



λίθιο (Li), γάλλιο (Ga) κλπ., από τα οποία, έστω και σε μικρές ποσότητες, εξαρτάται άμεσα η μετάβαση στη βιώσιμη παραγωγή και στα φιλικά προς το περιβάλλον προϊόντα. Τα μέταλλα αυτά διαδραματίζουν σημαντικό ρόλο στην ανάπτυξη καινοτόμων τεχνολογιών για την αύξηση της ενεργειακής απόδοσης και τη μείωση των εκπομπών αερίων θερμοκηπίου. Επίσης, στη μαζική παραγωγή ηλεκτρικών - ηλεκτρονικών προϊόντων (κινητά τηλέφωνα, επίπεδες οθόνες τηλεόρασης και κομπιούτερ, λά-

Lexus, που οδηγούν πολλοί Έλληνες βουλευτές και υπουργοί, είναι οι μεγαλύτεροι καταναλωτές σπάνιων γαιών στον κόσμο. Και φυσικά δεν είναι mining free... όπως σχεδόν τίποτε στον κόσμο!

Η σπανιότητα (metal scarcity) για, περίπου, 15 χημικά στοιχεία σπάνιων γαιών, όπως παραδέχονται πλέον όλοι, αποτελεί το νέο μείζον πολιτικό ζήτημα από το οποίο εξαρτάται σε μεγάλο βαθμό η «διατηρησιμότητα» του οικολογικού μας μέλλοντος. Με την αλματώδη αύξηση της ζήτησης για τα στοιχεία αυτά, σε λίγα χρόνια -και εφόσον βέβαια δεν αυξηθεί σημαντικά η παραγωγή τους- θα παρουσιαστεί σημαντική έλλειψη στους τομείς της ηλεκτροκίνησης, των ΑΠΕ

Πράσινη ανάπτυξη δίχως ορυκτά είναι αδύνατη!

Goodbye Fossil Fuel Dependence, Hello Rare Earth Dependence!

του Δρος ΠΕΤΡΟΥ ΤΖΕΦΕΡΗ*

Τα ορυκτά υπάρχουν παντού γύρω σας. Σε κάθε σπίτι, σε κάθε γραφείο, στα αυτοκίνητα, στις τηλεοράσεις, στα φάρμακα, στα καλλυντικά, ακόμη και στην οδοντόκρεμα που χρησιμοποιήσατε σήμερα το πρωί!

Η «πράσινη» ανάπτυξη των φωτοβολταϊκών, των ψηφιακών υπηρεσιών, των καινοτόμων οικολογικών τεχνολογιών και της παγκοσμιοποίησης θεωρεί τη «μεταλλεία» αναχρονιστική και αβιώσιμη. Εντούτοις, ο πυρετός για τον πράσινο «χρυσό», οι πράσινες τεχνολογίες και οι εναλλακτικές δυνατότητες των ΑΠΕ βασίζονται στη χρήση ορυκτών πόρων, των σπάνιων γαιών. Κι ο ψηφιακός μας κόσμος στηρίζει τα πόδια του στο «coltan» (ταντάλιο) των μαύρων του Κονγκό και φυσικά στο πυρίτιο.

Οι ηλιακές κυψέλες και τα Φ/Β στοιχεία, οι ανεμογεννήτριες, η «πράσινη» αυτοκίνηση (τα υβριδικά αυτοκίνητα, τα αμιγώς ηλεκτροκίνητα, αλλά και εκείνα του υδρογόνου), καθώς και οι περισσότερες οικολογικές τεχνολογίες, οφείλουν την ύπαρξη ή λειτουργικότητά τους σε ένα σύνολο από μέταλλα «υψηλής τεχνολογίας», στο πυρίτιο (Si), καθώς και τις γνωστές πλέον στην ανθρωπότητα ορυκτές «σπάνιες γαίες». Πρόκειται για μέταλλα όπως κοβάλτιο (Co), λευκόχρυσος (Pt), τιτάνιο (Ti), ταντάλιο (Ta), ινδίο (In), νεοδύμιο (Nd), δυσπρόσιο (Dy), δημήτριο (Ce), ευρώτιο (Eu), τέρβιο (Tb), λανθάνιο (La),

μπες εξοικονόμησης CFL, καταλύτες αυτοκινήτων, συστήματα ABS κλπ.), καθώς και στην τεχνολογία των ΑΠΕ.

