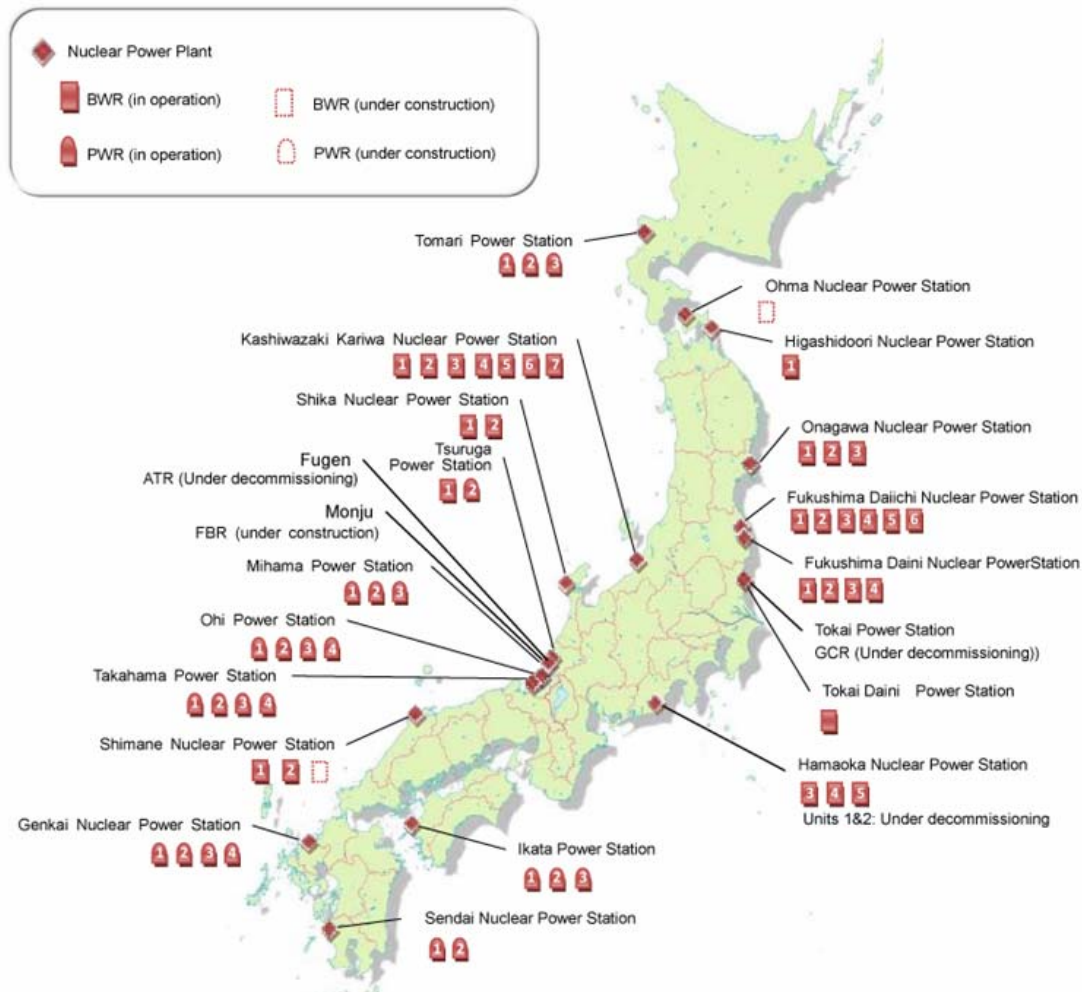


# Fukushima - Descrizione degli eventi

## Il Nucleare in Giappone

In Giappone sono operativi 54 reattori nucleari per la produzione di energia elettrica che forniscono circa il 29% del fabbisogno; sono inoltre in costruzione 2 nuovi impianti e in progetto ulteriori 12 con la previsione che la produzione salga a circa il 40% entro il 2017. Sono inoltre presenti altri reattori sperimentali o prototipi che utilizzano varie tecnologie. Mappa dei siti



