

Το πυρηνικό ατύχημα της Fukushima I

Καινουργιάκης Εμμανουήλ

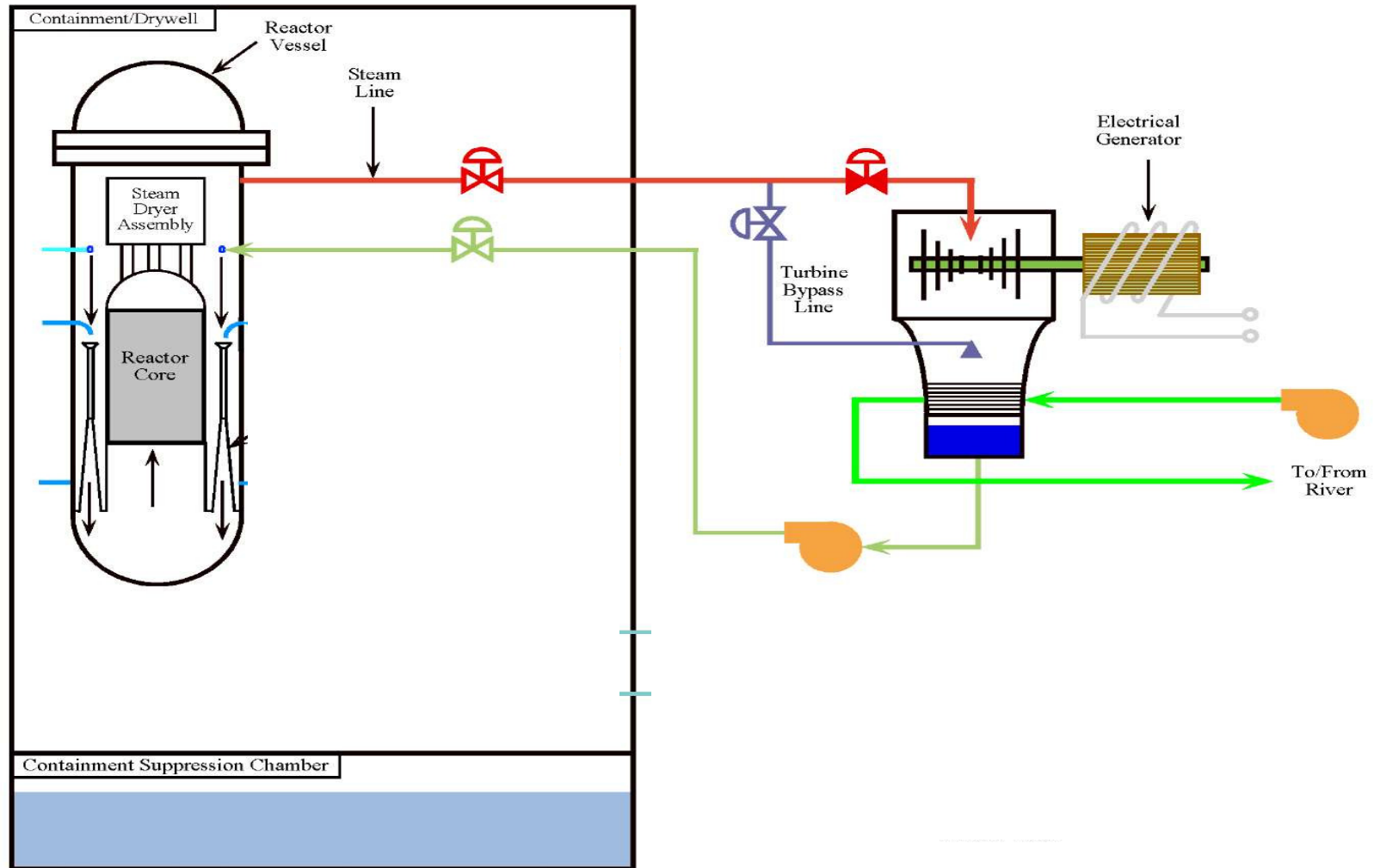
Μερικά στοιχεία για την Ιαπωνία

- Η Ιαπωνία διαθέτει 55 πυρηνικούς αντιδραστήρες.
- Από αυτούς παράγεται το 29% της ενέργειας που καταναλώνεται στην χώρα.
- Έξι από αυτούς βρίσκονται στη Φουκουσίμα Ι (ή Fukushima Dai-ichi).

