιους σε νερό αστεροειδείς, ως στόχους για την πρώτη εξερευνητική αποστολή της εταιρείας. (Planetary Resources, χωρίς χρονολογία).



**Εικόνα 18. Εντοπισμένοι πόροι νερού σε αστεροειδή**

Πηγή: Planetary Resources (<https://www.planetaryresources.com/why-asteroids/>)

Ειδικότερα, η νεοφυής επιχείρηση “Planetary Resources” (Πλανητικοί Πόροι), ξεκίνησε το 2012 με τη μετριοπαθή επιδίωξη της εξόρυξης ορυκτών, μετάλλων, νερού και άλλων πολύτιμων αγαθών από αστεροειδείς, με το σκεπτικό ότι η διαστημική μεταλλεία θα μπορούσε να γίνει πραγματικότητα. Την ακολούθησαν δηλώσεις του διευθύνοντα σύμβουλου της Amazon, Jeff Bezos, ο οποίος άρχισε να μιλά για ένα μέλλον στο οποίο όλη η βαριά βιομηχανία δεν θα πραγματοποιείται στη Γη, αλλά πάνω από αυτήν. Μάλιστα, η NASA χρηματοδότησε την έρευνα για την εξόρυξη αστεροειδών και η Σχολή Μεταλλευτικής του Κολοράντο θέσπισε πτυχιακό πρόγραμμα σπουδών πάνω στο ίδιο αντικείμενο. Ο Γερουσιαστής Τεντ Κρουζ προέβλεψε ότι ο πρώτος τρισεκατομμυριούχος της Γης θα καταφέρει να αποκτήσει τέτοια περιουσία από την εκμετάλλευση του Διαστήματος. Έτσι, επενδύσεις σε εταιρείες που σχετίζονται με το διάστημα γίνονται ολοένα και περισσότερο τα τελευταία χρόνια. (Abrahamian, 2019).

Εξίσου κρίσιμη για τις επενδυτικές ευκαιρίες είναι και η πολιτική επιρροή του εκκολαπτόμενου εμπορικού διαστημικού τομέα, που κατάφερε

και πέρασε από το Κογκρέσο, το Νόμο για το Διάστημα (SPACE Act ) το 2015. Αυτός ο αμφιλεγόμενος νόμος προέβλεπε κι έναν κανόνα του είδους “όποιος βρει πρώτος οτιδήποτε, του ανήκει”. Σύμφωνα μ’ αυτόν τον κανόνα οι ιδιωτικές αμερικανικές εταιρείες θα είχαν όλα τα δικαιώματα πάνω στα υλικά που θα εξαγάγουν από ουράνια σώματα, χωρίς αυτό το δικαίωμα να τυγχάνει αμφισβήτησης. Πριν από αυτό, τα δικαιώματα εξόρυξης, αλλά και ιδιοκτησίας στο διάστημα που δεν ανήκει σε καμία χώρα, δεν ήταν δεδομένα. (Abrahamian, 2019).



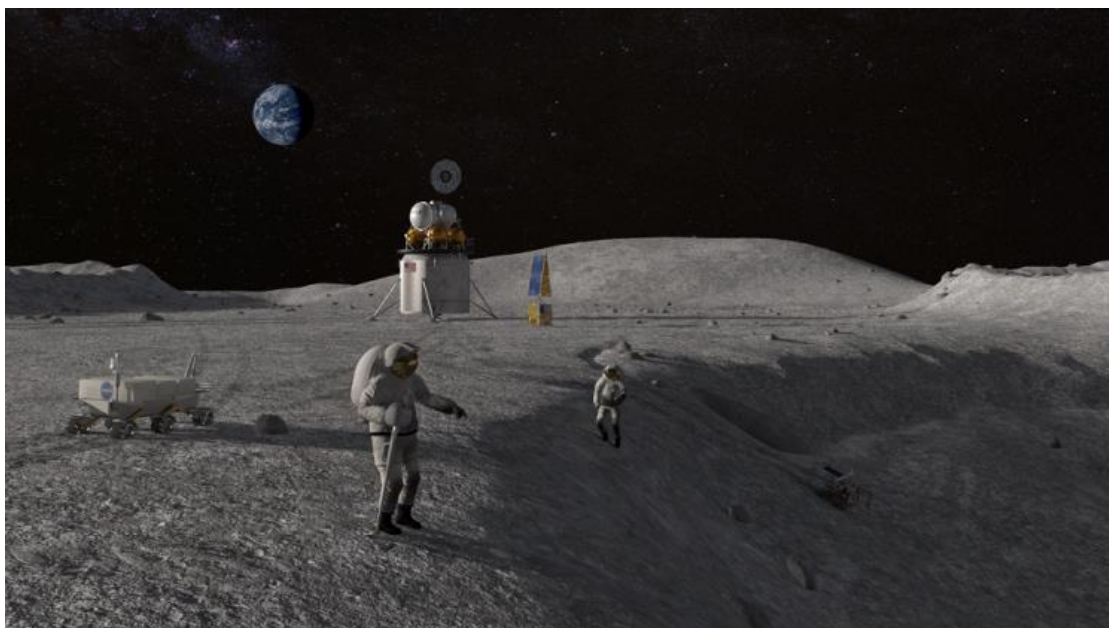
**Εικόνα 19. Ο αστεροειδής Bennu και άλλοι αστεροειδείς**

Πηγή: Williams, 2019

Από την άλλη πλευρά, καθώς η ιδέα της εξόρυξης από αστεροειδείς, αλλά και από τη Σελήνη συνεχίζει να απασχολεί τον επιστημονικό, αλλά και τον εμπορικό τομέα, οι επιστήμονες της NASA θεωρούν ότι οι πρόοδοι στη ρομποτική και την τρισδιάστατη εκτύπωση μπορεί να οδηγήσουν στην ανάπτυξη και κατασκευή αυτοσυντηρούμενων μηχανημάτων και εργαλείων



που θα μπορούσαν να καταστήσουν την εξόρυξη από αστεροειδείς πραγματικότητα. Οι εταιρείες που ενδιαφέρονται για την εξόρυξη εκτός Γης επισημαίνουν επίσης ότι οι αστεροειδείς περιέχουν νερό το οποίο μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την κατασκευή πυραυλικών καυσίμων πυραύλων στο διάστημα, και έτσι να μπορεί να επεκταθεί η εξερεύνηση. Εταιρείες όπως η SpaceX, εκτός από την προαναφερόμενη Planetary Resources, έχουν σημειώσει σημαντική πρόοδο στα εμπορικά τους προγράμματα εξερεύνησης του διαστήματος. (Calam, 2019).



