SCIENZA E TECNICA

MENSILE DI INFORMAZIONE DELLA SOCIETÀ ITALIANA PER IL PROGRESSO DELLE SCIENZE

ANNO LXXII - NN. 462-463 feb.-mar. 2009 - Poste Italiane SpA - Sped. in A.P. - D.L. 353/2003 (conv. in L. 27/2/2004, n. 46) art. 1, comma 2, DCB Roma

# NUCLEARE: QUALI PROSPETTIVE

Recentemente Italia e Francia (o meglio Silvio Berlusconi e Nicolas Sarkozy) si sono pronunciati per un ritorno del Belpaese al nucleare. Ora, alla comunità, non resta che comprendere se si tratti di un accordo serio o di un "colpo a effetto" fondato su un timore, anzi tre: sicurezza energetica, mutamenti climatici e costi energetici. Tre problemi che da tempo preoccupano l'opinione pubblica, la classe imprenditoriale e la comunità scientifica, anche se in maniera "composita".

Per misurare la "serietà" dell'accordo bisognerebbe prevedere cosa accadrà a "regime", ovvero quale apporto la scelta nucleare darà alla soluzione dei tre problemi, sempre che lo possa dare a tutti e tre. Le prime riflessioni, partendo dalla situazione attuale e dai "piani" presentati, sembrerebbero far propendere per un contributo "ridotto". Difatti, da solo, il "nucleare" non sembra essere una soluzione sufficiente: su ciò che potrà accadere nel non troppo lontano 2030 molto influiscono le scelte che i vari Governi faranno -ed attueranno- in materia energetica.

Bisogna dire che l'atteggiamento dell'italico popolo nei confronti del nucleare è cambiato: sempre recenti indagini demodossologiche avrebbero evidenziato che circa il 50% di noi sia favorevole alla produzione in casa di energia "termonucleare". Ove "in casa" può essere letto come "nella propria provincia di residenza" nella convinzione (circa il 60%) che ciò consentirà un abbattimento della bolletta energetica familiare.

Queste statistiche fanno pensare che qualcuno possa politicamente cavalcare l'onda intercettando e sfruttando un "sentimento" diffuso di favore verso il ritorno all'energia elettronucleare. Si tratta, certamente, di un orientamento favorevole al "principio" ma che deve fare i conti con l'eventuale attuazione. Un "desiderata", appunto, alimentato da tre timori epocali: la preoccupazione per i cambiamenti climatici sicuramente influenzati dalle emissioni di gas-serra in continua crescita, la preoccupazione, nel timore di inverni sempre più rigidi, relativa alle forniture di gas di provenienza russa spesso "altalenanti" e, aggravata dalla crisi economica, una crescente "allergia" al costo della bolletta elettrica delle famiglie, sicuramente doppia di quella francese.

Ma l'energia nucleare può essere la soluzione al contempo del problema della sicurezza energetica, dei cambiamenti climatici e dei troppi esosi costi energetici? Per poter ipotizzare una risposta esauriente è fondamentale valutare l'apporto del nucleare rispetto ai "problemi" citati.

Il "nuovo" nucleare dovrebbe produrre, partendo dalle dichiarazioni del ministro Scajola secondo cui la prima energia elettronucleare dovrebbe fluire in rete per il 2020, già nel 2023 una potenza complessiva di 6.640 MW elettronucleari. Però, sempre secondo il ministro, a regime il nucleare fornirà ben il 25 per cento dei consumi nazionali di elettricità, con la promessa per cui la restante parte sarà costituito da rinnovabili (per un altro 25 per cento) e da gas per il restante 50 per cento. Ma, alcuni esperti hanno fatto i conti, quel 25 per cento di nucleare corrisponde a circa 12.500 MW installati, ovvero il doppio di quelli previsti originando la necessità di altri quattro reattori che, conti alla mano, non potranno entrare in funzione prima del 2030.

Tutto ciò sempreché l'iter legislativo si concluda rapidamente, attualmente è fermo preda degli emendamenti del governo, della maggioranza e dell'opposizione: sicuramente un ritorno del nucleare in Italia non può che essere ben ponderato, visto -come qualcuno ha fatto notare- cosa riusciamo a fare con la meno pericolosa "mondezza". Non volendo dimenticare la sindrome di *Nimby*, parzial-

**Riserve conosciute di gas naturale: percentuale sul totale**

| | Riserve conosciute |
|---|---|
| Russia | 27,5% |
| Iran | 15,9% |
| Qatar | 14,9% |
| Saudi Arabia | 4,0% |
| United Arab Emirates | 3,5% |
| United States | 3,1% |
| Nigeria | 3,0% |
| Algeria | 2,6% |
| Venezuela | 2,5% |
| Iraq | 1,8% |
| totale | 78,8% |

Fonte: *Oil & Gas Journal*, Vol. 103, No. 47 (December 19, 2005)

mente superata dai sondaggi di cui sopra che ha parole sembrerebbero non ostacolare come in altre occasione la costruzione di una centrale nucleare nei nostri "giardini".

Ma l'attuazione del piano nucleare potrà essere facilitata dal tipo di tecnologia che si vuole adottare: l'accordo prevede l'utilizzo di reattori Epr (*European Pressurized Reactor*). Una tecnologia francese del nucleare di terza generazione avanzata: con un piccolo inconveniente: ad oggi non esiste alcun "esemplare" in attività. C'è ne sono due in costruzione: uno a Olkiluoto (in Finlandia) e l'altro a Flamanville (in Francia, sarebbe stato assurdo diversamente).

Quindi una tecnologia da verificare in attività. Inoltre e purtroppo, il reattore in costruzione nella pur efficiente Finlandia è in "ritardo" di tre anni sui tempi previsti con costi lievitati, e per fortuna non siamo in Italia, di solo il 50 per cento.

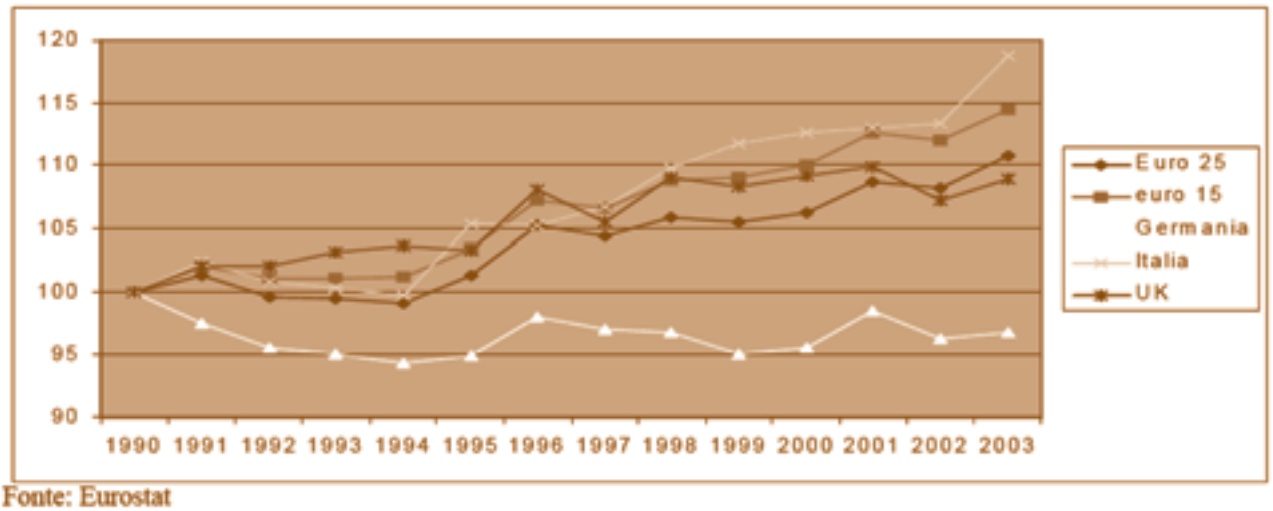
Rispetto alla generazione precedente gli Epr offrirebbero una maggiore sicurezza (rispetto al rischio di gravi incidenti) e quello di una maggiore economicità, potendo erogare 1660 MW. Di contro questa tecnologia, non solo, produce la stessa quantità di scorie di quella precedente (la quarta ne produce di meno) ma ne produce di più pericolose. Inoltre consuma una quantità enorme d'acqua tanto da condizionare l'individuazione dei siti idonei: per comprendere tra i vecchi siti italici solo quello di Montalto di Castro, lontano da insediamenti abitativi e vicino al mare, sembrerebbe rispondere alle esigenze imposte. Questo significa che per gli altri bisognerà trovare adeguate localizzazioni e sarà necessario intervenire anche sulla rete per trasportare l'elettricità lì prodotta.

Dal punto di vista francese la convenienza è chiara: i "franciosi" devono "alimentare" una loro importante industria nazionale con continue commesse. E ciò in un contesto per cui, secondo le previsioni al 2050 dell'Agenzia Internazionale dell'Energia, il nucleare non dovrebbe avere, a livello mondiale, un'espansione.

Meno chiara è la nostra convenienza, l'Enel dovrebbe partecipare alla costruzione di cinque nuovi reattori sul territorio francese ma i tempi non sarebbero definiti: tanto da far apparire l'affare aleatorio. Neppure la ricerca né la sperimentazione ne gioveranno: il futuro del nucleare sembrerebbe essere nei reattori di quarta generazione.

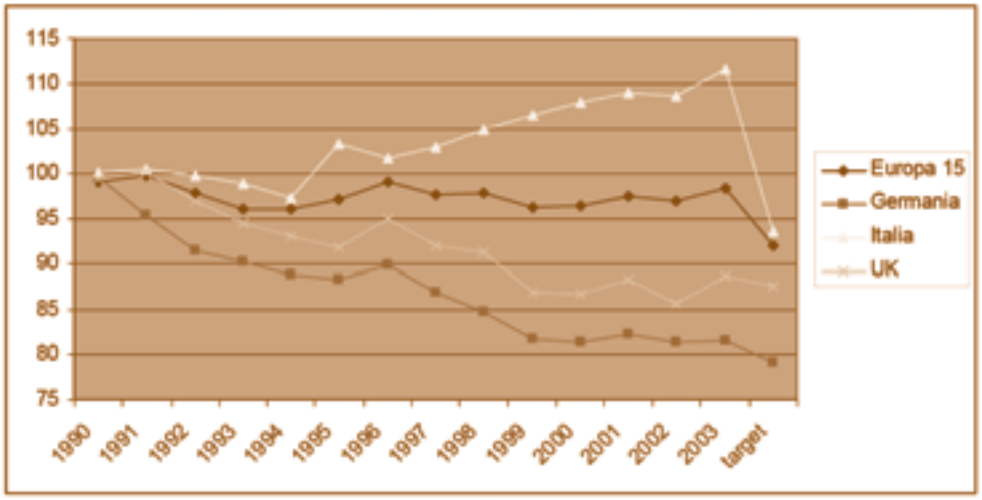
A tutto ciò aggiungiamo il problema dei finanziamenti: pur facendo finta che non esista la crisi –siamo ottimisti– il finanziamento privato è un punto di debolezza del nucleare poiché è difficile concedere credito quando è difficile prevedere il prezzo che l'elettricità avrà tra dieci anni. Molto dipende da cosa accadrà al costo dei combustibili fossili e su cosa verrà deciso per contrastare le emissioni di gas-serra e sul conseguente "prezzo" del carbonio emesso.

**Indice consumi energetici 1990 - 2003**




Fonte: Eurostat

Andamento emissioni; numeri indice 1990-2003




Fonte: Eurostat

A tutto ciò è collegata l'aspettativa di un dimezzamento della bolletta elettrica, che stando così le cose se non appare un miraggio quanto meno sarà un miracolo.

