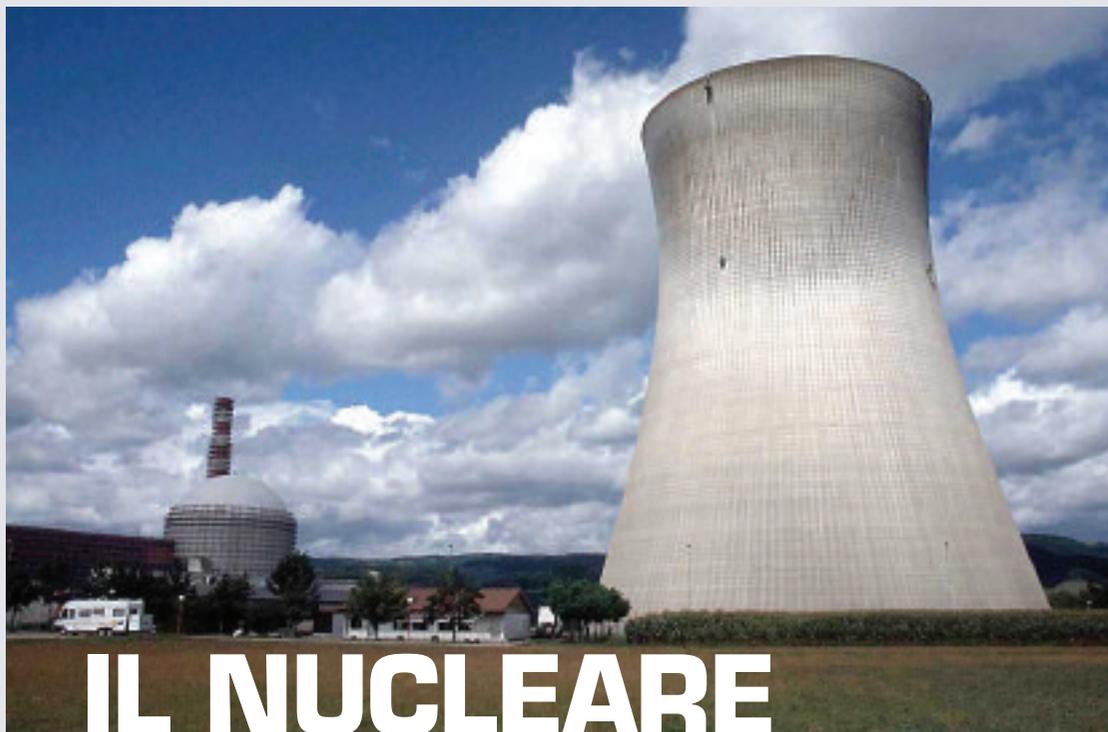


CHIMICA & LIMITI DELLE RISORSE



IL NUCLEARE QUESTO SCONOSCIUTO

Nella presente nota il problema del nucleare in Italia è trattato in modo discorsivo, sottolineando che frequentemente chi ne parla e ne sostiene un "rilancio" non è spesso un esperto tecnico del settore e pertanto il tema viene trattato in modo folkloristico. Vengono illustrati gli aspetti delle centrali future di quarta generazione che risolverebbero quasi completamente il delicatissimo problema dello stoccaggio delle scorie.

Non si può non iniziare una nota sui temi energetici che in modo polemico, se sei "tecnicamente" del settore. Infatti se ci si guarda attorno, ci si accorge che i più grandi Enti energetici sono presieduti da chi per decenni ha svolto altre attività, i quotidiani - soprattutto quelli nazionali di maggior peso e tiratura - affidano con continuità la redazione di articoli chiave a persone che di aspetti tecnico-ingegneristici ne sanno ben poco, i politici... se ne parlerà!

Quando poi dai generali temi dell'energia si passa al nucleare, le cose si aggravano.

Circa trent'anni fa vinsi la cattedra di "Impianti nucleari", e quindi so che parlare di nucleare (al contrario di certi ministri o ex ministri) in poche pagine e avere la pretesa o l'arroganza di essere in grado di dire "tutto" è semplicemente assurdo. Per questo scrivo la presente nota in modo discorsivo.

