

INTRODUZIONE ALLA SICUREZZA delle CENTRALI NUCLEARI: un punto di vista del panorama energetico

Giuseppe Quartieri, IUSR, Dipartimento di Fisica, Scuola Superiore di Studi Universitari e Ricerca "Santa Rita", via Trasaghis 18/E, 00188 Roma, Italy; CACR

PROLOGO

La Costituzione Italiana ammette la libera espressione delle proprie idee nel rispetto delle leggi ma anche per il rispetto delle proprie idee, senza peraltro dovere essere perseguitato da fazioni opposte.

INTRODUZIONE

La sicurezza delle centrali nucleari è direttamente connessa alla sicurezza in generale di un Paese e/o di una civiltà. Le centrali nucleari sono un passo moderno delle applicazioni scientifiche e tecnologiche; non sono una profanazione della Terra, come alcuni Verdi sostengono mentre dimenticano le vere profanazioni quali la disoccupazione, la miseria, lo sfruttamento dei popoli nelle società moderne. Per soddisfare i diritti inalienabili dei popoli (libertà, perseguimento della felicità ecc.) la forza etica e morale del tipo mostrata dalla Enciclica «Laudato sì» di Papa Francesco dovrebbe essere in grado di proporre e sviluppare tecnologie moderne non troppo invasive per soddisfare i bisogni dei più poveri e dei più deboli. La presunta saggezza della “decrescita felice” in un mondo con oltre 4 miliardi di persone povere ed affamate lascia perplessi e stupiti per la evidente posizione ottimistica non realistica. La decrescita felice della altra parte, quella ufficialmente non povera, non implica affatto il miglioramento della prima senza una giustizia sociale universale garantita. La società della conoscenza e dell’informazione caratterizzante l’Italia e il Mondo intero mostra la propria consapevolezza che l’uomo vive la sua realtà quotidiana nella società del rischio – la *risk society*. La vita normale è affetta da tutta una serie di pericoli e rischi di natura standard: problemi di sicurezza che nel mondo anglosassone sono suddivisi in problemi di “safety” e di “security” ossia eventi e fenomeni di del tipo: intrusioni, sabotaggi, terrorismi vari ecc. Alla base della vita moderna è assurdo il concetto di accettabilità del rischio, connesso ai suddetti eventi e fenomeni di vita normale standard; si tratta di pericoli che sorgono dall’assumere prodotti derivati da cibi biologici non sempre naturali o dall’uso di automobili e treni veloci, da aerei supersonici, da centrali di produzione di energia elettrica (da sorgente fossile, e/o nucleare e di altro tipo) e via scorrendo. Sembra, ad esempio, che la maggioranza della popolazione accetti

il rischio di usare questi mezzi di trasporto poiché li ritiene sicuri e confortevoli. Alla stessa stregua il popolo accetta d'impiegare energia elettrica proveniente da centrali termiche alimentate a petrolio, oppure a gas metano, nonostante gli incidenti come la "Marea Nera", o le varie tragedie accadute nelle miniere di produzione di gas e di petrolio in tutto il mondo nell'ultimo secolo. Frattanto aumentano gli effetti antropocentrici del riscaldamento globale e del cambiamento climatico prodotti dall'incremento di anidride carbonica CO₂ e da altri inquinanti generati dai gas di scarico delle automobili (polveri sottili, benzene, ossidi di carbonio, PM10, PM2,5 e anche PM1, ecc.) soprattutto nei centri delle città. Così il disastro di Fukushima è direttamente connesso a fenomeni naturali prodotti anche da cambiamenti climatici. *La sicurezza nucleare, per l'approccio per sistemi*, è condizionata dai fattori ambientali e quindi dai cambiamenti climatici, che in parte si è già trattato nella serie sul "Pensiero Ecologico". Purtroppo non si può solo scrivere semplicemente le equazioni di sicurezza dei sistemi, bisogna illustrare molti altri aspetti di sistema come questo lavoro si propone.

Per primo punto si vuole solo mettere in evidenza, la malafede degli ecologisti che considerano il nucleare come una sorgente non alternativa mentre dicono che l'idraulica è sorgente alternativa. Prima di procedere bisogna ricordare che dai tempi degli uomini primitivi le sorgenti di energia scaturivano dallo sfruttamento dei quattro elementi principali: terra, acqua, aria, fuoco (i quattro solidi platonici).

<p>Così il mulino a vento ebbe origine in Persia circa 3.000 anni prima di Cristo, anche se secondo altre fonti fu inventato intorno al VII secolo d.C. nella regione del Sistan, oggi in Afghanistan.[1][2]</p>	<p>L'idea di imbrigliare la forza dell'acqua per azionare macchinari ed utensili risale a tempi remotissimi e la sua applicazione pratica, i mulini, utilizzata per almeno 2000 anni, fino all'era industriale, all'avvento dei motori a combustione e l'energia elettrica e, per applicazioni artigianali, anche fino a qualche decennio fa.</p>
--	---



Fig. N° 1 Le antiche fonti di energia

Questi elementi sono stati impiegati dall'uomo per ere geologiche per cui l'impiego delle turbine ad acqua e gli altri tre tipi di sorgenti non possono essere considerate delle "sorgenti alternative, ad esempio, alle varie fonti fossili".

Purtroppo questa semplice ed elementare verità va fortemente sottolineata poiché, giorno per giorno, alcuni degli esponenti verdi - catastrofisti italiani, non ultimo quello che va sempre vestito di nero, continuano ad

affermare che la percentuale di energia prodotta in Italia da fonti alternative è dell'ordine del 28% negli ultimi anni. Questo catastrofista esponente di grandi leghe ambientali italiane, non tiene in conto che l'energia prodotta da legno/fuoco, da mulini a vento ma soprattutto dai mulini e centrali ad acqua è energia naturale da sempre sfruttata dall'uomo e non può essere assolutamente considerata energia alternativa. Inoltre quest'uomo catastrofista non specifica di che alternativa si tratta: **alternativa a che cosa?** All'energia prodotta da carbone, da petrolio e/o da gas!! O anche da energia prodotta dal nucleare! Questi catastrofisti non rispondono a questa domanda ma non si sa se per insipienza oppure per malevolenza.

Invece, bisogna ricordare che l'Italia è stata, con la scuola di Enrico Fermi, Premio Nobel, uno dei primi Paesi al Mondo a creare le centrali nucleari come se fosse la energia più "naturale" possibile per e dell'Italia stessa. Prima di ogni altra considerazione critica delle varie fonti energetiche contrastanti e in competizione, va subito riportato il grafico fondamentale (Fig. N° 2) del numero delle vittime dell'inquinamento prodotto dalle varie fonti energetiche classiche quali il carbone, il petrolio, il gas, l'eolico, il solare, l'idraulico e il nucleare.

