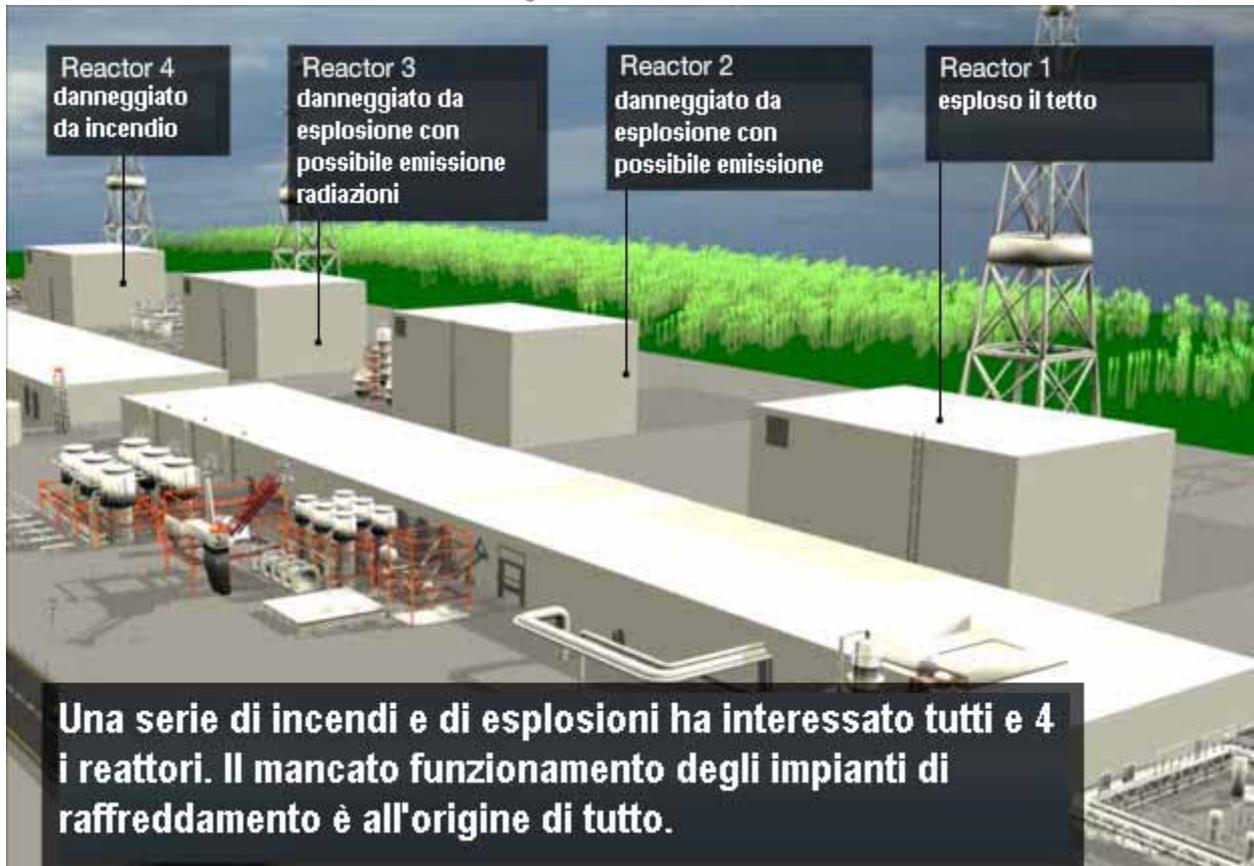


# Sindrome Giapponese

I terremoto che ha devastato il Giappone ha colpito anche le sue centrali nucleari, in particolare gli impianti nucleari di Fukushima Daiichi e Daini, il primo usualmente definito come Impianto di Fukushima n.1, mentre il secondo come n.2.