Οι εγκαταστάσεις της Fukushima

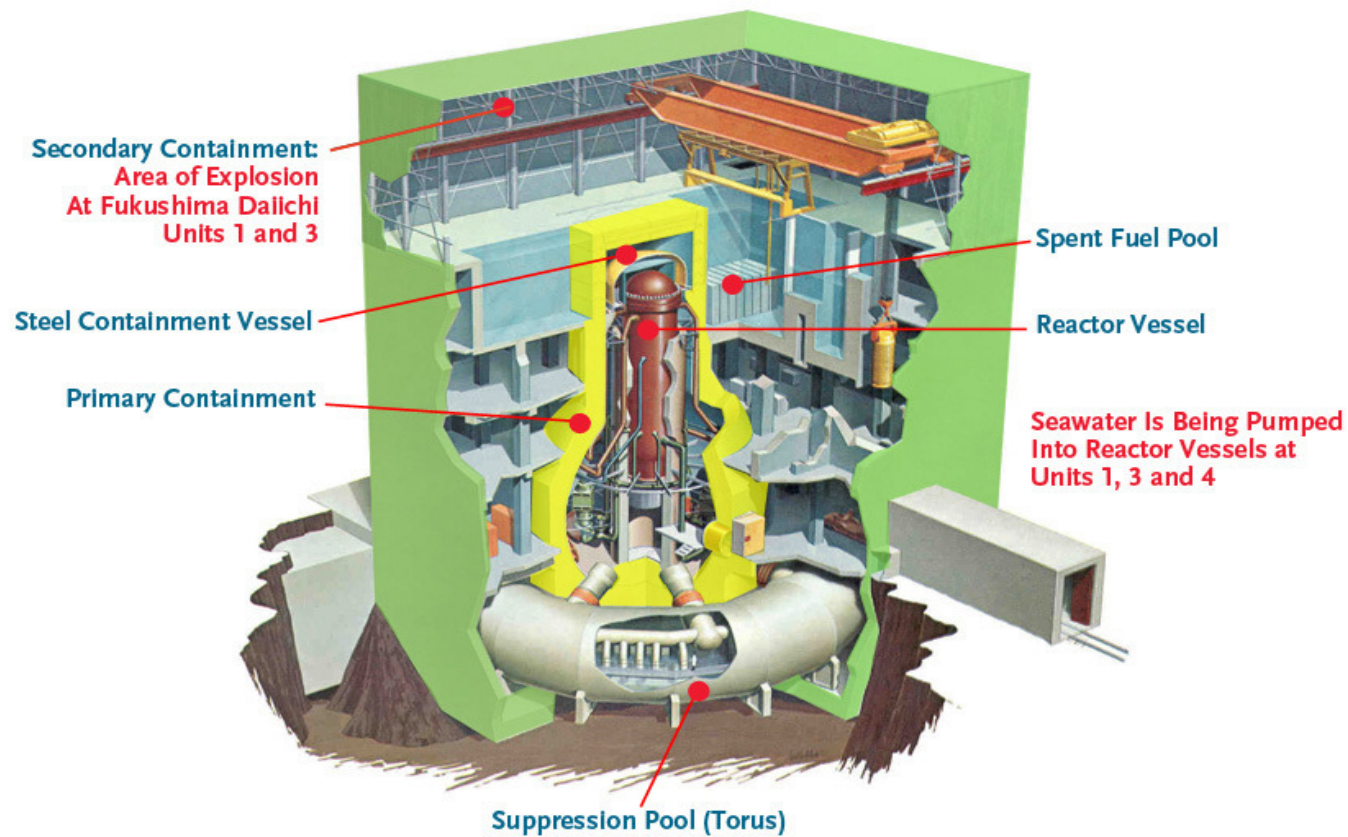
- 6 αντιδραστήρες στεγάζονταν σε 3 κτήρια.
- Το τέταρτο κτήριο ήταν αποθήκη πυρηνικών αποβλήτων.
- Τύπου **BWR** (Boiling Water Reactor).
- Καύσιμο: ουράνιο (235) ή μίγμα πλουτωνίου (238, 239, 240, 242, 244) και ουρανίου (235).