**Εικόνα 20. Αστροναύτες που εξερευνούν έναν κρατήρα της Σελήνης**

Πηγή: Williams, 2019

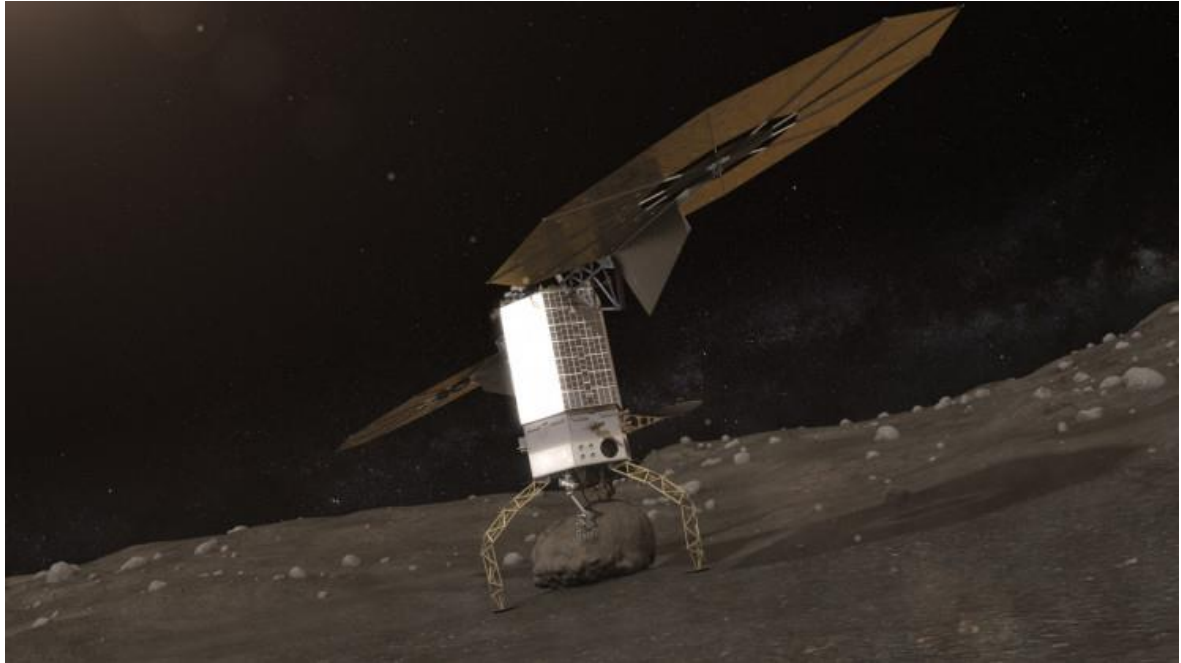
Πρόσφατα, το phys.org αναφέρθηκε σε ένα άλλο σχέδιο για την εξόρυξη στο διάστημα, αυτή τη φορά σχετικά με τον Άρη και την επί τόπου αξιοποίηση των πόρων του, μια διαδικασία γνωστή και ως βιο-μεταλλευτική. Σύμφωνα με το άρθρο, μια νέα μελέτη, με την ονομασία BioRock (Βιο-Πέτρωμα), που διεξάγεται στον Διεθνή Διαστημικό Σταθμό, προσπαθεί να εξακριβώσει με ποιο τρόπο μπορούν να αναπτυχθούν μικρόβια που

τροποποιούν τα πλανητικά πετρώματα σε συνθήκες μηδενικής, αλλά και χαμηλής, παρόμοιας με του Άρη, βαρύτητας. (Calam, 2019).

Η συγκεκριμένη μελέτη αφορά επίσης στην πρώτη απόπειρα για εξωγήινη “βιο-μεταλλευτική” και χρησιμοποιεί για πρώτη φορά στο διάστημα έναν πρωτότυπο, μικροσκοπικό αντιδραστήρα εξόρυξης. Κάτι τέτοιο, με τη σειρά του, θα επέτρεπε να πραγματοποιηθεί ένας στόχος που ο Eric Anderson προέβλεψε ότι θα ήταν εφικτός μέχρι τα μέσα του 2020: την εξαγωγή πάγου από αστεροειδείς κοντά στη Γη και την πώλησή του στο διάστημα ως πυραυλικό καύσιμο για άλλες αποστολές. Το νερό μπορεί να διασπαστεί σε υδρογόνο και οξυγόνο για να παράγει εύφλεκτο καύσιμο, ή - όπως στην τεχνολογία που έχει αναπτύξει η Deep Space Industries (DSI) – να θερμανθεί έως ότου το ίδιο να γίνει προωθητικό υλικό με τη μορφή πίδακα ατμού. (Calam, 2019).

Η διαστημική εξόρυξη ίσως πάρει καιρό ακόμη μέχρι να γίνει πραγματικότητα. Εν τω μεταξύ, ορισμένες μεταλλευτικές εταιρείες διερευνούν τρόπους για να επεκτείνουν τις πηγές πρώτων υλών τους, μέσω νέων τεχνολογιών επανεπεξεργασίας που αντλεί πολύτιμα μέταλλα από απόβλητα. Άλλα, πιο άμεσα θέματα που αντιμετωπίζει η βιομηχανία, περιλαμβάνουν τις περιβαλλοντικές ανησυχίες, την αυξανόμενη απαίτηση για αυτοματοποιημένο εξοπλισμό εξόρυξης και την ανάγκη για υιοθέτηση εξελιγμένων τεχνολογιών επικοινωνίας και πληροφορικής για τη διαχείριση των ορυχείων. (Calam, 2019).

Σε αυτό το σημείο, αξίζει να προστεθεί το γεγονός ότι το Ινστιτούτο Γεωλογικών Ερευνών των ΗΠΑ (USGS) εξειδικεύεται στη χαρτογράφηση των φυσικών πόρων εδώ στη Γη. Πρόσφατα, ωστόσο, ο οργανισμός ξεκίνησε τη χαρτογράφηση και μεγάλης περιοχής του Διαστήματος που περιέχει εκμεταλλεύσιμους πόρους. Ωστόσο, απομένει ακόμη να διεξαχθεί σημαντική ακόμη έρευνα και πολλές δειγματοληψίες και δοκιμές πριν η εξόρυξη διαστημικών πόρων γίνει πραγματικότητα. Παρότι το εγχείρημα είναι ακόμη στα σπάργανα, γίνεται ολοένα και πιο σαφές ότι οι άνθρωποι είναι πιθανόν να μην περιορίζονται από τους πόρους της Γης στις μελλοντικές γενιές. (Nace, 2018).



**Εικόνα 21. Επιχείρηση εξόρυξης σε αστεροειδή**

Πηγή: Williams, 2019

Αναφέρεται χαρακτηριστικά ότι οι αστεροειδείς περιέχουν σπάνια μέταλλα κι έτσι θα μπορούσε η εκμετάλλευσή τους να προκαλέσει την έκρηξη στο χώρο της διαστημικής μεταλλείας. Οι επιστήμονες πιστεύουν ότι είναι κυρίως φτιαγμένοι από νικέλιο και σίδηρο, αλλά θα μπορούσαν επίσης να είναι πλούσιοι και σε πιο πολύτιμα μέταλλα όπως η πλατίνα και ο χρυσός. (Chow, 2019).



