

Φάκελος: πυρηνική ενέργεια, σεισμοί και κατασκευές

Φυσικά φαινόμενα, πυρηνική ενέργεια, σεισμοί και αντισεισμική ασφαλεία

Το εξελισσόμενο πυρηνικό ατύχημα στη Fukushima της Ιαπωνίας και συνακόλουθες σκέψεις

Του καθηγητή Σ. Ε. Σιμόπουλου *

H 60χρονη ιστορία της πυρηνικής πληκτροπαραγωγής έχει δώσει μέχρι σήμερα 4 μεγάλα πυρηνικά ατυχήματα :

- 1957, Windscale – Αγγλία, Κλίμακα INES 5. Οι Πυρηνικοί Αντιδραστήρες στο Windscale, Γραφίτη – Φυσικού Ουρανίου – Αεριόψυκτοι, χρησιμοποιούντο για την παραγωγή πλουτωνίου. Εκταση 500km² γύρω από την εγκατάσταση ρυπάνθηκε και απαγορεύτηκε εξαιτίας I-131 το γάλα από τις Αρχές. Εργαζόμενος εκτέθηκε σε δύο 46 mSv, (επίσης δύο φουστικού υποστρώματος 2 mSv). Φαίνεται ότι οι μεταγενέστερες επιπτώσεις ήταν σοβαρότερες εκείνων που εκτιμήθηκαν αρχικά.

- 1979, Three Mile Island – Η.Π.Α., Κλίμακα INES 5. Ο Πυρηνοθεκτικός Σταθμός (ΠΗΣ) με αντιδραστήρα τύπου PWR (πεπιεσμένου ύδατος), 907 MWe,, βρίσκεται κοντά στο Harrisburg, Pennsylvania. Την ημέρα του ατυχήματος, 28-03-79, ήταν οργάνωση περίπου για 1 έτος. Παρά τη σοβαρότητα του ατυχήματος, τήξη περί του 1/3 του πυρήνα, η διαρροή ραδιενέργειας – λόγω περιβλήματος – ήταν πολύ περιορισμένη, περίπου ίση με το 1/40000 αυτής στο Chernobyl και 1/400 αυτής στο Windscale.

- 1986, Chernobyl – Μονάδα 4 – Ουκρανία, Κλίμακα INES 7. ΠΗΣ με 4 ΠΑΙ (Πυρηνικοί Αντιδραστήρες Ισχύος 1-2-3-4) τύπου RBMK (ζέοντος ύδατος – γραφίτη) χωρίς περιβλήμα, Ισχύος 1000 MWe ο καθένας. Χρονολογίες θέσης σε ήτειουργία : ΠΑΙ-1 το 1977, ΠΑΙ-2 το 1978, ΠΑΙ-3 το 1981 και ΠΑΙ-4 το 1983 . Ο τελευταίος αστόχησε και καταστράφηκε εντελώς με συνέπεια το μεγαλύτερο ατύχημα στην ιστορία της Πυρηνικής Ηλεκτροπαραγωγής. Σύμερα, ο ΠΗΣ έχει διακόψει τη ήτειουργία του.
- 2011, Fukushima-I – Μονάδες 1-4 (?) – Ιαπωνία, Κλίμακα INES 5 (?). Το ατύχημα βρίσκεται σήμερα (27-03-11) σε εξέλιξη και προφανώς δεν μπορούν ακόμη να συνοψισθούν τελικά συμπεράσματα.