Tutti ricordano il volume "Il costo della menzogna" del prof. Silvestri: bisognerebbe scriverne un secondo aggiornato ad oggi, ma che avesse più fortuna, perché quello in realtà non riuscì a rimuovere le

incrostazioni che denunciava. Ma entriamo subito in argomento. È terribile: da parte di molti si vuole raccogliere la coda di questo nucleare morente, ma poi gli stessi si confondono tra impianti di terza e impianti di quarta generazione, poiché è necessario dire quale 'terza' o quale 'quarta', perché si ha a che fare con termini non univoci.

Molti di noi lavorarono direttamente o indirettamente per la realizzazione della centrale a neutroni veloci Superphenix di Creys-Melville, nei pressi di Grenoble, enorme passo in avanti per lo sviluppo del nucleare, ma la sicurezza dell'impianto, ahimè, non offriva e non offre reali garanzie o certezze.

Io stesso progettai - assieme ad un collega - lo schema base e lo studio collegato del progetto esecutivo di un impianto per lo studio dei "fuochi di sodio". Impianto poi realizzato al Centro Enea Brasimone (BO) e donato, pare, ai Cinesi, inopinatamente e sconsideratamente.

Poi venne Chernobyl e in Italia a poco a poco si chiusero anche molti corsi di laurea in Ingegneria nucleare, mentre Enel apriva

*Enrico Lorenzini
Dipartimento di Ingegneria
Energetica, Nucleare
e del Controllo ambientale
Università di Bologna
Presidente nazionale AIGE,
Associazione Italiana Gestione
dell'Energia
enrico.lorenzini@mail.ing.unibo.it*

concorsi per gli Ingegneri, esclusi i “Nucleari” e l’Enea stesso cambiò significato e rotta.

Si sta ora accendendo un dibattito sul nucleare, caratterizzato da grande confusione tecnica nei politici imperanti e molti giornalisti (o autori di articoli sui quotidiani) fanno di tutto per aumentare tale confusione, unitamente ad amministratori di grandi enti.

Queste scelte non sono ideologiche, ma economiche, purtroppo senza una base di conoscenza, e a mio avviso, senza reale studio scientifico-tecnico.

Addirittura l’on. Alfonso Urso dice (*// Sole-24 Ore* del 25 maggio) che «i tempi sono maturi per la scelta “responsabile” del nucleare, come dimostrano le reazioni positive delle forze produttive e sociali e della stessa Chiesa Cattolica (!)». Non sapevo che l’undicesimo comandamento o l’ultima enciclica, fosse “fare il nucleare”!, ma rimaniamo seri.

E Casini tuona: “Ritorno immediato al nucleare”.

Che cosa significa ciò?

Semplicemente che si vuole il nucleare, comunque e qualunque (!), ma non si hanno conoscenze tecniche (e allora perché schierarsi a favore del nucleare?) e quindi non si è in grado di precisare nulla.

Afferma Scajola: il primo impegno è il rilancio (??) del nucleare di III o IV generazione, ed entro il 2013 (venerdì 23 maggio, *// Sole-24 Ore*).

L’a.d. confermato di Enel, Conti, gli fa eco (25 maggio, *// Sole-24 Ore*): “Quattro anni per quattro centrali di terza generazione evoluta che potrebbero entrare in funzione già intorno al 2016 per fornire almeno il 10% dell’elettricità necessaria all’Italia”.

Se almeno Conti, che era un tecnico, ci dicesse a cosa si riferisce il 10% sarebbe bello (cioè energia di picco, media, minima ecc.).

Poi, aggiunge sempre Conti: “Bollette elettriche più tenui del 20%...”.

Con quattro centrali dal 2016?

Basta fare delle percentuali e l’affermazione si commenta da sé!!

In realtà le centrali di terza generazione sono superate - tutte - nella concezione di sicurezza attuale e bisogna prevederne la sostituzione e ringraziamo Dio che in Italia non ci troviamo anche tutti i problemi di questo nucleare. Quindi non dobbiamo avere nessun rimpianto per il “nucleare abbandonato nel 1987!”

Ciò lo dice il nuclearista Garwin, padre, assieme a Teller, della bomba ad idrogeno.

Infatti il problema è la gestione delle scorie, il decommissioning e il ciclo del combustibile tutto, che noi in Italia non siamo in grado di gestire. Questo bisogna capirlo. Inoltre quando amministratori di Enti come Enel o Ministri o altri dicono che il kWh nucleare costa pochissimo, meno della metà di “tutti gli altri” fanno affermazioni inesatte; tra l’altro non contengono i costi dei capitoli sopra menzionati.