**Εικόνα 22. Εγχείρημα για εκμετάλλευση των αστεροειδών**

Πηγή: Chow, 2019

Επίσης, περιέχουν τεράστια ποσότητα μετάλλων, συμπεριλαμβανομένων κοβαλτίου, ψευδαργύρου, κασσίτερου, μολύβδου, ινδίου, αργύρου, χαλκού, σιδήρου και διάφορα μέταλλα σπάνιων γαιών. Για χιλιετίες, αυτά τα μέταλλα εξορύσσονταν από το γήινο φλοιό και ήταν απαραίτητα για την οικονομική και τεχνολογική πρόοδο. Επιπλέον, πιστεύεται ότι υπάρχουν πολλοί αστεροειδείς και κομήτες που αποτελούνται κυρίως από πάγο, αλλά και άλλα πτητικά στοιχεία (αμμωνία, μεθάνιο κ.λπ.). Ο πάγος θα μπορούσε να αποκομισθεί για να ικανοποιήσει την αυξανόμενη ζήτηση για γλυκό νερό στη Γη, για κάθε χρήση: ως πόσιμο, για άρδευση, για υπηρεσίες υγιεινής. Τα πτητικά υλικά θα μπορούσαν επίσης να χρησιμοποιηθούν ως πηγή για χημικά προωθητικά καύσιμα όπως η υδραζίνη, διευκολύνοντας έτσι περαιτέρω τις επιχειρήσεις εξερεύνησης και εξόρυξης. (Williams, 2019).

Ωστόσο, σε γενικές γραμμές, υπάρχουν δύο εμπόδια μέχρι στιγμής: οι τεχνικές προκλήσεις και οι νομικές (Dormehl, 2018). Όμως, μέσα από την

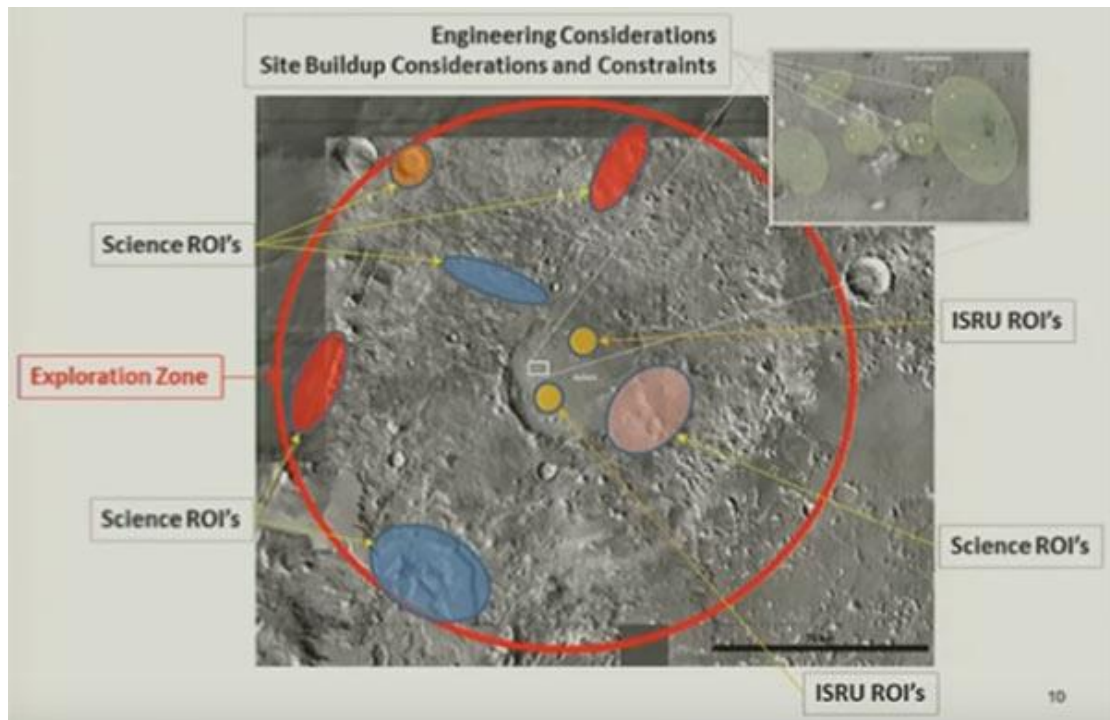
εκμετάλλευσή τους, η ανθρωπότητα θα μπορούσε να μειώσει δραματικά τον αντίκτυπο που έχει στο φυσικό περιβάλλον. (Williams, 2019).



**Εικόνα 23. Το Μέλλον: Διαστημική Μεταλλεία**

Πηγή: Dormehl, 2018

Όπως επίσης και με την εκμετάλλευση άλλων πλανητών όπως ο Άρης, του οποίου το έδαφος, το υπέδαφος αλλά και η ατμόσφαιρα μπορούν να αξιοποιηθούν προκειμένου ακόμα και για να υποστηρίξουν την παρουσία γήινου πληθυσμού στον πλανήτη. Στο επίκεντρο μιας τέτοιας προσπάθειας βρίσκεται, φυσικά, το νερό που γνωρίζουμε ότι ο Άρης διαθέτει σε μορφή πάγου, αλλά και σε ένυδρα ορυκτά. Ο ακριβής καθορισμός των καταλληλότερων σημείων όπου βρίσκεται νερό στον πλανήτη και ο βαθμός δυσκολίας της ανάκτησης και αξιοποίησής του αποτελούν τη σημαντικότερη πρόκληση για τους μηχανικούς και τους επιστήμονες που θα κληθούν να υλοποιήσουν το εγχείρημα. Με το νερό εξασφαλισμένο, η ανθρώπινη παρουσία στον Άρη μπορεί να γίνει αυτάρκης και να εδραιωθεί, αποκτώντας, σε βάθος χρόνου, μορφή εποικισμού του “κόκκινου πλανήτη” με τις προοπτικές συστηματικής μεταλλευτικής εκμετάλλευσής του να πολλαπλασιάζονται. (Carlisle, 2015; David, 2017α και 2017β).



Εικόνα 24. Η περιοχή εξερεύνησης από τους ανθρώπους (NASA) και εξορυκτικών επιχειρήσεων

Πηγή: Carlisle, 2015

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 8<sup>ο</sup>

### 8. ΕΠΙΛΟΓΟΣ

Η εργασία αυτή μελέτησε και παρουσίασε τη διαχρονική εξέλιξη της Μεταλλευτικής, καθώς και τις προοπτικές που αναδύονται όσον αφορά στην εκμετάλλευση των ορυκτών πόρων και ειδικότερα, τις προοπτικές που αφορούν στην εκμετάλλευση των ορυκτών πόρων σε ακραία γήινα και σε εξωγήινα περιβάλλοντα.