## Il sisma dell'11 marzo 2011

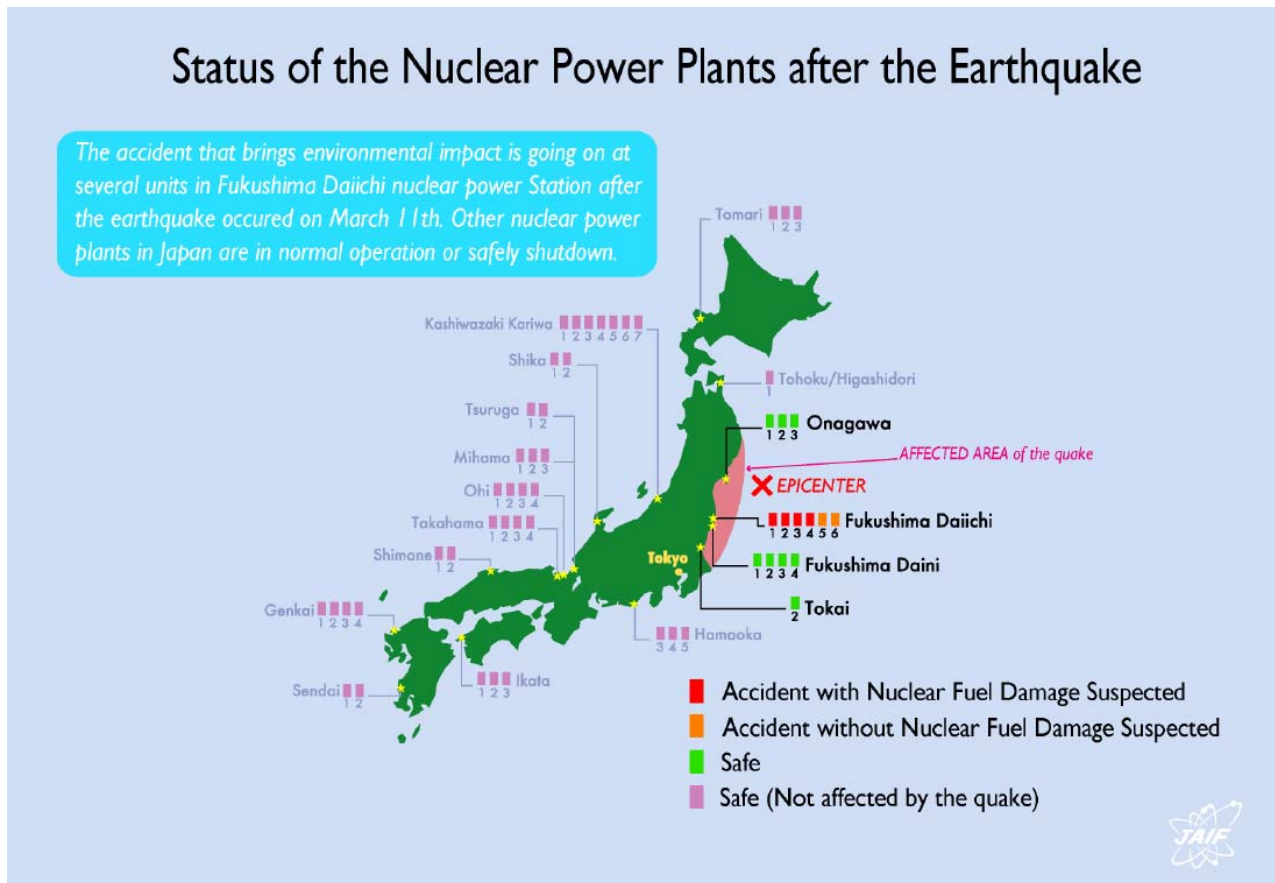
Alle ore 14.46, ora locale, del giorno 11 marzo 2011 nell'area nord orientale del Giappone si è verificato un terremoto di magnitudo 9.0 della scala Richter. Il sisma ha provocato un rilevante evento di tsunami.

Nell'area interessata sono presenti diversi siti nucleari.

Tutti gli impianti hanno resistito al sisma e si sono arrestati automaticamente.

Gli impianti sui siti di Onagawa e di Tokai, che erano in servizio, sono stati portati in "arresto a freddo" in condizioni di sicurezza.

