

# ΤΣΕΡΝΟΜΠΙΛ - Η ΑΝΑΤΟΜΙΑ ΕΝΟΣ ΠΥΡΗΝΙΚΟΥ ΑΤΥΧΗΜΑΤΟΣ

Γράφει ο Κώστας Πάππας

1<sup>η</sup> 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<sup>0</sup> 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 .*

*Το χρονικό του Chernobyl, παρουσιάστηκε σε μια εκδήλωση της Canadian Nuclear Society το 1996 για τα 10 χρόνια από το ατύχημα, με παρουσία επισήμων και κοινού από τον τότε Γραμματέα της CNS Dr. Costas Pappas, με βοήθεια Audio-Visual. Ο Κώστας Πάππας εξήγησε με απλά λόγια στους παρευρισκόμενους, το χρονικό του μεγαλύτερου ατυχήματος στην ειρηνική χρήση της Πυρηνικής ενέργειας. Αυτό το μήνα, Απρίλιο συμπληρώνονται 27 χρόνια από το ατύχημα. Η περιγραφή εκείνη γίνεται επίκαιρη και μεταφρασμένη από τον ίδιο τον παρουσιαστή στα ελληνικά, παρουσιάζεται σε μια σειρά άρθρων για τους αναγνώστες μας που επιθυμούν μια σοβαρή και υπεύθυνη ανάλυση του ιστορικού πλέον ατυχήματος.*

Πριν από τον Απρίλιο του 1986, εάν το όνομα Τσερνομπίλ είχε αναφερθεί σε ένα επιστήμονα από τη Δύση, οι πιθανότητες ήταν, ότι αυτός δεν θα είχε ιδέα περί τίνος επρόκειτο. Και όμως, υπήρξε μια από τις μεγαλύτερες και πιο επιτυχημένες μονάδες παραγωγής Ηλεκτρικής ενεργείας στην Σοβιετική Ένωση.

Οι δύο από τις 4 μονάδες, συμπληρώθηκαν το 1977 και οι άλλες δύο το 1983, ενώ δύο άλλες μονάδες, υπήρχαν υπό κατασκευή στο ίδιο μέρος.

Το πυρηνικό αυτό συγκρότημα, παρήγαγε γύρω στα 4,000 (4 GW) εκατομμύρια Βατ Ηλεκτρικής ισχύος, δηλαδή την ίδια ποσότητα, που παράγεται από τις δικές μας οκτώ CANDU μονάδες του Pickering A και B μαζί, στο Οντάριο, αρκετή ενέργεια να ικανοποιήσει τις ανάγκες εκατομμυρίων Σοβιετικών. Οι Σοβιετικοί έλεγαν ότι το Τσερνομπίλ, υπήρξε ένα πρόσφατο πρότυπο πυρηνικού σταθμού, χωρίς προβλήματα.

Πριν ακριβώς 34 χρόνια, στις 26 Απριλίου 1986, στη θέση αυτή, διαδραματίστηκε το μεγαλύτερο ατύχημα στην ιστορία της χρήσης της πυρηνικής ενεργείας, για ειρηνικούς σκοπούς.

Ο απολογισμός υπήρξε πραγματικά τραγικός, 31 άνθρωποι έχασαν την ζωή τους την πρώτη ημέρα και η περιοχή μολύνθηκε, από ραδιενεργά σωματίδια. Οι ολικές τελικά απώλειες, δεν είναι μέρος της τεχνικής μας ερευνας. 600,000 άτομα ασχολήθηκαν κατά διάφορους τρόπους με τον έλεγχο του ατυχήματος και αρκετοί απορρόφησαν ισχυρές δόσεις ραδιενέργειας.

Πολλές επιτροπές ασχολήθηκαν με την ανάλυση και σπουδή του γεγονότος, για να αντλήσουν τα αναγκαία και απαραίτητα διδάγματα, που θα βοηθούσαν στην αποφυγή ενός μελλοντικού ατυχήματος, ίδιας ή σοβαρότερης φύσεως.

Είναι διεθνώς γνωστό, ότι η Καναδική εργασία και μελέτη που έγινε από την ομάδα μας, στην AECL, στο να αποκαλυφθούν και εξηγηθούν οι λόγοι και οι αιτίες που οδήγησαν στο ατύχημα, γίνανε αποδεκτές, από το μεγαλύτερο μέρος του δυτικού κόσμου και το γεγονός αυτό αναγνωρίστηκε από την Σοβιετική ένωση.