Η εργασία βασίστηκε στη μέθοδο της ιστορικής ανασκόπησης και, ειδικότερα, αρχικά, έγινε μια εισαγωγή στο θέμα της μεταλλευτικής και της ιστορίας της, ενώ στη συνέχεια παρουσιάστηκε ο σκοπός και η μεθοδολογία της εργασίας, η πρωτοτυπία και η σημαντικότητά της, καθώς και η κεφαλαιακή διάρθρωσή της. Στο δεύτερο κεφάλαιο, μελετήθηκε το ξεκίνημα και η εξέλιξη της Μεταλλευτικής στον Προϊστορικό κόσμο ανά Ήπειρο, καθώς και στην Ελλάδα. Στο τρίτο κεφάλαιο, αναλύθηκε η εξέλιξη της μεταλλευτικής στον αρχαίο κόσμο σύμφωνα με τα ευρήματα που έχουμε. Στο τέταρτο κεφάλαιο, παρουσιάστηκε η εξέλιξη της μεταλλευτικής στον μεσαιωνικό και αναγεννησιακό κόσμο ανά χώρα. Στο πέμπτο κεφάλαιο, μελετήθηκε η εξέλιξη της μεταλλευτικής στη βυζαντινή και την οθωμανική αυτοκρατορία. Στο έκτο κεφάλαιο, παρουσιάστηκε συνοπτικά η εξέλιξη της μεταλλευτικής στην εποχή του νεωτερισμού και του μετανεωτερισμού ανά ήπειρο ή χώρα. Στο έβδομο κεφάλαιο, περιγράφηκαν οι προκλήσεις και οι προοπτικές που αφορούν στη σημερινή μεταλλευτική, καθώς και οι προκλήσεις και οι προοπτικές εκμετάλλευσης ορυκτών πόρων σε ακραία γήινα περιβάλλοντα και σε εξωγήινα περιβάλλοντα.

Στην ουσία λοιπόν, στη συγκεκριμένη εργασία έγινε μια προσπάθεια να φανεί σε ποιο βαθμό και με ποιόν τρόπο εκμεταλλεύονταν οι άνθρωποι τα βασικότερα μέταλλα και ορυκτά, από τους προϊστορικούς κιόλας χρόνους μέχρι και τον σύγχρονο κόσμο. Επιπλέον, έγινε μια προσπάθεια παρουσίασης των προοπτικών που υπάρχουν όσον αφορά στην εκμετάλλευση των

ορυκτών πόρων σε ακραία γήινα και σε εξωγήινα περιβάλλοντα, ώστε να καλυφθεί αυτό το τόσο σημαντικό ζήτημα για την ανθρωπότητα, καθώς ορισμένα σπάνια μέταλλα ενδέχεται να μην είναι διαθέσιμα για χρήση στο απώτερο ή ακόμα και εγγύς μέλλον.

Τελικά, ως καταληκτικό συμπέρασμα θα λέγαμε ότι ο άνθρωπος ανέκαθεν είχε πολυδιάστατη ανάγκη για μέταλλα και ορυκτά και κατ' επέκταση, για ανάπτυξη και εξέλιξη της μεταλλευτικής. Μέσα από αυτή την εργασία όμως έγινε καταφανές και το πώς η ανάπτυξη και η εξέλιξη της μεταλλευτικής είναι αμφίδρομα συνδεδεμένες με την ίδια την ανθρώπινη εξέλιξη και πρόοδο. Η πρόοδος της τεχνολογίας δίνει λύσεις σε ερευνητικά και εξορυκτικά προβλήματα και ταυτόχρονα η μεταλλευτική δίνει τα εφόδια ώστε να προοδεύσει η ίδια η τεχνολογία από πάντα και για πάντα. Ωστόσο, στο σημερινό κόσμο οι προκλήσεις είναι πολυάριθμες και οξείες, καθώς οι ανάγκες αυξάνονται και πληθαίνουν συνεχώς σε αντίθεση με τα κοιτάσματα που ολοένα και συρρικνώνονται. Επομένως, εύλογη, αν όχι καίρια, είναι η διερεύνηση των προοπτικών της μεταλλευτικής σε ακραία περιβάλλοντα στη γη και ακόμα και η εξερεύνηση των προοπτικών σε εξωγήινα περιβάλλοντα. Άλλωστε ανέκαθεν η ανθρώπινη ανάγκη για κατανάλωση αλλά και η ίδια η ανθρώπινη απληστία οδηγούσαν το μέλλον να έρθει λίγο νωρίτερα στο παρόν και μετέτρεπαν τα πρώην σενάρια επιστημονικής φαντασίας σε σύγχρονη πραγματικότητα.



## ΠΗΓΕΣ - ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

### A. Ξενόγλωσσες Πηγές

- ❖ ABC News (2010). 12,000-year-old mine found in Chile. <https://www.abc.net.au/news/2010-12-06/12000-year-old-mine-found-in-chile/2363962>
- ❖ Abrahamian, A. A. (2019). How the asteroid-mining bubble burst A short history of the space industry's failed (for now) gold rush. <https://www.technologyreview.com/s/613758/asteroid-mining-bubble-burst-history/>
- ❖ Afanas'eva, T. I. & Ivanov, S. A. (2013). Unexpected Evidence concerning Gold Mining in Early Byzantium. *Greek, Roman, and Byzantine Studies*, 53, 138–144. <http://www.medievalists.net/2014/11/unexpected-evidence-concerning-gold-mining-early-byzantium/>
- ❖ Agrawal, D.P. & Tiwari, L. (2003). *Copper Technology in the Central Himalayas Dates Back to 2000BC*. [https://www.infinityfoundation.com/mandala/t\\_es/t\\_es\\_agraw\\_copper\\_frameset.htm](https://www.infinityfoundation.com/mandala/t_es/t_es_agraw_copper_frameset.htm)
- ❖ Agricola, Georg; Hoover, Herbert (1950). *De re metallica*. MBLWHOI Library. New York, Dover Publications.
- ❖ Agricola, G. (1556/1912). *De Re Metallica* (translated by H. C. Hoover & L. H. Hoover). 1st English ed. London: The Mining Magazine.
- ❖ Ali, Saleem H. (2003). *Mining, the Environment and Indigenous Development Conflicts*. Tucson AZ: University of Arizona Press.
- ❖ Ali, Saleem H. (2009). *Treasures of the Earth: need, greed and a sustainable future*. New Haven and London: Yale University Press.