Το νεοδύμιο (Nd) και το διαπρόσιο (Dy) έχουν τέτοιες μαγνητικές ιδιότητες που τα κατέστησαν απαραίτητα για την κατασκευή ανεμογεννητριών. Το Nd αποτελεί το «στοιχείο - κλειδί» για την παρασκευή ενός κράματος (NdFeB), με το οποίο κατασκευάζονται ισχυροί μαγνήτες που έχουν ελάχιστο βάρος και αντέχουν στις υψηλές θερμοκρασίες που αναπτύσσονται στους ηλεκτροκινητήρες. Για την κατασκευή μιας ανεμογεννήτριας απαιτείται 1 τον. Nd, περίπου, και η τρέχουσα παραγωγή είναι μόλις 20.000 τον. ετησίως (εντούτοις είναι ιστορικά η μέγιστη που έχει επιτευχθεί). Επίσης, τα περιζήτητα πλέον υβριδικά αυτοκίνητα (αλλά και τα ηλεκτροκίνητα που έπονται) οδήγησαν σε ραγδαία αύξηση της ζήτησης για τα παραπάνω μέταλλα, που είναι απαραίτητα για την κατασκευή ηλεκτροκινητήρων των υβριδικών μοντέλων, όπως είναι το Toyota Prius και το Honda Insight. Σημειώτέον ότι για την κατασκευή κάθε ηλεκτροκινητήρα Prius απαιτείται 1 Kg Nd κι ακόμα τουλάχιστον 100g Dy, ενώ για την μπαταρία του απαιτούνται 10-15 kg La. Αυτή τη στιγμή το Prius, το Insight και το

κλπ. Δυστυχώς, τα υλικά αυτά, εκτός από τη μεγάλη οικονομική σημασία τους, χαρακτηρίζονται από το γεγονός ότι τα περισσότερα κοιτάσματά τους, δεν είναι διεσπαρμένα επαρκώς ανά την υφήλιο, αλλά εντοπίζονται σε μεγάλο βαθμό σε ορισμένες χώρες (κυρίως Κίνα, Β. Αμερική, Αυστραλία), επηρεάζοντας αρνητικά την πρόσβαση, αλλά και την ασφάλεια του εφοδισμού. Επιπλέον, χαρακτηρίζονται από μεγάλη έλλειψη υποκατάστατων. Σήμερα, παρά την 20ετή βασική έρευνα στον τομέα, δεν έχει βρεθεί υποκατάστατο που να έχει τις μαγνητικές και γενικότερα τις ιδιότητες του Nd.

Ηδη, η Κίνα ελέγχει το 95-97% της παγκόσμιας παραγωγής στα ορυκτά των σπάνιων γαιών (138 χιλ. τον. για το 2008). Ειδικότερα, παράγει το 99% του Dy και Tb και 95% του Nd. Μάλιστα, προβλέποντας έγκαιρα την ακόρυφη αύξηση της ζήτησης, εφαρμόζει όλο και περισσότερο στρατηγικές και περιοριστικά μέτρα που αποσκοπούν στην προστασία των ίδιων πόρων της, ώστε να εξασφαλίσουν ειδικά πλεονεκτήματα για τις βιομηχανίες τους στα επόμενα στάδια της μεταποίησης. Τα μέτρα, όμως, αυτά, π.χ., εξαγωγικοί φόροι και ποσοστώσεις, επιχορηγήσεις, συστήματα διπλής τιμολόγησης κ.ά., ουσιαστικά στρεβλώ-

* Δρ. μηχανικός ΕΜΠ, συγγραφέας, <http://elladitsamas.blogspot.com/>

von το παγκόσμιο εμπόριο πρώτων υλών.

Οι βιομηχανικές χώρες, όπως η Ιαπωνία, οι ΗΠΑ αλλά και η ΕΕ, έχουντας ήδη πληγεί από μια κρίση εφοδιασμού το 2000, όταν η θεαματική αύξηση της κινητής τηλεφωνίας οδήγησε σε αιφνίδια αύξηση της ζήτησης τανταλίου (Ta), 80% του οποίου εντοπίζεται μόνο στο Κογκό, αναγνώρισαν το πρόβλημα εξάρτησης από τις πρώτες ύλες και εφαρμόζουν ήδη ειδικές πολιτικές. Οι ΗΠΑ, για παράδειγμα, καθόρισαν τις πρώτες ύλες στρατηγικής σημασίας και επίσης διατηρούν απόθεμα ασφαλείας πρώτων υλών για την αμυντική βιομηχανία. Μάλιστα, πρόσφατα αποφάσισαν να επαναλειτουργήσουν το παλαιό ορυχείο σπανίων γαιών του Mountain Pass (Καλιφόρνια), με αρχικό στόχο τους 20.000 τον./έτος. Η ΕΕ με την πρόσφατη πρωτοβουλία για τις πρώτες ύλες (πρωτοβουλία G. Verheugen) προσπαθεί να αντιδράσει θεοπιζώντας το τρίπτυχο: βιώσιμη παραγωγή από εγκώριες πρώτες ύλες, βιώσιμη κατανάλωση, ανακύκλωση, ενώ παράλληλα -μη διαθέτοντας σπάνιες γαίες- προωθεί πολιτικές άρσης των εμποδίων πρόσβασης σε αυτές: κανονιστικό πλαίσιο εμπορικών συναλλαγών, φορολογικό σύστημα, υποδομές μεταφορών, δράσεις του ΠΟΕ κλπ.