È il nucleare di III generazione che si vuole?

O si vuole il nucleare di quarta generazione? Ma cos’è?

Reattori termici



Very-High-Temperature Reactor (VHTR)

Il concetto di reattore nucleare a temperatura molto alta, VHTR acronimo dell’inglese Very High Temperature Reactor, utilizza un nucleo moderato dalla grafite con un ciclo di utilizzo dell’uranio a singolo passaggio. Per questo progetto di reattore si prevede una temperatura di uscita del refrigerante di circa 1.000 °C. Si considera possa essere un progetto intrinsecamente sicuro, cioè passivamente, per meccanismi puramente di fisica nucleare e termodinamica la reazione nucleare si spegne quando viene a mancare il flusso del refrigerante.

Supercritical-Water-Cooled Reactor (SCWR)

Il concetto di reattore nucleare ad acqua supercritica (SCWR, acronimo di SuperCritical Water Reactor) utilizza l’acqua supercritica come fluido di lavoro. I SCWR sono fondamentalmente reattori ad acqua leggera, LWR (Light Water Reactor), operanti a temperature e pressioni maggiori con un ciclo diretto, a un solo passaggio. Come più comunemente previsto, opererebbero su un ciclo diretto, simile a quello dei reattori ad acqua bollente, BWR (Boiling Water Reactor), ma dal momento che utilizzano acqua supercritica (da non confondere con la massa critica) come fluido di lavoro, si presenterebbero in un’unica fase, come nel reattore ad acqua pressurizzata, PWR (Pressurized Water Reactor). Potrebbero operare a temperature molto più elevate rispetto agli attuali PWR e BWR. I reattori refrigerati con acqua supercritica (SCWR) sono sulla carta dei sistemi avanzati molto promettenti, perché avrebbero una maggiore efficienza termica (si stima circa il 45% contro il 33% della efficienza per gli attuali LWR) e permetterebbero una notevole semplificazione dell’impianto.

Molten Salt Reactor (MSR) (a Sali fusi)

Il reattore nucleare a sali fusi (MSR, acronimo di Molten Salt Reactor) è un tipo di reattore nucleare a fissione dove il fluido di lavoro è un qualche tipo di sale riscaldato a temperature oltre la propria temperatura di fusione. Sono stati proposti molti progetti per questo tipo di reattore, ma sono stati costruiti pochi prototipi. I primi concetti, così come molti di quelli attuali, prevedono che il combustibile nucleare sia disciolto dentro un sale fluoridrico che funge da fluido di lavoro, come p. es il tetrafluoruro di uranio (UF₄), il fluido raggiungerebbe la condizione critica fluendo dentro un nucleo-core in grafite che servirebbe anche come moderatore.

CHIMICA & LIMITI DELLE RISORSE

È bene conoscere di cosa si sta parlando.

Nel gennaio 2000 è stata avviata l'iniziativa "Generation IV International Forum" (GIF), a cui partecipano dieci Paesi, con il fine di sviluppare i sistemi nucleari di futura generazione: i reattori di IV generazione. Ma dire reattore o centrale di IV generazione non ha

Reattori veloci

Gas-Cooled Fast Reactor (GFR)

Il sistema del reattore nucleare a neutroni veloci refrigerato a gas (GFR acronimo di Gas-Cooled Fast Reactor) presenta uno spettro di utilizzo di neutroni ad alta velocità ed un ciclo del combustibile nucleare chiuso per la più efficiente trasmutazione dell'uranio fertile e per la gestione degli attinidi. Il reattore è raffreddato ad elio, con temperatura di fuoriuscita del refrigerante di 850 °C che viene impiegato per muovere direttamente una turbina a gas a ciclo Brayton per consentire una buona efficienza termica.