Το τελευταίο ατύχημα στη Fukushima-I ξεκίνησε από τον σεισμό των 9R στις 11.03.2011, ενώ ακολούθησε τσουνάμι ύψους 10-14 μέτρων. Οι αντιδραστήρες τύπου BWR (ζέοντος ύδατος), 2ns γενιάς, σκεδιοκατασκευής της δεκαετίας του '60, ο πρώτος-παλαιότερος τέθηκε σε ήτειουργία το



Καπνός σε έναν από τους πυρηνικούς αντιδραστήρες στη Fukushima

1971 και πρόσφατα αδειοδοτήθηκε για 10 ακόμη χρόνια. Μολονότι η σχεδίαση ήταν για σεισμό 8R οι αντιδραστήρες ανταποκρίθηκαν ικανοποιητικά στον σεισμό, όπως το σύνολο των 55 αντιδραστήρων στην Ιαπωνία, και άρχισε αμέσως η διαδικασία έκτακτης σβέσης, η οποία υπό κανονικές συνθήκες απαιτεί συνεχή κυκλοφορία του ψυκτικού μέσου για ένα διάστημα τουλάχιστον 7-8 ημερών. Όμως, το τσουνάμι που ακολούθησε βρήκε εντελώς ευάλωτους τους υπόψη αντιδραστήρες, μιας και είχε περίπου διπλάσιο ύψος από το ύψος σχεδιασμού των 6.5 μέτρων. Πέραν

κό blackout, το οποίο άρχισε με αργά βήματα να αποκαθίσταται σταδιακά περίπου μια εβδομάδα αργότερα. Δηλαδή, για μια περίπου εβδομάδα ο σταθμός παρέμεινε χωρίς ισχύ. Αποτέλεσμα ήταν οι αντιδραστήρες να μείνουν χωρίς εφεδρική ψύξη για αρκετό διάστημα – με πλύση ανάγκης τον αυτοσχεδιασμό της εξωτερικής ψύξης με θαλασσινό νερό το οποίο εκτόξευαν πυροσβεστικές αντλίες και τα ραδιενέργεια λύματα να επανέρχονται πιθανότατα στη θάλασσα – και σίγουρα να έχει επακολουθήσει μερική τήξη των ράβδων του πυρηνικού καυσίμου στα δοχεία πιέσεως για

"Τα κράτη δεν θα πρέπει να παραδίδουν άκριτη εκμετάλλευση της πυρηνικής ενέργειας στους ιδιώτες. Οι λαοί θα πρέπει να προχωρούν με περίσκεψη στο ενεργειακό τους μείγμα"

αυτού, το εθνικό δίκτυο πληκτρικής ενέργειας της Ιαπωνίας, το οποίο θα έπρεπε να παρέχει πληκτρική ισχύ στο σταθμό, είχε αστοχήσει, ενώ παράλληλα οι – καλώς ή κακώς – εκτεθειμένες στο τσουνάμι τοπικές γεννήτριες πληκτρικής ισχύος αυτονότα αστόχησαν, με αποτέλεσμα πληκτρι-

ένα από τα οποία πιθανολογείται ότι μπορεί να έχει μικρή διαρροή. Αρα, η πρώτη συνιστώσα της αστοχίας ήταν το μέγεθος σχεδιασμού ως προς το ύψος του αναμενόμενου τσουνάμι. Η δεύτερη συνιστώσα οφείλεται στην παλαιότητα της σχεδιοκατασκευής, την οποία ήθελε την τοποθέτηση

της δεξαμενής προσωρινής αποθήκευσης του εξαντλημένου πυρηνικού καυσίμου πολύ ψηλά μέσα στο κτήριο του αντιδραστήρα, στο "πατάρι", ώστε να βρίσκεται κοντά στο καπάκι του δοχείου του αντιδραστήρα, από όπου βγαίνουν τα εξαντλημένα στοιχεία του πυρηνικού καυσίμου, προκειμένου να αποψυχθούν από θερμικής και ραδιενέργειας πλημμύρας, για ένα διάστημα 6 – 18 μηνών. Φαίνεται ότι η ρομποτική και τα μέσα αυτομάτου ελέγχου της εποχής δεν επέτρεπαν πλέον ασφαλείς λύσεις με τη δεξαμενή σε επίπεδο "0". Φαίνεται ότι το νερό στις δεξαμενές άρχισε να βράζει, αφού δεν κυκλοφορούσε, και απεκάλυψε τα στοιχεία τα οποία άρχισαν να ακτινοβολούν, με αποτέλεσμα η προσέγγιση στην περιοχή να γίνεται προβληματική. Παράπλευρη απώλεια ήταν η αντίδραση νερού – ςιρκονίου του περιβλήματος του πυρηνικού καυσίμου, η οποία συμβαίνει σε υψηλές θερμοκρασίες και ο συνακόλουθη παραγωγή αερίου υδρογόνου, η οποία προκάλεσε εκρήξεις στις κατασκευές με απρόβλεπτες βλάβες και συνέπειες, όπως πχ. η δημιουργία του πρώτου ραδιενέργεια νέφους από κυρίως I-131 το οποίο ταξίδεψε μέχρι την Ευρώπη, μετά από 8-10 ημέρες, εξαιρετικά όμως εξασθενημένο (<http://nuclear.ntua.gr/arcas/>).

