

ΤΣΕΡΝΟΜΠΙΛ - Η ΑΝΑΤΟΜΙΑ ΕΝΟΣ ΠΥΡΗΝΙΚΟΥ ΑΤΥΧΗΜΑΤΟΣ

Γράφει ο Κώστας Πάππας

4η Συνέχεια



Dr. Costas Pappas είναι πυρηνικός φυσικός και εργάζεται για την Ατομική Ενέργεια του Καναδά (AECL), στους πυρηνικούς αντιδραστήρες CANDU. Υπήρξε ο Γραμματέας του Οργανισμού Πυρηνικής Ενέργειας του Καναδά (1996-2000) και δίδαξε σε έκτακτη βάση το μάθημα της Μηχανικής Πυρηνικών αντιδραστήρων (Nuclear Engineering) στο Πανεπιστήμιο McGill του Μόντρεαλ. Απόφοιτος του Université de Montréal, συνέχισε τις μεταπτυχιακές του σπουδές στο McMaster University, Hamilton, Ontario, πλάι στον καθηγητή Bertram Brockhouse, ο οποίος το 1994 τιμήθηκε με το βραβείο Nobel για τη Φυσική, για εργασίες που έκανε πάνω στη σκέδαση ουδετερονίων. Costas μελέτησε την μαγνητική δομή της ύλης, σε κρυσταλλική μορφή, σε θερμοκρασίες κοντά στο απόλυτο μηδέν (-273° C), οδηγώντας δέσμες ουδετερονίων (neutrons) από τον πειραματικό πυρηνικό αντιδραστήρα του πανεπιστημίου McMaster. Καθ' όλη την μετέπειτα καριέρα του, για 40 χρόνια δουλεύει με την AECL και περιστασιακά στην Νότιο Αφρική σαν σύμβουλος στο PBMR (Pebble Bed Modular Reactor) project .

Πριν προχωρήσω, θα ήθελα να υπερτονίσω τρία βασικά στοιχεία που ήδη προανέφερα στο άρθρο 1 & 2, αλλά που θεωρώ σκόπιμο να τα επαναλάβω.

- Στοιχείο 1. Η ισχύς ενός αντιδραστήρα ελέγχεται (αυξομειώνεται) με την κίνηση των ράβδων ελέγχου μέσα-έξω από τον χώρο καύσης (διάσπασης) του αντιδραστήρα. Κινώντας μια ράβδο ελέγχου **εντός** του αντιδραστήρα, προσθέτουμε περισσότερη απορροφητική επιφάνεια για τα ουδετερόνια και επομένως η **ισχύς ελαττώνεται**, κινώντας την ράβδο προς **εκτός** αντιδραστήρα, η **ισχύς αυξάνεται**. Επίσης όσο περισσότερες ράβδους έχουμε μέσα στο χώρο καύσης τόσο η ισχύς ελαττώνεται. Όσο περισσότερες ράβδους έχουμε έξω από το χώρο καύσης τόσο η ισχύς αυξάνει.
- Στοιχείο 2. Το νερό σε υγρή μορφή ενεργεί σχεδόν σαν μια ράβδο ελέγχου μέσα στον αντιδραστήρα (σε μικρότερη βέβαια κλίμακα), απορροφά τα ουδετερόνια **μειώνοντας την ισχύ**. Σε κτάσταση **βρασμού** (ατμός) του νερού, λιγότερα ουδετερόνια απορροφώνται από το νερό, επομένως **αυξάνει** η ισχύς.
- Στοιχείο 3. Ο γραφίτης δεν απορροφά τα ουδετερόνια, τουναντίον σαν μετριαστής ελαττώνει την ταχύτητα τους, κάνοντας τα έτσι, πιο αποτελεσματικά να δημιουργήσουν διάσπαση. Έχουμε ήδη τονίσει, ότι τα ουδετερόνια έχουν μεγαλύτερη πιθανότητα να απορροφηθούν από το ουράνιο, όσο η ταχύτητά τους μειώνεται. Επομένως η **είσοδος γραφίτη** μέσα στον χώρο διάσπασης, **αυξάνει την ισχύ** του αντιδραστήρα.

