

IL DECOMMISSIONING DELLA CENTRALE NUCLEARE DI CAORSO

Ing. Renzo Guerzoni
SOGIN - Responsabile Area di Disattivazione di Caorso

SOMMARIO

“La Centrale di Caorso: il più grande e avanzato impianto nucleare italiano degli anni '70 e '80”. La storia dell'impianto e le strategie di smantellamento avanzate dopo il fermo operativo definitivo sancito dal CIPE il 26/07/90. Il passaggio dalla Custodia Protettiva Passiva alla Disattivazione Accelerata. Il problema del combustibile irraggiato (lo stoccaggio a secco sul Sito – il Deposito Nazionale di stoccaggio del materiale radioattivo – il riprocessamento).

Il Decreto Marzano del 02-12-2004.

Le problematiche dello smantellamento di un BWR interpretate anche come occasione di messa a punto di nuove tecnologie.

L'IMPIANTO - CARATTERISTICHE TECNICHE

L'impianto di Caorso, ubicato in provincia di Piacenza sulla riva destra del fiume Po, è equipaggiato con un generatore nucleare di vapore da 2651 MW termici ed un gruppo turboalternatore capace di generare una potenza elettrica netta di 870 MW.

Il reattore è del tipo ad acqua bollente a ciclo diretto con ricircolazione del refrigerante primario attraverso il nocciolo, tipo GE BWR4.

Il sistema di contenimento è a soppressione di pressione tipo Mark2.

Alle condizioni nominali la produzione di vapore saturo a $72,7 \text{ Kg/cm}^2$ è di circa 5245 t/h con un titolo del 99,9 %.

Il nocciolo è posizionato nella zona cilindrica del recipiente a pressione ed è costituito da 560 elementi di combustibile, da 137 barre di controllo e dalla strumentazione nucleare.

Ogni elemento di combustibile è costituito da 62 o 63 barrette formate da pastiglie di ossido di uranio, arricchito in U235, incamiciate in tubi di Zircaloy-2.

La turbina è del tipo “tandem-compound” composta da un corpo di alta pressione e tre corpi di bassa pressione collegati sullo stesso asse.

Alla turbina è collegato l'alternatore, refrigerato ad acqua e idrogeno, della potenza nominale di 984 MVA, con tensione ai morsetti di 17 kV. L'impianto si collega alla rete nazionale a 380 kV attraverso la stazione elettrica di smistamento costruita in prossimità dell'edificio turbina.

L'acqua di raffreddamento per il condensatore e le apparecchiature è prelevata dal fiume con pompe installate nell'edificio opera di presa ed è restituita al fiume mediante un canale di scarico. La portata nominale dell'acqua di raffreddamento per il condensatore è pari a $\sim 32 \text{ m}^3/\text{s}$.

L'IMPIANTO - STORIA

La costruzione

L'impianto di Caorso, è stato realizzato nel periodo 1970 – 1977, con la procedura “chiavi in mano”, dal Consorzio di imprese Getsco – AMN (Gruppo Ansaldo) su licenza General Electric per il committente ENEL.

La progettazione dell'impianto ha richiesto circa 3 milioni di ore-uomo di ingegneria nell'arco di 5 anni, mentre la realizzazione ha comportato 9 milioni di ore-uomo di manodopera in un periodo di 7 anni (prove di avviamento escluse).

Il costo complessivo dell'opera è stato, a moneta 1970, di 300 miliardi di vecchie lire .

Le prove e l'avviamento commerciale

Il periodo compreso tra dicembre '77 (prima criticità) e dicembre '81 (messa in esercizio commerciale) è stato caratterizzato da un'intensa attività di prove a caldo dell'impianto e di messa a punto dei sistemi con particolare attenzione agli aspetti di sicurezza, nuovi per l'epoca sia per l'ingegneria italiana che per la stessa Agenzia di controllo (allora CNEN, corrispondente all'attuale APAT).

In tale periodo sono stati formati gli operatori ed i manager dell'impianto, tutti in possesso di speciali patenti di abilitazione alla conduzione richieste dalla legge. Il tempo medio di preparazione di un operatore patentato richiede circa 5 anni. Anche di ciò occorre tenere conto quando si pianifica l'avvio di un programma nucleare.