Βασική αρχή λειτουργίας αντιδραστήρων BWR



Αντιδραστήρας BWR-Mark I

Boiling Water Reactor Design At Fukushima Daiichi



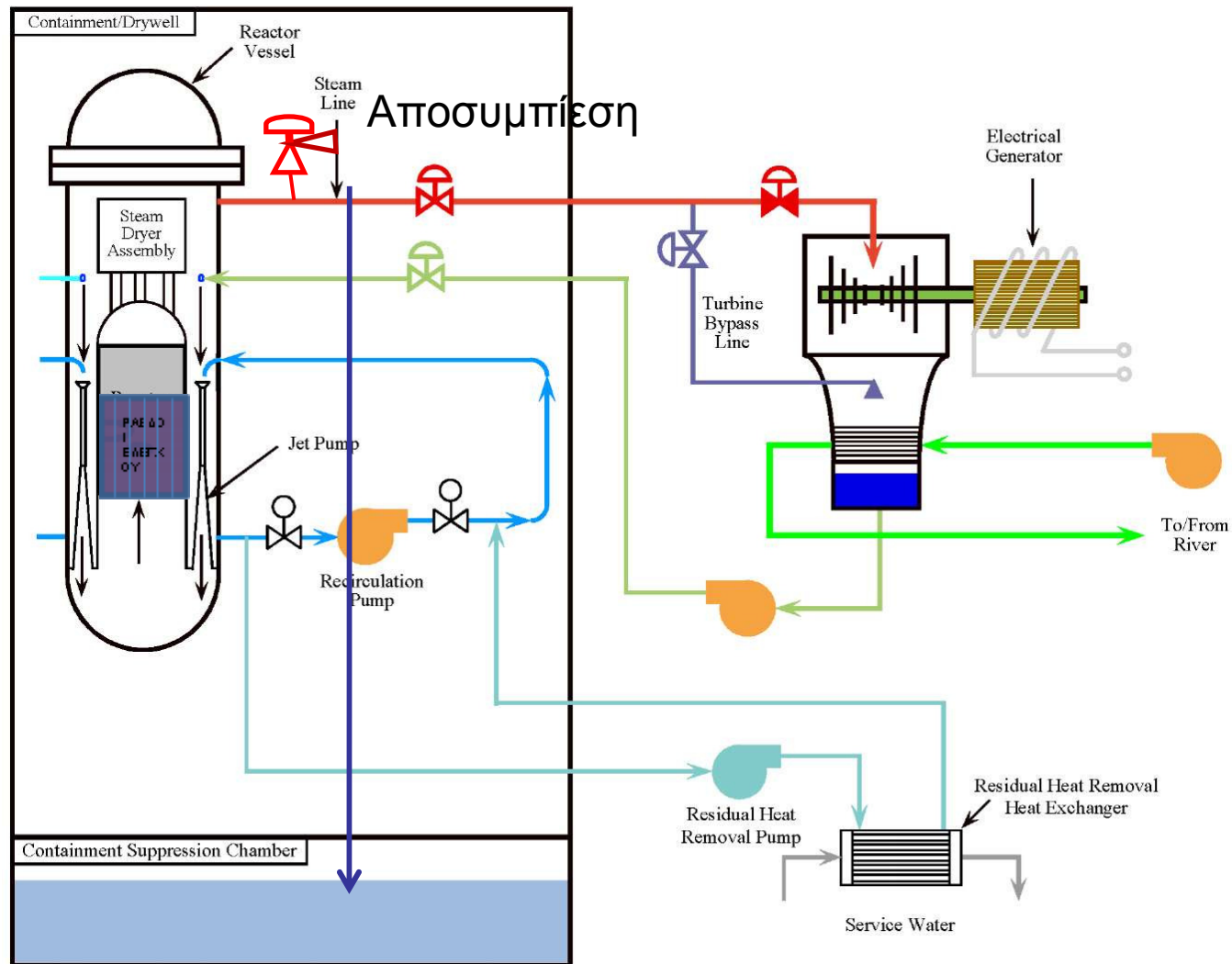
Updated 3/16/11

Λειτουργίες ασφαλείας αντιδραστήρων

1. Έλεγχος Αντιδραστικότητας.
2. Απαγωγή θερμότητας από την καρδιά.
 - 2.α) Έκχυση ύδατος υπό υψηλή πίεση.
 - 2.β) Αποσυμπίεση.
 - 2.γ) Έκχυση ύδατος υπό χαμηλή πίεση.
3. Προστασία Κυκλώματος Ψύξης από Υπερπίεση.
4. Προστασία Ακεραιότητας Περιβλήματος.
5. Απαγωγή ραδιενέργειας από την ατμόσφαιρα του περιβλήματος.