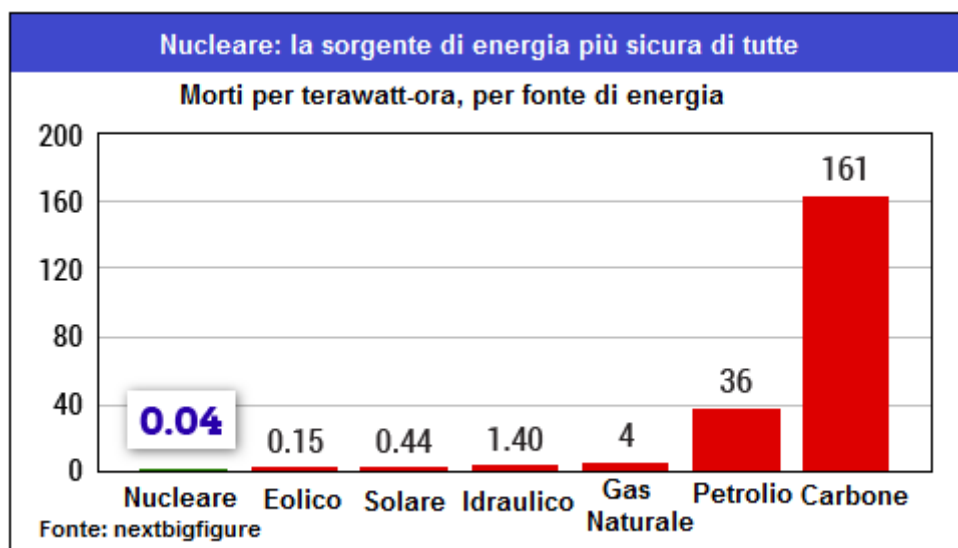


Fig. N° 2 L'energia nucleare: la più sicura di tutte (fonte: Kent Moors)

Questo grafico volutamente ignorato dalle retrive pseudo forze Verdi asserisce un punto di vista completamente diverso da quanto propugnato dai Verdi classici e catastrofisti.

EFFICIENZA ENERGETICA E SICUREZZA NUCLEARE

Dopo questa breve premessa introduttiva, si ricorda gli italiani pagano l'energia elettrica il 30% e, in alcuni casi, il 40% in più rispetto ai cittadini di altri Paesi europei (Francia,

Germania, ecc.) poiché il nostro Paese ha abbandonato da decenni – tra l’altro a causa di un secondo referendum male interpretato – la soluzione nucleare da fissione alla produzione di energia elettrica con gravi ripercussioni negative dal punto di vista economico e industriale. La paura dell’insicurezza nucleare è la causa prioritaria dell’abbandono del nucleare (comunicazione di Pierangelo Sardi).

L’Italia acquista energia elettrica prodotta da Paesi confinanti quali la Francia, la Svizzera, la Slovenia per una percentuale di quasi il 20% del fabbisogno nazionale. Tra l’altro questi Paesi hanno installato le loro centrali nucleari entro pochi chilometri dai confini con l’Italia per cui un eventuale incidente critico, o accidente come si suole dire negli ambiti scientifici e tecnologici specifici, *avrebbe gli stessi effetti di un qualsiasi incidente prodotto in una centrale nucleare che fosse installata entro i confini italiani.*

Per rispondere a questa situazione, gli Enti responsabili (?) hanno riscoperto la efficienza energetica, ossia il risparmio energetico. Non si possono fare le centrali nucleari allora risparmiamo al massimo e puntiamo alla *decrescita felice*. Alcuni del popolo ci credono e beati loro! A limite, tutti diventeranno poveri e non potranno spendere alcuna risorsa in termini di produzione di energia (per esempio elettrica in casa): si sarà raggiunto il massimo di efficienza energetica senza alcuna energia. Il ritorno alla vita delle caverne sarà garantito dal massimo di efficienza energetica: massimo risparmio. In altre parole, la “sostenibilità” dell’efficienza energetica diventa un concetto assurdo e non sostenibile.

Tutte queste assurdità potranno essere limitate e ridotte solo con una vera e propria produzione di energia forse, sicura, consistente e continua quale l’energia nucleare di alta come di bassa intensità.

La Legge 23 luglio 2009, n° 99, pone solide basi giuridiche per la realizzazione di nuove Centrali Nucleari in Italia nell’ambito del cosiddetto Rinascimento Nucleare. Oltre scienza e tecnologia molte altre discipline sono immesse in campo (la sociologia, la politica e la morale). La mancanza di informazioni chiare, complete e corrette; eventi questi che, nel nostro Paese, mancano del tutto oppure sono addirittura distorti o affetti da “cyber crime”. L’ultima grande forma di partecipazione al problema energetico, considerato dal punto di vista ecologico, proviene dalla nuova Enciclica di Papa Francesco: “Laudato si”.

Sicurezza di impianti nucleari: aspetti organizzativi

il punto di vista della sicurezza - safety - degli impianti nucleari sono affrontate con chiara mancanza di decisioni politiche di alto livello

In generale, questo tipo di gestione politico «*manageriale*» della materia nucleare, ha ingenerato ed ingenera, nella gente, insicurezza e sfiducia che, unitamente a una insufficiente informazione, la porta a esprimere un totale rifiuto a priori. La sicurezza delle installazioni e dei processi nucleari è, assieme a quello della sicurezza aerospaziale e aeronautica, il comparto tecnologico in cui la scienza e l'ingegneria della sicurezza hanno ricevuto il maggiore sviluppo e la più alta attenzione scientifica, tecnologica e ingegneristica sin dai primi anni del suo sviluppo all'inizio del secolo scorso. Purtroppo questo tipo di commento o ragionamento continua ad essere valido anche dopo l'approccio provinciale fiorentino

Nella filiera nucleare la sicurezza è il principale obiettivo: dalla realizzazione degli impianti ai processi produttivi, fino allo smaltimento dei rifiuti. Essa, oggi, si articola in tre fondamentali fasi: la prima, di natura fisica, sulle reazioni nucleari, la seconda, di natura prettamente ingegneristica, sul progetto del sistema e la terza sugli aspetti radiologici, ovvero radioprotezione e fattori ambientali.

A tal fine opera, con ruolo chiave, l'Ispettorato Nazionale per la Sicurezza Nucleare e radioprotezione (ISIN).

Nel 2009, per volontà del Governo Berlusconi IV, in Italia, è stata creata l'Agenzia per la Sicurezza Nucleare (ASN) guidata dal Prof. Umberto Veronesi, un grande medico-chirurgo specializzato nel campo dei tumori con enorme esperienza d'impiego di dispositivi medici nucleari (RMN, TAC, Radioimmunologia ecc.)

Nonostante la grande necessità italiana di avere un'Agenzia di questo tipo anche se fosse solo e soltanto per la gestione dei rifiuti radioattivi biologici e biomedicali, nulla ha funzionato. In tali condizioni, purtroppo, il prof. Veronesi ha rassegnato le dimissioni il 5 settembre 2011. Così la ASN ha funzionato solo formalmente dal 2009 al 2011, con lo scopo di controllo e autorizzazione ai fini della sicurezza (compresa la protezione dalle radiazioni) di tutte le fasi legate alla realizzazione e gestione delle centrali elettronucleari e alla gestione delle scorie radioattive. Di conseguenza l'Agenzia per la Sicurezza Nucleare non ha avuto alcuna operatività concreta ed è stata abolita dal successivo governo Monti. I successivi Governi hanno dato delega alla trattazione temporanea dell'argomento sicurezza nucleare a diversi Enti quali ISPRA, SOGIN ecc.