Στο προηγούμενο άρθρο σας αφήσαμε στις 26 Απριλίου 1986, ώρα 1:23:40 το πρωί...

26 Απριλίου, ώρα 1:23:40 π.μ - η ισχύς άρχισε να ανέρχεται (Στοιχείο 2) και στις 1:23:44 κάποιος χειριστής που είδε τους δείκτες των μετρητών ισχύος να ανέρχονται επικίνδυνα ή τις ράβδους ελέγχου να κινούνται αργά μέσα στον αντιδραστήρα για να περιορίσουν την άνοδο της ισχύος (Στοιχείο 1), πίεσε το **κόκκινο κουμπί**, ελευθερώνοντας όλες τις ράβδους ασφάλειας να οδηγηθούν μέσα στον αντιδραστήρα για να σταματήσουν την πυρηνική αντίδραση, όπως ακριβώς συμβαίνει σε όλους τους αντιδραστήρες. **Και ήταν η σωστή και φυσική αντίδραση.**
Τι ακριβώς συνέβηκε ; Εδώ είναι το λάθος σχεδιασμού.

Σύμφωνα με τις προδιαγραφές όλων των αντιδραστήρων, όποιος κατασκευής, προώθηση των ράβδων **εντός**, δημιουργεί ελάττωση της ισχύος. Το έχουμε αναφέρει τόσες φορές. Την εξήγηση, όσο παράδοξη και αν είναι την δίνω με την βοήθεια σχημάτων και με αρκετή πολυλογία (ελάττωμα μου!, καλό όταν πρόκειται κανείς να απλοποιήσει δυσκολοχώνευτες ιδέες).

Ακολουθήστε προσεχτικά την ανάλυση που δόθηκε από την Καναδική / U.S σύμπραξη και που απέδειξε **περίτρανα** την τρομερή **αδυναμία** του Σοβιετικού συστήματος των ράβδων ασφαλείας (του πολιτικού συστήματος θα αποδεικνύονταν 4 χρόνια αργότερα!!), την στιγμή που οι περισσότεροι ράβδοι ήσαν **ταυτόχρονα εκτός** αντιδραστήρα. **Κατάσταση που δεν έπρεπε ποτέ να συμβεί και που συνέβη από τα προηγηθέντα λάθη του χειριστού.** Και που τη χαριστική βολή θα δώσει το λάθος σχεδιασμού.

Από λάθος σχεδιασμού (Design error), η κάθε ράβδος του αντιδραστήρα έχει μια προέκταση από **γραφίτη** στο πάνω και κάτω μέρος, καθώς φαίνεται στο σχήμα στο οποίο συνεχώς θα αναφερόμαστε στην ανάλυση. Στη μέση της ράβδου είναι το απορροφητικό για τα ουδετερόνια υλικό, με επικάλυψη από το “δηλητήριο” υλικό **Κάδμιο**.

Σύμφωνα με τους κανονισμούς λειτουργίας του RBMK αντιδραστήρα, σε θέση “σβησίματος” οι ράβδοι έπρεπε να είναι στη θέση “Δ”. Στη θέση αυτή όπως αντιλαμβάνεται ο αναγνώστης το απορροφητικό μέρος της ράβδου βρίσκεται ακριβώς μέσα στο χώρο καύσης και απορροφά τα ουδετερόνια.