Ma forse saremo un po' più sicuri dal punto di vista dell'approvvigionamento, scongiurando i black-out dovuti ai continui litigi tra russi ed ucraini. L'opzione nucleare consentirebbe di ridurre la dipendenza energetica dall'estero. Ma il contributo del nucleare al problema dell'approvvigionamento è ancora da definire: molto dipende da quanto si farà per ridurre le emissioni di gas serra migliorando l'efficienza energetica e ricorrendo a fonti rinnovabili come altri Paesi europei già hanno iniziato a fare ed Obama ha detto che farà in USA.

Fermo restando che la richiesta di petrolio è "anelastica" sul fronte dei trasporti: salvo sviluppare seriamente carburanti e motori alternativi (dove l'alternativa non sia il metano o il gpl).

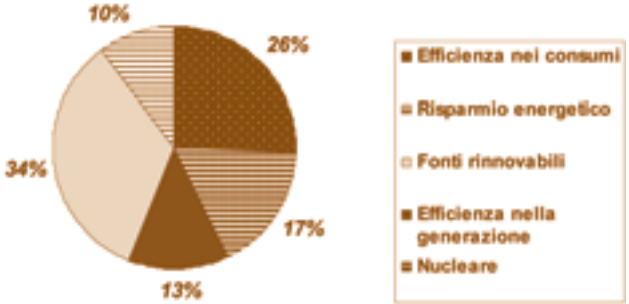
Per tali motivazioni non è condivisibile l'argomentazione per cui il nucleare consentirebbe di produrre in "casa" quella quota di fabbisogno elettrico che ad oggi compriamo. Quota rappresentata anche dal nucleare francese, svizzero e sloveno.

Al riguardo appare "bizzarra" la scelta per cui in un contesto di mercato unico europeo dell'elettricità, puntiamo su un politica autarchica dai costi elevati e dai risultati incerti. Noi che –ripetendomi nella citazione- riusciamo a fare un "casino" con la normale mondezza.

Infine c'è il timore/problema dei cambiamenti climatici. Premesso che sicuramente l'umana gente contribuisce con il suo continuo inquinamento ma quanto questo pesi ancora non è accertato, ed assodato che il nucleare non produce emissioni di gas-serra, resa assai ipotetico il suo contributo "a regime", anzi già oggi appare alquanto contenuto. Secondo le proiezioni al 2020 ed al 2040 dell'Enea nell'ipotesi di scenario di "*riduzione accelerata*" delle emissioni: il nucleare contribuirebbe per solo il 10 per cento, mentre le "*misure di risparmio energetico*" peserebbero per il 17 per cento, la "*efficienza energetica*" per il 25 per cento e le energie rinnovabili per un'altro 25 per cento.

Il 10 per cento ipotizzato nella migliore delle ipotesi vale i costi ed i rischi che dovremmo sopportare per i secoli futuri?

Anno 2040. Riduzione delle emissioni di CO2 - contributo per tipologia di fattori (fonte ENEA, REA 2007)




## SOMMARIO


| | | |
|---|---|---|
| Nucleare: quali prospettive | pag. | 1 |
| Quale e quanta energia: Problemi internazionali e Questione nazionale | » | 4 |
| La sicurezza delle centrali nucleari ed i rifiuti radioattivi | » | 20 |
| Quadro generale di un possibile sviluppo del settore nucleare nazionale | » | 24 |
| Carbomark, la "filiera corta" delle quote di carbonio | » | 27 |
| Fotovoltaico mondiale: 5,95 GW di potenza raggiunta | » | 27 |
| Piano impianto italiano per l'energia dalle alghe | » | 27 |
| Ue: nuove tecnologie per inquinare meno | » | 28 |

# QUALE E QUANTA ENERGIA: PROBLEMI INTERNAZIONALI E QUESTIONE NAZIONALE

## I - La situazione energetica mondiale

### *La domanda di energia*

Il soddisfacimento dei bisogni di energia è fonte di grande preoccupazione a livello mondiale, sia per la situazione economica e ambientale attuale, sia, e in misura maggiore, per la prospettiva che si apre nel medio lungo periodo.

L'andamento futuro della domanda delle fonti energetiche primarie è certamente correlato alla crescita prevista della popolazione mondiale ed alle previste modificazioni del consumo pro capite. Assumendo l'odierno indice medio di crescita pari all'1% l'anno, si passerebbe dai 6,4 miliardi di abitanti attuali della terra, ai 16,6 miliardi nel 2100. Tenendo però conto di una probabile riduzione di tale indice (tra il 1980 ed il 2004 esso è sceso dall' 1,7% all' 1,1%) il numero più attendibile di abitanti della terra al 2100 potrebbe attestarsi attorno ai 12 miliardi.

Il consumo pro capite di energia primaria **oggi** risulta attorno a **1,7 tonnellate equivalenti di petrolio/anno** (TEP/anno). La cifra riguarda il complesso dell'energia primaria utilizzata per la totalità delle attività umane: produzione elettrica, industria, agricoltura, servizi, trasporti, e tutti gli altri usi diversificati. Quello riportato è un valore medio mondiale, ma esso varia molto a secondo dello sviluppo delle varie aree del pianeta. **La media OCSE è 4,7** (negli USA circa 8, in Europa circa 3) mentre quella **dell'Asia e dell'Africa è vicina a 0,7**. Una stima, peraltro ottimistica, prevede che la domanda media mondiale pro capite a **fine secolo** sia pari a **2,2 TEP/anno**. A tale valore si giunge tenendo conto sia di un aumento dei consumi da parte delle popolazioni del terzo mondo (già oggi in crescita esponenziale), sia di una forte contrazione dei consumi nell'area industrializzata, a seguito di molto pronunciate politiche di risparmio energetico dichiarate dai paesi sviluppati (in base a questa ipotesi la domanda pro capite nell'OCSE scenderebbe circa di un fattore 2 e in particolare negli USA di un fattore 3-4).[1]

Incrociando l'aumento degli abitanti con il previsto aumento di consumo energetico pro capite si passa da un consumo attuale di **10,88** (1,7 x 6,4) a **26,4** (2,2 x 12) miliardi di TEP/anno.

Cioè, anche mettendo in conto una robusta, quanto dubbia, azione di risparmio da parte dei paesi industrializzati, i consumi dovrebbero più che raddoppiare a fine secolo. Nel più breve periodo, dal 2004 al 2030, le previsioni sono ancora più allarmanti. Secondo l'Agenzia Internazionale dell'Energia i consumi mondiali di energia sono previsti aumentare del 57% come media di valori ancora una volta molto diversificati: OCSE + 24%; non OCSE + 95%; USA +13%; Cina +235%.

### *La disponibilità di fonti fossili*

Pur accettando comunque le stime ottimistiche di fine secolo, appare più che giustificato l'allarme sulla capacità delle attuali fonti energetiche disponibili, rappresentate per circa l'80% dalle fonti fossili, di sostenere questo incremento della domanda di energia. Le previsioni indicano un sensibile declino della disponibilità di petrolio e gas entro questo secolo e del carbone in quello successivo. Molti esperti affermano che può essere ancora consistente il numero e le capacità di nuovi giacimenti di petrolio da sfruttare. Ma occorre realisticamente considerare che lo sviluppo delle tecnologie di produzione per attivare nuovi e più difficili giacimenti di petrolio e gas richiede investimenti che possono anche risultare non convenienti. L'esempio più classico è quello del petrolio per il quale la resa di un giacimento in termini di rapporto tra energia resa e energia necessaria per ottenerla è andata progressivamente diminuendo. Agli inizi dell'era petrolifera questo rapporto era ovviamente molto favorevole, con un valore di circa 100: l'energia impiegata per estrarre 100 barili di petrolio era pari ad 1 solo barile. Andando avanti con gli anni si è passati allo sfruttamento di giacimenti via via più isolati, piccoli e difficili da raggiungere, tutte circostan-

[1] Nel documento "NEW ENERGY FOR AMERICA", diffuso durante l'ª campagna elettorale da Barack Obama e Joe Biden, è affermato che *"America is only the 22nd most energy efficient country among the major economies in the world, which means we spend more on energy than we need to because our lifestyle and our built environment are wasting too much excess energy. Since 1973, the average amount of electricity each of us uses has tripled. We can do better. Obama administration will strive to make America the most energy efficient country in the world"*.

ze che contribuiscono a diminuire l'indice di convenienza. Quando questo indice diventasse pari ad 1 o minore di 1 non sarebbe più conveniente estrarlo perché l'operazione diventerebbe svantaggiosa energeticamente ed economicamente (salvo sussidi). È per questa ragione che molti studiosi hanno ipotizzato che l'umanità non consumerà la totalità del petrolio disponibile nel sottosuolo, ma una quantità considerevole resterà comunque intatta perché l'industria petrolifera non avrà l'interesse economico ed energetico ad estrarlo, almeno per quanto riguarda i suoi impieghi tradizionali come combustibile.

Il problema va valutato inoltre tenendo conto dei tempi di sviluppo di tecnologie di sfruttamento più efficienti nell'estrazione del petrolio dai nuovi giacimenti, in rapporto alla velocità di crescita della domanda di energia, che per paesi in forte sviluppo economico come Cina e India (ma non solo), rappresenta oramai un dato certo e impressionante.

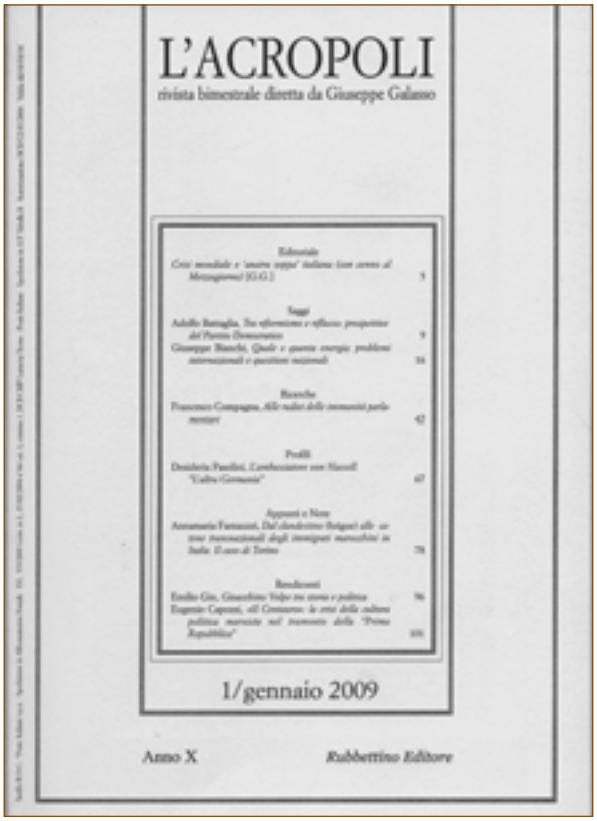
### *Il mercato delle fonti fossili*

Lo squilibrio tra offerta e domanda di fonti fossili si farà critico anche indipendentemente dalla reale disponibilità teorica delle fonti stesse. Gli effetti di tale squilibrio e cioè, tensioni sui prezzi di petrolio e gas e crisi dell'economia mondiale, non sono più materia di ipotesi ma di semplice constatazione della situazione in atto.

Se questa tendenza verso una crisi energetica mondiale in assenza di alternative alle fonti fossili appare generalmente da tutti accettata, da parte di alcune autorevoli istituzioni si tende ad attribuire la causa della grande attuale volatilità dei prezzi mondiali del petrolio, e conseguentemente del gas, a fattori speculativi legati al mercato dei contratti *futures*[2] più che ad una reale insufficienza dell'offerta rispetto alla domanda.