Θα προσπαθήσω λοιπόν, στα προσεχή μου άρθρα, να αναλύσω, όσο μπορώ πιο απλά, κατανοητά και με λεπτομέρειες, την σειρά των γεγονότων, όπως τα περιγράψαμε στην αναφορά

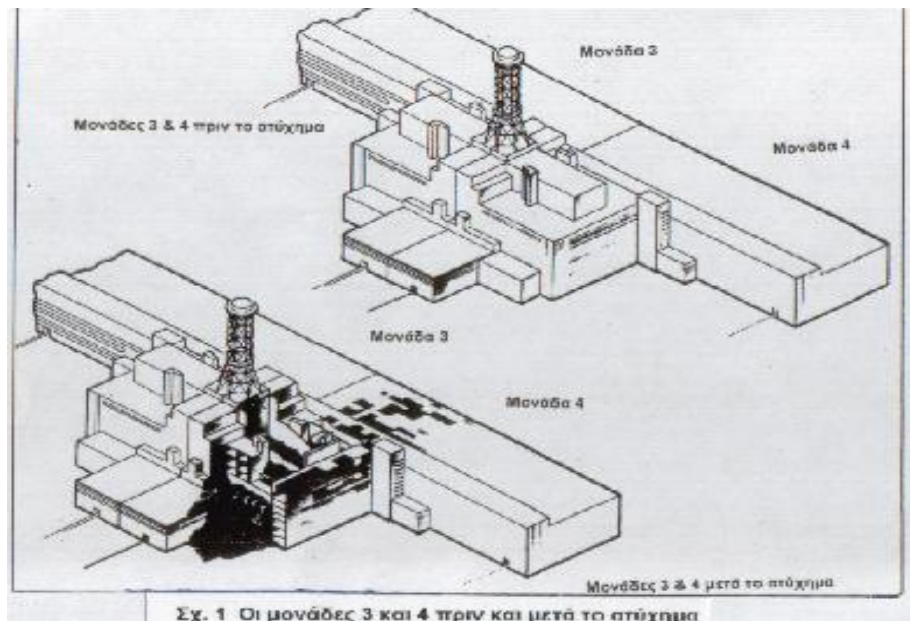
μας, που συνέβησαν την τραγική και μοιραία εκείνη νύχτα, της 25 προς 26 Απριλίου 1986, που οδήγησαν στο ατύχημα.

Όπως όλα τα ατυχήματα, έτσι και αυτό, συνέβηκε από συνδυασμό *ανθρωπίνου λάθους*, με *τεχνικό λάθος*, στο σχεδιασμό του αντιδραστήρα.

Όπως το ατύχημα του 1952 στο Chalk River, βορειοδυτικά της Οτάβας, μας έδωσε τότε τα απαραίτητα μαθήματα, να τα εφαρμόσουμε στους δικούς μας αντιδραστήρες CANDU, για να είναι τώρα πιο ανεκτικοί σε πυρηνικά ατυχήματα, έτσι και η ανάλυση του Τσερνομπίλ, θα μας διδάξει ακόμα περισσότερα.

Τις πρωινές ώρες της 26 Απριλίου 1986, δύο συμβατικές εκρήξεις, τίναξαν στον αέρα τον αντιδραστήρα της 4ης μονάδας (σχ. 1), μαζί με το κτίριο στον πυρηνικό σταθμό του Chernobyl-Τσερνομπίλ, γύρω στα 130 χιλιόμετρα βόρεια από το Κίεβο της Ουκρανίας.

Τις επόμενες δύο εβδομάδες, που ακολούθησαν την έκρηξη και την πυρκαγιά, απελευθερώθηκαν στην ατμόσφαιρα γύρω στα 50 εκατομμύρια Κιουρί (μονάδα μέτρησης ραδιενέργειας) ραδιενεργού υλικού. Με τους πνέοντες ανέμους προς τα βορειοδυτικά, το υλικό αυτό ξαπλώθηκε πάνω από την Ουκρανία, Ανατολική Ευρώπη και Σκανδιναβικές χώρες.



Αργότερα το κύμα στράφηκε προς Κεντρική Ευρώπη και τα Βαλκάνια. Ο αντιδραστήρας του Τσερνομπίλ χαρακτηρίζεται σαν μονάδα RBMK, αρχικά γράμματα που στα Ρωσικά μεταφράζονται σε κάτι περίπου σαν "Αντιδραστήρας ψυχόμενος με νερό και μετριαζόμενος από γραφίτη" (για τον όρο μετριασμός θα αναφέρω πιο κάτω).