Σύστημα απαγωγής θερμότητας για ψύξη αντιδραστήρα

Πτώση
ράβδων
ελέγχου-
διακοπή
λειτουργίας



Άποψη περιοχής από ψηλά



Η θέση του τείχους

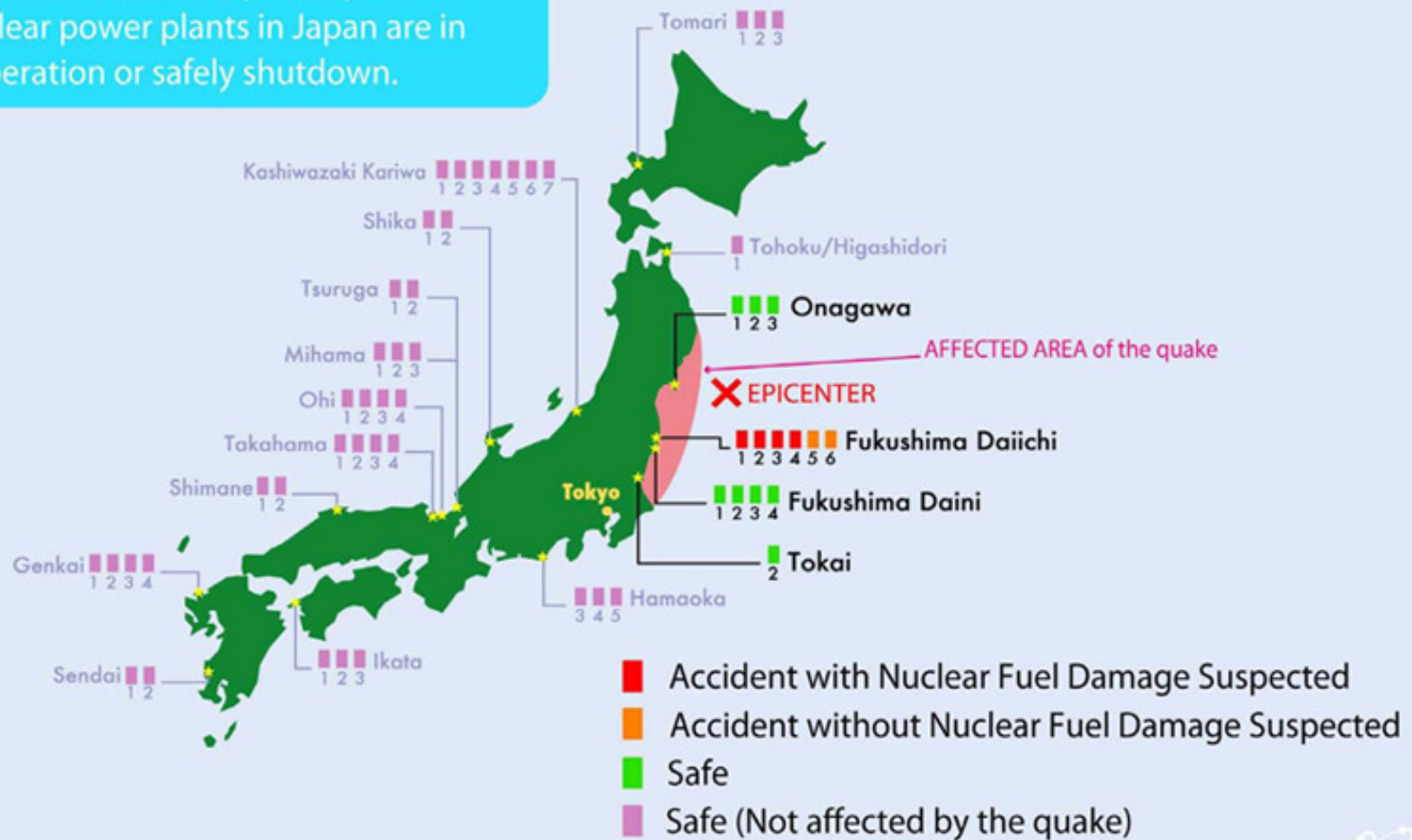


Η θέση των αντιδραστήρων και των εφεδρικών γεννητριών

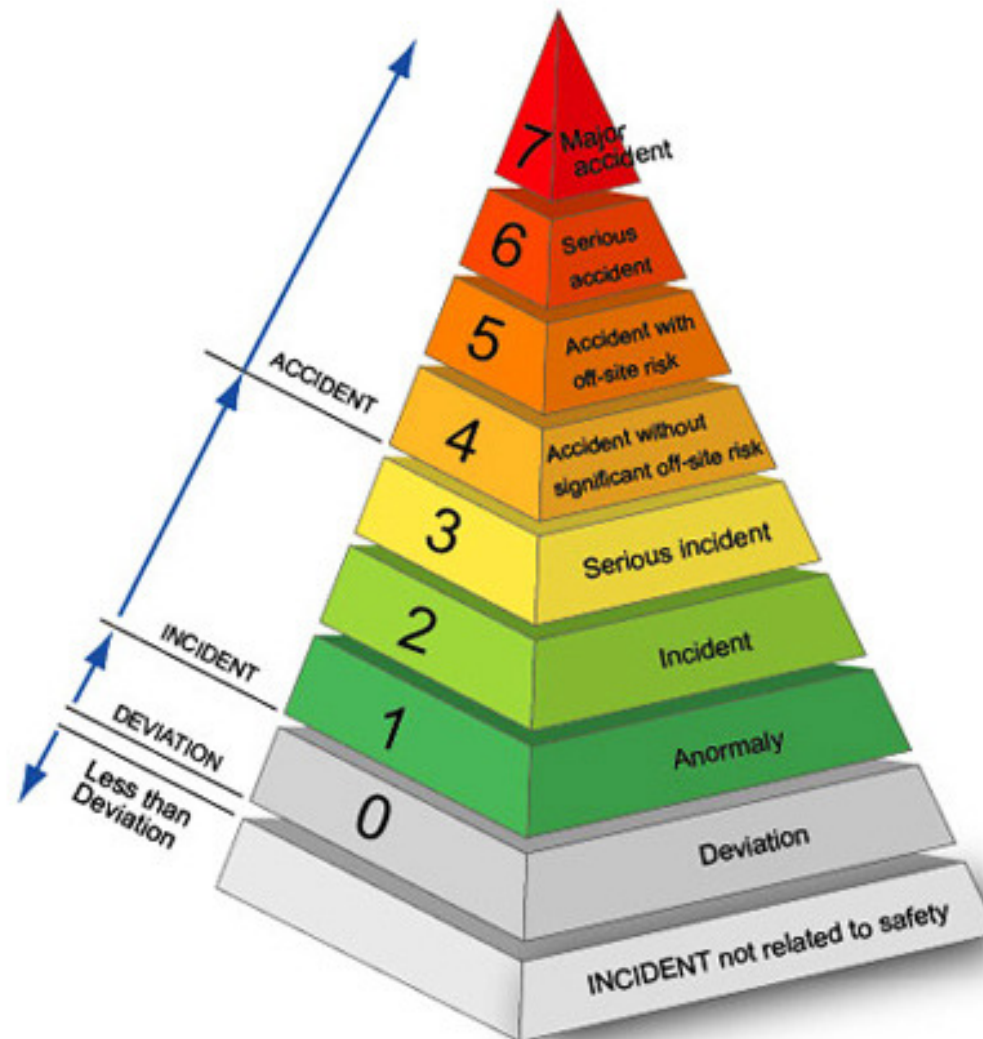


Οι θέσεις των πυρηνικών αντιδραστήρων της Ιαπωνίας

Every efforts and measures have been taken at Fukushima Daiichi nuclear power plants. Other nuclear power plants in Japan are in normal operation or safely shutdown.