In realtà il prezzo del petrolio è sapientemente regolato dall'Opec: se c'è un calo della domanda (ad es. per recessione) o minaccia di riduzione della domanda (ad es. per vasti programmi mondiali di sostituzione del petrolio con energie alternative) il prezzo del petrolio viene fatto scendere, o almeno si tenta, anche se non tutti i paesi Opec rispettano i tagli di produzione programmati.

Non si può certo escludere che la speculazione abbia un ruolo, anche importante nelle attuali difficoltà del mercato; ma la soluzione prospettata, e cioè la creazione di un cartello della domanda che dialoghi e negozi con il cartello dell'offerta una stabilizzazione del prezzo dei combustibili fossili, presupporrebbe la soluzione di un altro e ben maggiore problema: una più completa ed ampia concertazione mondiale dell'economia. E si intuisce subito quanto tutto ciò sia oggi politicamente arduo.




***Copertina del numero di gennaio del bimestrale "L'Acropoli", in cui l'Autore ha pubblicato in anteprima il presente articolo.***

In ogni caso deriva dall'analisi della situazione la necessità, non eludibile, per i paesi sviluppati, di ridurre i consumi di fonti fossili e, se non si vuole deprimere lo sviluppo economico, di sostituirle con altre fonti (rinnovabili e nucleare).

### *La sicurezza di approvvigionamento*

Esiste un secondo e non meno impegnativo motivo per ridurre i consumi di combustibili fossili: la distribuzione geografica delle fonti e l'uso politico che può essere fatto della loro disponibilità da

[2] Un articolo del premio Nobel Paul Krugman apparso su Repubblica del 7 luglio riporta l'opinione di Michael Masters, *hedge fund manager,* molto critica nei confronti di coloro che hanno attribuito ai *colpevoli speculatori* l'instabilità dei prezzi del petrolio: *"regolamentare più severamente il mercato dei futures non è affatto una cattiva idea, ma non servirà a riportarci ai bei tempi del petrolio a basso prezzo"*. Non ci sarebbe da sorprendersi afferma Masters se il prezzo del petrolio dovesse scendere nel breve periodo per un minor uso delle automobili (come di fatto è avvenuto in quest'ultimo periodo), ma il trend a lungo termine è sicuramente al rialzo. L'indirizzo espresso da nuovo Presidente degli USA di ridurre in modo molto consistente le emissioni di $CO_2$, facendo ricorso ad una produzione massiccia di etanolo ed alle altre fonti energetiche rinnovabili, potrebbe peraltro avere l'effetto di congelare l'attuale prezzo del greggio, soprattutto se la recessione mondiale dovesse raffreddare la domanda di energia anche in Cina e India.

parte dei paesi detentori nei confronti dei paesi che ne sono dipendenti. Si tratta di un problema, storicamente discusso come causa acuta di rischio per il nostro paese, e segnalato come tale nell'ultimo Piano Energetico Nazionale, che, lungi dall'attenuarsi, si è notevolmente accresciuto.

Non è solo l'Italia a confrontarsi in maniera drammatica con questo problema. Anche se da alcuni non lo si ammette, i rapporti conflittuali tra Occidente e Paesi arabi del Medio Oriente hanno la loro radice profonda nel controllo della fonte petrolio particolarmente disponibile in questa area geografica. Altrettanto drammatica è la situazione dell'Europa nei confronti della disponibilità di gas naturale proveniente dai giacimenti della Russia. In questo caso il problema è aggravato non solo dal potere di condizionamento politico da parte del paese che controlla i giacimenti, ma anche da quello dei paesi che possono interferire nella rete di trasporto del gas. Negli anni scorsi si è avuta una prova concreta della attualità di tale rischio ed è reale la preoccupazione per potenziali difficoltà di rifornimento di gas russo all'Europa connesse alla crisi politico militare della Georgia.

Dal punto di vista della sicurezza degli approvvigionamenti delle fonti fossili la situazione appare diversa per le tre fonti: petrolio, gas naturale, carbone.

Per il petrolio la soluzione politicamente adottata, o quanto meno auspicata, dai paesi dell'OCSE è stata la creazione e il mantenimento di scorte nazionali strategiche per disporre dei margini di tempo necessari per il componimento di eventuali crisi nei rapporti con i paesi fornitori. Si tratta evidentemente di soluzioni di ripiego che non possono garantire risultati negoziali comunque positivi, anzi…

Per il gas naturale al problema della disponibilità, comunque attenuato per il petrolio dalla multilateralità di rapporto tra compratore e venditore, si aggiunge, come già detto, la ulteriore criticità del legame bilaterale tra produttore e consumatore rappresentato dall'unicità della rete di trasporto. La soluzione per ridurre quest'ultimo problema è il trasporto del gas liquefatto con navi metaniere e la creazione di depositi costieri rappresentati dai gassificatori, che peraltro può attenuare ma non risolvere le difficoltà potenziali (esiste inoltre un costo aggiuntivo per questa tecnologia come anche per lo stoccaggio a titolo di riserva del gas importato in giacimenti nazionali).

Per il carbone la situazione si presenta con caratteristiche più positive. La sua disponibilità in termini di risorse planetarie è molto più consistente rispetto a petrolio e gas. Inoltre i giacimenti sono distribuiti in modo più uniforme e non c'è in genere coincidenza di dipendenza geografica e quindi politica rispetto alle altre due fonti fossili. Come conseguenza di queste condizioni il prezzo del carbone è più contenuto e più stabile, anche se recentemente ha risentito delle fluttuazioni del prezzo del petrolio. Esistono peraltro condizioni ambientali e minori possibilità di utilizzo (allo stato attuale, ridotto alla alimentazione di centrali elettriche) che rendono tale fonte meno appetibile. Tuttavia le tecnologie più moderne – di cui si parla lungamente più avanti – possono oggi consentire di "catturare e sequestrare" la $CO_2$ prodotta dalle centrali a carbone e offrire quindi nuove prospettive.

La panoramica sulla disponibilità delle fonti fossili e sulla sicurezza del loro approvvigionamento, anche indipendentemente dai prezzi, rende chiaro il rischio di mantenere inalterato il tasso attuale del loro utilizzo per il soddisfacimento della domanda globale di energia.

### *Gli idrati di metano*

Non si può mancare di fare un cenno nel quadro descritto, ad una prospettiva che sul lungo periodo potrebbe potenzialmente attenuare le preoccupazioni, almeno sulla consistenza fisica delle risorse di metano. Stiamo parlando degli **idrati di gas naturale:** composti solidi formati da acqua e gas (prevalentemente metano), simili all'apparenza a ghiaccio secco. Si stima che negli oceani vi siano circa **60.000 milioni di miliardi di metri cubi di idrati di gas**, da cui, potenzialmente si potrebbe ottenere metano pari ad oltre 100 volte le riserve stimate di metano.

Gli idrati di gas naturale (o **gas idrati**) sono diffusi in vaste aree del pianeta. Prevalentemente si formano in condizioni di bassa temperatura ed elevata pressione tipiche dei fondali oceanici; ma sono presenti anche in aree continentali polari e sub-polari. Sono il risultato della decomposizione di materiale organico ad opera dei microrganismi presenti nei sedimenti, processo che determina la formazione di metano. In condizioni di temperature particolarmente basse e di pressioni elevate - parametri che si verificano appunto nei fondali marini o nelle zone ricoperte da suolo ghiacciato - le molecole di metano restano intrappolate nel ghiaccio originando i gas idrati.

I principali giacimenti di gas idrati si trovano lungo i margini di praticamente tutte le piattaforme oceaniche, a profondità compresa tra 500 e 4000 metri, con spessori anche di centinaia di metri. L'e-

ventuale sfruttamento commerciale di questo tesoro nascosto in fondo al mare è tutt'altro che semplice. I problemi sono dovuti non solo all'ambiente marino e alla profondità dei depositi, ma soprattutto alla difficoltà di gestire il metano presente per portarlo in superficie. I gas idrati, infatti, sono di natura metastabile: se si modificano le condizioni ambientali di temperatura e pressione passano con rapidità dallo stato solido a quello gassoso, dissociandosi violentemente nei due componenti acqua e metano.

Il problema è attualmente oggetto di ricerche in numerosi paesi, con particolare attenzione in Giappone, Canada, USA e Norvegia. Anche l'Italia sta compiendo ricerche, grazie soprattutto all'attività dell'Istituto Nazionale di Oceanografia e di Geofisica sperimentale (OGS) che da circa dieci anni si occupa dello sviluppo di metodi geofisici finalizzati ad individuare e quantificare la presenza di gas idrati. Le ricerche vengono effettuate in numerose aree oceaniche, compreso l'Antartide, ove proprio i ricercatori dell'OGS hanno recentemente scoperto il primo campo di gas idrati del continente.

Per quanto concerne la concreta possibilità di recuperare questo metano e poterlo considerare una riserva energetica per il futuro, si stanno per ora muovendo i primi passi e non vi sono ancora soluzioni ipotizzabili nel breve termine, anche se le problematiche tecnologiche da risolvere non appaiono proibitive.

A parte il grande potenziale di energia disponibile, il maggior incentivo per la ricerca dei eventuali giacimenti sfruttabili di gas idrati è rappresentato dalla già richiamata loro diffusa collocazione geografica, che li rende particolarmente appetibili in un momento in cui, nel mercato internazionale dell'energia è crescente la variabile geopolitica.

### *La minaccia di cambiamento del clima*

Pur tenendo conto di questa prospettiva che attenua le preoccupazioni sulla disponibilità di risorse energetiche fossili, il motivo forse più incombente che impone il contenimento del ricorso ad esse, è rappresentato dalle emissioni della $CO_2$ nell'atmosfera determinate dal loro utilizzo. Com'è noto, tali emissioni sono responsabili dell'effetto serra (indiscusso) e dei cambiamenti climatici (da alcuni non considerati inesorabili) che peraltro sono già in atto. Si tratta di un problema forse ancora non avvertito nella sua reale portata, ma la cui gravità è forse anche più elevata della crisi economica mondiale legata alla progressiva indisponibilità delle fonti fossili.

La risorsa dei gas idrati, cui si è fatto cenno, non rappresenta solo aspetti positivi ma anche una minaccia seria dal punto di vista ambientale e climatico. Essendo infatti i gas idrati molto sensibili a variazioni di temperatura e pressione, eventi quali il sensibile innalzamento della temperatura dell'acqua marina - dovuta a qualsivoglia ragione - potrebbe innescare la loro parziale dissociazione, con rilascio di grandi quantità di metano nel mare prima, e in atmosfera, poi. Le conseguenze potrebbero essere rilevanti, visto che il potenziale di effetto serra del metano è da circa venti a trenta volte superiore rispetto a quello dell'anidride carbonica. Inoltre il passaggio dalla fase solida a quella gassosa del metano giacente all'interno dei sedimenti, può diminuire la resistenza meccanica dei sedimenti stessi, generando potenziali instabilità dei versanti sottomarini.

Limitando comunque la riflessione agli effetti delle emissioni di $CO_2$ nell'atmosfera è opportuno segnalare che, quando si parla del legame tra consumi di energia e questo tipo di emissioni, generalmente si pensa alle centrali termoelettriche e all'utilizzo dei combustibili nei mezzi di trasporto. In realtà l'energia è una componente più o meno totalizzante di tutti i beni e servizi utilizzati dall'uomo per la sua vita normale. Ad esempio in una pagnotta di pane è incorporata l'energia necessaria per: preparare il terreno di coltura e quindi effettuare la semina; procedere al raccolto del grano; produrre la farina e provvedere all'impasto; cuocere nel forno il pane; trasportarlo fino al posto del suo consumo finale. Se questa energia è ricavata prevalentemente da fonti fossili (com'è la situazione attuale), il consumo di una pagnotta di pane comporta una quota di emissioni di $CO_2$ nell'atmosfera. La stessa considerazione può essere fatta per l'acquisto di un abito nuovo, e si consideri "rifiuto" l'abito vecchio, che a sua volte per essere smaltito richiede consumi aggiuntivi di energia.