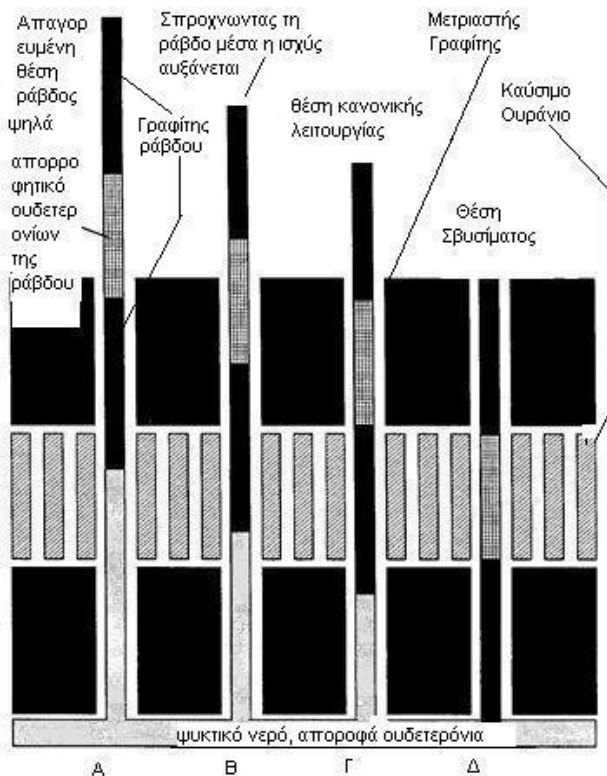
Σε “θέση ομαλής λειτουργίας” η ράβδοι πρέπει να είναι στη θέση “Γ”, όπου ο γραφίτης της ράβδου βρίσκεται στο χώρο καύσης αντί το μέρος της που περιέχει το απορροφητικό υλικό.

Έτσι από τη θέση “Γ” όταν μια ράβδος οδηγείται μέσα χώρο καύσης, θέση “Δ”, επακολουθεί ελάττωση της ισχύος, με την είσοδο περισσότερης απορροφητικής επιφάνειας δηλητηρίου μέσα στον αντιδραστήρα, αποτέλεσμα που προβλέπει η θεωρία (Στοιχείο 1). Από τη θέση “Δ” όταν η ράβδος οδηγηθεί εκτός, τότε η είσοδος του γραφίτη στο κάτω άκρο θα αυξήσει την ισχύ, όπως πάλι η θεωρία προβλέπει (Στοιχείο 1 & 3).

Πριν από το ατύχημα όπως προαναφέραμε, η συσσώρευση δηλητηρίων ανάγκασε το σύστημα ελέγχου του αντιδραστήρα να σύρει όλες τις ράβδους έξω από το χώρο καύσης στη θέση “Α”, θέση που είναι ανεπίτρεπτη με τους κανόνες λειτουργίας του RBMK αντιδραστήρα. Έτσι όπως παρατηρείτε στην εικόνα ο χώρος που καταλάμβανε η ράβδος ελέγχου κατελήφθη από νερό αντί από γραφίτη.

Είπαμε πάρα πάνω, η ενέργεια του χειριστή ήταν η σωστή και φυσική αντίδραση, εάν οι ράβδοι ήσαν στη θέση “Γ” και με την είσοδο πήγαιναν στη θέση “Δ”.

Ακριβώς πριν το ατύχημα, με το στημένο σκηνικό στη θέση “Α”, με τις περισσότερες ράβδους όπως είπαμε εκτός αντιδραστήρα, με την προέκταση του γραφίτη **ψηλότερα** από τον χώρο καύσης, έτσι που το

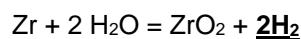


κάτω μέρος του αυλού (σωλήνα) μέσα στον οποίο ανεβοκατέβαινε η ράβδος περιείχε **νερό** (αντί για γραφίτη σε ομαλή κατάσταση), μια και οι υδραντλίες λειτουργούσαν με μισή ισχύ. Το νερό ενεργούσε σαν “δηλητήριο” και απορροφούσε τα ουδετερόνια έτσι που η ισχύς κάτω από την προέκταση του γραφίτη ήταν υποβαθμισμένη (Στοιχείο 2).

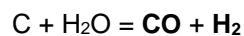
Μόλις ο χειριστής πίεσε το **κόκκινο κουμπί**, όλοι οι ράβδοι που ήταν **έξω** προωθήθηκαν **ταυτόχρονα** μέσα και ο **γραφίτης** αντικατέστησε το **νερό**, θέση “Β”. Με άλλα λόγια, το **απορροφητικό νερό** με μιας αντικαταστάθηκε από τον **αποδοτικό γραφίτη**.