Οι αντιδραστήρες του τύπου αυτού, χρησιμοποιούνταν στο παρελθόν από τους Σοβιετικούς, για να παράγουν Ηλεκτρική ενέργεια για την χρήση της περιοχής, αλλά και πλουτώνιο, υλικό απαραίτητο για την κατασκευή πυρηνικών όπλων.

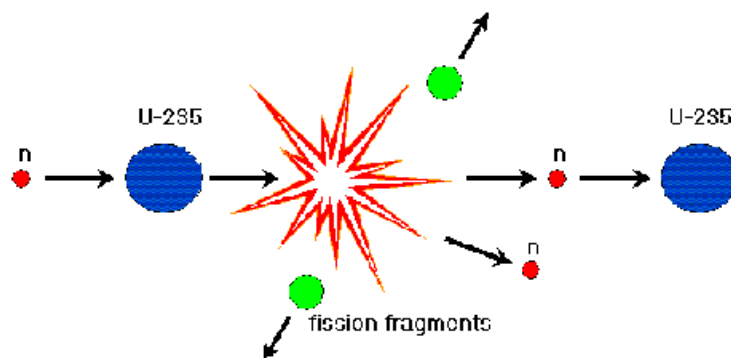
Πριν προχωρήσω στην ανάλυση του ατυχήματος, κρίνω σκόπιμο να περιγράψω τα κύρια μέρη ενός πυρηνικού σταθμού. Θα αρχίσω περιγράφοντας μια συμβατική μονάδα παραγωγής ενέργειας.

Σε αυτή την μονάδα, διακρίνουμε τον χώρο καύσης, όπου καίγεται το καυσίμο, κάρβουνο, πετρέλαιο, αέριο ή οτι άλλο συμβατικό καυσίμο, παράγοντας θερμότητα, η οποία θερμαίνει νερό που ατμοποιείται, παράγοντας ατμό, που η πίεση του κινεί κεντρόφυγγες, που τελικά

περιστρέφουν την Ηλεκτρική γεννήτρια. Η ηλεκτρική ενέργεια που παράγεται από την γεννήτρια, χρησιμοποιείται για καθημερινή χρήση (φωτισμός, θέρμανση ). Η βασική αρχή, συνίσταται στη χρήση καυσίμου, να θερμάνει κάποιο ρευστό (νερό /αέρα) και να χρησιμοποιήσει μετά την ενέργεια του ρευστού αυτού, για να περιστρέψει μία γεννήτρια (μετατροπή χημικής ενέργειας σε θερμική, κινητική και τελικά ηλεκτρική).

### Πυρηνική Σχάση

Η ίδια αρχή χρησιμοποιείται στον πυρηνικό αντιδραστήρα, φυσικά σε μεγαλύτερες κλίμακες. Το καύσιμο, αντί της βενζίνης είναι το Ουράνιο. Υποατομικά σωματίδια που ονομάζονται ουδετερόνια (νετρόνια -n) με την ταχύτητά τους (ενεργούν σαν βλήματα), κτυπούν και διασπών τους πυρήνες του ουρανίου. Κάθε ουδετερόνιο, προσκρούοντας σε ένα πυρήνα ουρανίου, τον κόβει σε δύο κομμάτια (πράσινο χρώμα στην εικόνα), τα ραδιενεργά κατάλοιπα ή προϊόντα σχάσης (fission products), που είναι πυρήνες δύο ελαφρύτερων στοιχείων, παράγοντας στο σημείο αυτό θερμότητα (κόκκινο άστρο) και το σπουδαιότερο, περισσότερα ουδετερόνια (2 ή 3 ανά σχάση), τα οποία συντηρούν την αντίδραση (καύση,) με το να διασπάζουν άλλους γειτονικούς πυρήνες ουρανίου.



Ελεγχόμενη αλυσιδωτή αντίδραση (ένα ουδετερόνιο επιζεί κατά μέσο όρο από κάθε σχάση να συντηρήσει την αντίδραση) - σχάση πυρήνα ουρανίου, που προκαλείται από ένα αργό ουδετερόνιο-n, που κτυπά από αριστερά τον πυρήνα ουρανίου-235 (U-235) κόβοντας τον στα δύο (κατάλοιπα-fission fragments), θερμική ενέργεια (σε μορφή άστρου στη μέση) και το σπουδαιότερο παράγοντας άλλα 2 με 3 ουδετερόνια (n) να συνεχίσουν τη σχάση. Στην ελεγχόμενη αλυσιδωτή από τα 2 ουδετερόνια το ένα δημιουργεί περαιτέρω σχάση, το άλλο (το κάτω της εικόνας) είτε διαφεύγει εκτός αντιδραστήρα, είτε απορροφάται από τις ράβδους ελέγχου ή άλλο μη σχάσιμο πυρήνα