- ❖ Arnold, D. (2004). *The New Cambridge History of India: Science, Technology and Medicine in Colonial India*. Cambridge: Cambridge University Press.
- ❖ Aryee, B., Ntibery, B., Atorkui, E. (2003). "Trends in the small-scale mining of precious minerals in Ghana: a perspective on its environmental impact", *Journal of Cleaner Production* 11: 131–40.
- ❖ Bachmann, H. (1982). *The identification of slags from archaeological sites*. Institute of Archaeology, Occasional Publication 6. London: Institute of Archaeology.
- ❖ Binnemans, K., Jones, P. T., Blanpain, B., Van Gerven, T., Yang, Y., Walton, A., Buchert, M. (2013). Recycling of rare earths: a critical review. *Journal of Cleaner Production* 51 1-22.
- ❖ Birfa (2019). Mining of Minerals is important?. <http://birfa.com/2019/07/09/mining-of-minerals-is-important/>
- ❖ Blischke, A., Arnarson, T.S. & Gunnarsson, K. (2012). Seismic volcano-stratigraphic characteristics of the Jan Mayen MicroContinent area and the possible distribution of volcanic intrusion complexes and hydrothermal vents. 4th Faroe Island Exploration Conference, Torshavn, Faroe Islands.
- ❖ Brockliss L., "Science, the universities and other public spaces". In: R. Potter (ed.), *The Cambridge History of Science*, vol. 4, Eighteenth-century Science, pp. 73–74. Cambridge University Press, 2003.
- ❖ Bower, B., "Human Origins Recede in Australia", *Science News*, Sept. 28, 1996, p. 196
- ❖ BP National Commission (2010). *Deep Water The Gulf Oil Disaster and the Future of Offshore Drilling*. Report to the President. National Commission on the BP Deepwater Horizon, Oil Spill and Offshore Drilling. <https://www.nrt.org/sites/2/files/GPO-OILCOMMISSION.pdf>
- ❖ Brown, L. R. 2011. *World on the edge: how to prevent environmental and economic collapse*. W.W. Norton & Company, New York, London. 240 pp.

- ❖ Calam, C. (2019). Biomining May Be the Next Step in Making Extraterrestrial Mining a Reality. <https://www.thermofisher.com/blog/mining/biomining-may-be-the-next-step-in-making-extraterrestrial-mining-a-reality/>
- ❖ Carlisle, C.M. (2015). NASA's Plans for Putting Humans on Mars. <https://www.skyandtelescope.com/astronomy-news/nasa-lays-groundwork-for-sending-humans-to-mars-2112201523/>
- ❖ Carvalho, F. P. (2017). *Mining industry and sustainable development: time for change*. <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1002/fes3.109>
- ❖ Castleden, R. (1992). *Neolithic Britain: new stone age sites of England, Scotland, and Wales*. Routledge.
- ❖ Chakrabarti, D.K. (1996). *Copper and its Alloys in Ancient India*. Delhi: Munshiram Manoharlal Publishers Private Limited.
- ❖ Chakrabarti, S. K. (2005). *Handbook of Offshore Engineering*. Volume 1. Elsevier.
- ❖ Chow, D. (2019). Mission to rare metal asteroid could spark space mining boom. <https://www.nbcnews.com/mach/science/mission-rare-metal-asteroid-could-spark-space-mining-boom-ncna1027971>
- ❖ Cleland, Charles E. (1992). *Rites of Conquest: The History and Culture of Michigan's Native Americans*. Ann Arbor: University of Michigan Press.
- ❖ Craddock, P.T. (1995). *Early Metal Mining and Production*. Edinburgh: Edinburgh University Press.
- ❖ Craddock, P. T. (1996). The use of Firesetting in the Granite Quarries of South India. *The Bulletin of the Peak District Mines Historical Society*, 13(1).
- ❖ Craddock, P.T., Gurjar, L.K. & Hegde, K.T.M. (1983). *Zinc Production in Medieval India*. *World Archaeology*, 15, 211-21.

- ❖ Cramb, W.A., (2012). *A short history of metals*. Pittsburgh, Pennsylvania: Carnegie Mellon University Department of Materials Science and Engineering.
- ❖ Cumming, G. (2010). Miners press to enter the green zone. *The New Zealand Herald*.  
[https://www.nzherald.co.nz/pollution/news/article.cfm?c\\_id=281&objectid=10630166&pnum=0](https://www.nzherald.co.nz/pollution/news/article.cfm?c_id=281&objectid=10630166&pnum=0)
- ❖ Dart, R. A. and P. Beaumont, 1967. "Amazing Antiquity of Mining in Southern Africa, *Nature*, 216:407-408. p. 408
- ❖ Dormehl, L. (2018). Asteroid mining is almost reality. What to know about the gold rush in space. <https://www.digitaltrends.com/cool-tech/beginners-guide-to-asteroid-mining/>
- ❖ Edgerton, Lord of Tatton (1968/2002). *Indian and Oriental Arms and Armour*. Reprint. Harrisburg, PA: Stackpole Books / Courier Dover Publications.
- ❖ English-heritage.org.uk (χωρίς χρονολογία). History of Grime's Graves. <https://www.english-heritage.org.uk/visit/places/grimes-graves-prehistoric-flint-mine/history/>
- ❖ Euromines (χωρίς χρονολογία). Mining in Europe. <http://www.euromines.org/mining-europe>
- ❖ Evans A., Moon C. and Whateley M. (editors), *Introduction to Mineral Exploration*, Blackwell Publishing Limited, Malden, Massachusetts, USA 2006.
- ❖ Flor, P. 2014. Mining and economic development in Peru. *ReVista*, Harvard Review of Latin America, Harvard University, Rockefeller Centre. <http://revista.drclas.harvard.edu/book/mining-and-economic-development-peru>
- ❖ Forbes, R. J. (1964) *Studies in ancient technology* Vol 8 Brill, Leiden.
- ❖ Francis Pryor *Britain BC*, publ. Harper Collins 2003

- ❖ Friedel, R. (2007). *A culture of Improvement*. Cambridge, Massachusetts: MIT Press.
- ❖ Frik Els (2016). *The world's 10 coldest mines*. <https://www.mining.com/the-worlds-10-coldest-mines/>
- ❖ Fulbrook, M. (1990). *A Concise History of Germany*. Cambridge: Cambridge University Press.
- ❖ Gommans, J. J. L. (2002), *Mughal Warfare: Indian Frontiers and Highroads to Empire, 1500-1700*. London and New York: Routledge.
- ❖ Gordon, R. B., M. Bertram, and T. E. Graedel. 2006. Metal stocks and sustainability. *Proc. Natl. Acad. Sci.* 103: 1209– 1214.
- ❖ Hartman H. L., Cummins A. B., Given I. A. (editors), *SME Mining Engineering Handbook*, 2nd edition. Society for Mining, Metallurgy and Exploration, Littleton, Colorado, USA, 1992.
- ❖ Hartman H. L. and Mutmanský J. M., *Introductory Mining Engineering*, 2nd edition. John Wiley and Sons, Hoboken, New Jersey, USA, 2002.
- ❖ Hayward, W. (2018). All the gold mines in Wales and what they produced over centuries. Wales Online. <https://www.walesonline.co.uk/news/wales-news/gold-mines-wales-what-produced-15003344>
- ❖ Healy, J.F. (1978) *Mining and Metallurgy in the Greek and Roman World*. Thames and Hudson, London.
- ❖ Heaton, H. (1948). *Economic History of Europe*. A Harper International Edition. 5th printing, February 1968.
- ❖ Heiss, A. G., & Oeggel, K. (2008). Analysis of the fuel wood used in Late Bronze Age and Early Iron Age copper mining sites of the Schwaz and Brixlegg area (Tyrol, Austria). *Vegetation History and Archaeobotany*, 17 (2), 211–21.
- ❖ Heckenmüller, M., D. Narita, and G. Klepper. 2014. Global availability of phosphorus and its implications for global food supply: an economic