Η πληροφόρηση από το Fukushima-I υπήρξε φειδωλή, αποσπασματική, επίλειμματική, κάτι που πολύ αργά παραδέχτηκαν και οι αρμόδιες αρχές της Ιαπωνίας. Προσπαθούμε ακόμη να συνθέσουμε το παζλ. Όπως από την αρχή κάναμε, διατηρούμε ακόμη πολύ επιφυλακτική θέση ως προς την εξέλιξη, η οποία θέλει πολύ μέχρι να περάσει από το στάδιο της "κρίσιμης σταθερότητας" στην οποία βρίσκεται σήμερα (27-03-11) σε κατάσταση ύφεσης. Σ' αυτό αναμένεται να βοηθήσει πολύ στην αποκατάσταση της πληκτρικής παροχής στις μονάδες, η οποία ήδη επιτυχάνεται.

Ως προς τις συνέπειες του ατυχήματος στο περιβάλλον, στην παρούσα τουλάχιστον φάση: Η ζώνη των 30 km έχει εκκενωθεί και θα πρέπει τουλάχιστον προς το παρόν να αποκλείσθει εντελώς η χρησιμοποίηση προϊόντων από αυτήν. Μετά την ολοκλήρωση της αντιμεώπισης του ατυχήματος θα πρέπει να καρτογραφηθεί η κατάσταση του εδάφους, η ρύπανση κατά τις πληροφορίες φαίνεται να είναι δεκάδες φορές χαμηλότερη από εκείνη στην αντίστοιχη έκταση στο Chernobyl και να ληφθούν ανάλογα μέτρα. Στο έδαφος και τη θάλασσα, όπου ήδη ο Διεθνής Οργανισμός Ατομικής Ενέργειας πραγματοποιεί συστηματικές μετρήσεις, θα πρέπει να διερευνηθεί αν πέρα του I-131 το οποίο έχει μικρό χρόνο ημιζωής της τάξης των 8 ημερών και θα "εξαφανισθεί" σε περίπου 1 μήνα, υπάρχουν και άλλα ισότοπα, όπως πχ. Cs-137 ή υπερουράνια στοιχεία και σε ποιες συγκεντρώσεις. Τα εισαγόμενα από την Ιαπωνία προϊόντα σε άλλης χώρες θα πρέπει να ελέγχονται για μεγάλο διάστημα συστηματικά. Στη χώρα μας τα προϊόντα αυτά εισάγονται συσκευασμένα και είναι εύκολο να ελεγχθούν, πέραν του ότι δεν είναι προϊόντα καθημερινής διατροφής.

Τα 4 πιο πάνω πυρηνικά ατυχήματα έγιναν σε 4 διαφορετικές χώρες σε 4 διαφορετικούς τύπους αντιδραστήρων και ασφαλώς θα πρέπει να αξιο-