Sodium-Cooled Fast Reactor (SFR)

Gli obiettivi sono l'incremento dell'efficienza nell'utilizzo dell'uranio grazie alle tecnologie autofertilizzanti del plutonio e l'eliminazione della necessità di svuotare il reattore degli isotopi transuranici una volta esausto il combustibile. Il reattore utilizza un core non moderato che funziona a base di neutroni veloci, progettato per bruciare ogni tipo di isotopo transuranico che si possa generare come sottoprodotto di reazione (ed in alcuni casi può caricare questi isotopi come combustibile iniziale). Oltre ai benefici della rimozione degli isotopi transuranici a lunga semivita dal ciclo delle scariche nucleari, il combustibile impiegato dallo SFR si espanderebbe quando il reattore si surriscalda, e dunque la catena della reazione rallenterebbe automaticamente. In questo modo, alcuni scienziati affermano che lo si possa considerare passivamente sicuro.

Lead-Cooled Fast Reactor (LFR)

Il carburante proposto è un metallo oppure una base nitrica contenente uranio fertile ed elementi transuranici. Le principali caratteristiche sono riportate in Tabella (da Enea).

Reactor Parameters	Reference Values			
	Pb-Bi Reactor (6000-6000)	Pb-Bi Reactor (6000-6000)	Pb Reactor (6000-6000)	Pb Reactor (60-6000)
Core Size	Pb-Bi	Pb-Bi	Pb	Pb
Outlet Temperature (°C)	~550	~550	~550	750-800
Pressure (atmospheres)	1	1	1	1
Rating (MWth)	125-400	~1000	5000	400
Fuel	Metal Alloy or Oxide	Metal Alloy	Oxide	Oxide
Cladding	Fortitic	Fortitic	Fortitic	Corrosion resistant or refractory alloys
Average Burnup (GWd/MTU)	~100	~100-150	100-150	100
Conversion Ratio	0.0	0.0-0.0	0.0-1.00	0.0
Core	Open	Open	Mixed	Open
Primary Flow	Natural	Forced	Forced	Natural
Pw Linear Heat Rate	Denied	Notified	Normal	Denied

un significato preciso, perché le tecnologie usate sono molto diverse. Infatti molti esperti dei Paesi aderenti a GIF - con l'emissione nel dicembre 2002 di una *Technology Roadmap for Generation IV Nuclear Energy Systems* - sono pervenuti a definire sei "concetti tecnologici realizzativi" promettenti per la IV generazione di reattori nucleari (V. riquadri).

Tre reattori sono termici: Very-High-Temperature Reactor (VHTR), Supercritical-Water-Cooled Reactor (SCWR), Molten Salt Reactor (MSR) (a sali fusi).

Tre reattori sono veloci: Gas-Cooled Fast Reactor (GFR), Sodium-Cooled Fast Reactor (SFR), Lead-Cooled Fast Reactor (LFR).

In quest'ultimo il carburante proposto è un metallo oppure una base nitrica contenente uranio fertile ed elementi transuranici. Questo reattore di IV generazione, progetto europeo ELSY (in gestazione) è coordinato da Ansaldo Nucleare, dalla Del Fungo Giera Energia, con la partecipazione di Enea, Cirten e Cesi Ricerca. Qual è la caratteristica che accomuna e classifica nella definizione, questi reattori di IV generazione?

Un reattore di IV generazione è tale se soddisfa almeno otto punti fondamentali che riassumo sinteticamente:

- nessuna emissione inquinante in atmosfera, e vita media a lungo termine (20 anni di funzionamento ininterrotto) con elevata efficienza di consumo del combustibile, e soprattutto necessità di minimizzare le scorie nucleari radioattive;
- deve essere eliminata la necessità di prevedere un piano di emergenza in caso di incidente e quindi un'intrinseca sicurezza nucleare. Ciò riguarda sia la sede del reattore, sia il trasporto del materiale nucleare, il suo uso ed immagazzinamento;
- non venga dato luogo alla proliferazione nucleare di uso militare;
- essere economicamente vantaggioso rispetto alle altre fonti di energia elettrica.

Il servizio studi del Senato (luglio 2008) ha redatto un dossier dal titolo "Energia nucleare: ritorno al futuro?", che a parte il titolo rappresenta una veloce ma buona panoramica del settore, unitamente ad un interessante compendio di quanto sta cercando di fare l'Enea nel settore, anche se mancano i dati percentuali (uomini impiegati sul totale, investimenti sul totale ecc.).