Gli impianti che, successivamente all'onda di tsunami, hanno presentato significative problematiche sono quelli nei due siti di Fukushima: Fukushima Daiichi (1) e Fukushima Daini (2).



## Descrizione degli impianti di Fukushima

Nel sito di Fukushima Daini sono installate 4 Unità BWR (Boiling Water Reactor) ciascuna di 1067 MWe entrate in servizio tra il 1982 e il 1987.

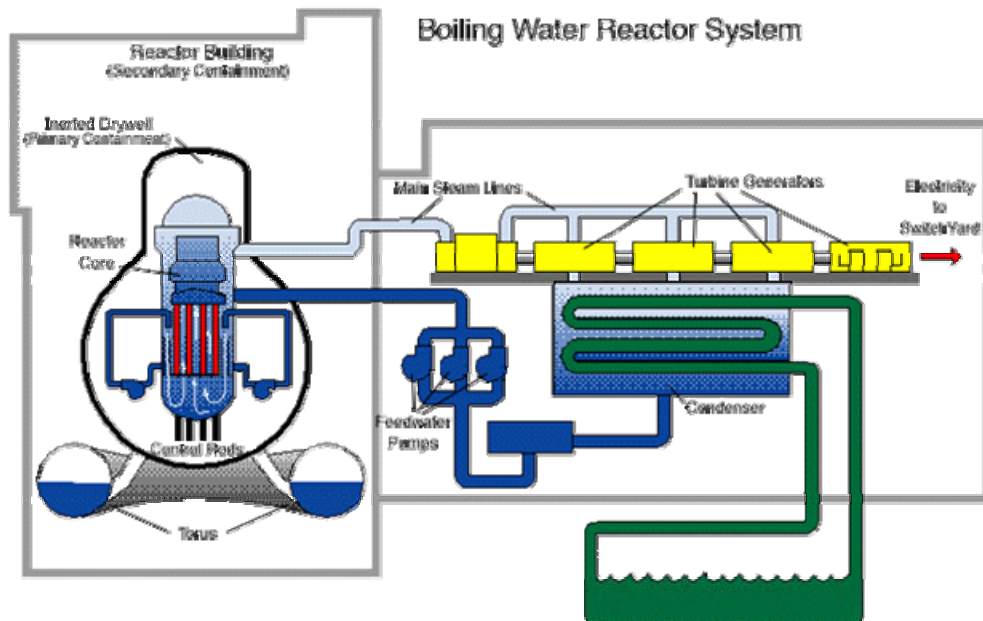
Nel sito di Fukushima Daiichi sono installate 6 Unità BWR