Τρισεκατομμύρια, τρισεκατομμυρίων πυρήνες διασπώνται ανά δευτερόλεπτο. Η παραγόμενη θερμότητα απορροφάται από το νερό που κυκλοφορεί γύρω τους, το οποίο θερμαίνεται μέχρι να γίνει ατμός, ο οποίος, όπως ακριβώς συμβαίνει στα συμβατικά εργοστάσια, περιστρέφει την Ηλεκτρική γεννήτρια παράγοντας ηλεκτρική ενέργεια (μετατροπή πυρηνικής ενέργειας σε θερμική, κινητική και τελικά ηλεκτρική).

Η ισχύς που παράγει ο αντιδραστήρας, είναι ανάλογη με τον αριθμό των ουδετερονίων, που βομβαρδίζουν συνεχώς τους πυρήνες των ατόμων του ουρανίου, ανά πάσα στιγμή. Ο έλεγχος λοιπόν της ισχύος, γίνεται με την αυξομείωση του αριθμού των ουδετερονίων, σε κάθε χρονική στιγμή, που αυτή γίνεται με ράβδους ελέγχου.

Η ισχύς παραμένει σταθερή, εάν ο αριθμός των ουδετερονίων που παράγονται, είναι κάθε στιγμή ίσος, με τον αριθμό των ουδετερονίων που χρησιμοποιούνται (δημιουργούν διάσπαση) ή χάνονται (περνούν εκτός χώρου καύσης). Στην περίπτωση αυτή έχουμε **ελεγχόμενη αλυσιδωτή πυρηνική αντίδραση** (controlled chain reaction), αλλιώς έχουμε A-bomb. Τέτοια ελεγχόμενη αντίδραση επιζητούμε σε ένα αντιδραστήρα παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας. Οι δύο όροι που θα να αναφέρω πιο κάτω, είναι η βάση των πυρηνικών αντιδραστήρων και πριν προχωρήσω στο επομενο άρθρο, θα τους αναλύσω. Θα καταλάβετε, όμως την χρησιμότητα τους, στα επόμενα άρθρα.

### Αρνητικός & Θετικός συντελεστής Θερμοκρασίας - Αντιδραστικότητας (Negative & Positive Temperature reactivity coefficient)

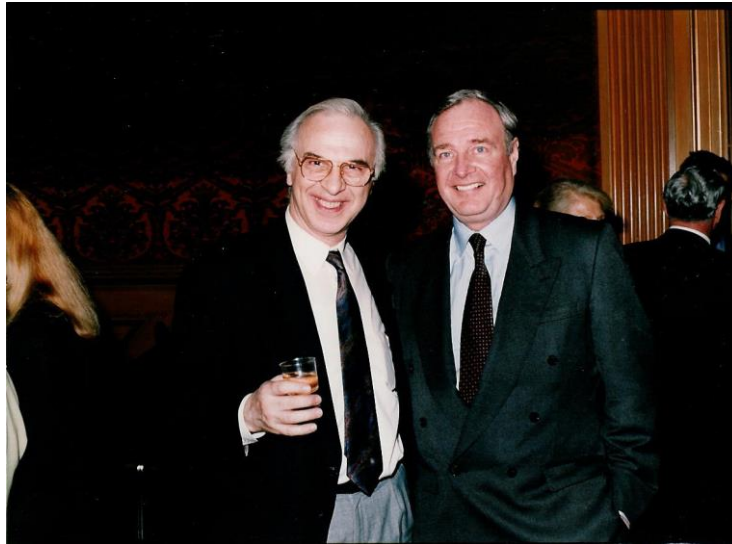
Τώρα φανταζόμαστε έναν πυρηνικό αντιδραστήρα - μια μονάδα που φέρει ένα τεράστιο ποσό σχάσιμου υλικού και αναρωτιόμαστε, αν θα μπορούσε να εκραγεί σαν βόμβα. Η γρήγορη απάντηση είναι ΟΧΙ.

Ο λόγος, είναι στον σχεδιασμό, αλλά και στην ίδια την Φύση. Όλοι οι αντιδραστήρες στις Ηνωμένες Πολιτείες / Καναδά σχεδιάζονται, έτσι ώστε να έχουν έναν "Αρνητικό συντελεστή θερμοκρασίας- αντιδραστικότητας".

Τι σημαίνει αυτό.