*In questa breve nota cercheremo di riassumere sinteticamente quanto è successo sinora, consapevoli della difficoltà nel reperire informazioni, districandoci nella lunga serie di comunicati, spesso contraddittori emessi dalla Società elettrica Tokyo Electric Power Company (Tepco), dalla stessa Agenzia Atomica Internazionale, dal Japan Atomic Industrial Forum, dall'World Nuclear News e dal Nuclear Energy Institute.*



54 è il numero di reattori operativi in Giappone

2 sono i reattori in costruzione

279 sono i miliardi di chilowattora prodotti annualmente in Giappone col nucleare (circa 30% dei consumi).

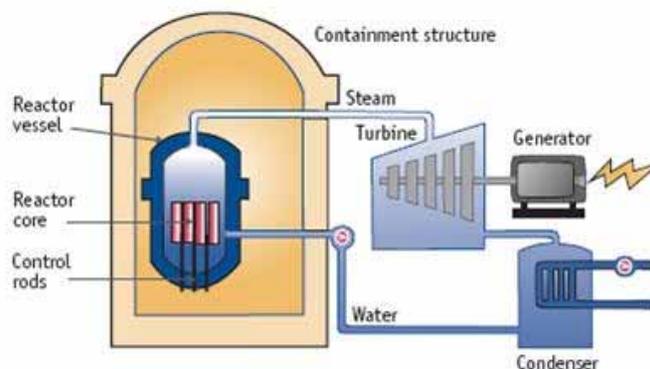
Nell'impianto numero 1 vi sono 6 reattori, i primi tre erano attivi al momento della scossa di terremoto, mentre il 4, il 5 e il 6 erano fermi:

n.reattore	Potenza netta (MW)	Potenza lorda (MW)	Data connessione alla rete
1	439	460	17.11.1970
2	760	784	24.12.1973
3	760	784	26.10.1974
4	760	784	24.02.1978
5	760	784	22.09.1977
6	1067	1100	04.05.1979

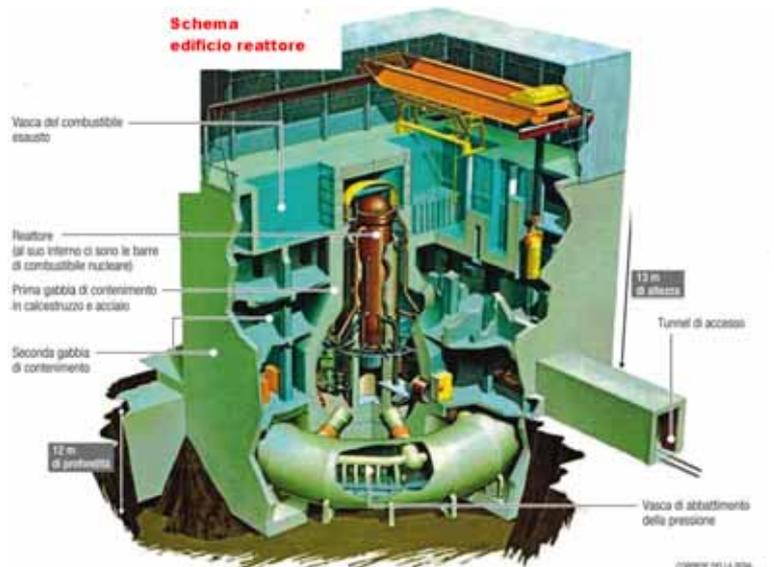
Reattori attivi al momento del terremoto

Tutti i reattori di questa centrale sono **Reattori ad acqua bollente** (BWR - Boiling Water Reactor), **come quello di Caorso**, in provincia di Piacenza, di progettazione General Electric-Hitachi. Si tratta di un tipo di reattore molto diffuso, attualmente ve ne sono **92 in servizio** nel mondo sul totale dei 442 reattori esistenti.

E simile ai reattori ad acqua in pressione (PWR), eccetto che per il fatto di avere **un solo circuito** (vedi schema a fianco), in cui l'acqua è a pressione più (circa 75 volte la pressione atmosferica) in modo arrivi ad ebollizione all'interno del nocciolo alla temperatura di circa 285 °C. Il vapore passa attraverso i separatori di vapore posti al di sopra nocciolo e quindi direttamente in turbina (per questo il reattore BWR viene detto anche a ciclo diretto). Per questo motivo anche la turbina risulta contaminata e ciò complica le operazioni di manutenzione.