Το πυρίτιο (Si, μονο-, πολυ-κρυσταλλικό ή άμορφο) των Φ/Β στοιχείων, προέρχεται από την εξόρυξη και τον καθαρισμό του ορυκτού οξειδίου του πυριτίου και του χαλαζίτη, που ευτυχώς βρίσκονται σε αφθονία στον στερεό φλοιό της Γης (πάνω από 28%). Το 2007 ήταν η πρώτη χρονιά που η βιομηχανία των Φ/Β στοιχείων χρησιμοποίησε περισσότερο πυρίτιο από τη βιομηχανία της πληροφορικής. Όλη η αμερικανική βιομηχανία εκτός των πολυκρυσταλλικών κυψελών (p-Si) έχει στρέψει την προσοχή της στην ανάπτυξη των τεχνολογιών λεπτής μεμβράνης/thin-film και στα φωτοβολταϊκά συγκεντρωτικού τύπου (concentrating solar-

thermal technology). Επιπλέον, γίνονται προσπάθειες για τη χρησιμοποίηση και άλλων στοιχείων (επιστρώνονται είτε μόνα τους ή σε συνδυασμό), όπως αρσενικό γάλλιο (GaAs), θειούχο κάδμιο (CdS), τελοουριούχο κάδμιο (CdTe), φωσφορούχο ίνδιο (InP), που έχουν μεγαλύτερη απόδοση (8-13%) από αυτή του άμορφου πυριτίου (a-Si). Ακόμη και μεταλλιζέ μπαλόνια (σαν αυτά από Al των παιδικών πάρτι) έχουν δοκιμαστεί στους η-

Μπορεί να μην το καταλαβαίνουμε, αλλά σε όλη τη διάρκεια της ζωής μας θα χρησιμοποιήσουμε έως και 400 τόνους ορυκτών!

λιακούς συλλέκτες, επιβεβαιώνοντας ότι τα ορυκτά και ειδικότερα τα μεταλλικά παράγωγά τους αποτελούν την κινητήρια δύναμη σε κάθε νέα τεχνολογία.

Η αποθήκευση του υδρογόνου, που θεωρείται από ορισμένους ως μεγάλη ελπίδα για την επίλυση του ενεργειακού μας, μπορεί να επιτευχθεί με τη χρήση δεξαμενών Μεταλλικών Υδριδίων (βορίου, λιθίου, νατρίου κλπ.) που μπορούν να αντιδράσουν βιαιώς με το νερό. Τα προηγμένα απαιτούμενα λιθικά (Sodium Borohydride, Lithium Aluminium Hydride, Ammonia Borane κλπ.) παράγονται από ορυκτά. Οι ενώσεις του βορίου παράγονται από το ορυκτό βόρακα και

προσφέρουν καλή ενεργειακή πυκνότητα, αλλά και ελεγχόμενο κόστος.

Ακόμη και στη Σελήνη και τον Άρη έχουν επεκταθεί οι έρευνές μας για ορυκτά πετρώματα και μέταλλα, καθώς εκτιμάται ότι εκεί υπάρχουν σε αφθονία σπάνια ή λιγότερο σπάνια ορυκτά. Ειδικά στη Σελήνη, ήδη, σχεδιάζονται ορυχεία από τις υπερδυνάμεις, όχι για κοπάσματα πολύτιμων μετάλλων, αλλά για την εξόρυξη μεγάλων ποσοτήτων του σπάνιου (στη Γη) ισοτόπου του στοιχείου ηλίου 3 (3He), ως ασφαλούς και φιλικού προς το περιβάλλον υποψήφιου καυσίμου για τους θερμοπυρηνικούς αντιδραστήρες σύντηξης, οι οποίοι αποτελούν την άλλη απώτερη, αλλά μεγάλη ελπίδα της ανθρωπότητας, για οριστική λύση του ενεργειακού μας.