- overview. Kiel Working Paper No. 1897. Kiel Institute for Working Economy, Kiel, Germany.
- ❖ Hore-Lacy, I. (ed.) 2016. Uranium for nuclear power. Resources, mining and transformation to fuel. Elsevier, Woodhead Publishing, Amsterdam.
  - ❖ IBM. 2009. Envisioning the future of mining. IBM Corporation, Somers, NY, USA. IBM Global Services.
  - ❖ Internet Archive (1999). *Chapter Seven: Medieval Silver and Gold*. <https://web.archive.org/web/20130714062613/http://mygeologypage.ucdavis.edu/cowen/~GEL115/115ch7.html>
  - ❖ International Centre for Geohazards (2010). *International Centre for Geohazards (ICG): Assessment, prevention and mitigation of geohazards*. No 68. Oslo: International Centre for Geohazards (ICG). [http://folk.uio.no/anelverh/Papers/Solheim\\_et\\_al\\_International%20Centre%20for%20Geohazards%20\(ICG\)%20Assessment.pdf](http://folk.uio.no/anelverh/Papers/Solheim_et_al_International%20Centre%20for%20Geohazards%20(ICG)%20Assessment.pdf)
  - ❖ International Business Times (2010). Eurasian Natural Resources share price down on FTSE 100 as H1 profits rise. <https://www.ibtimes.co.uk/eurasian-natural-resources-share-price-down-on-ftse-100-as-h1-profits-rise-43903>
  - ❖ Investmining Company (2019). Understanding The Concept of Mining. <https://investminingcompany.com/2019/05/17/understanding-the-concept-of-mining/>
  - ❖ Jackson, R. B., A. Vengosh, J. W. Carey, R. J. Davies, T. H. Darrah, F. O'Sullivan, et al. 2014. The environmental costs and benefits of fracking. *Annu. Rev. Environ. Resour.* 39: 327– 362.
  - ❖ Jaskoski, M. 2014. Environmental licensing and conflict in Peru's mining sector: a path-dependent analysis. *World Dev.* 64: 873– 883.
  - ❖ Jung, C. W. (2010). A Comparison of the Mining and Metallurgic Industry in Germany, Japan, Russia, the U.S, and Chile 1850-1950. Korea: Korean Minjok Leadership Academy. <https://www.zum.de/whkmla/sp/1112/jcw/jcw2.html#iii1>

- ❖ Kharakwal, J.S. (χωρίς χρονολογία). Zinc Production in Ancient India. [https://www.infinityfoundation.com/mandala/t\\_es/t\\_es\\_khara\\_zinc\\_fram eset.htm](https://www.infinityfoundation.com/mandala/t_es/t_es_khara_zinc_fram eset.htm)
- ❖ Knauth, P. and the Editors of Time-Life books (1974) *The Metalsmiths*. Time-Life International, Nederland, B.V.
- ❖ Koukouli Ch. and Bassiakos I. 2002. Non-slagging copper production of the 5th Millenium: The evidence from the Neolithic settlement of Promachon-Topolnica (Eastern Macedonia, Greece), Abstracts of 8th Annual Meet. Of Europ. Assoc. of Archeology, 193-194, 24-29 Sept. Thessaloniki.
- ❖ Labate, V. (2016). Roman Engineering. *Ancient History Encyclopedia*. [https://www.ancient.eu/Roman\\_Engineering/](https://www.ancient.eu/Roman_Engineering/)
- ❖ Lankton, L. (1991). *Cradle to Grave: Life, Work, and Death at the Lake Superior Copper Mines*. New York: Oxford University Press, pp. 5–6.
- ❖ Laurance, B. (2009). UK freezes Mugabe's ally's holding in Edmonds firm. Mail Online. <https://www.dailymail.co.uk/money/article-1165959/UK-freezes-Mugabes-allys-holding-Edmonds-firm.html>
- ❖ Legeza, L. (1988). Tantric Elements in pre-Hispanic Philippines Gold Art. *Arts of Asia*, July-Aug. 1988, pp.129-136.
- ❖ Lewis, P. R., & Jones, G. D. B. (1970). Roman gold-mining in north-west Spain. *Journal of Roman Studies*, 60, 169-85.
- ❖ Manansala, P. K. (2007). *Philippine Civilization, Culture and Technology*. <https://web.archive.org/web/20071201054321/http://www.geocities.com/Tokyo/Temple/9845/tech.htm>
- ❖ Martin, A. S. (2012). *Deeper and Colder: The Impacts and Risks of Deepwater and Arctic Hydrocarbon Development*. Sustainalytics.
- ❖ Mathews, Jihn A. (1926). The Steel Age—1876 to 1926. *Industrial & Engineering Chemistry* 18 (9), 913-914.

- ❖ Michaelides, E. E. S. 2012. *Alternative energy sources*. Springer, New York.
- ❖ Miller, K. A., Thompson, K. F., Johnston, P., and Santillo, D. (2018). *An Overview of Seabed Mining Including the Current State of Development, Environmental Impacts, and Knowledge Gaps*. *Frontiers*. <https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/fmars.2017.00418/full?fbclid=IwAR2fECHISTtKv-0wgJ9Upa9SYjWy7Z1LQvbC5PVvHqaVsXH3iV32qPtJI78>
- ❖ Mining Greece (χωρίς χρονολογία<sup>α</sup>). *Ancient Mines*. <https://www.mininggreece.com/mining-greece/mining-history/ancient-mines/>
- ❖ Mining Greece (χωρίς χρονολογία<sup>β</sup>). *Ancient Quarries in Thassos*. <https://www.mininggreece.com/mining-greece/ancient-quarries-in-thassos/>
- ❖ Mining Greece (χωρίς χρονολογία<sup>γ</sup>). The Goldmines of Alexander the Great. <https://www.mininggreece.com/mining-greece/mining-history/the-goldmines-of-alexander-the-great/>
- ❖ Mondal, B. (2004), *Proceedings of the National Conference on Investment Casting: NCIC 2003*. Allied Publishers.
- ❖ Morton, G. (1996). *Mining and Religion in Ancient Man*. <http://www2.asa3.org/archive/asa/199610/0067.html>
- ❖ Murray, L. (2019). *Deep-sea mining: plundering the seafloor's minerals*. E&T. [https://eandt.theiet.org/content/articles/2019/02/deep-sea-mining-plundering-the-seafloor-s-minerals/?fbclid=IwAR2WgrsfP13aXnQrtfNEmN\\_pQpOYoWs9rvwtvqXQyV6cAYdNy5BOywGHIBQ](https://eandt.theiet.org/content/articles/2019/02/deep-sea-mining-plundering-the-seafloor-s-minerals/?fbclid=IwAR2WgrsfP13aXnQrtfNEmN_pQpOYoWs9rvwtvqXQyV6cAYdNy5BOywGHIBQ)
- ❖ Musson, R. (1969). *Science and Technology in the Industrial Revolution*. Toronto: University of Toronto Press.
- ❖ Nace, T. (2018). The USGS Is Now Mapping Space To Mine Extraterrestrial Resources.



