

ΠΑΝΤΕΙΟΝ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΚΟΙΝΩΝΙΚΩΝ ΚΑΙ ΠΟΛΙΤΙΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ

PANTEION UNIVERSITY OF SOCIAL AND POLITICAL SCIENCES



ΣΧΟΛΗ ΔΙΕΘΝΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ, ΕΠΙΚΟΙΝΩΝΙΑΣ ΚΑΙ ΠΟΛΙΤΙΣΜΟΥ
ΤΜΗΜΑ ΔΙΕΘΝΩΝ, ΕΥΡΩΠΑΪΚΩΝ ΚΑΙ ΠΕΡΙΦΕΡΕΙΑΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ
ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ
«ΣΤΡΑΤΗΓΙΚΕΣ ΣΠΟΥΔΕΣ ΑΣΦΑΛΕΙΑΣ»

ΣΠΑΝΙΕΣ ΓΑΙΕΣ ΚΑΙ ΕΘΝΙΚΗ ΑΣΦΑΛΕΙΑ

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

Χρήστος Ντάρλας

Αθήνα, 2023

Τριμελής Επιτροπή

Ανδρέας Λιαρόπουλος, Επίκουρος Καθηγητής Πανεπιστημίου Πειραιά (Επιβλέπων)

Γεώργιος Στασινόπουλος, Αναπληρωτής Καθηγητής Παντείου Πανεπιστημίου

Κωνσταντίνος Κολιόπουλος, Καθηγητής Πανεπιστημίου Πειραιά

Η εργασία που παραδίδω είναι αποτέλεσμα πρωτότυπης έρευνας και δεν χρησιμοποιεί πνευματική ιδιοκτησία τρίτων χωρίς αναφορές.

Αναλαμβάνω όλες τις νομικές και διοικητικές συνέπειες σε περίπτωση που αποδειχθεί ότι η εργασία μου αποτελεί προϊόν λογοκλοπής ή προϊόν τρίτων.



Copyright © Χρήστος Ντάρλας, 2023

All rights reserved. Με επιφύλαξη παντός δικαιώματος.

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

Η έγκριση της διπλωματικής εργασίας από το Πάντειο Πανεπιστήμιο Κοινωνικών και Πολιτικών Επιστημών δεν δηλώνει αποδοχή των γνώμων του συγγραφέα.

Την παρούσα εργασία αφιερώνω στην οικογένειά μου για την καρτερία, την ενθάρρυνση και την αμέριστη υποστήριξη που μου παρέχει, σε κάθε πρόκληση της επαγγελματικής μου πορείας.

Ευχαριστίες

Ως ελάχιστη δυνατή έκφραση σεβασμού, οφείλω να ευχαριστήσω όλους τους καθηγητές του Προγράμματος Μεταπτυχιακών Σπουδών «Στρατηγικές Σπουδές Ασφαλείας», οι οποίοι μου έδωσαν τη δυνατότητα να παρακολουθήσω το συγκεκριμένο πρόγραμμα και συνέβαλαν τα μέγιστα στην εκπόνηση της παρούσας διπλωματικής εργασίας.

Περιεχόμενα

Εισαγωγή.....	11
Κεφάλαιο πρώτο	
Σπάνιες Γαίες.....	14
1.1 Γενική Περιγραφή.....	14
1.2 Ιστορική Αναδρομή.....	15
1.3 Ιδιότητες.....	17
Κεφάλαιο δεύτερο	
Χρήσεις και Εφαρμογές Σπάνιων Γαιών σε Κρίσιμους Τομείς και Οπλικά	
Συστήματα.....	19
2.1 Γενικά.....	19
2.2 Κυριότερες Χρήσεις Σπάνιων Γαιών.....	20
2.2.1 Σκάνδιο (Sc).....	20
2.2.2 Ύτριο (Y).....	20
2.2.3 Λανθάνιο (La).....	21
2.2.4 Δημήτριο (Ce).....	21
2.2.5 Πρασεοδύμιο (Pr).....	21
2.2.6 Νεοδύμιο (Nd).....	21
2.2.7 Προμήθειο (Pm).....	22
2.2.8 Σαμάριο (Sm).....	22
2.2.9 Ευρώπιο (Eu).....	23
2.2.10 Γαδολίνιο (Gd).....	23
2.2.11 Τέρβιο (Tb).....	23
2.2.12 Δυσπρόσιο (Dy).....	23
2.2.13 Όλμιο (Ho).....	24
2.2.14 Έρβιο (Er).....	24
2.2.15 Θούλιο (Tm).....	24
2.2.16 Υτέρβιο (Yb).....	24
2.2.17 Λουτέσιο (Lu).....	25
2.3 Χρήσεις Σπάνιων Γαιών σε Κρίσιμα Οπλικά Συστήματα.....	25
2.3.1 Γενικά.....	25
2.3.2 Κατευθυνόμενα Πυρομαχικά Ακριβείας.....	26
2.3.3 Αεροσκάφη.....	26
2.3.4 Συστήματα Ραντάρ.....	27
2.3.5 Συστήματα Λείζερ.....	27
2.3.6 Συστήματα Επικοινωνιών.....	27
2.3.7 Ηχητικές Εκπομπές.....	28
2.3.8 Οθόνες.....	28
2.3.9 Επικαλύψεις.....	28
2.3.10 Οπτικά.....	29
2.3.11 Σόναρ.....	29
2.3.12 Υπολογιστές.....	29
2.3.13 Ηλεκτρονικά Αντίμετρα.....	29
2.3.14 Μαγνήτες.....	30
Κεφάλαιο τρίτο	
Κοιτάσματα και Εξόρυξη Σπάνιων Γαιών στον Κόσμο.....	31
3.1 Αποθέματα Σπάνιων Γαιών.....	31
3.2 Η Περίπτωση της Κίνας.....	32

3.3	Η Περίπτωση των ΗΠΑ.....	33
3.4	Η Περίπτωση της Ευρώπης.....	35
3.5	Άλλες Περιπτώσεις.....	36
3.5.1	Αυστραλία.....	36
3.5.2	Μιανμάρ.....	36
3.5.3	Ταϊλάνδη.....	37
3.5.4	Βιετνάμ.....	37
3.5.5	Ινδία.....	37
3.5.6	Ρωσία.....	38
3.5.7	Μαδαγασκάρη.....	38
3.5.8	Βραζιλία.....	38
3.6	Διαδικασία Παραγωγής.....	39
3.7	Επιπτώσεις στο Περιβάλλον και στον Πληθυσμό.....	39
3.8	Εναλλακτικοί Τρόποι Παραγωγής.....	41
	Κεφάλαιο τέταρτο	
	Σπάνιες Γαίες και Εθνική Ασφάλεια.....	43
4.1	Οι Σπάνιες Γαίες ως Πηγή Ισχύος για την Εθνική Ασφάλεια.....	43
4.2	Ασφάλεια Εφοδιαστικής Αλυσίδας και Στρατηγική Αυτονομία.....	45
4.3	Ο Ρόλος των Σπάνιων Γαιών στην Ενεργειακή Μετάβαση.....	51
	Κεφάλαιο πέμπτο	
	Σπάνιες Γαίες στον Ελληνικό Χώρο.....	53
5.1	Πιθανά Κοιτάσματα στον Ελληνικό Χώρο.....	53
5.2	Γεωπολιτικά Οφέλη από την Πιθανή Εκμετάλλευση των Σπάνιων Γαιών.....	56
5.3	Χάραξη Εθνικής Στρατηγικής Εκμετάλλευσης Σπάνιων Γαιών.....	58
	Συμπεράσματα.....	63
	Πηγές - Βιβλιογραφία.....	66
	Παράρτημα «Α» Εικόνες.....	73
	Παράρτημα «Β» Πίνακες.....	93
	Παράρτημα «Γ» Διαγράμματα.....	100
	Παράρτημα «Δ» Πρόγραμμα ΕΕ EURARE.....	103
	Παράρτημα «Ε» Πρόγραμμα ΕΕ SCALE.....	105
	Παράρτημα «ΣΤ» Πρόγραμμα ΕΕ ERMA.....	110
	Παράρτημα «Ζ» Executive Order on America's Supply Chains.....	112

Σπάνιες Γαίες και Εθνική Ασφάλεια

Χρήστος Ντάρλας

Περίληψη

Αδιαμφισβήτητα, από τα τέλη του 20ου αιώνα και ως τις μέρες μας, οι τεχνολογικές εξελίξεις τρέχουν με φρενήρεις ρυθμούς, σε όλους τους νευραλγικούς τομείς της εποχής μας, όπως είναι οι ανανεώσιμες πηγές ενέργειας, οι τηλεπικοινωνίες και η άμυνα. Ωστόσο, ελάχιστοι είναι αυτοί που γνωρίζουν ότι αυτή η αλματώδης τεχνολογική πρόοδος, εξαρτάται από 17 χημικά στοιχεία που ονομάζονται σπάνιες γαίες και βρίσκονται ως δευτερεύοντα ή μείζονα συστατικά σε περισσότερα από 250 ορυκτά. Χωρίς να είναι σπάνιες, καθόσον στην πλειοψηφία τους υπάρχουν σε σχετική αφθονία στον φλοιό της Γης, διαθέτουν και προσδίδουν σπάνια χαρακτηριστικά σε εφαρμογές και χρήσεις προϊόντων υψηλής τεχνολογίας, ώστε να χαρακτηριστούν ως «στρατηγικά μέταλλα».

Η ανάπτυξη της βιομηχανίας σπάνιων γαιών έχει ωθήσει σε μεγάλο βαθμό τη συνολική πρόοδο της σύγχρονης τεχνολογίας και η εξέλιξη της τεχνολογίας έχει με τη σειρά της οδηγήσει στην ακμάζουσα ανάπτυξη της βιομηχανίας των σπάνιων γαιών. Πρόκειται για μια σχέση αλληλεξάρτησης με σημαντικές γεωπολιτικές και γεωοικονομικές προεκτάσεις. Οι σπάνιες γαίες είναι απαραίτητες για την ανάπτυξη και την παραγωγή κρίσιμων οπλικών συστημάτων και διαδραματίζουν ολοένα και πιο σημαντικό ρόλο στον τομέα της έρευνας, της καινοτομίας και της ανάπτυξης στον αμυντικό τομέα. Το γεγονός αυτό έχει οδηγήσει στη διαπίστωση ότι όσο πιο εξελιγμένος γίνεται ο στρατιωτικός εξοπλισμός, τόσο ποικίλλει η ζήτηση για σπάνιες γαίες από τις αμυντικές βιομηχανίες, καθώς είναι αναγκαίες για μια πληθώρα οπλικών συστημάτων.

Το ένα τρίτο των αποθεμάτων σπάνιων γαιών βρίσκονται στην Κίνα, η οποία κατάφερε να κατακτήσει ηγεμονικό ρόλο σε όλα τα στάδια της επεξεργασίας των σπάνιων γαιών, από την εξόρυξή τους και τον διαχωρισμό τους, ως τη μεταποίησή τους και την παραγωγή ενδιάμεσων προϊόντων. Οι ΗΠΑ αποτελούν τη δεύτερη χώρα παραγωγής στον κόσμο, ενώ στην ΕΕ επί του παρόντος δεν υφίσταται κάποια παραγωγική δραστηριότητα εξόρυξης σπάνιων γαιών, με αποτέλεσμα οι ανάγκες να καλύπτονται σχεδόν αποκλειστικά με εισαγωγές από την Κίνα.

Η αυξανόμενη ζήτηση σπάνιων γαιών από ιδιωτικούς και κρατικούς φορείς σε

συνδυασμό με την προσπάθεια απεξάρτησης από την Κίνα, έχει ως αποτέλεσμα την αντίστοιχη μεγέθυνση της γεωπολιτικής αξίας όχι μόνο των χωρών παραγωγής, αλλά και των χωρών που διαθέτουν κοιτάσματα με δυνητικές δυνατότητες εξόρυξης. Όποιος κατέχει σημαντικές ποσότητες σπάνιων γαιών μπορεί να αξιοποιήσει τη θέση του τόσο για πολιτικούς όσο και οικονομικούς σκοπούς. Αδιαμφισβήτητα θα αυξήσει την ισχύ του, καθώς οι σπάνιες γαίες ως πολύτιμοι φυσικοί πόροι αποτελούν από μόνες τους κρίσιμη παράμετρο εθνικής ισχύος και κρίσιμο παράγοντα για την Εθνική Ασφάλεια ενός κράτους. Το γεγονός αυτό ανάγκασε τόσο τις ΗΠΑ όσο και την ΕΕ να εκπονήσουν ειδικά σχέδια δράσης και κατάλληλες στρατηγικές, προκειμένου να διασφαλίσουν την εφοδιαστική αλυσίδα των σπάνιων γαιών και να εξασφαλίσουν τη στρατηγική τους αυτονομία.

Στην Ελλάδα, οι αρχικές έρευνες έχουν δείξει ότι υπάρχουν περιοχές με συγκεντρώσεις σπάνιων γαιών που θα επέτρεπαν την εκμετάλλευσή τους υπό προϋποθέσεις. Πιθανή αξιοποίηση των κοιτασμάτων σπάνιων γαιών που έχουν εντοπιστεί και δεδομένης της στρατηγικής σημασίας τους για την παγκόσμια οικονομία, η εμπορική τους εκμετάλλευση θα ενίσχυε πέραν της Εθνικής Ασφάλειας και το γεωπολιτικό αποτύπωμα της χώρας μας, καθιστώντας την σημαντικό παίκτη στην παγκόσμια σκακιέρα γεωστρατηγικής και γεωοικονομικής ισχύος.

Λέξεις – κλειδιά : Σπάνιες Γαίες, Εθνική Ασφάλεια, Κρίσιμα Οπλικά Συστήματα, Στρατηγική Αυτονομία, Εφοδιαστική Αλυσίδα

Rare Earth Elements and National Security

Christos Ntarlas

Abstract

Undoubtedly, from the late 20th century to the present day, technological developments have been running at a frenetic pace in all the key sectors of our time, such as renewable energy, telecommunications and defence. However, few people are aware that this rapid technological progress depends on 17 chemical elements called rare earth elements (REE), which are found as minor or major components in more than 250 minerals. While they are not rare, since the majority of them are relatively abundant in the Earth's crust, they possess and impart rare characteristics to high-tech product applications and uses that qualify them as 'strategic metals'.

The development of the REE industry has largely driven the overall progress of modern technology and the development of technology has in turn led to the booming development of the REE industry. This is an interdependent relationship with important geopolitical and geo-economic implications. REE are essential for the development and production of critical weapons systems and are playing an increasingly important role in defence research, innovation and development. This has led to the realisation that the more sophisticated military equipment becomes, the more diverse the demand for REE from defence industries becomes, as they are needed for a variety of weapon systems.

One third of REE reserves are in China, which has managed to become a leader in all stages of REE processing, from mining and separation to processing and the production of intermediate products. The USA is the second largest producer in the world, while in the EU there is currently no REE mining activity, with the result that needs are almost exclusively met by imports from China.

The increasing demand for REE by private and state actors, combined with the effort to decouple from China, has resulted in a corresponding increase in the geopolitical value not only of the producing countries, but also of the countries with deposits with potential extraction possibilities. Whoever possesses significant

quantities of REE can exploit their position for both political and economic purposes. It will undoubtedly increase its power, as REE as valuable natural resources are in themselves a critical parameter of national power and a crucial factor for a state's national security. This has forced both the US and the EU to develop specific action plans and appropriate strategies to secure the rare REE supply chain and ensure their strategic autonomy.

In Greece, initial surveys have shown that there are areas with concentrations of REE that would allow their exploitation under certain conditions. Possible exploitation of the REE deposits that have been identified and, given their strategic importance for the global economy, their commercial exploitation would enhance not only National Security but also the geopolitical footprint of our country, making it an important player on the global chessboard of geostrategic and geoeconomic power.

Keywords :Rare Earth Elements, National Security, Critical Weapons Systems, Strategic Autonomy, Supply Chain

Εισαγωγή

Ο πλούτος του υπεδάφους αποτελούσε πάντοτε παράγοντα γεωπολιτικών και γεωοικονομικών τριβών, ανταγωνισμών, συγκρούσεων και διεκδικήσεων μεταξύ των κρατών, καθώς και πεδίο εκμετάλλευσης των αδύναμων από τους ισχυρούς. Ο πλούτος αυτός είχε διάφορες μορφές κατά την εξέλιξη της ιστορίας. Τον 19^ο αιώνα ήταν γνωστή σε όλους η σημασία του άνθρακα, ο οποίος κινούσε την «ατμομηχανή» της παγκόσμιας οικονομίας και των τεχνολογικών εξελίξεων της εποχής, αποτελώντας παράγοντα ισχύος για τα κράτη που ανταγωνίζονταν για την παγκόσμια ηγεμονία. Αναμφισβήτητα, στον 20^ο αιώνα την ανάγκη για τον άνθρακα αντικατέστησε η ανάγκη για το πετρέλαιο και αργότερα για το φυσικό αέριο, η παραγωγή του οποίου και η αλυσίδα εφοδιασμού του, έπαιξαν και παίζουν πρωταγωνιστικό ρόλο στην «αρένα» των γεωπολιτικών συγκρούσεων για την πρωτοκαθεδρία στην παγκόσμια τάξη.

Διανύοντας το πρώτο τέταρτο του 21^{ου} αιώνα, νέα ορυκτά προϊόντα του υπεδάφους, άγνωστα στους περισσότερους, τείνουν να αντικαταστήσουν σε σπουδαιότητα τον κομβικό ρόλο του πετρελαίου στο ενεργειακό τοπίο και να αποτελέσουν ζωτικό παράγοντα για την τέταρτη βιομηχανική επανάσταση, την επανάσταση στις στρατιωτικές υποθέσεις (Revolution in Military Affairs – RMA) και την ενεργειακή μετάβαση σε «πράσινες» τεχνολογικές λύσεις. Τα προϊόντα αυτά είναι οι σπάνιες γαίες, για τις οποίες η παγκόσμια ζήτηση αυξάνεται ραγδαία, καθώς αποτελούν βασικά συστατικά συσκευών υψηλής τεχνολογίας σε νευραλγικούς τομείς, όπως είναι οι ανανεώσιμες πηγές ενέργειας, οι τηλεπικοινωνίες και η άμυνα. Λόγω των μοναδικών τους ιδιοτήτων χρησιμοποιούνται στη βιομηχανία υψηλής τεχνολογίας, με αποτέλεσμα να θεωρούνται ως κρίσιμα μέταλλα και να χαρακτηρίζονται ως στρατηγικής σημασίας, καθώς είναι απαραίτητα για την κατασκευή κρίσιμων οπλικών συστημάτων.

Η Κίνα αποτελεί με διαφορά τον μεγαλύτερο παραγωγό σπάνιων γαιών στον κόσμο και ακολουθούν οι ΗΠΑ. Δεν είναι τυχαίο ότι ο ανταγωνισμός των δύο δυνάμεων διεξάγεται σε όλα τα επίπεδα, καθώς έχει ως αφετηρία το υπέδαφος και καταλήγει στο διάστημα. Ενδεικτικά η Ευρωπαϊκή Ένωση (ΕΕ) προμηθεύεται σχεδόν το σύνολο ¹ των αναγκών της σε σπάνιες γαίες από την Κίνα. Τα τελευταία χρόνια παρατηρείται μια σταδιακά κλιμακούμενη προσπάθεια για εξεύρεση κοιτασμάτων σπάνιων γαιών από αρκετές χώρες, με σκοπό την απεξάρτηση από την Κίνα και την εξασφάλιση της εφοδιαστικής τους αλυσίδας, καθώς η επάρκεια σπάνιων γαιών αποτελεί κρίσιμο

¹ European Raw Materials Alliance, (2022). *Action Plan on Critical Raw Materials*. European Commission.

παράγοντα για την αμυντική βιομηχανία και την Εθνική Ασφάλεια με σταδιακά αυξανόμενη τάση. Υπολογίζεται ότι μέχρι το έτος 2030 η ανάγκη εφοδιασμού σε σπάνιες γαίες παγκοσμίως θα αυξάνεται κατά 8% σε ετήσια βάση.²

Η Ελλάδα καλείται να συμμετάσχει σε αυτήν την προσπάθεια ως μέλος της ΕΕ και του NATO. Η εξεύρεση κοιτασμάτων σπάνιων γαιών και η εκμετάλλευσή τους από τη χώρα μας, θα αποτελέσει έναν νέο παράγοντα ισχύος και ζήτημα Εθνικής Ασφάλειας όχι μόνο για εμάς, αλλά και για την ΕΕ ευρύτερα. Θα συμβάλλει στην τροφοδοσία με κρίσιμες πρώτες ύλες των στρατηγικών τομέων της αμυντικής βιομηχανίας, της έρευνας και ανάπτυξης και της καινοτομίας, καθώς η εξάρτηση της ανάπτυξης των τομέων αυτών από τις σπάνιες γαίες καταδεικνύει την σπουδαιότητα των μετάλλων αυτών στην εξέλιξη της ανθρωπότητας. Ωστόσο, ιδιαίτερη προσοχή θα πρέπει να δοθεί στις μεθόδους πιθανής εξόρυξης ή ανάταξης από άλλες πηγές, καθώς θα πρέπει να πραγματοποιηθεί με σεβασμό προς το περιβάλλον και με το μικρότερο δυνατό κόστος για τη φυσική ζωή και τις τοπικές κοινωνίες.

Συναφώς, σύμφωνα με τα ανωτέρω, σκοπός της παρούσας μελέτης, είναι να καταδείξει τον ρόλο των σπάνιων γαιών ως παράγοντα ισχύος στη διαμόρφωση εθνικής και ευρωπαϊκής αμυντικής και βιομηχανικής στρατηγικής, αναλύοντας την αλληλεπίδραση μεταξύ των χωρών εξόρυξης και των υπολοίπων στο ευρύτερο γεωπολιτικό και γεωοικονομικό περιβάλλον, διερευνώντας υπό το πρίσμα των ανωτέρω και σε συνάρτηση με τα υφιστάμενα μέχρι σήμερα στοιχεία, την πιθανότητα ύπαρξης κοιτασμάτων στην Ελλάδα και στην Ευρώπη, την προοπτική εκμετάλλευσής αυτών, καθώς και τα πιθανά οφέλη που θα αποκομίσει η χώρα μας, σε γεωστρατηγικό επίπεδο, υπό την έννοια της Εθνικής Ασφάλειας, λαμβανομένου υπόψη του γεγονότος ότι η αύξηση του ανταγωνισμού σε σπάνιες πρώτες ύλες θα έχει παγκόσμιο αντίκτυπο.

Εν κατακλείδι, για την αρτιότερη ολοκλήρωση της παρούσας μελέτης, κρίθηκε σκόπιμο να ληφθούν υπόψη οι παρακάτω προϋποθέσεις - παράγοντες:

- Δεν θα ανακαλυφθούν στο προσεχές μέλλον υλικά με παρόμοιες ιδιότητες με τις σπάνιες γαίες, που θα μπορούσαν ενδεχομένως να τις αντικαταστήσουν στην πλειονότητα των εφαρμογών τους.
- Οι χώρες που έχουν ξεκινήσει την προσπάθεια απεξάρτησης από την Κίνα, θα συνεχίσουν με τον ίδιο ρυθμό τις έρευνες για ανακάλυψη νέων κοιτασμάτων σπάνιων

² European Commission, (2020). *Study on the EU's list of Critical Raw Materials*. Factsheets on Critical Raw Material.

γαιών.

- Τα Κράτη-Μέλη (Κ-Μ) της ΕΕ, θα φροντίσουν μέσω της εφαρμογής κατάλληλων πολιτικών, για την άμεση και πλήρη εφαρμογή των εκάστοτε οδηγιών και στρατηγικών περί των κρίσιμων πρώτων υλών σε τεχνολογικούς τομείς στρατηγικής σημασίας και θα διατηρήσουν την αξιοπιστία τους αναφορικά με τις δεσμεύσεις τους για την επίτευξη των τεθέντων στόχων της ΕΕ.

- Θα συνεχιστεί με αυξανόμενο ρυθμό η ενεργειακή μετάβαση στην «πράσινη» τεχνολογία και στις ανανεώσιμες πηγές ενέργειας (ΑΠΕ), καθιστώντας τις ΑΠΕ στο μέλλον ως την κύρια πηγή ενέργειας σε παγκόσμια κλίμακα, με αποτέλεσμα την εκτόξευση της ανάγκης σε σπάνιες γαίες.

- Θα διαπιστωθεί, σχετικά με τα μέχρι σήμερα δυνητικά κοιτάσματα στην Ελλάδα και κατόπιν κατάλληλων ερευνών, ότι υπάρχουν περιθώρια επωφελούς εκμετάλλευσης μέρους αυτών, με φιλικές προς το περιβάλλον διαδικασίες, με αποτέλεσμα την παραγωγή ικανής ποσότητας σπάνιων γαιών για την κάλυψη των εγχώριων αναγκών αλλά και την εξαγωγή μέρους αυτών στην ΕΕ και στις ΗΠΑ.

- Η χώρα μας θα διατηρήσει σταθερό τον στρατηγικό της προσανατολισμό προς τη Δύση και κυρίως προς τις ΗΠΑ, το NATO και την ΕΕ.

- Η Κίνα έχει σήμερα την πρωτοκαθεδρία στην παραγωγή σπάνιων γαιών σε παγκόσμια κλίμακα, γεγονός που δεν διαφαίνεται ότι θα αλλάξει στο προσεχές μέλλον.

- Οι σπάνιες γαίες έχουν κομβικό ρόλο στην παραγωγή κρίσιμων οπλικών συστημάτων.

- Οι ΑΠΕ καλύπτουν ένα σημαντικό ποσοστό παγκοσμίως στην παραγωγή ενέργειας, γεγονός που καθιστά τις σπάνιες γαίες ιδιαίτερες σημαντικές για την ενεργειακή μετάβαση.

- Οι χώρες προσπαθούν να διασφαλίσουν τη συνεχή λειτουργικότητα και ανθεκτικότητα των εφοδιαστικών τους αλυσίδων σχετικά με τις σπάνιες γαίες, καθώς αυτό αποτελεί ζωτικό παράγοντα και ζήτημα Εθνικής Ασφαλείας.

- Η Ελλάδα αποτελεί μέλος της ΕΕ και του NATO και πυλώνα σταθερότητας και ασφάλειας στα Βαλκάνια και στο χώρο της ΝΑ Μεσογείου.

- Η ζήτηση σε σπάνιες γαίες από το 1950 έως σήμερα έχει εμφανίσει αλματώδη αύξηση λόγω της χρήσης τους σε τεχνολογίες αιχμής.

Κεφάλαιο πρώτο

Σπάνιες Γαίες

1.1 Γενική Περιγραφή

Τα στοιχεία των σπάνιων γαιών στη διεθνή βιβλιογραφία αναφέρονται συνήθως ως Rare Earth Elements (REE), αλλά είναι δυνατόν σπανιότερα να τα συναντήσουμε και ως «μέταλλα σπάνιων γαιών», «οξειδία σπάνιων γαιών», «μέταλλα τεχνολογίας» ή «σπόροι της τεχνολογίας». Στην Κίνα αποκαλούνται το «MSG της βιομηχανίας», η γερμανική βιομηχανία τα αποκαλεί «μπαχαρικά» μέταλλα, ενώ στις ΗΠΑ και την Ιαπωνία περιγράφονται ως «βιταμίνες μιας σύγχρονης οικονομίας».³ Αποτελούνται από μια ομάδα 15 ισχυρά συγγενών βαρέων στοιχείων του Περιοδικού Συστήματος⁴ που ονομάζεται λανθανίδες και από τα στοιχεία Σκάνδιο (Sc) και Ψτριο (Y), λόγω των πολλών κοινών ιδιοτήτων τους με τις λανθανίδες. Ο όρος λανθανίδες προέρχεται από το πρώτο στοιχείο της ομάδας αυτής στον περιοδικό πίνακα, το Λανθάνιο (La).⁵ Οι λανθανίδες αποτελούν μια ειδική ομάδα στοιχείων που έχουν ατομική δομή διαφορετική από τα άλλα στοιχεία, διαθέτουν παρόμοιες γεωχημικές ιδιότητες και βρίσκονται συχνά μαζί σε γεωλογικούς σχηματισμούς. Με βάση τον ατομικό τους αριθμό, χωρίζονται στην ελαφριά ομάδα (Light REE - LREE) ή ομάδα του Δημητρίου και στη βαριά ομάδα, γνωστή και ως ομάδα του Ψτρίου (Heavy REE - HREE). Η ελαφριά ομάδα περιλαμβάνει τα στοιχεία Λανθάνιο (La), Δημήτριο (Ce), Πρασεοδύμιο (Pr), Νεοδύμιο (Nd), Προμήθειο (Pm), Σαμάριο (Sm), Ευρώπιο (Eu), Γαδολίνιο (Gd) και Σκάνδιο (Sc). Η βαριά ομάδα περιλαμβάνει τα στοιχεία Τέρβιο (Tb), Δυσπρόσιο (Dy), Όλμιο (Ho), Έρβιο (Er), Θούλιο (Tm), Υττέρβιο (Yb), Λουτέσιο (Lu) και Ψτριο (Y).⁶

Οι σπάνιες γαίες σε αντίθεση με την ονομασία τους είναι σχετικά άφθονες στον φλοιό της Γης. Πολλές από αυτές έχουν μέσες συγκεντρώσεις στο στερεό φλοιό της Γης μεγαλύτερες από πολλά άλλα στοιχεία που χρησιμοποιούμε συχνά στην καθημερινότητά μας. Για παράδειγμα, το Δημήτριο (Ce), το πιο συνηθισμένο στοιχείο σπάνιων γαιών το οποίο κατέχει την 27η θέση σε αφθονία στο φλοιό της Γης, έχει ίδια μέση συγκέντρωση με το Χαλκό και διπλάσια από το Κοβάλτιο. Ίδια μέση συγκέντρωση με το Κοβάλτιο έχουν το Λανθάνιο (La) και το Νεοδύμιο (Nd), ενώ όλα αυτά, μαζί με το Ψτριο (Y) και το

³ Klinger, M. (2018). *Rear Earth Frondiers*. (Σελ.88). Cornell University Press.

⁴ Πίνακας B1.

⁵ Μέλφος, Β. & Βουδούρης, Π. (2022). *Κοιτάσματα της Ελλάδας*. (σ.240). Ζωγράφου: Κάλλιππος.

⁶ Οξενκιούν-Πετροπούλου, Μ. (2015). *Προχωρημένη Ανόργανη Χημεία*. (σ.180). Ζωγράφου: Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο.

Σκάνδιο (Sc), έχουν μεγαλύτερες μέσες συγκεντρώσεις από το Μόλυβδο.⁷ Ακόμη και το Λουτέσιο (Lu), το σπανιότερο στοιχείο, είναι περίπου 200 φορές πιο κοινό από τον χρυσό.⁸ Η σπανιότητά τους έγκειται στη δυσκολία ανεύρεσής τους σε ποσότητες που να επιτρέπουν την επικερδή εξόρυξη και εμπορική εκμετάλλευσή τους στη συνέχεια.

Τα στοιχεία της βαριάς ομάδας είναι λιγότερο κοινά, γεγονός που τα καθιστά συνήθως πιο επιθυμητά και πολύτιμα. Ελαφριές σπάνιες γαίες βρίσκουμε στα ορυκτά βαστναϊζίτη και μοναζίτη, ενώ στο ορυκτό ξενότιμο βρίσκουμε βαριές σπάνιες γαίες. Ένα άλλο ορυκτό στο οποίο βρίσκουμε σπάνιες γαίες είναι ο αλλανίτης.⁹ Το Σκάνδιο (Sc) βρίσκεται στο σπάνιο ορυκτό θορβείτη που το συναντάμε στη Σκανδιναβία. Εκτός από τα ορυκτά, πηγές ανάκτησης σπάνιων γαιών αποτελούν τα παραπροϊόντα άλλων μεταλλουργικών διεργασιών όπως η ανάκτηση ουρανίου, βολφραμίου, μολύβδου, κασσιτέρου και τιτανίου.

Πρόσφατα, έχει δοθεί μεγάλη προσοχή σε άλλες πιθανές πηγές, όπως τα απόβλητα εξόρυξης άνθρακα και τα υποπροϊόντα καύσης άνθρακα, τα οποία θα μπορούσαν δυνητικά να παρέχουν σημαντική ποσότητα σπάνιων γαιών σε πολλές χώρες εξόρυξης άνθρακα. Μια άλλη πηγή, με ιδιαίτερο ενδιαφέρον για τη χώρα μας, ανάκτησης σπάνιων γαιών και κυρίως Σκανδίου (Sc), αποτελεί η ερυθρά ιλύς που αποτελεί το απόβλητο της μεταλλουργικής διεργασίας του βωξίτη για την ανάκτηση αλουμίνας και στη συνέχεια αλουμινίου.¹⁰

1.2 Ιστορική Αναδρομή

Ορισμένα υλικά σπάνιων γαιών έχουν πάρει το όνομά τους από τους επιστήμονες που ανακάλυψαν τις χημικές ιδιότητές τους και ορισμένα έχουν πάρει το όνομά τους με βάση τις γεωγραφικές τοποθεσίες ανακάλυψής τους.¹¹ Η ανακάλυψη των σπάνιων γαιών άρχισε στα τέλη του 18ου αιώνα. Το πρώτο στοιχείο που ανακαλύφθηκε ήταν το Ύτριο (Y) το 1794, από τον Φινλανδό χημικό και ορυκτολόγο Johan Gadolin.¹² Ο Johan Gadolin είναι ένας από τους πολύ λίγους επιστήμονες που έχουν ένα στοιχείο προς τιμήν τους, καθώς το στοιχείο Γαδολίνιο (Gd) και το ορυκτό γαδολινίτης από το οποίο προέρχεται, πήραν το όνομά τους από αυτόν. Ένα άλλο στοιχείο που απαντάται στη φύση, το οποίο έχει πάρει

⁷ ΤΕΕ/Τμήμα Δυτικής Μακεδονίας. (2022). *Ανάλυση & Τεκμηρίωση της Σκοπιμότητας Αξιοποίησης του Εγχώριου Λιγνίτη σε Προϊόντα Υψηλής Προστιθέμενης Αξίας*. (σ.30). Τεχνική Αναφορά.

⁸ Voncken, J.H.L. (2016). *The Rare Earth Elements-An Introduction*. (σ.4). Delft University of Technology, Delft: Springer.

⁹ Καλημέρη, Ζ. (2015). *Έρευνα Αγοράς – Σπάνιες Γαίες*. (σ.41). Αθήνα: ΙΓΜΕ

¹⁰ Οξενκιούν-Πετροπούλου, Μ. (2015), (σ.181).

¹¹ Πίνακας Β2.

¹² Εικόνα Α1.

έμμεσα το όνομά του από ένα πρόσωπο, είναι το Σαμάριο (Sm). Το Σαμάριο (Sm) πήρε το όνομά του από το ορυκτό σαμαρσκίτης, το οποίο και το ίδιο πήρε το όνομά του από τον Ρώσο αξιωματικό και μηχανικό Vasili Samarsky-Bykhovets, ο οποίος ανακάλυψε το ορυκτό. Μέχρι το τέλος του 19ου αιώνα είχαν ανακαλυφθεί όλα τα στοιχεία των σπάνιων γαιών εκτός από δύο. Το Λουτέσιο (Lu) ανακαλύφθηκε το 1907 και τελευταίο ανακαλύφθηκε το 1947 το Προμήθειο (Pm)¹³ μόνο μετά την ανακάλυψη των πυρηνικών αντιδράσεων, καθώς δεν το συναντάμε στη φύση αλλά παρασκευάζεται τεχνητά. Η χρήση των φασμάτων ακτίνων-χ που προέκυψαν από την κρυσταλλογραφία ακτίνων-χ από τον Henry Moseley¹⁴ κατέστησε δυνατή την απόδοση ατομικών μαζικών αριθμών στα στοιχεία που ανακαλύφθηκαν. Ο Moseley, ήταν ο πρώτος που διαπίστωσε ότι ο ακριβής αριθμός των λανθανιδίων έπρεπε να είναι 15.¹⁵

Λόγω των μοναδικών γεωχημικών ιδιοτήτων τους, οι σπάνιες γαίες είναι συνήθως διασκορπισμένες τυχαία προς όλες τις κατευθύνσεις και δεν βρίσκονται συχνά σε συμπυκνωμένες και οικονομικά εκμεταλλεύσιμες μορφές. Ως εκ τούτου, τα λίγα οικονομικά εκμεταλλεύσιμα κοιτάσματα στο φλοιό της Γης είναι σπάνια με αποτέλεσμα να ονομάζονται σπάνιες γαίες. Μια άλλη θεωρία για την ονομασία τους συνδέεται στενά με την ανακάλυψή τους. Τον 19ο αιώνα ήταν γνωστό μόνο ένα κοιτάσμα σπάνιων γαιών, και ως εκ τούτου, θεωρούνταν ότι ήταν σπάνια και παρέμεινε ο όρος διαχρονικά. Σχετικά με τον όρο γαίες, αυτός προήλθε από τη γαλλική και γερμανική γλώσσα οι οποίες ειδικά τον 19ο αιώνα χρησιμοποιούνταν σημαντικά στις επιστήμες. Η ονομασία του οξειδίου ενός στοιχείου στα γαλλικά είναι «terre» του στοιχείου αυτού, που «terre» σημαίνει κυριολεκτικά επίσης «γη». Επίσης στα γερμανικά, ένα οξείδιο ενός στοιχείου ονομαζόταν «Erde» (γη) του στοιχείου αυτού. Καθώς τα περισσότερα στοιχεία εξορύσσονταν αρχικά ως οξείδια καθιερώθηκε η ορολογία σπάνιες γαίες.¹⁶

Τα περισσότερα στοιχεία σπάνιων γαιών ανακαλύφθηκαν στην πόλη Ytterby της Σουηδίας όπου υπήρχε ορυχείο για την εξόρυξη χαλαζία και άστριου, που χρησιμοποιούνταν για την παρασκευή πορσελάνης και σήμερα αποτελεί ιστορικό αξιοθέατο.¹⁷ Η πόλη έχει δώσει το όνομά της στο Ύτριο (Y), στο Υτέρβιο (Yb), στο Τέρβιο (Tb) και στο Έρβιο (Er). Άλλα στοιχεία που ανακαλύφθηκαν στο Ytterby είναι το

¹³ Πίνακας B3.

¹⁴ Εικόνα A2.

¹⁵ Jha, A.R. (2014). *Rare Earth Materials-Properties and Applications*. (σ.4). Boca Raton: CRC Press.

¹⁶ Voncken, J.H.L. (2016), (σ.4).

¹⁷ Εικόνες A3 και A4.

Γαδολίνιο (Gd), το Σκάνδιο (Sc), το Όλμιο (Ho), το Θούλιο (Tm) και το Λουτέσιο (Lu).¹⁸

Με την ανακάλυψη του Προμήθειου (Pm) το 1947, του τελευταίου στοιχείου των σπάνιων γαιών, έκλεισε ένα χρονικό διάστημα σχεδόν 150 ετών επίπονης και επίμονης χημικής έρευνας για την απομόνωση και την ταυτοποίηση αυτών των συναρπαστικών στοιχείων.¹⁹ Αρχικά μέχρι το τέλος του 18ου αιώνα τα στοιχεία των σπάνιων γαιών εξετάζονταν μόνο επιστημονικά, και δεν χρησιμοποιούνταν ακόμη τεχνικά για ειδικές εφαρμογές. Από τις αρχές του 19ου αιώνα ξεκίνησε η χρήση τους σε βιομηχανικές εφαρμογές και κατά τη δεκαετία του 1930 και μετά, εξακολούθησε η χρήση τους σε ένα περιορισμένο φάσμα εφαρμογών. Κατά τις δεκαετίες του 1950 και 1960 άρχισε η συστηματική τους χρήση, λόγω της ανάπτυξης ειδικών τεχνικών διαχωρισμού τους για την ελαχιστοποίηση του κόστους και της πολυπλοκότητας παραγωγής²⁰ και μέχρι το 2000 η ζήτηση είχε παρουσιάσει ραγδαία αύξηση.²¹

1.3 Ιδιότητες

Τα στοιχεία των σπάνιων γαιών δεν συναντώνται στη φύση ως μεμονωμένα στοιχεία, αλλά ως δευτερεύοντα ή μείζονα συστατικά σε περισσότερα από 250 ορυκτά. Στη φύση τα μέταλλα αυτά βρίσκονται υπό μορφή οξειδίων που έχουν γαιώδη μορφή.²² Τα πυριγενή και μεταμορφωμένα πετρώματα είναι οι παραδοσιακές πηγές τους, αλλά τα ιζηματογενή πετρώματα τελευταία έχουν αποκτήσει ερευνητικό ενδιαφέρον εξαιτίας της αυξανόμενης ζήτησης. Πολλά κοιτάσματα μπορεί να περιέχουν ίχνη σπάνιων γαιών, αλλά συνήθως η συγκέντρωσή τους είναι πολύ χαμηλή για κερδοφόρα αξιοποίηση. Η χημεία των λανθανιδών είναι ιδιόμορφη σε σχέση με άλλα στοιχεία και ο επιμέρους διαχωρισμός τους απαιτεί εξειδικευμένες τεχνικές, λόγω της ομοιότητας των ιδιοτήτων τους.²³ Από τα στοιχεία των σπάνιων γαιών, μόνο ένα στοιχείο το Προμήθειο (Pm) είναι ραδιενεργό και δεν έχει σταθερά ισότοπα.

Οι λανθανίδες αποτελούν μια ομάδα στοιχείων που κυμαίνονται από τον ατομικό αριθμό 57 [Λανθάνιο (La)] έως τον 71 [Λουτέσιο (Lu)]. Όλα τους μοιάζουν πολύ με το Λανθάνιο (La) και γι' αυτό το λόγο ονομάζονται λανθανίδες και παρουσιάζουν κοινές φυσικές ιδιότητες σε όλη τη σειρά, οι οποίες μπορούν να εξηγηθούν από την ηλεκτρονική διαμόρφωση των ατόμων τους. Είναι ασημένια, αργυρόλευκα ή γκρίζα μέταλλα, έχουν

¹⁸ Voncken, J.H.L. (2016), (σ.6).

¹⁹ Voncken, J.H.L. (2016), (σ.11).

²⁰ Jha, A.R. (2014), (σ.5).

²¹ Διάγραμμα Γ1.

²² Μέλφος, Β. & Βουδούρης, Π. (2022), (σ.240).

²³ Οξενκιούν-Πετροπούλου, Μ. (2015), (σ.180).

υψηλή λάμψη και αμαυρώνονται εύκολα στον αέρα.²⁴ Έχουν υψηλή ηλεκτρική αγωγιμότητα, πολύ μικρές διαφορές στη διαλυτότητα²⁵ και μοναδικές χημικές, ηλεκτρομαγνητικές, φωσφορίζουσες και μαγνητικές ιδιότητες, με αποτέλεσμα η χρήση τους να έχει οδηγήσει σε σημαντικές βελτιώσεις στις επιδόσεις, στην ενεργειακή απόδοση, στη μακροζωία, στην αξιοπιστία και στη σημαντική μείωση του βάρους και του μεγέθους των εξαρτημάτων ή/και των συνολικών συστημάτων των εφαρμογών που χρησιμοποιούνται.²⁶ Λόγω των ιδιοτήτων τους θεωρούνται «στρατηγικά μέταλλα», καθώς πρακτικά δεν υπάρχει βιομηχανική εφαρμογή υψηλής τεχνολογίας που να μην τις περιλαμβάνει. Ιδιαίτερα για την ΕΕ θεωρούνται ως υψηλής κρισιμότητας²⁷ στοιχεία καθώς δεν υπάρχει αποτελεσματικό υποκατάστατο για τις κύριες εφαρμογές τους, οι κύριες χώρες παραγωγής είναι εκτός ΕΕ και παρουσιάζουν χαμηλό βαθμό ανακύκλωσης.²⁸

²⁴ Εικόνα Α5.