Υρηνικοί αντιδραστήρες κές κατασκευές

Η αρχή της εποχής των NaTech

Tou καθηγητή Ευθύμην Λέκκα *

Ο σεισμός μεγέθους 9.0 στη βορειοανατολική Ιαπωνία και τα θαλάσσια σεισμικά κύματα (tsunamis) που ακολούθησαν, αποτελούν αναμφισβήτητα φυσικά φαινόμενα παγκόσμιας κλίμακας. Φυσικά φαινόμενα τα οποία εξελίχθηκαν σε μεγάλες φυσικές καταστροφές με χιλιάδες θύματα, τεράστιες οικονομικές και κοινωνικές επιπτώσεις αλλά και πρωτόγνωρες επιπτώσεις στο περιβάλλον. Τα γεγονότα στην Ιαπωνία είναι ο τελευταίος κρίκος από μια σειρά μεγάλων φυσικών καταστροφών που έπληξαν τον πλανήτη μας τα τελευταία χρόνια.

Υπάρχει δοιούν πράγματι μια αιματώδης αύξηση στα φυσικά φαινόμενα και στις επακόλουθες καταστροφές ή αυτό είναι αλλά και μόνο μια εντύπωσην η οποία οφείλεται κυρίως στην άμεση και σφαιρική πληροφόρηση μέσα από τα Μ.Μ.Ε. και το διαδίκτυο;

Η απάντηση είναι κατηγορηματική. Αύξηση στο ρυθμό εκδήλωσης των φυσικών φαινομένων δεν φαίνεται να υπάρχει. Τα φυσικά φαινόμενα έχουν σχεδόν σταθερό ρυθμό εκδήλωσης στα εκατομμύρια χρόνια που υφίσταται και εξελίσσεται ο πλανήτης μας, με μικρές μόνο διαφοροποίησεις στις οποίες ο άνθρωπος έχει οριακή συμμετοχή.

Αντίθετα, υπάρχει εκθετική αύξηση στο αριθμό των φυσικών καταστροφών, δηλαδή στην επίδραση των φυσικών φαινομένων στον άνθρωπο και στα οικοδομήματά του, αύξηση η οποία πραγματικά μας εντυπωσιάζει και μας ανησυχεί, προκαλώντας την κινητοποίηση περιφερειακών και Διεθνών Οργανισμών με αμφίβολα όμως αποτελέσματα.

Οι επιπτώσεις του σεισμού και των θαλάσσιων σεισμικών κυμάτων (tsunamis) στο περιβάλλον και στα ανθρώπινα επιτεύγματα είναι τεράστιες και ακόμη δεν τις έχουμε συνειδητοποίησει έστω κατ' ελάχιστο. Οι αιλαγές αφορούν:

α. Στην ρύπανση του εδάφους, του υπεδάφους και των υπογείων νερών της περιοχής για τα 25 επόμενα χρόνια τουλάχιστον, από τη μεταφορά, απόθεση τεράστιων υλικών και ρυπαντών βαριάς βιομηχανίας (αυτοκινητοβιομηχανίες, διυλιστήρια, χημικά εργοστάσια).

β. Η μορφολογία της περιοχής αλλάζει δραματικά με την αιλούρωση του τοπογραφικού αναγύριφου στην παράκτια περιοχή. Τεχνικά έργα και υποδομές θα πρέπει να επανασχεδιαστούν και να χωροθετηθούν εκ νέου.

γ. Τα παράκτια οικοσυστήματα έχουν καταστραφεί. Η αιμασίδα της ζωής, για να επανασυγκολληθεί ίσως περάσουν δεκαετίες με ό,τι αυτό συνεπάγεται, όχι μόνο για την πληγέσια περιοχή αλλά και για την ευρύτερη. Δυστυχώς και ο δύο προηγούμενες δεκαετίες

που ο Ο.Η.Ε. είχε κηρύξει ως δεκαετίες μείωσης των επιπτώσεων από φυσικές καταστροφές, μάλλον τελειώνουν άδοξα με τους στάχους να μην έχουν επιτευχθεί και με τις πιο μεγάλες φυσικές καταστροφές στο τέλος της εικοσαετίας (2010), που προκαλούν διάχυτη την ανησυχία για το μέλλον.