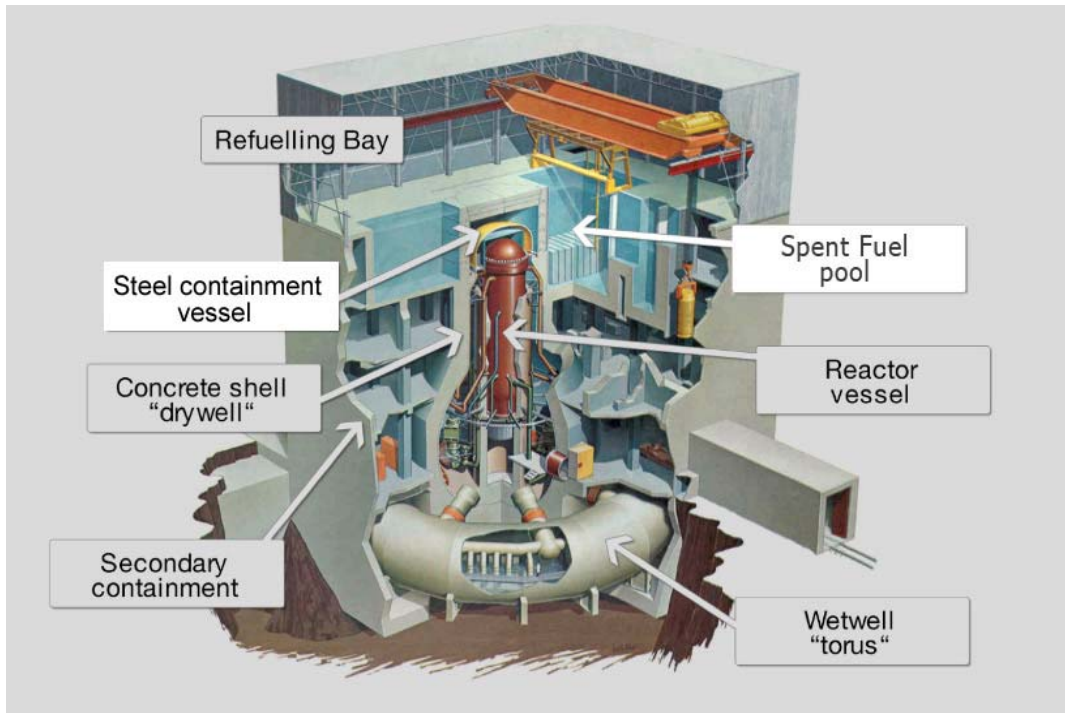
Reattore	Tipo	Potenza Elettrica (MWe)	Inizio Esercizio	Condizione prima del Sisma
Unità 1	BWR3-Mark I	439	1971	In esercizio
Unità 2	BWR4-Mark I	760	1974	In esercizio
Unità 3	BWR4-Mark I	760	1976	In esercizio
Unità 4	BWR4-Mark I	760	1978	In fermata-combustibile solo nella Piscina di Stoccaggio
Unità 5	BWR4-Mark I	760	1978	In fermata
Unità 6	BWR5-Mark II	1067	1979	In fermata

Immagine del sito con i 6 Reattori



Nel seguito vengono riportati gli schemi relativi agli impianti BWR con contenimento Mark I.





Negli impianti BWR Mark I il reattore, che contiene gli elementi di combustibile e parte del circuito primario (che in caso di incidente è isolata dalla parte: turbina-condensatore), sono racchiusi in una struttura di contenimento (contenimento primario) progettata per resistere e mantenere un elevatissimo grado di tenuta in caso di incidente trattenendo al suo interno tutti i prodotti radioattivi rilasciati dal combustibile. Il contenimento primario è costituito da una struttura in calcestruzzo armato, ricoperta al suo interno da una lamiera metallica, collegata con una struttura toroidale metallica (il "Toro"), parte del contenimento primario. Il Toro, contenente una grande quantità di acqua (camera di soppressione) ha la funzione di condensare il vapore proveniente dal reattore, quando questo non può essere inviato alla turbina o al condensatore.

Il contenitore primario è a sua volta racchiuso in una struttura civile (edificio reattore) contenente diversi sistemi ausiliari tra cui una piscina riempita d'acqua in cui sono posizionati gli elementi di combustibile irraggiato al termine della loro vita utile nel reattore.

L'acqua della piscina deve essere continuamente raffreddata in quanto anche il combustibile irraggiato (che ha funzionato nel reattore) produce calore a causa del decadimento dei prodotti radioattivi. Tuttavia in condizioni normali la piscina non raggiunge la temperatura di ebollizione dell'acqua prima di diversi giorni anche in caso di interruzione del raffreddamento.

La questione del calore di decadimento richiede con maggior urgenza un sistema di raffreddamento per il combustibile posto nel nocciolo. Infatti, anche in caso di spegnimento del reattore, è comunque necessario rimuovere le significative quantità di calore dovute al decadimento dei prodotti radioattivi (residual heat) mediante sistemi che condensano il vapore nell'acqua all'interno del toro e raffreddano l'acqua all'interno del toro stesso. Tali sistemi, progettati con notevoli ridondanze, hanno comunque due esigenze basilari per funzionare: alimentazione elettrica e disponibilità di acqua di raffreddamento.

## Descrizione degli eventi

### Fukushima Daini

I 4 impianti in servizio si sono automaticamente arrestati in occasione del sisma e i generatori di emergenza sono correttamente entrati in servizio alimentando i sistemi necessari al raffreddamento del reattore. Un'ora dopo, gli impianti sono stati investiti da un'onda di tsunami di 12-14 m e quindi ben superiore a quella prevista dal progetto (6.51m): l'Unità 3 non ha subito conseguenze e ha proseguito l'iter per arrivare in "arresto a freddo".