(vedi bassa che del



L'immagine a fianco mostra la struttura dei reattori giapponesi: il cuore del reattore (vessel) che contiene le barre di combustibile è fatto di acciaio (spesso 16 cm e foderato di inox) ed è posto in una gabbia di contenimento in cemento armato. Il tutto è contenuto in un edificio, anch'esso in cemento armato, eccetto che per il tetto. Nella parte superiore ogni reattore ha una piscina in cui sono alloggiate parte delle barre di combustibile già utilizzate. Nella parte sottostante il reattore esiste un anello che serve in casi di emergenza ad abbassare la pressione del reattore. Cosa è successo quando la prima scossa di terremoto ha colpito il Giappone?

I tre reattori si sono fermati, come previsto in questi casi; fermarsi significa che la reazione nucleare è

cessata, cosa che si ottiene inserendo fra le barre di combustibile delle barre stabilizzatrici che servono a fermare la fissione nucleare. Il reattore infatti, può essere brutalmente paragonato alla caldaia di un normale gruppo termoelettrico,

con la sostanziale differenza che mentre in quest'ultimo se si chiude il flusso di alimentazione, la caldaia si spegne, un reattore (che ha dentro di sé il combustibile) non smette di produrre calore. In qualsiasi condizione climatica (maremoto, inondazione, siccità) va raffreddato senza sosta.

Puntualmente pare siano entrati in funzione i sistemi di refrigerazione alimentati da gruppi generatori diesel. Lo tsunami però li ha messi fuori uso e per i tre reattori è iniziata una vera e propria via crucis.

2 Senza raffreddamento il calore del nocciolo dei reattori delle unità 1, 2 e 3, è aumentato mentre si è progressivamente ridotto il livello di acqua nei circuiti per effetto della evaporazione. Parallelamente è aumentata la pressione all'interno dei reattori, l'11 marzo TEPCO ha segnalato che la pressione all'interno del contenimento di Fukushima Daiichi 1 aveva raggiunto valori doppi a quelli di riferimento ed ha iniziato una operazione che ha ripetuto numerose volte nei giorni successivi su tutti e tre i reattori: il rilascio controllato del vapore acqueo in atmosfera, pur sapendo che in tal modo avrebbe permesso la fuoriuscita di vapore radioattivo poiché, come spiegato all'inizio si tratta del vapore che dal nocciolo del reattore giunge alla turbina.

3 Lo stesso giorno le tv hanno mostrato una esplosione all'unità 1 verso le ore 18 (ora locale) con un evidente rilascio di pressione ed una nuvola di polvere. Il Capo di gabinetto Yukio Edano in televisione ha dovuto chiarire che non era esploso il reattore ma il tetto dell'edificio che lo contiene, la parte non in cemento armato.



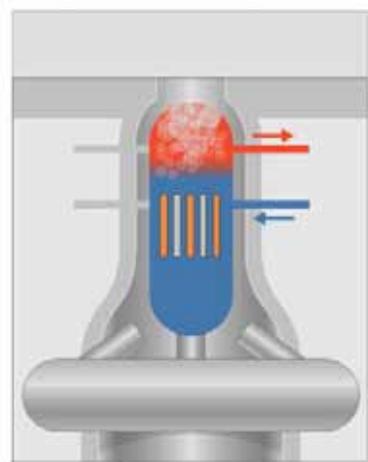
Immagine dell'esplosione avvenuta a Fukushima Daiichi, reattore n.1. Video image (AP)

4 L'esplosione era stata causata dall'idrogeno generatosi quando l'acqua era stata spruzzata sul metallo incandescente. Infatti, dopo aver aperto le valvole per far ridurre la pressione nel reattore, Tepco aveva iniziato una seconda mossa disperata: l'immissione di acqua di mare (l'unica disponibile in gran quantità) unitamente ad acido borico, utilizzato per inibire le reazioni nucleari, all'esterno e dentro il reattore, mossa disperata perché la corrosività dell'acqua di mare ha l'effetto di renderlo non più utilizzabile.