L'esercizio commerciale

Nel periodo dicembre 1981 – ottobre 1986 l'impianto è stato esercito commercialmente, in linea con i parametri di efficienza di analoghi impianti nel mondo.

In tutto sono stati prodotti circa 29 GigaWh, nel corso di 4 cicli del combustibile.

In Tabella 1 sono riportati i dati annuali di produzione.

Tab. 1 - Parametri significativi di esercizio della Centrale Nucleare di Caorso.

	1982		1983		1984		1985		1986	
	I sem.	II sem.	I sem.	II sem.	I sem.	II sem.	I sem.	II sem.	I sem.	II sem.
Produzione lorda di energia (GWh)	3070,3	2816,8	1327,6	3122,2	1414,6	2792,0	3221,1	1199,3	3159,5	2302,9
fattore di utilizzo	79,06	71,35	34,20	79,07	31,36	86,18	84,08	35,9	88,81	63,18

Fermata dell'impianto - IV ricarica - ottobre 1986

L'impianto era stato fermato per le normali attività di ricarica nel mese di ottobre 1986, subito dopo l'incidente di Chernobyl (avvenuto nel mese di maggio); il riavviamento, che avrebbe dovuto aver luogo nel mese di dicembre non è stato autorizzato dall'Ente di controllo.

Referendum sulle attività nucleari – novembre 1987

Il referendum non ha riguardato, come noto, le attività nucleari in corso, ma ha imposto una moratoria di 5 anni riguardante la costruzione di nuovi impianti e l'esercizio di quelli già in servizio.

Delibera CIPE di chiusura definitiva dell'impianto - luglio 1990

Decreto MICA Decommissioning accelerato - agosto 2000

Il Decreto ha autorizzato le seguenti attività, migliorative delle condizioni di sicurezza e di protezione sanitaria dell'Impianto e coerenti con la strategia di disattivazione accelerata:

- sistemazione del combustibile irraggiato in contenitori idonei allo stoccaggio ed al trasporto;
- trattamento e condizionamento dei rifiuti radioattivi;
- interventi nell'Edificio Turbina e sistema Off-Gas;
- smantellamento Edificio Torri RHR.
- decontaminazione circuito primario.

Ha inoltre impegnato Sogin a presentare al Ministero dell'Industria, entro 12 mesi dalla data del decreto, una nuova documentazione tecnica a supporto della strategia di disattivazione accelerata, documentazione inviata nel luglio 2001.

OPCM 3267 del febbraio 2003 e OPCM 3355 del maggio 2004 relative allo Stato di Emergenza

I tragici eventi del settembre 2001 hanno impresso una svolta alla pianificazione delle attività imponendo da un lato il rafforzamento dei presidi di sorveglianza e di protezione degli impianti, dall'altro accelerando le attività più critiche per la sicurezza a fronte di possibili attacchi terroristici, cioè: messa in sicurezza del combustibile irraggiato trattamento di tutti i rifiuti radioattivi presenti nell'ottica di un invio, una volta messi in sicurezza, al Deposito Nazionale di stoccaggio.

Legge 368/2003 24 dicembre 2003 (emendamento Scanzano)

La ritardata scelta del sito per il Deposito Nazionale non consentirà l'attuazione del programma sopra delineato imponendo nuove strategie per il decommissioning.

Decreto MAP 2 dicembre 2004 e Ordinanza Commissario Delegato del 16 dicembre 2004

I due suddetti atti hanno avviato operativamente il nuovo programma di attività avente come cardini i seguenti punti:
 -Riprocessamento del combustibile irraggiato (necessariamente all'estero)
 - Invio delle scorie e dei rifiuti al Deposito Nazionale una volta disponibile.

DECOMMISSIONING - SCELTA DELLA STRATEGIA

La strategia adottata per l'impianto

La strategia adottata, in analogia alle esperienze internazionali di riferimento per i reattori ad acqua leggera (Germania: Gundremmingen, Wuergassen, Greifswald – USA: Big Rock Point, Main Yankee, Connecticut Yankee, Trojan), è quella dello smantellamento immediato, i cui obiettivi sono già stati sopra illustrati.

Lo sviluppo del Decommissioning

Il Decommissioning si sviluppa in tre fasi (V. Fig.1).