Στον αντίστοιχο, ο χρήση της τεχνολογίας τις τελευταίες δεκαετίες, έχει εκτοξευθεί με προφανή οφέλη στη ζωή των κατοίκων του πλανήτη μας. Η χρήση όμως της τεχνολογίας ενέχει και σοβαρότατους κινδύνους, οι οποίοι μπορούν να εξελιχθούν σε τεχνολογικές καταστροφές με ανυπο-

σεισμικά κύματα, πέρα από το ότι αποτελούν δύο παγκόσμιας κλίμακας φυσικά γεγονότα, θα παραμείνουν στην ιστορία ως το πρώτο παγκοσμίων διαστάσεων **NaTech**: δηλαδή τεράστιες φυσικές καταστροφές (**natural disasters**) που προκαλούν ανυπολόγιστες τεχνολογικές καταστροφές (**technology disasters**). Τα NaTech έχουν δραματικές επιπτώσεις και κυρίως μας αναγκάζουν να αλλάξουμε νοοτροπία για τη διαχείριση του περιβαλλοντικού μελλοντού του πλανήτη.

Όμως πέρα από τις επιπτώσεις από τον σεισμό και τα θαλάσσια σεισμικά κύματα εκεί που οι επιπτώσεις είναι τραγικές, είναι από την κυρίαρχη

**“Το χειρότερο σενάριο
ίσως δεν το έχουμε δει ακόμη
και νομίζω ότι δεν μπορούμε να το δούμε.
Απλά γιατί είναι πέρα από κάθε φαντασία”**

λόγιστες συνέπειες για τον άνθρωπο αλλά και το περιβάλλον. Είναι περιτό να αναφερθούν οι επιπτώσεις στο Μπομπάλ της Ινδίας από την έκρηξη σε εργοστάσιο της Union Carbide αλλά και οι τεράστιες επιπτώσεις από το ατύχημα στο πυρηνικό εργοστάσιο του Τσέρνομπιλ σε πανευρωπαϊκό επίπεδο.

Μέχρι πρότινος, οι φυσικές καταστροφές και οι τεχνολογικές καταστροφές ήταν σαφώς ανεξάρτητες και δεν υπήρχε σχεδόν καμία αλήθιοεπίδραση. Στις αρχές της δεκαετίας του 1990 όμως άρχισε να διαφαίνεται μια αιμορόφρο σχέση και επίδραση των φυσικών καταστροφικών φαινομένων πάνω στην ομαλή λειτουργία των τεχνολογικών υποδομών. Η καταστροφή αρχικά των δικτύων επικοινωνίας και στη συνέχεια η καταστροφή εργοστασιακών μονάδων άρχισε σιγά σιγά να γίνεται καθετώς και μόνιμη διαίστωση. Ο σεισμός των 9.0 της 11ης Μαρτίου 2011 όμως στην βορειοανατολική Ιαπωνία και τα θαλάσσια

τεχνολογική καταστροφή που δεν είναι άλλη από την καταστροφή των πυρηνικών αντιδραστήρων και την απελευθέρωση ραδιενέργων υλικών στην ατμόσφαιρα. Το χειρότερο σενάριο ίσως δεν το έχουμε δει ακόμη και νομίζω ότι δεν μπορούμε να το δούμε. Απλά γιατί είναι πέρα από κάθε φαντασία.

* Ο Ευθύμης Λέκκας είναι Καθηγητής Δυναμικής Τεκτονικής και Εφαρμοσμένης Γεωλογίας στο Εθνικό & Καποδιστριακό Πανεπιστήμιο Αθηνών, Αντιπρόεδρος στον Οργανισμό Αντισεισμικού Σχεδιασμού και Προστασίας

Ο φάκελος συνεχίζεται και στην επόμενη σελίδα με άρθρο του καθηγητή Π. Καρύδη.



Το τσουνάμι «επιπίθεται»

*Ο Σ. Ε. Σιμόπουλος είναι Καθηγητής Πυρηνικής Τεχνολογίας και Πρύτανης του Ε.Μ.Π.

Δυστυχώς και ο δύο προηγούμενες δεκαετίες