²⁵ Voncken, J.H.L. (2016), (σ.6).

²⁶ Jha, A.R. (2014), (σ.14).

²⁷ European Commission. (2020). *Study on the EU's list of Critical Raw Materials*. Factsheets on Critical Raw Material.

²⁸ Καλημέρη, Ζ. (2015), (σ.14).

Κεφάλαιο δεύτερο

Χρήσεις και Εφαρμογές Σπάνιων Γαιών σε Κρίσιμους Τομείς και Οπλικά

Συστήματα

2.1 Γενικά

Πριν από τη δεκαετία του 1960, υπήρχαν σχετικά λίγες χρήσεις για τις σπάνιες γαίες, αλλά καθώς αναπτύχθηκαν νέες τεχνολογίες, η ζήτησή τους σταδιακά άρχισε να αυξάνεται. Κατά τη διάρκεια των τελευταίων τριών δεκαετιών, υπήρξε μια έκρηξη στις εφαρμογές τους σε διάφορες τεχνολογικές συσκευές. Σήμερα, αποτελούν κρίσιμο μέρος της σύγχρονης ζωής μας, οι εφαρμογές τους είναι αμέτρητες και η τεχνολογική πρόοδος είναι αδύνατη χωρίς αυτές. Οι μοναδικές και αποκλειστικές βιομηχανικές εφαρμογές και χρήσεις τους στην κατασκευή προϊόντων υψηλής τεχνολογίας και στην «πράσινη» τεχνολογία, έχουν καταστήσει τις σπάνιες γαίες απαραίτητες στην παγκόσμια βιομηχανία και εκτιμάται πως η ζήτησή τους θα αυξάνεται με ραγδαίους ρυθμούς. Η Παγκόσμια Τράπεζα προβλέπει ότι μέχρι το 2050 οι ανάγκες για ορυκτές ύλες, συμπεριλαμβανομένων των σπάνιων γαιών, θα αυξηθούν κατά 300% για την παραγωγή ανεμογεννητριών, κατά 200% για τα φωτοβολταϊκά και κατά 1.000% για τις μπαταρίες.²⁹ Λόγω των μοναδικών ιδιοτήτων τους, οι σπάνιες γαίες συμβάλλουν στην επίτευξη πολλών τεχνολογικών πλεονεκτημάτων, όπως η απόδοση με μειωμένη κατανάλωση ενέργειας, η μεγαλύτερη αποδοτικότητα, η μικρογραφία, το μικρότερο βάρος, η ταχύτητα, η ανθεκτικότητα και η θερμική σταθερότητα.

Χρησιμοποιούνται όλο και περισσότερο σε αμυντικά και τηλεπικοινωνιακά συστήματα, ηλεκτρονικά, μεταφορές, χημικούς καταλύτες, μαγνήτες και ιατρικές εφαρμογές. Με τις αυξημένες ανησυχίες για την κλιματική αλλαγή και την ενεργειακή μετάβαση σε ΑΠΕ, υπό το πρίσμα της υπερθέρμανσης του πλανήτη, οι χρήσεις των σπάνιων γαιών αναμένεται να αυξηθούν, ιδίως με την υψηλή ζήτηση για υβριδικά και ηλεκτρικά αυτοκίνητα, λαμπτήρες χαμηλής κατανάλωσης, φωτοβολταϊκά και ανεμογεννήτριες. Μια ανεμογεννήτρια δύο μεγαβάτ περιέχει περίπου 360 κιλά Νεοδυμίου (Nd) και 60 κιλά Δυσπροσίου (Dy)³⁰, ενώ ένα ηλεκτρικό αυτοκίνητο χρειάζεται 2 κιλά σπάνιες γαίες³¹.

²⁹ Οικονομικός Ταχυδρόμος. (2023). Σπάνιες γαίες: Ο ανεκμετάλλευτος θησαυρός της ελληνικής γης. Ανακτήθηκε την 07/12/2024 από: <https://www.ot.gr/2023/04/25/oikonomia/spanies-gaies-o-anekmatalleytos-thisayros-tis-ellinikis-gis/>

³⁰ Klinger, M. (2018), (σ.92).

³¹ Γαλάνης, Α. (2023). Ο σπάνιος θησαυρός που κρύβει στα σπλάχνα της η Ελλάδα -Πού βρίσκεται. Ανακτήθηκε την 07/12/2024 από: <https://www.carandmotor.gr/themata/o-thisayros-poy-krybei-sta-splahna-tis-i-ellada>

Τα λείζερ, τα κινητά τηλέφωνα και οι οθόνες υγρών κρυστάλλων περιέχουν σπάνιες γαίες, ενώ οι νέες επιδόσεις των τελευταίων γενεών τερματικών «μαζικής σύνδεσης», από το iPhone έως τα ηλεκτρονικά βιβλία, οφείλονται εν μέρει, στις ιδιότητες αυτών των στοιχείων. Οι σπάνιες γαίες χρησιμοποιούνται επίσης σε καταλύτες για τη διύλιση του πετρελαίου,³² καθώς και σε αμέτρητες άλλες εφαρμογές όπως σε σκληρούς δίσκους υπολογιστών και DVD, στη μαγνητική τομογραφία, στην ορθοδοντική, στα ηλεκτρονικά τσιγάρα, στα ηχεία και ακουστικά με πολύ μικρό μέγεθος, στα μαγνητικά φίλτρα, στους ηλεκτρικούς κινητήρες, στα ασύρματα εργαλεία και στα ηλεκτρικά/ηλεκτρονικά παιχνίδια. Επίσης, οι σπάνιες γαίες αποτελούν τις μοναδικές και αναντικατάστατες πρώτες ύλες στην αεροναυπηγική, στη διαστημική τεχνολογία, σε οπτικά συστήματα, στη μεταλλουργία, στην επεξεργασία γυαλιού, σε πυρηνικούς αντιδραστήρες, σε καταλύτες αυτοκινήτων, σε γυαλιά οράσεως, κινητά τηλέφωνα, επίπεδες οθόνες υγρών κρυστάλλων, δορυφόρους, οπτικές ίνες, κινητήρες αεροσκαφών, κεραμικά, κράματα, ραντάρ και σε αμέτρητα ακόμα προϊόντα.³³ Στην ιατρική χρησιμοποιούνται εκτός από τους μαγνητικούς τομογράφους, για την ακτινοβολία σε καρκινοπαθείς, για χειρουργικές επεμβάσεις, στα όργανα ακτινογραφιών με ακτίνες X, στα ιατρικά λείζερ και σε βηματοδότες.³⁴ Στη συνέχεια παρατίθενται τα στοιχεία της ομάδας των σπάνιων γαιών κατά αύξουσα σειρά Ατομικού Αριθμού και αναφέρονται οι κυριότερες χρήσεις για το κάθε ένα.

2.2 Κυριότερες Χρήσεις Σπάνιων Γαιών

2.2.1 Σκάνδιο (Sc) Χρησιμοποιείται σε συσκευές και προϊόντα που έχουν ευρεία χρήση, όπως οι τηλεοράσεις και οι λαμπτήρες φθορισμού χαμηλής ενεργειακής κατανάλωσης. Στη βιομηχανία χρησιμοποιείται για τη στίλβωση μετάλλων ώστε να αυξηθεί η αντοχή τους (κυρίως στο αλουμίνιο) και ως ενισχυτικό κραμάτων σε κυψελίδες καυσίμου στον αεροναυπηγικό τομέα. Επίσης, χρησιμοποιείται στη βιομηχανία λιπασμάτων για γεωργική χρήση, και αποτελεί μέρος της μυστικής συνταγής για πιστόλια υψηλής απόδοσης, σκελετούς ποδηλάτων και ρόπαλα του μπέιζμπολ.³⁵ Η Σκανδιναβία και η Μαδαγασκάρη κατέχουν τα γνωστότερα ως σήμερα κοιτάσματα που εμφανίζουν υψηλές συγκεντρώσεις Σκανδίου (Sc).

2.2.2 Ύττιριο (Y) Αποτελεί συστατικό των δύστηκτων κραμάτων τα οποία χρησιμοποιούνται σε υψηλής θερμοκρασίας, οξειδωτικά περιβάλλοντα όπως οι κινητήρες

³² Καλημέρη, Ζ. (2015), (σ.10).

³³ Εικόνες A6, A7, A8 και Πίνακας B4.

³⁴ Μέλφος, Β. & Βουδούρης, Π. (2022), (σ.241).

³⁵ Klinger, M. (2018), (σ.85).

αεροστροβίλων. Χρησιμοποιείται επίσης σε φάρμακα (αντικαρκινικά και για τη ρευματοειδή αρθρίτιδα), σε χειρουργικά είδη,³⁶ σε φακούς φωτογραφικών μηχανών για να κάνει το γυαλί ανθεκτικό στη θερμότητα και τους κραδασμούς³⁷,σε διάφορους τύπους λέιζερ, στις έγχρωμες λυχνίες και οθόνες τηλεοράσεων και σε εφαρμογές μικροκυμάτων και ραντάρ.

2.2.3 Λανθάνιο (La) Το Λανθάνιο (La) αποτελεί ένα από τα πιο ενεργά στοιχεία των σπάνιων γαιών. Βρίσκει εφαρμογή στην κατασκευή φωτοβολταϊκών, οπτικών ινών, ειδικών οπτικών φακών, φακών καμερών και τηλεσκοπίων και έχει την ιδιότητα να κάνει το χάλυβα περισσότερο ελατό. Χρησιμοποιείται επίσης στην επεξεργασία λυμάτων, σε καταλύτες πετρελαίου³⁸ κατά τη διαδικασία διύλισης του και σε επαναφορτιζόμενες μπαταρίες υβριδικών και ηλεκτρικών αυτοκινήτων και φορητών ηλεκτρονικών συσκευών, όπως στα κινητά τηλέφωνα.

2.2.4 Δημήτριο (Ce) Αποτελεί το πιο άφθονο στοιχείο από τις σπάνιες γαίες και έχει πολυάριθμες εφαρμογές³⁹, στη μεταλλουργία, ως υλικό στίλβωσης, ως χρωστική ουσία, στη βιομηχανία γυαλιού και κεραμικών υψηλής ποιότητας, σε καταλύτες, σε συσκευές ανάφλεξης των αναπτήρων και των φακών, αλλά και σε κράματα σιδήρου, μαγνησίου και αλουμινίου. Η πιο συνηθισμένη βιομηχανική εφαρμογή του είναι στη διαδικασία παραγωγής χάλυβα. Χρησιμοποιείται ευρέως στην κατασκευή ιατρικών γυάλινων αντικειμένων και αεροδιαστημικών παραθύρων λόγω των εξαιρετικών ιδιοτήτων μηχανικής αντοχής του. Αυτό το στοιχείο σπάνιων γαιών είναι επίσης κατάλληλο για οπτικά εξαρτήματα υψηλής απόδοσης, ενώ τα κράματά του είναι καταλληλότερα για εξαρτήματα κινητήρων αυτοκινήτων.⁴⁰

2.2.5 Πρασεοδύμιο (Pr) Σε συνδυασμό με το Νεοδύμιο (Nd) χρησιμοποιούνται σε συσκευές ανάφλεξης και σε μαγνήτες.⁴¹ Ως κράμα με μαγνήσιο χρησιμοποιείται για την παραγωγή μετάλλων υψηλής αντοχής στην αεροναυπηγική βιομηχανία. Επίσης βρίσκει εφαρμογή ως χρωστική ουσία για γυαλί και σμάλτο και χρησιμοποιείται σε γυαλιά συγκόλλησης επειδή εμποδίζει την υπέρυθη ακτινοβολία. Τέλος εφαρμόζεται επίσης ως καταλύτης.⁴²

2.2.6 Νεοδύμιο (Nd) Χρησιμοποιείται σε υψηλής αντοχής μόνιμους μαγνήτες,

³⁶ Καλημέρη, Ζ. (2015), (σ.11).

³⁷ Voncken, J.H.L. (2016), (σ.90).

³⁸ Οξενκιούν-Πετροπούλου, Μ. (2015), (σ.181).

³⁹ Voncken, J.H.L. (2016), (σ.93).

⁴⁰ Jha, A.R. (2014), (σ.55).

⁴¹ Καλημέρη, Ζ. (2015), (σ.11).

⁴² Voncken, J.H.L. (2016), (σ.97).

οι οποίοι βρίσκουν εφαρμογή στις «πράσινες τεχνολογίες» όπως στα υβριδικά αυτοκίνητα και στις ανεμογεννήτριες. Η προσθήκη Νεοδυμίου (Nd) σε έναν κοινό μαγνήτη τον κάνει 10 φορές ισχυρότερο (μαγνήτης NdFeB).⁴³ Οι μαγνήτες Νεοδυμίου (Nd)-σιδήρου έχουν γίνει απαραίτητοι για τις ηλεκτρικές μίζες κινητήρων, τα ηλεκτρικά παράθυρα, τις κλειδαριές θυρών, τα μοτέρ υαλοκαθαριστήρων, τους κινητήρες ατράκτου δίσκου και CD-ROM, τους κινητήρες pick-up, εκτυπωτών και φαξ, τους κυλίνδρους αντιγραφικών μηχανών, τα ηλεκτρικά συστήματα διεύθυνσης και αισθητήρες, τις ηλεκτρικές αντλίες καυσίμου και κινητήρες συνεχούς ρεύματος, για τα βίντεο και τις βιντεοκάμερες, για τις φωτογραφικές μηχανές, τα ηχεία, τα ακουστικά και τα μικρόφωνα. Επίσης, βρίσκει εφαρμογή σε τηλεειδοποιητές, σε συσκευές αναπαραγωγής DVD, σε ρολόγια, σε κινητά τηλέφωνα, σε φορητά ηλεκτρικά εργαλεία, σε κινητήρες οικιακών συσκευών, σε ζυγαριές, σε κλιματιστικά, σε αντλίες νερού, σε συστήματα ασφαλείας, σε γεννήτριες, σε ρουλεμάν, στην ιατρική βιομηχανία, σε χειρουργικά εργαλεία και σε θεραπευτικά εμφυτεύματα.⁴⁴ Χρησιμοποιείται επίσης στην κατασκευή υπέρυθρων λέιζερ για βιομηχανικές και στρατιωτικές χρήσεις. Τελευταίες έρευνες δείχνουν τη χρησιμότητά του στην ιατρική ως φασματοσκοπικό αναλυτικό εργαλείο, ως στοιχείο σε λέιζερ για τη διάγνωση του γλαυκώματος, ως στοιχείο ενός αναβαθμισμένου λέιζερ πολλαπλών παλμών και ενός λέιζερ μακρών παλμών για τη θεραπεία κύστεων.⁴⁵

2.2.7 Προμήθειο (Pm) Είναι το μόνο φυσικά ραδιενεργό στοιχείο των σπάνιων γαιών, δεν υπάρχει στη φύση αλλά δημιουργείται στο εργαστήριο και το μεγαλύτερο μέρος του χρησιμοποιείται αποκλειστικά στην έρευνα. Μπορεί επίσης να χρησιμοποιηθεί ως πηγή ακτίνων-χ, ραδιενέργειας στη μέτρηση οργάνων,⁴⁶ για την παραγωγή μπαταριών που τροφοδοτούν βηματοδότες και διαστημικές συσκευές, καθώς και για την κατασκευή φωσφορίζουσας βαφής για τα καντράν των ρολογιών.⁴⁷

2.2.8 Σαμάριο (Sm) Χρησιμοποιείται κυρίως στους πυκνωτές υψηλής απόδοσης σε συχνότητες μικροκυμάτων,⁴⁸ σε μαγνήτες αλλά και σε αντικαρκινικές θεραπείες με ακτινοβολία. Οι μαγνήτες Σαμαρίου (Sm)-κοβαλτίου ανακαλύφθηκαν στα τέλη της δεκαετίας του 1960 και χρησιμοποιούνται σε όργανα ραντάρ, ενώ η προσθήκη Δυσπροσίου (Dy) και Σαμαρίου (Sm) στους μαγνήτες, τους δίνει ακόμη πιο εξειδικευμένες δυνατότητες, όπως αντοχή σε υψηλές θερμοκρασίες, διευρύνοντας έτσι

⁴³ Καλημέρη, Ζ. (2015), (σ.11).

⁴⁴ Voncken, J.H.L. (2016), (σ.98).

⁴⁵ Jha, A.R. (2014), (σ.53).

⁴⁶ Voncken, J.H.L. (2016), (σ.99).

⁴⁷ Klinger, M. (2018), (σ.85).

⁴⁸ Jha, A.R. (2014), (σ.54).

σημαντικά το πεδίο εφαρμογής τους. Οι εν λόγω μαγνήτες χρησιμοποιούνται ευρέως στο σχεδιασμό και την ανάπτυξη ηλεκτρικών κινητήρων και γεννητριών για ηλεκτρικά και υβριδικά ηλεκτρικά οχήματα.⁴⁹ Επισημαίνεται ότι το 21% της συνολικής παραγωγής των σπάνιων γαιών παγκοσμίως χρησιμοποιείται για την κατασκευή ειδικών μαγνητών.⁵⁰ Οι εφαρμογές του στην ιατρική έρευνα περιλαμβάνουν τη χρήση του στη μοριακή απεικόνιση, ως σκιαγραφικού παράγοντα και σε ιατρικές ερευνητικές μελέτες με ραδιοϊσότοπα, με έμφαση στη διάγνωση και τις κλινικές θεραπείες διαφόρων ασθενειών.⁵¹

2.2.9 Ευρώπιο (Eu) Το στοιχείο αυτό δεν έχει πολλές εφαρμογές, ωστόσο χρησιμοποιείται σαν φωσφορίζουσα ουσία η οποία βρίσκει εφαρμογή στις οθόνες τηλεόρασης και υπολογιστών, στις έγχρωμες λυχνίες των τηλεοράσεων⁵² αλλά και στη δημιουργία των φωσφορίζόντων σχημάτων στα χαρτονομίσματα ώστε να δυσχεραίνεται η πλαστογράφηση.⁵³

2.2.10 Γαδολίνιο (Gd) Έχει πολυάριθμες, πολύ εξειδικευμένες εφαρμογές σε πυρηνικούς αντιδραστήρες και στην ιατρική με κύρια έμφαση στη διάγνωση και θεραπεία, όπως στις μαγνητικές τομογραφίες ως ενέσιμος σκιαγραφικός παράγοντας και στις ακτίνες-χ.⁵⁴ Μια άλλη χρήση του είναι στα μικροτσίπς των ηλεκτρονικών υπολογιστών.⁵⁵ Οι μεταλλουργικές εφαρμογές του γαδολινίου είναι η βελτίωση της αντοχής του σιδήρου, του χρωμίου και των συναφών κραμάτων σε υψηλές θερμοκρασίες και οξειδωτικά περιβάλλοντα.⁵⁶

2.2.11 Τέρβιο (Tb) Καθιστά τους μόνιμους μαγνήτες αποδοτικούς σε υψηλές θερμοκρασίες, βρίσκει εφαρμογή σε λάμπες φθορίου, συστήματα προβολής, σε ραντάρ και στην αμυντική τεχνολογία.⁵⁷ Επίσης χρησιμοποιείται στα μικροτσίπς των ηλεκτρονικών υπολογιστών.⁵⁸

2.2.12 Δυσπρόσιο (Dy) Καθιστά, ως προσθήκη, τους μόνιμους μαγνήτες αποδοτικούς σε υψηλές θερμοκρασίες. Χρησιμοποιείται ευρέως σε κινητά τηλέφωνα, smartphones και tablets, όπως επίσης στην ιατρική σε λέιζερ για κλινική θεραπεία,

⁴⁹ Jha, A.R. (2014), (σ.54).

⁵⁰ Μέλλος, Β. & Βουδούρης, Π. (2022), (σ.241).

⁵¹ Jha, A.R. (2014), (σ.54).

⁵² Οξενκιούν-Πετροπούλου, Μ. (2015), (σ.181).

⁵³ Καλημέρη, Ζ. (2015), (σ.11).

⁵⁴ Jha, A.R. (2014), (σ.60).

⁵⁵ Οξενκιούν-Πετροπούλου, Μ. (2015), (σ.181).

⁵⁶ Voncken, J.H.L. (2016), (σ.100).

⁵⁷ Καλημέρη, Ζ. (2015), (σ.11).

⁵⁸ Οξενκιούν-Πετροπούλου, Μ. (2015), (σ.181).

στόχευση όγκων και άλλες κλινικές εφαρμογές.⁵⁹ Επίσης βρίσκει εφαρμογή σε σκληρούς δίσκους ηλεκτρονικών υπολογιστών και στην ψύξη πυρηνικών αντιδραστήρων.⁶⁰ Επίσης ως πρόσμιξη χρησιμοποιείται για την κατασκευή πυκνωτών μικρών διαστάσεων αλλά υψηλής χωρητικότητας, και πυκνωτών αντιστάθμισης θερμοκρασίας.⁶¹

2.2.13 Όλμιο (Ho) Μαζί με το Δυσπρόσιο αποτελούν τα περισσότερα μαγνητικά στοιχεία των σπάνιων γαιών. Χρησιμοποιείται για τη δημιουργία κραμάτων με μαγνητικές ιδιότητες, στους πυρηνικούς αντιδραστήρες για να κρατήσει την αλυσιδωτή αντίδραση υπό έλεγχο επειδή απορροφά τα νετρόνια, καθώς και σε εξοπλισμό τεχνολογίας μικροκυμάτων.⁶² Επίσης, χρησιμοποιείται ως χρωστική ουσία σε γυαλί, για τη βαθμονόμηση του φασματοφωτόμετρου, και σε λέιζερ για ιατρικές και οδοντιατρικές εφαρμογές.⁶³

2.2.14 Έρβιο (Er) Σημαντική είναι η εφαρμογή του για την ενίσχυση του σήματος στα καλώδια οπτικών ινών προκειμένου να ενισχύσει τα σήματα και την ανάπτυξη των κινητών τηλεφώνων και του διαδικτύου. Χρησιμοποιείται επιπρόσθετα σε εφαρμογές λέιζερ και για ιατρικούς σκοπούς, ως φωτογραφικό φίλτρο, στα γυαλιά οράσεως για την απορρόφηση του ορατού και υπέρυθρου φωτός, σε γυαλιά ασφαλείας για συγκολλητές και υαλουργούς, ως χρωστική ουσία για τον χρωματισμό πορσελάνης και σμάλτων, σε φωσφόρους που μπορούν να μετατρέψουν το υπέρυθρο φως σε ορατό φως, σε λέιζερ που χρησιμοποιούνται σε ιατρικές και οδοντιατρικές εφαρμογές, στην παραγωγή ειδικών ράβδων πυρηνικών καυσίμων και σε κράματα για τη μείωση της σκληρότητάς τους.⁶⁴

2.2.15 Θούλιο (Tm) Αποτελεί το σπανιότερο και ένα από τα ακριβότερα στοιχεία των σπάνιων γαιών. Τα ισότοπά του χρησιμοποιούνται σε εφαρμογές πυρηνικών σταθμών παραγωγής ενέργειας, στις ακτίνες-χ, σε λαμπτήρες πυράκτωσης και σε τεχνολογίες λέιζερ με στρατιωτικές, ιατρικές και μετεωρολογικές εφαρμογές.⁶⁵ Επειδή λάμπει μπλε κάτω από υπεριώδες φως, σφραγίζεται στα τραπεζογραμμάτια του ευρώ ως μέτρο κατά της παραχάραξης.⁶⁶

2.2.16 Υττέρβιο (Yb) Είναι ένα αρκετά σπάνιο στοιχείο. Παρουσιάζει την

⁵⁹ Jha, A.R. (2014), (σ.52).

⁶⁰ Καλημέρη, Ζ. (2015), (σ.11).

⁶¹ Voncken, J.H.L. (2016), (σ.101).

⁶² Καλημέρη, Ζ. (2015), (σ.11).

⁶³ Voncken, J.H.L. (2016), (σ.101).

⁶⁴ Voncken, J.H.L. (2016), (σ.102).

⁶⁵ Καλημέρη, Ζ. (2015), (σ.11).

⁶⁶ Klinger, M. (2018), (σ.85).

ιδιότητα να βελτιώνει τον ανοξειδωτο χάλυβα και χρησιμοποιείται σε πολύ σημαντικές ιατρικές εφαρμογές, κυρίως για αντικαρκινικές θεραπείες⁶⁷, στην παραγωγή πυκνωτών και άλλων ηλεκτρονικών συσκευών και ως βιομηχανικός καταλύτης.⁶⁸ Χρησιμοποιείται επίσης στην έρευνα και ανάπτυξη της νανοτεχνολογίας, με μοναδικές ιδιότητες και πλεονεκτήματα, ενώ τα λέιζερ με βάση το Υττέρβιο (Yb) προσφέρουν εξαιρετική ποιότητα δέσμης και χαμηλά επίπεδα θορύβου.⁶⁹

2.2.17 Λουτέσιο (Lu) Είναι επίσης ένα πολύ σπάνιο μέταλλο με πολλές ενδιαφέρουσες εφαρμογές, όπως στη ραδιοχρονολόγηση, στη διύλιση πετρελαίου και σε ιατρικές θεραπείες.⁷⁰ Η ιατρική έρευνα και ανάπτυξη διερευνά το Λουτέσιο (Lu) για χρήση στη θεραπεία όγκων του εγκεφάλου, σε τεχνικές διαμήκους απεικόνισης, στη λαπαροσκοπική αντιμετώπιση και θεραπεία ηπατικών όγκων, στη μοριακή απεικόνιση και στην απεικόνιση και θεραπεία για τα κύτταρα όγκων του προστάτη.⁷¹

2.3 Χρήσεις Σπάνιων Γαιών σε Κρίσιμα Οπλικά Συστήματα

2.3.1 Γενικά. Οι σπάνιες γαίες βρίσκουν εφαρμογή σε ένα ευρύ φάσμα της στρατιωτικής τεχνολογίας και έχουν μεγάλη σημασία για την αμυντική βιομηχανία. Είναι απαραίτητες για την ανάπτυξη και την παραγωγή κρίσιμων οπλικών συστημάτων και διαδραματίζουν ολοένα και πιο σημαντικό ρόλο στον τομέα της έρευνας, της καινοτομίας και της ανάπτυξης στον αμυντικό τομέα. Χρησιμοποιούνται από τα μαχητικά αεροσκάφη μέχρι τα υποβρύχια και από τα δορυφορικά συστήματα μέχρι τα άρματα μάχης.⁷² Χαρακτηριστικά ένα αμερικανικό υποβρύχιο της κλάσης Virginia, απαιτεί περίπου 4 τόνους σπάνιων γαιών, ένα αντιτορπιλικό κλάσης Arleigh Burke περισσότερους από δύο τόνους και ένα μαχητικό αεροσκάφος F-35 περισσότερα από 400 κιλά,⁷³ ενώ πολλές σύγχρονες φρεγάτες ενσωματώνουν συνολικά περισσότερους από 1,5 τόνο σπάνιων γαιών.

Υπάρχουν περιπτώσεις εξάρτησης από τις σπάνιες γαίες με ιδιαίτερο ενδιαφέρον, όπως η περίπτωση του αεροσκάφους RAFALE, το οποίο έχει τη δυνατότητα να μεταφέρει πυρηνικά όπλα, αποτελώντας μαζί με τα στρατηγικά πυρηνικά υποβρύχια, θεμελιώδη φορέα προβολής ισχύος και ακρογωνιαίό λίθο της γαλλικής στρατηγικής εθνικής άμυνας,

⁶⁷ Καλημέρη, Ζ. (2015), (σ.11).

⁶⁸ Voncken, J.H.L. (2016), (σ.103).

⁶⁹ Jha, A.R. (2014), (σ.57).

⁷⁰ Καλημέρη, Ζ. (2015), (σ.11).

⁷¹ Jha, A.R. (2014), (σ.51).

⁷² Εικόνες A9, A10, A11, A12 και A13.

⁷³ Grier, P. (2017). Rare-Earth Uncertainty. Air & Space Forces Magazine. Ανακτήθηκε την 18/1/2023 από: <https://www.airandspaceforces.com/article/rare-earth-uncertainty/>

που βασίζεται στην πυρηνική αποτροπή.⁷⁴ Η χρήση των σπάνιων γαιών από την αμυντική βιομηχανία, σε συνδυασμό με το ότι η παραγωγή τους ελέγχεται σε μεγάλο βαθμό από τη Κίνα, τις καθιστούν πρώτες ύλες στρατηγικού ενδιαφέροντος για τις υπόλοιπες ισχυρές οικονομίες, που χρηματοδοτούν με μεγάλα ποσά την αναζήτηση εναλλακτικών πηγών.⁷⁵ Έχει διαπιστωθεί ότι όσο πιο εξελιγμένος γίνεται ο στρατιωτικός εξοπλισμός, τόσο ποικίλλει η ζήτηση για σπάνιες γαίες⁷⁶ από τις αμυντικές βιομηχανίες, καθώς είναι αναγκαίες για μια πληθώρα οπλικών συστημάτων όπως παρατίθενται στη συνέχεια.

2.3.2 Κατευθυνόμενα Πυρομαχικά Ακριβείας. Στοιχεία σπάνιων γαιών όπως το Σαμάριο (Sm), χρησιμοποιούνται σε πυραύλους αέρος-αέρος, σε πυραύλους αέρος-επιφανείας, σε κατευθυνόμενες βόμβες ακριβείας που εκτοξεύονται από αέρος, σε πυραύλους κρουζ, σε αντιπλοϊκούς πυραύλους, σε πυραύλους επιφανείας-αέρος, σε πυραύλους επιφανείας-επιφανείας και σε στρατηγικούς πυρηνικούς πυραύλους. Τα πυρομαχικά ακριβείας χρησιμοποιούν κινητήρες μόνιμων μαγνητών Σαμαρίου (Sm) - κοβαλτίου για την καθοδήγηση των κινούμενων επιφανειών ελέγχου πτήσης (περυγία)⁷⁷ και για τον έλεγχο της κατεύθυνσης ρίψης όταν ρίπτονται από αεροσκάφος, καθώς και συσκευές ανίχνευσης μικροκυμάτων για τον εντοπισμό του στόχου.⁷⁸ Επίσης στους πυραύλους χρησιμοποιούνται μπαταρίες μεγάλης διάρκειας ζωής, που περιέχουν Προμήθειο (Pm) και συστήματα καθοδήγησης με Νεοδύμιο (Nd).⁷⁹

2.3.3 Αεροσκάφη. Οι μόνιμοι μαγνήτες Σαμαρίου (Sm)-κοβαλτίου χρησιμοποιούνται σε γεννήτριες που παράγουν ηλεκτρική ενέργεια για τα ηλεκτρικά συστήματα των αεροσκαφών. Επιπλέον, μικροί ενεργοποιητές μαγνητών σπάνιας γαιών υψηλής ισχύος, χρησιμοποιούνται για την κίνηση των επιφανειών πτερυγίων και των πηδαλίων ελέγχου πτήσης των αεροσκαφών.⁸⁰ Το Ύτριο (Y) χρησιμοποιείται για την προστασία των μεταλλικών κραμάτων από τις υψηλές θερμοκρασίες που παράγουν οι κινητήρες των αεριοθούμενων αεροσκαφών. Σπάνιες γαίες χρησιμοποιούνται στην

⁷⁴ Chomon, M.J. & Ganse, A. (2021). *How Relevant are Rare Earths to Europe's Security and Defence?* Ανακτήθηκε την 14/2/2023 από: <https://eurosd.com/2021/10/articles/exclusive/23989/how-relevant-are-rare-earths-to-europes>

⁷⁵ ΤΕΕ/Τμήμα Δυτικής Μακεδονίας. (2022), (σ.61).

⁷⁶ Kalvig, P. & Lucht, H. (2021). No Green Future Without China Greenland's Minerals to Consolidate China's Rare Earth Dominance? Danish Institute for International Studies. Ανακτήθηκε την 18/1/2023 από: <https://www.jstor.org/stable/resrep30270>

⁷⁷ Hurst, C. (2010). *China's Ace in the Hole: Rare Earth Elements*. U.S. Geological Survey National Minerals Information Center.

⁷⁸ Hedrick, B. J. (2004). Rare Earths in Selected US Defense Applications. Bloomington: 40th Forum on the Geology of Industrial Minerals

⁷⁹ Kenlan, R. (2022). *Rare Elements of Security*. Air & Space Forces Magazine. Ανακτήθηκε την 18/1/2023 από: <https://www.airandspaceforces.com/article/rare-elements-of-security/>

⁸⁰ Hedrick, B. J. (2004).

κατασκευή των κινητήρων, ενώ το Σαμάριο (Sm) βρίσκει εφαρμογή στην τεχνολογία Stealth και το Σκάνδιο (Sc) συνδυάζεται με αλουμίνιο για την αύξηση των επιδόσεων των μαχητικών αεροσκαφών. Επίσης τα κράματα μαγνησίου σπάνιων γαιών είναι αρκετά ισχυρά και ελαφριά, γεγονός που τα καθιστά ιδανικά για αεροσκάφη.⁸¹

2.3.4 Συστήματα Ραντάρ. Οι σπάνιες γαίες έχουν διάφορες εφαρμογές στα συστήματα ραντάρ. Κυρίως χρησιμοποιούνται το Σαμάριο (Sm), το Ύτριο (Y) και το Γαδολίνιο (Gd) για την εστίαση της ενέργειας μικροκυμάτων, σε μετατοπιστές φάσης, στα συστήματα καθοδήγησης και ελέγχου του ραντάρ, στα συστήματα ελέγχου της ροής των ηλεκτρονικών σημάτων και ως ενισχυτές παλμικού ή συνεχούς κύματος των ραντάρ. Χρησιμοποιούνται σε επίγεια συστήματα για ραντάρ ελέγχου και επιτήρησης εναέριας κυκλοφορίας, ραντάρ έρευνας και ραντάρ ελέγχου πυρός όπλων, καθώς και σε ραντάρ για την αποφυγή συγκρούσεων, ανίχνευσης καιρικών συνθηκών και ως βοήθημα πλοήγησης σε αεροσκάφη και ναυτικές μονάδες.⁸²

2.3.5 Συστήματα Λείζερ. Το Νεοδύμιο (Nd) και το Ύτριο (Y) βρίσκουν εφαρμογή στις συσκευές λέιζερ για στρατιωτική χρήση, όπως σε αποστασιόμετρα, σε συσκευές προσδιορισμού του στόχου και σε συσκευές εντοπισμού. Χρησιμοποιούνται σε φορητές συσκευές στοχοποίησης και μέτρησης απόστασης, σε συστήματα φίλιας ή εχθρικής ταυτοποίησης, σε συστήματα ελέγχου πυρός (ΣΕΠ) αρμάτων μάχης, σε πυραυλικά συστήματα, σε συστήματα αντιμέτρων και σε συστήματα αναγνώρισης και προσδιορισμού στοιχείων του στόχου. Οι πληροφορίες για το αντικείμενο που προσδιορίζονται περιλαμβάνουν τον τύπο του αντικειμένου, την ταχύτητα, την κατεύθυνση της κίνησης, την ανάλυση του οπλικού συστήματος και την κατάλληλη αντίδραση.⁸³ Σημαντική εξέλιξη αποτελεί η έρευνα της εταιρίας Lockheed Martin, η οποία εργάζεται πάνω σε ένα μικρό, υψηλής ισχύος όπλο λέιζερ, που βασίζεται σε μεγάλο βαθμό στο Έρβιο και στο Νεοδύμιο, το οποίο το Εργαστήριο Ερευνών της Πολεμικής Αεροπορίας των ΗΠΑ, σκοπεύει να δοκιμάσει σε ένα τακτικό μαχητικό αεροσκάφος.⁸⁴

2.3.6 Συστήματα Επικοινωνιών. Οι σπάνιες γαίες χρησιμοποιούνται σε δορυφορικές επικοινωνίες και σε επίγεια συστήματα ζεύξεως επικοινωνίας. Οι μαγνήτες σπάνιων γαιών έχουν την ιδιότητα να ενισχύουν τα εκπεμπόμενα σήματα και να βελτιώνουν την εστίαση. Οι οπτικές ίνες με επικάλυψη Έρβιου, έχουν την ικανότητα να

⁸¹ Hurst, C. (2010).

⁸² Hedrick, B. J. (2004).

⁸³ Hedrick, B. J. (2004).

⁸⁴ Parman, R. (2019). *An Elemental Issue*. US Army. Ανακτήθηκε την 14/2/2023 από: https://www.army.mil/article/227715/an_elemental_issue

μεταφέρουν μεγάλες ποσότητες ψηφιακών δεδομένων, να καλύπτουν μεγάλες αποστάσεις χωρίς συσκευή επανάληψης ή ενίσχυσης του σήματος, να εμφανίζουν ευρύ φάσμα σταθερότητας στη θερμοκρασία, να παρουσιάζουν ανοσία στη διακαναλική διασταύρωση και αυξημένη ασφάλεια από εξωτερικές παρεμβολές και ηλεκτρονικές υποκλοπές.⁸⁵

2.3.7 Ηχητικές Εκπομπές. Οι μόνιμοι μαγνήτες που περιέχουν Νεοδύμιο (Nd) εφαρμόζονται σε ηχεία και άλλα εξαρτήματα ηχητικών συστημάτων που χρησιμοποιούνται για την εκπομπή ηχητικών μηνυμάτων κατά τις ψυχολογικές επιχειρήσεις. Οι μαγνήτες Σαμαρίου (Sm)-κοβαλτίου μπορούν επίσης να χρησιμοποιηθούν ως μέρος της τεχνολογίας stealth στα ελικόπτερα, για τη δημιουργία λευκού θορύβου, δηλαδή την ακύρωση ή την απόκρυψη του ήχου των πτερυγίων του ρότορα.⁸⁶ Επιπρόσθετα, σπάνιες γαίες χρησιμοποιούνται και σε ειδικά συστήματα μείωσης του θορύβου και των δονήσεων σε πλοία και υποβρύχια.

2.3.8 Οθόνες. Το Γαδολίνιο (Gd), το Λανθάνιο (La), το Τέρβιο (Tb), το Ευρώπιο (Eu), το Ύτριο (Y) και το Δημήτριο (Ce) χρησιμοποιούνται στις περισσότερες συσκευές που διαθέτουν κάποιου τύπου οθόνη για τη λειτουργία τους. Τέτοιες συσκευές εκτός από τις τηλεοράσεις, είναι οι οθόνες των υπολογιστών για στρατιωτική χρήση, οι οθόνες διάφορων ηλεκτρονικών και οπλικών συστημάτων και οι οθόνες για αεροναυτική χρήση. Επίσης χρησιμοποιούνται στα συστήματα ενίσχυσης της όρασης για τους οδηγούς των αρμάτων μάχης.⁸⁷

2.3.9 Επικάλυψεις. Το Γαδολίνιο (Gd) που εφαρμόζεται ως βαφή ή επικάλυψη, χρησιμοποιήθηκε ως αμυντικό μέτρο κατά της ακτινοβολίας νετρονίων. Επιπρόσθετα μελέτες έχουν δείξει ότι η χρήση σπάνιων γαιών σε τεχνολογίες θωράκισης αυξάνει την αποτελεσματικότητα του υλικού της θωράκισης από πυρηνική και από θερμική ακτινοβολία.⁸⁸ Επιπρόσθετα, Αμερικανοί επιστήμονες σχεδίασαν, ανέπτυξαν και αξιολόγησαν νέου τύπου ελαφριά γιλέκα αλεξίσφαιρης προστασίας για τον μαχητή στο πεδίο της μάχης, χρησιμοποιώντας τεχνολογία Microelectromechanical systems – MEMS, νανοσωλήνες άνθρακα (CNT - Carbon nanotube) και νανοτεχνολογία σε συνδυασμό με σπάνιες γαίες. Οι βαλλιστικές δοκιμές έδειξαν ότι τα νέου τύπου γιλέκα είναι καλύτερα στην αναχαίτιση των σφαιρών και των θραυσμάτων από τα αντίστοιχα συμβατικά.⁸⁹ Επίσης, Κινέζοι στρατιωτικοί επιστήμονες ανέπτυξαν μια νέα συσκευή που θα μπορούσε

⁸⁵ Hedrick, B. J. (2004).

⁸⁶ Hurst, C. (2010).

⁸⁷ Hedrick, B. J. (2004).

⁸⁸ Hurst, C. (2010).

⁸⁹ Jha, A.R. (2014), (σ.314).

να βοηθήσει τα υποβρύχια να εξουδετερώσουν το εχθρικό σόναρ. Ο μηχανισμός ομοιάζει με πλακίδιο, είναι κατασκευασμένος από στοιχεία σπάνιων γαιών και έχει τη δυνατότητα να εξουδετερώνει τα εχθρικά σόναρ εντοπισμού υποβρυχίων.⁹⁰

2.3.10 Οπτικά. Το Λανθάνιο (La) και το Δημήτριο (Ce) έχουν εφαρμογή στην κατασκευή πολλών οπτικών για στρατιωτική χρήση, όπως διόπτρες διαφόρων τύπων, διόπτρες τυφεκίων, λέιζερ στοχοποίησης, τηλεσκόπια, μικροσκόπια, προστατευτικά γυαλιά, αποστασιόμετρα, εξοπλισμό νυχτερινής όρασης, φακούς φωτογραφικών μηχανών, φίλτρα και προστατευτικούς φακούς από επιβλαβή μήκη κύματος λέιζερ και υπεριώδη ή ανακλώμενο φως.⁹¹

2.3.11 Σόναρ. Κράματα σπάνιων γαιών χρησιμοποιούνται στα σόναρ υψηλής ισχύος σε πλοία και υποβρύχια.

2.3.12 Υπολογιστές. Οι υπολογιστές που διαθέτουν μόνιμους μαγνήτες Νεοδυμίου (Nd)-σιδήρου-βορίου, χρησιμοποιούνται σε πολλά αμυντικά συστήματα, καθώς είναι σχεδιασμένοι για να αντέχουν σε κραδασμούς, κρούσεις και σε δυνάμεις επιτάχυνσης (g). Οι δίσκοι σπάνιων γαιών τοποθετούνται σε αεροσκάφη, άρματα μάχης, πυραυλικά συστήματα, συστήματα διοίκησης και κέντρα ελέγχου.⁹² Στην περίπτωση των υπολογιστών για στρατιωτική χρήση, τα υλικά σπάνιων γαιών παρέχουν αξιόπιστες επιδόσεις ακόμη και σε περιβάλλοντα ατμοσφαιρικής και πυρηνικής ακτινοβολίας, με αποτέλεσμα η αξιοπιστία αυτών των εξαρτημάτων⁹³ να παραμένει σταθερή.