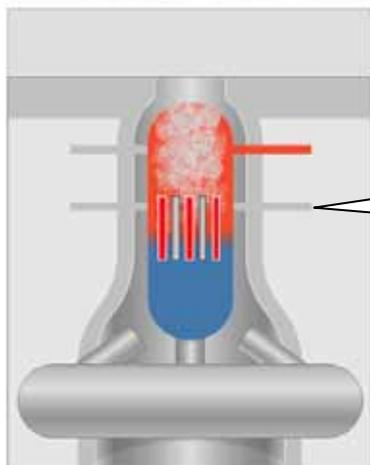
5 L'operazione di sfiato delle valvole aveva portato come ovvia conseguenza l'aumento della radioattività all'esterno (cesio 137 e iodio 131), per proteggere il pubblico dai potenziali effetti sulla salute degli isotopi radioattivi di iodio, le autorità hanno iniziato a distribuire compresse di ioduro di potassio in modo da impedire l'assorbimento di iodio da parte dell'organismo. L'aumento della radioattività nell'area circostante decretò la definizione del livello dell'emergenza numero 4 sulla scala internazionale (INES), Three Mile Island nel 1979 fu un livello 5, Chernobyl 7 (il massimo).

Parallelamente sono iniziate le prime segnalazioni di sgombero per i residenti locali, inizialmente limitata ad un raggio di 10 chilometri.

Riguardo ai lavoratori delle due centrali, un operaio inizialmente segnalato come gravemente ferito mentre lavorava con una gru nel gruppo 1, è deceduto. Altri quattro sono rimasti feriti nell'esplosione, sempre del gruppo 1. Nel gruppo 3 un lavoratore ha ricevuto una dose di radiazioni pari a 106 mSv (si tenga conto che in un anno una persona assorbe dall'ambiente naturale una dose di 3mSv<sup>1</sup>).



Normalmente le barre di combustibile sono totalmente immerse nell'acqua, come in questa figura, nella parte superiore nel nocciolo l'acqua evapora e fluisce verso la turbina.



Il guasto al sistema di raffreddamento ha fatto evaporare l'acqua e le barre sono rimaste parzialmente all'asciutto. L'unico rimedio rivelatosi possibile è stato quello di immettere acqua di mare.

Il giorno 12 nella vicina centrale Fukushima Daini, dove quattro reattori erano stati spenti sempre in conseguenza del terremoto, TEPCO ha notificato al governo un altro stato d'emergenza. Anche in questo caso il problema era legato al sistema di raffreddamento dell'Unità 1. Alle 5:32 del pomeriggio (ora locale), la temperatura era salita a 100 ° C. facendo scattare l'allarme. L'allarme è successivamente rientrato con il ritorno alla normalità dell'impianto di raffreddamento.

**6** Nuovi problemi il giorno 13 marzo al **gruppo 3** di Fukushima Daiichi, anche per questo reattore, il ko del sistema di raffreddamento principale, ha obbligato TEPCO a procedere come per il reattore 1. Per ridurre la pressione potenziale sono stati attuati degli scarichi controllati di vapore e si è iniziato a pompare acqua mescolata con boro per ridurre la temperatura.

Questo terzo reattore viene alimentato (da settembre) con un tipo di combustibile diverso dagli altri tre, si tratta del **MOX (Mixed Oxide Fuel) una miscela di ossido di uranio e plutonio** (per inciso si tratta del combustibile degli EPR che dovrebbero essere costruiti in Italia), ricavata riprocessando barre già utilizzate. In caso di fusione del nocciolo, la presenza di quantità maggiori di plutonio causerebbe danni maggiori. La situazione è precipitata quando si è saputo che in questo reattore, **le barre di combustibile sarebbero rimaste parzialmente scoperte (dall'acqua)** perché nonostante gli sforzi fatti per immettere acqua di mare nel reattore, il livello non sarebbe mai stato sufficientemente alto da garantire la

<sup>1</sup> Fonte: <http://www.bt.cdc.gov/radiation/pdf/measurement.pdf>

copertura totale del combustibile, secondo il Daily-Yomiuri, sarebbero rimaste scoperte per 2,95 metri (4 la lunghezza totale di un elemento di combustibile). Una barra scoperta si fonde all'istante poiché il reattore dovrebbe avere una capacità di generare calore pari a 140 MW, per avere un riferimento è il calore prodotto in un'ora dalla combustione di 10 mila litri di benzina<sup>2</sup>.