Το αποτέλεσμα λοιπόν ήταν **ακριβώς το αντίθετο** από αυτό που αναμένονταν. **Αύξηση της ισχύος** (Στοιχείο 1). Λόγω της **στιγμιαίας μαζικής παρουσίας του γραφίτη στον χώρο καύσης του αντιδραστήρα**, ο **ρυθμός διασπάσεων αυξήθηκε** (Στοιχείο 3), κατά συνέπεια η θερμότητα αυξήθηκε μέσα στο καύσιμο του ουρανίου φτάνοντας τους 1100 °C. **26 Απριλίου, ώρα 1:24:00 π. μ** - Το καύσιμο ουράνιο υπερθερμάνθηκε και έσπασε σε μικρά θερμά κομμάτια που προξένησαν το **ξαφνικό βράσιμο του** κυκλοφορούντος ψυκτικού νερού, αυξάνοντας ακόμα περισσότερο τον **ρυθμό διασπάσεων** (Στοιχείο 2) και επομένως της ισχύος.

Νερό πάνω από 1100 °C όταν αντιδρά με το Ζιρκόνιο (Zr), υλικό που είναι φτιαγμένοι οι αγωγοί πίεσης μέσα εκεί που κυκλοφορεί το νερό παράγει υδρογόνο (H₂) με την χημική αντίδραση



Επίσης λόγω των ρωγμών στους αγωγούς πίεσης ο ατμός ήλθε σε επαφή με τον άνθρακα του γραφίτη παράγοντας μονοξείδιο του άνθρακα (CO) και περισσότερο υδρογόνο



Το εύφλεκτο υδρογόνο και το μονοξείδιο του άνθρακα αναμείχτηκαν με το οξυγόνο του αέρα και δημιούργησαν χημική έκρηξη (προς Θεού, δεν υπήρξε πυρηνική έκρηξη) που τίναξε το δάπεδο που κάλυπτε τον αντιδραστήρα και είχε προσαρτημένους τους διαυλους (σωλήνες) του νερού-ατμού. Έτσι έσπασαν όλοι οι υπόλοιποι σωλήνες.

Ο γραφίτης άρχισε να καίγεται σε επαφή με τον αέρα και οι αναθυμιάσεις μόλυναν το κτίριο και όλη τη γειτονική περιοχή. Δύο άτομα, ένας τεχνικός και ένας ηλεκτρολόγος μηχανολόγος πέθαναν ακαριαία.

Η θερμοκρασία στον αντιδραστήρα έφτασε τους 3000 °C (6000 °C είναι η θερμοκρασία της επιφάνειας του Ήλιου). Τα ραδιενεργά προϊόντα σχάσης μπήκαν με διήθηση από το καύσιμο μέσα στο γραφίτη που καίγονταν και από κει πέρασαν στον ατμοσφαιρικό αέρα.

Όλα τα ραδιενεργά ευγενή αέρια που είναι προϊόντα σχάσης, όπως το Κρυπτόν (⁸⁵Kr), το Ξένον (¹³⁵Xe), 20% από τα μέταλλα, όπως το Σίζιο (¹³⁷Cs) και τα πηθικά στοιχεία όπως η Ιωδίνη (¹³¹I) πέρασαν στην ατμόσφαιρα

Μόνο 4% από λιγότερο ικανά για διήθηση, λόγω βάρους, ραδιενεργά μέταλλα Στρόντιο (⁸⁹Sr, ⁹⁰Sr) και Πλουτώνιο (²³⁹Pu) πέρασαν στο περιβάλλον.



Το ατύχημα του Τσερνομπίλ είναι πλέον Ιστορία, αλλά θα πρέπει να μας δώσει μερικά μαθήματα προς αποφυγή πυρηνικών ατυχημάτων του είδους αυτού.

Βασικό λάθος στην φιλοσοφία των Σοβιετικών, σε σχέση με τον σχεδιασμό Πυρηνικών σταθμών, είναι η χρήση του Ηλεκτρονικού υπολογιστή, μόνον σαν μέσον επικοινωνίας του χειριστή με τον αντιδραστήρα, ενώ πρέπει να μειώνεται η παρέμβαση του χειριστή και να αυξάνει η συμμετοχή του ηλεκτρονικού υπολογιστή στον έλεγχο του Πυρηνικού σταθμού.