Διεθνής κλίμακα πυρηνικών συμβάντων



Το χρονικό της καταστροφής

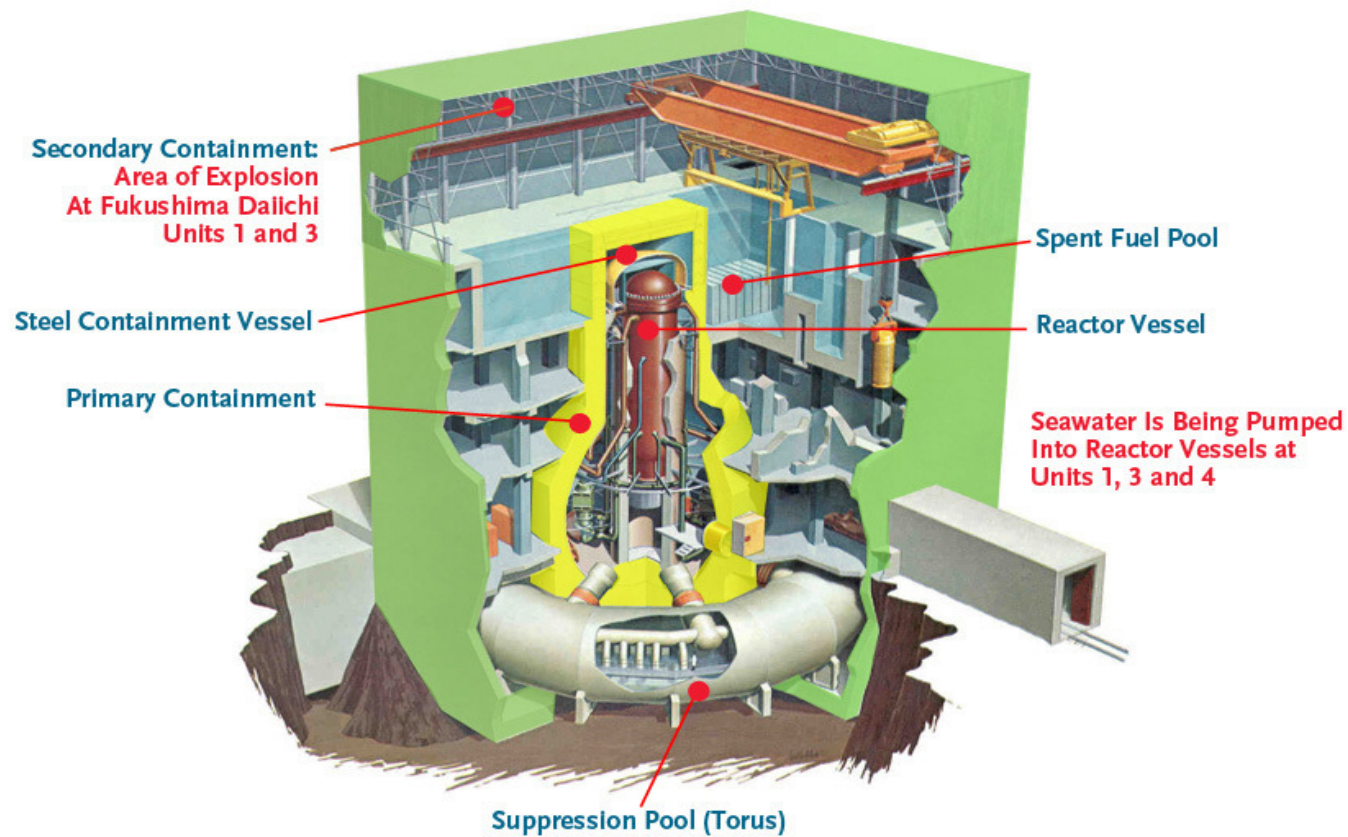
- Στις 11 Μαρτίου 2011, 14:46 (τοπική ώρα) έγινε ο σεισμός (9 βαθμοί της κλίμακας Ρίχτερ).
- Οι αντιδραστήρες (Units) 1-3 που λειτουργούσαν απενεργοποιήθηκαν αμέσως, ενώ οι αντιδραστήρες 4-6 ήταν ήδη ανενεργοί.
- Τέθηκε σε λειτουργία το σύστημα ψύξης.
- 41-60 min μετά χτύπησε το τσουνάμι.
- Καταστροφή γεννητριών συστήματος ψύξης από το τσουνάμι.