Da questo punto di vista più è alto il tenore di vita di un paese, maggiore è il suo contributo alle emissioni. Se permane l'attuale tasso di dipendenza dalle fonti fossili, ogni tipo di sviluppo associato all'aumento dei consumi di beni e servizi è intrinsecamente legato alla minaccia dell'effetto serra e ai cambiamenti climatici.

La concentrazione di anidride carbonica in atmosfera è passata dalle 280 parti per milione (in volume) del 1960 -valore attorno al quale si era mantenuta dall'inizio dell'era moderna- fino alle attuali 380. Nell'ultimo decennio la crescita si è attestata attorno a 2 ppm all'anno. La combustione di tutte le riserve fossili ed il loro rilascio all'atmosfera, secondo i modelli più accreditati, porterebbe a concentrazioni di anidride carbonica vicine alle 900 parti per

milione, con un incremento globale della temperatura del pianeta da 3 a 5 °C. Le conseguenze di una simile ipotesi sono considerate dalla maggioranza degli esperti a livello mondiale devastanti[3]: scioglimento dei ghiacciai, innalzamento del livello del mare, desertificazione di aree molto vaste e, più in generale, sconvolgimento radicale dell'attuale equilibrio della vita sul pianeta. Il cambiamento non avverrebbe inoltre in modo graduale, ma con forti instabilità (a causa dell'elevato contenuto di energia nell'atmosfera i vari fenomeni, vento,pioggia, temporali ecc., tendono ad avere caratteri di estrema violenza).

Anche se una minoranza di esperti e scienziati negano l'attuale stato di crisi ambientale o lo attribuiscono a cause diverse dalle attività antropiche, rimane il dato di fatto che il gruppo insediato dall'ONU, l'IPCC (***I**ntergovernamental **P**anel on **C**limate **C**hange)* da oltre un ventennio continua a fornire dati e previsioni allarmanti sul cambiamento climatico in atto e sul necessario contenimento della emissioni di $CO_2$.

Allo stato attuale, per contrastare la prevista evoluzione catastrofica del fenomeno, l'obiettivo minimo, considerato ancora accettabile, è di contenere l'aumento della temperatura del pianeta in non più di + 2 °C al 2050: cioè non superare e mantenere un contenuto della $CO_2$ nell'atmosfera non superiore a 450 ppm, rispetto al valore attuale pari come detto a circa 380 ppm. Il conseguimento di questo obiettivo appare estremamente problematico se si tiene presente che, come già detto, i combustibili fossili continueranno, nei prossimi decenni, ad essere la fonte prevalente nei consumi mondiali di energia.

Anche dal punto di vista ambientale quindi, oltre che dalla sicurezza ed economicità degli approvvigionamenti di energia, ridurre il ricorso alle fonti energetiche fossili rappresenta un imperativo difficilmente discutibile.

### *Rapporto tra energia utilizzata ed energia spesa*

Le risposte alle problematiche sopra elencate sono per loro natura difficili e costose, ma soprattutto poco capaci di garantire un efficace esito globale senza un forte salto qualitativo tecnologico, e soprattutto senza l'adozione di una nuova politica energetica generalizzata e condivisa a livello mondiale.

Prima di esaminare in dettaglio il contributo che è comunque possibile attendersi dalle soluzioni possibili, è opportuna un'analisi su un tema erroneamente ritenuto di interesse specialistico, ma che al contrario meriterebbe, sia una conoscenza approfondita da parte della classe politica di ogni parte del mondo, sia più in generale una maggiore consapevolezza da parte di tutti coloro che, a pieno titolo o meno, influenzano il formarsi di un'opinione pubblica in materia. Si tratta della valutazione dei costi energetici e ambientali, e non solo economici, connessi con la produzione stessa dell'energia.

Al riguardo è preliminarmente necessaria una riflessione, apparentemente ovvia, sul fatto che la disponibilità e l'utilizzo di qualunque fonte energetica, da quella fossile a quella solare o nucleare, comporta a sua volta un consumo di energia. Occorre quindi ***tenere adeguato conto di quanto è necessario investire in energia per avere la disponibilità di consumare energia.***

Ad esempio per avere la disponibilità di energia elettrica per gli usi finali occorre calcolare e valutare l'energia che viene spesa per realizzare il sistema di generazione (cioè la centrale elettrica); ad essa si deve aggiungere l'energia necessaria per garantire il funzionamento della centrale in tutto il suo ciclo di vita, fino al suo smantellamento; e quella connessa, nel caso di una centrale termoelettrica, alla predisposizione del combustibile affinché questo arrivi nella forma voluta alla bocca dell'impianto (le prospezioni dei giacimenti, la realizzazione degli impianti di estrazione, la raffinazione, il trasporto e la distribuzione, nonché del rendimento di conversione nella generazione). Anche nel caso di una centrale eolica o idroelettrica, o di qualsiasi altro tipo, occorre conteggiare l'investimento energetico necessario, per l'impianto in tutte le fasi di realizzazione: dall'estrazione dei minerali alla loro trasformazione in materie prime, alla realizzazione dei manufatti, alla manutenzione durante le operazioni di produzione, allo smantellamento ed allo smaltimento dei rifiuti.

Fare un bilancio tra l'investimento in energia necessario per costruire e gestire un impianto di produzione di energia e l'energia da questo prodotta durante la sua vita utile non è agevole, perché l'investimento è prevalentemente concentrato in un periodo limitato, mentre la produzione è spalmata su tutta la vita dell'impianto. Per confrontare quindi i diversi modi di produrre l'energia si deve necessariamente considerare la durata attiva degli impianti. Ad esempio le attuali stime riportano che un impianto solare può produrre per circa 2.000-2.500 ore/anno per 20 anni, per un impianto idroelettrico si può ipotizzare una produzione superiore alle 4.000

[3] Dall'ultima glaciazione (15.000 –50.000 anni fa) l'aumento della temperatura della terra sarebbe stata di +5 °C. Ciò da un'idea della catastroficità degli eventi associati a tale variazione di temperatura.

ore/anno per 50 anni ed oltre, mentre per una centrale a ciclo combinato a gas si può arrivare anche a 7.000 ore/anno di funzionamento.

Nella letteratura tecnica è riportato un indice denominato **EROEI** (**E**nergy **R**eturn **O**n **E**nergy **I**nvestment, cioè il rapporto tra energia utilizzata ed energia spesa). Più alto è tale indice, maggiore è la resa energetica dell'investimento iniziale in energia per la realizzazione dell'impianto e successivamente per la sua gestione in itinere. Esso consente quindi di paragonare tecnologie impiantistiche diverse sia pure in forma approssimata: per una stessa tecnologia si possono avere valori molto differenti tra loro, a seconda di come e da chi è condotta l'analisi.

La via più usuale per valutare l'investimento in energia è la **LCA** (**L**ife **C**ycle **A**nalysis) e consiste nel calcolare l'energia spesa per l'intero ciclo di vita dell'impianto per la generazione dell'energia. Questo metodo richiede la suddivisione del processo complessivo nelle sue fasi elementari e la valutazione dell'energia utilizzata in tali singole fasi. Si tratta di una metodologia alquanto complicata e per impianti complessi non sempre porta a risultati realistici. Inoltre il contenuto di energia calcolato è solo quello diretto e spesso trascura la parte indirettamente ma comunque legata al processo (ad esempio la componente "lavoro" nella realizzazione di un impianto è in genere considerata solo per il suo costo e non per l'energia connessa con la vita dei lavoratori). Spesso inoltre questa metodologia trascura l'investimento legato al ciclo del combustibile.

Una metodologia proposta recentemente da uno studio del CNR (Piergiulio Avanzini) propone per il calcolo di tale indice il concetto di *panergy* (investimento complessivo in energia di qualsiasi tipo), calcolato come il rapporto tra il prezzo di mercato di un prodotto o servizio e il prezzo dell'energia per l'utilizzatore finale[4] in un definito contesto economico, tenendo conto cioè in tale contesto, sia dei prezzi dei beni e servizi, sia dei costi dell'energia.

È interessante il confronto degli indici ***LCA e PANERGY*** per le varie energie alternative rispetto a quelle di origine fossile:

È interessante notare che i valori riportati secondo la metodologia LCA sono molto più elevati rispetto al modello più raffinato della *Panergy* essenzialmente per la presa in conto, in quest'ultimo, dell'investimento in energia nel ciclo del combustibile.

**Modello LCA** (Contesto: Italia 2006)

| | min | max | medio |
|---|---|---|---|
| *idraulico* | 50 | 205 | 127 |
| *eolico* | 6 | 80 | 43 |
| *nucleare(PWR)* | 14 | 24 | 19 |
| *biomasse* | 2 | 27 | 14 |
| *Fotovoltaico (Silicioristallino)* | 3 | 12 | 7,5 |
| *carbone* | 7 | 29 | 18 |
| *gas (cicli combinati)* | 5 | 26 | 15 |
| *petrolio (cicli vapore)* | 5 | 15 | 10 |

**Modello Panergy** (Contesto: Italia 2006)

| | |
|---|---|
| *idraulico* | *21,9* |
| *eolico* | 19,7 |
| *nucleare(PWR)* | 15,4 |
| *biomasse* | 4,1 |
| *Fotovoltaico (Silicioristallino)* | 1,3 |
| *carbone* | 5,3 |
| *gas (cicli combinati)* | 2,3 |
| *petrolio (cicli vapore)* | 1,9 |

La resa energetica degli impianti fotovoltaici è comunque la più bassa tra le fonti rinnovabili, anche se secondo l'EPIA (**E**uropean **P**hotovoltaic **I**ndustry **A**ssociaton), che ovviamente prende in considerazione i dati più ottimistici per questa tecnologia, i pannelli fotovoltaici restituirebbero l'e-

| **Fonte** | **SEI** |
|---|---|
| *nucleare* | 0,011 |
| *idraulico* | 0,013 |
| *eolico* | 0,014 |
| *solare termodinamico* | 0,044 |
| *fotovoltaico* | 0,209 |
| *gas (cicli combinati)* | 0,296 |
| *petrolio (cicli vapore)* | 0,654 |
| *carbone* | 0,739 |
| *biomasse (combustione)* | 0,952 |

| | **Francia** | **Italia** | **Polonia** |
|---|---|---|---|
| Euro/Kwh elettrico | 0,12 | 0,17 | 0,10 |
| ton $CO_2$/tep | 1,44 | 2,50 | 3,13 |

[4] In una sua memoria presentata al II Congresso Nazionale AIGE svoltosi a Pisa 4-5 settembre 2008, Avanzini parte dalla considerazione che il costo di un prodotto, manufatto o servizio è articolato nelle tre componenti: *materiali; lavoro; energia.* A loro vota ciascuna di queste tre componenti è ancora composta da *materiali; lavoro; energia* e portando al limite questo concetto egli sostiene che si può ragionevolmente affermare che il costo di un prodotto, manufatto o servizio è rappresentato sostanzialmente dal costo dell'energia diretta o indiretta in esso contenuta. Il rapporto pertanto tra il prezzo del prodotto e il costo dell'energia in un determinato contesto economico fornisce il contenuto totale di energia del prodotto.

nergia usata per produrli in meno di tre-quattro anni! La posizione del fotovoltaico deriva dal fatto che gli elevati costi di produzione con l'attuale tecnologia del silicio mono o policristallino implicano un notevole investimento in energia per la realizzazione degli impianti. Inoltre la discontinuità di produzione e la vita relativamente limitata comportano un ritorno in energia prodotta, molto minore, a parità di energia investita. Valori molto più elevati di EROEI (>20) si prevedono però con i pannelli di nuova generazione (film sottili, CIGS, materiali organici ecc.).