Nella prima fase vengono sviluppate le seguenti attività :
Attività a fronte dell'emergenza (OPCM 3267 – 3355).

L'OPCM n.3287/2003 e la seguente n.3355/2004 emanate dal Commissario Delegato per l'emergenza hanno individuato le seguenti attività "urgenti" per porre l'impianto in sicurezza:
Potenziamento infrastrutture di security.

E' in fase di completamento il potenziamento del sistema di protezione dell'impianto tramite migliorie e/o nuove realizzazioni relative ad accessi, videosorveglianza, barriere fisiche, al fine di renderle adeguate ai nuovi standard antiterrorismo.

Decontaminazione del circuito primario.

Tale attività, già completata con successo nel corso del 2004, ha consentito una sensibile riduzione dell'irraggiamento gamma nei locali dell'edificio reattore più caldi (mediamente

di un fattore 20) ed un conseguente risparmio di dosi ai lavoratori che saranno impegnati nelle successive operazioni di smantellamento all'interno dell'Edificio.

Sistemazione del combustibile irraggiato.

I più recenti DM 2 dicembre 2004 del MAP e l'Ordinanza del 16 dicembre 2004 del Commissario Delegato hanno individuato nel riprocessamento la soluzione per la sistemazione del combustibile irraggiato.

Il combustibile, consistente in 190 t. di ossido di uranio per un totale di 1032 barre, verrà inviato presso un centro europeo di riprocessamento (è già stato emesso l'avviso di gara).

Dal trattamento torneranno circa il 3% della massa del combustibile irraggiato sotto forma di scorie vetrificate; il rientro delle scorie avverrà solo dopo la disponibilità del Deposito Nazionale la cui realizzazione, da effettuarsi in un arco temporale medio lungo, rientra negli impegni governativi richiesti dalla D.Lgs. 368/03 (detto emendamento Scanzano).

Rimozione rifiuti pericolosi (coibenti).

Sono stati rimossi tutti coibenti dell'Edificio Turbina per un volume d'ingombro pari a 80m³.

L'attività è stata svolta sotto nel rispetto sia delle normative per i rifiuti pericolosi (amianto e fibre minerali) che per la radioattività (D.Lgs 230/95).

Le attività proseguiranno fino alla rimozione di tutti i materiali pericolosi entro il 2006 (tra cui i coibenti dell'Edificio Reattore e degli ausiliari).

Gestione dei rifiuti radioattivi pregressi o prodotti dallo smantellamento.

E' stata avviata una campagna di condizionamento/compattazione dei rifiuti radioattivi presenti sull'impianto (circa 7.500 fusti prevalentemente di bassa attività), che prevede l'invio all'estero per il condizionamento di tali rifiuti ed il loro ritorno entro il 2009, condizionati e ridotti in volume di circa un fattore 10, in contenitori idonei per lo stoccaggio definitivo.

Mantenimento in sicurezza dell'impianto.

Vengono effettuate, come richiesto dalla "Licenza di Esercizio" dell'impianto, tutte le attività di mantenimento in sicurezza, sorveglianza e manutenzione dei sistemi.

Attività autorizzate:

Smantellamento componenti e sistemi dell'Edificio Turbina e Annex Turbina.

Sono quasi completate le attività di smantellamento del turbogeneratore e degli ausiliari (trasformatori, sistemi di raffreddamento, lubrificazione, etc.) per un totale complessivo di circa 2000 t. di materiali rimossi.

I materiali rimossi vengono conferiti, previa decontaminazione (sabbatura / idrolavaggio ad alta pressione) ove richiesto e controllo radiologico, al riciclo industriale in fonderia.

Realizzazione di una stazione per il trattamento dei materiali rimossi dall'impianto.

Punto centrale del processo di smantellamento dell'impianto è la Stazione di Gestione dei Materiali (SGM); la SGM verrà installata nella sala macchine dell'Edificio Turbina, (una volta rimosso il turbogeneratore) e consisterà in una officina attrezzata per tutte le operazioni sui materiali rimossi, in particolare:

- Segmentazione meccanica
- Decontaminazione
- Monitoraggio radiologico

E' stata completata la progettazione della Stazione ed è in fase di assegnazione l'ordine per la sua realizzazione, il cui completamento è previsto per il 2006.