2.3.13 Ηλεκτρονικά Αντίμετρα. Οι σπάνιες γαίες, όπως το Γαδολίνιο (Gd), το Ύτριο (Y) και το Σαμάριο (Sm), χρησιμοποιούνται σε διάφορους τύπους εξοπλισμού ηλεκτρονικών αντιμέτρων (Electronic Countermeasures – ECM) που περιλαμβάνουν εξοπλισμό για την ανίχνευση, την υποκλοπή, την ανάλυση, την παρεμπόδιση, την απορρόφηση, την ανακατεύθυνση οπλικών συστημάτων ή την επιστροφή ποικίλων ηλεκτρονικών σημάτων και μεταδόσεων στο πεδίο της μάχης.⁹⁴ Επίσης, συστήματα ηλεκτρονικού πολέμου υψηλής ισχύος που αναπτύσσονται σε αεροσκάφη και πλοία για την αντιμετώπιση των απειλών που προέρχονται από εχθρικά ραντάρ και εισερχόμενους πυραύλους, χρησιμοποιούν μαγνήτες εστίασης σπάνιων γαιών.⁹⁵

⁹⁰ Defencepoint.gr. (2023). Τα κινεζικά υποβρύχια θα εξουδετερώνουν τα εχθρικά σόναρ; Σπάνιες γαίες; Ανακτήθηκε την 07/12/2024 από: <https://www.defence-point.gr/news/ta-kinezika-ypovrychia-tha-exoydeteronoun-ta-echthrika-sonar-spanies-gaies>

⁹¹ Hedrick, B. J. (2004).

⁹² Hedrick, B. J. (2004).

⁹³ Jha, A.R. (2014), (σ.16).

⁹⁴ Hedrick, B. J. (2004).

⁹⁵ Jha, A.R. (2014), (σ.110).

2.3.14 Μαγνήτες. Οι μαγνήτες Σαμαρίου (Sm)-κοβαλτίου είναι οι καταλληλότεροι για περιβάλλοντα υψηλών θερμοκρασιών, ενώ οι μαγνήτες Νεοδυμίου (Nd) προτιμώνται για εφαρμογές όπου η κύρια απαίτηση είναι η υψηλή μαγνητική ακτινοβολία. Έχουν την υψηλότερη αντίσταση στην απομαγνήτιση από κάθε άλλο γνωστό υλικό και είναι απαραίτητοι τόσο σε αεροδιαστημικές όσο και σε στρατιωτικές εφαρμογές.⁹⁶ Είναι οι πλέον κατάλληλοι για οπλικά συστήματα που λειτουργούν σε ακραία θερμικά περιβάλλοντα και περιβάλλοντα δονήσεων, όπως κινητήρες αεροσκαφών και αρμάτων μάχης.⁹⁷ Για παράδειγμα, το ραντάρ Aegis και το άρμα μάχης M1A2 Abrams⁹⁸ έχουν εξαρτήματα που περιέχουν μαγνήτες σπάνιων γαιών. Οι μαγνήτες σπάνιων γαιών εστίασης παρουσίασαν μεγάλη υπεροχή επιδόσεων έναντι συμβατικών μαγνητών, βελτιώνοντας από 50% έως και 90% την αξιοπιστία των οπλικών συστημάτων.⁹⁹

⁹⁶ Hurst, C. (2010).

⁹⁷ Jha, A.R. (2014), (σ.16).

⁹⁸ U.S. Government Accountability Office. (2010). *Rare Earth Materials in the Defense Supply Chain*. Washington: Briefing for Congressional Committees.

⁹⁹ Jha, A.R. (2014), (σ.113).

Κεφάλαιο τρίτο

Κοιτάσματα και Εξόρυξη Σπάνιων Γαιών στον Κόσμο

3.1 Αποθέματα Σπάνιων Γαιών

Σύμφωνα με τις εκτιμήσεις του Γεωλογικού Ινστιτούτου των ΗΠΑ, τα συνολικά παγκόσμια αποθέματα σπάνιων γαιών ανέρχονται σε περίπου 130 εκατομμύρια μετρικούς τόνους (MT).¹⁰⁰ Τα περισσότερα από αυτά τα αποθέματα βρίσκονται στην Κίνα, τα οποία υπολογίζονται σε περίπου 44 εκατομμύρια μετρικούς τόνους. Μετά την Κίνα, οι σημαντικότερες χώρες που διαθέτουν σπάνιες γαίες με βάση τον όγκο των αποθεμάτων, είναι το Βιετνάμ με 22 εκατομμύρια, η Βραζιλία με 21, η Ρωσία με 21, η Ινδία με 6,9 και η Αυστραλία με 4,2 εκατομμύρια. Οι Ηνωμένες Πολιτείες διαθέτουν επίσης σημαντικά αποθέματα, τα οποία εκτιμάται ότι ανέρχονται σε 2,3 εκατομμύρια μετρικούς τόνους.¹⁰¹ Αξιόλογες ποσότητες σπάνιων γαιών έχουν εντοπιστεί επίσης στον Καναδά, στη Νότια Αφρική, στην Τανζανία και στη Γροιλανδία, χωρίς όμως να έχει ξεκινήσει η εκμετάλλευσή τους καθώς είναι σε εξέλιξη έρευνες από διάφορες εταιρίες του κλάδου των εξορύξεων.

Το καλοκαίρι του 2022, ανακοινώθηκε από τον τούρκο υπουργό Ενέργειας, Φατίχ Ντονμέζ, η ανακάλυψη στην επαρχία του Εσκί Σεχίρ ενός τεράστιου κοιτάσματος που διαθέτει 10 από τα 17 στοιχεία σπάνιων γαιών, ίσως του δεύτερου μεγαλύτερου στον κόσμο σύμφωνα με τους Τούρκους επιστήμονες, με δυνητική ετήσια παραγωγή 570 χιλιάδες τόνους.¹⁰² Επίσης, στις αρχές του 2023, ο σουηδικός μεταλλευτικός όμιλος LKAB ανακοίνωσε ότι εντόπισε στην περιοχή Κίρουνα, στον Μεγάλο Βορρά της Σουηδίας, το μεγαλύτερο γνωστό κοιτάσμα σπάνιων γαιών στην Ευρώπη, το οποίο περιλαμβάνει περισσότερο από ένα εκατομμύριο τόνους μεταλλευμάτων.¹⁰³ Η συνολική παγκόσμια παραγωγή σπάνιων γαιών το 2022 άγγιξε τους 300.000 MT,¹⁰⁴ αυξημένη κατά 10.000 MT σε σχέση με το 2021.¹⁰⁵

¹⁰⁰ Πίνακας B5.

¹⁰¹ National Minerals Information Center. (2023). *U.S. Geological Survey Mineral Commodity Summaries 2023*. (Σελ.143).Virginia: U.S. Geological Survey. Ανακτήθηκε την 16/2/2023 από: <https://doi.org/10.5066/P9WCYU16>.

¹⁰² Οικονομικός Ταχυδρόμος. (2022). *Τουρκία: Ανακάλυψε το δεύτερο μεγαλύτερο απόθεμα σπάνιων γαιών στον κόσμο*. Ανακτήθηκε την 16/2/2023 από: <https://www.ot.gr/2022/07/09/diethni/tourkia-anakalypse-to-deytero-megalytero-apothema-spanion-gaion-ston-kosmo/>

¹⁰³ Iefimerida.gr. (2023). *Το Μεγαλύτερο Γνωστό Κοίτασμα Σπάνιων Γαιών Ανακαλύφθηκε στην Ευρώπη*. Ανακτήθηκε την 16/2/2023 από: <https://www.iefimerida.gr/kosmos/megalytero-koitasma-spanion-gaion-stin-eyropi>

¹⁰⁴ National Minerals Information Center. (2023), (σ.143).

¹⁰⁵ Διάγραμμα Γ2.

3.2 Η Περίπτωση της Κίνας

Από το 1927, οπότε και ανακαλύφθηκαν τα τεράστια κοιτάσματα σπάνιων γαιών στο Bayan Obo,¹⁰⁶ έως και τη δεκαετία του 1960, οι Κινέζοι είχαν ενδιαφερθεί ελάχιστα για το συγκριτικό πλεονέκτημα που διέθεταν. Εκείνη την εποχή, στην εκμετάλλευση αυτών των ορυκτών κυριαρχούσαν οι ΗΠΑ. Μόλις την περίοδο της διακυβέρνησης της χώρας από τον Ντενγκ Σιάο-Πινγκ κι έπειτα από τον σχεδιασμό του «προγράμματος 863», η Κίνα στράφηκε στην ανάπτυξη μιας μακροπρόθεσμης στρατηγικής, προκειμένου να κατακτήσει ηγεμονικό ρόλο σε όλα τα στάδια της επεξεργασίας των σπάνιων γαιών, από την εξόρυξή τους και τον διαχωρισμό τους, ως τη μεταποίησή τους και την παραγωγή ημικατεργασμένων, ενδιάμεσων προϊόντων.¹⁰⁷

Η τεχνογνωσία της Κίνας στη διύλιση επέτρεψε στη χώρα να καθορίσει τις τιμές των σπάνιων γαιών σε διαφορετικά στάδια επεξεργασίας προς όφελός της, συμπεριλαμβανομένων χαμηλών τιμών για τα τελικά προϊόντα, με σκοπό να εμποδίσει τον ξένο ανταγωνισμό.¹⁰⁸ Με εμμονή στην ιδέα να εξαλείψει τις αδυναμίες του δέκατου ένατου και του εικοστού αιώνα το συντομότερο δυνατό, η Κίνα με επιμονή και μεθοδικότητα, αναπτύσσεται με φρενήρη ρυθμό με σκοπό να επιτύχει μέσα σε λίγες δεκαετίες τέτοιου μεγέθους οικονομική πρόοδο, ώστε να ξεπεράσει τη Δύση. Η υιοθέτηση αναπτυξιακών πολιτικών με τιμές κάτω της αγοραίας αξίας και οι χαλαροί περιβαλλοντικοί κανόνες, έδωσαν στην Κίνα ανταγωνιστικό πλεονέκτημα και στον τομέα των ορυκτών, καθιστώντας τη χώρα τον κύριο παραγωγό πολλών ορυκτών πόρων που είναι ζωτικής σημασίας για τις δυτικές οικονομίες, αντιπροσωπεύοντας συχνά πάνω από το 50% της παγκόσμιας παραγωγής.

Ως αποτέλεσμα, η Κίνα κυριαρχεί στην παραγωγή μεταξύ άλλων και σπάνιων γαιών εδώ και αρκετό καιρό, διαθέτοντας τα υψηλότερα αποθέματα ορυκτών σπάνιων γαιών στον κόσμο. Το 2022, η εγχώρια παραγωγή αυξήθηκε σε 210.000 MT από 168.000 MT το προηγούμενο έτος,¹⁰⁹ καθιστώντας την με μεγάλη διαφορά, τον μεγαλύτερο παραγωγό σπάνιων γαιών παγκοσμίως το 2022, με ποσοστό 70% επί της παγκόσμιας παραγωγής.¹¹⁰ Η σημαντικότερη μεταλλευτική περιοχή της χώρας είναι το Bayan Obo,

¹⁰⁶ Εικόνα Α14.

¹⁰⁷ Τζεφέρης, Π. (2017). *Γεωπολιτική και Σπάνιες Γαίες*. Ανακτήθηκε την 10/12/2022 από: <https://www.oryktoploutos.net/2017/07/blog-post-41/>

¹⁰⁸ HuffPost. (2023). Παγκόσμιο μπρα ντε φερ με την Κίνα για τις πολύτιμες σπάνιες γαίες. Ανακτήθηκε την 07/12/2024 από: https://www.huffingtonpost.gr/entry/paykosmio-mpira-n-te-fer-me-ten-kina-ya-tis-poletimes-spanies-yaies_gr_64ca76ace4b0fd06594fd0a45

¹⁰⁹ National Minerals Information Center. (2023), (σ.143).

¹¹⁰ Διάγραμμα Γ3.

στα δυτικά της Εσωτερικής Μογγολίας. Παρά την κορυφαία θέση της, η Κίνα παραμένει επικεντρωμένη στη διασφάλιση ότι τα αποθέματά της και η ετήσια παραγωγή της θα παραμείνουν αυξημένα.

Το 2012, το ασιατικό έθνος δήλωσε ότι τα αποθέματά του σε σπάνιες γαίες μειώνονταν και στη συνέχεια ανακοίνωσε το 2016, ότι θα αυξήσει την εγχώρια παραγωγή, δημιουργώντας τόσο εμπορικά όσο και εθνικά αποθέματα. Ωστόσο, μακροχρόνιο πρόβλημα για τη χώρα αποτελεί η παράνομη εξόρυξη και το λαθρεμπόριο σπάνιων γαιών. Κατά την τελευταία δεκαετία, η χώρα έχει λάβει αυστηρά μέτρα για την εξυγίανση του συστήματος, συμπεριλαμβανομένου του κλεισίματος των παράνομων ή περιβαλλοντικά μη συμβατών ορυχείων σπάνιων γαιών και του περιορισμού της παραγωγής και των εξαγωγών σπάνιων γαιών. Επιπρόσθετα, προς αντιμετώπιση του φαινομένου, οι Κινέζοι παραγωγοί έχουν υποχρεωθεί να τηρούν ένα σύστημα ποσοστώσεων για την παραγωγή σπάνιων γαιών.

Ωστόσο, η κυριαρχία της Κίνας τόσο στην παραγωγή όσο και στα αποθέματα σπάνιων γαιών έχει προκαλέσει προβλήματα στο παρελθόν. Οι τιμές των σπάνιων γαιών εκτινάχθηκαν όταν η χώρα περιόρισε τις εξαγωγές το 2011, για να διατηρήσει τις προμήθειες για τις εγχώριες βιομηχανίες, με αποτέλεσμα να δημιουργηθεί τεράστια έλλειψη στην αγορά και οι χώρες να σπεύσουν να εξασφαλίσουν τον εφοδιασμό των ορυκτών από αλλού, κάτι που συνέβη και πάλι κατά τη διάρκεια του 2019, όταν η κινεζική ηγεσία απείλησε με διακοπή των εξαγωγών σπάνιων γαιών προς τις ΗΠΑ. Επί του παρόντος, έξι κρατικές εταιρίες είναι υπεύθυνες για τη βιομηχανία σπάνιων γαιών της Κίνας, επιτρέποντας θεωρητικά στο Πεκίνο να διατηρεί ισχυρό έλεγχο επί της παραγωγής.

3.3 Η Περίπτωση των ΗΠΑ

Από τη δεκαετία του 1960 έως τη δεκαετία του 1980, οι Ηνωμένες Πολιτείες ήταν ο ηγέτης στην παγκόσμια παραγωγή σπάνιων γαιών. Έκτοτε, η παραγωγή μετατοπίστηκε σχεδόν εξ ολοκλήρου στην Κίνα, εν μέρει λόγω του χαμηλότερου εργατικού κόστους και των χαμηλότερων περιβαλλοντικών προτύπων.¹¹¹ Αντίθετα, το 2002, το μεγαλύτερο ορυχείο των ΗΠΑ έκλεισε μετά από καταγγελίες για περιβαλλοντικές ζημιές, ελλείψεις επενδυτικών κεφαλαίων και προβλημάτων στη διαδικασία αδειοδότησης.¹¹² Σταδιακά, οι ΗΠΑ επανέκαμψαν με αποτέλεσμα να παράγουν 43.000 MT σπάνιων γαιών το 2022, από

¹¹¹ Grasso, V. (2013). *Rare Earth Elements in National Defense*. (Σελ.14). Congressional Research Service.

¹¹² Gholz, E. (2014). *Rare Earth Elements and National Security*. (Σελ.2). New York: Council on Foreign Relations.

42.000 MT το προηγούμενο έτος,¹¹³ που αποτελεί τη δεύτερη υψηλότερη παραγωγή σπάνιων γαιών το 2022 μετά την Κίνα. Η χώρα καταλαμβάνει την έκτη θέση στη λίστα των παγκόσμιων αποθεμάτων σπάνιων γαιών, καθώς τα αποθέματά της σημείωσαν μεγάλη άνοδο σε σχέση με το σύνολο του 2021 που ήταν 1,8 εκατομμύρια MT.

Η εξόρυξη σπάνιων γαιών στις ΗΠΑ γίνεται πλέον μόνο στο ορυχείο Mountain Pass της Καλιφόρνιας,¹¹⁴ το οποίο επανήλθε στην παραγωγή το πρώτο τρίμηνο του 2018. Η εταιρία MP Materials, η οποία έχει θέσει σε λειτουργία το ορυχείο Mountain Pass, είναι η μοναδική αμερικανική εταιρεία εξόρυξης σπανίων γαιών στις ΗΠΑ και αποτελεί αυτή την στιγμή την αιχμή του δόρατος στην προσπάθεια των ΗΠΑ να απειλήσουν την κινεζική κυριαρχία στον τομέα των σπανίων γαιών. Σύμφωνα με την εταιρεία και τις πληροφορίες των μέσων ενημέρωσης, το ορυχείο στο Mountain Pass είναι το μοναδικό αξιόλογο στις ΗΠΑ και η μεγαλύτερη πηγή σπανίων γαιών σε όλο το δυτικό ημισφαίριο. Η παραγωγή της MP Materials αντιστοιχεί περίπου στο 15% της παγκόσμιας παραγωγής σπανίων γαιών και ο στόχος της εταιρίας είναι να δημιουργήσει μία πλήρη εφοδιαστική αλυσίδα με πρώτη ύλη τις σπάνιες γαίες μέσα στις ΗΠΑ.¹¹⁵ Σημαντικό βήμα για τη διασφάλιση της στρατηγικής αυτονομίας των ΗΠΑ σε σπάνιες γαίες, αποτελεί η ανακοίνωση της εταιρίας Ramaco Resources για την ανακάλυψη σε ένα ανθρακωρυχείο έξω από την πόλη Sheridan της πολιτείας Wyoming ενός από τα μεγαλύτερα αντισυμβατικά κοιτάσματα σπάνιων γαιών.¹¹⁶

Η χώρα έχει χαρακτηρίσει τις σπάνιες γαίες ως κρίσιμα ορυκτά, μια διάκριση που έχει έρθει στο προσκήνιο λόγω των εμπορικών ζητημάτων μεταξύ των ΗΠΑ και της Κίνας. Τον Φεβρουάριο του 2021, ο πρόεδρος Τζο Μπάιντεν, υπέγραψε εκτελεστικό διάταγμα με στόχο την επανεξέταση των ελλείψεων στις εγχώριες αλυσίδες εφοδιασμού της Αμερικής με σπάνιες γαίες, ιατρικές συσκευές, τσιπ υπολογιστών και άλλους κρίσιμους πόρους.¹¹⁷ Τον επόμενο μήνα, το Υπουργείο Ενέργειας των ΗΠΑ ανακοίνωσε πρωτοβουλία ύψους 30 εκατομμυρίων δολαρίων, για την έρευνα και την εξασφάλιση εγχώριων αλυσίδων εφοδιασμού για σπάνιες γαίες και μέταλλα μπαταριών, όπως κοβάλτιο και λίθιο. Η αμερικανική κυβέρνηση δημοσίευσε ένα ενημερωτικό δελτίο

¹¹³ National Minerals Information Center. (2023), (σ.143).

¹¹⁴ Εικόνα Α15.

¹¹⁵ Αλεξόπουλος, Σ. (2023). Η μεγάλη μάχη ΗΠΑ - Κίνας για τις σπάνιες γαίες. Ανακτήθηκε την 07/12/2024 από: <https://www.liberal.gr/agores/i-megali-mahi-ipa-kinas-gia-tis-spanies-gaies>

¹¹⁶ Car&Motor.gr. (2023). Ανακαλύφθηκε σπάνιος ενεργειακός θησαυρός αξίας δισεκατομμυρίων ευρώ -Πώς αλλάζει τα δεδομένα. Ανακτήθηκε την 08/12/2024 από: <https://www.carandmotor.gr/nea/spanios-energeiakos-thisayros-disekatommyrion-eyro>

¹¹⁷ Παράρτημα «Ζ».

παρακολούθησης σχετικά με την πρόοδο που σημειώθηκε σε αυτές τις πρωτοβουλίες τον Φεβρουάριο του 2022.¹¹⁸ Οι ΗΠΑ είναι σημαντικός εισαγωγέας ενόσεων και μετάλλων σπάνιων γαιών, με το κόστος εισαγωγών για το 2022 να φτάνει τα 200 εκατομμύρια δολάρια, αυξημένο κατά 25%¹¹⁹ σε σχέση με το αντίστοιχο κόστος για το 2021.

3.4 Η Περίπτωση της Ευρώπης

Στην ευρωπαϊκή ήπειρο επί του παρόντος δεν υφίσταται κάποια παραγωγική δραστηριότητα εξόρυξης σπάνιων γαιών, με αποτέλεσμα οι ανάγκες να καλύπτονται σχεδόν αποκλειστικά με εισαγωγές από την Κίνα, καθώς το Πεκίνο καλύπτει το 99% της ευρωπαϊκής ζήτησης σε ελαφρές σπάνιες γαίες και το 98% σε βαριές.¹²⁰ Ωστόσο, έχουν υλοποιηθεί αλλά βρίσκονται και σε εξέλιξη ερευνητικά προγράμματα, με τη σύμπραξη του ιδιωτικού και του δημόσιου φορέα, για την ανακάλυψη κοιτασμάτων ή εναλλακτικών πηγών απόκτησης σπάνιων γαιών, προκειμένου να μειωθεί η εξάρτηση από την Κίνα, να ενισχυθεί η ευρωπαϊκή αυτονομία και να διασφαλιστεί η ευρωπαϊκή εφοδιαστική αλυσίδα. Η ΕΕ χρηματοδοτεί συναφή προγράμματα έρευνας και ανάπτυξης πάνω από μια δεκαετία για την ανάπτυξη ενός συστήματος βιώσιμης εκμετάλλευσης των ευρωπαϊκών κοιτασμάτων μεταλλευμάτων σπάνιων γαιών.

Όπως έπραξαν οι ΗΠΑ, έτσι και η ΕΕ έχει συμπεριλάβει από το 2011¹²¹ τις σπάνιες γαίες στις κρίσιμες πρώτες ύλες, καθώς είναι ζωτικής σημασίας για την επιτυχία των φιλοδοξιών της ΕΕ να καταστεί κλιματικά ουδέτερη έως το 2050. Επί του παρόντος, η διάρθρωση της ζήτησης σπάνιων γαιών στην ΕΕ, το 60% της οποίας χρησιμοποιείται σε καταλύτες και στην παραγωγή γυαλιού, διαφέρει από την παγκόσμια ζήτηση όπου το 79% των σπάνιων γαιών χρησιμοποιούνται σε μαγνήτες, κράματα μετάλλων, καταλύτες και στύλβωση.¹²² Στην ΕΕ, υπάρχουν αρκετά δυνητικά εκμεταλλεύσιμα κοιτάσματα όπως στη Σουηδία, στην Ισπανία, στη Γερμανία, στη Φινλανδία, στην Πορτογαλία και στη Γροιλανδία.¹²³ Οι έρευνες έχουν δείξει ότι τα αποθέματα σπάνιων γαιών της Γροιλανδίας ανέρχονται σε 1,5 εκατομμύρια MT αλλά δεν έχουν καταβληθεί ιδιαίτερες προσπάθειες για να τεθούν σε παραγωγή, κυρίως λόγω περιβαλλοντικών προβληματισμών των

¹¹⁸ The White House. (2022). *Securing a Made in America Supply Chain for Critical Minerals*. Ανακτήθηκε την 19/2/2023 από: <https://www.whitehouse.gov/briefing-room/statements-releases/2022/02/22/fact-sheet-securing-a-made-in-america-supply-chain-for-critical-minerals/>

¹¹⁹ National Minerals Information Center. (2023), (σ.142).

¹²⁰ European Raw Materials Alliance. (2022).

¹²¹ COM 25. (2011). *Tackling the Challenges in Commodity Markets and on Raw Materials*. Brussels: European Commission.

¹²² European Commission. (2020). *Study on the EU's list of Critical Raw Materials*. (σ.547). Luxembourg: Publications Office of the European Union.

¹²³ European Commission. (2020), (σ.558).

κατοίκων. Παρόμοιοι προβληματισμοί οδήγησαν σε παύση το 2016 τις προσπάθειες της εταιρίας Leading Edge Materials για την ανάπτυξη του κοιτάσματος σπάνιων γαιών Norra Kärr στη Σουηδία, λόγω ανησυχιών ότι οι χημικές ουσίες θα μπορούσαν να περάσουν στο πόσιμο νερό.¹²⁴ Η ΕΕ σκοπεύει να συγκροτήσει μια κεντρική υπηρεσία για την αγορά ζωτικής σημασίας μεταλλευμάτων όπως οι σπάνιες γαίες, με στόχο να εξασφαλίσει ότι έχει πρόσβαση στα υλικά που είναι αναγκαία για να επιτευχθεί ο στόχος της παραγωγής μηδενικών εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου ως το 2050.¹²⁵

3.5 Άλλες Περιπτώσεις

3.5.1 Αυστραλία. Η παραγωγή σπάνιων γαιών στην Αυστραλία αυξάνεται σταθερά τα τελευταία χρόνια. Αν και το 2022, η παραγωγή της μειώθηκε σε 18.000 MT από 24.000 MT το 2021,¹²⁶ βρίσκεται στην 3η θέση της παγκόσμιας παραγωγής. Η χώρα κατέχει τα έκτα μεγαλύτερα αποθέματα σπάνιων γαιών στον κόσμο και όλα δείχνουν ότι υπάρχουν πολλές δυνατότητες για να αυξήσει την παραγωγή της. Οι σπάνιες γαίες εξορύσσονται στην Αυστραλία μόλις από το 2007, αλλά ενεργοποιούνται στον τομέα της έρευνας πολλές εταιρίες με ιδιαίτερα ελπιδοφόρα αποτελέσματα. Η Lynas Rare Earths διαχειρίζεται το ορυχείο Mount Weld¹²⁷ και το εργοστάσιο συμπύκνωσης στη χώρα, ενώ διαχειρίζεται επίσης μια εγκατάσταση διύλισης και επεξεργασίας σπάνιων γαιών στη Μαλαισία. Η εταιρεία θεωρείται ο μεγαλύτερος μη κινεζικός προμηθευτής σπάνιων γαιών στον κόσμο. Προγραμματίζει να αυξήσει την παραγωγή σε 10.500 MT ετησίως προϊόντων Νεοδυμίου (Nd) και Πρασεοδυμίου (Pr) έως το 2025. Η αυστραλιανή εταιρεία Northern Minerals άνοιξε το πρώτο ορυχείο βαρέων σπάνιων γαιών της χώρας το 2018.¹²⁸ Τα κύρια προϊόντα της είναι το Τέρβιο (Tb) και το Δυσπρόσιο (Dy).

3.5.2 Μιανμάρ. Λίγες πληροφορίες είναι διαθέσιμες σχετικά με τα κοιτάσματα, τον όγκο των αποθεμάτων των σπάνιων γαιών της χώρας και τα έργα εξόρυξης. Η Μιανμάρ έχει στενές σχέσεις με την Κίνα, καθώς παρέχει περίπου το 60% της πρώτης ύλης της Κίνας για τις βαριές σπάνιες γαίες. Το στρατιωτικό πραξικόπημα της Μιανμάρ το 2021 προκάλεσε ανησυχίες ότι οι εν λόγω εισαγωγές σπάνιων γαιών μπορεί να διακοπούν, αλλά μέχρι στιγμής οι επιπτώσεις στις εμπορικές συναλλαγές ήταν ελάχιστες. Η Μιανμάρ

¹²⁴ HuffPost. (2023). Παγκόσμιο μπρα ντε φερ με την Κίνα για τις πολύτιμες σπάνιες γαίες. Ανακτήθηκε την 07/12/2024 από: https://www.huffingtonpost.gr/entry/paykosmio-mpira-nfe-fer-me-ten-kina-gia-tis-poletimes-spanies-yaies_gr_64ca76ace4b0fd06594f0a45

¹²⁵ Euro2day. (2023). Η ΕΕ Ετοιμάζει Νέα Υπηρεσία για Κοινές Αγορές Στρατηγικών Μεταλλευμάτων. Ανακτήθηκε την 10/3/2023 από: <https://www.euro2day.gr/news/world/article/2178646/h-ee-toimazei-nea-yphresia-gia-koines-agores-tra.html>

¹²⁶ National Minerals Information Center. (2023), (σ.143).

¹²⁷ Εικόνα Α16.

¹²⁸ Εικόνα Α17.

εξόρυξε 12.000 MT σπάνιων γαιών το 2022, παρουσιάζοντας μεγάλη μείωση στην παραγωγή, σε σχέση με τους 35.000 MT του προηγούμενου έτους.

3.5.3 Ταϊλάνδη. Η παραγωγή σπάνιων γαιών της Ταϊλάνδης αν και υπερδιπλασιάστηκε σε 8.200 MT το 2021, από 3.600 MT το 2020, το 2022 παρουσίασε μικρή μείωση και έφτασε τελικά τους 7.100 MT.¹²⁹ Τα αποθέματά της σε σπάνιες γαίες δεν είναι επί του παρόντος γνωστά, αλλά η χώρα παραμένει σταθερά στην πρώτη πεντάδα των παραγωγών μετάλλων σπάνιων γαιών.

3.5.4 Βιετνάμ. Η παραγωγή σπάνιων γαιών του Βιετνάμ ήταν μηδαμινή το 2021 με 400 MT, αλλά αυξήθηκε σημαντικά το 2022 για να φθάσει τους 4.300 MT. Η χώρα φέρεται να φιλοξενεί αρκετά κοιτάσματα σπάνιων γαιών με υψηλές συγκεντρώσεις στα βορειοδυτικά σύνορά της με την Κίνα και κατά μήκος της ανατολικής ακτογραμμής της και διαθέτει τα μεγαλύτερα αποθέματα στον κόσμο μετά από την Κίνα. Το σημαντικότερο ορυχείο είναι το Dong Pao¹³⁰ στα βόρεια της χώρας. Το Βιετνάμ ενδιαφέρεται για την ανάπτυξη της ικανότητας παραγωγής καθαρής ενέργειας, συμπεριλαμβανομένων των ηλιακών πάνελ, και επιδιώκει να παράγει περισσότερες σπάνιες γαίες για την εξασφάλιση της αλυσίδας εφοδιασμού του για το λόγο αυτό. Τον Δεκέμβριο του 2022, το Υπουργείο Βιομηχανίας και Εμπορίου του Βιετνάμ, υπέγραψε συμφωνία με το Υπουργείο Εμπορίου, Βιομηχανίας και Ενέργειας της Νότιας Κορέας για την αύξηση της συνεργασίας τους στις σπάνιες γαίες και σε άλλα βασικά ορυκτά, ώστε να συμβάλουν στην ενίσχυση της παγκόσμιας αλυσίδας εφοδιασμού σπάνιων γαιών.¹³¹ Η επαρχία Σασκάτσουαν του Καναδά βρίσκεται επίσης σε συνομιλίες με τη χώρα, στέλνοντας εμπορική αποστολή τον Δεκέμβριο για να αναζητήσει ευκαιρίες συνεργασίας σε θέματα πράσινης ενέργειας, βιώσιμης εξόρυξης και σπάνιων γαιών.

3.5.5 Ινδία. Η παραγωγή της Ινδίας το 2022 παρέμεινε αμετάβλητη σε σχέση με το 2021 στους 2.900 MT, αντιπροσωπεύοντας περίπου το 1% της παγκόσμιας παραγωγής σπάνιων γαιών. Οι κυριότερες μεταλλευτικές δραστηριότητες λαμβάνουν χώρα στην επαρχία Tamil Nadu.¹³² Ωστόσο, η παραγωγή σπάνιων γαιών της Ινδίας είναι πολύ χαμηλότερη από τις δυνατότητές της, λαμβάνοντας υπόψη ότι η χώρα διαθέτει σχεδόν το 35% των παγκόσμιων κοιτασμάτων ορυκτών σε παραλίες και αμμώδης εκτάσεις, τα οποία αποτελούν σημαντικές πηγές σπάνιων γαιών, καθώς και την πέμπτη θέση σε αποθέματα.

¹²⁹ National Minerals Information Center. (2023), (σ.143).

¹³⁰ Εικόνα A18.

¹³¹ Kelly, L. (2022). *Rare Earth Reserves*. Ανακτήθηκε την 18/2/2023 από: <https://investingnews.com/daily/resource-investing/critical-metals-investing/rare-earth-investing>

¹³² Εικόνα A19.

Προς επιτάχυνση των διαδικασιών, επαύξησης της παραγωγής και διασφάλισης της στρατηγικής αυτονομίας της χώρας, η Ινδία άλλαξε τους κανόνες του θεσμικού πλαισίου εξόρυξης τον περασμένο μήνα, σε μια προσπάθεια να ενισχύσει την έρευνα και εκμετάλλευση κρίσιμων ορυκτών.¹³³ Αποτελεί σημαντικό γεγονός, ότι σύμφωνα με δηλώσεις Ινδών αξιωματούχων, η χώρα πλέον δεν εξαρτάται από την Κίνα για την απόκτηση σπάνιων γαιών.¹³⁴

3.5.6 Ρωσία. Η Ρωσία παρήγαγε 2.600 MT σπάνιων γαιών το 2022, στο ίδιο επίπεδο με τα τέσσερα προηγούμενα έτη. Το σημαντικότερο ορυχείο βρίσκεται στο Lovozero,¹³⁵ κοντά στα βόρεια σύνορα της Ρωσίας με τη Σουηδία. Όσον αφορά στα παγκόσμια αποθέματα σπάνιων γαιών, η Ρωσία ισοβαθμεί στην τρίτη θέση με τη Βραζιλία. Πριν από την έναρξη του πολέμου κατά της Ουκρανίας, η ρωσική κυβέρνηση παρουσιαζόταν προβληματισμένη σχετικά με τον εφοδιασμό της σε σπάνιες γαίες. Η Ρωσία φέρεται να έχει μειώσει τους φόρους εξόρυξης και να έχει προσφέρει υπό ευνοϊκούς όρους δάνεια σε επενδυτές για σχεδόν δώδεκα έργα, που αποσκοπούν στην αύξηση του μεριδίου της χώρας στην παγκόσμια παραγωγή σπάνιων γαιών από το σημερινό 0,87% σε 10% έως το 2030. Επίσης, η ρωσική κυβέρνηση το 2020 εκπόνησε σχέδια για επενδύσεις ύψους 1,5 δισεκατομμυρίων δολαρίων, προκειμένου να ανταγωνιστεί την Κίνα στην αγορά σπάνιων γαιών. Η εισβολή της Ρωσίας στην Ουκρανία, έχει προκαλέσει ανησυχίες για πιθανές διαταραχές στην αλυσίδα εφοδιασμού σπάνιων γαιών προς τις ΗΠΑ και την Ευρώπη και μένει να δούμε πώς ο πόλεμος θα επηρεάσει τα φιλόδοξα αναπτυξιακά σχέδια για τις σπάνιες γαίες στο εσωτερικό της χώρας.

3.5.7 Μαδαγασκάρη. Η Μαδαγασκάρη κατέγραψε αξιοσημείωτη πτώση στην εξόρυξη σπάνιων γαιών το 2022 καθώς παρήγαγε 960 MT, ενώ το προηγούμενο έτος παρήγαγε 6.800 MT. Ωστόσο, κατέχει το έργο σπάνιων γαιών Tantalus,¹³⁶ το οποίο λέγεται ότι περιέχει 562.000 MT οξειδίων σπάνιων γαιών ενώ τα συνολικά αποθέματα της χώρας παραμένουν άγνωστα.

3.5.8 Βραζιλία. Η Βραζιλία και η Ρωσία ισοβαθμούν με τα τρίτα μεγαλύτερα αποθέματα σπάνιων γαιών παγκοσμίως, ενώ το 2012 ανακαλύφθηκε στη χώρα ένα κοίτασμα σπάνιων γαιών αξίας 8,4 δισεκατομμυρίων δολαρίων. Ωστόσο, μέχρι στιγμής,

¹³³ EURO2day. (2023). Ινδία: Σχέδιο μαζικής εξόρυξης κρίσιμων ορυκτών. Ανακτήθηκε την 08/12/2024 από: <https://www.euro2day.gr/news/world/article/2204700/india-shedio-mazikhs-exoryxhs-krisimon-orykton.html>

¹³⁴ Dr Jitendra, S. (2022). *Statement. Department of Atomic Energy*. Ανακτήθηκε την 19/2/2023 από: <https://pib.gov.in/PressReleasePage.aspx?PRID=1883492>

¹³⁵ Εικόνα A20.

¹³⁶ Εικόνα A21.

φαίνεται ότι λίγες ενέργειες έχουν πραγματοποιηθεί για την εκμετάλλευση των αποθεμάτων και του παραπάνω κοιτάσματος, με την παραγωγή το 2022 να πέφτει σε μόλις 80 MT από τους 500 MT το προηγούμενο έτος.

3.6 Διαδικασία Παραγωγής

Η διαδικασία παραγωγής σπάνιων γαιών είναι πολύπλοκη και δαπανηρή. Τα στάδια της παραγωγής αποτελούνται από την εξόρυξη, το διαχωρισμό, τον εξευγενισμό, την κραματοποίηση και την κατασκευή σπάνιων γαιών σε είδη και εξαρτήματα τελικής χρήσης.¹³⁷

- Το πρώτο στάδιο είναι η πραγματική εξόρυξη, όπου το μέταλλευμα βγαίνει από το έδαφος από τα κοιτάσματα ορυκτών.
- Το δεύτερο στάδιο είναι ο διαχωρισμός του μεταλλεύματος σε μεμονωμένα οξείδια σπάνιων γαιών.
- Το τρίτο στάδιο είναι ο εξευγενισμός των οξειδίων των σπάνιων γαιών σε μέταλλα με διαφορετικά επίπεδα καθαρότητας- τα οξείδια μπορούν να αποξηρανθούν, να αποθηκευτούν και να αποσταλούν για περαιτέρω επεξεργασία σε μέταλλα.
- Το τέταρτο στάδιο είναι ο σχηματισμός των μετάλλων, τα οποία μπορούν να μεταποιηθούν σε κράματα σπάνιων γαιών.
- Το πέμπτο στάδιο είναι η κατασκευή των κραμάτων σε συσκευές και εξαρτήματα, όπως οι μόνιμοι μαγνήτες.¹³⁸

3.7 Επιπτώσεις στο Περιβάλλον και στον Πληθυσμό

Η εξόρυξη και η επεξεργασία των σπάνιων γαιών αντιμετωπίζει σημαντικές περιβαλλοντικές προκλήσεις και κινδύνους όσον αφορά την υγεία και την ασφάλεια του πληθυσμού, που ασχολείται ή διαβίει πλησίον των περιοχών εξόρυξης και επεξεργασίας. Τα ορυκτά σπάνιων γαιών συνδέονται σε πολλές περιπτώσεις με Ουράνιο (U) και Θόριο (Th), είτε ενσωματωμένα στο πλέγμα των ορυκτών, είτε σε συνδεδεμένα ορυκτά εντός του συνόλου των ορυκτών του μεταλλεύματος.

Η εκλυόμενη ραδιενέργεια είναι ένα από τα θέματα που πρέπει να αντιμετωπιστούν με προσοχή, καθώς αποτελεί ένα ζήτημα πραγματικής ανησυχίας για τις τοπικές κοινότητες. Ανάλογα με τα ορυκτά και τη χρησιμοποιούμενη διαδικασία, η εξόρυξη, ο διαχωρισμός και ο εξευγενισμός τους μπορεί να οδηγήσει σε απόβλητα που περιέχουν υψηλότερα επίπεδα ραδιενεργών υλικών από τα επιτρεπόμενα, τα οποία μπορεί να έχουν σοβαρές επιπτώσεις στην υγεία και στο περιβάλλον.

¹³⁷ Πίνακας B6.

¹³⁸ Grasso, V. (2013), (σ.14).

Η τοξικότητα είναι ένα άλλο ζήτημα για τη βιομηχανία των σπάνιων γαιών, το οποίο έχει εκτεθεί μέσω της αξιολόγησης του κύκλου ζωής. Όλα τα στοιχεία σπάνιων γαιών μπορούν να προκαλέσουν βλάβες στα όργανα εάν εισπνευστούν ή καταποθούν σε μεγάλες ποσότητες και ορισμένα πρέπει να αντιμετωπίζονται με εξαιρετική προσοχή για να αποφευχθεί η δηλητηρίαση ή η καύση.¹³⁹

Η εξόρυξη ορυκτών από το έδαφος είναι μια εγγενώς βρώμικη διαδικασία. Μια έκθεση του Blacksmith Institute προσδιορίζει την εξορυκτική βιομηχανία ως τη δεύτερη πιο ρυπογόνο βιομηχανία στον κόσμο, μετά την ανακύκλωση μπαταριών μολύβδου και μπροστά από τη βιομηχανία βαφής, τις βιομηχανικές χωματερές και τα βυρσοδεψεία. Υπάρχουν περιοχές όπου αυτού του είδους η εξορυκτική δραστηριότητα προκάλεσε σοβαρά προβλήματα στο οικοσύστημα και στον άνθρωπο, λόγω της επιβάρυνσης του νερού και του αέρα με επικίνδυνα ραδιενεργά απόβλητα.¹⁴⁰ Ιδιαίτερα στην περίπτωση της Κίνας και δεδομένου του κυρίαρχου ρόλου της στην παγκόσμια προμήθεια σπάνιων γαιών, το περιβαλλοντικό κόστος ήταν μεγάλο και οι επιπτώσεις στον πληθυσμό ιδιαίτερα επιβλαβείς, καθώς τα χαλαρά μέτρα προστασίας οδήγησαν στη μόλυνση της ατμόσφαιρας των μεγάλων πόλεων, στη μόλυνση του εδάφους με βαρέα μέταλλα και στη μόλυνση των ποταμών και του υδροφόρου ορίζοντα με τα απόβλητα των εξορύξεων.¹⁴¹

Οι περιβαλλοντικές επιπτώσεις από την απόκτηση σπάνιων γαιών, που είναι τόσο σημαντικές για την προσπάθεια της ενεργειακής μετάβασης σε «πράσινες» μη ρυπογόνες ΑΠΕ, είναι επί του παρόντος μεγάλες και θα πρέπει να συνυπολογίζονται κατά τη διαδικασία υπολογισμού της σχέσης κόστους – οφέλους από τη χρήση «πράσινων», φιλικών προς το περιβάλλον τεχνολογιών. Επιπρόσθετα, οι πολιτικές προστασίας θα πρέπει να στοχεύουν κυρίως στην αποφυγή της έντονης έκθεσης των εργαζομένων και του πληθυσμού σε ιονίζουσα ακτινοβολία, στην μείωση των εκπομπών αλλά και στην αποκατάσταση της περιοχής μετά το τέλος της εξόρυξης.¹⁴²

Το μήνυμα των περιβαλλοντικών επιπτώσεων της εξόρυξης σπάνιων μετάλλων από τη Γη είναι σαφές: πρέπει να είμαστε πολύ πιο σκεπτικιστές για το πώς οι πράσινες τεχνολογίες κατασκευάζονται. Θα έπρεπε να μετράμε το οικολογικό κόστος ολόκληρου του κύκλου ζωής των πράσινων τεχνολογιών, ένα κόστος που μπορεί να υπολογιστεί με

¹³⁹ European Commission. (2020), (σ.676).