Purtroppo, il problema delle scorie e rifiuti radioattivi permane tale e quale a quello che era alcuni anni fa: *i rifiuti radioattivi delle quattro centrali nucleari dismesse da oltre 20 anni rimangono da allora negli stessi siti vicini alle centrali non smantellate*. Frattanto, i rifiuti ospedalieri radioattivi sono aumentati esponenzialmente senza essere messi in sicurezza.

Le cantine, i piani interrati degli ospedali di tutt'Italia sono piene di scatole riempite di rifiuti radioattivi non protetti da alcuna schermatura progettata ad hoc e costruita a norma.

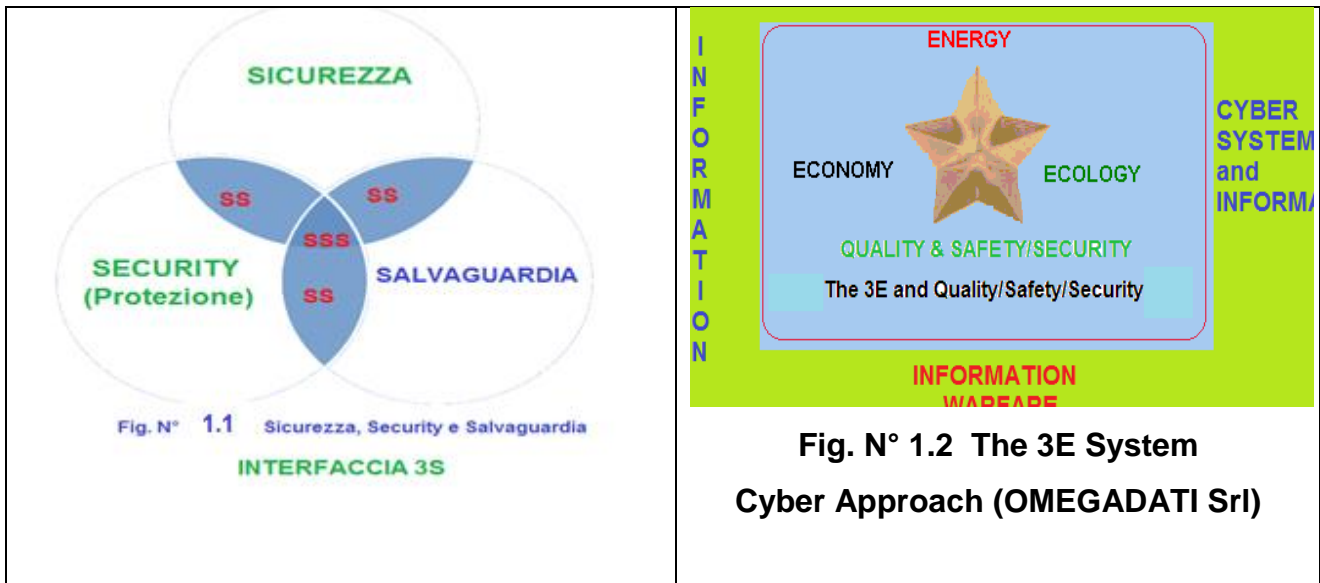
Recentemente, sembra che sia stata proposta una legge (o decreto) per istituire il poc'anzi citato Ispettorato Nazionale per la Sicurezza Nucleare e radioprotezione (ISIN), una sorta di emanazione dell'ISPRA. Si spera che questo problema sia risolto in poco tempo dai prossimi Governi in base a proposizioni e posizioni del Ministero dello Sviluppo economico e del Ministero dell'Ambiente.

Il tema del rinascimento del nucleare è stato trattato a fondo da molti autori che hanno scritto libri specifici in questo periodo. L'argomento è specialistico e ostico per il lettore normale, inoltre presuppone che l'Italia rientri nel novero dei Paesi che si servono di energia nucleare da fissione. Negli ultimi due decenni, l'ipotesi di lavoro programmatico che l'Italia sarebbe stata quella di una intenzione di intraprendere nel prossimo futuro (normalmente si accenna al 2020), per il conseguimento di una ripartizione armonizzata, chiamata mix, di fonti di energia. Nel primo decennio del ventunesimo secolo, il mix energetico prevedeva 50% di energia da fonte fossile (carbone, petrolio e gas naturale), 25% da fonte nucleare da fissione e, infine, 25% da fonti rinnovabili e integrative quali solare, eolico, biomassa, geotermia, ecc. Sono state proposte diverse varianti di questo mix standard. Gli ecologisti oltranzisti, catastrofisti, verdi ha fatto perdere il senso del "mix energetico" e si è puntato, in modo oscuro, all'incremento delle fonti alternative cosiddette rinnovabili. Questi signori dovrebbero sapere anche l'energia nucleare è sorgente alternativa e industrialmente rinnovabile.

Ogni proposta ha i suoi lati positivi ed è degna di essere discussa purché si mantenga un'armonizzazione estesa delle sorgenti classiche e moderne di energia, non ultima la fusione calda e fredda (LENR).

Nella lingua anglosassone esistono le due parole - safety e security - per distinguere due diversi concetti di sicurezza. La sicurezza intrinseca – safety - di natura tecnologica, si riferisce a guasti del sistema complesso (centrale nucleare, aeroplano, missile, satellite, ecc.), e/o a errori umani con effetti negativi per la salute del personale addetto, o della popolazione circostante, e conseguente perdita di proprietà. Gli anglosassoni impiegano invece la parola «*security*» per intendere la sicurezza in termini di protezione da: infrazioni varie, intrusione, criminalità, sabotaggi e terrorismo di ogni tipo. Nella lingua Italiana esiste solo la parola «sicurezza» che include tutti gli aspetti possibili ed è quindi omnicomprensiva. Forse la mancanza di distinzioni e sottigliezze della parola «sicurezza» è la tipica carenza intrinseca della lingua dantesca fiorentina tanto decantata in questo

strano periodo storico da folletti grandi lettori di Dante e di vari giovani politici fiorentini, ottimi parlatori e grandi imbonitori.



Questo fenomeno linguistico potrebbe generare ben altri tipi di problemi e incomprensioni nella visione popolare della sicurezza delle centrali nucleari. Pertanto, da alcuni punti di vista – specificatamente politici - andrebbe considerato il problema a 360 gradi, ossia includendo tutti gli aspetti. A livello politico organizzativo esiste un'altra branca della sicurezza, la cosiddetta "salvaguardia" che è compito protettivo delle Istituzioni ed Enti Istituzionali che devono garantire la efficienza della "Sicurezza", soprattutto in campo nucleare.

Gli aspetti della sicurezza pubblica sono peraltro ben gestiti in Italia con la «salvaguardia», e aspetti simili e/o uguali di «security» come quelli di natura precipuamente militare (anch'essi ben gestiti in Italia).

Unicuique suum!

Security

Gli aspetti della trattazione della *security* includono la *cyber intelligence* delle centrali nucleari. Sussistono ancora molti aspetti intellettuali o di pseudo-saggezza popolare, o d'espressione d'insipienza e di malevolenza negli accostamenti fra produzione di energia elettrica da sorgente nucleare e produzione di bombe nucleari.