Smantellamento Edificio Torri RHR.

La demolizione è di tipo parziale, in quanto prevede il mantenimento di una parte ospitante i quadri elettrici del sistema di abbassamento dell'acqua di falda (in servizio fino al termine del decommissioning). L'attività è prevista per il 2006.

Smantellamento Edificio Off-Gas.

È previsto il trattamento e condizionamento dei carboni attivi contenuti nelle colonne di filtrazione e la demolizione dell'Edificio previa decontaminazione e monitoraggio dei componenti installati. L'attività è prevista nel 2008 - 2009.

Nella seconda fase vengono sviluppate le predisposizioni per le attività di smantellamento dell'Isola Nucleare e messe a punto le tecnologie necessarie.

Le attività della 2° fase sono conseguenti al rilascio da parte dei Ministeri preposti delle Autorizzazioni relative alle seguenti Istanze:

Istanza Disattivazione ex Art. 55 e segg. del D.Lgs. 230/95 (Min. Att. Productt.).

Compatibilità ambientale a seguito di VIA (Min. Ambiente).

Tali Autorizzazioni sono attese entro il 2005.

“Smantellamento dell'Isola nucleare”

- Apertura del recipiente a pressione, estrazione degli interni (V. Fig. 2) e loro rimozione e segmentazione.
- Decontaminazione delle piscine del combustibile
- Rimozione delle opere civili attivate (schermo sacrificale e parte dello schermo biologico) e decontaminazioni/scarificazioni delle opere civili e delle strutture interne.

Demolizione convenzionale dell'Edificio

Edificio Reattore.

- Attività preparatorie nell'edificio e smantellamento/rimozione dei sistemi e componenti dell'edificio
- Apertura del recipiente a pressione, estrazione degli interni (V. Fig. 2) e loro rimozione e segmentazione.
- Decontaminazione delle piscine del combustibile
- Rimozione delle opere civili attivate (schermo sacrificale e parte dello schermo biologico) e decontaminazioni/scarificazioni delle opere civili e delle strutture interne.

Fig. 1 - Smantellamento griglia piastra superiore nocciolo

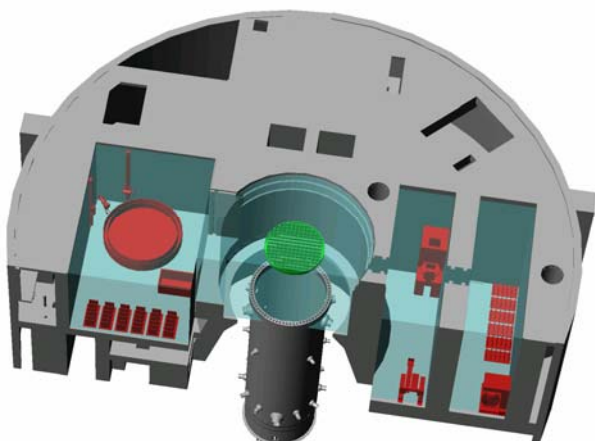
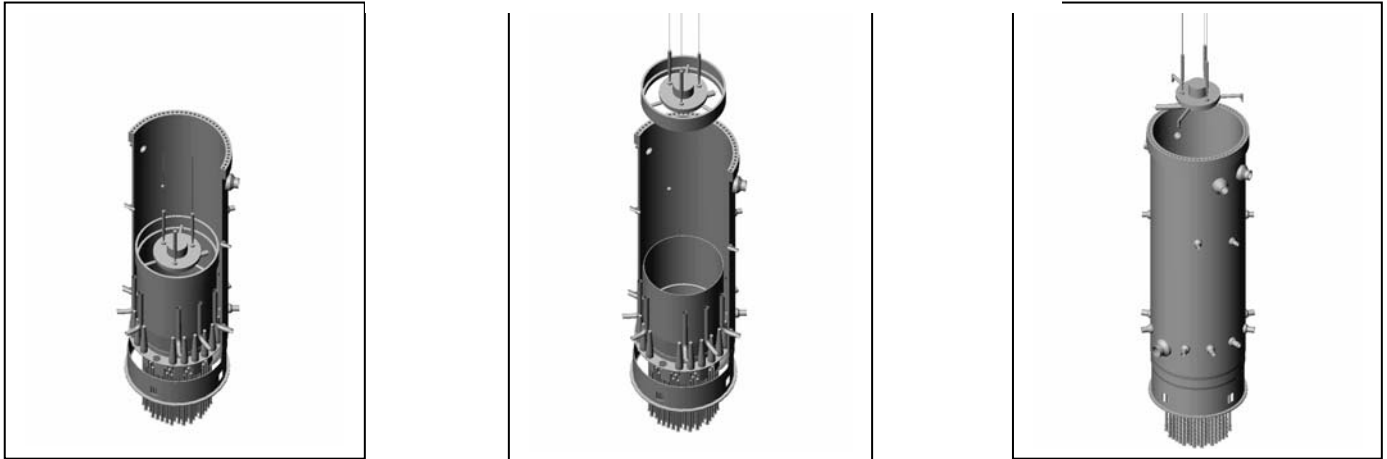