¹⁴⁰ Κατσικάρης, Δ. (2015). *Μελέτη της ραδιενεργούς μόλυνσης του περιβάλλοντος λόγω εξόρυξης σπάνιων γαιών*. (σ.23). Θεσσαλονίκη: Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο.

¹⁴¹ Pitron, G. (2020). *The Rare Metals War*. (σ. 38). Scribe Publications.

¹⁴² Κατσικάρης, Δ. (2015), (σ.23).

ακρίβεια.¹⁴³ Θα χρειαστεί να σχεδιάσουμε νέες τεχνολογίες, ορισμένες από τις οποίες αναμφίβολα θα τις χαρακτηρίσουμε ως «θαυματουργές τεχνολογίες», για να διορθώσουμε τα τεράστια προβλήματα που θα έχει προκαλέσει αυτή η απερίσκεπτη πορεία προς έναν πιο πράσινο κόσμο. Και δεν θα μπορούσαμε να ρίξουμε την ευθύνη μόνο στους Κινέζους. Οι Δυτικοί προκάλεσαν αυτή την κατάσταση, επιτρέποντας συνειδητά τις πιο ανεύθυνες χώρες να κατακλύζουν τον υπόλοιπο κόσμο με «βρώμικα» μέταλλα.¹⁴⁴

3.8 Εναλλακτικοί Τρόποι Παραγωγής

Συνήθως, οι εμφανίσεις σπάνιων γαιών σε κοιτάσματα με συγκεντρώσεις που επιτρέπουν την εκμετάλλευσή τους με οικονομικά συμφέροντες όρους είναι ελάχιστες. Για το λόγο αυτό, ιδιαίτερο ενδιαφέρον υπάρχει για την ανάκτηση σπάνιων γαιών από δευτερογενείς πηγές, όπως οι γαιάνθρακες και τα παραπροϊόντα τους, τα απόβλητα της επεξεργασίας του βωξίτη, ο φωσφογύψος και η ανακύκλωση συσκευών.¹⁴⁵

Προς το παρόν, τα ποσοστά ανάκτησης σπάνιων γαιών από μονάδες ανακύκλωσης είναι πολύ περιορισμένα, συνήθως μικρότερα από 1%¹⁴⁶ λόγω της έλλειψης αποτελεσματικών συστημάτων συλλογής, του απαγορευτικού κόστους κατασκευής δυνατοτήτων ανακύκλωσης και εξαιτίας του τρόπου με τον οποίο οι σπάνιες γαίες ενσωματώνονται ως μικρά συστατικά σε σύνθετα αντικείμενα ή αποτελούν μέρος σύνθετων υλικών. Ωστόσο, αναμένεται στα επόμενα χρόνια να αναπτυχθεί σημαντικά, με βάση προϊόντα όπως οι μπαταρίες, οι μαγνήτες, τα φωσφορίζοντα υλικά και οι καταλύτες. Υψηλότερα ποσοστά εισροών ανακύκλωσης για το Ευρώπιο (Eu), το Ύτριο (Y) και το Τέρβιο (Tb) αναφέρονται μόνο χάρη στην ανακύκλωση των λαμπτήρων φθορισμού, οι οποίοι καταργούνται σταδιακά.¹⁴⁷

Πέρα από την ανακύκλωση, πηγή ανάκτησης σπάνιων γαιών αποτελούν τα νέα απορρίματα που παράγονται κατά την κατασκευή κραμάτων, ιδίως των μαγνητών. Η εταιρία LKAB στη Σουηδία αναπτύσσει μια διαδικασία για την έναρξη μιας μικρής παραγωγής σπάνιων γαιών από τα απόβλητα εξόρυξης σιδηρομεταλλεύματος, ενώ η εταιρία Yara στη Νορβηγία, έχει ξεκινήσει διεργασίες για την έναρξη μιας μικρής παραγωγής σπάνιων γαιών από τα απόβλητα της εξόρυξης φωσφορικών αλάτων.¹⁴⁸

Επίσης, υπάρχουν προοπτικές ανάκτησης στοιχείων σπάνιων γαιών από τους γαιάνθρακες και τους λιγνίτες, καθώς και από το αλουμίνιο και τον βωξίτη, περιπτώσεις με

¹⁴³ Pitron, G. (2020). (σ. 42).

¹⁴⁴ Pitron, G. (2020). (σ. 62).

¹⁴⁵ TEE/Τμήμα Δυτικής Μακεδονίας. (2022), (σ.33).

¹⁴⁶ European Commission. (2020), (σ.666).

¹⁴⁷ European Commission. (2020), (σ.560).

¹⁴⁸ European Commission. (2020), (σ.559).

ιδιαίτερο ελληνικό ενδιαφέρον. Ωστόσο, έως τώρα δεν υπάρχει εμπορική μέθοδος για την ανάκτηση σπάνιων γαιών από τους γαιάνθρακες και τα παραπροϊόντα τους. Η ταυτόχρονη ανάκτηση άλλων στοιχείων, όπως το αλουμίνιο και το γάλλιο, μπορεί να βελτιώσει την οικονομικότητα εφαρμογής των μεθόδων που ερευνώνται.¹⁴⁹

¹⁴⁹ ΤΕΕ/Τμήμα Δυτικής Μακεδονίας. (2022), (σ.36).

Κεφάλαιο τέταρτο

Σπάνιες Γαίες και Εθνική Ασφάλεια

4.1 Οι Σπάνιες Γαίες ως Πηγή Ισχύος για την Εθνική Ασφάλεια

Οι χρήσεις των σπάνιων γαιών κυμαίνονται από τα ηλεκτρονικά είδη ευρείας κατανάλωσης έως τα εξελιγμένα οπλικά συστήματα, καθιστώντας τους φυσικούς αυτούς πόρους στρατηγικές πρώτες ύλες, που εξορύσσονται για να εξασφαλίσουν την τεχνολογική και βιομηχανική ανάπτυξη των κρατών, αλλά και την επιβίωση και την ευημερία τους. Η αναζήτηση, η εκμετάλλευση και η επεξεργασία αυτών των μετάλλων έχει καταστεί ζήτημα Εθνικής Ασφάλειας για τους κρατικούς φορείς που εξαρτώνται από την εμφάνιση νέων τεχνολογιών, δεδομένων των εξαιρετικών μαγνητικών και αγωγικών ιδιοτήτων τους.

Πέρα από τη σημασία τους ως στρατηγικοί φυσικοί πόροι, που συνιστούν στοιχεία πολιτικής, οικονομικής και στρατιωτικής ισχύος, η θεωρούμενη αξία τους μπορεί να αυξηθεί στο βαθμό που η σπανιότητα και η έλλειψη διαθέσιμων υποκατάστατων αυτών, δημιουργεί νέους κινδύνους και τρωτότητες, που μπορεί να επηρεάσουν την Εθνική Ασφάλεια και τα ζωτικά συμφέροντα των κρατών. Η έλλειψη πρόσβασης σε αυτές θα μπορούσε να αποτελέσει πολυδιάστατο κίνδυνο ασφάλειας, με δυνατότητα κλιμάκωσης σε ενεργό απειλή για την Εθνική Ασφάλεια ενός κράτους. Δικαίως τέθηκε το εξής ερώτημα από την πολιτική ελίτ των ΗΠΑ: «Αποτελεί απειλή για την Εθνική Ασφάλεια η εξάρτηση μόνο από ξένες πηγές για τις σπάνιες γαίες;»¹⁵⁰

Στον αντίποδα, η αυξανόμενη ζήτηση σπάνιων γαιών από ιδιωτικούς και κρατικούς φορείς έχει ως αποτέλεσμα την αντίστοιχη μεγέθυνση της γεωπολιτικής και γεωοικονομικής αξίας όχι μόνο των χωρών παραγωγής, αλλά και των χωρών που διαθέτουν κοιτάσματα με δυνητικές δυνατότητες εξόρυξης. Η παραγωγή και απόκτηση σπάνιων γαιών, θα συμβάλει στην ενδυνάμωση δύο εκ των κυριότερων συντελεστών ισχύος ενός κράτους, δηλαδή στις Ένοπλες Δυνάμεις και στην οικονομία, που αποτελούν τους πυλώνες στους οποίους στηρίζεται η χάραξη της Υψηλής Στρατηγικής και η προστασία της Εθνικής Ασφάλειας ενός κράτους. Επιπρόσθετα, διανύοντας την 4η βιομηχανική επανάσταση, ως πηγή ισχύος θεωρείται και η τεχνολογία, η εξάρτηση της οποίας από τις σπάνιες γαίες, αναμφίβολα μετατοπίζει σε αυτές τη βαρύτητα της τεχνολογικής ισχύος.

Αλλωστε, οι υπεύθυνοι χάραξης της πολιτικής των ΗΠΑ, πιστεύουν ότι η ηγετική

¹⁵⁰ Grasso, V. (2013), (Summary).

θέση στην τεχνολογία είναι το μεγαλύτερο πλεονέκτημα της χώρας, τόσο οικονομικά όσο και για την Εθνική Ασφάλεια.¹⁵¹ Οι Ένοπλες Δυνάμεις θα έχουν την ευκαιρία να αυξήσουν την ισχύ τους, μέσω της αυτοδύναμης ανάπτυξης κρίσιμων στρατιωτικών δυνατοτήτων και την παράλληλη ενίσχυση της αμυντικής βιομηχανίας. Επιπλέον, οι σπάνιες γαίες θα δώσουν ώθηση στην οικονομία με ποικίλους τρόπους. Από τις επενδύσεις στον τομέα των εξορύξεων, μέχρι και τις εξαγωγές επεξεργασμένου ή μη υλικού, η συμβολή τους στην επαύξηση της οικονομικής ισχύος θα είναι εξόχως σημαντική. Δεν πρέπει να αγνοείται το γεγονός, ότι οι σπάνιες γαίες θα προσδώσουν τη δυνατότητα χρήσης οικονομικής σκληρής ισχύος μέσω επιβολής κυρώσεων αν αυτό απαιτήσουν λόγοι Εθνικής Ασφαλείας ή λόγοι εξυπηρέτησης εθνικών συμφερόντων, όπως έπραξε η Κίνα το 2010 εναντίον της Ιαπωνίας, όπως απείλησε να πράξει το 2019 εναντίον των ΗΠΑ και όπως έπραξε η ΕΕ με το δέκατο πακέτο κυρώσεων εναντίον της Ρωσίας στις 25 Φεβρουαρίου 2023.¹⁵²

Οι ΗΠΑ έχουν αναγνωρίσει ότι τα κρίσιμα ορυκτά, στα οποία κατατάσσονται και τις σπάνιες γαίες, παρέχουν τα δομικά στοιχεία για πολλές σύγχρονες τεχνολογίες και είναι απαραίτητα για την εθνική τους ασφάλεια και την οικονομική τους ευημερία.¹⁵³ Αντίστοιχα η ΕΕ έχει κατατάξει τις σπάνιες γαίες στις πρώτες ύλες κρίσιμης σημασίας, καθώς είναι πιο σημαντικές από οικονομική άποψης και υφίσταται για αυτές υψηλός εφοδιαστικός κίνδυνος.¹⁵⁴ Επιπλέον, αναγνωρίζει ως την πιο πιεστική ανάγκη, την αύξηση της ανθεκτικότητας της ΕΕ στην παραγωγή και αξιοποίηση των στοιχείων σπάνιων γαιών και των μαγνητών, καθώς είναι ζωτικής σημασίας για τους περισσότερους βιομηχανικούς τομείς της ΕΕ, συμπεριλαμβανομένων των ΑΠΕ, της άμυνας και του διαστήματος.¹⁵⁵ Κάθε έθνος που κατέχει σημαντικές ποσότητες σπάνιων γαιών και άλλων στρατηγικών υλικών μπορεί να αξιοποιήσει τη θέση του τόσο για πολιτικούς όσο και

¹⁵¹ Kennedy, J. (2019). *China Solidifies Dominance in Rare Earth Processing*. National Defense Industrial Association. Ανακτήθηκε την 5/1/2023 από: <https://www.jstor.org/stable/10.2307/27022505>

¹⁵² European Commission. (2023). *Sanctions adopted following Russia's military aggression against Ukraine*. Ανακτήθηκε την 6/3/2023 από: https://finance.ec.europa.eu/eu-and-world/sanctions-restrictive-measures/sanctions-adopted-following-russias-military-aggression-against-ukraine_en#timeline-measures-adopted-in-2022-2023

¹⁵³ The White House. (2022). *Fact Sheet: Securing a Made in America Supply Chain for Critical Minerals*. Ανακτήθηκε την 8/1/2023 από: <https://www.whitehouse.gov/briefing-room/statements-releases/2022/02/22/fact-sheet-securing-a-made-in-america-supply-chain-for-critical-minerals/>

¹⁵⁴ Ευρωπαϊκή Επιτροπή. (2020). *Ανθεκτικότητα ως προς τις Πρώτες Ύλες Κρίσιμης Σημασίας: Χαρτογραφώντας την Πορεία προς Μεγαλύτερη Ασφάλεια και Βιωσιμότητα*. (σ. 1). Βρυξέλλες.

¹⁵⁵ European Commission. (2020). *Questions and Answers on the Communication on Critical Raw Materials*. Brussels.

οικονομικούς σκοπούς.¹⁵⁶ Αδιαμφισβήτητα θα αυξήσει τους κρίσιμους δείκτες ισχύος του, καθώς οι σπάνιες γαίες ως πολύτιμοι φυσικοί πόροι αποτελούν από μόνες τους κρίσιμη παράμετρο εθνικής ισχύος και στρατηγικό παράγοντα για την Εθνική Ασφάλεια ενός κράτους.

4.2 Ασφάλεια Εφοδιαστικής Αλυσίδας και Στρατηγική Αυτονομία

Είναι πλέον ευρέως αποδεκτό ότι οι σπάνιες γαίες είναι ο νέος χρυσός της σύγχρονης κοινωνίας. Οι τεχνολογικές εφαρμογές των σπάνιων γαιών τις έχουν μετατρέψει σε περιζήτητες πρώτες ύλες σε τέτοιο βαθμό, που η Κίνα τους έδωσε το καθεστώς στρατηγικού περιουσιακού στοιχείου στα σχέδια της βιομηχανικής και οικονομικής ανάπτυξής της. Ο πρώην πολιτικός ηγέτης της Κίνας Ντενγκ Σιαοπίνγκ, δήλωσε το 1992: «Η Μέση Ανατολή έχει πετρέλαιο. Η Κίνα έχει σπάνιες γαίες».¹⁵⁷ Η Κίνα ανέπτυξε τη δική της εθνική πολιτική επί του θέματος, βασικός στόχος της οποίας ήταν να αποτελέσει τον κύριο παραγωγό και εξαγωγέα σπάνιων γαιών και τελικών προϊόντων αυτών, στόχος ο οποίος τελικά στις αρχές του 21ου αιώνα επετεύχθη. Η κυριαρχία αυτή δεν άργησε να εφαρμοστεί και επί του πεδίου με την μορφή σκληρής ισχύος, καθώς το 2010, η Λαϊκή Δημοκρατία της Κίνας χρησιμοποίησε τις σπάνιες γαίες σε συνδυασμό με άλλες μορφές διπλωματικής πίεσης, ως εξαναγκαστική στρατηγική, για να αναγκάσει την Ιαπωνία να συμμορφωθεί με τις απαιτήσεις της.

Στις αρχές Σεπτεμβρίου 2010, εν μέσω μιας διαμάχης για τα θαλάσσια σύνορα, κοντά στα αμφισβητούμενα από την Κίνα νησιά Σενκάκου/Ντιαογιού στη Θάλασσα της Ανατολικής Κίνας,¹⁵⁸ η Ιαπωνία συνέλαβε τον κυβερνήτη ενός κινεζικού αλιευτικού σκάφους με αποτέλεσμα να ξεσπάσει η επονομαζόμενη κρίση των σπάνιων γαιών του 2010. Η Κίνα μείωσε αρχικά τις ποσοστώσεις εξαγωγής των στοιχείων σπάνιων γαιών κατά 40% και στη συνέχεια μποϊκοτάρισε «ανεπίσημα» τις εξαγωγές προς την Ιαπωνία. Τα γεγονότα αυτά προκάλεσαν ιδιαίτερο προβληματισμό σε ολόκληρη τη διεθνή κοινότητα, πυροδοτώντας φόβους για μια πρωτοφανή εξάρτηση από έναν προμηθευτή και ανησυχίες για τη χρήση από την Κίνα της προερχόμενης από τις σπάνιες γαίες ισχύος, για την επίλυση γεωπολιτικών διαφορών. Η αντιληπτή κρίση προκάλεσε μια απότομη αύξηση των τιμών των σπάνιων γαιών και δύο χρόνια αργότερα, το 2012, είχε ως αποτέλεσμα η ΕΕ, η Ιαπωνία και οι ΗΠΑ να υποβάλουν ταυτόχρονα καταγγελίες στον

¹⁵⁶ ΓΕΕΘΑ. (2015). *Στρατηγική Ανάλυση Εξελίξεων για την Ελλάδα μετά το 2030*. (σ. 38).

¹⁵⁷ Chomon, J. M. & Ganser, A. (2021). *How Relevant are Rare Earths to Europe's Security and Defence?* European Security and Defence. Ανακτήθηκε την 5/3/2023 από: <https://euro-sd.com/2021/10/articles/exclusive/23989/how-relevant-are-rare-earths-to-europes-security-and-defence/>

¹⁵⁸ Εικόνες A22 και A23.

Παγκόσμιο Οργανισμό Εμπορίου ζητώντας διαβουλεύσεις με την Κίνα, σχετικά με τους περιορισμούς της στις εξαγωγές σπάνιων γαιών.

Η κρίση μεταξύ Κίνας και Ιαπωνίας το 2010, έδειξε πώς για το πρώτο μισό του 21ου αιώνα, οι σπάνιες γαίες θα είναι κρίσιμοι πόροι για την πολυδιάστατη ασφάλεια κρατικών ή μη κρατικών δρώντων, που εξαρτώνται όλο και περισσότερο από τις προηγμένες τεχνολογίες. Το 2023, το Πεκίνο επέβαλε ελέγχους εξαγωγών στα στρατηγικής σημασίας μέταλλα γάλλιο και γερμάνιο, προκαλώντας φόβους παγκοσμίως ότι η Κίνα θα μπορούσε να εμποδίσει στη συνέχεια τις εξαγωγές σπάνιων γαιών ή της τεχνολογίας επεξεργασίας τους.¹⁵⁹ Η περίπτωση των σπάνιων γαιών, δείχνει μεταξύ άλλων, ότι λίγες κυβερνήσεις είχαν διαμορφώσει μέχρι τότε, πόσο μάλλον εφαρμόσει, μια υγιή στρατηγική για τους φυσικούς πόρους.

Προκειμένου να αντιμετωπίσουν την πρωτοκαθεδρία της Κίνας και να ελαττώσουν την εξάρτηση τους από αυτήν, τόσο οι ΗΠΑ όσο και η ΕΕ έχουν τα τελευταία χρόνια εκπονήσει ειδικά σχέδια δράσης και έχουν υιοθετήσει κατάλληλες στρατηγικές, προκειμένου να ενισχύσουν την ανθεκτικότητα της εφοδιαστικής αλυσίδας των σπάνιων γαιών και να εξασφαλίσουν τη στρατηγική τους αυτονομία στον μέγιστο δυνατό βαθμό. Η στρατηγική αυτονομία αποτελεί έναν από τους πυλώνες προάσπισης της Εθνικής Ασφάλειας και βασίζεται μεταξύ άλλων στην οικονομική και βιομηχανική ανεξαρτησία και την ασφάλεια των προμηθειών.¹⁶⁰

Η πρόσβαση σε πόρους και η βιωσιμότητα είναι καίριας σημασίας για την ανθεκτικότητα της ΕΕ όσον αφορά τις πρώτες ύλες. Η επίτευξη ασφάλειας όσον αφορά τους πόρους προϋποθέτει την ανάληψη δράσης με στόχο τη διαφοροποίηση του εφοδιασμού τόσο από τις πρωτογενείς όσο και από τις δευτερογενείς πηγές, τον περιορισμό της εξάρτησης και τη βελτίωση της αποδοτικής χρήσης των πόρων και της κυκλικότητας, συμπεριλαμβανομένου του βιώσιμου σχεδιασμού των προϊόντων.¹⁶¹ Αντίστοιχα, οι ΗΠΑ γνωρίζουν από καιρό τους κινδύνους Εθνικής Ασφάλειας που συνεπάγεται η υπερβολική εξάρτηση από την εισαγωγή πρώτων υλών και δεδομένης της κρισιμότητάς τους για τεχνολογίες από τις οποίες εξαρτώνται, πιστεύουν πως ο μετριασμός των κινδύνων στην αλυσίδα εφοδιασμού των σπάνιων γαιών θα πρέπει να έχει

¹⁵⁹ HuffPost. (2023). Παγκόσμιο μπρα ντε φερ με την Κίνα για τις πολύτιμες σπάνιες γαίες. Ανακτήθηκε την 07/12/2024 από: https://www.huffingtonpost.gr/entry/paykosmio-mpra-n-te-fer-me-ten-kina-ya-tis-poletimes-spanies-yaies_gr_64ca76ace4b0fd06594f0a45

¹⁶⁰ Secretariat general de la defense et de la securite nationalize. (2022). *National Strategic Review*. (σ. 19-20). Paris.

¹⁶¹ Ευρωπαϊκή Επιτροπή. (2020). (σ. 2).

υψηλή προτεραιότητα.¹⁶²

Σε μια προσπάθεια βελτίωσης της ανθεκτικότητας της αλυσίδας εφοδιασμού και προστασίας από ελλείψεις υλικών, ο πρόεδρος Μπάιντεν υπέγραψε το εκτελεστικό διάταγμα 14017, «America's Supply Chains»,¹⁶³ με σκοπό την επανεξέταση των τρωτών σημείων στις κρίσιμες αλυσίδες εφοδιασμού των ΗΠΑ σε ορυκτά και κρίσιμα υλικά, συμπεριλαμβανομένων και των σπάνιων γαιών. Σε εφαρμογή του εκτελεστικού διατάγματος, συντάχθηκε από το Υπουργείο Άμυνας σχετική έκθεση, η οποία παρέχει την αξιολόγηση για τις κρίσιμες αλυσίδες εφοδιασμού της άμυνας, προκειμένου να βελτιωθεί η ικανότητά των ΗΠΑ να υπερασπιστούν το έθνος.¹⁶⁴ Σύμφωνα με την έκθεση, απαιτούνται υγιείς, ανθεκτικές, ποικιλόμορφες και ασφαλείς αλυσίδες εφοδιασμού για να διασφαλιστεί η ανάπτυξη και η διατήρηση των δυνατοτήτων που είναι κρίσιμες για την εθνική ασφάλεια.¹⁶⁵ Επίσης, τονίζεται ότι η ανθεκτικότητα της αλυσίδας εφοδιασμού είναι ζωτικής σημασίας για την εθνική ασφάλεια και την οικονομική ισχύ των ΗΠΑ, ενώ έχει διαμορφωθεί μια σαφής εθνική συναίνεση, η οποία υποστηρίζεται από την ιεράρχηση των προτεραιοτήτων του δημόσιου, του ιδιωτικού και του κοινωνικού τομέα, σχετικά με την ανάγκη για τολμηρή δράση υπέρ της ασφάλειας της αλυσίδας εφοδιασμού.¹⁶⁶ Επιπρόσθετα, επισημαίνεται ότι η εξάρτηση από ξένες πηγές για βασικά υλικά και παραγωγικές δυνατότητες μπορεί να προκαλέσει απειλές και να αποτελέσει μια στρατηγική ευπάθεια που αυξάνει το χρόνο και το κόστος για την παράδοση νέων συστημάτων και τη διατήρηση των υφιστάμενων δυνατοτήτων, ιδίως εάν οι παγκόσμιοι δίαυλοι μεταφοράς καθυστερούν ή απειλούνται.

Οι ΗΠΑ, χρειάζονται μια ισχυρή και ασφαλή βιομηχανία και αλυσίδα εφοδιασμού για την αξιόπιστη και έγκαιρη παράδοση των εξαρτημάτων που χρησιμοποιούνται στα επιχειρησιακά συστήματα και για την παραγωγή και συντήρηση νέων συστημάτων.¹⁶⁷ Προς τούτο, το Πολυτεχνικό Ινστιτούτο Worcester (WPI) και το Εργαστήριο Ερευνών Ανάπτυξης Μάχης του Στρατού των ΗΠΑ, ανακοίνωσαν την έναρξη μιας πρωτοβουλίας με στόχο τον εντοπισμό κινδύνων στην αλυσίδα εφοδιασμού για κρίσιμα ορυκτά και υλικά, όπως μέταλλα σπάνιων γαιών. Με την ονομασία «The

¹⁶² Burnham, K., Chuquillanqui, L., Krawczyk, W., Ma, W., Nassikas, A., and Packard, G. (2019). *Critical Minerals are an Unappreciated Risk of a Full-Scale Clean Energy Transition*. (σ. 7). Aspen Institute. Ανακτήθηκε την 5/1/2023 από: www.jstor.org/stable/resrep42655.7

¹⁶³ Παράρτημα «Ζ»

¹⁶⁴ Department of Defence. (2022). *Securing Defense-Critical Supply Chains*. (σ. iii). An action plan developed in response to President Biden's Executive Order 14017.

¹⁶⁵ Department of Defence. (2022), (σ. 2).

¹⁶⁶ Department of Defence. (2022), (σ. 6).

¹⁶⁷ Department of Defence. (2022), (σ. 26).

Materials Recovery Technologies for Defense Supply Resiliency», το πρόγραμμα μπορεί να χρησιμοποιήσει έως και 25 εκατομμύρια δολάρια από το Υπουργείο Άμυνας των ΗΠΑ για να διασφαλίσει ότι κρίσιμες προμήθειες είναι διαθέσιμες όταν χρειάζεται, να περιορίσει την εξάρτηση από ξένους πόρους στην κατασκευή και να παρέχει υλικά που θα μπορούσαν να χρησιμοποιηθούν σε στρατιωτικές επιχειρήσεις των ΗΠΑ σε όλο τον κόσμο.¹⁶⁸

Επίσης, ο σύμβουλος εθνικής ασφάλειας του προέδρου Τζο Μπάιντεν, Τζέικ Σάλιβαν, υποστήριξε ότι είναι απαράδεκτο για τις ΗΠΑ το γεγονός πως «οι αλυσίδες εφοδιασμού καθαρής ενέργειας κινδυνεύουν να απορροφηθούν από την Κίνα όπως το πετρέλαιο τη δεκαετία του 1970 ή το φυσικό αέριο από τη Ρωσία στην Ευρώπη το 2022. Τα τσιπ, τα κρίσιμα ορυκτά και ορισμένες προηγμένες τεχνολογίες θα πρέπει να προστατεύονται σε μια {μικρή αυλή με ψηλό φράχτη} για να διατηρηθεί το τεχνολογικό πλεονέκτημα των ΗΠΑ έναντι της Κίνας και να περιοριστεί στρατιωτικά η άνοδος της Κίνας».¹⁶⁹

Αντίστοιχα, η οικονομική σημασία και οι εφοδιαστικοί κίνδυνοι είναι οι δύο βασικές παράμετροι για τον προσδιορισμό της κρίσιμότητας για την ΕΕ. Η ΕΕ θεωρεί ότι οι πρώτες ύλες κρίσιμης σημασίας, στις οποίες έχει κατατάξει και τις σπάνιες γαίες,¹⁷⁰ είναι ένας από τους τομείς στους οποίους η Ευρώπη πρέπει να καταστεί πιο ανθεκτική, ώστε να είναι προετοιμασμένη να αντιμετωπίσει μελλοντικούς κλυδωνισμούς και να αποκτήσει στρατηγική αυτονομία. Αυτό μπορεί να επιτευχθεί μέσω της διαφοροποίησης και της ενίσχυσης των παγκόσμιων αλυσίδων εφοδιασμού, μέσω της συνέχισης της συνεργασίας με εταίρους ανά τον κόσμο, της μείωσης της υπέρμετρης εξάρτησης από τις εισαγωγές, της ενίσχυσης της κυκλικότητας και της βελτίωσης της αποδοτικής χρήσης των πόρων σε στρατηγικούς τομείς, μέσω της αύξησης της ικανότητας εφοδιασμού εντός της ΕΕ.¹⁷¹

Η ΕΕ θα πρέπει να δράσει επείγοντως προκειμένου να εξασφαλίσει έναν ασφαλή και βιώσιμο εφοδιασμό σε πρώτες ύλες, συσπειρώνοντας τις προσπάθειες που

¹⁶⁸ Pentapostagma.gr. (2023). Σύμπλευση ερευνητών & στρατού των ΗΠΑ για τον εντοπισμό κινδύνων στην αλυσίδα εφοδιασμού ορυκτών ζωτικής σημασίας. Ανακτήθηκε την 08/12/2024 από: https://www.pentapostagma.gr/kosmos/ipa/7153959_symploysi-ereyniton-stratoy-ton-ipa-gia-ton-entopismo-kindynon-stin-alytida

¹⁶⁹ Pentapostagma.gr. (2023). Οι ΗΠΑ κηρύσσουν τον θάνατο του νεοφιλελευθερισμού και της παγκοσμιοποίησης. Ανακτήθηκε την 08/12/2024 από: https://www.pentapostagma.gr/kosmos/ipa/7172591_oi-ipa-kiryssoun-ton-thanato-toy-neofilelytherismoy-kai-tis-pagkosmiopoiisis

¹⁷⁰ Διάγραμμα Γ4 και Πίνακας Α7.

¹⁷¹ Ευρωπαϊκή Επιτροπή. (2020), (σ. 7).

καταβάλλουν οι επιχειρήσεις, οι αρχές σε υποεθνικό και εθνικό επίπεδο, καθώς και τα θεσμικά όργανα της ΕΕ. Για τις Βρυξέλλες, η εξάρτηση από μία μόνο χώρα πρέπει να αποφευχθεί εάν η Ευρώπη θέλει να αποτρέψει την επανάληψη της τρέχουσας ενεργειακής κρίσης που προκαλείται από την υπερβολική εξάρτηση από τα ρωσικά ορυκτά καύσιμα.¹⁷² Όπως κατέδειξαν οι οδυνηρές συνέπειες της μεγάλης εξάρτησης της Ευρώπης από το φυσικό αέριο της Ρωσίας, κάθε σχεδόν μονοπωλιακή σχέση συνιστά απειλή για τη Γηραιά Ήπειρο, δεδομένου ότι μπορεί να υποσκάψει τις προσπάθειες της ΕΕ να επιτύχει τους κλιματικούς και ψηφιακούς στόχους της.¹⁷³

Προς επίτευξη των ανωτέρω στόχων, η ΕΕ έχει χαράξει μια στρατηγική για τις κρίσιμες πρώτες ύλες, η οποία εστιάζει:

- Στην ανάπτυξη ανθεκτικών αξιακών αλυσίδων για τα βιομηχανικά οικοσυστήματα της ΕΕ.
- Στον περιορισμό της εξάρτησης από πρωτογενείς πρώτες ύλες κρίσιμης σημασίας μέσω της κυκλικής χρήσης των πόρων, του σχεδιασμού βιώσιμων προϊόντων και της καινοτομίας.
- Στην ενίσχυση της βιώσιμης και υπεύθυνης εγχώριας προμήθειας και επεξεργασίας πρώτων υλών στην ΕΕ.
- Στη διαφοροποίηση του εφοδιασμού μέσω της βιώσιμης και υπεύθυνης προμήθειας από τρίτες χώρες, της ενίσχυσης του βασιζόμενου σε κανόνες ανοικτού εμπορίου πρώτων υλών και της εξάλειψης των στρεβλώσεων στο διεθνές εμπόριο.¹⁷⁴

Για την υποστήριξη της συγκεκριμένης στρατηγικής, έχουν ολοκληρωθεί ή βρίσκονται σε εξέλιξη διάφορα προγράμματα και πρωτοβουλίες στα πλαίσια της ΕΕ, με την υποστήριξη και τη συμμετοχή των Κ-Μ, της ακαδημαϊκής κοινότητας και ιδιωτικών εταιριών δραστηριοποιούμενων στους τομείς της βιομηχανίας και της μεταλλουργίας, στους τομείς των εξορύξεων και της επεξεργασίας πρώτων υλών, καθώς και στους τομείς της ανακύκλωσης και της ανάκτησης κρίσιμων υλικών, όπως είναι οι σπάνιες γαίες. Τα σημαντικότερα από αυτά τα προγράμματα, με ιδιαίτερο ενδιαφέρον για τη χώρα μας και ελληνική συμμετοχή, είναι το ERECON (European Rare Earths Competency Network) για

¹⁷² Pentapostagma.gr. (2022). *Πώς σχεδιάζει η ΕΕ να κερδίσει τον παγκόσμιο αγώνα για κρίσιμες πρώτες ύλες*. Ανακτήθηκε την 10/12/2022 από: https://www.pentapostagma.gr/kosmos/pagkosmiopoiisi/7131749_pos-shediazei-i-ee-na-kerdisei-ton-pagkosmio-agona-gia-krisimes

¹⁷³ Γαλάνης. Α. (2023). Ο σπάνιος θησαυρός που κρύβει στα σπλάχνα της η Ελλάδα -Πού βρίσκεται. Ανακτήθηκε την 07/12/2024 από: <https://www.carandmotor.gr/themata/o-thisayros-poy-krybei-sta-splahna-tis-i-ellada>

¹⁷⁴ Ευρωπαϊκή Επιτροπή. (2020), (σ. 8).

τη δημιουργία ενός δικτύου ενδιαφερομένων φορέων για τις σπάνιες γαίες, το EURARE (EU-RARE), το SCALE και SCALEUP (Production of Scandium compounds and Scandium Aluminum alloys from European resources) και το ERMA (European Raw Materials Alliance). Ο κύριος στόχος του έργου EURARE¹⁷⁵ ήταν να θέσει τις βάσεις για την ανάπτυξη μιας ευρωπαϊκής βιομηχανίας σπάνιων γαιών και διήρκησε από το 2013 έως το 2017.

Το έργο SCALE, στο οποίο συμμετέχει ως συντονιστής ο όμιλος Μυτιληναίος μέσω του τομέα μεταλλουργίας,¹⁷⁶ στοχεύει στην εξαγωγή σπάνιων γαιών και ειδικότερα ενώσεων Σκανδίου (Sc) και κραμάτων Αλουμινίου – Σκανδίου από ευρωπαϊκά μεταλλουργικά κατάλοιπα, όπως τα κατάλοιπα βωξίτη.¹⁷⁷ Η Ευρωπαϊκή Συμμαχία Πρώτων Υλών (ERMA)¹⁷⁸ ανακοινώθηκε στις 3 Σεπτεμβρίου 2020, ως μέρος του σχεδίου δράσης για τις κρίσιμες πρώτες ύλες και τη δημοσίευση του καταλόγου των κρίσιμων πρώτων υλών του 2020. Το όραμα της Συμμαχίας είναι να εξασφαλίσει την πρόσβαση σε κρίσιμες και στρατηγικές πρώτες ύλες, προηγμένα υλικά και τεχνογνωσία επεξεργασίας για τα βιομηχανικά οικοσυστήματα της ΕΕ,¹⁷⁹ αποτελώντας το πρώτο βήμα στην προσπάθεια να επιτευχθεί και να διασφαλιστεί η στρατηγική αυτονομία στην Ευρώπη έως το 2040 και πέραν αυτού.¹⁸⁰ Στο πλαίσιο της ERMA έχει εκδοθεί σχετική οδηγία που αφορά στις Κρίσιμες Πρώτες Ύλες (CRMA), η οποία προβλέπει τη δημιουργία νέας υπηρεσίας, του Ευρωπαϊκού Συμβουλίου Κρίσιμων Πρώτων Υλών, για το συντονισμό των απαιτούμενων ενεργειών ώστε έως το 2030.¹⁸¹

Η Πράξη της ΕΕ για τις κρίσιμες πρώτες ύλες στοχεύει στη μείωση των χρόνων αδειοδότησης για τα έργα εξόρυξης και ανακύκλωσης καθώς και στον περιορισμό της εξάρτησης της ΕΕ από την Κίνα για τις σπάνιες γαίες, που απαιτούνται για την κατασκευή

¹⁷⁵ Παράρτημα «Δ».

¹⁷⁶ Παράρτημα «Ε».

¹⁷⁷ Capital.gr. (2021). *Καινοτόμες Πρωτοβουλίες της Mytilineos για μία Βιώσιμη Βιομηχανία*. Ανακτήθηκε την 10/1/2023 από: <https://www.capital.gr/epixeiriseis/3584947/kainotomes-protoboulies-tis-mytilineos-gia-mia-biosimi-biomixania>

¹⁷⁸ Παράρτημα «ΣΤ».

¹⁷⁹ European Raw Materials Alliance (ERMA). *About us*. Ανακτήθηκε την 9/3/2023 από: <https://erma.eu/about-us/>

¹⁸⁰ Cagnin, C., Muench, S., Scapolo, F., Störmer, E. and Vesnic-Alujevic, L. (2021). *Shaping and securing the EU's open strategic autonomy by 2040 and beyond*. Luxembourg: Publications Office of the European Union.

¹⁸¹ EURO2day. (2023). Η Ε.Ε. ετοιμάζει νέα υπηρεσία για κοινές αγορές στρατηγικών μεταλλευμάτων. Ανακτήθηκε την 08/12/2024 από: <https://www.euro2day.gr/news/world/article/2178646/h-ee-etomazei-nea-yphresia-gia-koines-agores-stra.html>

προϊόντων, όπως τα ηλεκτρικά αυτοκίνητα και οι ανεμογεννήτριες.¹⁸² Οι επιμέρους ποσοτικοί στόχοι του Κανονισμού είναι: η ετήσια κατανάλωση στρατηγικών-κρίσιμων πρώτων υλών εντός της ΕΕ να προέρχεται έως το 2030 κατά 10% από εξόρυξη, κατά 15% από ανακύκλωση και κατά 40-50% από επεξεργασία πρωτογενών υλών (για δευτερογενή παραγωγή τελικών προϊόντων) κατ' ελάχιστο. Προβλέπεται επίσης ότι η μέγιστη εξάρτηση των εισαγωγών από τρίτη χώρα δεν θα υπερβαίνει το 65% για κάθε στρατηγική ορυκτή πρώτη ύλη και σε οποιοδήποτε σχετικό στάδιο της μεταποίησης.¹⁸³ Ωστόσο, η φυσική τάση του Πεκίνου να εξαρτάται λιγότερο από τον κόσμο και ο κόσμος να εξαρτάται περισσότερο από αυτό, είναι ιδιαίτερα προβληματική για την ΕΕ σε τομείς όπως οι σιδηρόδρομοι υψηλής ταχύτητας, η τεχνολογία ανανεώσιμων πηγών ενέργειας, οι κρίσιμες πρώτες ύλες, ή τεχνολογίες για κβαντικούς υπολογιστές, ρομποτική ή τεχνητή νοημοσύνη που θα είναι ζωτικής σημασίας για την οικονομική και εθνική ασφάλεια.¹⁸⁴

4.3 Ο Ρόλος των Σπάνιων Γαιών στην Ενεργειακή Μετάβαση

Τα στρατηγικά και κρίσιμα υλικά είναι θεμελιώδη για την παραγωγή προστιθέμενης αξίας και την παροχή βασικών υπηρεσιών σε ολόκληρη την παγκόσμια οικονομία. Τα στοιχεία σπάνιων γαιών είναι ζωτικής σημασίας για την παγκόσμια μετάβαση στην καθαρή ενέργεια, με εφαρμογή σε τομείς τόσο ποικίλους όσο οι μαγνήτες υψηλής απόδοσης για υπεράκτια αιολική ενέργεια, οι μπαταρίες σταθερών και ηλεκτρικών οχημάτων, καθώς και οι επικαλύψεις και τα κράματα. Η βιώσιμη και οικονομική πρόσβαση σε αυτά τα ορυκτά και υλικά θα υποστηρίξει την ταχεία εξέλιξη προς μια ανθεκτική και καθαρή ενεργειακά οικονομία.¹⁸⁵

Οι σπάνιες γαίες, αποτελούν βασικές εισροές σε τεχνολογίες καθαρής ενέργειας, όπως μπαταρίες, ηλεκτρικά οχήματα, ανεμογεννήτριες και ηλιακούς συλλέκτες. Καθώς ο κόσμος μεταβαίνει σε μια οικονομία καθαρής ενέργειας, η παγκόσμια ζήτηση για αυτά τα κρίσιμα ορυκτά πρόκειται να εκτοξευθεί κατά 400-600% τις επόμενες δεκαετίες.¹⁸⁶ Καθώς τα έθνη επιδιώκουν να εξασφαλίσουν τον ασφαλή και αξιόπιστο εφοδιασμό με

¹⁸² EURO2day. (2023). Ευ. Μυτιληναίος: Σημαντικό βήμα ο νόμος για τις κρίσιμες πρώτες ύλες. Ανακτήθηκε την 13/12/2024 από: <https://www.euro2day.gr/news/economy/article/2221910/mytilhnaios.html>

¹⁸³ Energymag.gr. (2023). Τον θησαυρό του υπεδάφους της ξεκινάει να αξιοποιεί η Ελλάδα - Τα 15 πολύτιμα μεταλλεύματα που περιλαμβάνει το νέο ΕΣΕΚ. Ανακτήθηκε την 08/12/2024 από: https://www.energymag.gr/energeia/90169_ton-thisayro-toy-ypedafoys-tis-xekinai-na-axiopoiei-i-ellada-ta-15-polytima

¹⁸⁴ Militaire.gr. (2023). Γεωπολιτική εναντίον γεωοικονομίας: Οι στόχοι της ΕΕ, των ΗΠΑ και της Κίνας. Ανακτήθηκε την 08/12/2024 από: <https://www.militaire.gr/geopolitiki-enantion-geooikonomias-oi-stochoi-tis-ee-ton-ipa-kai-tis-kinas/>

¹⁸⁵ Department of Defence. (2022). (σ. 42).

¹⁸⁶ The White House. (2022).

υλικά που είναι απαραίτητα για υποδομές καθαρής ενέργειας, η γεωπολιτική υπεροχή μπορεί να κερδηθεί ή να χαθεί για την προσφορά και τη ζήτηση σπάνιων γαιών. Κινούμενη υπό το πρίσμα των ανωτέρω, η γερμανική κυβέρνηση σχεδιάζει να δημιουργήσει κρατικό ταμείο αξίας έως και 2 δισ. ευρώ που θα προσφέρει στήριξη στην εξόρυξη πρώτων υλών κρίσιμης σημασίας για την πράσινη μετάβαση, συμπεριλαμβανομένων των σπάνιων γαιών, με στόχο τη διασφάλιση της πρόσβασης και τη μείωση της εξάρτησης από την Κίνα.¹⁸⁷

Σε όλο τον κόσμο, οι χώρες αξιολογούν και σχεδιάζουν την πορεία τους προς ένα βιώσιμο μέλλον. Τα ορυκτά και τα υλικά σπάνιων γαιών που είναι απαραίτητα για τα αναπτυσσόμενα συστήματα καθαρής ενέργειας, δημιουργούν ανησυχίες για την εξωτερική πολιτική και τα τρωτά σημεία των πόρων. Τα ζητήματα αυτά είναι κεντρικής σημασίας για τις διεθνείς σχέσεις, την προστασία του περιβάλλοντος και την Εθνική Ασφάλεια. Εάν δεν αντιμετωπιστούν εγκαίρως, τα ζητήματα αυτά μπορεί να επιδεινωθούν, οδηγώντας σε τεταμένες σχέσεις κατά μήκος της αλυσίδας εφοδιασμού και σε υψηλότερο κόστος για τους καταναλωτές.