Le Unità 1, 2, 4, hanno invece subito l'inondazione dei sistemi che trasferiscono il calore dal circuito del reattore al mare. Il calore di decadimento è stato smaltito nell'acqua della piscina di soppressione (toro) che però non potendo più essere raffreddata ad un certo punto è arrivata ad una temperatura di 100°C e quindi non ha più potuto svolgere la sua funzione. Gli operatori sono comunque riusciti in breve tempo a ripristinare l'operatività dei sistemi di raffreddamento e di conseguenza a portare in "arresto a freddo" anche le Unità 1, 2, 4. Gli impianti sono in questo momento in completa sicurezza.

### Fukushima Daiichi

#### Unità 1 -2 -3

Le Unità 1,2,3 si sono spente automaticamente, arrestando la reazione a catena. Al momento del sisma le linee che portano il vapore in turbina sono state isolate come previsto in questi casi. Isolando il reattore dal resto dell'impianto.

A reattore spento ed isolato è comunque necessario controllare il livello del refrigerante primario e rimuovere le significative quantità di calore prodotte dal decadimento radioattivo mediante sistemi alimentati elettricamente. In mancanza della rete elettrica di alimentazione esterna (Le sottostazioni elettriche sono state probabilmente danneggiate dal sisma) l'alimentazione è stata inizialmente garantita dai diesel-generatori di emergenza, che si sono avviati regolarmente.

La potenza termica dovuta al decadimento degli isotopi radioattivi ha un valore pari al 7% della potenza totale a reattore appena arrestato (per un reattore tipo BWR4 tale valore è pari a circa 160 MW), dopo un giorno è meno dell'1% (circa 20 MW), dopo una settimana 0,5% (circa 12 MW), dopo un mese 0,3% (circa 7MW) ed a un anno 0,2% (circa 5 MW).

Lo tsunami di altezza ora valutata a 14 m è arrivato dopo circa 15 minuti dalla scossa sismica. I diesel hanno continuato a fornire energia elettrica per altri 45 minuti circa. Non si hanno al momento informazioni precise sui motivi della loro fermata. Una ipotesi è che lo tsunami abbia danneggiato i serbatoi di combustibile posti all'esterno e che i diesel abbiano continuato a funzionare tramite i piccoli serbatoi posti all'interno degli edifici dove sono collocati.

Il calore di decadimento ha quindi provocato l'evaporazione dell'acqua contenuta nel reattore con conseguente aumento di pressione nel circuito primario; il vapore prodotto è stato sfogato (secondo procedura) nell'acqua della camera di soppressione toroidale; in mancanza di refrigerazione esterna, la temperatura dell'acqua nella camera di soppressione ha raggiunto, nei tre impianti che erano in esercizio, la temperatura di 100°C; dopo di che è iniziato l'innalzamento della pressione nel toro stesso e nel contenitore primario.

La mancanza di raffreddamento degli elementi di combustibile ha portato ad alte temperature delle guaine metalliche che contengono le pastiglie di combustibile con degrado delle stesse e quindi fuoriuscita di prodotti di fissione più volatili quali i gas nobili, lo iodio ed il cesio; inoltre a temperatura sopra i 1000°C il metallo delle guaine (Zirconio) a contatto con l'acqua si ossida rilasciando idrogeno.

L'aumento di pressione nel contenitore primario ha comportato la necessità di eseguire degli "sfiati" controllati dal contenitore primario per impedirne una rottura catastrofica, ma questa operazione ha comportato fuoriuscita di prodotti radioattivi ed idrogeno.

Le esplosioni che si sono registrate sugli impianti hanno interessato la parte alta dell'edificio reattore. Tale area, che accoglie anche la piscina di stoccaggio degli elementi di combustibile esauriti (vedi schema precedente), è caratterizzata da una struttura chiusa, ma relativamente leggera. Le esplosioni sono state verosimilmente provocate da sacche di idrogeno prodotte dalla reazione metallo-acqua sopra descritta, che si sono presumibilmente formate a causa delle operazioni di "sfiato" del contenitore primario. L'idrogeno, con l'ossigeno dell'aria, in percentuali superiori al 4% può infiammarsi, sopra il 18% può esplodere.