<https://www.forbes.com/sites/trevornace/2018/09/04/the-usgs-begins-mapping-space-to-mine-extraterrestrial-resources/#177ef03a101a>

- ❖ Nam, S. (2010). Japanese Economic History Prior to the Meiji Restoration. <http://www.zum.de/whkmla/sp/1011/yakuza/nsj2.html>
- ❖ NDTV (2018). World's Oldest Salt Mine In The Austrian Alps Holds Bronze Age Secrets. <https://www.ndtv.com/world-news/worlds-oldest-salt-mine-in-the-austrian-alps-holds-bronze-age-secrets-1905349>
- ❖ Oakley, K.P., 1981. "Emergence of Higher Thought 3.0-0.2 Ma B.P.", Phil. Trans. R. Soc. Lond. B, 292, 205-211.
- ❖ Planetary Resources (χωρίς χρονολογία). *Redefining Natural Resources*. <https://www.planetaryresources.com/why-asteroids/>
- ❖ Radivojevic, M., Rehren, Th., Pernicka, E., Slijivar, D., Brauns, M., Boric, D. (2010) On the origins of extractive metallurgy: new evidence from Europe. *Journal of Archaeological Science* 37, 2775-2787.
- ❖ Reardon, A. C., ed. 2011. *Metallurgy for the non-metallurgist*, 2nd edn. ASM International, Materials Park, OH, USA.
- ❖ Ricard, T. A. (1932), *A History of American Mining*, McGraw-Hill Book Company.
- ❖ Ridgley, R. (2000). *Lost Civilisations of the Ice Age*. Touchstone Press.
- ❖ Rigzone.com (2013). <https://www.rigzone.com>
- ❖ Roberts, B. W., Thornton, P., Pigott, V.C. (2008) Development of metallurgy in Eurasia. *Antiquity* 83: 1012-1022.
- ❖ Rosemarin, A. 2010. Peak phosphorus, the next inconvenient truth? – 2nd International Lecture Series on sustainable sanitation. World Bank, Manila.
- ❖ Russell, M., (2000) *Flint Mines in Neolithic Britain*. Tempus.
- ❖ Savage-Smith, E. & Belloli, A. P. A. (1985). *Islamicate Celestial Globes: Their History, Construction, and Use*. Smithsonian Institution, Press. Smithsonian Institution Press.

- ❖ Scarre, Chris (2005). *The Human Past*. Thames & Hudson. p. 414.
- ❖ Scholz, R. W., A. E. Ulrich, M. Eilittä, and A. Roy. 2013. Sustainable use of phosphorus: a finite resource. *Sci. Total Environ.* 461–462: 799–803.
- ❖ Schüler, D., M. Buchert, R. Liu, S. Dittrich, and C. Merz. 2011. Study on rare earths and their recycling. Final Report for the Greens/EFA Group in the European Parliament. Institut for Applied Ecology, Darmstadt, Germany.
- ❖ Severy, M., Allen, T. B., Bennett, R., Billard, J. B., Bourne, R., Lanoutte, E., Robinson, D. F., Smith, V. L. (1970). *The Renaissance – Maker of Modern Man*. National Geographic Society.
- ❖ Shaw, I. (2000). *The Oxford History of Ancient Egypt*. New York: Oxford University Press.
- ❖ Srinivasan, S. & Srinivasa, R. (2004). *India's Legendary Wootz Steel*. Bangalore: Tata Steel.
- ❖ Swaziland Natural Trust Commission (χωρίς χρονολογία). Cultural Resources – Malolotja Archaeology, Lion Cavern: Ancient Mining. <https://web.archive.org/web/20160303221001/http://www.sntc.org.sz/cultural/malarch.asp>
- ❖ Tara, E. (2007). *Nummedal. Alchemy and authority in the Holy Roman Empire*. Chicago: University of Chicago Press.
- ❖ Tewari, R. (2003). *The origins of iron-working in India: new evidence from the Central Ganga Plain and the Eastern Vindhya*. <http://antiquity.ac.uk/projgall/tewari/tewari.pdf>
- ❖ The Independent (2007). *The end of a Celtic tradition: the last gold miner in Wales*. 20 Jan. 2007. [https://web.archive.org/web/20080706035317/http://news.independent.co.uk/uk/this\\_britain/article2169254.ece](https://web.archive.org/web/20080706035317/http://news.independent.co.uk/uk/this_britain/article2169254.ece)
- ❖ Thompson, B., Brathwaite, B., Christie, T. (1995). *Mineral Wealth of New Zealand*. Lower Hutt, NZ: Institute of Geological & Nuclear Sciences.

- ❖ Tylecote, R.F. (1976) *A history of Metallurgy*. London.
- ❖ Tylecote, R.F. (1987) *The early history of metallurgy in Europe*. Longman, London.
- ❖ UNESCO (1992-2019). Neolithic Flint Mines at Spiennes (Mons). UNESCO World Heritage Centre, United Nations. <https://whc.unesco.org/en/list/1006>
- ❖ UNESCO (1992-2019β). Hallstatt-Dachstein / Salzkammergut Cultural Landscape. UNESCO World Heritage Centre, United Nations. <http://whc.unesco.org/en/list/806/>
- ❖ Vaccari, D. A. 2009. Phosphorus famine: the threat to our food supply. *Scientific American Magazine*, 3 June 2009.
- ❖ Vermeersch P. (2002). *Palaeolithic Quarrying Sites in Upper and Middle Egypt*. Leuven Press.
- ❖ Vermeersch, P.M. and E. Paulissen, 1989., "The Oldest Quarries Known: Stone Age Miners in Egypt," *Episodes*, 12:1(March 1989), p. 35-36.
- ❖ West, G.A. (1970). *Copper: its mining and use by the aborigines of the Lake Superior Region*. Westport, Conn: Greenwood Press.
- ❖ Williams, M. S. (2019). Asteroid Mining: What Will It Involve and Is This the Future of Wealth?. <https://interestingengineering.com/asteroid-mining-what-will-it-involve-and-is-this-the-future-of-wealth>
- ❖ World Coal Association. 2017. Where is coal found?. <https://www.worldcoal.org/coal/where-coal-found>
- ❖ Yan, G., H.-M. Cho, I. Lee, and G. Kim. 2012. Significant emissions of <sup>210</sup>Po by coal burning into the urban atmosphere of Seoul, Korea. *Atmosph. Environ.* 54: 80– 85.
- ❖ Young, O. E. (1965). Arizona and the West The Spanish Tradition in Gold and Silver Mining. *Journal of the Southwest*, 7(4), 299–314.
- ❖ [https://en.wikipedia.org/wiki/Economics\\_of\\_English\\_Mining\\_in\\_the\\_Middle\\_Ages#/media/File:Bas\\_fourneau.png](https://en.wikipedia.org/wiki/Economics_of_English_Mining_in_the_Middle_Ages#/media/File:Bas_fourneau.png)