Η πορεία προς την καθαρή ενέργεια είναι ακόμα υπό διαμόρφωση και μοναδική για όλες τις χώρες. Τα στοιχεία σπάνιων γαιών και άλλα κρίσιμα ορυκτά διαδραματίζουν μοναδικό ρόλο στον αναπτυσσόμενο τομέα των ΑΠΕ, ρόλο του οποίου οι κίνδυνοι παραμένουν υποτιμημένοι. Καθώς η διεθνής κοινότητα μεταβαίνει σε ένα ενεργειακό σύστημα χαμηλών εκπομπών διοξειδίου του άνθρακα, πρέπει να διδαχθούμε από τα λάθη του παρελθόντος στην προμήθεια ενέργειας και να διαχειριστούμε προσεκτικά τις αλυσίδες εφοδιασμού των σπάνιων γαιών, καθώς η πρόσβαση σε πόρους αποτελεί στρατηγικό ζήτημα ασφάλειας για τη φιλοδοξία της Ευρώπης να υλοποιήσει την Πράσινη Συμφωνία μέχρι το 2050.¹⁸⁸

¹⁸⁷ EURO2day. (2023). Η Γερμανία σχεδιάζει Ταμείο €2 δισ. για εξασφάλιση πρώτων υλών. Ανακτήθηκε την 08/12/2024 από: <https://www.euro2day.gr/news/world/article/2185060/h-germania-shediazei-tameio-2-dis-gia-exasfalish-p.html>

¹⁸⁸ Ευρωπαϊκή Επιτροπή. (2020), (σ. 8).

Κεφάλαιο πέμπτο

Σπάνιες Γαίες στον Ελληνικό Χώρο

5.1 Πιθανά Κοιτάσματα στον Ελληνικό Χώρο

Από τη δεκαετία του 1970, έχουν πραγματοποιηθεί κυρίως από επιστήμονες του τότε Ινστιτούτου Γεωλογικών και Μεταλλευτικών Ερευνών (ΙΓΜΕ),¹⁸⁹ διάφορες έρευνες στον ελλαδικό χώρο με συνδυασμό γεωλογικών και κοιτασματολογικών παρατηρήσεων, με αποτελέσματα που αναφέρουν την ύπαρξη υψηλών συγκεντρώσεων σπάνιων γαιών στα δήγματα που αναλύθηκαν,¹⁹⁰ ενώ και από έρευνες που πραγματοποιήθηκαν τη δεκαετία του 1980 προέκυψαν ενδείξεις ότι οι ελληνικές ακτογραμμές της Βορείου Ελλάδος περιέχουν σημαντικά κοιτάσματα σπάνιων γαιών. Στη συνέχεια, και με τη συμμετοχή σε διάφορα ευρωπαϊκά προγράμματα, συνεχίστηκε η ερευνητική προσπάθεια και διαπιστώθηκε ότι στην Ελλάδα υφίστανται αρκετοί κοιτασματολογικοί στόχοι που περιλαμβάνονται στον κατάλογο των 30 Κρισίμων Ορυκτών Πρώτων Υλών του πλέον επικαιροποιημένου πίνακα της ΕΕ. Μάλιστα αρκετοί από αυτούς εντοπίζονται εντός των ελληνικών Δημόσιων Μεταλλευτικών Χώρων συμπεριλαμβάνοντας και σπάνιες γαίες.¹⁹¹

Σχετικά με τις σπάνιες γαίες, ενδιαφέρον για περαιτέρω κοιτασματολογική έρευνα παρουσιάζουν οι περιοχές της Θράκης, της Μακεδονίας, της Φωκίδας και της Βοιωτίας. Στη Θράκη και στη Μακεδονία εντοπίζεται μεγάλος αριθμός γρανιτικών και ηφαιστειακών πετρωμάτων, τα οποία περιέχουν ορυκτά όπως ο αλλανίτης, ο μοναζίτης, το ζirkόνιο και ο απατίτης, τα οποία εκ της φύσεώς τους είναι πλούσια σε σπάνιες γαίες.¹⁹² Επιπλέον στην παράκτια ζώνη Αν. Μακεδονίας-Θράκης,¹⁹³ εκβάλουν τα σημαντικά για τα ελληνικά δεδομένα ποτάμια Στρυμόνας, Νέστος και Έβρος, τα οποία λόγω της διάβρωσης αποθέτουν στις εκβολές τους υλικά από τα παραπάνω πετρώματα δημιουργώντας εμπλουτισμένα αποθέματα σπάνιων γαιών. Επειδή τα υλικά αυτά είναι μεγάλου ειδικού βάρους, δεν μεταφέρονται σε μεγάλη απόσταση από τις ακτές, με αποτέλεσμα να βρίσκονται εντός των χωρικών υδάτων. Με βάση όλα αυτά, δεν αποτελεί έκπληξη ότι έχουν διαπιστωθεί υψηλές συγκεντρώσεις σπάνιων γαιών στην παράκτια ζώνη από την

¹⁸⁹ Μετεξέλιξη του οργανισμού από το 2019 αποτελεί η [Ελληνική Αρχή Γεωλογικών και Μεταλλευτικών Ερευνών](#) (ΕΑΓΜΕ).

¹⁹⁰ Εικόνα Α24.

¹⁹¹ Τζεφέρης, Π. (2022). *Ελλάδα και Κρίσιμες Ορυκτές Πρώτες Υλές της ΕΕ*. Ελληνικός Ορυκτός Πλούτος. Ανακτήθηκε την 10/1/2023 από: <https://www.oryktosploutos.net/2022/05/%ce%b5%ce%bb%ce%bb%ce%ac%ce%b4%ce%b1-%ce%ba%ce%b1%ce%b9>

¹⁹² Μέλφος, Β. & Βουδούρης, Π. (2022), (σ.241).

¹⁹³ Εικόνα Α25.

Καβάλα μέχρι τον Έβρο¹⁹⁴ και συγκεκριμένα στον κόλπο Στρυμονικού, στην υφαλοκρηπίδα από τον ποταμό Στρυμόνα έως την Καβάλα, περιμετρικά της Σαμοθράκης και στα Δέλτα των ποταμών Νέστου και Έβρου.¹⁹⁵ Υψηλές περιεκτικότητες ελαφρών σπάνιων γαιών καταγράφηκαν στους άμμους της παράκτιας περιοχής Λουτρά Ελευθερών Ν. Καβάλας και στην παράκτιο ζώνη Ν. Περάμου – Λ. Ελευθερών.¹⁹⁶

Επίσης, από τις έρευνες διαφαίνεται ότι η Ελλάδα είναι προικισμένη στον τομέα των σπάνιων γαιών, ιδιαίτερα στην ευρύτερη περιοχή της Μακεδονίας. Τα σημαντικότερα αποθέματα σπάνιων γαιών, σύμφωνα με το ΙΓΜΕ (νυν ΕΑΓΜΕ), βρίσκονται κατά μήκος των ακτών της Βορειοανατολικής Ελλάδας μεταξύ της χερσονήσου της Χαλκιδικής και της Καβάλας και εκτείνονται 240 χιλιόμετρα κατά μήκος των ακτών,¹⁹⁷ εκτιμώντας τα αποθέματα σε 485 εκατομμύρια τόνους με μέση περιεκτικότητα σπάνιων γαιών 1,17% αλλά δυστυχώς και αρκετή περιεκτικότητα σε ραδιενεργό Θόριο (Th).¹⁹⁸

Επιπρόσθετα, κοιτάσματα¹⁹⁹ που περιέχουν σπάνιες γαίες υπάρχουν στην περιοχή του Παρανεστίου Δράμας, όπου εντοπίστηκαν 8 από τα 17 στοιχεία σπάνιων γαιών σε σχετικά υψηλά ποσοστά,²⁰⁰ στη Βάθη και στο Λαοδικινό του Ν. Κιλκίς, στο όρος Παγγαίο όπου βρέθηκε τεράστια ποσότητα σε σπάνιες γαίες με 2% σε Λανθάνιο (La), Δημήτριο (Ce), Πρασεοδύμιο (Pr), Νεοδύμιο (Nd), Σαμάριο (Sm) και Ευρώπιο (Eu), καθώς και στην Οξυά του Ν. Καστοριάς.²⁰¹ Εμπλουτισμοί σπάνιων γαιών έχουν επίσης εντοπιστεί στη Νοτιοδυτική Σαμοθράκη και στην Ανω Βυρσίνη στη Ροδόπη, στη γεωλογική ζώνη του Ιονίου (μια θαλάσσια περιοχή και χερσαία βόρεια των Ιωαννίνων), καθώς και σε περιοχές όπου υπάρχουν κοιτάσματα βωξίτη (π.χ. στη ζώνη Παρνασσού - Γκιώνας, στην Ανατολική Πελοπόννησο, στη Χαλκιδική, σε Αμοργό και Σκόπελο, στην Εύβοια κ.α.).²⁰²

Η Ελλάδα διαθέτοντας τα μεγαλύτερα κοιτάσματα βωξίτη για την παραγωγή αλουμινίου, είναι η πρώτη χώρα σε παραγωγή αλουμινίου στην ΕΕ. Τα κοιτάσματα αυτά

¹⁹⁴ Τζεφέρης, Π. (2014). *Οι σπάνιες γαίες, η Ευρώπη και η Ελλάδα*. Ανακτήθηκε την 11/3/2023 από: https://www.oryktosploutos.net/2014/09/blog-post_96/

¹⁹⁵ Μέλφος, Β. & Βουδούρης, Π. (2022), (σ.241).

¹⁹⁶ Παπαζήσης, Ι. (2009). *Πολύτιμοι Λίθοι και Στρατηγικά Ορυκτά της Ελλάδος*. (σ. 258). Θεσσαλονίκη: Κάδμος.

¹⁹⁷ Τσιλιόπουλος, Ε. (2022). *Από το πετρέλαιο στις σπάνιες γαίες – Η Δύση, η Κίνα και η Ελλάδα*. [slpress.gr](https://slpress.gr/oikonomia/apo-to-petrelaio-stis-spanies-gaies-i-dysi-i-kina-kai-i-ellada/). Ανακτήθηκε την 11/3/2023 από: <https://slpress.gr/oikonomia/apo-to-petrelaio-stis-spanies-gaies-i-dysi-i-kina-kai-i-ellada/>

¹⁹⁸ ΤΕΕ/Τμήμα Δυτικής Μακεδονίας. (2022), (σ.36).

¹⁹⁹ Εικόνα Α26.

²⁰⁰ Παπαζήσης, Ι. (2010). (σ. 50).

²⁰¹ Μέλφος, Β. & Βουδούρης, Π. (2022), (σ.242).

²⁰² Καλημέρη, Ζ. (2015). (σ.39).

του βωξίτη στη ζώνη Παρνασσού – Γκιώνας, στη Φωκίδα και στη Βοιωτία²⁰³ περιέχουν 0,6% έως και 1% σπάνιες γαίες αλλά κυρίως σημαντικές περιεκτικότητες σε Σκάνδιο (Sc).²⁰⁴ Επιστήμονες του Εθνικού Μετσόβιου Πολυτεχνείου, με τη συνεργασία του ερευνητικού κέντρου «Δημόκριτος», διαπίστωσαν ότι στην ερυθρά ιλύ, η οποία είναι στερεό βιομηχανικό απόβλητο της μεταλλουργικής κατεργασίας των βωξιτών της Ελλάδας, για την παραγωγή αλουμίνας, βρίσκονται σπάνιες γαίες και κυρίως Σκάνδιο (Sc). Κατασκεύασαν και πιλοτική μονάδα ανάκτησης²⁰⁵ Σκανδίου (Sc), ενώ την πρωτοβουλία και την έρευνα συνεχίζει το Μεταλλουργικό τμήμα του Ομίλου Μυτιληναίος, στο πλαίσιο της στρατηγικής βιώσιμης ανάπτυξης που ακολουθεί, συμμετέχοντας στο ευρωπαϊκό πρόγραμμα SCALE,²⁰⁶ στη βιομηχανική μονάδα παραγωγής αλουμινίου στα Άσπρα Σπίτια Βοιωτίας.²⁰⁷ Στο κοίτασμα Μαρμείκο στον Αγ. Ιωάννη της Βοιωτίας,²⁰⁸ εντοπίστηκαν οι 13 από τις 17 χαρακτηρισμένες παγκοσμίως σπάνιες γαίες και μάλιστα οι περισσότερες από αυτές είναι σε ικανοποιητικές ποσότητες, ιδιαίτερα σε ελαφρές σπάνιες γαίες και στο στοιχείο Ύτριο (Y).²⁰⁹

Στη χώρα μας η ανάκτηση σπάνιων γαιών από δευτερεύουσες πηγές, όπως η ανακύκλωση συσκευών ή τα παραπροϊόντα της καύσης του λιγνίτη δεν έχει προχωρήσει ανάλογα. Μια από τις λίγες προσπάθειες διερεύνησης της περιεκτικότητας σπάνιων γαιών σε ελληνικές τέφρες βρίσκεται σε εξέλιξη στο Πανεπιστήμιο Δυτικής Μακεδονίας, ωστόσο η προοπτική ανάκτησης σπάνιων γαιών από τους ελληνικούς λιγνίτες και τα παραπροϊόντα τους δεν έχει ερευνηθεί επαρκώς.²¹⁰ Αν και τα μέχρι τώρα ερευνητικά αποτελέσματα είναι ενθαρρυντικά, απαιτείται περαιτέρω γεωλογική και γεωχημική διερεύνηση προκειμένου να εξακριβωθεί αν τα ποσοστά των συγκεντρώσεων που έχουν μέχρι σήμερα εντοπιστεί, επιτρέπουν μια πιθανή οικονομικά βιώσιμη επιχείρηση εξόρυξης.

Ιδιαίτερο προβληματισμό δημιουργεί η ύπαρξη υψηλών συγκεντρώσεων ραδιενεργού Θωρίου (Th) στα αποθέματα σπάνιων γαιών στις παράκτιες ζώνες, γεγονός που δύναται να αποτελέσει σημαντικό αποτρεπτικό παράγοντα για την αξιοποίησή τους,

²⁰³ Εικόνα Α27.

²⁰⁴ Defencepoint.gr. (2023). *Πανίσχυρο όπλο για Ελλάδα! Σπάνιες Γαίες κι όχι μόνο, η πλούσια Θράκη*. Ανακτήθηκε την 11/3/2023 από: <https://www.defence-point.gr/news/panischyro-oplo-gia-ellada-spanies-gaies-ki-ochi-mono-i-ploysia-thraki>

²⁰⁵ Παπαζήσης, Ι. (2010). (σ. 60).

²⁰⁶ ΤΕΕ/Τμήμα Δυτικής Μακεδονίας. (2022), (σ.36).

²⁰⁷ Εικόνα Α28.

²⁰⁸ Εικόνα Α29.

²⁰⁹ Παπαζήσης, Ι. (2010). *Οι Θησαυροί της Ελλάδος-Σπάνιες Γαίες και Χρηματιστηριακά Ορυκτά*. (σ. 36-37). Θεσσαλονίκη: Κάδμος.

²¹⁰ ΤΕΕ/Τμήμα Δυτικής Μακεδονίας. (2022), (σ.37).

λόγω του κόστους που θα έχει μια δυννητική εκμετάλλευση στο φυσικό περιβάλλον.

5.2 Γεωπολιτικά Οφέλη από την Πιθανή Εκμετάλλευση των Σπάνιων Γαιών

Καθώς η παγκόσμια ζήτηση για πρώτες ύλες κρίσιμης σημασίας αυξάνεται, οι πρωτογενείς πρώτες ύλες θα συνεχίσουν να διαδραματίζουν κομβικό ρόλο.²¹¹ Αδιαμφισβήτητα, οι σπάνιες γαίες αποτελούν σήμερα αντικείμενο μείζονος ανταγωνισμού, ενός τεράστιου παιγνίου σε γεωπολιτικό, γεωστρατηγικό και γεωοικονομικό επίπεδο. Οι κυριότεροι παίκτες είναι η Κίνα από την μια μεριά και οι ΗΠΑ από την άλλη να προσπαθούν να πετύχουν την απεξάρτηση από το κινέζικο μονοπώλιο της παραγωγής και επεξεργασίας των σπάνιων γαιών.

Σημαντικά βήματα με σκοπό την απεξάρτηση από τον κινέζικο «δράκο» που «θρέφουν» οι σπάνιες γαίες, κάνουν επίσης η Αυστραλία και ο Καναδάς, ενώ η σχεδόν πλήρως εξαρτώμενη μέχρι τώρα ΕΕ, έχει ξεκινήσει έναν αγώνα δρόμου προκειμένου να ενισχύσει την ανθεκτικότητά της, να αναπτύξει στρατηγική αυτονομία και να εξασφαλίσει τους απαιτούμενους κρίσιμους πόρους για την ενεργειακή μετάβαση με τη χρήση «πράσινων» τεχνολογιών μέχρι το 2050. Επίσης, δεν πρέπει να υποτιμάται το γεγονός ότι οι σπάνιες γαίες αποτελούν στρατηγικό όπλο ιδιαίτερης ισχύος στα χέρια αυτών που τις κατέχουν, καθώς μπορούν να χρησιμοποιηθούν ως εργαλείο εξαναγκαστικής διπλωματίας, μέσω της επιβολής κυρώσεων ή επιβολής εμπάργκο εξαγωγών, επηρεάζοντας όχι μόνο το αντίπαλο κράτος αλλά και το παγκόσμιο οικονομικό σύστημα με μια πιθανή εκτόξευση των τιμών λόγω της εξελισσόμενης κρίσης.

Η διαρκής ανακάλυψη και εκμετάλλευση νέων στρατηγικών πόρων, εντός ή εκτός των ελληνικών συνόρων, θα έχει παγκόσμιες συνέπειες. Η ανάγκη για μείωση της εξάρτησης της ΕΕ από εξωευρωπαϊκές κρίσιμες πρώτες ύλες, όπως έγινε και με το ρωσικό φυσικό αέριο κατά την Ουκρανική κρίση, δίνει την ευκαιρία και στη χώρα μας να διαδραματίσει έναν πρωταγωνιστικό ρόλο στην όλη προσπάθεια για εξεύρεση κοιτασμάτων και παραγωγή σπάνιων γαιών στα πλαίσια της ΕΕ. Δεν είναι τυχαία η δήλωση του Υπουργού Περιβάλλοντος και Ενέργειας Θόδωρου Σκυλακάκη προσερχόμενος στο Άτυπο Συμβούλιο Υπουργών Περιβάλλοντος και Ενέργειας που πραγματοποιήθηκε στο Βαγιαδολίδ της Ισπανίας ότι «Η Ελλάδα στηρίζει την πρωτοβουλία της ΕΕ για στρατηγική αυτονομία και μπορεί να συμβάλει, με την εξόρυξη κρίσιμων πρώτων υλών και σπάνιων γαιών που υπάρχουν στο υπέδαφός της, σε αυτήν την

²¹¹ Ευρωπαϊκή Επιτροπή. (2020), (σ. 13).

προσπάθεια».²¹²

Η χώρα μας αποτελώντας μια αξιόπιστη λύση που συμπεριλαμβάνεται στις εναλλακτικές της ΕΕ και των ΗΠΑ για διαφοροποίηση των πηγών κρίσιμων πρώτων υλών, δύναται να αναβαθμίσει το γεωπολιτικό της βάρος. Η Ελλάδα διαθέτει σπάνιες γαίες και πάρα πολλά άλλα ορυκτά και υδρογονάνθρακες. Δεδομένης της στρατηγικής σημασίας τους για την παγκόσμια οικονομία, η εμπορική τους εκμετάλλευση θα ενίσχυε πέραν της Εθνικής Ασφάλειας και το γεωπολιτικό αποτύπωμα της χώρας μας, στην παγκόσμια σκακιέρα γεωστρατηγικής και γεωοικονομικής ισχύος.

Χαρακτηριστικό είναι το ενδιαφέρον της Κίνας όσον αφορά τις σπάνιες γαίες στην Ελλάδα. Τον Σεπτέμβριο του 2014, εξαμελής κινεζική αντιπροσωπεία, αποτελούμενη από γεωλόγους και μηχανικούς μεταλλείων από τη γεωλογική υπηρεσία της Κίνας και δύο εκπροσώπους της μεταλλουργικής εταιρείας China Minmetals, βρέθηκε στην Ελλάδα με βασικούς σταθμούς, εκτός από την Αθήνα, τη Μήλο και τις εγκαταστάσεις της «Αλουμίνιον της Ελλάδος». Το κινεζικό ενδιαφέρον για τις ελληνικές σπάνιες γαίες επισημοποίησε ο ίδιος ο τότε Υπουργός Περιβάλλοντος Ενέργειας και Κλιματικής Αλλαγής Ιωάννης Μανιάτης, σε δηλώσεις του μετά τις συναντήσεις που είχε με την κινεζική αντιπροσωπεία.²¹³ Εκτός από την ενημέρωση, οι Κινέζοι αξιωματούχοι είχαν εκφράσει ενδιαφέρον να αγοράσουν την τοξική κόκκινη λάσπη από την «Αλουμίνιον της Ελλάδος» στα Ασπρα Σπίτια Βοιωτίας.²¹⁴

Αναντίρρητα, αυτός που ελέγχει τις σπάνιες γαίες καθίσταται στρατηγικός παίκτης σε παγκόσμιο επίπεδο. Η πιθανή ανακάλυψη εκμεταλλεύσιμων κοιτασμάτων σπανίων γαιών στη χώρα μας θα μεταβάλλει άρδην όχι μόνο τα οικονομικά δεδομένα, αλλά και την ίδια τη γεωπολιτική σημασία της Ελλάδας. Είναι προφανές, ότι αν η Ελλάδα μπορεί να τερματίσει την ομηρία της ευρωπαϊκής βιομηχανίας από αυτές τις πολύτιμες πρώτες ύλες, η χώρα μας και ειδικά οι δυνητικές περιοχές εξόρυξης θα αποκτήσουν ιδιαίτερο ενδιαφέρον για τις βορειοευρωπαϊκές βιομηχανικές δυνάμεις της ηπείρου αλλά και των ΗΠΑ, αποτελώντας ισχυρό παράγοντα ενδυνάμωσης της ήδη καλλιεργούμενης στρατηγικής συμμαχίας μαζί τους. Η ΕΑΓΜΕ, μπορεί να συμβάλει στη μείωση της

²¹² Defencepoint.gr. (2023). Ελληνικές σπάνιες γαίες και κρίσιμες πρώτες ύλες... Βωξίτης, αντιμόνιο κ.λπ. Ανακτήθηκε την 07/12/2024 από: <https://www.defence-point.gr/news/ellinikes-spanies-gaies-amp-krisimes-protis-yles-voxitis-antimonio-ki-ochi-mono>

²¹³ Λιάγγου, Χ. (2014). *Πού ψάχνουν για σπάνιες γαίες οι Κινέζοι στο ελληνικό υπέδαφος και για ποιο λόγο*. Η Καθημερινή. Ανακτήθηκε την 19/3/2023 από: <https://www.kathimerini.gr/economy/business/783814/poy-psachnoyn-gia-spanies-gaies-oi-kinezoi-sto-elliniko-ypedafos-kai-gia-poiio-logo/>

²¹⁴ Καλημέρη, Ζ. (2015). (σ.40-41).

εξάρτησης της Ελλάδας και κατ' επέκταση της ΕΕ από τις εισαγωγές κρίσιμων πρώτων υλών, με επαναξιολόγηση των εγχώριων πόρων και αντιμετώπιση τριών ζητημάτων. Στην ολοκλήρωση της γεωλογικής ερευνητικής προσπάθειας της χώρας μας, στη σύνθεση των διαθέσιμων πληροφοριών, οι οποίες είναι κατακερματισμένες, ξεπερασμένες και ελλιπείς, καθώς και την επανεκτίμηση του δυναμικού των αποβλήτων εξόρυξης.²¹⁵

Ενθαρρυντικό είναι το γεγονός, ότι ο Έλληνας Υπουργός Περιβάλλοντος και Ενέργειας ζήτησε αναλυτική ενημέρωση από την ΕΑΓΜΕ σχετικά με τις περιοχές πιθανολογούμενων κοιτασμάτων σπάνιων γαιών και κρίσιμων πρώτων υλών, με στόχο να αξιολογηθούν οι πιο ώριμες από τις οποίες θα μπορούσε να ξεκινήσει πρόγραμμα περαιτέρω διερεύνησης για τον εντοπισμό τους και εν συνεχεία οι δυνατότητες εξόρυξης.²¹⁶

Στο αναδυόμενο γεωστρατηγικό και γεωοικονομικό ανταγωνισμό για τις σπάνιες γαίες, η Ελλάδα δεν θα πρέπει να παραμείνει αδρανής παίκτης και απλός θεατής, αλλά να επιταχύνει τις προσπάθειες εκμετάλλευσης των κοιτασμάτων σπάνιων γαιών που διαθέτει και που αποτελούν για τη χώρα συγκριτικό πλεονέκτημα.²¹⁷ Στο εγγύς μέλλον κάποια έθνη θα παρουσιάσουν ανεπάρκεια σε πόρους, ενώ άλλα θα βρεθούν σε θέση ισχύος. Αυτές οι νέες ανισορροπίες μεταξύ των περιφερειών ή των κρατών, πιθανόν να καταστούν αιτία μελλοντικών κρίσεων και συγκρούσεων.²¹⁸ Η χώρα μας οφείλει να αποκτήσει ρόλο στη νέα εποχή συμβάλλοντας στη συνεργασία και στη συνοχή μεταξύ των Κ-Μ της ΕΕ και του ΝΑΤΟ, για την αντιμετώπιση της έλλειψης κρίσιμων πόρων, με στόχο την αύξηση της γεωπολιτικής αλλά κυρίως της γεωοικονομικής της ισχύος, καθώς η οικονομική ισχύς θα αποτελέσει το κλειδί της επιτυχίας στην παγκόσμια πολιτική.²¹⁹

5.3 Χάραξη Εθνικής Στρατηγικής Εκμετάλλευσης Σπάνιων Γαιών

Για τη χάραξη της Υψηλής Στρατηγικής των κρατών, λαμβάνονται υπόψη παράγοντες ισχύος που αφορούν στις Ένοπλες Δυνάμεις, στην οικονομία, στη διπλωματία και στην κοινωνία, καθώς και επιμέρους ζητήματα όπως η θέση του κράτους σε Διεθνείς Οργανισμούς, στο ΝΑΤΟ και στην ΕΕ, η σύναψη διμερών ή πολυμερών συμμαχιών και

²¹⁵ Money Review. (2023). Ο κρυμμένος θησαυρός της Ελλάδας: Σπάνιες γαίες στο υπέδαφος της χώρας. Ανακτήθηκε την 07/12/2024 από: <https://www.moneyreview.gr/business-and-finance/105787/o-krymmenos-thisayros-tis-elladas-spanies-gaies-sto-ypedafos-tis-choras/>

²¹⁶ Λιάγγου. Χ. (2023). Στο τραπέζι η αξιοποίηση σπάνιων γαιών στην Ελλάδα. Ανακτήθηκε την 07/12/2024 από: <https://www.kathimerini.gr/economy/562525879/sto-trapezi-i-axiopoiesi-spanion-gaion-stin-ellada/>

²¹⁷ Τσιλιόπουλος, Ε. (2022). Από το πετρέλαιο στις σπάνιες γαίες – Η Δύση, η Κίνα και η Ελλάδα. [slpress.gr](https://slpress.gr/oikonomia/apo-to-petrelaio-stis-spanies-gaies-i-dysi-i-kina-kai-i-ellada/) Ανακτήθηκε την 11/3/2023 από: <https://slpress.gr/oikonomia/apo-to-petrelaio-stis-spanies-gaies-i-dysi-i-kina-kai-i-ellada/>

²¹⁸ ΓΕΕΘΑ. (2015). (σ. 39).

²¹⁹ Nye, Joseph S. Jr. (2011). *The future of Power*. (σ.51). New York: Public Affairs.

το περιφερειακό γεωπολιτικό περιβάλλον. Οι σπάνιες γαίες επηρεάζουν όλους τους προαναφερθέντες παράγοντες και κάθε χώρα που έχει προοπτικές εκμετάλλευσης τους, θα πρέπει να διαμορφώσει την κατάλληλη στρατηγική αξιοποίησής των κοιτασμάτων σπάνιων γαιών, εντασσόμενη σε μια ευρύτερη στρατηγική εκμετάλλευσης του συνόλου του ορυκτού πλούτου, η οποία να διασφαλίζει τα ζωτικά της συμφέροντα και τις επιδιώξεις της.

Σύμφωνα με την Εθνική Αμυντική Βιομηχανική Στρατηγική, έχουν διαπιστωθεί ως κρίσιμοι τομείς στους οποίους πρέπει να εστιάσει η βιομηχανική δραστηριότητα και είναι απαραίτητοι για την ασφάλεια εφοδιασμού των Ενόπλων Δυνάμεων οι παρακάτω:²²⁰

- Οπλικά συστήματα.
- Οπλισμός και πυρομαχικά.
- Συστήματα Επικοινωνιών, Πληροφοριών, Εποπτείας, Διοίκησης και Ελέγχου.
- Προστασία και εξοπλισμός του προσωπικού.
- Εγκαταστάσεις και κινητά συστήματα εκστρατείας.

Επίσης, οι τεχνολογικοί τομείς που πρέπει να αναπτυχθούν εγχώρια και είναι απαραίτητοι για να προσδώσουν επιχειρησιακό πλεονέκτημα στις ΕΔ για την προστασία ουσιωδών συμφερόντων ασφάλειας της χώρας, έχουν ως εξής:

- Τεχνολογία Υλικών.
- Πολυεπιστημονικές Εφαρμογές Ολοκλήρωσης Συστημάτων (System Integration).
- Ειδικές Εφαρμογές.
- Ενίσχυση Κρισίμων Τομέων.

Σε όλους τους παραπάνω τομείς, οι σπάνιες γαίες αποτελούν υλικό ζωτικής σημασίας, χωρίς τις οποίες δεν θα επιτευχθεί ο τιθέμενος στόχος. Για την υποστήριξη των ανωτέρω, απαιτείται άμεσα η χάραξη μιας στρατηγικής για τις σπάνιες γαίες έχοντας ως θεμελιώδης βάσεις τη διατήρηση της υφιστάμενης προσπάθειας για απόκτηση αυτονομίας και ανθεκτικότητας στις εφοδιαστικές αλυσίδες, την ανάπτυξη εγχώριων πηγών εφοδιασμού, τη συνεργασία με στρατηγικούς εταίρους και την επένδυση στην καινοτομία (μέσω υποκατάστασης ή/και ανακύκλωσης των σπάνιων γαιών).²²¹ Η εν λόγω στρατηγική θα πρέπει να στηρίζεται στα παρακάτω:

²²⁰ ΥΠΕΘΑ/ΓΔΑΕΕ. (2017). *Εθνική Αμυντική και Βιομηχανική Στρατηγική*.

²²¹ Carrell, R. L. (2020). *Putting the US Back in the US Defense Industrial Base: The Case of Rare Earths*. Journal of Public and Environmental Affairs.

- Στη σύμπραξη όλων των αρμόδιων φορέων όπως συναρμόδια Υπουργεία (Εξωτερικών, Οικονομικών, Ανάπτυξης και Επενδύσεων, Εθνικής Άμυνας, Περιβάλλοντος και Ενέργειας), ΕΑΓΜΕ, Ακαδημαϊκή κοινότητα και πανεπιστημιακά ιδρύματα, ερευνητικά ιδρύματα, εταιρίες έρευνας και εξόρυξης μεταλλευμάτων και ορυκτών, υπό τον έλεγχο μιας Εθνικής Αρμόδιας Αρχής.

- Στην ενίσχυση και στήριξη του ιδιωτικού τομέα.
- Στην ενίσχυση της καινοτομίας και της έρευνας και τεχνολογίας.
- Στην κατάρτιση ενός εθνικού προγράμματος έρευνας ορυκτών πόρων με συγκεκριμένο χρονοδιάγραμμα και επανακαθορισμό των στόχων ανά τακτά χρονικά διαστήματα.

- Στην εκμετάλλευση των ελλήνων επιστημόνων και της πρωτοτυπίας.
- Στην όσο το δυνατόν μεγαλύτερη συμμετοχή σε συναφή προγράμματα της ΕΕ.

- Στη συνεργασία με άλλες χώρες διατηρώντας σταθερό τον Δυτικό και ευρωπαϊκό προσανατολισμό της χώρας.

- Στην αύξηση των επενδύσεων σε εργασίες έρευνας κοιτασμάτων και εξόρυξης.

- Στη δημιουργία ενός ελληνικού βιομηχανικού-αμυντικού συμπλέγματος με σεβασμό στο περιβάλλον και στις τοπικές κοινότητες, υλοποιώντας εργασίες εξυγίανσης και επαναφοράς της γης στην πρότερη φυσική της κατάσταση όπου ολοκληρώνεται η μεταλλευτική δραστηριότητα, δημιουργώντας μία θετική παρακαταθήκη για τις επόμενες γενιές.

- Επιτάχυνση των ενεργειών καθόσον δεν υπάρχουν περιθώρια για χάσιμο χρόνου, λαμβανομένου υπόψη ότι σε κάθε περίπτωση πρέπει να ξέρουμε ότι ξεκινώντας την έρευνα τώρα, θα είμαστε έτοιμοι σε 10 έως 20 χρόνια, ανάλογα με την περίπτωση.²²² Ωστόσο, το μεγάλο αυτό χρονικό διάστημα δύναται να μειωθεί κατά το ήμισυ εάν ληφθούν μέτρα επίσπευσης της αδειοδοτικής διαδικασίας λόγω της κρισιμότητας της κατάστασης.²²³ Ελπιδοφόρο γεγονός, αποτελεί η σύσταση Ειδικής Ομάδας Εργασίας, η οποία θα επεξεργαστεί σχέδιο τροποποιήσεων των διατάξεων του Μεταλλευτικού

²²² Defencepoint.gr. (2023). Πανίσχυρο όπλο για Ελλάδα! Σπάνιες Γαίες κι όχι μόνο, η πλούσια Θράκη. Ανακτήθηκε την 11/3/2023 από: <https://www.defence-point.gr/news/panischyro-oplo-gia-ellada-spanies-gaies-ki-ochi-mono-i-ploysia-thraki>

²²³ Λιάγγου. Χ. (2023). Στο τραπέζι η αξιοποίηση σπάνιων γαιών στην Ελλάδα. Ανακτήθηκε την 07/12/2024 από: <https://www.kathimerini.gr/economy/562525879/sto-trapezi-i-axiopoisi-spanion-gaion-stin-ellada/>

Κώδικα, με βασικό στόχο τη διευκόλυνση των επενδύσεων στον Ελληνικό Ορυκτό Πλούτο, όσο αφορά στα κρίσιμα και στρατηγικά ορυκτά.²²⁴

Επιπρόσθετα, για την ενδεχόμενη έναρξη διαγωνιστικών διαδικασιών για την εκμίσθωση δικαιωμάτων έρευνας και εκμετάλλευσης των κοιτασμάτων σπάνιων γαιών από ιδιώτες, θα πρέπει να συνεκτιμώνται σωρευτικά τα παρακάτω κριτήρια:

- Η κρισιμότητα του υλικού σε εθνικό και Ευρωπαϊκό επίπεδο.
- Η κοιτασματολογική ωριμότητα κάτι που δυστυχώς δεν ισχύει για όλες τις περιπτώσεις.
- Η θετική αντιμετώπιση, κατόπιν διαδικασιών ενημέρωσης και διερεύνησης από τις τοπικές κοινωνίες (κοινωνική άδεια/ανεκτικότητα).
- Το επενδυτικό ενδιαφέρον που θα πρέπει να συνάδει με τις παραπάνω προϋποθέσεις και κριτήρια.

Αδιαμφισβήτητα, πρόκειται για ένα δύσκολο εγχείρημα λαμβανομένης υπόψη και της αρνητικής παγιωμένης εικόνας για την εξορυκτική δραστηριότητα σε ευρωπαϊκό τουλάχιστον επίπεδο. Η κάθε προσπάθεια θα πρέπει να θεμελιώνεται πάντοτε με βάση τα παραπάνω κριτήρια και προϋποθέσεις, κάτι που θα βοηθήσει την εθνική οικονομία αλλά και θα διαμορφώνει προοπτικές ανάδειξης του ρόλου της Ελλάδος εντός της ΕΕ.²²⁵ Οι παράγοντες επιτυχίας για την ελληνική εξορυκτική βιομηχανία αφορούν στην επικαιροποίηση της Εθνικής Πολιτικής για τις Ορυκτές Πρώτες Ύλες και συγκεκριμένο σχέδιο εφαρμογής της, στην ολοκλήρωση του Ειδικού Χωροταξικού για τις Ορυκτές Πρώτες Ύλες, στην τροποποίηση και επικαιροποίηση του λατομικού νόμου (Ν4512/18) και του νόμου Περιβαλλοντικής Αδειοδότησης (Ν.4014/11), αποσκοπώντας στην απλοποίηση και επιτάχυνση της αδειοδότησης των έργων, τη μείωση της γραφειοκρατίας, την εξάλειψη των ασαφειών και τελικά τη δημιουργία ενός σύγχρονου ρυθμιστικού πλαισίου, στην υιοθέτηση των ευρωπαϊκών προτύπων και καθοδηγητικών οδηγιών για την αξιοποίηση των ορυκτών πόρων σε περιοχές NATURA 2000, διότι ο αποκλεισμός εκ των προτέρων οδηγεί σε απώλεια πόρων και ευκαιριών, στη χρηματοδοτική υποστήριξη για εισαγωγή νέων τεχνολογιών στην έρευνα και αξιοποίηση νέων κοιτασμάτων, καθώς και

²²⁴ Στέτου. Χ. (2023). Σπάνιες Γαίες στην Ελλάδα: Γάλλιο, γερμάνιο και αντιμόνιο φέρνουν στρατηγική αυτονομία. Ανακτήθηκε την 07/12/2024 από: <https://www.cnn.gr/oikonomia/anatyxi/story/379938/spanies-gaies-stin-ellada-gallio-germanio-kai-antimonio-fernoun-stratigiki-aftonomia>

²²⁵ Τζεφέρης, Π. (2022). *Ελλάδα και Κρίσιμες Ορυκτές Πρώτες Ύλες της ΕΕ*. Ελληνικός Ορυκτός Πλούτος. Ανακτήθηκε την 10/1/2023 από: <https://www.oryktosploutos.net/2022/05/%ce%b5%ce%bb%ce%bb%ce%ac%ce%b4%ce%b1-%ce%ba%ce%b1%ce%b9>

για τον εκσυγχρονισμό υπαρχουσών δραστηριοτήτων.²²⁶

Τέλος, ως χώρα έχουμε τα τρία παρακάτω διακυβεύματα:

- Διακύβευμα 1ο: Το διακύβευμα προστασίας του περιβάλλοντος. Οποιαδήποτε εκμετάλλευση των Ελληνικών σπάνιων γαιών πρέπει να γίνει με όρους Βιώσιμης Ανάπτυξης. Με αυστηρή τήρηση περιβαλλοντικών κανονισμών και προστασίας του ανθρώπινου δυναμικού. Τα περιβαλλοντικά πρότυπα θα πρέπει να είναι υψηλά και να εκπαιδευτούν οι τοπικές κοινωνίες ώστε να αντιληφθούν ότι οι κίνδυνοι είναι υπό έλεγχο και ότι οι αρχές είναι ικανές να προχωρήσουν εξασφαλίζοντας την περιβαλλοντική προστασία.²²⁷
- Διακύβευμα 2ο: Το διακύβευμα των ανταλλαγμάτων. Εκτός από τα επενδυτικά κεφάλαια απαιτείται και η απόκτηση τεχνογνωσίας στην κατεργασία των σπάνιων γαιών, καθώς η τεχνογνωσία θα παραμείνει στη χώρα μας και θα αποτελέσει επένδυση για το μέλλον. Οφείλουμε να διαμορφώσουμε το πλαίσιο μιας ενδεχόμενης συμφωνίας εκμετάλλευσης ενός κοιτάσματος σπάνιων γαιών με τέτοιο τρόπο, ώστε να εξασφαλίσουμε την απαιτούμενη τεχνογνωσία και όχι την απλή παραχώρηση του ορυκτού μας πλούτου.
- Διακύβευμα 3ο: Το γεωπολιτικό, γεωστρατηγικό και γεωοικονομικό διακύβευμα.²²⁸ Η Κίνα σήμερα ελέγχει το 70% της παγκόσμιας παραγωγής σπάνιων γαιών και διαρκώς προσπαθεί να εκμεταλλευτεί τα πιθανά αποθέματα και τα κοιτάσματα άλλων χωρών. Ο κίνδυνος να αποτελέσουμε ένα μήλο της Έριδος μεταξύ Κίνας και ΗΠΑ είναι μεγάλος. Το γεωπολιτικό, γεωστρατηγικό και γεωοικονομικό παίγνιο των σπάνιων γαιών είναι τεράστιο και αφορά την Εθνική Ασφάλεια της χώρας μας.

²²⁶ Καλαμαρά, Α. (2023). Ο κρυμμένος θησαυρός των σπάνιων γαιών της Ελλάδας. Ανακτήθηκε την 07/12/2024 από: <https://www.naftemporiki.gr/finance/economy/1496945/o-krymmenos-thisayros-ton-spanion-gaion-tis-elladas/>

²²⁷ Οικονομικός Ταχυδρόμος. (2023). Σπάνιες γαίες: Ο ανεκμετάλλευτος θησαυρός της ελληνικής γης. Ανακτήθηκε την 07/12/2024 από: <https://www.ot.gr/2023/04/25/oikonomia/spanies-gaies-o-anekmatalleytos-thisayros-tis-ellinikis-gis/>

²²⁸ Καμενόπουλος, Σ. (2014). Κινεζικό ενδιαφέρον για τις Ελληνικές σπάνιες γαίες. Capital.gr. Ανακτήθηκε την 10/1/2023 από: <https://www.capital.gr/arhtra/2104885/kineziko-endiaferon-gia-tis-ellinikes-spanies-gaies>

Συμπεράσματα

Η ανάπτυξη της βιομηχανίας σπάνιων γαιών έχει ωθήσει σε μεγάλο βαθμό τη συνολική πρόοδο της σύγχρονης στρατιωτικής τεχνολογίας και η αύξηση της στρατιωτικής τεχνολογίας έχει με τη σειρά της οδηγήσει στην ακμάζουσα ανάπτυξη της βιομηχανίας των σπάνιων γαιών. Όσο πιο σύγχρονος και τεχνολογικά εξελιγμένος γίνεται ο στρατιωτικός εξοπλισμός, τόσο πιο ποικίλες θα είναι οι εφαρμογές και συνεπώς η χρήση των σπάνιων γαιών για τις ένοπλες δυνάμεις του μέλλοντος. Αυτός είναι ο λόγος για τον οποίο οι ΗΠΑ και η ΕΕ χαρακτηρίζουν τις σπάνιες γαίες ως κρίσιμες ή στρατηγικές πρώτες ύλες εδώ και περισσότερο από δέκα χρόνια. Αυτό σημαίνει ότι οι εν λόγω πρώτες ύλες έχουν μεγάλη οικονομική σημασία και υψηλό κίνδυνο εφοδιασμού.