Το χρονικό της καταστροφής

- Ενεργοποίηση εφεδρικών μπαταριών για μεταφορά ρεύματος.
- Μετά από 4 ώρες, εξάντληση της ενέργειας των μπαταριών.
- Υπερθέρμανση αντιδραστήρων.
- Αντίδραση θηκών Zr με το νερό.
- Παραγωγή αερίου υδρογόνου.
- Έκρηξη Unit 1. Ακολούθησαν με τη σειρά τα Units 3, 4 και 2.

Αντιδραστήρας BWR-Mark I

Boiling Water Reactor Design At Fukushima Daiichi



Updated 3/16/11

Ενέργειες για την αντιμετώπιση της κρίσης

- Εισαγωγή νερού στους αντιδραστήρες.
- Χρήση θαλασσινού νερού και βοριωμένου νερού λόγω προβλημάτων στην άντληση καθαρού νερού.
- Προσπάθειες αποκατάστασης παροχής ηλεκτρικού ρεύματος και καθαρού νερού.
- Χρήση ρομπότ για βιντεοσκόπηση και έλεγχο της κατάστασης των αντιδραστήρων.
- Ελεγχόμενη απελευθέρωση ατμού και υδρογόνου (ραδιενεργά) στο εσωτερικό του εξωτερικού κτηρίου και, μετά την έκρηξή του, στο περιβάλλον.
- Χρήση ελικοπτέρων για ρίψη ύδατος.

Προληπτικές ανακοινώσεις για την προστασία των πολιτών

- 11 Μαρτίου 2011:
 - 20:50: Έκδοση οδηγίας εκκένωσης στους πολίτες που κατοικούσαν μέχρι 2 km από το ατύχημα.
 - 21:23: Έκδοση οδηγίας εκκένωσης στους πολίτες που κατοικούσαν σε απόσταση μέχρι 3 km και παραμονής εντός των σπιτιών σε ακτίνα 10 km από το ατύχημα.
- 12 Μαρτίου 2011:
 - 05:44: Έκδοση οδηγίας εκκένωσης σε ακτίνα 10 km από το ατύχημα.
- 15 Μαρτίου 2011
 - 11:00: Έκδοση οδηγίας εκκένωσης σε ακτίνα 20-30 km από το ατύχημα.

Παρούσα κατάσταση

- Στους αντιδραστήρες 1, 2 και 3 τροφοδοτούνται συνεχώς με καθαρό νερό η καρδιά και η αποθήκη χρησιμοποιημένου καυσίμου, με στόχο την ψύξη.
- Στον αντιδραστήρα 4 δεν υπάρχει καύσιμο στην καρδιά και τροφοδοτείται με καθαρό νερό μόνο η αποθήκη χρησιμοποιημένου καυσίμου.