Αυτό σημαίνει ότι, όταν η θερμοκρασία στον αντιδραστήρα αυξάνεται, ο ρυθμός πυρηνικής σχάσης στον αντιδραστήρα, πρέπει πάντοτε να μειώνεται.

Αυτό σημαίνει, ότι σε όλες τις συνθήκες, ανεξάρτητα από το τι, εάν η θερμοκρασία αυξηθεί, ο ρυθμός σχάσης πρέπει να μειωθεί. Αυτή είναι η βάση για τον ασφαλή σχεδιασμό όλων των Πυρηνικών αντιδραστήρων.



Εκδήλωση της Canadian Nuclear Society (Quebec 1996) για τα 10 χρόνια από το ατύχημα του Chernobyl, με παρουσία επισήμων και κοινού, που ενδιαφέρονται για σοβαρές αναλύσεις. Ο Γραμματέας της CNS Dr. Pappas, με βοήθεια Audio-Visual, εξήγησε με απλά λόγια στους παρευρισκόμενους, το χρονικό του μεγαλύτερου ατυχήματος στην ειρηνική χρήση της Πυρηνικής ενέργειας. Στην φωτογραφία ο Γραμματέας της CNS, με τον τότε υπουργό Οικονομικών του Καναδά (μετέπειτα πρωθυπουργό του Καναδά) Hon. Paul Martin.

Επιτρέψτε μου, να πάρω λίγο χρόνο, για να μιλήσω για τον Συντελεστή Θερμοκρασίας Αντιδραστικότητας (reactivity) και γιατί πρέπει πάντα να είναι αρνητικός.

Είναι η πιο σημαντική ποσότητα (θα δούμε και άλλες αργότερα), σε κάθε σχεδιασμό αντιδραστήρα και ο λόγος, μπορεί να γίνει κατανοητός, από ένα πείραμα σκέψης.

Ας φανταστούμε, για μια στιγμή, ότι αντί να είναι αρνητικός, ο συντελεστής θερμοκρασίας αντιδραστικότητας ήταν θετικός. Αυτό θα σήμαινε ότι εάν η θερμοκρασία στον αντιδραστήρα θα αυξηθεί, τότε ο ρυθμός σχάσης θα αυξηθεί.

Εάν ο ρυθμός σχάσης αυξηθεί, τότε ο αντιδραστήρας θα παράγει περισσότερη ισχύ και θερμότητα, η οποία με τη σειρά του, θα οδηγήσει στην αύξηση της θερμοκρασίας, η οποία με τη σειρά της, θα οδηγήσει σε περισσότερη σχάση, άρα και ισχύ, μέχρι την έκρηξη!!!

Ο αντιδραστήρας θα εκραγεί είτε σαν βόμβα, είτε θα αποσυντεθεί εκρηκτικά. Αυτό φυσικά δεν είναι αποδεκτό.

Επομένως, οι αντιδραστήρες, πρέπει να κατασκευαστούν έτσι ώστε, ο Συντελεστής Θερμοκρασίας της αντιδραστικότητας να είναι αρνητικός. Αλλά πώς θα το κάνουμε αυτό; Στην πραγματικότητα, είναι πολύ πιο εύκολο από ό, τι νομίζετε. Σε ένα Δυτικό αντιδραστήρα ελαφρού ύδατος, το νερό ψύχει ταυτόχρονα το πυρηνικό καύσιμο και μετριάζει (επιβραδύνει) τα νετρόνια, αυξάνοντας την πιθανότητα σχάσης. Όσο μικρότερη ταχύτητα έχουν τα νετρόνια, τόσο

μεγαλύτερη πιθανότητα έχουν να προκαλέσουν σχάση. Άλλωστε, αυτός είναι ο λόγος που τα επιβραδύνουμε με τον Μετριαστή.

Ο Συντελεστής θερμοκρασίας, σε αυτούς τους αντιδραστήρες, είναι Αρνητικός από φυσικούς νόμους, διότι αν αυξηθεί η θερμοκρασία, το νερό θερμαίνεται και διαστέλεται (νόμος της φύσης). Εάν επεκταθεί, τα μόρια νερού και κατά συνέπεια τα άτομα υδρογόνου μέσα στο ψυκτικό, απομακρύνονται το ένα από το άλλο (διαστέλονται), πράγμα που σημαίνει ότι υπάρχουν λιγότερα υδρογόνα στο δρόμο των νετρονίων (δεσμευμένα στο νερό) να συγκρουστούν, για να μετριάσουν τα νετρόνια.