Purtroppo, rimane ancora una certa faciloneria, ad associare e correlare, in maniera diretta e automatica, la generazione di energia elettrica da fonte nucleare ai sistemi di proliferazione di bombe nucleari. Si nota che tale tipo di accostamento è facilmente proposto anche dal Premio Nobel Carlo Rubbia nel suo libro *Il dilemma nucleare*, Sterling

& Kupfer Editori 1987 e riaffermato al convegno sul “Futuro dell’energia” all’Accademia dei Lincei il giorno 22 gennaio 2015,

Ne consegue un certo timore e panico della popolazione. Ciò dimostra che il popolo stesso è dotato di molta poca conoscenza in materia di effetti degli incidenti di Chernobyl e di Fukushima. Non si vuole riconoscere l’impossibilità del ripetersi dell’evento disastroso di Chernobyl nonostante la differenza di progettazione di sicurezza del vecchio impianto sovietico rispetto agli stessi impianti nucleari della seconda generazione occidentale e, ancor più, rispetto alle attuali terze generazioni avanzate. Non si accenna neppure alla quarta generazione!!!

Sussiste ancora disinformazione e vera ignoranza specifica dell’effetto Chernobyl. Questi signori non vogliono riconoscere gli enormi errori progettuali di questa centrale e gli errori operativi della squadra di gestione degli impianti. A riprova sussiste la severità delle condanne che sono state comminate agli operatori incriminati per la cattiva gestione degli stessi. Si spiega come qualche tempo fa ci sia stata una proposta italiana di spostare la realizzazione degli impianti nucleari, che dovrebbero essere realizzati in territorio italiano, in altri territori limitrofi quali l’Albania o altre regioni dell’ex Jugoslavia. Sorge spontanea la domanda: ma veramente gli italiani sarebbero contenti di affidare le operazioni critiche e delicate di gestione di una centrale nucleare a elementi di Paesi come questi qui citati?

Frattanto, Paesi come la Svizzera e Francia hanno aumentato negli ultimi due decenni, il loro parco di centrali nucleari (NPP), vicine ai confini italiani, per fornire energia elettrica all’Italia. Recentemente la Svizzera e la Francia hanno fatto sapere che provvederanno quasi subito a smantellare un certo numero di centrali nucleari ormai giunte alla fine naturale del loro ciclo di vita. A causa della vecchiaia intrinseca di dette centrali nucleari, la eventuale sostituzione con centrali moderne richiederà un numero molto più basso di centrali della nuove generazioni. Frattanto, durante tutto il lungo periodo di funzionamento delle centrali nucleari classiche in Svizzera e Francia oltre che in Slovenia ecc, con questa piccola furbizia alla “napoletana” (senza offesa per Napoli!), nessuno apparentemente ha tenuto in debito conto il fatto che l’eventuale fuoriuscita di prodotti radioattivi dalla centrale nucleare estera (ma limitrofa), eventualmente affetta da guasto critico di livello settimo della scala INES, si propagherebbe anche e soprattutto in Italia.

Security a Fukushima

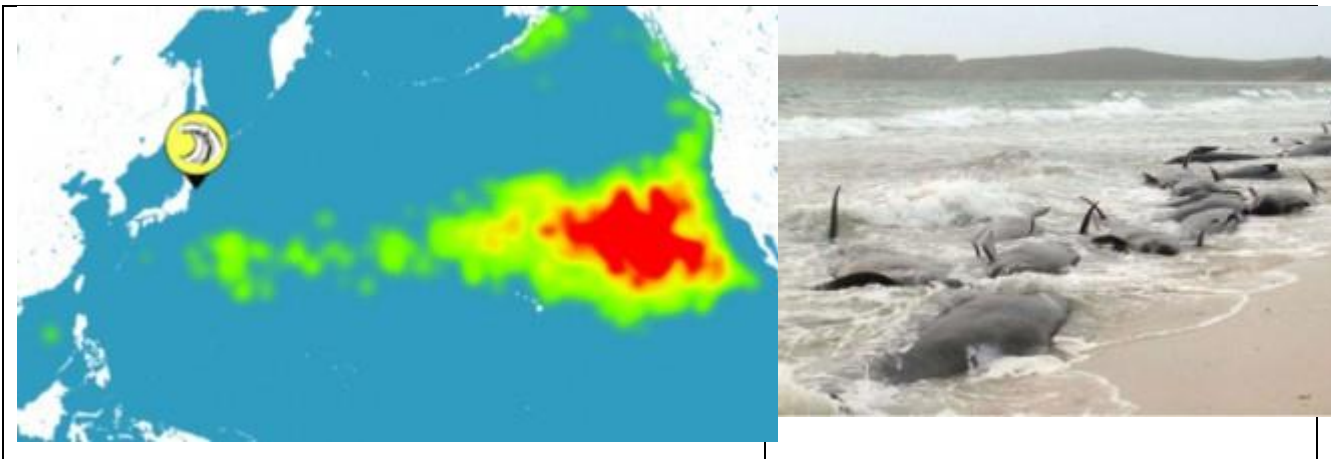
Il problema del grande incidente di Fukushima, avvenuto dopo la prima edizione del testo di riferimento primario, è stato (da me) trattato inizialmente con una serie di articoli del tipo

“La prima lezione dell'Incidente di Fukushima”: L'argomento sarà ripreso a fondo in un prossimo secondo testo rispetto a precedente già menzionato. Va tenuto presente che, nei reattori nucleari di Fukushima, si sono verificati solo due morti, uno prodotto da infarto cardiaco per paura e un altro a causa della caduta di massa prodotta dal terremoto in se stesso.

Nessun morto è stato procurato da effetti radioattivi dell'incidente di Fukushima. Inoltre, dopo l'incidente nucleare del 2011, il Giappone ha abbandonato il nucleare. In realtà, il Governo Giapponese ha ordinato la chiusura di 52 impianti nucleari, che producevano circa il 30% della elettricità necessaria al Giappone. In pratica il Giappone non ha risorse di combustibili fossili né di petrolio, né carbone, né gas naturale. La sorgente di energia nucleare era ed è ancora il loro solo biglietto per l'indipendenza energetica. Hanno rinunciato quindi di primo acchito al nucleare. Nel tentativo di sostituzione nucleare, Giappone si è rivolto al gas naturale liquefatto (GNL). Il risultato? Le importazioni di GNL del Giappone è aumentato improvvisamente del 30% ... e il costo dell'energia fornita al popolo è raddoppiato!