7 Alle ore 3 (ora italiana) del 14 marzo è esploso anche l'edificio di questo reattore, sempre per effetto dell'idrogeno generato dalla scissione dell'acqua immessa nel reattore.

A causa dell'aumento delle radiazioni (segnalati 882 microsievert/ora (il limite legale è di 500), l'area di sgombero attorno alla centrale è stata ampliata a 20 chilometri, facendo evacuare circa 200 mila persone.

8 Nella serata della stessa giornata nuova emergenza, questa volta al reattore n. 2, un portavoce della Tepco segnalava le difficoltà nel controllo del reattore, all'interno del reattore il livello dell'acqua non si stabilizzava a livelli di sicurezza e l'eccessiva pressione interna rendeva difficoltoso iniettare acqua. In un comunicato dell'Industrial Safety Agency (NISA) si leggeva che anche in questo reattore alcune barre di combustibile sarebbero almeno parzialmente fuse.

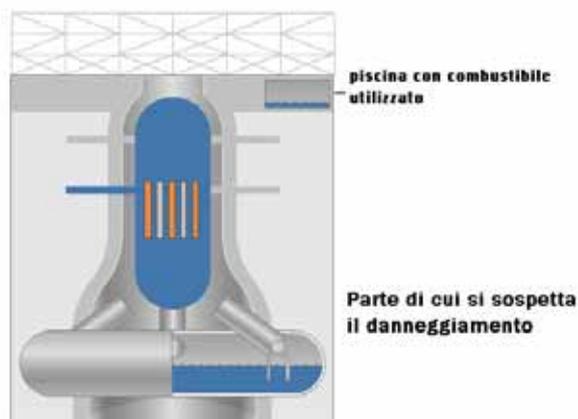
Areas where people are urged to stay indoors



9 Il 15 marzo la NIEA segnalava ulteriori danneggiamenti a questo reattore (il n.2), l'anello sottostante, titolato a permettere la riduzione di pressione nel circuito sarebbe stato danneggiato. Ciò sarebbe stato evidenziato da alcuni scoppi e dalla successivo calo di pressione registrato. Inoltre il livello delle radiazioni era salito a ben 8.217 micro sievert all'ora.

All'interno del vessel le barre sarebbero rimaste senza acqua per tre metri, pertanto anche in questo reattore ci sarebbe stata parziale fusione del contenuto.

Tepco ha allontanato tutto il personale lasciando solo l'indispensabile necessario: cinquanta volontari votati ad evitare il peggio.



10 Il giorno successivo nuova emergenza al reattore 3, nuvole di fumo sono uscite dall'edificio e i livelli di radioattività sono balzati a valori di 600-800 microsievert per poi impennarsi a 1.000/ora. Tepco ha ammesso di non avere più sotto controllo neppure questo reattore, come il numero 2.

Tutte le persone che risiedono fra i 20 e i 30 Km di distanza dalla centrale sono state invitate a non uscire all'aperto (quelli entro i 20 erano già state evacuate).