Η σύγχρονη κυριαρχία της Λαϊκής Δημοκρατίας της Κίνας στην εκμετάλλευση των σπάνιων γαιών καθορίζει την παγκόσμια γεωγραφία της εξόρυξης και εξερεύνησής τους. Επηρεάζεται επίσης από την παγκόσμια ολοκλήρωση αυτού του κράτους και τις συνακόλουθες γεωπολιτικές εξελίξεις, γενικότερα. Η Κίνα διαθέτει περίπου το ένα τρίτο των παγκόσμιων αποθεμάτων σπάνιων γαιών. Πρόσφατα κατέστη κυρίαρχη στον τομέα, αφού ανακάλυψε νέα αποθέματα τη δεκαετία του 1960 και ξεπέρασε τις ΗΠΑ ως ο μεγαλύτερος παραγωγός αυτών των στοιχείων στον κόσμο στις αρχές της δεκαετίας του 1990. Βραχυπρόθεσμα, η Κίνα θα συνεχίσει να επωφελείται από το μονοπώλιο αυτών των στρατηγικών φυσικών πόρων. Ωστόσο, η αυξανόμενη εγχώρια ζήτησή της έχει αρχίσει τελικά να περιορίζει τη διάρκεια του ελέγχου της στον τομέα και η παραγωγή ήδη διαφοροποιείται.

Ως εκ τούτου, η διασφάλιση της άμεσης πρόσβασης στις σπάνιες γαίες διασφαλίζει ότι τα κράτη μπορούν να συνεχίσουν να αποκομίζουν τα κοινωνικά, οικονομικά και πολιτικά οφέλη από τις τεχνολογίες της πληροφορικής, τις μεταφορές και την παραγωγή και αποθήκευση ενέργειας. Οι σπάνιες γαίες είναι επομένως ένας στρατηγικός φυσικός πόρος για τον οποίο τα κράτη ανταγωνίζονται σήμερα και θα συνεχίσουν να επιδιώκουν τον έλεγχό τους για τα επόμενα χρόνια. Η έλλειψη πρόσβασης σε έναν στρατηγικό φυσικό πόρο, ο οποίος αποτελεί εμπόρευμα, συνιστά κίνδυνο Εθνικής Ασφάλειας όσον αφορά την οικονομική ευημερία και την άμυνα. Η έλλειψη σπάνιων γαιών θα μπορούσε να συμβάλει σε δυσμενή οικονομικά και πολιτικά αποτελέσματα για τα κράτη. Στην περίπτωση αυτή, η στέρηση των σπάνιων γαιών θα εμποδίζει την τεχνολογική καινοτομία και λειτουργία, καθώς και τις ανταμοιβές της παραγωγής της.

Το πλεονέκτημα της αναγνώρισης ότι οι σπάνιες γαίες είναι ένας στρατηγικός φυσικός πόρος με κινδύνους για την ασφάλεια είναι ότι οι ακαδημαϊκοί και οι υπεύθυνοι

χάραξης δημόσιας πολιτικής έχουν την ευκαιρία να αναπτύξουν πολιτικές μείωσης των κινδύνων πριν αυτοί οι τύποι ορυκτών γίνουν απειλή για την πολυδιάστατη ασφάλεια του κράτους. Πολλοί έχουν προειδοποιήσει ότι τα στοιχεία σπάνιων γαιών, ως στρατηγικοί φυσικοί πόροι, είναι ένα ζήτημα που πρέπει να απασχολήσει τις μελέτες ασφάλειας και άμυνας. Οι επιπτώσεις της προσφοράς και της ζήτησης αυτών των πόρων στις οικονομικές επιδόσεις και τη στρατιωτική βιομηχανία των κρατών είναι όλο και πιο ευαίσθητες, καθώς οι σπάνιες γαίες αποτελούν γεωπολιτικό και γεωοικονομικό «όπλο» στα χέρια αυτών που τις κατέχουν.

Συμπερασματικά, εκείνο που θα πρέπει κατ' ελάχιστον να επιδιώκει η ελληνική πλευρά, είναι η διασφάλιση των δικαιωμάτων της Ελλάδας στον ορυκτό πλούτο που διαπιστωμένα την περιβάλλει. Πρέπει να αποτελεί κύριο και πρωταρχικό στόχο, δεδομένου ότι, εκτός της οικονομικής, υπάρχει και η γεωστρατηγική, γεωπολιτική και γεωοικονομική συνιστώσα, που με επιδέξιους χειρισμούς μπορεί να αναβαθμίσει τη χώρα. Οι ελληνικές περιοχές συγκεντρώσεων σπάνιων γαιών, αξίζουν τη διενέργεια περαιτέρω έρευνας. Αυτό πρέπει να είναι το εμβληματικό μήνυμα. Επιπρόσθετα, επιβάλλεται να διαμορφωθεί κατάλληλο νομοθετικό πλαίσιο που να προβλέπει τους μηχανισμούς, το πλαίσιο εκμετάλλευσης και τους περιβαλλοντολογικούς περιορισμούς οι οποίοι πρέπει να διακατέχονται από ιδιαίτερη αυστηρότητα, συγκεκριμένους δείκτες και αποτελεσματικότητα, σε σύμπλευση με τις αποφάσεις των θεσμικών οργάνων της ΕΕ.

Επίσης, η παρακολούθηση του θέματος των σπάνιων γαιών, θα μπορούσε να ανατεθεί ως ευθύνη στο Συμβούλιο Εθνικής Ασφάλειας που απαιτείται να συγκροτηθεί ως όργανο χάραξης της Υψηλής Στρατηγικής της χώρας μας, καθώς θα είναι το θεσμικό όργανο που θα παρατηρεί τις ευρύτερες εξελίξεις στο αντικείμενο των σπάνιων γαιών και θα εισηγείται στην πολιτική ηγεσία τρόπους αντιμετώπισης και χειρισμού του θέματος, προς όφελος του εθνικού συμφέροντος, καταρτίζοντας εκθέσεις για το θέμα και διαμορφώνοντας τον τρόπο αντιμετώπισης και χειρισμού σε μακροπρόθεσμη προοπτική, με σκοπό την αύξηση της ισχύος της χώρας μας, την αναβάθμιση της γεωπολιτικής της θέσης και την προστασία της Εθνικής της Ασφάλειας.

Εν κατακλείδι, τα στοιχεία των σπάνιων γαιών, αποτελούν πηγή ισχύος για όποιον τα κατέχει και είναι απαραίτητα για την εξέλιξη της τεχνολογίας και της ανθρωπότητας γενικότερα. Ωστόσο, η ισχύς που διαθέτουν σε γεωπολιτικό και γεωοικονομικό επίπεδο, είναι ικανή να οδηγήσει σε αντιπαραθέσεις και συγκρούσεις τα κράτη που αγωνιούν για την απόκτησή τους. Η αυξανόμενη ζήτηση των σπάνιων γαιών σε συνδυασμό με την ολοένα μεγαλύτερη αύξηση του πληθυσμού, σύντομα θα οδηγήσει την ανθρωπότητα στην

αναζήτηση στρατηγικών πρώτων υλών και σπάνιων γαιών σε μέρη πέραν της Γης, όπως στη σελήνη και στον πλανήτη Άρη, μετατρέποντας τους πλανήτες και τα φεγγάρια τους, σε ένα νέο πεδίο διαμάχης και αναζήτησης ισχύος.

Τα στοιχεία των σπάνιων γαιών σήμερα επιτρέπουν την ανάπτυξη τεχνολογιών που προσφέρουν μεγάλη βοήθεια, όπως παραγωγή ανανεώσιμης ενέργειας, ιατρικές θεραπείες που σώζουν ζωές και τη φυσική υποδομή του παγκόσμιου δικτύου επικοινωνιών. Αλλά είναι επίσης ζωτικής σημασίας για τις τεχνολογίες, ιδιαίτερα στον στρατιωτικό τομέα, που έχουν σχεδιαστεί ρητά για να κάνουν μεγάλο κακό στον άνθρωπο, όπως μη επανδρωμένα αεροσκάφη, έξυπνες βόμβες, βαλλιστικοί πύραυλοι και υποδομές μαζικής παρακολούθησης. Με αυτόν τον τρόπο, η ποικιλομορφία των εφαρμογών των σπάνιων γαιών, αντικατοπτρίζει τα καλύτερα και τα χειρότερα στοιχεία του κόσμου που οικοδομούμε και του μέλλοντος που καθορίζουμε για τον πολιτισμό μας, στον πλανήτη μας και πέρα από αυτόν.

Πηγές – Βιβλιογραφία

Πηγές

Ιστοσελίδες

- Ελληνικός Ορυκτός Πλούτος. (2021). *SCALE του Horizon 2020: το υπερσπάνιο και πανάκριβο Sc θα παράγει η Mytilineos από κατάλοιπα βωξίτη*. Ανακτήθηκε την 19/2/2023 από: <https://www.oryktosploutos.net/2021/10/rare-skandium/>
- Οικονομικός Ταχυδρόμος. (2022). *Τουρκία: Ανακάλυψε το δεύτερο μεγαλύτερο απόθεμα σπάνιων γαιών στον κόσμο*. Ανακτήθηκε την 16/2/2023 από: <https://www.ot.gr/2022/07/09/diethni/tourkia-anakalypse-to-deytero-megalytero-apothema-spanion-gaion-ston-kosmo/>
- Οικονομικός Ταχυδρόμος. (2023). *Σπάνιες γαίες: Ο ανεκμετάλλευτος θησαυρός της ελληνικής γης*. Ανακτήθηκε την 07/12/2024 από: <https://www.ot.gr/2023/04/25/oikonomia/spanies-gaies-o-anekmetalleytos-thisayros-tis-ellinikis-gis/>
- Capital.gr. (2021). *Καινοτόμες Πρωτοβουλίες της Mytilineos για μία Βιώσιμη Βιομηχανία*. Ανακτήθηκε την 10/1/2023 από: <https://www.capital.gr/epixeiriseis/3584947/kainotomes-protoboulies-tis-mytilineos-gia-mia-biosimi-biomixania>
- Car&Motor.gr. (2023). *Ανακαλύφθηκε σπάνιος ενεργειακός θησαυρός αξίας δισεκατομμυρίων ευρώ -Πώς αλλάζει τα δεδομένα*. Ανακτήθηκε την 08/12/2024 από: <https://www.carandmotor.gr/nea/spanios-energeiakos-thisayros-disekatommyrion-eyro>
- Defencepoint.gr. (2023). *Πανίσχυρο όπλο για Ελλάδα! Σπάνιες Γαίες κι όχι μόνο, η πλούσια Θράκη*. Ανακτήθηκε την 11/3/2023 από: <https://www.defencepoint.gr/news/panischyro-oplo-gia-ellada-spanies-gaies-ki-ochi-mono-i-ploysia-thraki>
- Defencepoint.gr. (2023). *Τα κινεζικά υποβρύχια θα εξουδετερώνουν τα εχθρικά σόναρ; Σπάνιες γαίες*. Ανακτήθηκε την 07/12/2024 από: <https://www.defencepoint.gr/news/ta-kinezika-ypovrychia-tha-exoydeteronoyen-ta-echthrika-sonar-spanies-gaies>
- Defencepoint.gr. (2023). *Ελληνικές σπάνιες γαίες και κρίσιμες πρώτες ύλες... Βωξίτης, αντιμόνιο κ.λπ.* Ανακτήθηκε την 07/12/2024 από: <https://www.defencepoint.gr/news/ellinikes-spanies-gaies-amp-krisimes-protos-yles-voxitis-antimonio-ki-ochi-mono>
- Energymag.gr. (2023). *Τον θησαυρό του υπεδάφους της ξεκινάει να αξιοποιεί η Ελλάδα - Τα 15 πολύτιμα μεταλλεύματα που περιλαμβάνει το νέο ΕΣΕΚ*. Ανακτήθηκε την 08/12/2024 από: https://www.energymag.gr/energeia/90169_ton-thisayro-toy-ypedafoys-tis-xekinaei-na-axiopoiei-i-ellada-ta-15-polytima

- Euro2day. (2023). *Η ΕΕ Ετοιμάζει Νέα Υπηρεσία για Κοινές Αγορές Στρατηγικών Μεταλλευμάτων*. Ανακτήθηκε την 10/3/2023 από: <https://www.euro2day.gr/news/world/article/2178646/h-ee-etoimazei-nea-yphresia-gia-koines-agores-stra.html>
- EURO2day. (2023). *Η Ε.Ε. ετοιμάζει νέα υπηρεσία για κοινές αγορές στρατηγικών μεταλλευμάτων*. Ανακτήθηκε την 08/12/2024 από: <https://www.euro2day.gr/news/world/article/2178646/h-ee-etoimazei-nea-yphresia-gia-koines-agores-stra.html>
- EURO2day. (2023). *Η Γερμανία σχεδιάζει Ταμείο €2 δισ. για εξασφάλιση πρώτων υλών*. Ανακτήθηκε την 08/12/2024 από: <https://www.euro2day.gr/news/world/article/2185060/h-germania-shediazei-tameio-2-dis-gia-exasfalish-p.html>
- EURO2day. (2023). *Ινδία: Σχέδιο μαζικής εξόρυξης κρίσιμων ορυκτών*. Ανακτήθηκε την 08/12/2024 από: <https://www.euro2day.gr/news/world/article/2204700/india-shedio-mazikhs-exoryxhs-krisimon-orykton.html>
- EURO2day. (2023). *Ευ. Μυτιληναίος: Σημαντικό βήμα ο νόμος για τις κρίσιμες πρώτες ύλες*. Ανακτήθηκε την 13/12/2024 από: <https://www.euro2day.gr/news/economy/article/2221910/mytilhnaios.html>
- European Commission. (2023). *Sanctions adopted following Russia's military aggression against Ukraine*. Ανακτήθηκε την 6/3/2023 από: https://finance.ec.europa.eu/eu-and-world/sanctions-restrictive-measures/sanctions-adopted-following-russias-military-aggression-against-ukraine_en#timeline-measures-adopted-in-2022-2023
- European Raw Materials Alliance (ERMA). *About us*. Ανακτήθηκε την 9/3/2023 από: <https://erma.eu/about-us/>
- HuffPost. (2023). *Παγκόσμιο μπρα ντε φερ με την Κίνα για τις πολύτιμες σπάνιες γαίες*. Ανακτήθηκε την 07/12/2024 από: https://www.huffingtonpost.gr/entry/paykosmio-mpira-nte-fer-me-ten-kina-yia-tis-poletimes-spanies-yaies_gr_64ca76ace4b0fd06594f0a45
- Iefimerida.gr. (2023). *Το Μεγαλύτερο Γνωστό Κοίτασμα Σπάνιων Γαιών Ανακαλύφθηκε στην Ευρώπη*. Ανακτήθηκε την 16/2/2023 από: <https://www.iefimerida.gr/kosmos/megalytero-koitasma-spanion-gaion-stin-eyropi>
- Militaire.gr. (2023). *Γεωπολιτική εναντίον γεωοικονομίας: Οι στόχοι της ΕΕ, των ΗΠΑ και της Κίνας*. Ανακτήθηκε την 08/12/2024 από: <https://www.militaire.gr/geopolitiki-enantion-geooikonomias-oi-stochoi-tis-ee-ton-ipa-kai-tis-kinas/>

- Money Review. (2023). Ο κρυμμένος θησαυρός της Ελλάδας: Σπάνιες γαίες στο υπέδαφος της χώρας. Ανακτήθηκε την 07/12/2024 από: <https://www.moneyreview.gr/business-and-finance/105787/o-krymmenos-thisayros-tis-elladas-spanies-gaies-sto-ypedafos-tis-choras/>
- National Minerals Information Center. (2023). *U.S. Geological Survey Mineral Commodity Summaries 2023*. Virginia: U.S. Geological Survey. Ανακτήθηκε την 16/2/2023 από: <https://doi.org/10.5066/P9WCYUI6>.
- Pentapostagma.gr. (2022). *Πώς σχεδιάζει η ΕΕ να κερδίσει τον παγκόσμιο αγώνα για κρίσιμες πρώτες ύλες*. Ανακτήθηκε την 10/12/2022 από: https://www.pentapostagma.gr/kosmos/pagkosmiopoiisi/7131749_pos-shediazei-i-ee-na-kerdisei-ton-pagkosmio-agona-gia-krisimes Αλεξόπουλος. Σ. (2023). Η μεγάλη μάχη ΗΠΑ - Κίνας για τις σπάνιες γαίες. Ανακτήθηκε την 07/12/2024 από: <https://www.liberal.gr/agores/i-megali-mahi-ipa-kinas-gia-tis-spanies-gaies>
- Pentapostagma.gr. (2023). Σύμπλευση ερευνητών & στρατού των ΗΠΑ για τον εντοπισμό κινδύνων στην αλυσίδα εφοδιασμού ορυκτών ζωτικής σημασίας. Ανακτήθηκε την 08/12/2024 από: https://www.pentapostagma.gr/kosmos/ipa/7153959_symploysi-ereyniton-stratoy-ton-ipa-gia-ton-entopismo-kindynon-stin-alsida
- Pentapostagma.gr. (2023). Οι ΗΠΑ κηρύσσουν τον θάνατο του νεοφιλελευθερισμού και της παγκοσμιοποίησης. Ανακτήθηκε την 08/12/2024 από: https://www.pentapostagma.gr/kosmos/ipa/7172591_oi-ipa-kiryssoun-ton-thanato-toy-neofilelytherismoy-kai-tis-pagkosmiopoiisis
- The White House. (2022). *Securing a Made in America Supply Chain for Critical Minerals*. Ανακτήθηκε την 19/2/2023 από: <https://www.whitehouse.gov/briefing-room/statements-releases/2022/02/22/fact-sheet-securing-a-made-in-america-supply-chain-for-critical-minerals/>

Ελληνόγλωσση

- ΓΕΕΘΑ. (2015). *Στρατηγική Ανάλυση Εξελίξεων για την Ελλάδα μετά το 2030*.
- Ευρωπαϊκή Επιτροπή. (2020). *Ανθεκτικότητα ως προς τις Πρώτες Ύλες Κρίσιμης Σημασίας: Χαρτογραφώντας την Πορεία προς Μεγαλύτερη Ασφάλεια και Βιωσιμότητα*. Βρυξέλλες.
- Καλημέρη, Ζ. (2015). *Έρευνα Αγοράς – Σπάνιες Γαίες*. Αθήνα: ΙΓΜΕ
- Κατσικάρης, Δ. (2015). *Μελέτη της ραδιενεργούς μόλυνσης του περιβάλλοντος λόγω εξόρυξης σπάνιων γαιών*. Θεσσαλονίκη: Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο.
- Μέλφος, Β. & Βουδούρης, Π. (2022). *Κοιτάσματα της Ελλάδας*. Ζωγράφου: Κάλιππος.

- Οξενκιούν-Πετροπούλου, Μ. (2015). *Προχωρημένη Ανόργανη Χημεία*. Ζωγράφου: Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο.
- Παπαζήσης, Ι. (2009). *Πολύτιμοι Λίθοι και Στρατηγικά Ορυκτά της Ελλάδος*. Θεσσαλονίκη: Κάδμος.
- Παπαζήσης, Ι. (2010). *Οι Θησαυροί της Ελλάδος-Σπάνιες Γαίες και Χρηματοπιστηριακά Ορυκτά*. Θεσσαλονίκη: Κάδμος.
- ΤΕΕ/Τμήμα Δυτικής Μακεδονίας. (2022). *Ανάλυση και Τεκμηρίωση της Σκοπιμότητας Αξιοποίησης του Εγχώριου Λιγνίτη σε Προϊόντα Υψηλής Προστιθέμενης Αξίας*. Τεχνική Αναφορά.
- ΥΠΕΘΑ/ΓΔΑΕΕ. (2017). *Εθνική Αμυντική και Βιομηχανική Στρατηγική*.
- Balomenos, E. (2023). Senior Consultant. AoG METALLURGY BUSINESS UNIT. MYTILINEOS S.A.

Ξενόγλωσση

- Cagnin, C., Muench, S., Scapolo, F., Störmer, E. and Vesnic-Alujevic, L. (2021). *Shaping and securing the EU's open strategic autonomy by 2040 and beyond*. Luxembourg: Publications Office of the European Union.
- Carrell, R. L. (2020). *Putting the US Back in the US Defense Industrial Base: The Case of Rare Earths*. Journal of Public and Environmental Affairs.
- COM 25. (2011). *Tackling the Challenges in Commodity Markets and on Raw Materials*. Brussels: European Commission.
- Department of Defence. (2022). *Securing Defense-Critical Supply Chains*. An action plan developed in response to President Biden's Executive Order 14017.
- EURARE. *Research and Development for the Rare Earth Elements Supply Chain in Europe*.
- European Commission. (2020). *Critical Raw Materials for Strategic Technologies and Sectors in the EU*. A Foresight Study.
- European Commission. (2020). *Questions and Answers on the Communication on Critical Raw Materials*. Brussels.
- European Commission. (2020). *Study on the EU's list of Critical Raw Materials*. Factsheets on Critical Raw Material.
- European Commission. (2020). *Study on the EU's list of Critical Raw Materials*. Luxembourg: Publications Office of the European Union.

- European Raw Materials Alliance. (2022). *Action Plan on Critical Raw Materials*. European Commission.
- Gholz, E. (2014). *Rare Earth Elements and National Security*. New York: Council on Foreign Relations.
- Grasso, V. B. (2013). *Rare Earth Elements in National Defense*. Congressional Research Service.
- Hedrick, B. J. (2004). *Rare Earths in Selected US Defense Applications*. Bloomington: 40th Forum on the Geology of Industrial Minerals.
- Hurst, C. (2010). *China's Ace in the Hole: Rare Earth Elements*. U.S. Geological Survey National Minerals Information Center.
- Jha, A.R. (2014). *Rare Earth Materials-Properties and Applications*. Boca Raton: CRC Press.
- Klinger, M. (2018). *Rare Earth Frontiers*. Cornell University Press.
- Nye, Joseph S. Jr. (2011). *The future of Power*. New York: Public Affairs.
- Pitron, G. (2020). *The Rare Metals War*. Scribe Publications.
- Secretariat general de la defense et de la securite nationalize. (2022). *National Strategic Review*. Paris.
- U.S. Government Accountability Office. (2010). *Rare Earth Materials in the Defense Supply Chain*. Washington: Briefing for Congressional Committees.
- Voncken, J.H.L. (2016). *The Rare Earth Elements-An Introduction*. Delft University of Technology. Delft: Springer.

Άρθρα

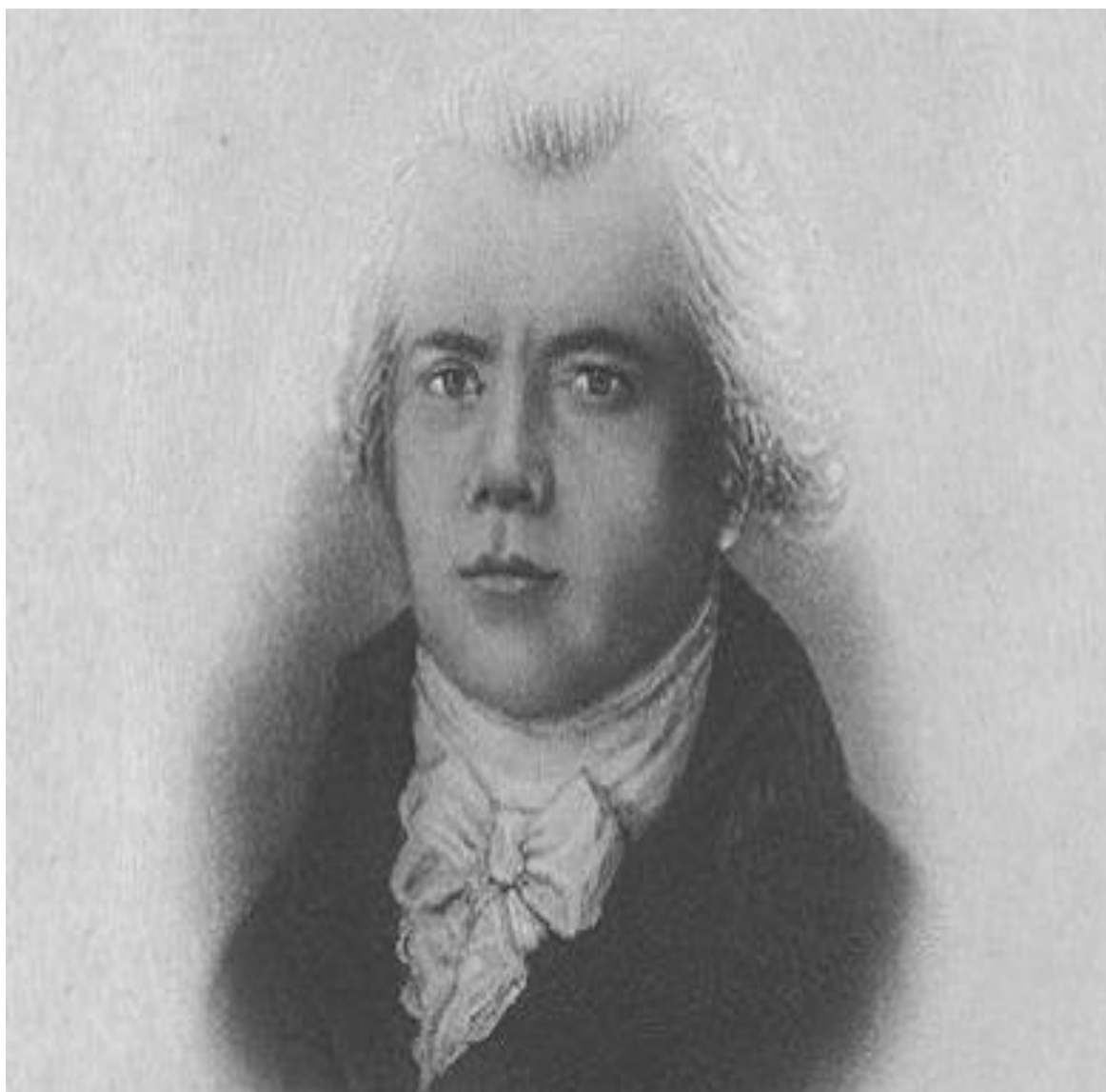
- Γαλάνης, Α. (2023). Ο σπάνιος θησαυρός που κρύβει στα σπλάχνα της η Ελλάδα - Πού βρίσκεται. Ανακτήθηκε την 07/12/2024 από: <https://www.carandmotor.gr/themata/o-thisayros-poy-krybei-sta-splahna-tis-i-ellada>
- Κούτρα, Π. (2020). Σπάνια γαία made in Greece από τον όμιλο Μυτιληναίος. *The Huffington Post*. Ανακτήθηκε την 9/3/2023 από: https://www.huffingtonpost.gr/entry/spania-yaia-made-in-greece-apo-ton-omilo-metilenaios_gr_5f0774a0c5b67a80bc04d4df
- Καλαμαρά, Λ. (2023). Ο κρυμμένος θησαυρός των σπάνιων γαιών της Ελλάδας. Ανακτήθηκε την 07/12/2024 από: <https://www.naftemporiki.gr/finance/economy/1496945/o-krymmenos-thisayros-ton-spanion-gaion-tis-elladas/>

- Λιάγγου, Χ. (2014). *Πού ψάχνουν για σπάνιες γαίες οι Κινέζοι στο ελληνικό υπέδαφος και για ποιο λόγο*. Η Καθημερινή. Ανακτήθηκε την 19/3/2023 από: <https://www.kathimerini.gr/economy/business/783814/poy-psachnoyn-gia-spanies-gaies-oi-kinezoi-sto-elliniko-ypedafos-kai-gia-poio-logo/>
- Λιάγγου, Χ. (2023). Στο τραπέζι η αξιοποίηση σπάνιων γαιών στην Ελλάδα. Ανακτήθηκε την 07/12/2024 από: <https://www.kathimerini.gr/economy/562525879/sto-trapezi-i-axiopoisi-spanion-gaion-stin-ellada/>
- Στέτου, Χ. (2023). Σπάνιες Γαίες στην Ελλάδα: Γάλλιο, γερμάνιο και αντιμόνιο φέρνουν στρατηγική αυτονομία. Ανακτήθηκε την 07/12/2024 από: <https://www.cnn.gr/oikonomia/anaptyxi/story/379938/spanies-gaies-stin-ellada-gallio-germanio-kai-antimonio-fernoun-stratigiki-aftonomia>
- Τζεφέρης, Π. (2014). *Οι σπάνιες γαίες, η Ευρώπη και η Ελλάδα*. Ανακτήθηκε την 11/3/2023 από: https://www.oryktosploutos.net/2014/09/blog-post_96/
- Τζεφέρης, Π. (2017). *Γεωπολιτική και Σπάνιες Γαίες*. Ανακτήθηκε την 10/12/2022 από: <https://www.oryktosploutos.net/2017/07/blog-post-41/>
- Τζεφέρης, Π. (2022). *Ελλάδα και Κρίσιμες Ορυκτές Πρώτες Υλές της ΕΕ*. Ελληνικός Ορυκτός Πλούτος. Ανακτήθηκε την 10/1/2023 από: <https://www.oryktosploutos.net/2022/05/%ce%b5%ce%bb%ce%bb%ce%ac%ce%b4%ce%b1-%ce%ba%ce%b1%ce%b9>
- Τσιλιόπουλος, Ε. (2022). *Από το πετρέλαιο στις σπάνιες γαίες – Η Δύση, η Κίνα και η Ελλάδα*. slpress.gr. Ανακτήθηκε την 11/3/2023 από: <https://slpress.gr/oikonomia/apo-to-petrelaio-stis-spanies-gaies-i-dysi-i-kina-kai-i-ellada/>
- Burnham, K., Chuquillanqui, L., Krawczyk, W., Ma, W., Nassikas, A., and Packard, G. (2019). *Critical Minerals are an Unappreciated Risk of a Full-Scale Clean Energy Transition*. Aspen Institute. Ανακτήθηκε την 5/1/2023 από: www.jstor.org/stable/resrep42655.7
- Chomon, M.J. & Ganse, A. (2021). *How Relevant are Rare Earths to Europe's Security and Defence?* Ανακτήθηκε την 14/2/2023 από: <https://euro-sd.com/2021/10/articles/exclusive/23989/how-relevant-are-rare-earths-to-europes-security-and-defence/>
- Dr Jitendra, S. (2022). *Statement. Department of Atomic Energy*. Ανακτήθηκε την 19/2/2023 από: <https://pib.gov.in/PressReleasePage.aspx?PRID=1883492>
- Grier, P. (2017). *Rare-Earth Uncertainty*. Air & Space Forces Magazine. Ανακτήθηκε την 18/1/2023 από: <https://www.airandspaceforces.com/article/rare-earth-uncertainty/>

- Kalvig, P. & Lucht, H. (2021). *No Green Future Without China Greenland's Minerals to Consolidate China's Rare Earth Dominance?* Danish Institute for International Studies. Ανακτήθηκε την 18/1/2023 από: <https://www.jstor.org/stable/resrep30270>
- Kelly, L. (2022). *Rare Earth Reserves: Top 8 Countries*. *Investing News*. Ανακτήθηκε την 18/2/2023 από: <https://investingnews.com/daily/resource-investing/critical-metals-investing/rare-earth-investing/rare-earth-reserves-country/>
- Kenlan, R. (2022). *Rare Elements of Security*. Air & Space Forces Magazine. Ανακτήθηκε την 14/2/2023 από: <https://www.airandspaceforces.com/article/rare-elements-of-security/>
- Kennedy, J. (2019). *China Solidifies Dominance in Rare Earth Processing*. National Defense Industrial Association. Ανακτήθηκε την 5/1/2023 από: <https://www.jstor.org/stable/10.2307/27022505>
- King, H. (2023). *REE - Rare Earth Elements and their Uses*. Geology.com Ανακτήθηκε την 19/3/2023 από: <https://geology.com/articles/rare-earth-elements/>
- Parman, R. (2019). *An Elemental Issue*. US Army. Ανακτήθηκε την 14/2/2023 από: https://www.army.mil/article/227715/an_elemental_issue

Παράρτημα «Α»
στην Πτυχιακή Εργασία
«Σπάνιες Γαίες και Εθνική Ασφάλεια»

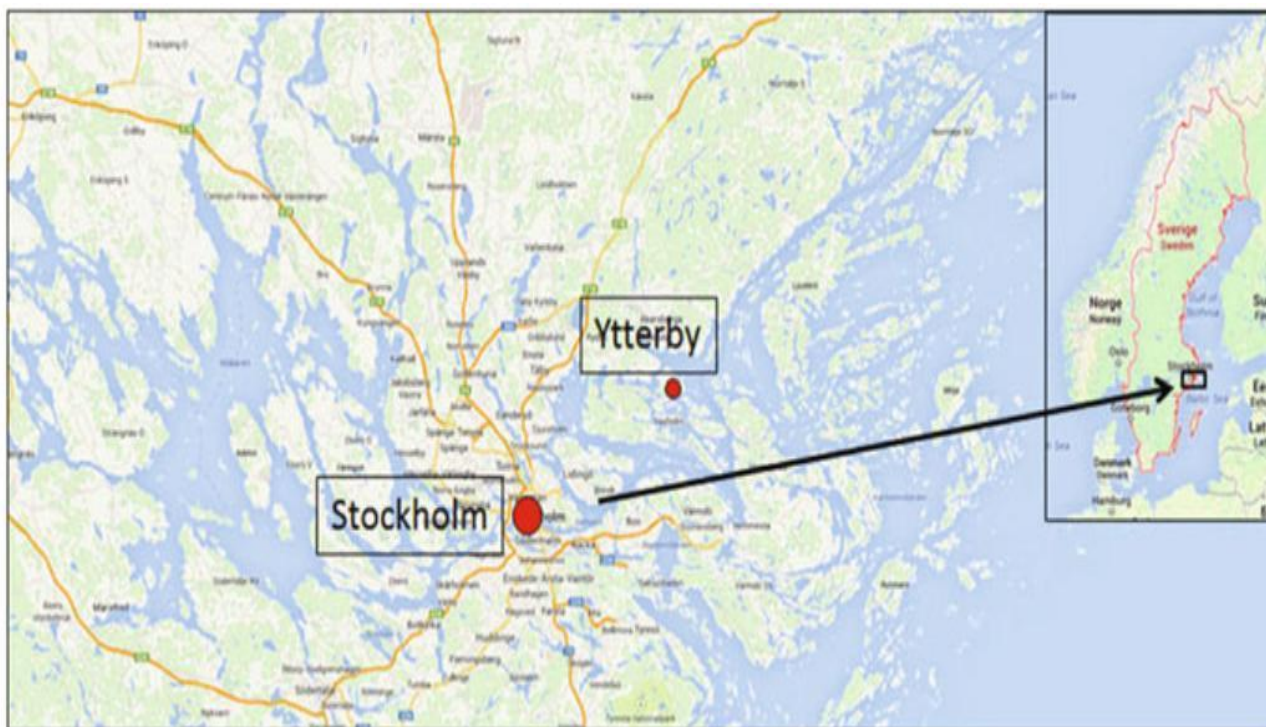
Εικόνες



Εικόνα 1 Αναδημοσίευση από τον ιστότοπο <https://www.chemistryviews.org/>



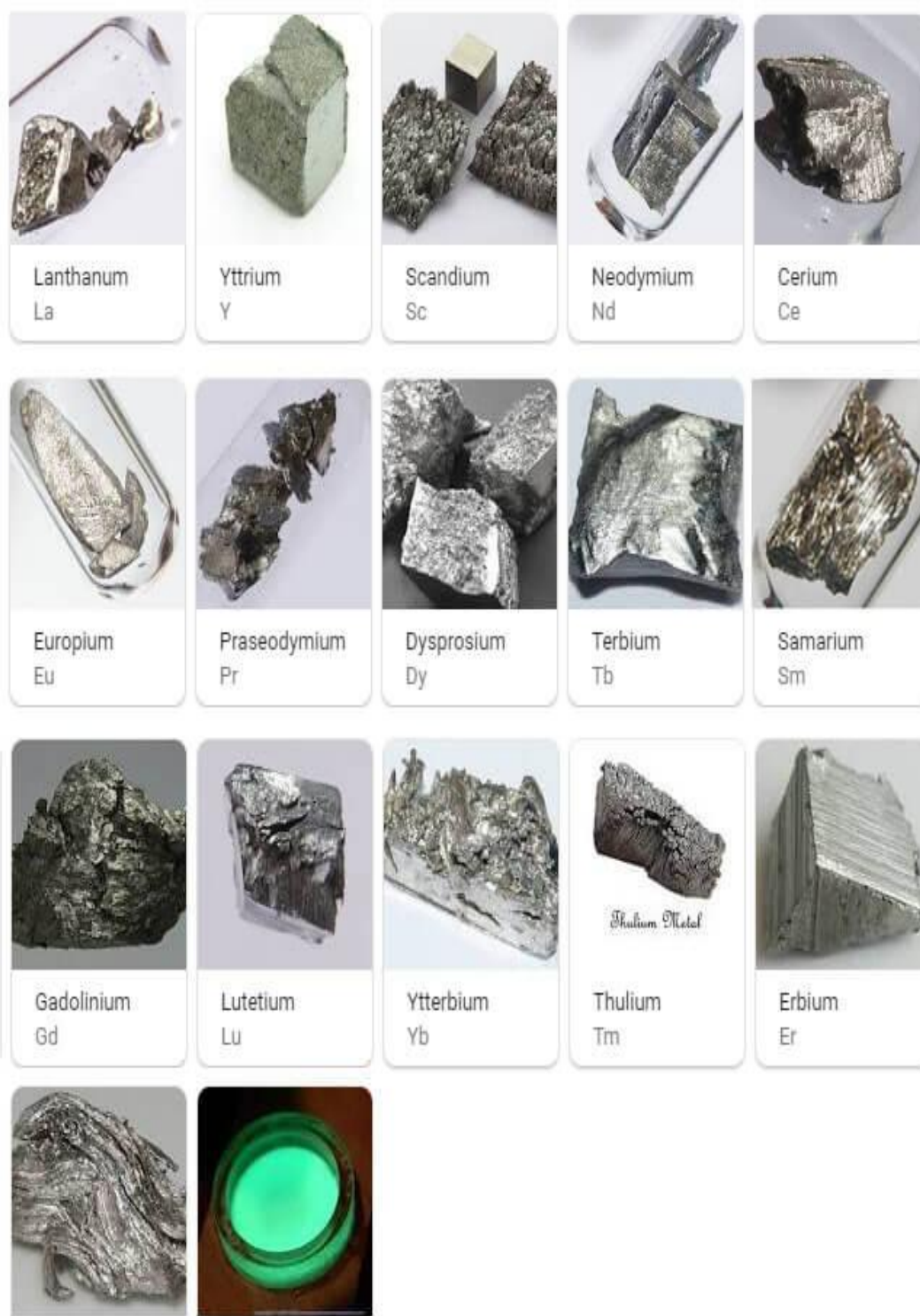
Εικόνα 2 Αναδημοσίευση από τον ιστότοπο <https://www.aps.org/>



Εικόνα 3 Αναδημοσίευση από το βιβλίο Voncken, J.H.L. (2016). *The Rare Earth Elements-An Introduction*. Delft University of Technology. Delft: Springer.



Εικόνα 4 Αναδημοσίευση από το βιβλίο Voncken, J.H.L. (2016). *The Rare Earth Elements-An Introduction*. Delft University of Technology. Delft: Springer.