Η ταχύτητα και επομένως η ενέργεια των νετρονίων αυξάνεται στη συνέχεια και η σχάση γίνεται λιγότερο πιθανή και η αντίδραση σταματά.

Αυτός είναι ο λόγος, για τον οποίο η φύση μερίμνησε να εμποδίσει έναν αντιδραστήρα, από του να ανατιναχθεί, πυρηνικά. Είναι ένα πολύ ωραίο λειτουργικό χαρακτηριστικό - ένα ενσωματωμένο φυσικό φρένο.

### **Θετικός συντελεστής Κενού (Positive Void coefficient)**

Ο όρος «Θετικός συντελεστής Κενού», σχετίζεται συχνά με αντιδραστήρες RBMK. Οι αντιδραστήρες που ψύχονται με ελαφρύ νερό, το οποίο στην πορεία θα βράσει, φυσικά να περιέχει μια ορισμένη ποσότητα ατμού στο εσωτερικό του αντιδραστήρα (reactor core). Θυμηθείτε πως το νερό κάνει δύο πράγματα, ψύχει το κέντρο του αντιδραστήρα (reactor core) και ταυτόχρονα σαν Μετριαστής "επιβραδύνει" τα νετρόνια (καλό για την αλλυσιδωτή), κάνοντας τα να δημιουργήσουν πιο πολλές σχάσεις (ανεβάζουν την αντιδραστικότητα – reactivity), άρα να ανεβάσουν την ισχύ, αλλά ταυτόχρονα είναι και ένας αποτελεσματικότερος απορροφητής νετρονίων από τον ατμό (κακό για την αλλυσιδωτή).

Όστόσο, όταν το νερό μετατρέπεται σε ατμό, δεν έχει την ικανότητα να κάνει και τα δύο αυτά πράγματα αποτελεσματικά, διότι βράζει και γίνεται φυσαλίδες ή "κενά".

Στην περίπτωση της μετατροπής του νερού σε ατμό, ο χώρος που καταλαμβάνονταν από το νερό, θα καταλαμβάνεται τώρα από υδρατμούς, οι οποίοι έχουν πυκνότητα πολύ χαμηλότερη από αυτή του υγρού νερού (ο ακριβής αριθμός εξαρτάται από την πίεση και τη θερμοκρασία, που υπό κανονικές συνθήκες, ο ατμός είναι περίπου 1350 φορές λιγότερο πυκνός από το υγρό νερό). Λόγω αυτής της μικρότερης πυκνότητας (μάζας και κατά συνέπεια των πυρήνων ατόμων υδρογόνου ικανών να απορροφούν νετρόνια), η ικανότητα απορρόφησης νετρονίων από το ελαφρύ ύδωρ, πρακτικά εξαφανίζεται όταν βράζει.

Αυτό επιτρέπει σε περισσότερα νετρόνια, που έχουν ήδη μετριάσει από τον γραφίτη, να σχάσουν περισσότερους πυρήνες U-235 και έτσι να αυξήσουν την ισχύ του αντιδραστήρα, πράγμα, που οδηγεί σε υψηλότερες θερμοκρασίες, που βράζουν ακόμα περισσότερο νερό, δημιουργώντας περισσότερες σχάσεις.

Στους Δυτικούς αντιδραστήρες, που ο μόνος μετριαστής είναι το νερό, όταν το νερό βράσει και ατμοποιηθεί, δεν μπορεί πλέον να μετριάσει τα νετρόνια (που δεν είναι μετριάσιμα, από άλλο μετριαστή) και η αλλυσιδωτή αντίδραση φυσικά σταματάει.

Σούς RBMK, η δημιουργία ατμού στο ψυκτικό νερό, δημιουργεί στην πράξη ένα κενό, φυσαλίδες που δεν απορροφούν νετρόνια, αλλά η μείωση της ικανότητας μετριάσιμου, από το ελαφρύ νερό είναι άσχετη, καθώς ο γραφίτης συνεχίζει να μετριάζει ακόμα τα νετρόνια.

Αυτό που τώρα αλλάζει, είναι η απώλεια της απορρόφησης νετρονίων από το νερό, που θα αλλάξει δραματικά την ισορροπία της παραγωγής νετρονίων, προκαλώντας μια κατάσταση διαφυγής τους, μέσω του κενού, από του να απορροφηθούν από το ελαφρύ νερό, και επιζούν όλο και περισσότερα νετρόνια και η πυκνότητά τους μεγαλώνει εκθετικά γρήγορα.