Altrettanto interessante è il valore relativamente elevato per il nucleare, dovuto ai bassi consumi di combustibile per energia prodotta ed alla vita lunga delle centrali, a fronte di un pur forte investimento energetico per la fase iniziale di realizzazione della centrale. È da notare peraltro che, non essendo allo stato valutabile il costo in energia connesso con lo smaltimento definitivo delle scorie radioattive, l'indice non è molto significativo ed è comunque sovrastimato.

### *La $CO_2$ e le diverse fonti di energia*

Un'analoga gerarchia delle tecnologie energetiche rispetto al loro impatto sui cambiamenti climatici globali, può essere ricavata attraverso un altro indice (il **SEI S**pecific **E**nergy **I**mpact) riferito alle emissioni di $CO_2$ per unità di energia generata e calcolato in Kg di $CO_2$ per KWh elettrico prodotto. La graduatoria di seguito riportata mette in evidenza il contributo che ciascuna fonte può portare all'incremento del contenuto di $CO_2$ nell'atmosfera e quindi all'effetto serra, facendo anche in questo caso riferimento al modello della *panery* e al contesto Italia 2006.

Per l'utilizzo di biomasse, attraverso la loro combustione, la letteratura scientifica riporta un valore dell'indice SEI molto elevato, che però non tiene conto del ciclo di riassorbimento del carbonio da parte dell'atmosfera nella fase successiva di produzione di nuove biomasse e che dà a tale fonte il titolo di rinnovabile.

L'importanza del contesto economico ai fini della valutazione degli indici calcolati con tale metodologia è evidenziata dal confronto presentato dal citato autore per tre differenti contesti europei: Francia (nucleare), Italia (idrocarburi) e Polonia (carbone) per quanto riguarda l'energia elettrica. A seconda del mix di fonti energetiche utilizzate variano i costi del Kwh e le emissioni di $CO_2$ per unità di energia consumata.[5]

La lettura dei dati dell'indice SEI conferma che l'energia nucleare è ***quasi carbon free,*** cioè produce solo limitate emissioni di $CO_2$ nell'atmosfera. Per estrarre l'uranio dai suoi giacimenti, per il suo trattamento, per il trasporto ai siti di utilizzo, per la realizzazione degli impianti, per la loro manutenzione, per il loro smantellamento a fine vita è necessario il consumo di energia che allo stato attuale è di origine fossile almeno per l'80%. Quindi anche l'energia nucleare è responsabile di emissioni, sia pure limitate, di $CO_2$ nell'atmosfera.

Lo stesso ragionamento vale per le fonti rinnovabili. Confrontando ad esempio la $CO_2$ prodotta dal fotovoltaico rispetto al ciclo combinato a gas si può capire come sia ingannevole la speranza riposta nell'energia elettrica prodotta da pannelli fotovoltaici se questi sono basati su celle a silicio che richiedono grandi quantità di energia per la loro realizzazione. Questo tipo di tecnologia potrà realmente avere il successo atteso solo se, attraverso la ricerca, si sarà in grado di sviluppare pannelli che richiedano poca energia per essere prodotti ed abbiano una maggiore resa nel rapporto tra energia solare incidente ed energia elettrica prodotta.

I dati riportati mettono comunque in evidenza come la mancata conoscenza delle reali situazioni di fatto, può portare le istituzioni politiche ad assumere decisioni scorrette e la stessa opinione dei cittadini ad atteggiamenti contrari all'interesse pubblico (ad es. incentivare l'applicazione dell'attuale tecnologia fotovoltaica).

### *Un possibile disegno*

Messe con le considerazioni fin qui svolte le carte in tavola, occorre tornare al tema di fondo che accomuna sia i problemi esposti sia le potenziali soluzioni; ***la disponibilità di energia per le generazioni future e la prevenzione della minaccia del cambiamento del clima impongono un graduale ma significativo contenimento delle fonti fossili***.

L'obiettivo indicato non può essere ottenuto se non attraverso una concertazione a livello mondiale, affermazione che non deve essere letta come un alibi per il singolo paese di rimanere passivamente in attesa di decisioni a livello sovraordinato. Al contrario ognuno deve fare quanto è possibile; e tra le cose certamente da fare è essenziale favorire la penetrazione, a livello dell'opinione pubblica mondiale, del

[5] Il confronto, riportato a titolo di esempio, tra le strutture energetiche e le emissioni di $CO_2$ di paesi diversi pur nell'ambito dell'Unione Europea, fornisce una spiegazione in merito alle polemiche e le contrapposizioni, ampiamente riportate dalla stampa, che hanno accompagnato la decisione della Commissione Europea sugli obbiettivi specificamente assegnati di contenimento delle emissioni di $CO_2$ al 2020.

convincimento che nella condizione attuale l'intero pianeta deve essere gestito in modo assai più coordinato e unitario di quanto oggi avvenga.

In aperto contrasto con questo traguardo si pone il fatto che la posizione dei Governi dei vari paesi, circa l'urgenza delle due minacce incombenti su ogni paese (la difficoltà di approvvigionamento energetico e il cambiamento del clima del pianeta), è non solo molto diversa, ma anche molto distante.

Tutti i Governi considerano come obiettivo prioritario la crescita dello sviluppo economico dei rispettivi paesi. Con maggiore ragione quelli dei paesi in via di sviluppo, che tendono a garantire il necessario miglioramento delle attuali precarie condizioni di vita della popolazione. Con minore ma comunque giustificata ragione, quelli dei paesi sviluppati, che considerano la riduzione dei consumi come l'inevitabile premessa di una recessione economica con conseguenze di instabilità politica e di tensioni sociali.

In altri termini assicurare ai cittadini la disponibilità di risorse energetiche a prezzi contenuti per garantire la crescita del prodotto interno è considerato di gran lunga più importante, che non evitare condizioni che possano generare gravi problemi a loro volta condizionanti lo sviluppo. Questa drammatica sottovalutazione è stata emblematicamente rappresentata dall'atteggiamento degli USA che, in aperto contrasto con l'Europa, hanno negli anni scorsi minimizzato il pericolo dell'effetto serra e solo recentemente, soprattutto per merito di Al Gore, sembrano avviati verso l'accettazione dell'esistenza del problema e la conseguente necessità delle relative politiche non solo a livello nazionale. L'elezione del democratico Barack Obama e le sue affermazioni nel corso della campagna elettorale confermano questa impostazione e prefigurano un radicale cambiamento di politica energetica degli USA in merito alla minaccia di cambiamento del clima e alla necessità di contenere i consumi di combustibili fossili.[6]

È doveroso al riguardo ricordare che già nel 1990 la Commissione Europea, nel semestre di Presidenza italiana e per iniziativa dei Ministri dell'Industria e dell'Ambiente (Battaglia e Ruffolo), prese la storica decisione di promuovere un grande progetto mondiale di stabilizzazione delle emissioni di $CO_2$ nell'atmosfera al livello di quell'anno.[7]

Ne scaturì il Protocollo di Kyoto, ma le emissioni di $CO_2$ nell'atmosfera non solo non si sono stabilizzate ai livelli del 1990, ma hanno continuato inesorabilmente a crescere, nella stessa Europa, con una tendenza che sembra confermarsi anche per gli anni futuri.

È dunque l'atteggiamento di sostanziale passività, finora mantenuto dai governi sul problema energia, che induce scetticismo sulle possibili soluzioni di cui si è fatto cenno.

Nonostante le oggettive difficoltà segnalate e il pessimismo che ne può derivare, è certo però che non si può continuare il ***"business as usual"*** e che è necessario partire anzi già da oggi per raggiungere risultati utili (per altri 10 anni si ritiene che esista un margine per agire per contenere i danni del cambiamento del clima), tenendo anche presente, come ha notato Angela Merkel, che ***fare l'indispensabile oggi costa meno del fare l'inevitabile domani.***

A livello internazionale è ancora l'Unione Europea che ha assunto la posizione più avanzata con il suo progetto 20;20;20 e cioè ottenere nel 2020, rispetto ai livelli del 2005: il 20% di riduzione delle emissioni di gas serra; la riduzione del 20% dell'intensità energetica del PIL; l'aumento del 20% della quota di fonti rinnovabili rispetto al totale delle fonti primarie utilizzate.

Molte sono tuttavia le voci critiche nei confronti di questo impegno anche da parte di autorevoli esperti del nostro paese.[8] Se, essi sostengono, si penalizzano le nostre imprese obbligate ad utilizzare tecnologie più costose per mettere sul mercato prodotti a più basso contenuto di energia, di fatto si privilegiano beni prodotti in altri paesi che non rispettano le stesse regole. Si produce quindi altrove la $CO_2$ che sarebbe risparmiata in Italia. Anche lo

[6] Nel documento "PROMOTING A HEALTHY ENVIRONMENT" diffuso durante la campagna elettorale, Barack Obama afferma *"We cannot afford more of the same timid politics when the future of our planet is at stake. Global warming is not a someday problem, it is now. We are already breaking records with the intensity of our storms, the number of forest fires, the periods of drought…the polar ice caps are now melting faster than science had ever predicted… This is not the future I want for my daughters. It's not the future any of us want for our children. And if we act now and we act boldly, it doesn't have to be."*

[7] È interessante al riguardo riportare, perché incredibilmente attuale, la frase conclusiva del documento presentato all'epoca dall'Italia alla Commissione Europea: *"A careful evaluation of the economic and social impacts of these actions is indispensable and has to be made **through international cooperation**, while exploring at the same time the ways to reduce uncertainties and to agree on the measures to be started."*

[8] Sul Sole 24 ore del 18 ottobre è stato pubblicato un articolo a firma di Alberto Clò e Corrado Clini che, - mettendo in evidenza il costo economico per l'economia italiana, peraltro a loro avviso sottostimato, delle misure previste dall'Unione Europea, a fronte di modestissime riduzioni delle emissioni globali, non superiori allo 0,3%, - concludono considerando insostenibili le misure stesse per il futuro delle imprese, del sistema economico e **dello stesso ambiente, perché senza crescita non lo si migliora**.

stanziamento delle ingenti risorse pubbliche destinate, negli Stati dell'Unione Europea, alla ricerca di una minore intensità energetica del PIL e allo sviluppo di nuove e più avanzate forme di sfruttamento delle energie rinnovabili, sarebbe vanificato se nelle altre parti del mondo si procedesse con consumi di energia crescenti e con il ricorso alle fonti e alle tecnologie più facili e meno costose.[9]

Questa critica contiene elementi di verità, ma rischia di bloccare tutta la politica climatica dell'UE, mettendo in soffitta il traino che essa può rappresentare ed ha anzi attualmente rappresentato. Su un fronte opposto alcuni economisti, forse con una dose eccessiva di ottimismo, vedono la lotta ai cambiamenti climatici in termini positivi anche dal punto di vista economico e considerano il passaggio al nuovo sistema post petrolifero come l'inizio della ***"terza rivoluzione industriale"***.[10]

La necessità di un approccio globale alla ricerca di una soluzione efficace che non ha bisogno comunque di essere dimostrata, implica anzitutto un'analisi fredda della situazione e degli effettivi interessi dei popoli; e richiederebbe un disegno illuminato e coraggioso perseguito da una leadership altrettanto coraggiosa e illuminata in grado di indicare una strada alternativa a quella che finora è stata principalmente seguita (che è stata poi la difesa, anche con il ricorso alla violenza, degli interessi costituiti). Su questa difficile strada il primo passo che politicamente sembrerebbe necessario compiere, e senza il quale l'intero disegno diventerebbe utopico, appare quello di una stretta intesa tra Europa e USA, massimi consumatori mondiali di energia, accomunati da standard di vita simili e da valori condivisi.

