

Ανδρέας Θεοφίλου*

Η ευφορία γύρω από την πυρηνική σύντηξη και το ITER

Ύστερα από είκοσι χρόνια διαπραγματεύσεων, υπογράφηκε επιτέλους η σύμβαση για το διεθνές πρόγραμμα της πυρηνικής σύντηξης, το επονομαζόμενο ITER. Περίεργως, η υπογραφή μιας επί τόσα χρόνια σοβούσης διαπραγμάτευσης χτύπησε τα πρωτοσέλιδα των εφημερίδων, παρότι η υπογραφή της συμφωνίας ήταν κάτι το αναμενόμενο και η πυρηνική σύντηξη δεν αποτελούσε κάτι το καινούριο. Δικαιολογείται όμως η ευφορία που προκαλούσαν στον

αναγνώστη οι τίτλοι των εφημερίδων; Λύνουμε πράγματι το ενεργειακό μας πρόβλημα στο κοντινό μέλλον ή έστω ύστερα από είκοσι, τριάντα χρόνια;

Η πυρηνική σύντηξη έγινε γνωστή στον κόσμο από την πρώτη δοκιμή θερμοπυρηνικής βόμβας από τη Σοβιετική Ένωση το 1949. Η βόμβα αυτή στηριζόταν στις αντιδράσεις των ισοτόπων δευτερίου και τριτίου, που είναι ισότοπα υδρογόνου των οποίων οι πυρήνες των ατόμων τους έχουν

* Διευθυντής Ερευνών στο ΕΚΕΦΕ Δημόκριτος και μέλος της Εκτελεστικής Επιτροπής του Εργαστηρίου Πυρηνικής Σύντηξης της Ευρωπαϊκής Ένωσης (JET) την περίοδο 1981-1993.

ένα και δύο νετρόνια αντίστοιχα, ενώ στο κοινό υδρογόνο δεν υπάρχει κανένα. Το επίτευγμα αυτό ήταν μια απάντηση της ΕΣΣΔ στην ολοένα αυξανόμενη πυρηνική ικανότητα των ΗΠΑ και στις συνεχείς πυρηνικές απειλές. Ήταν πράγματι ένας επιστημονικός και τεχνολογικός άθλος για την κατεστραμμένη από τον Δεύτερο Παγκόσμιο πόλεμο ΕΣΣΔ. Η κατασκευή της προϋπέθετε θερμοκρασίες εκατοντάδων εκατομμυρίων βαθμών και υψηλές πιέσεις ώστε οι πυρήνες των ισοτόπων του υδρογόνου να πλησιάζουν αρκετά μεταξύ τους και να αντιδράσουν, παράγοντας πυρήνες ηλίου και νετρόνια ($H^2 + H^3 = He^4 + n$), τα οποία έχουν τεράστια κινητική ενέργεια. Για να επιτευχθούν αυτές οι υψηλές θερμοκρασίες και πιέσεις, γίνεται πρώτα έκρηξη μιας βόμβας σχάσης (τύπου Χιροσίμας), που είναι ενσωματωμένη στην εκρηκτική συσκευή. Βέβαια η διάταξη αυτή δεν είναι και τόσο απλή, αλλά θα αποφύγουμε την περιγραφή της μια και δεν είναι θέμα του παρόντος άρθρου.

Η ύπαρξη αφθονίας δευτερίου στη φύση, που μπορεί να το πάρει κανείς από ηλεκτρόλυση του νερού της θάλασσας, οδήγησε στην απόπειρα ειρηνικής χρήσης της πυρηνικής σύντηξης. (Το διαφορετικό στοιχείο που χρειάζεται το τρίτιο παράγεται εύκολα από το λίθιο, που περιέχεται σε αφθονία σε διάφορα ορυκτά.) Για την ειρηνική χρήση, όμως, οι υψηλές θερμοκρασίες δεν μπορούσαν να επιτευχθούν με έκρηξη βομβών σχάσης, καθότι η ραδιενέργεια θα σκορπιζόταν στο περιβάλλον και θα έκανε ακατοίκητες περιοχές εκατοντάδες χιλιόμετρα μακριά από την έκρηξη. Έτσι, άρχισαν να επινοούνται διάφορες συσκευές.

Στην αρχή προσπαθούσε η κάθε χώρα ξεχωριστά, κριβόντας με επιμέλεια τα θεωρητικά και πειραματικά της αποτελέσματα. Μάλιστα οι ΗΠΑ σε ένα συνέδριο στη Γε-

νεύη (1958) παρουσίασαν μια συσκευή που, όπως ισχυριζόνταν, πραγματοποιούσε σύντηξεις. Για το σκοπό αυτόν είχαν έναν μετρητή νετρονίων, που υποτίθεται ότι μετρούσε τα νετρόνια που παράγονταν από τη σύντηξη. Η αλήθεια αποκαλύφθηκε όταν οι συνέδριοι διαπίστωσαν ότι καταγραφόταν παραγωγή νετρονίων με σβηστή τη συσκευή. Η απόκρυψη των αποτελεσμάτων απεδείχθη πολύ αντικοινωνική και ύστερα από δύο περίπου δεκαετίες ανεπιτυχών προσπαθειών όλοι πείστηκαν ότι ο μόνος δρόμος ήταν να δημοσιεύουν τα αποτελέσματά τους.