- ❖ <https://en.wikipedia.org/wiki/Engineering#/media/File:Agricola1.jpg>
- ❖ [https://en.wikipedia.org/wiki/Grime%27s\\_Graves#/media/File:Grimes\\_Graves , neolithic flint mine - geograph.org.uk - 1007207.jpg](https://en.wikipedia.org/wiki/Grime%27s_Graves#/media/File:Grimes_Graves_-_neolithic_flint_mine_-_geograph.org.uk_-_1007207.jpg)

## B. Ελληνικές Πηγές

- ❖ David, L. (2017α). *Άρης: Το μέλλον της ανθρωπότητας στον κόκκινο πλανήτη. Τόμος Α΄*. Εκδόσεις Πεδίο.
- ❖ David, L. (2017β). *Άρης: Το μέλλον της ανθρωπότητας στον κόκκινο πλανήτη. Τόμος Β΄*. Εκδόσεις Πεδίο.
- ❖ Life+ reclaim (2014). *Περιγραφή & Στόχοι*. <http://www.reclaim.gr/the-projectar>
- ❖ Μαριολάκος Η.Δ. (2013). *Μεταλλευτική Και Μεταλλουργική Δραστηριότητα Των Προϊστορικών Κατοίκων Του Αιγαιακού Και Περι-Αιγαιακού Χώρου: Μια Γεωμυθολογική Προσέγγιση*. Δελτίο της Ελληνικής Γεωλογικής Εταιρίας, τομ. XLVII, Πρακτικά 13ου Διεθνούς Συνεδρίου, Χανιά, Σεπτ. 2013.
- ❖ Μεταλλεία Χαλκιδικής (2013). *Μεταλλευτική Ιστορία: Βυζαντινοί Χρόνοι & Τουρκοκρατία*. <https://www.metalleiachalkidikis.gr/metalleia-chalkidikis-metalleftiki-istoria-vyzantinoi-chronoi-tourkokratia.html>
- ❖ Μόδης Κ. & Σταματάκη Σ. 2015. *Εισαγωγή στη μεταλλευτική έρευνα*. Αθήνα: ΣΕΑΒ.
- ❖ Ξενίδης, Α. (χωρίς χρονολογία). *Μεταλλουργία Σιδήρου II – Χάλυβας – Σιδηροκράματα. Θεωρία και Τεχνολογία. Μάθημα 1: Ιστορική ανασκόπηση της παραγωγής σιδήρου και χάλυβα*. Αθήνα: ΕΜΠ.
- ❖ Κακαβογιάννης, Ε. (2005) *Μέταλλα εργάσιμα και συγκεχωρημένα*. Η οργάνωση της εκμετάλλευσης του ορυκτού πλούτου της Λαυρεωτικής από την Αθηναϊκή Δημοκρατία. ΥΠΠΟ Δημοσιεύματα του Αρχαιολ. Δελτίου, Αθήνα.

- ❖ Orykta.gr (χωρίς χρονολογία<sup>α</sup>). *Ιστορία Ελληνικής μεταλλείας*.  
<http://www.orykta.gr/istoria/istoria-ellinikis-metalleias/64-archaiellhnikoi-xronoi>
- ❖ Orykta.gr (χωρίς χρονολογία<sup>β</sup>). *Μεταλλουργία - Μεταλλουργικές διεργασίες*.  
<http://www.orykta.gr/ekmetalleusi-emploutismos/metallourgikesdiergasies/83-metallourgia-metallourgikes-diergasies>
- ❖ Orykta.gr (χωρίς χρονολογία<sup>γ</sup>). *Ρωμαϊοκρατία και Βυζαντινοί Χρόνοι*.  
<http://www.orykta.gr/istoria/istoria-ellinikis-metalleias/66-romaiokratia>
- ❖ Orykta.gr (χωρίς χρονολογία<sup>δ</sup>). *Τουρκοκρατία*.  
<http://www.orykta.gr/istoria/istoria-ellinikis-metalleias/68-tourkokratia>
- ❖ Orykta.gr (χωρίς χρονολογία<sup>ε</sup>). *Νεοελληνικοί Χρόνοι*.  
<http://www.orykta.gr/istoria/istoria-ellinikis-metalleias/69-neoellhnikoi-xronoi>
- ❖ Orykta.gr (χωρίς χρονολογία<sup>ς</sup>). *Η Ελληνική Μεταλλεία στον 20ο Αιώνα*.  
<http://www.orykta.gr/istoria/istoria-ellinikis-metalleias/99-h-elliniki-metalleia-ston-20o-aiona>
- ❖ Orykta.gr (χωρίς χρονολογία<sup>η</sup>). *Η Ελληνική Μεταλλεία στον 21ο Αιώνα*.  
<http://www.orykta.gr/istoria/istoria-ellinikis-metalleias/101-h-elliniki-metalleia-ston-21o-aiona>
- ❖ Renfrew C. and Bahn P. (2001). *Αρχαιολογία. Θεωρίες, Μεθοδολογία και Πρακτικές Εφαρμογές (Μεταφρ. Α. Καλλέγια)*. Εκδ. Α. Καρδαμίτσα, 646 σελ., Αθήνα,.
- ❖ Σιδέρης, Α. Θ. (1977). *Αναλαμπές στα παρελθόντα μιας χαμένης πατρίδος. (Μεταλλείου-Μεσσουδιέ Πόντου)*. Κιλκίς: Σιδέρης.
- ❖ Στούκας, Μ. (2018). *Πακιστάν-Μπαγκλαντές: Πόσα ξέρουμε για τις δύο χώρες; Πρώτο Θέμα, ηλεκτρονική έκδοση εφημερίδας*.  
<https://www.protothema.gr/stories/article/789196/pakistan-banqlades-posa-xeroume-gia-tis-duo-hores/>
- ❖ Στύλου, Χ. (2014). *Η Μεταλλευτική Δραστηριότητα ως Βασικό Στοιχείο Εξέλιξης της Ανθρωπότητας*. Μεταλλευτικά Νέα, Μάιος-Ιούνιος 2014.

- ❖ Σφυρη, Α.-Λ. (2014). *Η εξόρυξη ως εναλλακτική μέθοδος ανάκτησης πόρων από τα στερεά απόβλητα*. Θεσσαλονίκη: Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης.  
<http://ikee.lib.auth.gr/record/136026/files/GRI-2015-13968.pdf>
- ❖ Τσάιμου, Κ. Γ. (1997). *Αρχαιογνωσία των Μετάλλων*. Αρχαία Μεταλλευτική και Μεταλλουργική Τεχνική. Αθήνα: Εκδόσεις Συμεών.