Fig. 2 – Inserimento macchina di taglio nel Vessel



Edificio Ausiliari.

Le attività di smantellamento da eseguirsi nell’Edificio Ausiliari, pur essendo tecnologicamente meno complesse di quelle previste nell’Edificio Reattore, impongono una attenta programmazione degli interventi in quanto nell’edificio è ospitato il sistema radwaste, preposto al trattamento di tutti i liquidi contaminati prodotti in Decommissioning, e sono presenti la sala controllo ed i quadri elettrici principali, la cui disponibilità è richiesta anche durante il Decommissioning.

Relativamente agli interventi nella zona controllata si prevede di procedere sequenzialmente alla esecuzione delle seguenti attività:

- Rimozione componenti debolmente contaminati
- Installazione di un piccolo sistema di trattamento provvisorio e rimozione dei componenti rimanenti.
- Smantellamento sistema radwaste
- Caratterizzazione, decontaminazione, monitoraggio e rilascio edificio.

Nell’ultima fase infine si affronta lo smantellamento dell’Isola Nucleare vera e propria, la demolizione eventuale degli edifici e il rilascio del sito.

Tab.2 - Programma Generale di Decommissioning

	04	05	06	07	08	09	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
Rilascio VIA e Autorizzazione istanza																	
Smantellamento sistemi Edif. turbina																	
Installazione SGM																	
Demolizione torri RHR																	
Demolizione Ed. Off-Gas																	
Rimozione tutti rifiuti pericolosi																	
Invio combustibile al riprocessamento																	
Trattamento rifiuti pregressi																	
Smantellamento sistemi reattore																	
Smantellamento sistemi Ed. Ausiliari																	
Demolizione Edifici																	
Rilascio finale del sito																	

DECOMMISSIONING – I MATERIALI IN GIOCO

In Tabella 2 è riportato l’inventario dei materiali costituenti l’impianto di Corso e quindi oggetto dello smantellamento.

Il quantitativo principale dei materiali rimossi è costituito da calcestruzzo frantumato (compresi i ferri di armatura), per un’entità di ca 300.000 t.

Tab. 3 – Inventario dei materiali

Inventario Materiali	Edificio Reattore (t)	Edificio Turbina (t)	Edificio Ausiliari (t)	Altri Edifici (t)	Totale (t)
Combustibile					190
Calcestruzzo (1)	62.700	104.400	58.500	76.525	302.125
Materiali Metallici (2)	4.245	9.432	1.877	3.957	19.511
Altri Materiali (3)	58	159	82	360	658
Totale	67.003	113.991	60.459	80.842	322.484
Rifiuti Radioattivi	12		5	1.988	2.005
Totale generale	67.015	113.991	60.464	82.830	324.489

(1) Escluse le strutture interrato ad oltre 1 metro di profondità

(2): Materiali di processo (tubazioni, pompe, valvole, scambiatori, ecc.) e strutture metalliche

(3): Coibenti, lubrificanti, estinguenti, accumulatori, ecc.

DECOMMISSIONING – I RIFIUTI PRODOTTI

I materiali prodotti dallo smantellamento dell'impianto costituiscono rifiuto radioattivo qualora l'attività specifica sia superiore ad un livello soglia denominato "livello di rilasciabilità".