Ύστερα από τον πειραματισμό με διάφορες συσκευές, πιο αποτελεσματική αποδείχτηκε η τύπου TOKAMAK, την οποία ελαινούσε μια ομάδα σοβιετικών επιστημόνων. Η κεντρική συνιστώσα αυτής της συσκευής, που αποτελεί το δοχείο μέσα στο οποίο βρίσκονται τα ιονισμένα ισότοπα του υδρογόνου, έχει σχήμα μεταλλικού τόρου¹ (σαμπρέλας) γύρω από τον οποίο υπάρχει περιέλιξη μεταλλικού αγωγού μέσα από τον οποίο διέρχεται ισχυρό ηλεκτρικό ρεύμα. Έτσι, η περιέλιξη αυτή λειτουργεί σαν μαγνήτης που αποτρέπει τα ηλεκτρόνια και τα ιονισμένα άτομα από το να πλησιάζουν τα τοιχώματα του δοχείου. Η θέρμανση του υδρογόνου γίνεται με ισχυρούς ηλεκτρομαγνήτες κάθετους στον τόρο.

Οι χώρες της Ευρωπαϊκής Ένωσης, η μια μετά την άλλη, άρχισαν να πειραματίζονται με συσκευές TOKAMAK, παρότι κομμουνιστικής εμπνεύσεως, και τελικά αποφάσισαν να κατασκευάσουν μια συσκευή μεγάλων διαστάσεων που θα επιτύχανε συνθήκες σύντηξης. Κάποιοι ενδοιασμοί που υπήρχαν από μερικούς για το ότι το TOKAMAK είχε σοβιετικούς συνειρμούς λύθηκαν με την υιοθέτηση του ονόματος JET (Joint European Torus) για την ευρωπαϊκή συσκευή. Η συσκευή αυτή λειτούργησε επιτυχάνοντας θε-

μοκρασίες διακοσίων εκατομμυρίων βαθμών, ώστε θεωρητικά, αν υπήρχε τρίτο εκτός από το δευτέριο στη συσκευή, θα επιτυγχάνονταν συνθήκες σύντηξης. (Δεν χρησιμοποιήθηκε τρίτο παρά ελάχιστες φορές για να μη μολυνθεί με ραδιενέργεια η συσκευή.) Αλλά τα προβλήματα της σύντηξης είναι πολλά. Αρκετά λύθηκαν, όπως για παράδειγμα οι ηλεκτρολογικές και μηχανολογικές επισκευές με ειδικό ρομπότ. Δεν αρκεί όμως να ανάψεις μια φωτιά, έστω εκατομμυρίων βαθμών για μερικά δευτερόλεπτα. Είναι απαραίτητη η διατήρησή της για μεγάλα χρονικά διαστήματα. Στην πράξη δεν μπορεί να ανάψεις και να σβήνεις τη φωτιά κάθε τόσο. Χρειάζεται η συσκευή να λειτουργεί συνεχώς. Αυτό όμως δεν ήταν δυνατό για τη συσκευή του JET.

Οι συζητήσεις για μια πιο μεγάλη συσκευή είχαν αρχίσει. Μια όμως και το κόστος ήταν τεράστιο, αποφασίστηκε να γίνει με κοινοπραξία της Ευρωπαϊκής Ένωσης, των ΗΠΑ, της ΕΣΣΔ και της Ιαπωνίας. Παρότι το νέο πρόγραμμα άρχισε σε επίπεδο σχεδιασμού το 1985, η τελική συμφωνία για την υλοποίησή του έγινε μόνο πρόσφατα. Στην καθυστέρηση του προγράμματος συνέβαλαν και οι παλινωδίες των ΗΠΑ, που την περίοδο 1999-2003 αποχώρησαν από την κοινοπραξία. Στο νέο ITER συμμετέχει η Κίνα, η Ινδία και η Νότια Κορέα, ενώ τη θέση της ΕΣΣΔ πήρε η Ρωσία... Η αντίθεση στη σύντηξη οφειλόταν στη θέση ότι: *Είναι πιο εύκολο να αναπτύσσει κανείς την τεχνολογία ανεύρεσης και εξόρυξης κοιτασμάτων πετρελαίου από πιο βαθιά στρώματα, παρά να τα δαπανάει σε ένα πρόγραμμα που στο μέλλον θα έδινε μια μορφή ενέργειας μεγάλου επενδυτικού κόστους.* Η θέση αυτή είναι ορθή από οικονομικής πλευράς, τουλάχιστον για έναν χρονικό ορίζοντα 50-100 χρόνων από πλευράς περιβάλλοντος, ό-

μως, έχει πολύ αρνητικές συνέπειες ένεκα του φαινομένου του θερμοκηπίου. Από πολιτικής πλευράς δεν είναι βέβαιο ότι οι ΗΠΑ και ο στενός τους σύμμαχος, η Μεγάλη Βρετανία, θα ελέγχουν για πάντα τις αυλές των αράβων ηγεμόνων. Εξάλλου η επέμβαση με ωμή βία, όπως έγινε στο Ιράκ, απεδείχθη αναποτελεσματική.