Per cercare di riattivare il raffreddamento e ovviare a questi fenomeni, sono state immediatamente messe in atto le seguenti due azioni:

1. ripristinare l'alimentazione elettrica essenziale mediante generatori mobili di emergenza
2. iniettare acqua di mare dentro il reattore con l'impianto di pompaggio acqua antincendio

Da segnalare che la mancanza di alimentazione elettrica ha fermato anche l'illuminazione di tutte le sale manovra che sono rimaste al buio dopo qualche ora in cui sono state alimentate tramite le batterie. Inoltre si è persa in gran parte anche la strumentazione che consentiva di conoscere e controllare lo stato dell'impianto..

E' in corso il ripristino graduale dell'alimentazione elettrica ai vari sistemi, ma l'operatività è ancora molto limitata.

I sistemi di contenimento primario sembrano tuttora sostanzialmente integri; potrebbe esserci un degrado nella struttura toroidale delle Unità 2 e 3, sempre a causa di esplosioni dovute a idrogeno.

E' verosimile che, per il mancato raffreddamento per periodi così prolungati, il combustibile sia danneggiato in percentuale variabile, ma comunque significativa. Ad oggi mancano gli elementi per valutare l'entità del danneggiamento.

La pressione all'interno del contenimento primario si è stabilizzata evitando di conseguenza di operare degli "sfiati" all'esterno. L'iniezione di acqua di mare all'interno del reattore è continuata. Negli ultimi giorni si è progressivamente passati, su tutti i tre reattori, all'iniezione di acqua dolce. L'integrità dell'edificio reattore è stata seriamente danneggiata dalle esplosioni dovute all'idrogeno in tutte le Unità 1, 2 e 3 (vedi schema a valle).

#### **Unità 4 - 5- 6**

Al momento del sisma le Unità 4-5-6 erano ferme per le ispezioni periodiche, in particolare, nell'unità 4 tutto il combustibile del reattore era stato trasferito nella piscina di stoccaggio, causando in tal modo una necessità particolarmente importante di potenza di raffreddamento.

Incidenti relativi alle piscine di stoccaggio del combustibile esaurito

Nell'Unità 4, ferma al momento del sisma, e nell'Unità 3 è mancato il raffreddamento agli elementi di combustibile irraggiato nella piscina di stoccaggio (elementi che, anche se in quantità minore, producono comunque calore di decadimento). Il conseguente riscaldamento dell'acqua in piscina ha indotto processi evaporativi che hanno causato la riduzione del livello d'acqua nella vasca fino a scoprire gli elementi di combustibile. Anche qui c'è stato un degrado delle barrette di combustibile per alta temperatura, produzione di idrogeno e fuoriuscita di prodotti radioattivi.

*Per utilizzare le informazioni contenute nella presente nota è necessario citare la fonte*

Non è ancora certo, ma alcune fonti hanno ipotizzato che a seguito del sisma il fondo delle piscine si sia fessurato lasciando fuoriuscire una parte dell'acqua contenuta ed accelerando la riduzione di livello dell'acqua.