Λάθη-Προβλήματα που παρουσιάστηκαν

- Το τείχος είχε κατασκευαστεί ώστε να αντέχει κύματα ύψους μέχρι 5,7 m. Τα κύματα του τσουνάμι όμως είχαν ύψος μέχρι 14 m.
- Οι γεννήτριες έκτακτης ανάγκης και οι αποθήκες καυσίμων τους βρίσκονταν απροστάτευτες ακριβώς πίσω από τα τείχη, με αποτέλεσμα να παρασυρθούν αμέσως από τα τεράστια κύματα.
- Η αδυναμία άντλησης νερού διαπιστώθηκε αφού είχε εμφανιστεί το πρόβλημα της έλλειψης ροής καθαρού νερού.

Διαφορές από το Chernobyl

- Ο αντιδραστήρας του Chernobyl δεν διέθετε περίβλημα.
- Το Chernobyl ήταν ατύχημα ανεξέλεγκτης αντίδρασης καθώς δεν διεκόπη η λειτουργία του αντιδραστήρα.
- Η επιβράδυνση των νετρονίων στο Chernobyl βασιζόταν σε ράβδους γραφίτη, οι οποίες, λόγω της ανόδου της θερμοκρασίας άρχισαν να καίγονται, διαδικασία που διήρκεσε μέρες.
- Εκκένωση των γύρω περιοχών και γενικότερη ειδοποίηση των πολιτών έγινε μετά από μερικές μέρες και μόνο αφού έγινε αισθητή η ύπαρξη ραδιενέργειας στην ατμόσφαιρα της γειτονικής Σουηδίας.

Διαφορές από το Chernobyl

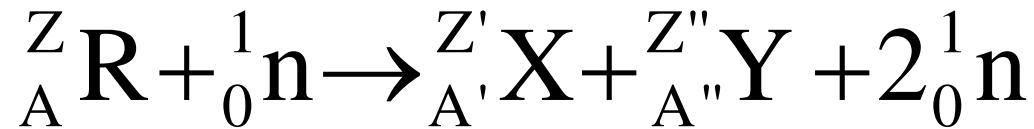
- Το αποτέλεσμα ήταν επέκταση της ραδιενέργειας στην περίπτωση του Chernobyl σε έκταση **3000 km**.
- Σε **πολύ μικρότερη έκταση** η εξάπλωση στη Fukushima.
- Ο κίνδυνος για την Ευρώπη και, κατ' επέκταση, για την Ελλάδα, είναι αμελητέος.

Το μέλλον της πυρηνικής ενέργειας (?)

- Οι πυρηνικοί αντιδραστήρες είναι μέσο παραγωγής ενέργειας **φθηνότερο** και **αποδοτικότερο** από τον λιγνίτη και τις ανανεώσιμες μορφές ενέργειας.
- Απαιτείται **μεγάλη προσοχή** στην κατασκευή και λειτουργία ενός πυρηνικού αντιδραστήρα.
- Με κατάλληλη και υπεύθυνη προετοιμασία, με υπολογισμό και πρόληψη των παραμέτρων που μπορούν να οδηγήσουν σε ατύχημα, τα πυρηνικά εργοστάσια θα μπορούσαν να αποτελέσουν μια από τις κύριες πηγές ενέργειας του μέλλοντος.
- Όμως, ένα πιθανό πυρηνικό ατύχημα έχει εξαιρετικά μεγαλύτερες επιπτώσεις, για πολύ μεγαλύτερο χρονικό διάστημα, σε σχέση με πιθανά ατυχήματα σε συμβατικά εργοστάσια.