L'idea che l'Europa, da sola, possa realizzare una politica internazionale efficace in campo energetico, più che essersi già dimostrata irrealizzabile, sembra oggi inconsistente.

E, d'altra parte, l'idea che gli Stati Uniti abbiano così pochi problemi da poterla condurre nel modo migliore prescindendo dal potere *soft* e dall'economia dell'Europa appare egualmente irrilevante.

Servirebbe dunque un'intesa. Non soltanto ai fini di politiche "difensive", comunque utili a controbilanciare il peso politico ed economico delle grandi realtà nazionali in possesso di fonti fossili, cioè i paesi mediorientali e la Russia, ma soprattutto in vista di una strategia comune nella ricerca scientifica, nel risparmio, nell'uso delle tecnologie migliori nel coordinamento di politiche di sviluppo coinvolgenti le realtà povere del mondo, particolarmente bisognose di energia.[11]

Punto qualificante di un nuovo impegno euro-americano dovrebbe essere l'accordo - soprattutto con Asia e Africa - per una programmazione della distribuzione equilibrata dei consumi energetici e della diffusione delle migliori tecnologie disponibili.

Certo il quadro di generale difficoltà economica e finanziaria in cui il mondo si trova anche dopo l'elezione del nuovo Presidente americano, pone problemi aggiuntivi gravi rispetto al passato. Ma forse, a guardar bene, quel quadro può anche finire col non ostacolare, ma col favorire uno specifico e concreto impegno - su un terreno particolarmente cruciale - da parte dei due maggiori soggetti della vita internazionale.[12] È un nuovo approccio, certo non facile da realizzare, come non è

---

[9] La polemica sul "potenziale impatto economico" sulle imprese italiane del pacchetto di misure del programma europeo per contenere le emissioni di $CO_2$ ha coinvolto direttamente il Governo italiano e l'Unione Europea e di essa ha dato ampio risalto tutta la stampa nazionale a metà ottobre. Il problema posto è certamente corretto, ma la soluzione più opportuna sulla quale convergere non può che essere la spinta sempre più decisa da parte dell'Europa per la concertazione di misure a livello a livello internazionale.

[10] Il Corriere della sera del 3 novembre riporta con grande evidenza la posizione di Jeremy Rifkin, che basa le sue previsioni ottimistiche di sviluppo, profitti e nuova occupazione su quattro pilastri: 1) i nuovi palazzi capaci di produrre energia e non solo di consumarla, 2) lo sviluppo di tutte le fonti energetiche rinnovabili; 3) la produzione di idrogeno per immagazzinare tutte le fonti alternative di energia; e infine 4) la rete intelligente di produzione e distribuzione dell'energia. Si tratta come si vede di una posizione in parte avveniristica in parte già largamente riportata da molti altri studiosi. C'è da notare comunque il più realistico ruolo affidato all'idrogeno, non più come caratterizzante, in modo enfatico, la nuova era post petrolifera, ma come accumulo delle energie prodotte dalle discontinue fonti rinnovabili.

[11] Un'iniziativa che sembra sposare questo indirizzo, (c/f Financial Times del 14 giugno), è il progetto avanzato da Giappone, Stati Uniti e Gran Bretagna a margine del G8 di Osaka per il varo di due Fondi (Climate Investment Fund e Clean Technology Fund) per aiutare i paesi emergenti nello sviluppo e applicazione di tecnologie pulite. I Ministri delle Finanze Fukushiro Nukaga per il Giappone che erogherà 1,2 miliardi di dollari; Alastair Darling per il Regno Unito con un impegno di 1,5 miliardi di dollari; ed Henry Paulson per gli USA da cui sono attesi 2 miliardi di dollari, hanno fatto un appello ad altri paesi donatori per raggiungere almeno i 10 miliardi di dollari. Con riferimento al "diritto" dei paesi emergenti di non fermare il loro sviluppo è stato affermato che il legame ***"sviluppo – emissioni di $CO_2$ non è automatico"*** e che ***"il cambiamento del clima è un problema che può essere risolto"***.

[12] Sembra esplicitamente confermare questo auspicio il documento citato nella nota 6 in cui Barack Obama and Joe Biden assumono il rilevante impegno di*: "support implementation of a market-based cap-and-trade system to reduce carbon emissions by the amount scientists say is necessary:* ***80 percent below 1990 levels by 2050****. They will start reducing emissions immediately in his administration by establishing strong annual reduction targets, and they will also implement a mandate of* ***reducing emissions to 1990 levels by 2020"***.

stato facile in passato. Ma esso sembra costituire ormai una necessità imposta dalle cose; e rappresenterebbe un contributo alla stabilizzazione internazionale da cui tutti i paesi, in ogni continente, trarrebbero giovamento.[13]

## II - La questione energetica nazionale

Soprattutto per la crescita e comunque l'oscillazione dei prezzi del petrolio e la crisi dell'economia mondiale, con effetti marcati su quella nazionale, si è molto acceso negli ultimi mesi il dibattito politico nel nostro paese e si registrano forti attese di decisioni.

È opinione sostanzialmente condivisa che mantenere la situazione attuale (prevalenza del gas naturale tra l'utilizzo delle fonti energetiche; miglioramenti solo marginali ottenibili nell'efficienza dell'uso di combustibili fossili; sviluppo modesto delle fonti rinnovabili; risparmio affidato alla buona volontà) comporta rischi rilevanti non solo per l'ambiente ma anche per la competitività del nostro sistema economico Tuttavia il dibattito è caratterizzato da una notevole confusione e da una scarsa consapevolezza sulle reali dimensioni del problema, soprattutto sulla fattibilità delle varie soluzioni perseguibili e sui concreti risultati conseguibili. Una sia pur sintetica analisi delle seguenti varie alternative sul tappeto appare quindi opportuna:

- Tecnologie più efficienti nell'utilizzo delle fonti fossili
- Risparmio e maggiore efficienza nei consumi finali
- Sviluppo sostenuto delle energie rinnovabili
- Utilizzo dell'energia nucleare

### *Miglioramento delle tecnologie di utilizzo delle fonti fossili*

Lo sviluppo delle tecnologie per lo sfruttamento delle fonti fossili non è un argomento prioritario nel nostro paese. Tali tecnologie sono state sviluppate nel corso degli anni fino a livelli di eccellenza con rendimenti molto elevati e con rispetto di limiti di legge molto ristretti per quanto riguarda le emissioni nocive per l'ambiente Un'attenzione particolare deve essere invece dedicata alla "cattura e sequestro" della $CO_2$ prodotta nelle centrali termoelettriche a carbone. È stato già ricordato che la disponibilità e le riserve di carbone sono molto più diffuse rispetto a quella del petrolio e del gas e che la maggiore diversificazione nella localizzazione delle miniere rende più sicura e meno costosa l'offerta sul mercato mondiale. Rimane il problema delle emissioni di $CO_2$ nell'atmosfera che sono massime nelle centrali elettriche alimentate a carbone, come già detto, rispetto alle altre fonti fossili. Esiste tuttavia una prospettiva di sviluppo futuro del carbone nel nostro paese se verranno attuate le tecnologie per la separazione della $CO_2$ dai fumi in uscita dalle centrali e il suo successivo stoccaggio in depositi sotterranei.[14] Queste tecnologie hanno fatto notevoli progressi negli ultimi anni, tanto da far apparire oggi industrialmente percorribile questa soluzione nel giro di alcuni anni.[15]

Nel Piano di ricerca di sistema nel settore elettrico elaborato dal CERSE (Comitato Esperti Ricerca Sistema Elettrico) attualmente presso l'Autorità per l'Energia e il Gas è stato previsto un progetto che dovrebbe essere attuato da una pluralità di Soggetti nazionali di ricerca, presso la miniera del Sulcis, che ha l'obiettivo della trasformazione del carbone in combustibile liquido o gassoso pulito con la contemporanea separazione della $CO_2$ e il suo deposito negli strati profondi della stessa miniera.

### *Risparmio di energia nei consumi finali*

Risparmiare energia o meglio usare metodi più efficienti nei suoi consumi rappresenta nel nostro paese la fonte più disponibile e conveniente. Mol-

[13] Nella stessa direzione vanno tra gli altri gli impegni di:
-"***create New Forum of Largest Greenhouse Gas Emitters***". *Barack Obama and Joe Biden will create a Global Energy Forum – based on the G8+5, which includes all G-8 members plus Brazil, China, India, Mexico and South Africa – comprised of the largest energy consuming nations from both the developed and developing world, which would focus exclusively on global energy and environmental issues. This Global Energy Forum will complement – and ultimately merge with – the much larger negotiation process underway at the UN to develop a post-Kyoto framework.*
-***"transfer American Technology to the Developing World to Fight Climate Change"****: Barack Obama and Joe Biden will create a Technology Transfer Program within the Department of Energy dedicated to exporting climate-friendly technologies, including green buildings, clean coal and advanced automobiles, to developing countries to help them combat climate change.*

[14] Recentemente i Presidenti di ENEL ed ENI, alla presenza del Ministro dell'Ambiente, hanno siglato un accordo per la separazione della $CO_2$ dai fumi della centrale a carbone di Brindisi, la sua liquefazione e la sua immissione nella vecchia miniera dell'ENI di Cortemaggiore.

[15] Nella recente campagna elettorale americana Barack Obama ha affermato che la sua Amministrazione *"will provide incentives to accelerate private sector in investment for $CO_2$ capture and sequestration technologies and will instruct DOE to enter into public-private partnerships to develop 5 first-of-a-kind commercial scale coalfired plants with carbon capture and sequestration"*.

tissimi sono i temi che meritano attenzione e le specifiche iniziative da attuare per ridurre i consumi di energia, tagliando gli assurdi sprechi che caratterizzano il sistema e i comportamenti della nostra attuale società. Dai consumi energetici ed elettrici nel settore abitativo e terziario, alla razionalizzazione dell'illuminazione pubblica; dalla produzione, distribuzione e confezionamento dei prodotti nel commercio, alla movimentazione e trasporto di persone e merci, ed infine alla fornitura dei servizi, ivi inclusi i sistemi di produzione dell'energia, c'è un'ampia serie di strumenti da attivare meglio di quanto si faccia oggi.

Anche se le tematiche di razionalizzazione dei consumi energetici finali sono da tempo evidenti e se esistono iniziative e programmi di ricerca e sviluppo sostenuti da importanti investimenti pubblici di sostegno, i risultati delle ricerche ancora da conseguire potrebbero essere di grande portata. È peraltro necessaria soprattutto la diffusione e l'utilizzo delle apparecchiature già sviluppate e una consapevole gestione dell'energia disponibile. A tale fine deve essere promossa la conoscenza presso la pubblica opinione di quanto già disponibile per indurre un comportamento responsabile da parte dei cittadini, sia per i loro consumi diretti, sia per condizionare, con la loro domanda, un'offerta di beni e servizi a più basso contenuto di energia.

Un utilizzo appropriato della leva fiscale sull'energia attraverso un sistema combinato di "incentivi" e "punizioni" sarebbe lo strumento di eccellenza per ottenere un comportamento consapevole del cittadino risparmiatore.

Un cenno specifico merita il tema dei potenziali risparmi di energia nei trasporti. Per quanto riguarda quello su rotaia (treni e metropolitane) un tema importante di ricerca è lo studio di nuovi materiali che a parità di resistenza meccanica consentano di ridurre in modo consistente il peso delle vetture e quindi i consumi di energia elettrica. Rimangono comunque indispensabili investimenti per espandere la rete ferroviaria e la sua utilizzazione soprattutto per il trasporto di merci.