Το πρόγραμμα ITER έχει να επιλύσει πολλά προβλήματα που θα βοηθήσουν στη σχεδίαση και κατασκευή της επόμενης συσκευής. Για τον σκοπό αυτό θα διατεθούν περίπου 10 δισεκατομμύρια ευρώ σε τριάντα χρόνια. Η συσκευή θα είναι έτοιμη να λειτουργήσει γύρω στο 2016 και οι σχετικές μελέτες θα διαρκέσουν μέχρι το 2036 με δυνατότητα παράτασης μιας δεκαετίας. Ο χρόνος διάρκειας των συνθηκών σύντηξης αναμένεται ότι θα είναι λίγο μεγαλύτερος από 100 δευτερόλεπτα, αρκετά λίγος για βιομηχανική παραγωγή ενέργειας, αρκετός όμως για να οδηγηθεί το πλάσμα (πυρήνες υδρογόνου και ηλεκτρόνια) σε σταθερή κατάσταση. Εν τω μεταξύ θα αρχίσει η σχεδίαση της επόμενης συσκευής, που θα δείξει την παραγωγή ενέργειας από τη σύντηξη σε βιομηχανική κλίμακα.

Η σύντηξη είναι πολύ φιλική για το περιβάλλον καθώς δεν δημιουργεί ραδιενεργά υλικά μεγάλου χρόνου ζωής, των οποίων η διαχείριση είναι δύσκολη. Όσον αφορά την ασφάλεια, δεν υπάρχει κίνδυνος έκρηξης αλλά μόνον έρρηξης. Έτσι δεν υπάρχει κίνδυνος διαρροής ραδιενέργειας στο περιβάλλον.

Η αχίλλειος πτέρνα της είναι το τεράστιο επενδυτικό κόστος. Οι διάφορες συνιστώσες της συσκευής σύντηξης απαιτούν υψηλές τεχνικές προδιαγραφές. Για παράδειγμα, ελάχιστες προσροφήσεις ξένων μορίων στην εσωτερική επιφάνεια του τόρου οδηγούν στο σβήσιμο του πλάσματος. Αντίθετα, για ανανεώσιμες μορφές ενέργειας,

όπως είναι η αιολική και η ηλιακή, το επενδυτικό κόστος είναι μικρό. Αυτό το κόστος θα γίνει ακόμα πιο μικρό με τη μαζική παραγωγή και εγκατάσταση ανεμογεννητριών και φωτοβολταϊκών στοιχείων. Ιδιαίτερα για τα δεύτερα, το κόστος διακίνησής τους είναι ασύμμετρα μεγάλο σε σχέση με το κόστος παραγωγής τους. Δυστυχώς η χώρα μας, πλούσια σε ήλιο και ανέμους, βρίσκεται πολύ πίσω στον τομέα αυτό.

Από τα παραπάνω συμπεραίνουμε ότι η ευφορία για την επίλυση του ενεργειακού προβλήματος μέσω της πυρηνικής σύντηξης δεν δικαιολογείται. Ακόμη και όταν κατασκευαστούν οι πρώτες βιομηχανικές μονάδες, δεν θα μπορούν να ανταγωνιστούν το πετρέλαιο και τις άλλες μεθόδους παραγωγής ενέργειας.

Όσον αφορά την παραγωγή ενέργειας από σκέτο υδρογόνο, αυτό είναι σκέτη απάτη. Αλλά για αυτό σε άλλο σημείωμα.

Όσον αφορά το πρόγραμμα ITER, το προτιμούμε αντί της ανάλωσης των κρατικών προϋπολογισμών σε πολεμικές δαπάνες. Τουλάχιστον, δίνει μια εναλλακτική λύση στον χρονικό ορίζοντα μιας πεντηκονταετίας.

Σημείωση

1. Με τον όρο τόρος μεταφράσαμε το λατινικό *torus*, διότι στην Αρχαία Ελληνική το ρήμα *τορέω* η τωρώ σήμαινε γυρίζω, τορνεύω.



Ιερώνυμος Μπος, Η δημιουργία του κόσμου, τρίπτυχο (εξωτερικά πενήγνια), περ. 1505



Φρανσίσκο Γκόγια, Εσωτερικό φυλακής, 1810-1812;