Παράρτημα

Αρχή αντίδρασης σχάσης

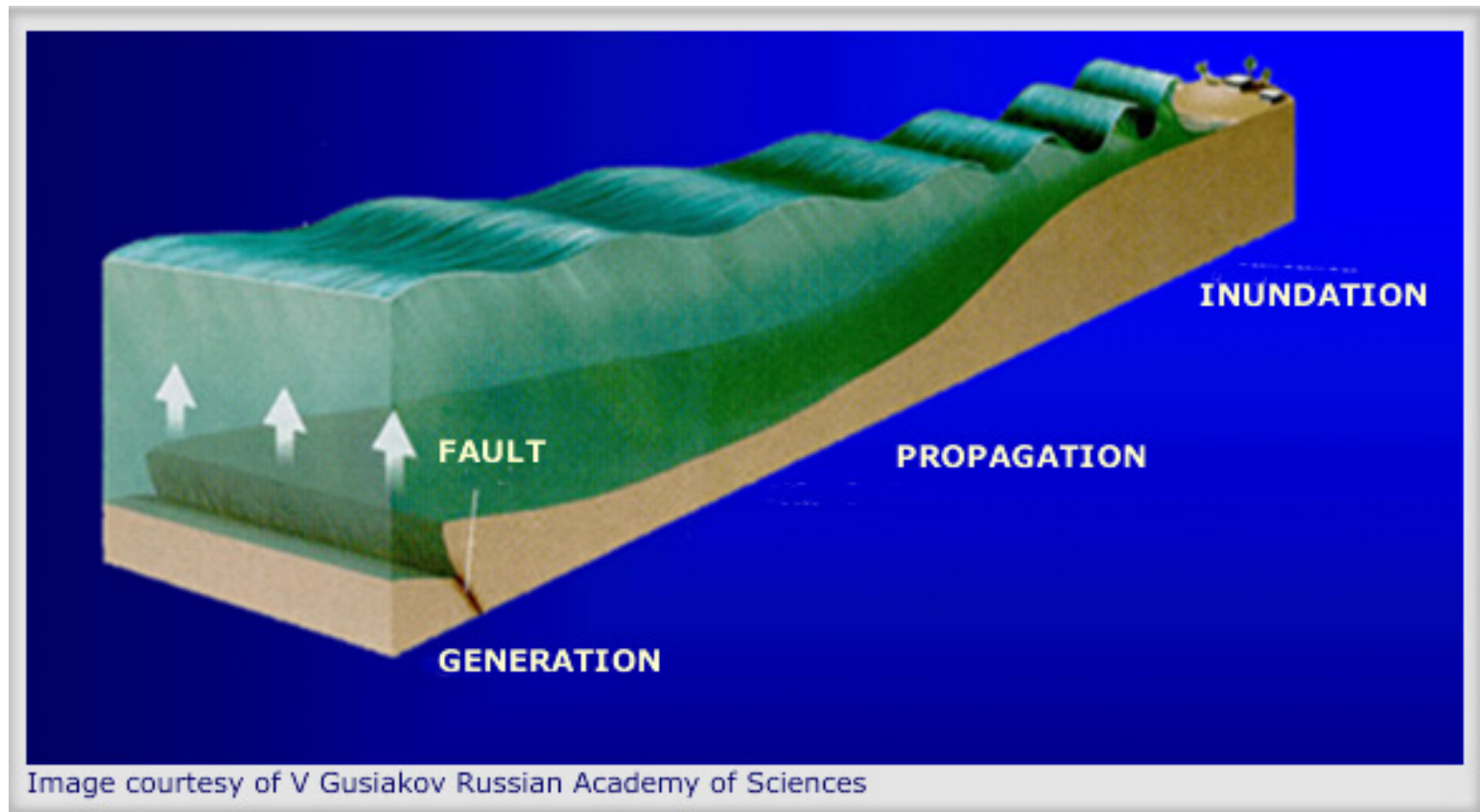


- με: $Z+1=Z'+Z''+2$ και $A'=A''+A''$
- R ο αρχικός πυρήνας
- X, Y οι πυρήνες-προϊόντα σχάσης

Σχηματισμός κύματος από σεισμό

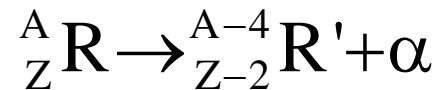
- Μετά τον σεισμό, μια μεγάλη μάζα νερού αλλάζει θέση.
- Τείνει, λόγω της βαρύτητας, να επανέλθει στην κατάσταση ισορροπίας
- Μετακινείται όλη η μάζα του νερού και όχι μόνο η επιφάνεια, με αποτέλεσμα να έχει τεράστια ποσότητα δυναμικής ενέργειας, που, κατά την επέκταση του κύματος αποκτά μεγάλα ποσά ενέργειας.
- Καθώς φτάνει στις ακτές το νερό, συσσωρεύεται και σχηματίζει ένα τεράστιο κύμα.

Σχηματική αναπαράσταση δημιουργίας τσουνάμι



Αντιδράσεις που πραγματοποιούνται μετά την απενεργοποίηση του αντιδραστήρα

- α-διάσπαση: διάσπαση πυρήνα σε έναν μικρότερο και παραγωγή ενός πυρήνα He (σωματίδιο α).



- β-διάσπαση: διάσπαση νετρονίου σε πρωτόνιο, ηλεκτρόνιο και αντineutrino του ηλεκτρονίου, με συνέπεια την δημιουργία πυρήνα με ατομικό αριθμό κατά ένα μεγαλύτερο.



Ισχύς αντιδραστήρων

- Η ισχύς των αντιδραστήρων ήταν 460 MW.