In Tabella 4 sono riportati tali livelli soglia per i diversi radionuclidi presenti.

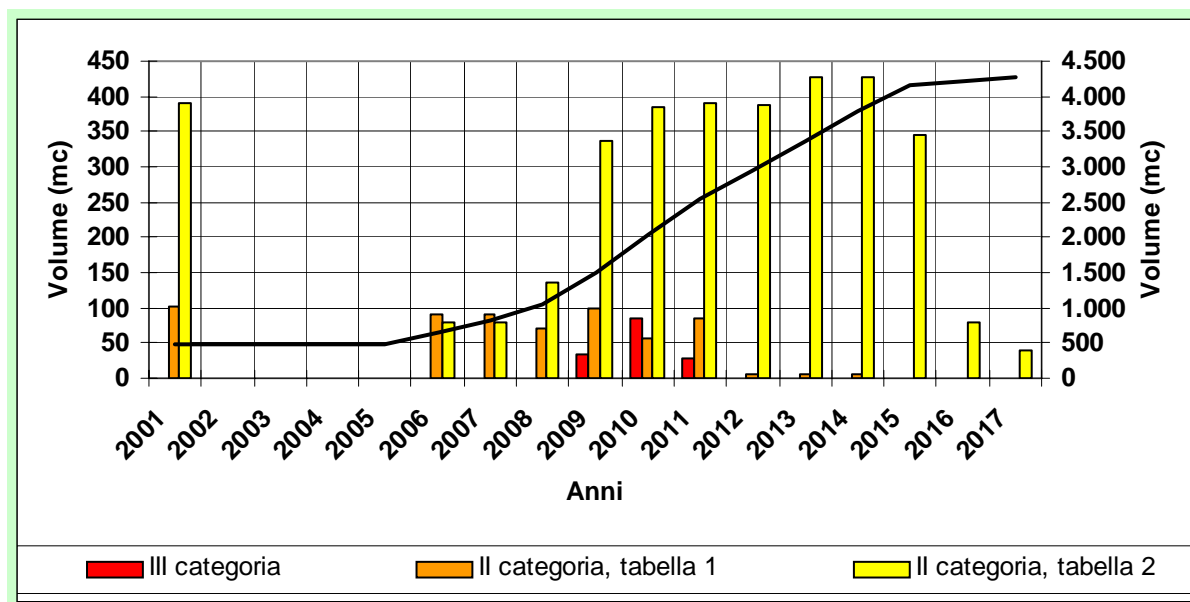
La maggior parte dei materiali smantellati sono già di per sé inferiori ai limiti sopra riportati; in caso diverso tramite

operazioni di decontaminazione possono essere abbassati i valori di contaminazione in modo da consentirne comunque la rilasciabilità.

Le stime progettuali prevedono di produrre circa 4300 m³ di rifiuti (pari a circa 10.000 t) corrispondenti a circa il 3% del totale dei materiali rimossi durante lo smantellamento

In Fig. 4 è riportato l'andamento dei rifiuti radioattivi prodotti nel tempo.

Tab. 4 – Andamento dei rifiuti radioattivi prodotti



LA GESTIONE DEL COMBUSTIBILE IRRAGGIATO

Il combustibile presente

Nella Centrale di Caorso sono presenti attualmente 1032 elementi di combustibile irraggiato (190 t. di combustibile

esclusi i materiali strutturali), tutti immagazzinati nelle piscine del combustibile esaurito.

Gli elementi di combustibile sono di diverso tipo ed hanno avuto diverse storie di irraggiamento. Il reattore dell'impianto di Caorso ha completato 4 cicli di irraggiamento; il valore di quest'ultimo varia tra 6.728 MWd/t e 28.187 MWd/t, con un

valore medio di 19.770 MWd/t. Per questo motivo sono stati classificati in gruppi con caratteristiche omogenee.

Il caricamento

Il combustibile irraggiato verrà trasportato all'impianto di riprocessamento tramite contenitori (Cask) di trasporto certificati dopo test severissimi per il controllo delle caratteristiche di sicurezza.

I Cask vengono caricati all'interno delle piscine stesse e, una volta decontaminati e asciugati, trasportati all'impianto di riprocessamento.