Nei trasporti su strada l'energia utilizzata è oggi al 100% di derivazione da idrocarburi e un tema di ricerca che impegna da anni l'industria europea e mondiale è il miglioramento dell'efficienza delle autovetture in termini di combustibile consumato e $CO_2$ emessa per km percorso. Un ulteriore importante obiettivo di grande interesse è l'introduzione nelle autovetture di tecnologie per la mobilità elettrica. È riconosciuto che, a pari km percorsi, i veicoli elettrici richiedono meno energia primaria, indipendentemente dalle distanza in cui sono ubicate le tecnologie oggi utilizzate per la conversione da energia primaria ad energia elettrica. Quindi l'obiettivo di riduzione delle fonti fossili nel settore dei trasporti si identifica l'affermazione in tempi sperabilmente non lunghi dell'auto elettrica e con il conseguente aumento della produzione di energia elettrica. Il ruolo dell'energia elettrica è destinato peraltro, secondo gli esperti, a crescere gradualmente in tutti i consumi finali di energia fino a divenire fortemente prevalente verso la fine del secolo.

### *Fonti energetiche rinnovabili*

L'impegno fissato in sede UE per tutti i paesi membri -quello cioè di soddisfare entro il 2020 con energie rinnovabili il 20% dei loro fabbisogni- obbliga il nostro paese a perseguire con il massimo impegno questo traguardo, sia finanziando adeguati programmi di ricerca, sia attraverso lo strumento dell'incentivazione. Dal punto di vista della concreta praticabilità dei programmi complessivi, la situazione si presenta piuttosto variegata e molto diverso appare il contributo possibile e concretamente ottenibile da parte delle differenti tipologie di fonti, soprattutto considerando il loro costo.

***L'energia idroelettrica*** ha rappresentato la prima fonte energetica rinnovabile cui si è fatto da sempre ricorso nel nostro paese in quantità significativa. Attualmente, però, l'ulteriore sviluppo di questa fonte è di fatto assai ridotto (anche se esistono ancora potenzialità per il mini-idroelettrico) per il naturale esaurimento delle potenzialità economicamente sfruttabili. Esiste al contrario il rischio di dover in futuro parzializzare l'utilizzo delle riserve d'acqua dei bacini idroelettrici esistenti per far fronte ad esigenze diverse da quella della produzione elettrica, in particolare per le necessità dell'agricoltura che potrebbero acutizzarsi per i temuti e previsti cambiamenti climatici. Una generale revisione delle condizioni di gestione delle centrali idroelettriche esistenti per soddisfare i loro potenziali molteplici usi (riserva, accumulo notturno, utilizzi non elettrici dell'acqua, esigenze ambientali e di sicurezza per eventi atmosferici estremi) merita una speciale attenzione da parte delle Autorità locali insieme con i gestori delle centrali.

***L'energia geotermica*** ha rappresentato storicamente un settore molto sviluppato nel nostro paese. I "giacimenti naturali di vapore" in Toscana producono ogni anno oltre 4 miliardi di KWh nelle sole centrali toscane di Larderello e di Pontieri. L'Italia ha inoltre una situazione geologica che dovrebbe essere favorevole allo sfruttamento delle risorse energetiche esistenti nel sottosuolo di varie zone del paese. Lo sviluppo

delle tecnologie di perforazione fino a grandi profondità, derivanti dalle ricerche di giacimenti petroliferi, dovrebbe favorire, nelle forme ambientalmente dovute, la possibilità di sfruttamento di rocce calde anche a grande profondità, sia a fini del riscaldamento e condizionamento di grandi complessi (centri sportivi, serre; ecc.) sia a fini di teleriscaldamento, quando potenzialmente conveniente. La geotermia, giustamente (anche se in un certo senso impropriamente) considerata una fonte rinnovabile, pone peraltro problemi ambientali e di costo, in rapporto alle singole condizioni locali, ma ampiamente superabili anche alla luce della grande attenzione dedicata a questa tecnologia nei programmi di sviluppo energetico nel mondo. Non appare quindi giustificato il disinteresse che sembra esserci a livello sia industriale sia scientifico nel nostro paese.

***L'energia solare***, nella sue varie forme (fotovoltaico, termico, termodinamico) non determina sostanzialmente nessun contrasto sulla necessità che essa debba essere sviluppata e promossa. Non è però condivisibile l'opinione che il problema si riduca ad un incremento degli incentivi per la diffusione dell'applicazione dell'energia solare anche quando le relative tecnologie siano molto lontane dalla competitività.

Si deve invece ancora sostenere lo sviluppo della ricerca per ridurre i costi soprattutto nel fotovoltaico dove i pannelli al silicio rendono questa fonte non competitiva e bisognosa, di incentivi pubblici, che in sostanza fanno ricadere sulla collettività la convenienza di questa tipologia di produzione elettrica. Sono oggetto di intensa attività di ricerca e sviluppo, sia a livello accademico che industriale, celle fotovoltaiche basate su materiali organici a più basso costo di produzione rispetto al silicio e che consentono di realizzare dispositivi di spessore ridotto in virtù dell'elevato coefficiente di assorbimento delle molecole organiche. La loro compatibilità con le materie plastiche offre inoltre la possibilità di costruire dispositivi ultraleggeri su substrati flessibili di plastica con un investimento di capitali almeno un ordine di grandezza inferiore rispetto alla tecnologia basata sul silicio.[16]

***La fonte eolica*** è più vicina alla competitività, anche per il consistente e continuo incremento dei prezzi dei combustibili fossili sul mercato mondiale. Per essa si manifestano ostacoli connessi con il suo impatto paesaggistico, peraltro non sempre motivato. Una soluzione che si prospetta percorribile è costituita dalla realizzazione di parchi eolici in mare lungo le coste e in alta montagna od anche con specifici impianti capaci di sfruttare l'energia del vento ad alta quota, anche per la maggiore disponibilità di vento: sono peraltro necessari in questi casi sviluppi tecnologici per ridurre i costi di installazione e di esercizio.

***Le biomasse*** soprattutto per la produzione di combustibili per il trasporto, rappresentano al contrario un argomento di grande discussione a livello mondiale.[17] Una produzione significativa di biocombustibili capaci di incidere sulla domanda mondiale di fonti fossili pone il problema della sottrazione di vaste aree alla produzione di sostanze alimentari in un periodo di forte incremento della domanda dei paesi in via di sviluppo. L'incremento vistoso dei prezzi recentemente determinatosi in tale settore è stato determinato in realtà piuttosto dall'aumento di tale domanda, che non alla sottrazione di aree coltivabili: tuttavia il timore che si determini una competizione tra produzione alimentare ed energetica non è ingiustificato.

Su tale argomento nel nostro paese si è sviluppata una polemica da parte di quanti sostenevano che l'utilizzo di combustibili di origine vegetale alternativi a quelli di derivazione petrolifera fosse una soluzione altamente positiva, ma che essa fosse ostacolata dalla lobby degli operatori petroliferi. È quindi opportuno fornire qualche dato di confronto.

Il biodiesel, prodotto da olio di colza o di girasoli (la produzione di bioetanolo attuale è trascurabile) ha un costo superiore a quello da petrolio. La sua convenienza (a parte i vantaggi ambientali peraltro discussi), poggia sulla non applicazione su di esso delle accise. Promuovere o meno la promozione della produzione e utilizzo del biodiesel in Italia è quindi un problema di bilanciamento, da parte del Governo, tra la quantificazione dei vantaggi ambientali e le mancate entrate dovute all'esenzione delle tasse relative.

Per la soluzione di questo problema esistono indirizzi europei e decisioni già assunte dal Governo in Italia. Una direttiva europea del 2003 suggerisce

[16] Molte altre sono le linee di ricerca su tale materia come i film sottili fotovoltaici CIGS (copper indium galliun selenide); tubi di vetro ricoperti con CIGS possono essere assemblati per formare un singolo pannello di facile installazione e capace di catturare anche la luce anche diffusa.

[17] La polemica mondiale sul ruolo dei biocombustibili tocca diversi aspetti ben illustrati in un'ampia pagina del "Sole24 Ore" del 4 giugno. Conflitto tra etanolo da canna e scarti cellulosici (Brasile) ed etanolo prodotto da cereali (USA): il primo favorito per resa produttiva, minore impatto ambientale e migliore resa energetica, rispetto al secondo che richiede maggiori incentivi pubblici e sottrae risorse alimentari ai bisogni mondiali. Forti perplessità dell'OCSE sul ruolo dei biocombustibili che "non sono la soluzione del problema energetico, né dei cambiamenti climatici del globo". Si è registrata una polemica tra UE e USA in merito alla distorsione del mercato prodotta dalla riduzione di tasse e incentivi sul biodiesel americano esportato in Europa. (c/f *Financial Times* del 14 giugno).

(non impone) che al 2010 l'utilizzazione in Europa di biocombustibili debba essere almeno pari al 5,75 % dei consumi energetici. A fronte di tale forte indicazione è entrato recentemente in vigore il decreto che fornisce le modalità di applicazione dell'accisa agevolata al contingente defiscalizzato per il triennio 2008-2010: si tratta di 250 mila tonnellate di biodisel per il quale si applica una accisa di circa 85 euro al metro cubo, rispetto ai 423 euro applicati al gasolio per autotrazione. Delle 250 mila tonnellate solo 70 mila sono relative a biodisel ricavato da produzione nazionale o comunitaria, mentre 180 mila possono essere assegnate ad imprese che importano le materie prime.[18]

Alcune considerazioni relative alla fattibilità nel nostro paese di un progetto di un'ampia sostituzione dell'energia di origine fossile con energia di origine vegetale nel settore dei trasporti, consentono di affermare l'impraticabilità dell'indirizzo europeo. Nel 2010 il consumo energetico italiano nei trasporti dovrebbe attestarsi su circa 49 Mtep. Di essi per rispettare l'indirizzo europeo 2,8 dovrebbero essere biocombustibili cioè 3,2 Mt di biodisel (1,7 Mt colza; 1,5 Mt girasole) la cui coltivazione richiede 4,5 Mha di terreno.

Il territorio italiano è pari a 30 Mha e non è possibile trovare 4,5 Mha di terre marginali da destinare alla coltura di semi oleosi (l'Italia è già importatore di colza e girasoli: nel 2008 si stima siano prodotti appena 15-20 mila tonnellate di semi oleosi, e gli ettari coltivati 30 mila).

Se si volesse rispettare la direttiva europea bisognerebbe destinare alla produzione di biodisel terreni già utilizzati come agricoli o per foraggio, ed è di tutta evidenza l'assoluta mancanza di convenienza di sostituire l'importazione già molto elevata di prodotti agricoli alimentari con prodotti agricoli desinati all'energia. Si deve aggiungere infine il fatto che molta parte della nostra economia è legata all'esportazione di prodotti derivanti da colture di nicchia di alta qualità, che evidentemente non possono e non devono essere abbandonate e sostituite da una tipologia di colture che richiedono altri contesti territoriali e climatici.

Quello che in Italia non solo è possibile, ma da sostenere anche con adeguati progetti di ricerca, è la realizzazione di piccoli impianti di produzione di biogas o biocombustibili ecologicamente puliti, alimentati a livello locale con scarti agricoli e/o da industrie manifatturiere o infine con opportune coltivazioni delle limitate aree marginali non ancora utilizzate. Tali impianti, se ben progettati soprattutto a livello dell'impatto ambientale, potrebbero contribuire in maniera anche significativa alla produzione di energia elettrica distribuita anche in connessione con l'impiego di celle a combustibile. In questo campo programmi pubblici di ricerca, anche in stretta intesa con le industrie del settore, appaiono utili e urgenti. Tra questi una posizione di primaria importanza è rappresentata dalla produzione di alghe in impianti dedicati, sfruttando i grandi progressi che si sono registrati nel settore della biologia per ottimizzare il tasso di crescita delle alghe e quindi la produttività di impianti dedicati.