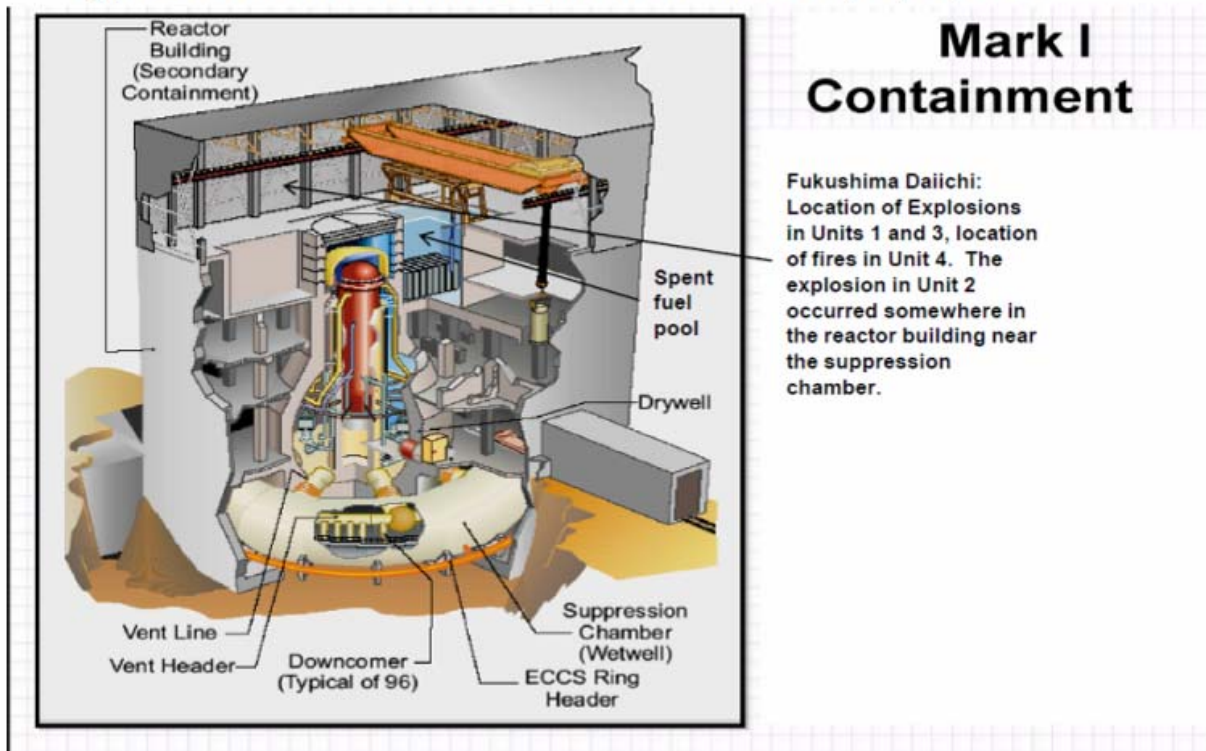
Nell'Unità 3 l'edificio reattore era già degradato per le esplosioni prima descritte, nell'Unità 4, la produzione di idrogeno ha causato un'esplosione nell'edificio reattore con relativa perdita di integrità della struttura.

Non essendo le piscine di stoccaggio situate all'interno del contenitore primario, ma nella parte alta dell'edificio reattore (vedi schema) danneggiata dalle esplosioni prima descritte, il rilascio di radioattività è stato direttamente in atmosfera.

Si sta intervenendo con iniezione di acqua mediante idranti ed elicotteri. Le stesse operazioni vengono eseguite a scopo preventivo anche sulle Unità 1 e 2. Sembra che tale operatività stia avendo risultati positivi.

## BWR3 & BWR4 – Containment Configuration

Typical for Fukushima Dai-ichi Units 1, 2, 3, & 4



Per le piscine delle Unità 5 e 6 è stata ripristinata la capacità di raffreddamento; sono state comunque eseguite delle aperture sul tetto dell'edificio reattore a scopo precauzionale per evitare l'eventuale accumulo di sacche di idrogeno

### Osservazioni

Quello che sta succedendo sugli impianti sarà sotto controllo solo quando si riuscirà a mantenere un raffreddamento stabile sia dei reattori che delle piscine del combustibile irraggiato. Tutte le operazioni sono ovviamente complicate dalla presenza di elevata intensità di dose sugli impianti e dalle condizioni logistiche al contorno fortemente degradate a causa del sisma.

## Fukushima Dai-ichi Nuclear Power Plant



Aggiornamenti sistematici sull'evoluzione della situazione si possono trovare nei link sotto indicati:

NISA-Nuclear and Industrial Safety Body: <http://www.nisa.meti.go.jp/english/>

JAIF - Japan Atomic Industrial Forum: <http://www.jaif.or.jp/english/>

AIEA: <http://www.iaea.org/>