Il trasporto

Il numero dei trasporti dipende dalla capacità di caricamento dei Cask; la schedulazione dei trasporti dipende dalle esigenze di carico degli impianti di ritrattamento.

Il programma dei trasporti avverrà comunque in un arco di tempo compreso tra la metà del 2006 e la fine del 2008.

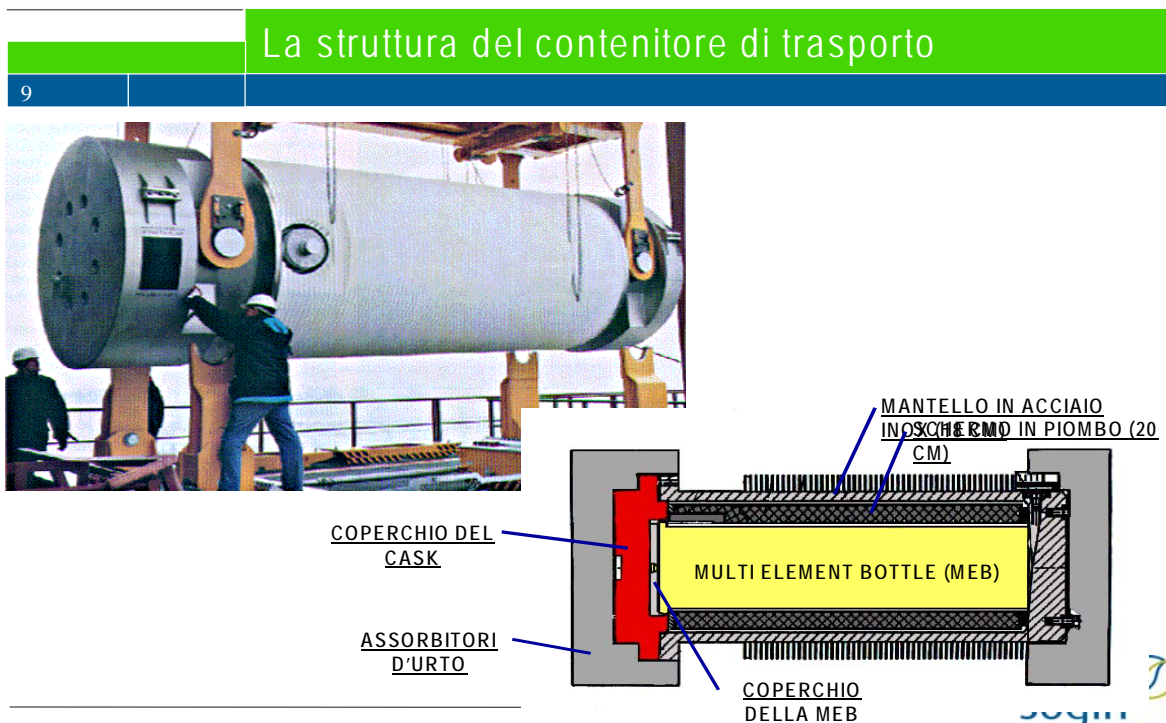
Il trasporto del combustibile avverrà con le seguenti modalità:

- su strada dal sito al più vicino scalo ferroviario
- su ferrovia dallo scalo italiano allo scalo estero se diretto in Francia (impianto di La Hague)
- su ferrovia e successivamente via mare nel caso di invio all'impianto di Sellafield.

Le operazioni di trasporto ottemperano a tutti i requisiti normativi vigenti in ambito nazionale e internazionale in materia di trasporto di materiali nucleari.

Le operazioni di trasporto del combustibile irraggiato delle centrali nucleari italiane non hanno mai dato luogo a inconvenienti di alcun tipo.

Fig. 3 – Struttura del contenitore di trasporto



I COSTI

I costi complessivi per lo smantellamento dell'impianto di Caorso ammontano a circa 450 MI di Euro a moneta costante, escluso il riprocessamento del combustibile.

Il costo del riprocessamento del combustibile, di cui al D.M 2 dicembre 2004, incluso lo stoccaggio temporaneo delle scorie prodotte sul sito estero, in attesa del trasporto al Deposito Nazionale italiano, è stimato complessivamente in circa 300 milioni di Euro.