Come si può facilmente immaginare, le importazioni di combustibili hanno iniziato a schiacciare l'economia del Giappone e continuano in tale direzione. D'altra parte, i Paesi che forniscono GNL al Giappone sanno bene che il Giappone è alla loro mercé. In mancanza di proprie fonti energetiche naturali, il Giappone o paga la tariffa richiesta ... o le luci si spengono. Di conseguenza, il Giappone sta pagando un enorme prezzo per l'acquisizione del loro GPL. Nel linguaggio economico settoriale, questo evento o fenomeno economico è chiamato "Asian Premium" ... e non si tratta di una piccola somma. Trasformato in soldoni, il Giappone sta attualmente pagando 20,12 dollari per milione di BTU per GPL. Al contrario, il prezzo negli Stati Uniti è di soli \$ 5 per milione di BTU. Questo pagamento corrisponde ad un “premio” di circa il 400% rispetto al prezzo normale! Se ne deduce che, senza l'energia nucleare, il Giappone non ha altra scelta che pagare ... e pagare ... e pagare. L'economia del Giappone è sostanzialmente assoggettata a enormi e forti colpi economici. In alcuni settori, le bollette elettriche sono aumentate di cinque volte. Pertanto nel 2015, il Governo ha ordinato di cominciare a riaprire le centrali nucleari! Frattanto si affaccia all'orizzonte nipponico anche la speranza della riuscita della lunga e decennale ricerca delle applicazioni di reazioni nucleari a basse energie (LENR). Si tratta di un grande capitolo energetico in via di sviluppo, certamente interessante per tutti i Paesi come il Giappone senza risorse naturali classiche.

Purtroppo, il raffreddamento delle centrali nucleari giapponesi assoggettate al guasto di settimo livello della scala INES ha prodotto una enorme quantità di acqua radioattiva che è stata immessa in appositi serbatoi lungo tutto il litorale laddove c'erano le centrali di Fukushima. Per regolare l'incremento di acqua radioattiva è stato necessario sversarne alcune quantità nel mare. I livelli di radioattività nel suolo e nell'Oceano hanno fatto registrare nuovi e allarmanti record. Secondo Shunichi Tanaka, il responsabile della Nuclear Regulation Authority giapponese (NRA), le acque reflue altamente contaminate della centrale nucleare potrebbero essere finite nel suolo e poi in mare. A provocare la contaminazione le continue perdite di radiazioni. Così, secondo i dati presentati recentemente l'Oceano Pacifico è stato invaso da acqua radioattiva che si sta espandendo lungo tutto l'oceano stesso con il conseguente incremento di mortalità di pesci grandi (balene ecc.). Tuttavia questa asserzione non è dimostrata da misure mediche.



Così. Alcuni rapporti tecnici sostengono che l'acqua radioattiva che fuoriesce dalla centrale nucleare di Fukushima, distrutta dal terremoto e dallo tsunami dell'11 marzo 2011, entro il 2015 arriverà a toccare le coste degli Stati Uniti. Il disastro nucleare giapponese prodotto dallo tsunami è ormai un guaio per tutti e vari Governi sono costretti, finalmente, a intervenire. L'acqua contaminata dalle radiazioni della centrale di Fukushima toccherà le spiagge americane. Lo dice uno studio "ARC Centre for Excellence for Climate System Science", un centro di ricerca australiano che ha messo a punto un simulatore per calcolare quanto tempo ci metterà la corrente oceanica a portare l'acqua radioattiva lontano dal punto iniziale fino alle coste americane. In ogni caso si tratta sempre e solo di una simulazione. La contaminazione nucleare, infatti, è stata calcolata partendo dalla concentrazione di cesio 137, che è un isotopo radioattivo che ha un tempo di "emivita" di 30 anni circa. In altri termini l'intensità di radioattività - la quantità di radiazioni che emette - si dimezza in tre decenni e quindi il cesio resta pericoloso per molti anni. Tuttavia,

secondo altre fonti di chiara e riconosciuta affidabilità scientifica, il pericolo non è così grande e non ci saranno le tante paventate riduzioni di biodiversità marina. Inoltre non è ben noto chi è lo "specialista" che pubblica le suddette simili amenità. Anche i bambini sanno che l'acqua è formata da idrogeno ed ossigeno e che l'idrogeno "assorbe" la radioattività. Ora, che il rilascio di acqua contaminata proveniente da un reattore possa provocare qualche danno alla fauna nei pressi dello scarico è vero. Completamente folle pensare che si possa contaminare un Oceano intero, quale l'Oceano Pacifico. (Comunicazione di Ettore Ruberti). I ricercatori veri e riconosciuti rimangono sconcertati dal fatto che si possa dar credito a simili assurdità.

Quindi. si deduce che non è stato dimostrato, assolutamente, che la morte delle balene ecc. sia stata prodotta dall'acqua radioattiva.

Purtroppo ci sono sussistono tante e ben altre causa d'inquinamento marino deleterie per la salute delle balene e delle altre specie marine.

L'APPROCCIO ITALIANO

L'onda lunga del Referendum Antinucleare continua a persistere. In tempi di crisi energetica, ecologica e economica (le tre crisi EEE), il potere e i responsabili cercano di indorare la pillola convincendo il popolo a risparmiare come se il popolo italiano non lo avesse fatto sempre da secoli. Frattanto, il giovane "Leader" del Governo Italiano continua - bontà sua - a proporre la produzione di energia con perforazioni petrolifere e gasifere!!!

Un "Top Management Energetico" Nazionale moderno e capace dovrebbe essere in grado di quantificare quanta energia il Paese necessita e quanto si può risparmiare in modo che – prima di tutto – si conosca la quantità percentuale di energia da risparmiare che si può veramente ottenere con l'incremento di efficienza energetica. Al momento questo dato non è fornito da nessun Ente responsabile italiano: non ne avvertono neppure la necessità. A. In conseguenza dell'energia prodotta da risparmio energetico si ha un miglioramento di efficienza energetica che però è del tutto aleatorio, inventato e/o almeno non comprensibile né misurabile nonostante le reazioni dell'ENEA.

Le Autorità energetiche devono fornire i dati di energia prodotti a causa dell'efficienza energetica risultante dal "risparmio energetico". Altrimenti il popolo continua a pensare di essere preso in giro dalle Autorità energetiche. Al momento l'osservatore non può non notare che le proposizioni, le dichiarazioni emesse dagli Enti responsabili sono solo aleatorie, e proferite alla Carlona, e quindi senza approccio scientifico né tanto meno ingegneristico. Certamente il risparmio energetico e quindi economico è fondamentale per

il benessere di un Paese, così come lo è un qualsiasi altro l'approccio tecnologico di ampio spettro, variegato, diversificato e rappresentativo di ogni fonte di energia: fossile (carbone, petrolio, gas naturale e ora anche shale gas), nucleare, solare, eolico, geotermico, biomassa ecc).

Invece si osserva che in Italia, i poteri forti locali ed Europei *spingono con forza* solo a sfruttare alcune fonti (in particolare quelle solari ed eoliche, e successivamente geotermia e biomassa). Si tratta di sorgenti di energia intermittenti e non affidabili. Ovviamente le energie di origine idraulica – antiche come l'uomo – si ripete, non fanno parte delle energie alternative. La stampa internazionale ha fatto presente che **solo** il piccolo Paese Sud Americano – forse il Paraguay – ha intenzione di seguire il modello italiano.

Avere amici al duol scema la pena!

SICUREZZA DEGLI APPROVVIGIONAMENTI

Indipendentemente dalle nuove alternative energetiche va sempre tenuto presente nell'ambito del concetto allargato di "sicurezza" il sotto-concetto o sottoinsieme della *sicurezza degli approvvigionamenti*.