Ritengo infine che sia quanto mai utile prendere in considerazione il volumetto pubblicato nell'aprile 2008 riferentesi al meeting di Rimini del 2007, in cui in una delle numerose tavole rotonde il presidente e a.d. di Aem Giuliano Zuccoli (ora Aem è unita ad Asm) esprime una serie di opinioni del tutto generiche sul nucleare, ritenendosi ovviamente un grande esperto: "Diversificazione delle fonti, l'unica seria è quella con il nucleare... che porta un vantaggio rilevante. Peraltro un ritorno al nucleare, risolverebbe quell'immagine di noi italiani come un popolo, un po' di cicale, che cantano per una

stagione. Chi come me frequenta i convegni internazionali ha vissuto lo stesso mio imbarazzo di fronte alle battute, talvolta gravi, che ci fanno i nostri colleghi. Ma perché non avete le centrali nucleari, di che cosa avete paura? State consumando l'energia nucleare che producono gli impianti francesi; sapete in Svizzera, ai vostri confini, c'è un parco di centrali nucleari; per non parlare della Francia, della Germania, della Spagna. Sapete che le radiazioni non si fermano alla dogana. Tuttavia avete scelto la strada di abbandonare questa tecnologia. Perché l'avete fatto? È stata una scelta non razionale ma ideologica



dettata da quelle minoranze che dicevamo. È stato sventolato all'opinione pubblica il concetto che produrre energia attraverso la fonte nucleare significava Hiroshima e Nagasaki. Voleva dire avere altre Chernobyl. Ci hanno reso ridicoli davanti alla comunità internazionale.”

Questo è un esempio di un nostro (nominato politicamente) amministratore, che parla senza avere una conoscenza dei problemi del nucleare, che infatti non cita neppure. Egli ricorda, solo leit-motive, che ai confini italiani ci sono delle centrali e le radiazioni non si fermano. È ovvio che se in Italia ci fossero o ci fossero stati nel settore, dei governanti capaci e attenti non ci troveremmo in queste condizioni, comunque il sig. Zuccoli si è mai posto il quesito che avere una centrale in casa o averla a 50 o 100 km non è la stessa cosa? A Chernobyl non è ancora ripresa la vita dopo oltre 30 anni,

mentre in cittadine distanti 20-30 km tutto è ripreso da tempo.

Ma dove sono in Italia i siti in zone prive di popolazione in cui scorre un fiume con un raggio di sicurezza di almeno alcuni km?...

Zuccoli (come altri “big”) dovrebbe approfondire questi aspetti, mentre su costi e vantaggi, sarebbe utile ascoltare il nuclearista Garwin, anche solo sulle riserve di uranio del mondo: «Se noi volessimo produrre tutta l'energia elettrica attuale con il nucleare e caricassimo i necessari reattori nucleari, solo con la prima carica “bruceremmo” la metà di tutto l'uranio esistente sulla terra».

Ecco allora non si può partire

con le centrali di terza generazione ma aspettare la realizzazione di quelle di quarta, del tipo reattori veloci, perché, com'è ben chiaro, associano alla sicurezza la possibilità dell'utilizzo di gran parte degli isotopi transuranici.

Rimane un discorso di fondo molto delicato: “energia a tutti i costi anche a spese della salute dei cittadini?”

Certo è che non ho mai visto (come già ripetutamente scritto) grandi amministratori, petrolieri, politici di spicco fare una loro grande villa vicino a centrali a carbone o a petrolio ecc.: in futuro le faranno vicino alle centrali nucleari, e lì, in queste ville, andranno a vivere con la loro famiglia?

In conclusione il processo è tutto da riavviare (partendo da ingegneria nucleare nelle università), ma senza fabulatori bensì con esperti veri ed indipendenti.

About Nuclear Power Plants Problems

ABSTRACT

In this paper the nuclear problem in Italy is dealt colloquially, giving relief to the fact that who wants to raise “the nuclear”, does not know the field and so the subject is treated folkloristically. In this connection some explanations are made. Then fundamental problems of nuclear power plants are mentioned, which are decommissioning, radioactive waste, fuel cycle: problems not solved in Italy. Consequently to have given up the nuclear II or III generation power plants realization was a good think for Italy. Then the paper explains the peculiarities of nuclear reactors of IV generation, which join the safety with the utilization of fuel like transuranic isotope, so by solving nearly completely the very difficult problem of radioactive waste. Unfortunately the research on nuclear engineering is neglected, so it is very important a strong raising. In appendix some more features are presented on IV generation nuclear power plants. In conclusion a answer: some politicians want energy production also to the detriment of people health?