Στη Δυτική φιλοσοφία σχεδιασμού Πυρηνικών σταθμών, ο Υπολογιστής έχει ενεργό ρόλο στον έλεγχο του αντιδραστήρα. Με το σκεπτικό αυτό μειώνεται αυτό που λέμε “λάθος χειριστού” ή λάθος από “ανθρώπινο παράγοντα”.

Η λανθασμένη πληκτρολόγηση της ισχύος που υπήρξε η απαρχή μιας αλυσίδας μοιραίων λαθών, που τελικά οδήγησαν στην τραγωδία του Τσερνομπίλ, θα αποφεύγονταν εάν ο έλεγχος γίνονταν από τον Ηλεκτρονικό υπολογιστή, που στην περίπτωση αυτή, θα απέρριπτε την πληκτρολόγηση, σαν ασυμβίβαστη.

Ένα άλλο λάθος στο σχεδιασμό των Σοβιετικών Πυρηνικών σταθμών σε σχέση με τους Δυτικούς είναι η ανυπαρξία κτιριακής θωράκισης του αντιδραστήρα.

Οι Δυτικοί Πυρηνικοί σταθμοί περιβάλλονται από ένα ισχυρό στεγανό κτίριο, που περικλείει τα συστήματα, που περιέχουν το πυρηνικό καύσιμο και το ψυκτικό και που προστατεύει το περιβάλλον, όταν οι σωλήνες αυτοί σπάσουν και ακόμα όταν ραδιενεργά υλικά διαφεύγουν.

Ο ατμός και η ραδιενέργεια περιορίζονται στο κτίριο. Το στεγανό αυτό κτίριο, δεν εμποδίζει ένα ατύχημα από του να συμβεί, αλλά προστατεύει το κοινό, με το να περιορίσει εντός του κτιρίου τα αποτελέσματα του ατυχήματος.

Το κτίριο αυτό λέγεται Containment, στα Ελληνικά θα δώσω μια δική μου ελεύθερη μετάφραση, “Κτιριακή Θωράκιση”.

Μετά το ατύχημα του Τσερνομπίλ, οι Σοβιετικοί βιάστηκαν να υπογράψουν συμβόλαια με Δυτικές εταιρείες, για να κατασκευάσουν εκ των υστέρων τέτοια κάλυψη των υφισταμένων Πυρηνικών σταθμών.

Το γεγονός ότι δεν δούλεψαν τα εφεδρικά συστήματα ασφαλείας, είναι ένας άλλος λόγος αδυναμίας του σχεδιασμού του αντιδραστήρα.

Επίσης οι Σοβιετικοί, ξανασχεδιάζουν τις ράβδους ελέγχου του αντιδραστήρα, έτσι ώστε ο γραφίτης στο κάτω άκρο να μην μπορεί να τραβηχτεί πάνω από τον χώρο καύσης του αντιδραστήρα, ακόμα και όταν οι ράβδοι τραβηχτούν πλήρως εκτός.

Και ένα τελευταίο, που αποδεικνύει ότι οι Σοβιετικοί πλήρωσαν μέσω του Τσερνομπίλ το πολιτικό κόστος του συστήματος διακυβέρνησης της χώρας τους.

Η απομόνωση από την διεθνή πυρηνική κοινότητα, τους στέρησε από τα οφέλη που μπορούσαν να προσκομίσουν, ανταλλάσσοντας τεχνολογία με την Δύση.

Μετά το ατύχημα, όταν οι Σοβιετικοί έβγαλαν τα άπλυτά τους στη φόρα, οι Δυτικοί κατενόησαν την τεχνολογική γύμνια που τους κατάρχε πάνω σε αυτό τον τομέα.

Το θετικό είναι ότι μετά την εξαφάνιση του ...υπαρκτού Σοσιαλισμού, οι Σοβιετικοί απεφάσισαν να μπουν στην διεθνή επιστημονική κοινότητα και να ανταλλάξουν τεχνολογίες.

Πιστεύω, ότι το ατύχημα του Τσερνομπίλ, έδωσε ένα θετικό μάθημα στους Σοβιετικούς και το τελευταίο αυτό τους τιμάει.