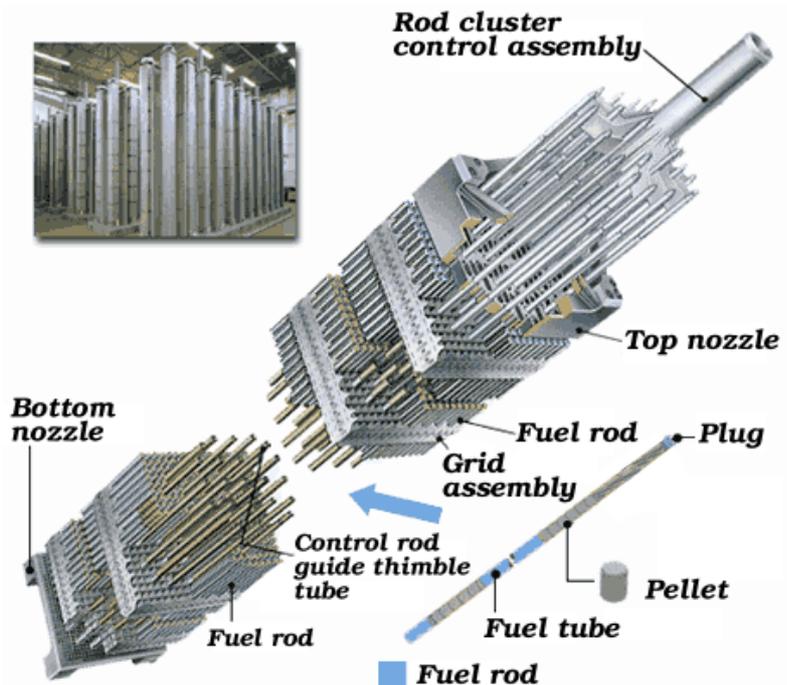
L'autorità francese per la sicurezza nucleare ha segnalato di ritenere che il livello di rischio sia a quota 6 della scala di riferimento internazionale Ines e non 4 come indicato inizialmente da Tepco, La valutazione dell'Ispra, l'istituto italiano che si occupa anche di sicurezza nucleare è di un livello 5.

11 Ma non basta, nella stessa giornata scoppia, totalmente inaspettato, un incendio al numero 4, nella parte alta dell'edificio della centrale, una parte dove si trova la piscina che contiene le barre esauste. Benchè il reattore numero quattro fosse fermo per lavori di manutenzione quando venerdì scorso l'area è stata investita dal terremoto, si sarebbe generato idrogeno dalla reazione chimica fra ossigeno e lo zirconio rovente delle barre di combustibile rimaste all'asciutto e sarebbe esploso causando l'incendio ed il crollo del tetto dell'edificio, liberando radioattività.

<sup>2</sup> Alex Sorokin, qualenergia.it 13 marzo 2011.

Si tratta di un fatto inaspettato perché nelle piscine le barre stanno sommerse sotto cinque metri di acqua e anche considerando che l'acqua sia in parte evaporata risulta strano che in cinque giorni, il livello sia sceso di cinque metri, a meno che non sia stata tolta per raffreddare il reattore oppure le barre si sarebbero trovate scoperte perché nelle vasche ci sarebbe un numero maggiore di barre rispetto ai progetti originali e queste sarebbero state inserite in maniera diversa allo standard, rimanendo così con meno acqua sopra.

Ad ogni modo Tepco ha annunciato di voler procedere con un elicottero a versare acqua sulla vasca di combustibile nucleare esausto, ormai esposta all'aria aperta.



### Scorie nucleari a Fukushima

Nella centrale, le barre di combustibile esauste (utilizzate) sono stoccate in **sette piscine**, una presente in ciascun edificio che contiene un reattore, più una settima piscina condivisa. In quest'ultima è contenuto il 60% delle barre, il rimanente 34% è suddiviso nelle sei piscine dei reattori ed il residuo 6% è conservato a secco in un altro edificio della centrale, all'interno di appositi contenitori (casck). Le piscine poste negli edifici dei reattori sono localizzate nella parte alta e gli impianti di raffreddamento mantengono la temperatura intorno ai 40 gradi centigradi. (Fonte Nuclear Energy Institute)

A Washington, in una audizione alla Commissione Statunitense Energia e Commercio, il Segretario generale all'Energia, Steven Chu ha dichiarato di ritenere che nell'impianto di Fukushima sia avvenuto almeno parzialmente la fusione dei reattori. Il responsabile statunitense per l'energia nucleare Gregory Jaczko ha invece parlato di radiazioni «estremamente potenti» al reattore n. 4, dalla vasca di stoccaggio. «Riteniamo - ha precisato - che non vi sia più acqua nelle piscine e che i livelli di radiazioni siano estremamente elevati, letali, il che potrebbe rimettere in gioco tutte le operazioni di soccorso». La Tepco ha segnalato in chiusura di giornata di aver quasi terminato di sistemare una nuova linea elettrica che dovrebbe ripristinare l'elettricità alla centrale nucleare di Fukushima e permettere di far ripartire le pompe per alimentare i sistemi di raffreddamento.