Μια τέτοια κατάσταση ονομάζεται Θετικός συντελεστής Κενού και ο RBMK έχει τον υψηλότερο Θετικό συντελεστή Κενού, οποιουδήποτε εμπορικού αντιδραστήρα, που έχει σχεδιαστεί ποτέ.

Όταν ο Συντελεστής Κενού, είναι Αρνητικός, η αύξηση του ατμού θα οδηγήσει σε μείωση της αντιδραστικότητας (ικανότητας για σχάσεις).

Σε αυτούς τους αντιδραστήρες, όπου το ίδιο κύκλωμα νερού, λειτουργεί τόσο ως μετριαστής, όσο και ως ψυκτικό, η υπερβολική παραγωγή ατμού, μειώνει την επιβράδυνση των νετρονίων που είναι απαραίτητα για τη διατήρηση της πυρηνικής αλλυσιδωτής αντίδρασης. Αυτό οδηγεί σε μείωση

της ισχύος και είναι ένα βασικό χαρακτηριστικό ασφαλείας των περισσότερων Δυτικών αντιδραστήρων.

Στον αντιδραστήρα RBMK, είναι το αντίθετο: Περισσότερος ατμός έχει ως αποτέλεσμα υψηλότερη αντιδραστικότητα, δηλαδή περισσότερες σχάσεις. Θυμηθείτε το στα επομένα άρθρα.

**Αυτός ο Θετικός συντελεστής Κενού, είναι μοναδικός για τους Ρωσικούς αντιδραστήρες RBMK. Και ένας από τους βασικότερους λόγους του ατυχήματος.**

Την εποχή του ατυχήματος στο Τσερνομπίλ, ο Συντελεστής Κενού ήταν τόσο θετικός, που κατέστρεψε τα άλλα συστατικά του Αρνητικού συντελεστή θερμοκρασίας, που τον έκανε να γίνει θετικός.

Όταν η ισχύς άρχισε να αυξάνεται, περισσότερος ατμός παράγονταν, ο οποίος με τη σειρά του οδήγησε σε αύξηση της ισχύος. Η πρόσθετη θερμότητα που προέκυψε από την αύξηση της ισχύος αύξησε τη θερμοκρασία στο κύκλωμα ψύξης και παράχθηκε περισσότερος ατμός. Περισσότερος ατμός σημαίνει λιγότερη ψύξη και λιγότερη απορρόφηση νετρονίων, με αποτέλεσμα την ταχεία αύξηση της ισχύος σε περίπου 100 φορές την ονομαστική μέγιστη χωρητικότητα του αντιδραστήρα.

Χωρίς να έχουμε δει ακόμα τους απεσταλμένους του Τσερνομπίλ, μας είπαν, από σοβαρές πηγές ότι ο Legasov (Ρώσος μηχανικός της μονάδας), έχει ήδη καταθέσει με βεβαιότητα, ότι οι αντιδραστήρες RBMK, έχουν μεν Αρνητικό συντελεστή θερμοκρασίας, αλλά έχουν Θετικό συντελεστή Κενού. Πάντως οι δύο αυτοί συντελεστες, έχουν τα ίδια αποτελέσματα για διαφορετικούς λόγους, αλλά αυτοί οι δύο είναι διαφορετικοί συντελεστες.

Και οι δικοί μας αντιδραστήρες CANDU, ενώ έχουν Αρνητικό συντελεστή θερμοκρασίας, έχουν Θετικό συντελεστή Κενού, που είναι το μόνο ψεγάδι και το λέω με ειλικρίνεια. Δεν μπορούσαμε να ξανασχεδιάσουμε τον αντιδραστήρα, αλλά μεριμνήσαμε, με το **Shut down system 2** (Εφεδρικό σύστημα 2), που χρησιμοποιεί υγρά δηλητήρια (θα τα εξηγήσω πάρα κάτω) να το διορθώσουμε. Μην ξεχνάτε βέβαια, ότι ο CANDU χρησιμοποιεί Βαρύ ύδωρ σαν μετριάστη και ψυκτικό, που δεν απορροφά νετρόνια (απορροφά μικρή ποσότητα, δημιουργώντας Τρίτιο, βάση της βόμβας υδρογόνου, αλλά σε μικρή ποσότητα για να επιρρεάσει τον μετριάσμό).

Σε σχέδια αντιδραστήρων, όπου ο μετριάστης (στην περιπτώσή RBMK -γραφίτης) και το ψυκτικό (στην περίπτωση RBMK ελαφρύ νερό), είναι από διαφορετικά υλικά, ο υπερβολικός ατμός, μειώνει την ψύξη του αντιδραστήρα, αλλά καθώς ο μετριάστης-γραφίτης παραμένει άθικτος η πυρηνική αλυσίδα αντιδραστήρα συνεχίζεται.