Appare sicuramente un grande vanto oltre che fonte di aspirazione tipica italiana, ispirata dalla direttiva europea in generale, la forte volontà dei poteri energetici a sfondo verdognolo che credono di potere vedere la realizzazione dell'apprezzabile anelito di sentirsi ed essere in grado di sfruttare al massimo le fonti di energia proprie, naturali presenti in ciascun luogo del territorio italiano. Con gli accordi europei del 23-24 ottobre 2014, la Commissione Europea ha imposto all'Italia di aumentare la produzione di energia elettrica con fonti intermittenti sostanzialmente solare, eolica e geotermica. Certamente questo impulso si prefigge di rendere libera l'Italia, quella che spende di più tra i Paesi Membri dell'Europa, dall'enorme spesa per l'acquisizione di carburanti fossili (petrolio, gas e carbone). La crisi europea di ordine economico e politico rende estremamente difficile l'attuazione di una economia energetica armonizzata e basata, per ciascun Paese europeo, sulle proprie fonti energetiche naturali primarie (ad es. vento in Norvegia, in Svezia, ecc.; energia solare in Italia, Spagna e Grecia; carbone in Germania, Polonia, Inghilterra, ecc.). Da queste direttive europee sono conseguiti alcuni nuovi impulsi alla ricerca nucleare:

1. Lo sforzo verso la ricerca di miglioramenti delle centrali nucleari *a sicurezza intrinseca* che culminano la ricerca della terza generazione avanzata.

2. Contemporaneo sforzo verso la ricerca della quarta generazione che possa eliminare anche altre inutili correlazioni con gli aspetti e le implicazioni della proliferazione nucleare.
3. Riduzione dell'arsenale nucleare: si coglie l'occasione per fare presente – fonte OSDIFE – che nell'ultimo decennio la riduzione di bombe nucleari dei vari arsenali al mondo è passata da circa 14000 (quattordicimila) e poco più di tremila a causa degli accordi Salt ecc.
Questa riduzione è stata possibile solo e unicamente per l'impiego di uranio/plutonio (di vario tipo) proveniente da bombe nucleari che è stato riciclato nelle centrali nucleari per uso pacifico di creazione di energia elettrica.
4. Sviluppo di nuove fonti di produzione di energia a bassa intensità: ossia ricerca, studio e applicazioni di reazioni nucleari a bassa energia: le cosiddette LENR.

Sembra che il presidente degli Stati Uniti d'America, Barack Obama, abbia creato una **Fondazione per un'economia a energia pulita**, basata sulle implicazioni del cambiamento climatico, al fine di proteggere l'ambiente degli Stati Uniti d'America. Secondo il Presidente Obama non si può continuare a rimanere intrappolati nella strategia energetica del secolo scorso. È necessario ricorrere a una strategia energetica nuova per il futuro: *un piano globale per il 21-simo secolo che sia in grado di sviluppare nuovi modi nell'ottenimento di energia producibili anche negli Stati Uniti*. Si può avventatamente dedurre che il Presidente OBAMA o i suoi consiglieri fisici pensano ad applicazioni di nuove forme di energia nucleare di basso valore le ormai famose LENR.

Ovviamente gli Enti di ricerca italiani seguono pedissequamente.

Qualcuno dice meglio tardi che mai alludendo alla miopia dei pseudo-grandi fisici particellari di tutti i tipi che tanto hanno comandato sulla fisica italiana del passato mezzo secolo!! Qualche altro invece sostiene che sono stati fortemente pressati da forze scientifiche politiche ed economiche esterne agguerrite e molto furbe ben dotate di metodi "cyber" molto avanzati.

In una maniera o nell'altra i fisici particellari hanno capitolato!!!!

Frattanto, per ragioni di riduzione di produzione di petrolio e carburanti fossili in generale, nonostante la nuova sorgente "shale gas e petrolio", il Presidente OBAMA ha ordinato la costruzione di altri 5 Reattori Nucleari AP1000, della Westinghouse. Si tratta di NPP di terza generazione avanzata a **sicurezza intrinseca** migliorata dall'applicazione di forze naturali quali la circolazione naturale dell'aria e altri fenomeni naturali quale la caduta per

gravitazione dell'acqua di raffreddamento ecc. In questa maniera i fenomeni naturali che accadono a seguito di un guasto producono direttamente e velocemente azioni correttive "naturali" che tendono a arginare il guasto, i relativi effetti di propagazione e, infine, eliminare e fermare il guasto e i suoi effetti diretti e secondari. Ad esempio nei nuovi reattori nucleari, per potere garantire la *sicurezza sostanzialmente intrinseca*, i progettisti hanno previsto di collocare – in alto – opportuni e sufficientemente grandi serbatoi di acqua, posizionati appunto nella parte alta del soffitto delle centrali nucleari. In questo nuovo sistema nucleare, in caso d'incidente, l'acqua è indotta automaticamente a scendere naturalmente a caduta gravitazionale e quindi raffreddare il nucleo del reattore. Sembra inoltre, e si può controllare subito in Google, che altri Paesi quali la Cina, l'India e molti altri abbiano ordinato mediamente almeno 30 centrali nucleari per ciascuna. In altre parole, sono state ordinate almeno un centinaio di centrali nucleari (NPP) nel mondo. Qualcuno sostiene che la Cina ne abbia ordinato un numero pari a 100 reattori nucleari.

I soliti ecologisti catastrofisti dicono che la Francia è in crisi poiché la sua maggiore Industria Nucleare "Arevà" sembra in crisi economica per mancanza di ordini. La semplice realtà ingegneristica fa trasparire la necessità di sostituzione di un congruo numero - qualcuno parla di quasi quaranta se non 50 NPP - di centrali nucleari (NPP) francesi poiché vecchie e al limite della loro vita utile sicura. In altre parole in Francia, ma qualcosa di simile accade, su scala ridotta, in Svezia devono essere sostituite al minimo 20 centrali vecchie (di piccola stazza) con una decina di queste moderne di potenza anche doppia. Nulla di eccezionale se non un normale processo riorganizzativo.

D'altra parte sussiste un atteggiamento aggressivo da parte degli assertori di energie alternative e competitive che propongono la soluzione tutta solare e/o eolica e/o biomassa. Questi competitori, tra i quali va nominato, in primis, il Prof. Carlo Rubbia, Premio Nobel, Senatore a vita nominato dal Presidente Giorgio Napolitano, si esprimono in modo molto colorito. L'ultima grande frase del Premio Nobel Carlo Rubbia, Senatore dello Stato Italiano si risolve nell'accettazione supina dell'approccio economico-contabile-finanziario più retrivo, retrogrado e conservativo: **la migliore energia è quella che costa di meno.**

Si tratta di un approccio da contabile economico e non da fisico né da ingegnere che sono professionisti che dovrebbero conoscere le regole fondamentali della "cost-effectiveness", ossia della scelta bilanciata fra costi e benefici: a parità di costo si sceglie la soluzione migliore dal punto di vista delle prestazioni offerte. A parità di prestazioni tecniche si sceglie la soluzione a minor costo.

Alcuni anni fa il Prof. Rubbia è stato fra i primi fisici italiani, e tra i più importanti, a firmare la petizione al Governo per lo sviluppo del nucleare. Negli anni successivi, si è ravveduto e ha cambiato idea proponendo fortemente il suo progetto di centrali solari termodinamiche che si basano sull'impiego di specchi di Archimede. In questi ultimi anni, il Sen Carlo Rubbia ha sostenuto e continua a sostenere che la tecnologia del nucleare da reazione a fissione è vecchia. Ma come egli può proporre e dare priorità a una tecnologia, quella degli specchi solari, sviluppata sostanzialmente da Archimede più di 20 secoli fa?