Εικόνα 5 Αναδημοσίευση από τον ιστότοπο <https://www.jxscmachine.com/new/whats-rare-earth-elements-minerals-uses/>



Εικόνα 6 Αναδημοσίευση από τον ιστότοπο

https://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/105572/Ider_Kadir.pdf;jsessionid=5D68D19F59E4D7871152EA4B0E2961D3?sequence=1

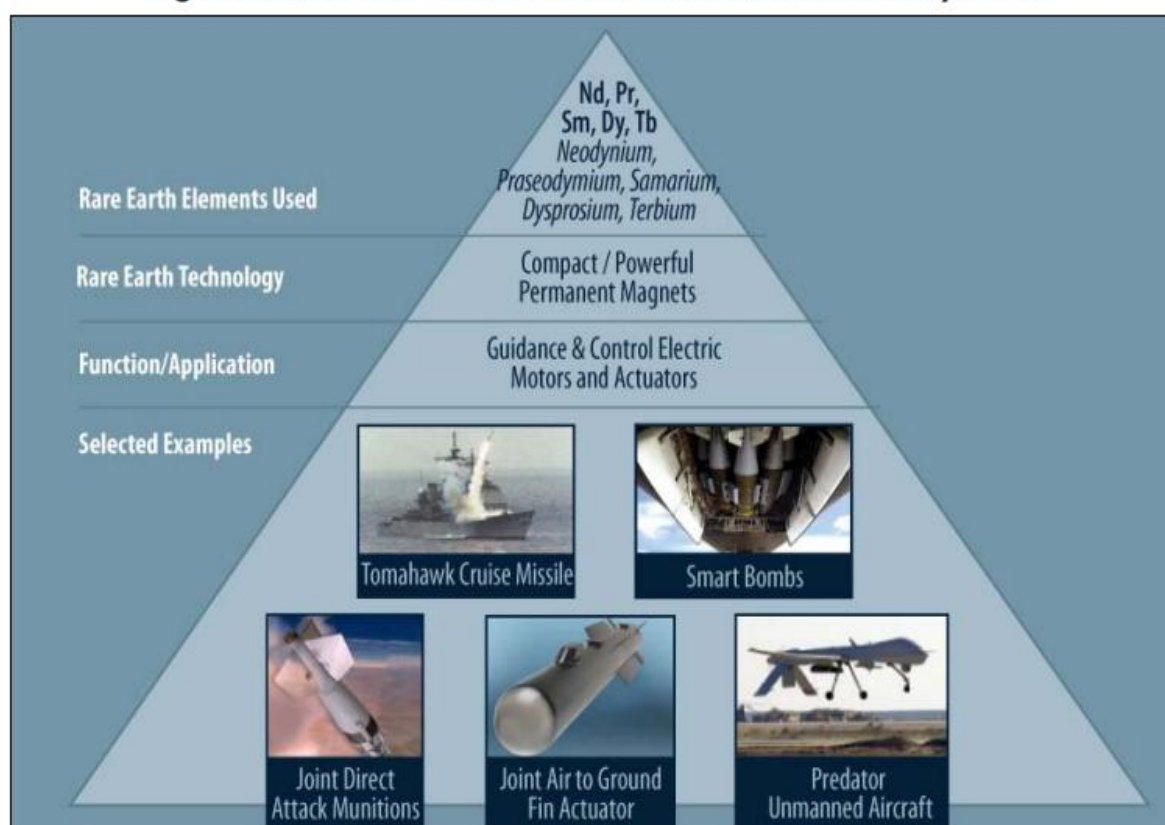


Εικόνα 7 Αναδημοσίευση από τον ιστότοπο <https://www.jxscmachine.com/new/whats-rare-earth-elements-minerals-uses/>



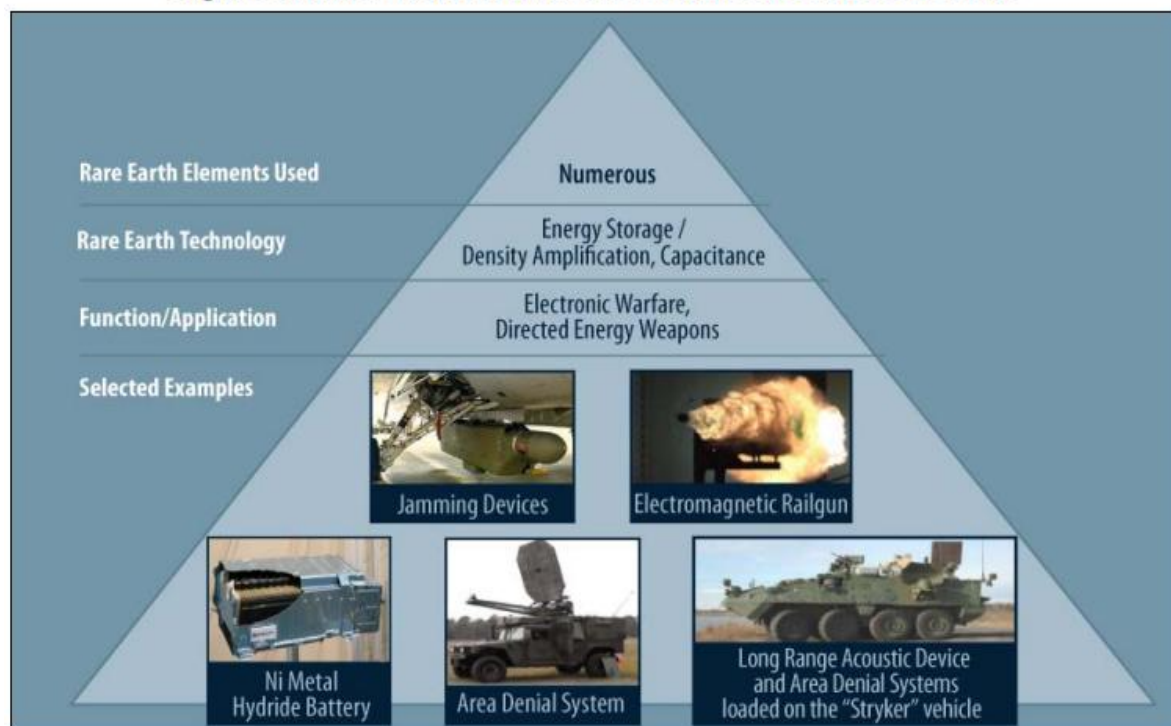
Εικόνα 8 Αναδημοσίευση από το βιβλίο Καλημέρη, Ζ. (2015). *Έρευνα Αγοράς – Σπάνιες Γαίες*. Αθήνα: ΙΓΜΕ

Figure 1. Rare Earth Elements in Guidance and Control Systems



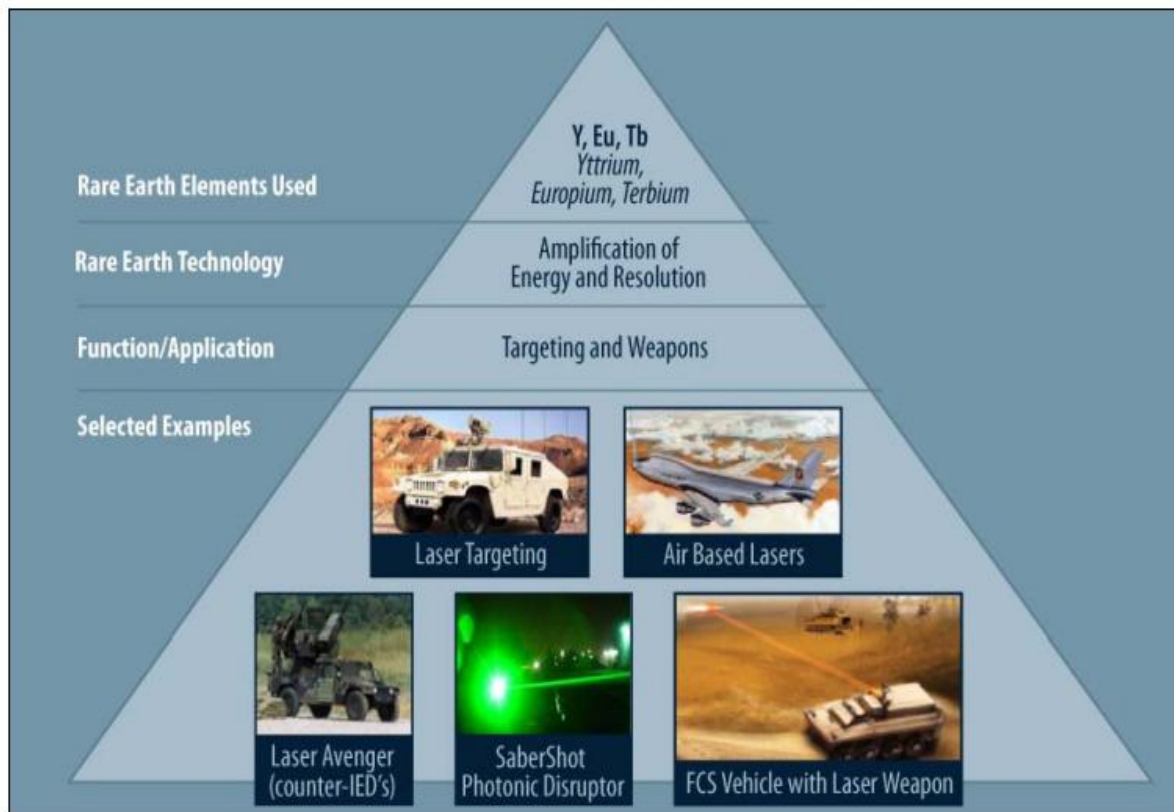
Εικόνα 9 Αναδημοσίευση από το βιβλίο Grasso, V. B. (2013). *Rare Earth Elements in National Defense*. Congressional Research Service.

Figure 2. Rare Earth Elements in Defense Electronic Warfare



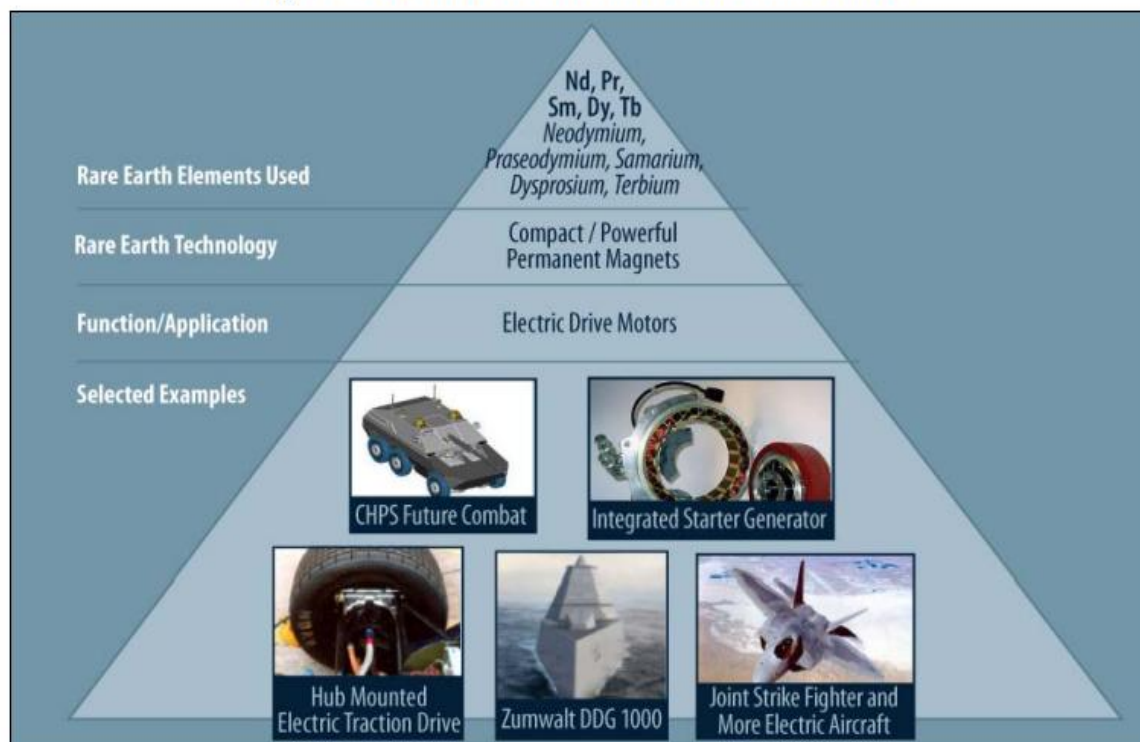
Εικόνα 10 Αναδημοσίευση από το βιβλίο Grasso, V. B. (2013). *Rare Earth Elements in National Defense*. Congressional Research Service.

Figure 3. Rare Earth Elements in Targeting and Weapon Systems



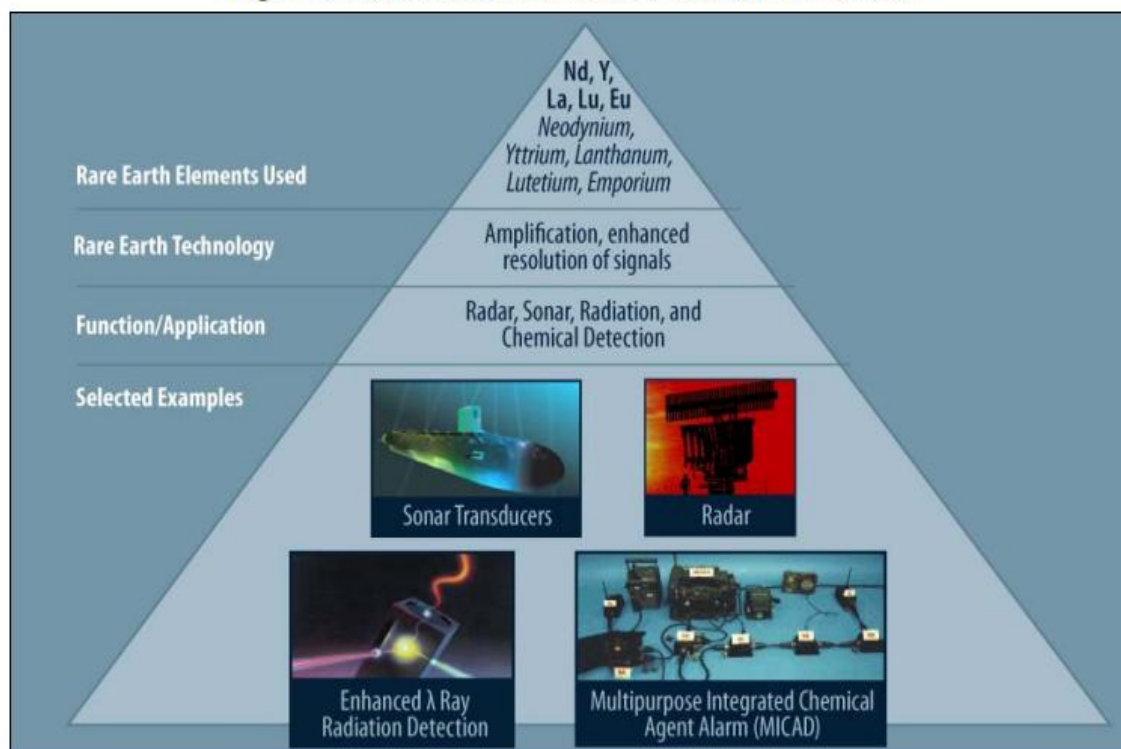
Εικόνα 11 Αναδημοσίευση από το βιβλίο Grasso, V. B. (2013). *Rare Earth Elements in National Defense*. Congressional Research Service.

Figure 4. Rare Earth Elements in Electric Motors



Εικόνα 12 Αναδημοσίευση από το βιβλίο Grasso, V. B. (2013). *Rare Earth Elements in National Defense*. Congressional Research Service.

Figure 5. Rare Earth Elements and Communication



Εικόνα 13 Αναδημοσίευση από το βιβλίο Grasso, V. B. (2013). *Rare Earth Elements in National Defense*. Congressional Research Service.



Εικόνα 14 Αναδημοσίευση από τον ιστότοπο <https://www.ejatlantlas.org/conflict/bayan-obo-world-biggest-rare-earths-mine-baogang-group-baotou-inner-mongolia-china>



Εικόνα 15 Αναδημοσίευση από τον ιστότοπο <https://www.sciencephoto.com/media/654978/view/mountain-pass-rare-earth-mine>



Εικόνα 16 Αναδημοσίευση από τον ιστότοπο <https://www.aumanufacturing.com.au/lynas-identifies-further-rare-earths-resource-at-mt-weld>



Εικόνα 17 Αναδημοσίευση από τον ιστότοπο <https://www.australianmining.com.au/northern-minerals-achieves-milestone-following-pandemic/>



Εικόνα 18 Αναδημοσίευση από τον ιστότοπο <https://vietnamnet.vn/en/vietnam-to-export-rare-earth-minerals-faces-competition-with-china-539117.html>



Εικόνα 19 Αναδημοσίευση από τον ιστότοπο <https://thewire.in/environment/countdown-begins-tamil-nadus-beach-sand-mining-cartel>



Εικόνα 20 Αναδημοσίευση από τον ιστότοπο <https://www.semanticscholar.org/paper/The-Khibina-and-Lovozero-alkaline-massifs%3A-Geology-Arzamastsev-Yakovenchuk/d3ddb8d83125af91eb0f72d23380dd867ea471d>



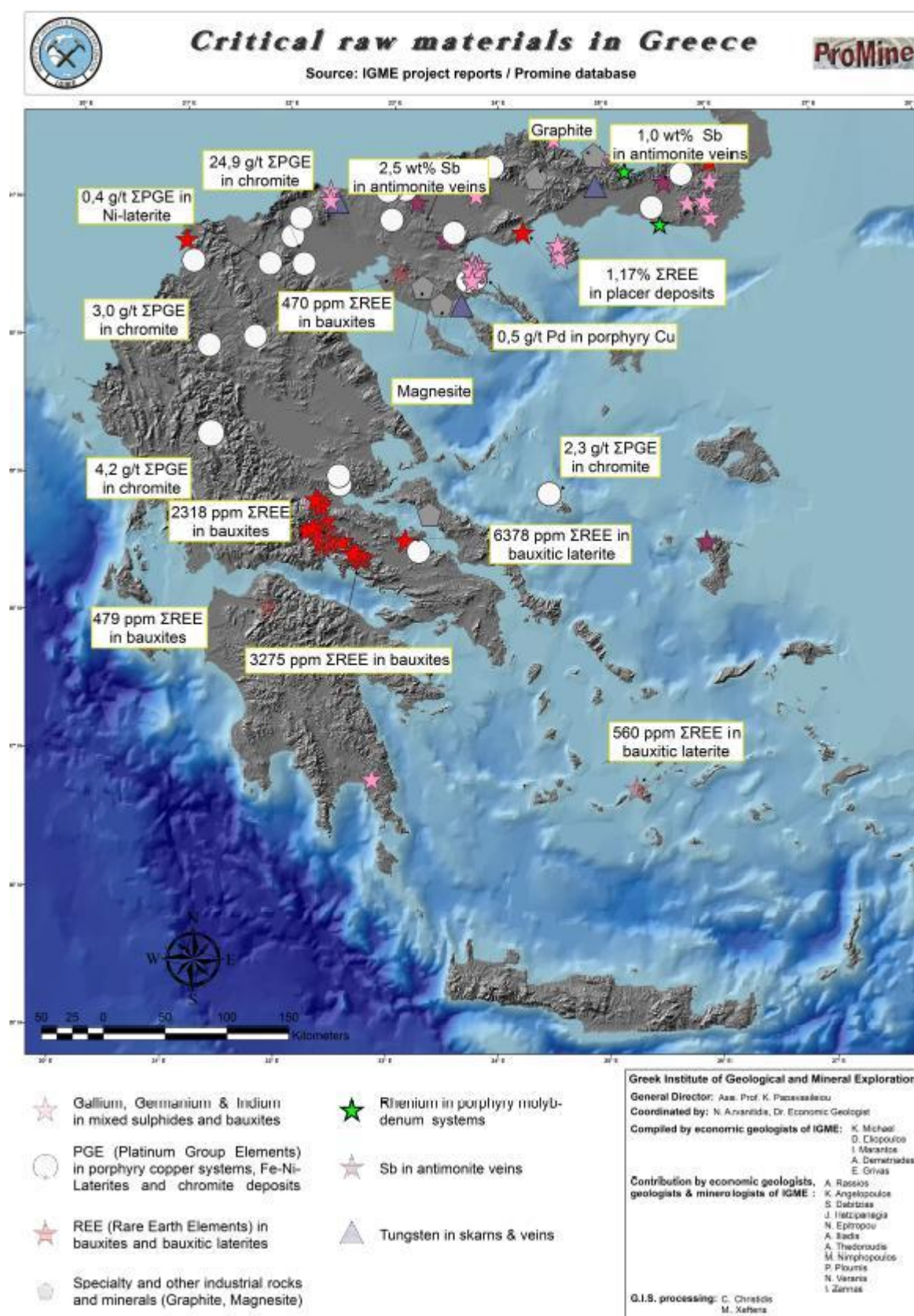
Εικόνα 21 Αναδημοσίευση από τον ιστότοπο <https://www.miningreview.com/top-stories/tantalus-signs-purchase-agreement-with-chinese-shenghe-resources/>



Εικόνα 22 Αναδημοσίευση από τον ιστότοπο <https://www.theguardian.com/world/2012/apr/19/tokyo-governor-senkaku-islands-china>



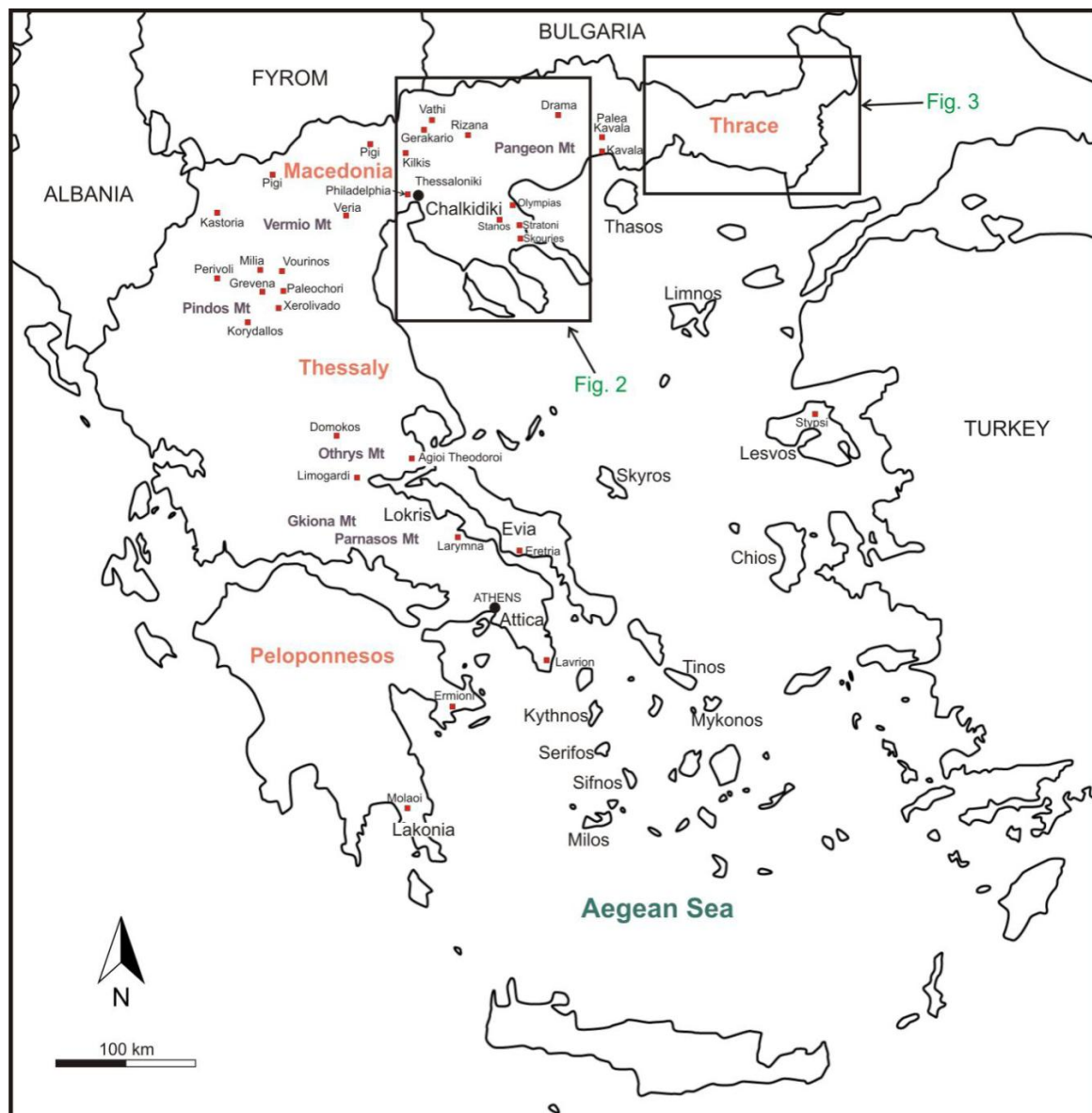
Εικόνα 23 Αναδημοσίευση από τον ιστότοπο <https://news.usni.org/2012/10/16/senkaku-islands-dispute-risk-us-rebalancing-asia-pacific>



Εικόνα 24 Αναδημοσίευση από τον ιστότοπο <https://www.oryktosploutos.net/2017/07/blog-post-41/>



Εικόνα 25 Αναδημοσίευση από τον ιστότοπο <https://www.capital.gr/epixeiriseis/3206126/oi-spanies-gaies-sto-aigaio-oi-suntaxiouxoi-geologoi-kai-i-xreokopia-tou-igme>



Εικόνα 26 Αναδημοσίευση από τον ιστότοπο https://www.oryktosploutos.net/2014/09/blog-post_96/



Εικόνα 27



Εικόνα 28 Αναδημοσίευση από τον ιστότοπο <https://www.e-prologos.gr/%CF%80%CE%B5%CF%83%CE%B9%CE%BD%CE%B5-%CE%B1%CE%BB%CE%BF%CF%85%CE%BC%CE%AF%CE%BD%CE%B9%CE%BF%CE%BD-%CF%84%CE%B7%CF%82-%CE%B5%CE%BB%CE%BB%CE%AC%CE%B4%CE%BF%CF%82-%CE%AD%CE%BD%CE%B1-%CF%83%CE%BA%CE%AC/>



Εικόνα 29

Παράρτημα «Β»
στην Πτυχιακή Εργασία
«Σπάνιες Γαίες και Εθνική Ασφάλεια»

Πίνακες

Mendeleev's Periodic Table of Elements

Table of Common Polyatomic Ions																		Element categories		State of matter at 25 °C										
acetate chlorate hydroxide nitrate permanganate carbonate chromate dichromate																		C ₂ H ₃ O ₂ ⁻ ClO ₃ ⁻ OH ⁻ NO ₃ ⁻ MnO ₄ ⁻ CO ₃ ²⁻ CrO ₄ ²⁻ Cr ₂ O ₇ ²⁻		silicate sulfate thiosulfate arsenate phosphate ammonium hydronium		SiO ₄ ⁴⁻ SO ₄ ²⁻ S ₂ O ₃ ²⁻ AsO ₄ ³⁻ PO ₄ ³⁻ NH ₄ ⁺ H ₃ O ⁺		Alkali metals Alkaline-earth metals Transition metals Other metals		Gas	Liquid	Solid	Artificially prepared	Unknown
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18													
IA	IIA	IIIB	IVB	VB	VIB	VII	VIII	VIII	VIII	IB	IIB	IIIA	IVA	VA	VIA	VIIA	VIIIA													
1 H 1.008	2 He 4.003											5 B 10.811	6 C 12.011	7 N 14.007	8 O 15.999	9 F 18.998	10 Ne 20.179													
3 Li 6.941	4 Be 9.0122											13 Al 26.982	14 Si 28.086	15 P 30.974	16 S 32.065	17 Cl 35.453	18 Ar 39.948													
11 Na 22.990	12 Mg 24.305	21 Sc 44.956	22 Ti 47.867	23 V 50.942	24 Cr 51.996	25 Mn 54.938	26 Fe 55.845	27 Co 58.933	28 Ni 58.693	29 Cu 63.546	30 Zn 65.39	31 Ga 69.723	32 Ge 72.64	33 As 74.922	34 Se 78.96	35 Br 79.904	36 Kr 83.80													
37 Rb 85.468	38 Sr 87.62	39 Y 88.906	40 Zr 91.224	41 Nb 92.906	42 Mo 95.94	43 Tc (98)	44 Ru 101.07	45 Rh 102.91	46 Pd 106.42	47 Ag 107.87	48 Cd 112.41	49 In 114.82	50 Sn 118.71	51 Sb 121.76	52 Te 127.60	53 I 126.90	54 Xe 131.29													
55 Cs 132.91	56 Ba 137.33	72 Hf 178.49	73 Ta 180.95	74 W 183.84	75 Re 186.21	76 Os 190.23	77 Ir 192.22	78 Pt 195.08	79 Au 196.97	80 Hg 200.59	81 Tl 204.38	82 Pb 207.2	83 Bi 208.98	84 Po (209)	85 At (210)	86 Rn (222)														
87 Fr (223)	88 Ra (226)	104 Rf (261)	105 Db (262)	106 Sg (266)	107 Bh (264)	108 Hs (277)	109 Mt (268)	110 Uun (281)	111 Uuu (272)	112 Uub (285)	113 Uut (284)	114 Uuq (289)	115 Uup (288)	116 Uuh (291)	117 Uus (294)	118 Uuo (294)														
Selected Oxidation States																														
Atomic Number																														
Symbol																														
Electron Configuration																														
Atomic Mass																														

Πίνακας 1 Αναδημοσίευση από το βιβλίο Voncken, J.H.L. (2016). *The Rare Earth Elements-An Introduction*. Delft University of Technology. Delft: Springer.

Table 1.1 The etymology of the names of the rare earth elements

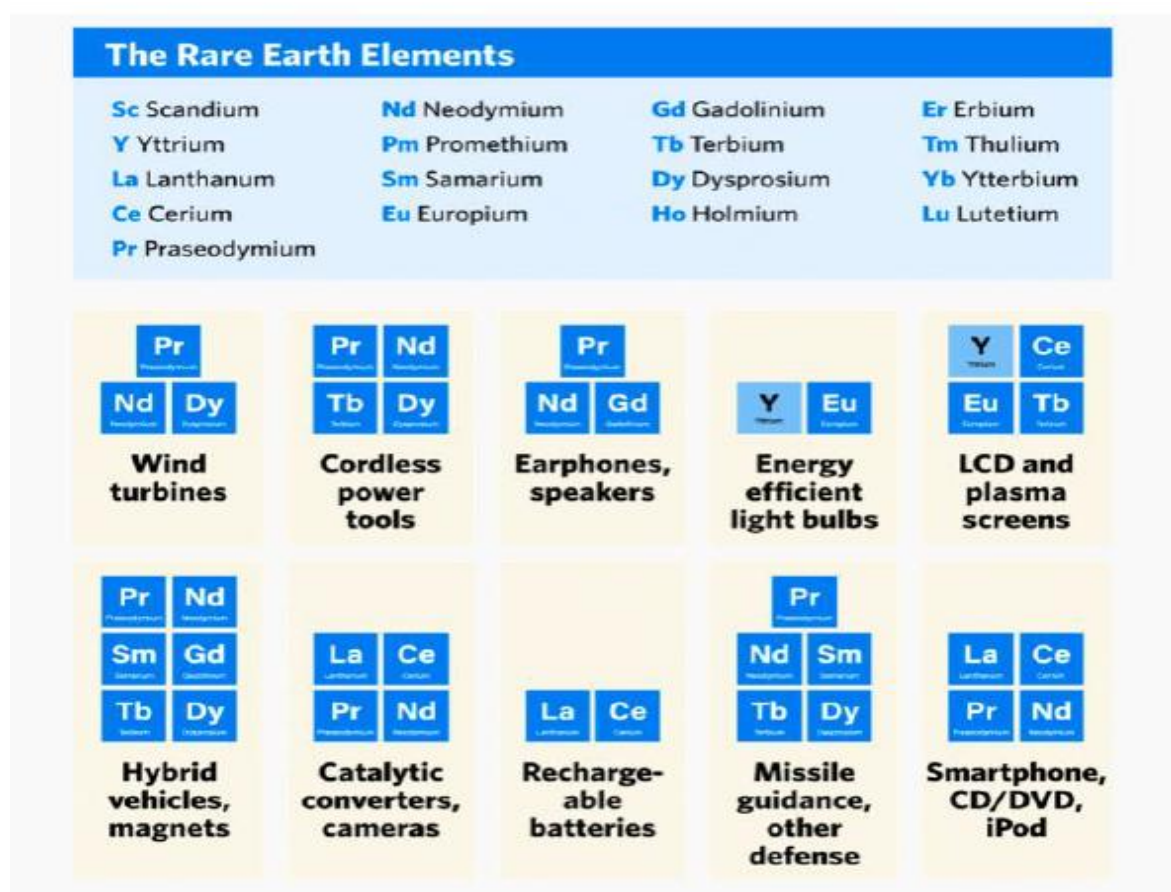
Atomic number	Symbol	Name	Etymology
21	Sc	Scandium	After the Latin word Scandia (Scandinavia), where the rare earth elements were first found
39	Y	Yttrium	After the village of Ytterby in Sweden
57	La	Lanthanum	From the Greek word “lanthanein”, meaning hidden
58	Ce	Cerium	After the dwarf planet Ceres, itself named after the Roman goddess of agriculture and motherly love
59	Pr	Praseodymium	From the Greek “prasios”, or green, and “didymos”, meaning twin
60	Nd	Neodymium	From the Greek “neos”, or new, and “didymos”, meaning twin
61	Pm	Promethium	After the Greek god of fire Prometheus
62	Sm	Samarium	After the mineral samarskite, in turn named after Vasili Samarsky-Bykhovets (1803–1870), discoverer of samarskite
63	Eu	Europium	After the continent of Europe
64	Gd	Gadolinium	After the mineral gadolinite, in turn named after Johan Gadolin
65	Tb	Terbium	After the village of Ytterby in Sweden
66	Dy	Dysprosium	After the Greek “dysprositos”, meaning “difficult to catch”
67	Ho	Holmium	After the medieval Latin name for Stockholm (Holmia)
68	Tm	Thulium	After the mythological, most northern place on Earth, Thule
69	Er	Erbium	After the village of Ytterby in Sweden
70	Yb	Ytterbium	After the village of Ytterby in Sweden
71	Lu	Lutetium	After Lutetia, the Latin name for Paris

Πίνακας 2 Αναδημοσίευση από το βιβλίο Voncken, J.H.L. (2016). *The Rare Earth Elements-An Introduction*. Delft University of Technology. Delft: Springer.

Table 1.2 The discoverers of the rare earth elements

	Name	Lifetime	(Co)-discoverer of	Country
1	Carl Auer von Welsbach, also mentioned as: Carl Auer, Baron von Welsbach	1858–1929	Praseodymium, 1885, neodymium, 1885, lutetium, 1907	Austria
2	Jöns Jakob Berzelius	1779–1848	Cerium, 1803	Sweden
3	Per Theodor Cleve	1840–1905	Thulium, 1879	Sweden
4	Charles DuBois Coryell	1912–1971	Promethium, 1947	USA
4	Marc Delafontaine	1837–1911	Holmium, 1878	Switzerland
5	Eugene Anatole Demarcay	1852–1903	Europium, 1901	France
6	Johan Gadolin	1760–1852	Yttrium, 1794	Finland
7	Jean Charles Galissard de Marignac	1817–1894	Gadolinium, 1880, ytterbium, 1878	Switzerland
8	Lawrence Elgin Glendenin	1918–2008	Promethium, 1947	USA
9	Charles James	1880–1928	Erbium (pure), lutetium, 1907	UK/USA
10	Martin Heinrich Klaproth	1743–1817	Cerium, 1803	Germany
11	Paul Emile Lecoq de Boisboudran	1838–1912	Samarium, 1879, dysprosium, 1886, gadolinium, 1886	France
12	Jacob Akiba Marinsky	1918–2005	Promethium, 1947	USA
13	Carl Gustav Mosander	1797–1858	Terbium, 1843, yttrium (very pure), lanthanum, 1839, erbium, 1843	Sweden
14	Lars Fredrik Nilson	1840–1899	Scandium, 1879	Sweden
15	B. Smith Hopkins	1873–1952	Yttrium (very pure)	USA
16	Jacques Louis Soret	1827–1890	Holmium, 1878	Switzerland
17	George Urbain	1872–1938	Erbium (pure), 1905, lutetium, 1907	France

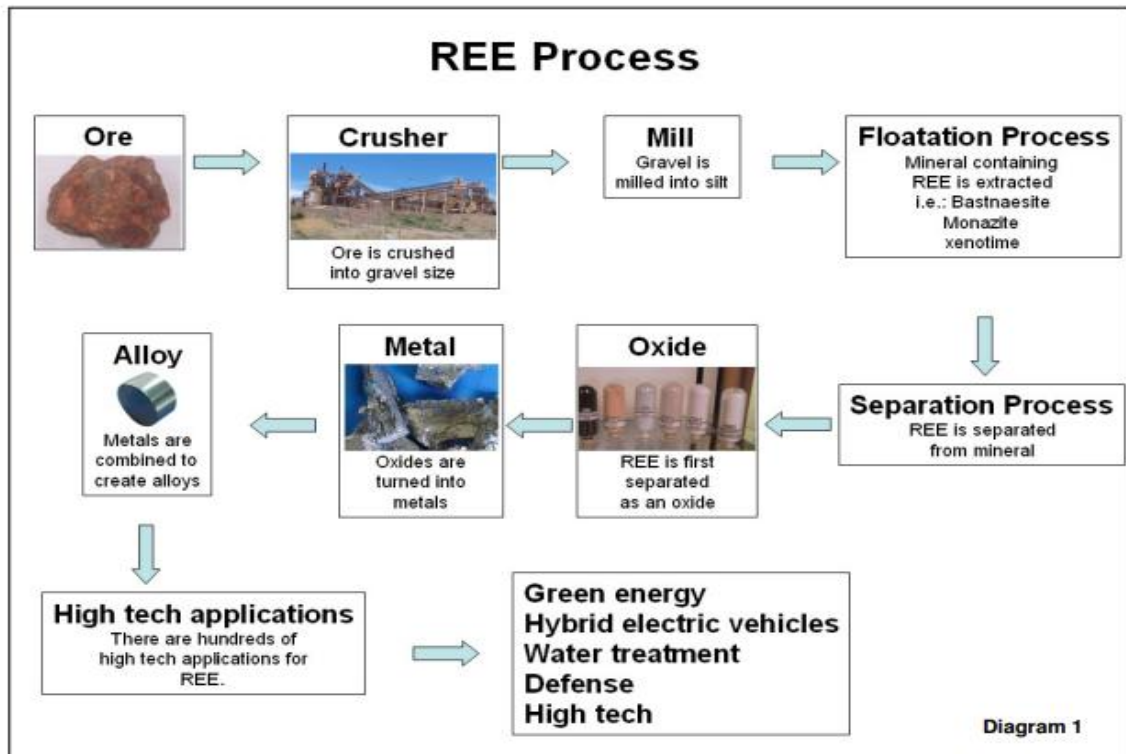
Πίνακας 3 Αναδημοσίευση από το βιβλίο Voncken, J.H.L. (2016). *The Rare Earth Elements-An Introduction*. Delft University of Technology. Delft: Springer.



Πίνακας 4 Αναδημοσίευση από το βιβλίο Carrell, R. L. (2020). Putting the US Back in the US Defense Industrial Base: The Case of Rare Earths. Journal of Public and Environmental Affairs.

World Mine Production and Reserves (2022 Estimates)		
Country	Production (Metric Tons)	Reserves (Metric Tons)
United States	43,000	2,300,000
Australia	18,000	4,200,000
Brazil	80	21,000,000
Burma	12,000	not available
Canada	--	830,000
China	210,000	44,000,000
Greenland	--	1,500,000
India	2,900	6,900,000
Madagascar	960	not available
Russia	2,600	21,000,000
South Africa	--	790,000
Tanzania	--	890,000
Thailand	7,100	not available
Vietnam	4,300	22,000,000
Other Countries	80	280,000
World total (rounded)	300,000	130,000,000

Πίνακας 5 Αναδημοσίευση από τον ιστότοπο <https://geology.com/articles/rare-earth-elements/>



Πίνακας 6 Αναδημοσίευση από το βιβλίο By Hurst, C. (2010). China's Rare Earth Elements Industry: What Can the West Learn? Institute for the Analysis of Global Security (IAGS).

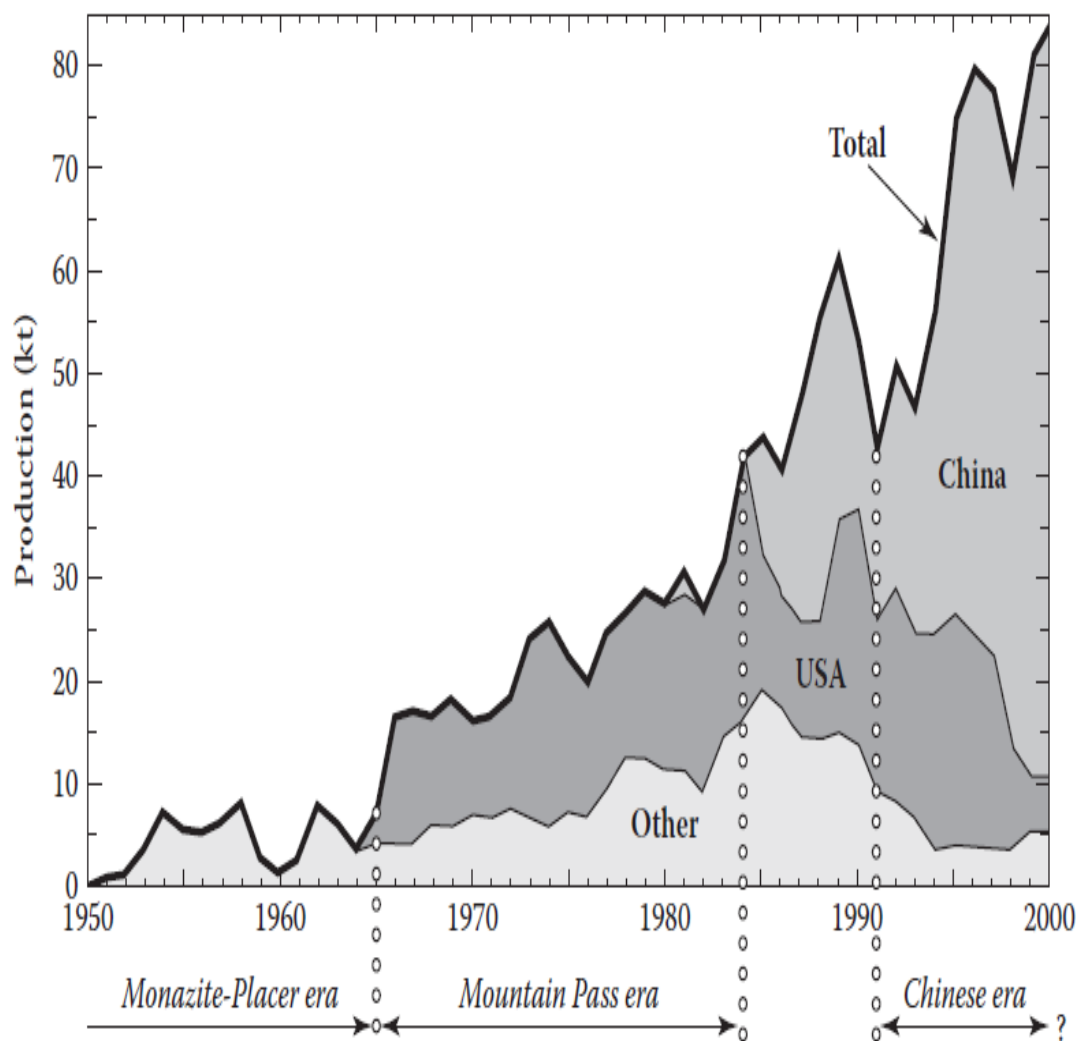
Figure 64. List of critical and non-critical raw materials use in different technologies with their supply risk

Supply Risk	Material								
5,98	LREEs								
5,63	HREEs								
3,91	Magnesium								
3,90	Niobium								
3,09	Germanium								
3,55	Phosphorus								
3,19	Borates								
3,09	Scandium								
2,57	Strontium								
2,54	Cobalt								
2,38	PGMs								
2,29	Beryllium								
2,27	Natural graphite								
2,22	Bismuth								
2,01	Antimony								
1,79	Indium								
1,69	Vanadium								
1,64	Lithium								
1,61	Tungsten								
1,36	Tantalum								
1,15	Fluorspar								
1,26	Titanium								
1,26	Gallium								
1,19	Arsenic								
1,18	Silicon metal								
1,12	Hafnium								
0,94	Molybdenum								
0,93	Manganese								
0,90	Tin								

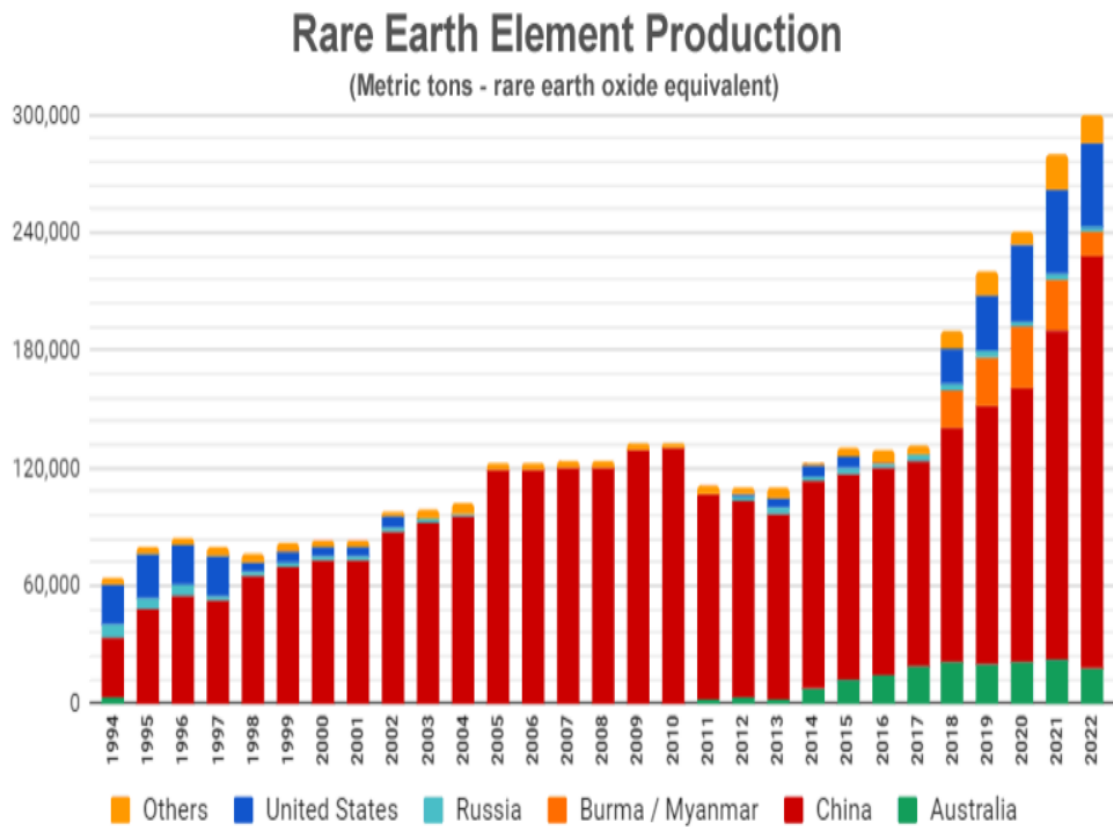
Πίνακας 7 Αναδημοσίευση από το κείμενο European Commission. (2020). *Critical Raw Materials for Strategic Technologies and Sectors in the EU. A Foresight Study.*

Παράρτημα «Γ»
στην Πτυχιακή Εργασία
«Σπάνιες Γαίες και Εθνική Ασφάλεια»

Διαγράμματα

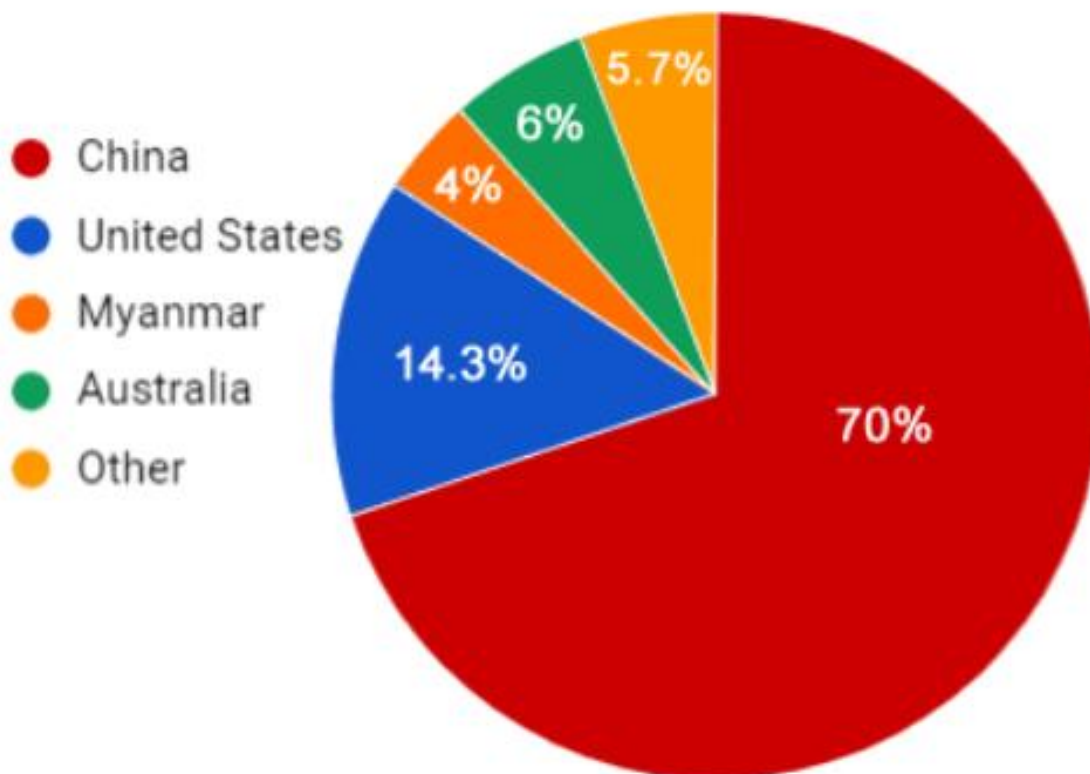


Διάγραμμα 1 Αναδημοσίευση από το βιβλίο Jha, A.R. (2014). *Rare Earth Materials-Properties and Applications*. Boca Raton: CRC Press.