Είναι, λοιπόν, προφανές ότι η εξόρυξη των σπανίων αυτών ορυκτών, ακόμη κι αν δεν παράγονται στην Ελλάδα, πρέπει να μας ενδιαφέρει, αφού θέλουμε να χρησιμοποιούμε -και μάλλον ευρέως- τα «πράσινα» παράγωγά τους, στα οποία (πρέπει να) ενσωματώνονται τόσο το βασικό όσο και το «σκιάδες» κόστος τους. Εκτός κι αν δεν μας ενδιαφέρει ούτε πόσο κοστίζουν, ούτε πώς εξορύσσονται, ούτε πού εξορύσσονται, αρκεί να μην είναι στην αυλή μας. Δυστυχώς ή ευτυχώς η εξορυκτική δραστηριότητα δεν μπορεί να αποκλειστεί από την ατζέντα της πράσινης ανάπτυξης. Θα είναι πάντα εκεί για να μας θυμίζει ότι η πράσινη ανάπτυξη δεν είναι ένα κλειστό κουτί που μόλις το ανοίξουμε βγαίνουν από μέσα πράσινα καλούδια. Η πράσινη ανάπτυξη δεν είναι ούτε κλειστό κουτί, ούτε χρωματισμένο.

Είναι ένας διαρκής και υπεύθυνος αναπτυξιακός αγώνας για τη μετάβαση στη βιώσιμη κοινωνία. Με βασικούς μοχλούς τη βιομηχανική οικολογία, την οικο-αποδοτικότητα, τη στοχευμένη έρευνα, την περιβαλλοντική καινοτομία. Και μέσα του χωράει σε ισοδύναμα ποσοστά, τόσο την πρωτογενή παραγωγή, όσο και τη μεταποίηση, τον οικιακό τομέα και τις υπηρεσίες,

Αναμφίβολα, η ψηφιακή επανάσταση έχει ήδη διεισδύσει στο ευρύτερο πεδίο της πολιτικής. Με τον όρο «ηλεκτρονική δημοκρατία» (e-democracy) αναφερόμαστε συνήθως στις καινοτομικές εφαρμογές των νέων τεχνολογιών της πληροφορίας και της επικοινωνίας (οι λεγόμενες ΤΠΕ) προκειμένου να υποστηρίχθούν οι δημοκρατικές διαδικασίες και, κυρίως, οι πολύπλοκες διαλογικές σχέσεις ανάμεσα σε κυβέρνηση και κυβερνώμενους, πολιτικούς και πολίτες, εκπροσώπους και εκπροσωπούμενους. Παραδείγματα τέτοιου είδους εφαρμογών αποτελούν:

- η ηλεκτρονική ψήφος
- τα ηλεκτρονικά δημοψηφίσματα
- οι ηλεκτρονικές προεκλογικές εκστρατείες
- η μαζική ηλεκτρονική αίτηση πολιτών
- η αμφίδρομη ηλεκτρονική επικοινωνία των αρχών με τους πολίτες, κλπ.

Η ηλεκτρονική δημοκρατία στηρίζεται σε δύο περιεκτικούς κεντρικούς άξονες (Τριανταφύλλου, 2008):

1. Την ηλεκτρονική διαβούλευση και συμμετοχή (e-engagement/e-participation), η οποία «περιλαμβάνει την εμπλοκή του πολίτη στα κοινά, με τη χρήση νέων τεχνολογιών και βασικά του διαδικτύου, καθώς και άμεση και γρήγορη πρόσβαση στην πληροφόρηση. Ο πολίτης/χρήστης, μπορεί να εκφράζει τη γνώμη του και να παίρνει μέρος σε δημοσκοπήσεις, έρευνες, on line ερωτηματολόγια ή και να προτείνει ο ίδιος θέματα προς συζήτηση. Η ηλεκτρονική διαβούλευση περιλαμβάνει την παροχή πληροφοριών, από την κυβέρνηση ή και από άλλους πολιτικούς φορείς, προς τους πολίτες, είτε μετά από απαίτηση των ίδιων των πολιτών είτε μετά από πρωτοβουλία της πολιτικής αρχής. Έτσι, δημιουργείται μία αμφίδρομη σχέση και επικοινωνία μεταξύ των πολιτών και των πολιτικών, γεγονός που