Sabbia permettendo, Rubbia forse riuscirà a farsi finanziare progetti a specchio nel deserto; chi vivrà vedrà cosa riuscirà a combinare!

Recentemente il Prof. Rubbia ha proposto una nuova energia alternativa: l'energia proveniente dai clatrati sottomarini e sostanzialmente dallo «shale gas». Secondo lui, c'è energia per svariate migliaia di anni per tutta la popolazione terrestre a prezzo molto competitivo se non proprio il più basso possibile.

Tutti sanno, però, che gli interessi privati fanno vedere lucciole per lanterne!

Invece, negli ambienti favorevoli all'attuazione di una quota consistente – al limite del 15% del fabbisogno nazionale di energia – da fonte nucleare da fissione, non si usa affatto parlare male delle fonti energetiche alternative o integrative che dir si voglia.

In quest'ottica, l'opposizione e la diffidenza verso il nucleare da fissione è una fissazione tipicamente italiana. *È sempre un problema di sicurezza nucleare* la soluzione della localizzazione dei siti di deposito (ma anche di smaltimento) di rifiuti e scorie radioattive (di natura industriale, sanitaria ecc.) subisce una strenua opposizione da parte di alcune frange di ecologi, che si possono definire falsi ecologi. In generale, il problema dei rifiuti radioattivi investe tutto il ciclo del combustibile nucleare. La pubblicazione della lista dei siti di localizzazione è un compito difficile che gli Enti addetti stanno assolvendo, o dovranno assolvere quanto prima.

L'applicazione della recente legge 31/2010, è molto interessante poiché definisce alcuni criteri gestionali per la richiesta, analisi e proposizione del consenso all'approvazione e alla sostenibilità delle centrali nucleari da parte delle popolazioni locali.

Molti ancora parlano del Nimby, ossia di quella sindrome per cui si accettano gli impianti nucleari purché non siano installati nel proprio giardino, nonostante il retromarcia del grande pioniere, l'ecologo James E. Lovelock, che a quasi 90 anni ha cambiato idea circa l'installazione di impianti nucleari. Inoltre, per indicare la degenerazione estrema della sindrome del Nimby, i filoamericani e gli inglesi hanno coniato l'acronimo BABANA che sta per Build Absolutely Nothing Anywhere, Non costruire assolutamente nulla in nessun

posto (o vicino a nessun posto). Non va confuso però questo acronimo con l'unità di misura di assorbimento di radiazione, detta appunto banana, che equivale a $0,09 \mu\text{Sv}$: vivere un anno entro 50 miglia da una centrale nucleare corrisponde ad assorbire $0,1 \mu\text{Sv}$, ossia equivale a mangiare una "banana, ricca di potassio". In genere, per esemplificare l'impatto delle radiazioni e il loro assorbimento, si fa riferimento al campo medico.

Quindi la sfida alla costruzione del consenso si può vincere solo con una grande attività di formazione e discussione sul territorio. Quest'articolo (che parte del libro sui Fondamenti della Sicurezza di Centrali Nucleari) è un piccolo contributo al raggiungimento di questa vittoria, oltre che un tentativo di chiarificazione di alcuni concetti fondamentali di sicurezza nucleare.

Alla stessa maniera, la Valutazione Aspetti Ambientali (VAS. VIA ecc.) è strettamente condizionata dal consenso e approvazione da parte dell'opinione pubblica.

Finalmente, alcuni anni fa, è stata varata l'idea di una Agenzia per la Sicurezza Nucleare. Si sono verificate turbolenze e sono accaduti fenomeni personali non rassicuranti per i cittadini. In poco tempo, sono state costituite dai vari Governi diverse Agenzie per la Sicurezza Nucleare senza però i dovuti finanziamenti e di conseguenza sono state chiuse a tutti gli effetti. Nonostante la grande necessità italiana di avere un'Agenzia di questo tipo anche se fosse solo e soltanto per la gestione dei rifiuti radioattivi biologici e biomedicali, dopo le famose dimissioni del suddetto prof. Veronesi sembra che sia stato affidato il compito, almeno temporaneamente, all'ISPRA, supportata dalla Sogin ed altre Organizzazioni specifiche.

Fronte d'onda tecnologico

Oltre ogni problema sostanziale di accettabilità del rischio, permane quindi il problema dei tipi di reattori che saranno resi operativi. L'attuale fronte d'onda della tecnologia della sicurezza di reattori nucleari avanzati presenta aspetti di ricerca scientifica molto avanzata che non si limita alle tecnologie del secolo scorso. La filiera delle centrali nucleari di massa o media energia (circa 50 MW) ne è l'esempio più eclatante per il miglioramento anche degli aspetti di sicurezza intrinseca.

Frattanto, come accennato, si è imposta la filiera di NPP basata sulla nuova filosofia e il nuovo concetto di sicurezza: la cosiddetta sicurezza passiva, che ha già superato, magnificamente, le maglie e la falce del tempo di prova e delle esperienze operative concrete.

Sembrerebbe, per ora, che gli accordi politici ed economici abbiano eseguito la scelta manageriale, ma ciò non esclude che si possano realizzare i due tipi più avanzati di reattori nucleari moderni. Tutti dovrebbero convincersi che l'atteggiamento migliore è quello di parlare pure del nucleare e non solo delle fonti rinnovabili intermittenti (solare, eolico, ecc.) e del risparmio che ne consegue in modo da non fare apparire di avere solo un approccio aprioristico e ideologico.

Va da sé che la trattazione della sicurezza nucleare implica una natura di eventi e fenomeni umani (safety/security includendo la salvaguardia) che rispecchiano un approccio scientifico e tecnologico e non un approccio politico, psicologico e sociologico e meno che mai religioso e fideistico. L'eccezione prevista, ma non del tutto inclusa per ragioni di spazio/tempo, è la "security", ossia l'ineluttabile considerazione, in fase progettuale, della protezione ossia della possibilità di aggirare e ovviare a intrusioni, sabotaggi, terrorismi vari e via di seguito, al fine di tenere in debito conto gli effetti dell'attentato dell'11 Settembre 2001.

Si assumono come validi, quindi, i concetti fondamentali che regolano i fattori umani e l'approccio di ingegneria umana secondo i quali gli scienziati, i progettisti (fisici, ingegneri, chimici, ecc.), che hanno progettato e progettano sistemi di impianti nucleari a scopo di produzione di energia elettrica, siano persone normali dotate di equilibrio e serenità psichica. Lo scopo descritto è quindi ben chiaro, definito e delimitato, anche se una certa classe di intellettuali potrebbe considerare riduttivo il modo in cui il tema proposto è stato trattato. D'altronde viviamo tutti nella "Risk Society".