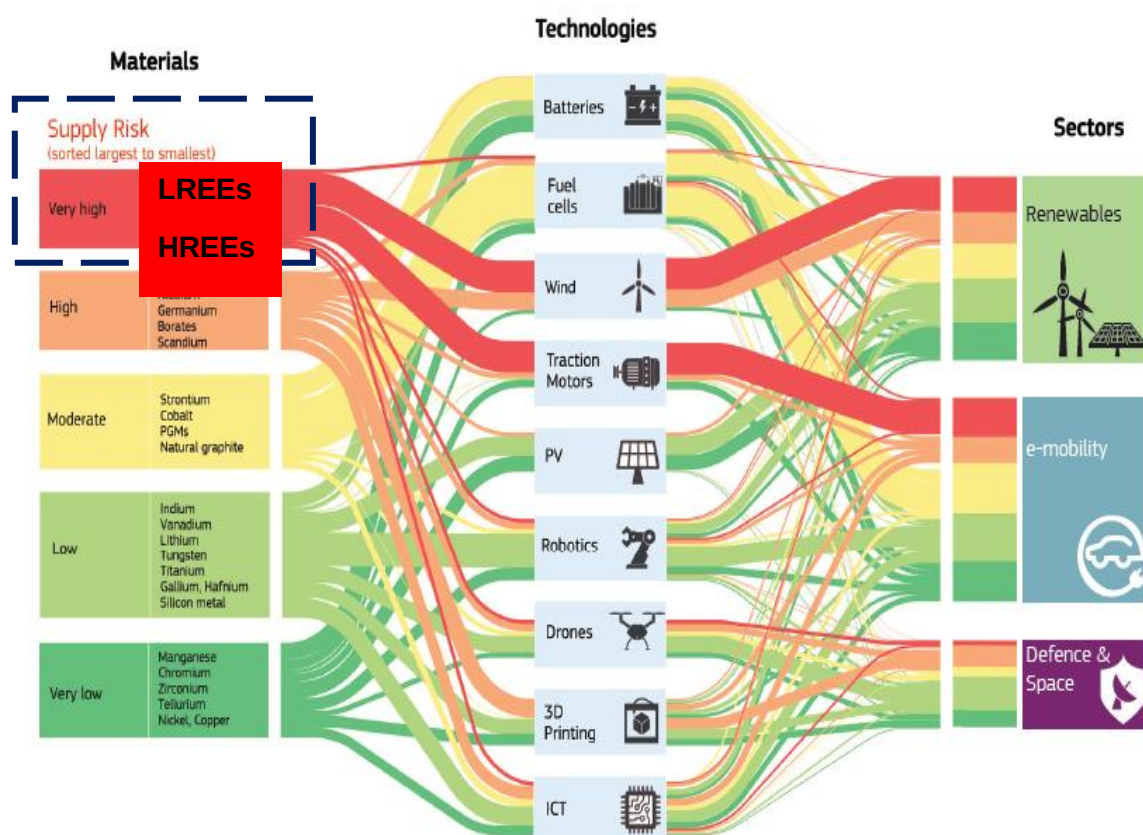


Διάγραμμα 2 Αναδημοσίευση από τον ιστότοπο <https://geology.com/articles/rare-earth-elements/>

Producers of Rare Earth Elements



Διάγραμμα 3 Αναδημοσίευση από τον ιστότοπο <https://geology.com/articles/rare-earth-elements/>



Διάγραμμα 4 Αναδημοσίευση από το κείμενο European Commission. (2020). *Critical Raw Materials for Strategic Technologies and Sectors in the EU. A Foresight Study.*

Παράρτημα «Δ»
στην Πτυχιακή Εργασία
«Σπάνιες Γαίες και Εθνική Ασφάλεια»

Πρόγραμμα ΕΕ EURARE

Το πρόγραμμα EURARE ξεκίνησε την 1η Ιανουαρίου 2013 και διήρκεσε πέντε έτη έως το 2017. Στόχος του ήταν να διασφαλίσει την αδιάλειπτη προμήθεια πρώτων υλών και προϊόντων σπάνιων γαιών που είναι ζωτικής σημασίας για τομείς της οικονομίας της ΕΕ (συμπεριλαμβανομένης της αυτοκινητοβιομηχανίας, των ηλεκτρονικών, των μηχανημάτων και των χημικών προϊόντων) με ανθεκτικό, οικονομικά βιώσιμο και φιλικό προς το περιβάλλον τρόπο. Το πρόγραμμα EURARE συγχρηματοδοτήθηκε από την Ευρωπαϊκή Επιτροπή στο πλαίσιο του προγράμματος συνεργασίας του 2012 για τις νανοτεχνολογίες, τα υλικά και τις νέες τεχνολογίες παραγωγής και συγκεκριμένα για το θέμα των πρώτων υλών NMP.2012.4.1-1 «Νέες φιλικές προς το περιβάλλον προσεγγίσεις στην επεξεργασία των ορυκτών». Είχε συνολικό προϋπολογισμό 13.845.950 ευρώ, εκ των οποίων τα 9.000.000 ευρώ χρηματοδοτήθηκαν από την Ευρωπαϊκή Επιτροπή. Το έργο έφερε σε επαφή ερευνητές από γεωλογικές έρευνες, ακαδημαϊκούς φορείς, εταιρείες συμβούλων και βιομηχανία για την επίτευξη μιας ολιστικής προσέγγισης της ευρωπαϊκής αλυσίδας εφοδιασμού σπάνιων γαιών.

Ο κύριος στόχος του ήταν να θέσει τις βάσεις για την ανάπτυξη μιας ανθεκτικής ευρωπαϊκής βιομηχανίας σπάνιων γαιών. Ο στόχος αυτός θα επιτευχθεί μέσω:

- Χαρτογράφησης, χαρακτηρισμό και τεχνολογική και οικονομική αξιολόγηση των πόρων σπάνιων γαιών στην Ευρώπη.
- Της ανάπτυξης, βελτιστοποίησης και επίδειξης καινοτόμων τεχνολογιών για την αποτελεσματική εκμετάλλευση των ευρωπαϊκών πόρων σπάνιων γαιών με ελάχιστες επιπτώσεις στο περιβάλλον. Αυτό θα γίνει σύμφωνα με την περιβαλλοντική νομοθεσία της ΕΕ και με τρόπο αποδεκτό από τους Ευρωπαίους πολίτες.
- Της δημιουργίας της κρίσιμης μάζας επιστημόνων και μηχανικών για την υποστήριξη της βιομηχανίας εκμετάλλευσης, επεξεργασίας και μεταποίησης των σπάνιων γαιών.
- Της ανάπτυξης ενός ολοκληρωμένου συστήματος διαχείρισης γνώσεων [Integrated Knowledge Management System (IKMS)] για τους πόρους σπάνιων γαιών της ΕΕ, το οποίο θα παρέχει πληροφορίες σχετικά με τους REE και θα αναπτύσσει τις γνώσεις που θα αναπτυχθούν στο πλαίσιο του έργου.

Οι επιστημονικοί και τεχνικοί στόχοι του EURARE είναι:

- Ο καθορισμός και η αξιολόγηση των εκμεταλλεύσιμων ορυκτών πόρων σπάνιων γαιών και της ζήτησης σπάνιων γαιών στην Ευρώπη.
- Η ανάπτυξη βιώσιμων και αποτελεσματικών τεχνολογιών βελτίωσης μεταλλευμάτων σπάνιων γαιών, που θα οδηγήσουν στην παραγωγή υψηλής ποιότητας συμπυκνωμάτων σπάνιων γαιών και στην ελαχιστοποίηση των παραγόμενων αποβλήτων.
- Η ανάπτυξη βιώσιμων τεχνολογιών εξόρυξης και διύλισης σπάνιων γαιών, για την παραγωγή καθαρών οξειδίων σπάνιων γαιών, μετάλλων σπάνιων

γαιών και κραμάτων σπάνιων γαιών, κατάλληλων για χρήση σε μεταγενέστερες βιομηχανίες.

- Η ανάπτυξη στρατηγικής για την ασφαλή εξόρυξη και επεξεργασία σπάνιων γαιών.
- Η επίδειξη στο πεδίο των νέων τεχνολογιών εκμετάλλευσης σπάνιων γαιών του EURARE.
- Ο προσδιορισμός νέου σχήματος βιώσιμης εκμετάλλευσης για τα κοιτάσματα σπάνιων γαιών της Ευρώπης.

Παράρτημα «Ε»
στην Πτυχιακή Εργασία
«Σπάνιες Γαίες και Εθνική Ασφάλεια»

Πρόγραμμα ΕΕ SCALE

Το Σκάνδιο (Sc) έχει μεγάλη αξία και ζήτηση σε τεχνολογικές και βιομηχανικές εφαρμογές κατατάσσοντας το στα υλικά υψηλής ζήτησης για το μέλλον. Η παγκόσμια παραγωγή του δεν υπερβαίνει τους 15 τόνους (κυρίως από βιομηχανικά παραπροϊόντα) και χρησιμοποιείται σε «ανερχόμενες» τεχνολογικές εφαρμογές. Συγκεκριμένα μπορεί να χρησιμοποιηθεί για «ηλεκτρολυτική» παραγωγή ρεύματος από φυσικό αέριο με διπλάσια απόδοση από τις σημερινές θερμοηλεκτρικές μονάδες, όπου ο όμιλος Μυτιληναίος διαθέτει ισχυρή θέση. Παράλληλα κράματα Αλουμινίου – Σκανδίου πολύ υψηλής αντοχής, μπορούν να χρησιμοποιηθούν σε τεχνολογία 3D εκτύπωσης εξαρτημάτων, μιας νέας πολύ ισχυρής τάσης, η οποία ήδη αξιοποιείται από τον κολοσσό της Airbus.

Προς το παρόν, ο όμιλος Μυτιληναίος δεν έχει προβεί σε εμπορευματοποίηση αυτής της δυνατότητας, ωστόσο έχει ολοκληρώσει τόσο την Έρευνα και Ανάπτυξη όσο και τη σχετική μονάδα εκχύλισης, συμμετέχοντας στο ερευνητικό έργο SCALE (Production of Scandium compounds and Scandium Aluminum alloys from European resources). Το έργο, το οποίο έχει ολοκληρωθεί, στόχευε στην εξαγωγή σπάνιων γαιών και ειδικότερα ενώσεων Σκανδίου (Sc) και κράματα Αλουμινίου – Σκανδίου από ευρωπαϊκά μεταλλουργικά κατάλοιπα, όπως τα κατάλοιπα βωξίτη, υλικό που ούτως ή άλλως εκμεταλλεύεται ο όμιλος για την παραγωγή αλουμινίου, και τώρα σπεύδει να αξιοποιήσει και τα κατάλοιπα του.

Στο πρόγραμμα αυτό, συνολικού προϋπολογισμού 7 εκατ. ευρώ, συντονιστής ήταν ο Τομέας Μεταλλουργίας της Μυτιληναίος, ενώ συμμετείχαν το Ε.Μ.Π. και συνολικά 19 εταίροι από 9 ευρωπαϊκές χώρες. Στις εγκαταστάσεις του Τομέα Μεταλλουργίας ολοκληρώθηκε η κατασκευή πιλοτικής μονάδας εκχύλισης σε όξινο περιβάλλον των καταλοίπων βωξίτη προς παραγωγή συμπυκνώματος Σκανδίου (Sc) για περαιτέρω αξιοποίηση σε πιλοτική μονάδα άλλου εταίρου. Η μονάδα είναι λειτουργική από το 2020 και έχει τη δυνατότητα να αξιοποιεί 2,5 τόνους καταλοίπων βωξίτη ανά μήνα λειτουργίας.²²⁹

«Η ΜΥΤΙΛΗΝΑΙΟΣ συνεχίζει την ερευνα πάνω στην εξαγωγή Σκανδίου (Sc) από τα κατάλοιπα Βωξίτη. Το πρόγραμμα SCALE έχει ολοκληρωθεί και πλέον η ΜΥΤΙΛΗΝΑΙΟΣ συνεχίζει με το πρόγραμμα SCALEUP που συγχρηματοδοτείται από το EIT Raw Materials για να βελτιστοποιήσει την τεχνολογία εξαγωγής και να

²²⁹ Κούτρα, Π. (2020). Σπάνια γαία made in Greece από τον όμιλο Μυτιληναίος. *The Huffington Post*. Ανακτήθηκε την 9/3/2023 από: https://www.huffingtonpost.gr/entry/spania-yaia-made-in-greece-apo-ton-omilo-metilenaios_gr_5f0774a0c5b67a80bc04d4df

συμπληρώσει το τεχνικο-οικονομικό φάκελο που χρειάζεται για να προχωρήσει σε μια παραγωγική μονάδα. Προς το παρόν λοιπόν, δουλεύουμε ακόμα στην πιλοτική κλίμακα. Το πρόγραμμα SCALEUP θα ολοκληρωθεί στο τέλος του 2024».²³⁰



SCALE
SCALING AND LEACHING

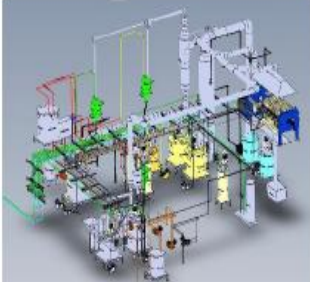
SCALE pilot @ MYTILINEOS



MYTILINEOS




- Operations to begin in the coming days
- Leaching of at least 500 kg of Bauxite Residue is foreseen





14

Αναδημοσίευση από την παρουσίαση του κ. Ευθύμιου Μπαλωμένου Senior Consultant Mytilineos SA, Metallurgy Buisness Unit / Aluminium of Greece

²³⁰ Balomenos, E. (2023). Senior Consultant. AoG METALLURGY BUSINESS UNIT. MYTILINEOS S.A..



Αναδημοσίευση από την παρουσίαση του κ. Ευθύμιου Μπαλωμένου Senior Consultant Mytilineos SA, Metallurgy Buisness Unit / Aluminium of Greece

Sc HAS SUPERPOWERS!

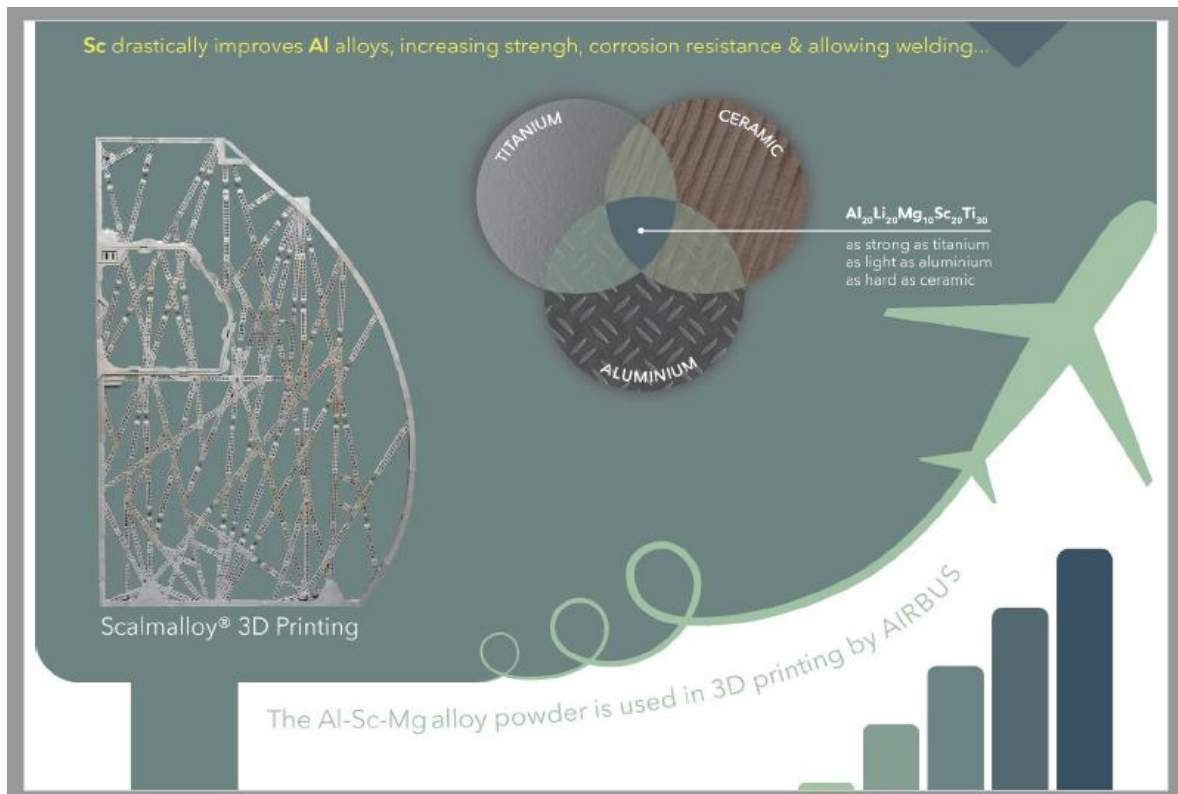
Sc achieves superior results than Y in material applications

-  **SOLID OXIDE FUEL CELLS**
Sc-stabilized Zirconia has **lowered operational temperatures** facilitating the **commercialization** of the technology
-  **LASERS WITH Sc GARNETS**
have **3 times higher efficiency** than Y garnets
-  **NATURAL LIGHT**
Sc compound is used as phosphors for **high intensity 'natural' light** - close to solar optical spectrum

Sc GOES WELL WITH Al



Αναδημοσίευση από την παρουσίαση του κ. Ευθύμιου Μπαλωμένου Senior Consultant Mytilineos SA, Metallurgy Buisness Unit / Aluminium of Greece

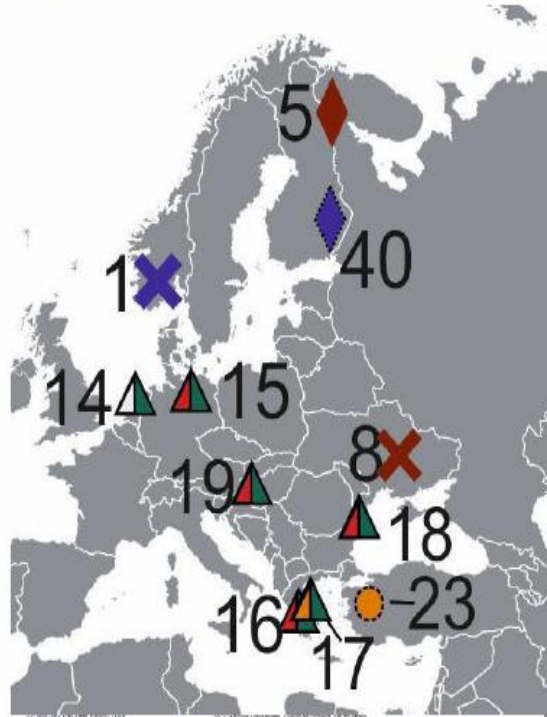
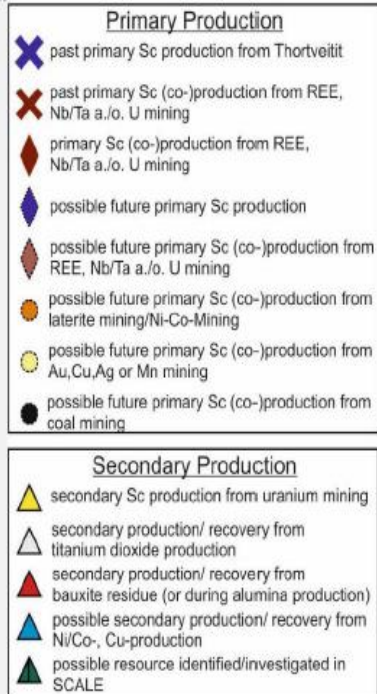


Αναδημοσίευση από την παρουσίαση του κ. Ευθύμιου Μπαλωμένου Senior Consultant Mytilineos SA, Metallurgy Buisness Unit / Aluminium of Greece



Αναδημοσίευση από την παρουσίαση του κ. Ευθύμιου Μπαλωμένου Senior Consultant Mytilineos SA, Metallurgy Buisness Unit / Aluminium of Greece

Putting Sc on the map



21

<http://scale-project.eu/scandium-inventory-world-map/>

Αναδημοσίευση από την παρουσίαση του κ. Ευθύμιου Μπαλωμένου Senior Consultant Mytilineos SA, Metallurgy Business Unit / Aluminium of Greece

Παράρτημα «ΣΤ»
στην Πτυχιακή Εργασία
«Σπάνιες Γαίες και Εθνική Ασφάλεια»

Πρόγραμμα ΕΕ European Raw Materials Alliance (ERMA)

Η ασφαλής προμήθεια πρώτων υλών για τη βιομηχανία της ΕΕ είναι ένα μακροχρόνιο ζήτημα. Η ΕΕ έχει αναζητήσει τρόπους για την αντιμετώπισή του, από τη σύσταση της Ομάδας Εφοδιασμού Πρώτων Υλών τη δεκαετία του 1970 έως την έναρξη της Πρωτοβουλίας για τις Πρώτες Ύλες το 2008. Η πρωτοβουλία αυτή καθόρισε μια στρατηγική για τη μείωση των εξαρτήσεων σε μη ενεργειακές πρώτες ύλες για τις βιομηχανικές αλυσίδες αξίας και την κοινωνική ευημερία μέσω της διαφοροποίησης των πηγών πρωτογενών πρώτων υλών από τρίτες χώρες, της ενίσχυσης της εγχώριας προμήθειας και της υποστήριξης του εφοδιασμού με δευτερογενείς πρώτες ύλες μέσω της αποδοτικότητας των πόρων και της κυκλικότητας.

Η ευρωπαϊκή πράσινη συμφωνία και η νέα βιομηχανική στρατηγική της ΕΕ αναγνωρίζουν ότι η πρόσβαση σε πόρους αποτελεί στρατηγικό ζήτημα ασφάλειας για την επιτυχία του πράσινου και του ψηφιακού μετασχηματισμού. Επί του παρόντος, η κρίση του κορονοϊού οδηγεί πολλά μέρη του κόσμου να εξετάσουν κριτικά τον τρόπο με τον οποίο οργανώνουν τις αλυσίδες εφοδιασμού τους, ιδίως όταν πρόκειται για τη δημόσια ασφάλεια ή για στρατηγικούς τομείς.

Το προτεινόμενο από την Επιτροπή σχέδιο ανάκαμψης της ΕΕ δίνει έμφαση στην οικοδόμηση μιας πιο πράσινης, πιο ψηφιακής και πιο ανθεκτικής Ευρώπης. Η ανάπτυξη διαφοροποιημένων, ανθεκτικών αλυσίδων εφοδιασμού με βιώσιμες πρώτες ύλες αποτελεί μέρος αυτής της στρατηγικής.

Η Ευρωπαϊκή Συμμαχία Πρώτων Υλών (ERMA) ανακοινώθηκε στις 3 Σεπτεμβρίου 2020, ως μέρος του σχεδίου δράσης για τις κρίσιμες πρώτες ύλες και τη δημοσίευση του καταλόγου των κρίσιμων πρώτων υλών του 2020.

Το σχέδιο δράσης εξετάζει τις τρέχουσες και μελλοντικές προκλήσεις και προτείνει δράσεις για τη μείωση της εξάρτησης της Ευρώπης από τρίτες χώρες, τη διαφοροποίηση του εφοδιασμού τόσο από πρωτογενείς όσο και από δευτερογενείς πηγές και τη βελτίωση της αποδοτικότητας των πόρων και της κυκλικότητας, ενώ παράλληλα προωθεί την υπεύθυνη προμήθεια παγκοσμίως.

Το σχέδιο δράσης για τις κρίσιμες πρώτες ύλες έχει ως στόχο:

- να αναπτύξει ανθεκτικές αλυσίδες αξίας για τα βιομηχανικά οικοσυστήματα της ΕΕ.
- να μειώσει την εξάρτηση από τις πρωτογενείς κρίσιμες πρώτες ύλες μέσω της κυκλικής χρήσης των επαναχρησιμοποιούμενων πόρων, των βιώσιμων προϊόντων και της καινοτομίας.
- την ενίσχυση της εγχώριας προμήθειας πρώτων υλών στην ΕΕ.

- να διαφοροποιήσει την προμήθεια από τρίτες χώρες και να εξαλείψει τις στρεβλώσεις στο διεθνές εμπόριο, τηρώντας πλήρως τις διεθνείς υποχρεώσεις της ΕΕ.

Για την επίτευξη αυτών των στόχων, η ευρωπαϊκή ανακοίνωση περιέγραψε δέκα συγκεκριμένες δράσεις. Πρώτη στη λίστα, είναι η δημιουργία μιας Ευρωπαϊκής Συμμαχίας Πρώτων Υλών. Συγκεντρώνοντας όλους τους σχετικούς ενδιαφερόμενους φορείς, η συμμαχία θα επικεντρωθεί πρωτίστως στις πιο πιεστικές ανάγκες, δηλαδή στην αύξηση της ανθεκτικότητας της ΕΕ στις αλυσίδες αξίας των σπάνιων γαιών και των μαγνητών, καθώς αυτές είναι ζωτικής σημασίας για τα περισσότερα βιομηχανικά οικοσυστήματα της ΕΕ, όπως οι ανανεώσιμες πηγές ενέργειας, η άμυνα και το διάστημα.

Παράρτημα «Ζ»
στην Πτυχιακή Εργασία
«Σπάνιες Γαίες και Εθνική Ασφάλεια»

Executive Order on America's Supply Chains

EXECUTIVE ORDER ON AMERICA'S SUPPLY CHAINS

By the authority vested in me as President by the Constitution and the laws of the United States of America, it is hereby ordered as follows:

Section 1. Policy. The United States needs resilient, diverse, and secure supply chains to ensure our economic prosperity and national security. Pandemics and other biological threats, cyber-attacks, climate shocks and extreme weather events, terrorist attacks, geopolitical and economic competition, and other conditions can reduce critical manufacturing capacity and the availability and integrity of critical goods, products, and services. Resilient American supply chains will revitalize and rebuild domestic manufacturing capacity, maintain America's competitive edge in research and development, and create well-paying jobs. They will also support small businesses, promote prosperity, advance the fight against climate change, and encourage economic growth in communities of color and economically distressed areas.

More resilient supply chains are secure and diverse — facilitating greater domestic production, a range of supply, built-in redundancies, adequate stockpiles, safe and secure digital networks, and a world-class American manufacturing base and workforce. Moreover, close cooperation on resilient supply chains with allies and partners who share our values will foster collective economic and national security and strengthen the capacity to respond to international disasters and emergencies.

Therefore, it is the policy of my Administration to strengthen the resilience of America's supply chains.

Sec. 2. Coordination. The Assistant to the President for National Security Affairs (APNSA) and the Assistant to the President for Economic Policy (APEP) shall coordinate the executive branch actions necessary to implement this order through the interagency

process identified in National Security Memorandum 2 of February 4, 2021 (Renewing the National Security Council System). In implementing this order, the heads of agencies should, as appropriate, consult outside stakeholders — such as those in industry, academia, non-governmental organizations, communities, labor unions, and State, local, and Tribal governments — in order to fulfill the policy identified in section 1 of this order.

Sec. 3. 100-Day Supply Chain Review. (a) To advance the policy described in section 1 of this order, the APNSA and the APEP, in coordination with the heads of appropriate agencies, as defined in section 6(a) of this order, shall complete a review of supply chain risks, as outlined in subsection (b) of this section, within 100 days of the date of this order.

(b) Within 100 days of the date of this order, the specified heads of agencies shall submit the following reports to the President, through the APNSA and the APEP:

(i) The Secretary of Commerce, in consultation with the heads of appropriate agencies, shall submit a report identifying risks in the semiconductor manufacturing and advanced packaging supply chains and policy recommendations to address these risks.

The report shall include the items described in section 4(c) of this order.

(ii) The Secretary of Energy, in consultation with the heads of appropriate agencies, shall submit a report identifying risks in the supply chain for high-capacity batteries, including electric-vehicle batteries, and policy recommendations to address these risks.

The report shall include the items described in section 4(c) of this order.

(iii) The Secretary of Defense (as the National Defense Stockpile Manager), in consultation with the heads of appropriate agencies, shall submit a report identifying risks in the supply chain for critical minerals and other identified strategic materials, including rare earth elements (as determined by the Secretary of Defense), and policy recommendations to address these risks. The report shall also describe and update work done pursuant to Executive Order 13953 of September 30, 2020 (Addressing the Threat to the Domestic Supply Chain From Reliance on Critical Minerals From Foreign Adversaries and Supporting the Domestic Mining and Processing Industries). The report shall include the items described in section 4(c) of this order.

(iv) The Secretary of Health and Human Services, in consultation with the heads of appropriate agencies, shall submit a report identifying risks in the supply chain for pharmaceuticals and active pharmaceutical ingredients and policy recommendations to address these risks. The report shall complement the ongoing work to secure the supply chains of critical items needed to combat the COVID-19 pandemic, including personal protective equipment, conducted pursuant to Executive Order 14001 of January 21, 2021

(A Sustainable Public Health Supply Chain). The report shall include the items described in section 4(c) of this order.

(c) The APNSA and the APEP shall review the reports required under subsection (b) of this section and shall submit the reports to the President in an unclassified form, but may include a classified annex.

(d) The APNSA and the APEP shall include a cover memorandum to the set of reports submitted pursuant to this section, summarizing the reports' findings and making any additional overall recommendations for addressing the risks to America's supply chains, including the supply chains for the products identified in subsection (b) of this section.

Sec. 4. Sectoral Supply Chain Assessments. (a) Within 1 year of the date of this order, the specified heads of agencies shall submit the following reports to the President, through the APNSA and the APEP:

(i) The Secretary of Defense, in consultation with the heads of appropriate agencies, shall submit a report on supply chains for the defense industrial base that updates the report provided pursuant to Executive Order 13806 of July 21, 2017 (Assessing and Strengthening the Manufacturing and Defense Industrial Base and Supply Chain Resiliency of the United States), and builds on the Annual Industrial Capabilities Report mandated by the Congress pursuant to section 2504 of title 10, United States Code. The report shall identify areas where civilian supply chains are dependent upon competitor nations, as determined by the Secretary of Defense.

(ii) The Secretary of Health and Human Services, in consultation with the heads of appropriate agencies, shall submit a report on supply chains for the public health and biological preparedness industrial base (as determined by the Secretary of Health and Human Services). The report shall complement the work conducted pursuant to section 4 of Executive Order 14001.

(iii) The Secretary of Commerce and the Secretary of Homeland Security, in consultation with the heads of appropriate agencies, shall submit a report on supply chains for critical sectors and subsectors of the information and communications technology (ICT) industrial base (as determined by the Secretary of Commerce and the Secretary of Homeland Security), including the industrial base for the development of ICT software, data, and associated services.

(iv) The Secretary of Energy, in consultation with the heads of appropriate agencies, shall submit a report on supply chains for the energy sector industrial base (as determined by the Secretary of Energy).

(v) The Secretary of Transportation, in consultation with the heads of appropriate agencies, shall submit a report on supply chains for the transportation industrial base (as determined by the Secretary of Transportation).

(vi) The Secretary of Agriculture, in consultation with the heads of appropriate agencies, shall submit a report on supply chains for the production of agricultural commodities and food products.

(b) The APNSA and the APEP shall, as appropriate and in consultation with the heads of appropriate agencies, recommend adjustments to the scope for each industrial base assessment, including digital networks, services, assets, and data (“digital products”), goods, services, and materials that are relevant within more than one defined industrial base, and add new assessments, as appropriate, for goods and materials not included in the above industrial base assessments.

(c) Each report submitted under subsection (a) of this section shall include a review of:

(i) the critical goods and materials, as defined in section 6(b) of this order, underlying the supply chain in question;

(ii) other essential goods and materials, as defined in section 6(d) of this order, underlying the supply chain in question, including digital products;

(iii) the manufacturing or other capabilities necessary to produce the materials identified in subsections (c)(i) and (c)(ii) of this section, including emerging capabilities;

(iv) the defense, intelligence, cyber, homeland security, health, climate, environmental, natural, market, economic, geopolitical, human-rights or forced-labor risks or other contingencies that may disrupt, strain, compromise, or eliminate the supply chain — including risks posed by supply chains’ reliance on digital products that may be vulnerable to failures or exploitation, and risks resulting from the elimination of, or failure to develop domestically, the capabilities identified in subsection (c)(iii) of this section — and that are sufficiently likely to arise so as to require reasonable preparation for their occurrence;

(v) the resilience and capacity of American manufacturing supply chains and the industrial and agricultural base — whether civilian or defense — of the United States to support national and economic security, emergency preparedness, and the policy identified in section 1 of this order, in the event any of the contingencies identified in subsection (c)(iv) of this section occurs, including an assessment of:

(A) the manufacturing or other needed capacities of the United States, including the ability to modernize to meet future needs;

- (B) gaps in domestic manufacturing capabilities, including nonexistent, extinct, threatened, or single-point-of-failure capabilities;
 - (C) supply chains with a single point of failure, single or dual suppliers, or limited resilience, especially for subcontractors, as defined by section 44.101 of title 48, Code of Federal Regulations (Federal Acquisition Regulation);
 - (D) the location of key manufacturing and production assets, with any significant risks identified in subsection (c)(iv) of this section posed by the assets' physical location;
 - (E) exclusive or dominant supply of critical goods and materials and other essential goods and materials, as identified in subsections (c)(i) and (c)(ii) of this section, by or through nations that are, or are likely to become, unfriendly or unstable;
 - (F) the availability of substitutes or alternative sources for critical goods and materials and other essential goods and materials, as identified in subsections (c)(i) and (c)(ii) of this section;
 - (G) current domestic education and manufacturing workforce skills for the relevant sector and identified gaps, opportunities, and potential best practices in meeting the future workforce needs for the relevant sector;
 - (H) the need for research and development capacity to sustain leadership in the development of critical goods and materials and other essential goods and materials, as identified in subsections (c)(i) and (c)(ii) of this section;
 - (I) the role of transportation systems in supporting existing supply chains and risks associated with those transportation systems; and
 - (J) the risks posed by climate change to the availability, production, or transportation of critical goods and materials and other essential goods and materials, as identified in subsections (c)(i) and (c)(ii) of this section.
- (vi) allied and partner actions, including whether United States allies and partners have also identified and prioritized the critical goods and materials and other essential goods and materials identified in subsections (c)(i) and (c)(ii) of this section, and possible avenues for international engagement. In assessing these allied and partner actions, the heads of agencies shall consult with the Secretary of State;
- (vii) the primary causes of risks for any aspect of the relevant industrial base and supply chains assessed as vulnerable pursuant to subsection (c)(v) of this section;
- (viii) a prioritization of the critical goods and materials and other essential goods and materials, including digital products, identified in subsections (c)(i) and (c)(ii) of this section for the purpose of identifying options and policy recommendations.

The prioritization shall be based on statutory or regulatory requirements; importance to national security, emergency preparedness, and the policy set forth in section 1 of this order; and the review conducted pursuant to subsection (c)(v) of this section;

(ix) specific policy recommendations for ensuring a resilient supply chain for the sector. Such recommendations may include sustainably reshoring supply chains and developing domestic supplies, cooperating with allies and partners to identify alternative supply chains, building redundancy into domestic supply chains, ensuring and enlarging stockpiles, developing workforce capabilities, enhancing access to financing, expanding research and development to broaden supply chains, addressing risks due to vulnerabilities in digital products relied on by supply chains, addressing risks posed by climate change, and any other recommendations;

(x) any executive, legislative, regulatory, and policy changes and any other actions to strengthen the capabilities identified in subsection (c)(iii) of this section, and to prevent, avoid, or prepare for any of the contingencies identified in subsection (c)(iv) of this section; and

(xi) proposals for improving the Government-wide effort to strengthen supply chains, including proposals for coordinating actions required under this order with ongoing efforts that could be considered duplicative of the work of this order or with existing Government mechanisms that could be used to implement this order in a more effective manner.

(d) The APNSA and the APEP shall review the reports required under subsection (a) of this section and shall submit the reports to the President in an unclassified form, but may include a classified annex.

Sec. 5. General Review and Recommendations. As soon as practicable following the submission of the reports required under section 4 of this order, the APNSA and the APEP, in coordination with the heads of appropriate agencies, shall provide to the President one or more reports reviewing the actions taken over the previous year and making recommendations concerning:

- (a) steps to strengthen the resilience of America's supply chains;
- (b) reforms needed to make supply chain analyses and actions more effective, including statutory, regulatory, procedural, and institutional design changes. The report shall include recommendations on whether additional offices, personnel, resources, statistical data, or authorities are needed;
- (c) establishment of a quadrennial supply chain review, including processes and

- timelines regarding ongoing data gathering and supply chain monitoring;
- (d) diplomatic, economic, security, trade policy, informational, and other actions that can successfully engage allies and partners to strengthen supply chains jointly or in coordination;
- (e) insulating supply chain analyses and actions from conflicts of interest, corruption, or the appearance of impropriety, to ensure integrity and public confidence in supply chain analyses;
- (f) reforms to domestic and international trade rules and agreements needed to support supply chain resilience, security, diversity, and strength;
- (g) education and workforce reforms needed to strengthen the domestic industrial base;
- (h) steps to ensure that the Government’s supply chain policy supports small businesses, prevents monopolization, considers climate and other environmental impacts, encourages economic growth in communities of color and economically distressed areas, and ensures geographic dispersal of economic activity across all regions of the United States; and
- (i) Federal incentives and any amendments to Federal procurement regulations that may be necessary to attract and retain investments in critical goods and materials and other essential goods and materials, as defined in sections 6(b) and 6(d) of this order, including any new programs that could encourage both domestic and foreign investment in critical goods and materials.

Sec. 6. Definitions. For purposes of this order:

- (a) “Agency” means any authority of the United States that is an “agency” under 44 U.S.C. 3502(1), other than those considered to be independent regulatory agencies, as defined in 44 U.S.C. 3502(5). “Agency” also means any component of the Executive Office of the President.
- (b) “Critical goods and materials” means goods and raw materials currently defined under statute or regulation as “critical” materials, technologies, or infrastructure.
- (c) “Critical minerals” has the meaning given to that term in Executive Order 13953 of September 30, 2020 (Addressing the Threat to the Domestic Supply Chain From Reliance on Critical Minerals From Foreign Adversaries and Supporting the Domestic Mining and Processing Industries).
- (d) “Other essential goods and materials” means goods and materials that are essential to national and economic security, emergency preparedness, or to advance the policy set forth in section 1 of this order, but not included within the definition of “critical goods and

materials.”

(e) “Supply chain,” when used with reference to minerals, includes the exploration, mining, concentration, separation, alloying, recycling, and reprocessing of minerals.

Sec. 7. General Provisions. (a) Nothing in this order shall be construed to impair or otherwise affect

(i) the authority granted by law to an executive department or agency, or the head thereof; or

(ii) the functions of the Director of the Office of Management and Budget relating to budgetary, administrative, or legislative proposals.

(b) This order shall be implemented consistent with applicable law and subject to the availability of appropriations.

(c) This order is not intended to, and does not, create any right or benefit, substantive or procedural, enforceable at law or in equity by any party against the United States, its departments, agencies, or entities, its officers, employees, or agents, or any other person.

JOSEPH R. BIDEN JR.

THE WHITE HOUSE,

February 24, 2021.