Questa foto aerea del 16 marzo mostra come gli edifici 1,3 e 4 dei reattori siano gravemente danneggiati (NYTimes)

12 Il 17 marzo quattro elicotteri militari sono stati impegnati ad irrorare con acqua l'edificio del reattore n.4 nel tentativo di ricoprire di acqua la piscina contenente gli elementi di combustibile esausto, gli apparecchi sono stati dotati di lastre di piombo sul fondo per evitare le radiazioni; successivamente alcuni camion con autopompe hanno tentato di avvicinarsi al reattore ma senza riuscirci per l'eccesso di radioattività, l'operazione è stata ritentata con 5 veicoli militari speciali che non hanno richiesto la fuoriuscita di personale dai veicoli.

L'AIEA, relativamente alle persone ferite durante le operazioni ha rilasciato il seguente elenco:

- 2 dipendenti TEPCO hanno lesioni di lieve entità
- 2 dipendenti di una azienda in subappalto sono feriti
- 2 i dispersi
- 2 persone colpite da malore
- 2 dipendenti TEPCO sono stati trasportati in ospedale per problemi respiratori
- 4 persone (2 dipendenti TEPCO, 2 dipendenti di altra società) hanno subito lesioni lievi a causa dell'esplosione di unità 1 in data 11 marzo e sono stati trasportati in ospedale
- 11 persone (4 dipendenti TEPCO, 3 dipendenti e 4 lavoratori giapponesi della difesa civile) sono rimasti feriti a causa dell'esplosione di tre unità il 14 marzo
- 17 persone (9 dipendenti TEPCO, 8 dipendenti società in subappalto) ricoverate in ospedale per contaminazione radiologica.
- Un lavoratore esposto durante lo sfiato delle valvole è stato trasportato in un centro specializzato.
- 2 poliziotti e alcuni vigili del fuoco sono sotto osservazione perché esposti alle radiazioni.

Nei due giorni precedenti la temperatura dell'acqua della piscina del gruppo era stata di 84 ° C. Il livello delle radiazioni e la presenza di idrogeno non lascia però alcun dubbio che le barre siano scoperte. La radiazione a livello del suolo vicino unità 3 e 4 è elevato: un picco a 400 millisievert/ora è stato rilevato esternamente all'unità 3, 100 millisievert per ora di fianco al numero 4. Si ritiene che il gruppo 3 abbia gli stessi problemi del 4 relativamente alla piscina del combustibile.



Controllo radioattività (BBC)

### Situazione dei reattori al 18 marzo 2011 (ore 16)<sup>3</sup>

Reattore	1	2	3	4
Stato al momento del sisma	In servizio	In servizio	In servizio	Non in servizio
Integrità core e combustibile	danneggiato	danneggiato	danneggiato	
Integrità pressione nel nocciolo del reattore (vessel)	sconosciuta	sconosciuta	sconosciuta	
Integrità del nocciolo del reattore	Non danneggiato	Sospetto danneggiamento	Sospetto danneggiamento	
Circuito raffreddamento elettrico	guasto	guasto	guasto	
Circuito di raffreddamento diesel	guasto	Guasto	Guasto	
Integrità edificio esterno	Seramente danneggiato	Parzialmente danneggiato	Seramente danneggiato	Seramente danneggiato
Livello acqua nel nocciolo reattore	Il combustibile è rimasto senza acqua	Il combustibile è rimasto senza acqua	Il combustibile è rimasto senza acqua	
Integrità piscina che contiene il combustibile	Nessuna informazione	Nessuna informazione	Livello basso	Livello basso con danneggiamento barre

<sup>3</sup> Ora locale di Fukushima.