LE TRE EEE nella SICUREZZA NUCLEARE

Per ragioni di spazio non si possono trattare a fondo le relazioni fra sicurezza nucleare e le ormai famose tre crisi: la crisi energetica, la crisi ecologica e quella economica (TRE EEE Crisi). Questi argomenti sono stati trattati nella (mia) serie di articoli dedicate al "Pensiero Ecologico" che hanno incluso alcuni punti di vista discutibili e non sempre condivisibili quali:

- Punto di vista del Premio Nobel Carlo Rubbia, Senatore a vita della Repubblica Italiana sulle NPP, le relative implicazioni militari e soprattutto la sua (no condivisibile) frase secondo cui la "**energia migliore è quella che costa di meno**" (La lince e l'Accademia dei Lincei). La proposta principale del San Carlo Rubbia è incentrata in alcuni metodi di de-carbonizzazione ($\text{CH}_4 = 2\text{H}_2 + \text{C}$) per la riduzione della produzione di anidride carbonica emessa da metano impiegando come

strumento i “clastrati”. [Esistono altre proposte di soluzione con brevetti internazionali avanzati e in avanzato stato di verifica]. Ovviamente, la proposta energetica di Rubbia si basa essenzialmente e in modo prioritario sulle energie alternative (idraulica, solare, eolico, geotermico, biomasse e così via) supportate da energie fossili de-carbonizzate. L'energia nucleare è “outside” dal suo scenario e dalle sue prospettive. l'impiego di processi chimici rimane la priorità produttiva assoluta in campo energetico indipendentemente dalle caratteristiche delle rinnovabili (solari, eolici e altre fonti) di essere fonti energetiche con implementazioni del tutto casuali ed aleatori, intermittenti e inaffidabili.

- Considerazioni di alcuni elementi dell'ENEA sull'efficienza energetica ed il concetto (oscar.amerighi@enea.it); tra l'altro la proposizione dell'ENEA della necessità di riduzione dei problemi energetici principali ai soli problemi di sicurezza di approvvigionamento è molto limitativa e limitante poiché, tra l'altro, manca di un approccio sistemi globale che, invece, è proprio di un sistema complesso quale è la tematica dell'energia e la sua struttura.
- Pareri di consulenti (Dr. Kent Moors ecc.), fortemente a favore dello sviluppo estensivo di centrali nucleare avanzate in base a molte argomentazioni economiche e tecnologiche, con una serie di serie di comunicazioni in “You Tube”. In sintesi:
 - La crisi energetica è grave e generalizzata: la Terra è sull'orlo del precipizio (Brink) energetico (KM: Il pendolo sta cominciando a oscillare e il rialzo sarà enorme).
 - L'importanza dell'energia elettrica: nel panorama moderno, l'approvvigionamento di energia elettrica è diventato cruciale e assume la priorità assoluta per la civiltà moderna.
 - Crisi energetica, orlo del precipizio e il nucleare: questa visione moderna dell'approccio energetico va inquadrata nell'ambito delle nuove decisioni prese, recentemente a livello europeo, dalla Commissione Europea e la Direzione per l'energia. Il Dr Moors elabora una approfondita disanima della situazione mondiale delle NPP operative e funzionali rispetto alla enorme quantità di centrali nucleari (NPP) ordinate ed in costruzione che superano di molto le cento unità. Molto interessante è la analisi della situazione e delle decisioni del Govenro Giapponese dopo l'effetto Fukushima del 2011.
- Enciclica del Papa Francesco: «Laudato sì. Lettera Enciclica sulla cura della casa comune» [la conversione ecologica].

L'Enciclica “Laudato sì”

Solo recentemente è stata pubblicata la *Enciclica di Papa Francesco "Laudato si"* sulla cura della casa comune. Si predica la conversione all'ecologia. Ovviamente in questa sede si dovrebbe considerare e inquadrare il "dire" dell'Enciclica stessa solo e soltanto nell'ambito del problema della sicurezza nucleare. L'Enciclica ha carattere planetario in termini della grade "casa comune" ossia Sorella Terra (o Madre Terra) così come anche il problema e la sua risoluzione della sicurezza nucleare ha carattere planetario. La base di paura della tecnologia impone all'Enciclica la richiesta e il suggerimento della riduzione della corsa tecnologica e quindi si invita alla "decrescita felice" tralasciando la necessità di migliorare le possibilità di migliore vivibilità per oltre 3 miliardi di persone che non usufruiscono a pieno della elettricità. L'Enciclica è esaustiva ed ampissima propugnando in modo prioritario, giustamente, l'applicazione della sfera religiosa ed etica. Pur avendo incluso tutti gli aspetti che qualcuno chiama malevoli della "**natura umana**" dimostra di volere sottovalutare e non tenere in debito conto e molto bene tutti gli aspetti della moderna società del libero scambio e della globalizzazione. In particolare, sembra dimenticare la sempre attuale validità del detto latino "homo hominis lupus".

CONCLUSIONI

Dal punto di vista scientifico e tecnologico la sicurezza delle centrali nucleari è stata ed è uno dei campi più studiati e ben risolti e sempre in via di sviluppo e di miglioramenti di ogni tipo e grado. In questo lavoro si è cercato di presentare le relazioni fra la sicurezza nucleare intrinseca con tutti gli altri aspetti economici, ecologici, e anche, entro certi limiti, religiosi ed etici.

Si devono ricercare nuove e moderne tecnologie – soprattutto nucleari – che garantiscano la sicurezza in senso lato poiché il mondo delle forniture energetiche basate sulla chimica è sull'orlo del fallimento e della fine totale. Purtroppo, molte grandi forze e multinazionali internazionali non credono in questa verità ma propugnano la continuazione del potere dei carburanti fossili agendo, con forza, sulle leve dell'alta finanza per condizionare la vita della popolazione mondiale. L'attuale popolazione di circa 7 miliardi ha un enorme bisogno di energia elettrica e anche di quella prodotta dalle centrali nucleari moderne di terza generazione avanzata e di quarta generazione pronte a venire. I futuri e/o futuribili sviluppi degli impianti a bassa energia nucleare sono lontani a venire ma diventeranno certamente la maggiore forma di energia alternativa al fossile lasciando sopravvivere in pace l'antica fonte idraulica (di cui non è alternativa né sostitutiva) e le moderne fonti solari, eoliche e geotermiche. Purtroppo solo alcuni verdi catastrofisti in malafede possono pensare di risolvere i problemi energetici dell'umanità solo con l'energia solare, quella eolica e geotermica. Si tratta di fonti di energia locale, aleatoria, imprevedibile e quindi di bassa affidabilità e bassa mantenibilità. Inoltre, la presunta richiesta di ottimizzazione della efficienza energetica, come panacea di tutti i mali, fa sorridere e considerare i propugnatori dei beffardi millantatori che predicano una immensa bufala.

L'approccio alla sicurezza nucleare in senso lato impone l'allargamento dell'analisi a quei fattori su trattati che apparentemente non appartengono alla sicurezza nucleare.

Roma, 17 Agosto 2015

Giuseppe G.M. Quartieri

]

RIFERIMENTI

- [1] Japan Reports on Conditions at TEPCO's Fukushima Daiichi Nuclear Power Station.
- [2] Giuseppe Quartieri: *Introduzione alla Sicurezza dei Sistemi Nucleari*, IBN 2010.Am
- [3] American Nuclear Society: Volumi dedicati alla Sicurezza Nucleari.