Οι Ρωσικοί RBMK, έχουν Θετικό συντελεστή Κενού, επειδή έχουν δύο Μετριάστες: γραφίτη και Συνηθισμένο νερό. Αλλά το συνηθισμένο νερό, σε αντίθεση με το βαρύ νερό (CANDU) έχει πρόβλημα.

Ο Edward Teller (που τότε ζούσε ακόμα) μας έχει μιλήσει για παρόμοια ιστορία (υπάρχει βίντεο με τα λεγόμενα του), που δεν κατέληξε σε τραγωδία, αλλά δημιούργησε προβλήματα, που αν οι Ρώσοι συνεργάζονταν με την Δύση, γνωρίζοντας τα, θα είχαν αποφύγει την τραγωδία.

Νομίζω, ότι θα πρέπει να επαναλάβω τα λεγόμενα του μεγάλου εκείνου επιστήμονα.

**«... Αλλά οι αντιδραστήρες, που Ψύχονται τόσο με νερό όσο και με γραφίτη και Μετριάζονται με γραφίτη** (Σημ δικιά μου, όπως οι RBMK), μπορούν να έχουν ένα ιδιαίτερα επικίνδυνο ελάττωμα. Οι αντιδραστήρες Hanford, που κατασκευάστηκαν κατά τη διάρκεια του πολέμου, για την παραγωγή της πρώτης πυρηνικής βόμβας (για να φτιάξουν πλουτώνιο στο reactor core), όπως οι αντιδραστήρες που κατασκευάστηκαν αργότερα στο Τσερνομπίλ, περιείχαν τόσο γραφίτη, που το νερό δεν είχε περαιτέρω αποτελέσματα στην επιβράδυνση των νετρονίων. Επομένως, η απώλεια νερού, στο σύστημα ψύξης των αντιδραστήρων Hanford, κατά τη διάρκεια του πολέμου, είχε ως αποτέλεσμα τη σύλληψη λιγότερων νετρονίων από το νερό και με τον τρόπο αυτό, την αύξηση της διεργασίας σχάσης. Σε έναν τέτοιο αντιδραστήρα, εάν ένας σωλήνας χάνει νερό, οι γειτονικοί σωλήνες υπερθερμαίνονται και ο αντιδραστήρας, μετατρέπει το νερό ψύξης σε ατμό, σχηματίζοντας έτσι ένα κενό στο σύστημα ψύξης, το οποίο με τη σειρά του αυξάνει την σχάση, παράγοντας έτσι περισσότερη θερμότητα και περισσότερο, ατμό που συνεχίζεται, μετατρέποντας τον αρνητικό συντελεστή θερμοκρασίας σε θετικό, μέχρι να εκραγεί ο αντιδραστήρας (χημική έκρηξη φυσικά) ...»

Συμπεράσματα:

Στο Τσερνομπίλ, μέσω ενός συνδυασμού κακού σχεδιασμού, και κακής λειτουργίας, ο αντιδραστήρας μπήκε σε μια κατάσταση, όπου σύντομα μετέτρεψε τον Θετικό συντελεστή Κενού, σε Θετικό συντελεστή θερμοκρασίας. Μέσα σε λίγα δευτερόλεπτα, η ισχύς που παράγεται από τον αντιδραστήρα αυξήθηκε εκθετικά, σε πολλές φορές την μέγιστη ισχύ σχεδιασμού του, το ψυκτικό νερό μετετράπη σε ατμό και ο αντιδραστήρας αποσυναρμολογήθηκε με έκρηξη ατμού. Χωρίς ένα κίριο περιορισμού, δεν υπήρχε τίποτα να συγκρατήσει τη δύναμη της έκρηξης εντός και έπειτα ο γραφίτης μέσα στην καρδιά του αντιδραστήρα (reactor core), άρχισε να καίγεται από την μη αφαιρεθείσα θερμότητα αποσύνθεσης. Δεν έπρεπε να συμβεί, αλλά θα είναι πάντα ένα μάθημα, διότι ο Συντελεστής θερμοκρασίας αντιδραστικότητας πρέπει να είναι πάντα έντονα, έντονα αρνητικός. Στον CANDU είναι, έτσι ο Θετικός του συντελεστής Κενού, δεν καταλήγει σε Θετικό Συντελεστή Θερμοκρασίας. Με αυτά τα εφόδια, προχωρούμε στην ανάλυση του ατυχήματος.

*Συνεχίζεται...*