***Le correnti marine*** sono oggetto di forte attenzione in varie parti de mondo e il loro sfruttamento andrebbe forse riconsiderato, pur se il potenziale contributo atteso nel nostro paese potrebbe risultare marginale. È comunque necessario, alla luce del mutato quadro energetico, effettuare o riconsiderare studi già fatti per valutare la disponibilità di correnti marine economicamente sfruttabili nel Mediterraneo e sviluppare e sperimentare le tecnologie necessarie.

### *La produzione di energia elettrica distribuita*

Un tema che interessa orizzontalmente tutte le fonti di energia e il loro utilizzo razionale è rappresentato dall'autoproduzione di energia elettrica nei vari contesti locali. Specifici agglomerati urbanistici, alberghi, centri sportivi, ospedali, singoli complessi industriali possono trovare convenienza a produrre localmente l'energia elettrica necessaria. Il principale vantaggio di questa soluzione è la possibilità di utilizzare contestualmente anche l'eventuale calore associato alla generazione elettrica per le utenze termiche (riscaldamento e condizionamento di ambienti, produzione di calore per processi industriali ecc.).

La gestione di reti elettriche locali può inoltre essere premiata dalla nuova struttura del mercato elettrico che consente un loro collegamento attivo con la rete nazionale. È quindi possibile scambiare e soprattutto di vendere energia in caso di eccesso di produzione rispetto alle esigenze locali. Questa opportunità rende possibile e conveniente l'utilizzo integrato di tutte le fonti di energia a livello locale, anche di scarso valore energetico o fruibili solo in maniera discontinua, (biogas prodotto da biomasse di scarto per l'alimentazione di celle a combustibile, piccoli impianti solari o eolici pro-

[18] Secondo l'Unione produttori di biodiesel la produzione nazionale di biodiesel nel 2007 sarebbe stata di 470 mila tonnellate, delle quali solo la metà destinata al mercato interno. Se fosse rispettato l'obbligo, stabilito per l'anno in corso, di miscelare il 2% di biodiesel in quello derivato dal petrolio, la domanda interna salirebbe a circa 600 mila tonnellate (c/f Sole 24 ore di giugno).

porzionati rispetto alle esigenze, mini-idroelettrico ecc.). Con l'applicazione diffusa di questo modello, l'utente del sistema elettrico nazionale può trasformarsi in produttore e contribuire a ridurre la necessità di incrementare il parco delle grandi centrali elettriche.

### *L'energia nucleare da fissione*

Rimane infine da affrontare, per completare il quadro, il tema del ricorso all'energia nucleare con reattori a fissione, che è ridiventato un argomento di grande dibattito a livello sia mondiale sia nazionale. Occorre al riguardo sgombrare il campo dalle molte inesattezze che circolano, convalidate talora anche da fonti autorevoli.

Non è esatto che il costo del Kwh nucleare sia oggi più basso di quello prodotto da fonti fossili. In particolare è molto elevato il costo di installazione della centrale ed è molto incerto il tempo necessario per ottenere le autorizzazioni dalle Autorità pubbliche competenti e per la sua realizzazione. Il rischio connesso con l'investimento richiede quindi adeguate assicurazioni che incidono sui tassi dei finanziamenti necessari e sui costi complessivi. Il completo smantellamento di una centrale nucleare, al suo termine di vita, non è stato tuttora sperimentato e il relativo costo non è stato ancora dimostrato.
Le valutazioni sulla convenienza, dal punto di vista puramente economico, dell'utilizzo dell'energia nucleare rispetto ad altre fonti sono soggette quindi ad oggettiva incertezza.[19]

È vero invece che il volume delle scorie radioattive prodotte dall'esercizio delle centrali nucleari, se opportunamente compattate con le tecnologie oggi disponibili, è molto ridotto e quindi la loro conservazione in siti di superficie adeguatamente controllati non pone rischi reali, al di là di quelli "percepiti" dalla pubblica opinione.

I costi relativi alla custodia temporanea delle scorie devono peraltro essere riportati nel costo del Kwh prodotto dalla centrale. Il problema del trattamento e custodia definitiva delle scorie radioattive ad alta densità rimane peraltro ancora non risolto.[20]

È vero che l'energia prodotta da fonte nucleare è una soluzione ottimale per ridurre le emissioni di $CO_2$ nell'atmosfera. Tuttavia, come è stato già rilevato nelle considerazioni generali, se si tiene conto dell'energia necessaria per la realizzazione degli impianti non è esatto affermare che l'emissione di $CO_2$ di una centrale nucleare sia nulla: i Kg di $CO_2$ emessi per ogni kwh elettrico prodotto valgono 0.7 per il carbone e 0,01 per il nucleare.

Il tema della non proliferazione delle armi nucleari rimane un problema "sensibile". È oggettivamente difficile essere sicuri della distinzione tra nucleare civile e nucleare militare. Questa osservazione può indurre qualche preoccupazione se si tiene conto che secondo la World Nuclear Association almeno 30 nuovi paesi hanno dichiarato di volersi impegnare nel nucleare (ad es. Cile, Nigeria, Vietnam, Irlanda, Turchia, Indonesia..) ed anche in vari paesi del Medio Oriente sembrerebbe affermarsi tale orientamento. Esiste peraltro la possibilità di alimentare l'attuale modello di centrali nucleari con elementi di combustibile a torio, che nel reattore si trasforma in $U^{233}$ e che nel successivo processo di fissione produce minori quantità di isotopi radioattivi e tali da non poter essere usati per fabbricare bombe atomiche.

Sulla base di questi rilievi, sono opportune alcune considerazioni sul dibattito aperto in Italia dopo l'affermazione del Governo di voler riavviare la costruzione di centrali nucleari. Per il necessario contenimento dell'utilizzo delle fonti fossili, programmare anche la realizzazione nel nostro paese di centrali elettriche nucleari appare certamente ragionevole. Non si tratta com'è ovvio di "sostituire" con il nucleare le fonti fossili, ma di contribuire ad una graduale diminuzione del loro utilizzo nell'ambito di una strategia in cui tutte le altre possibilità siano contestualmente perseguite.

Il referendum popolare del 1987 sulla questione nucleare non impedisce tecnicamente un cambiamento di indirizzo. Ciò non perché dopo oltre vent'anni appaia comunque legittimo un ripensamento, ma, perché il referendum non era relativo al quesito "nucleare si nucleare no", ma solo ad alcuni specifici articoli di legge e in particolare a quello che consentiva vantaggi economici relativi ai prezzi dell'energia elettrica per le popolazioni dei

[19] Affari e finanza del 27 ottobre da notizia di uno studio da poco completato da parte del MIT "The future of nuclear power". Tra gli ostacoli allo sviluppo dell'energia nucleare, oltre alla sicurezza, è riportata la gestione delle scorie, la non proliferazione, gli alti costi di produzione degli impianti. Il costo stimato per ciascuno dei 18 progetti pronti è stimato tra i 7 e gli 11 miliardi di dollari. L'articolo conclude con la considerazione che **"senza contributi pubblici costruire una centrale è quasi proibitivo"**.

[20] Un lungo servizio del Financial Times del mese di giugno ricorda che gli USA dopo aver deciso nel 1977 di sospendere il riprocessamento degli elementi di combustibile spenti, decisero di realizzare un deposito profondo sotto il massiccio dello Yucca Mountain dove "seppellire" i rifiuti nucleari. Questo progetto non è stato realizzato ed è tutt'oggi bloccato presso il Congresso americano. Tra le ragioni citate da giornale, oltre alle più probabili difficoltà tecniche, c'è anche l'ipotesi di voler conservare le scorie come fonte da cui estrarre gli "ingredienti" per le bombe nucleari.

territori interessati alla localizzazione di una centrale. È su questo specifico tema, riportato nel DdL in discussione in Parlamento, che deve essere concentrata l'attenzione del legislatore per rispettare il divieto imposto dal referendum. A parte quindi questo aspetto, è oggi certamente corretto riproporre l'avvio di un nuovo programma di costruzione di centrali nucleari.

Il primo passo è la decisione che deve essere assunta da Governo sulle alleanze internazionali da stabilire, visto che non è pensabile (come non lo era prima) perseguire una autonoma soluzione tecnologica nazionale.

Si tratta di una scelta non facile ma impegnativa, sia che venga confermata l'opzione dei reattori di III generazione, che appare peraltro ancora soggetta al problema del deposito delle scorie radioattive di lunga vita, sia che venga scelta la soluzione dei reattori di IV generazione. L'ambito europeo dovrebbe evidentemente far premio, ma non è scontato: da una parte ci sono i tradizionali rapporti di licenza dell'Ansaldo con gli americani, dall'altro la partecipazione di EDF nel capitale della Edison, circostanza quest'ultima che richiama la soluzione adottata dal Governo inglese.[21]

A valle di una decisione relativa ai paesi con i quali stabilire una indispensabile collaborazione deve essere avviata una faticosa ma possibile e fruttuosa ricostituzione di una cultura e di una competenza scientifica e tecnica nazionale, oggi molto compromessa. Occorre partire non solo dai corsi universitari in materia di nucleare stentatamente sopravvissuti, ma anche dall'allestimento di adeguate attrezzature sperimentali presso le stesse università o centri di ricerca (in primo luogo l'Enea con i suoi reattori nucleari di ricerca Triga e Tapiro) per consentire ai laureati di passare dalla sola cultura teorica e dai codici di calcolo alla manipolazione diretta di impianti almeno sperimentali. Certamente, la partecipazione di tecnici italiani alla gestione di attrezzature possedute dai nostri futuri partner può contribuire ad accelerare la formazione delle competenze necessarie, ma azioni ed investimenti nazionali nella ricerca appaiono comunque indispensabili. In questa operazione di formazione di competenze rinnovate, una assoluta priorità deve essere attribuita alla creazione di uno specifico Organismo di controllo della sicurezza, cui tra l'altro deve essere assicurato, anche attraverso modifiche legislative, un ruolo che gli consenta completa autonomia e indipendenza di giudizio a garanzia dei cittadini. A tale organismo dovrebbe essere delegata inoltre la formulazione delle possibili localizzazioni delle nuove centrali sulla base delle valutazioni tecniche necessarie.

Lo sviluppo della capacità industriale per la realizzazione dei nuovi impianti potrebbe essere lasciata all'iniziativa privata nell'ambito di collaborazioni con le industrie di altri paesi e ad eventuali azioni di sostegno pubblico, anche economico, nel rispetto delle regole di mercato previste dalla normativa europea.

Rimane alla fine del percorso, non solo dal punto di vista logico, il grande tema dell'accettazione popolare dei nuovi insediamenti nucleari. Appare con tutta evidenza, anche per i tempi necessari a seguire la strada indicata, che non solo non sarebbe produttivo anticipare la scelta dei siti, ma che i nuovi iter legislativi dovrebbero prevedere una preventiva consultazione delle Autorità Locali. L'esperienza vissuta nel nostro paese, non solo nell'attuazione del precedente piano nucleare, ma in tante altre situazioni, hanno ampiamente reso evidenti i pericoli che decisioni non adeguatamente studiate e preparate possono comportare. Non si vuole certamente sostenere che gli interessi nazionali debbano essere subordinati al gradimento e all'accettazione espressi a livello locale. Soluzioni d'autorità sono giustificate e devono essere assunte: ma a valle di un processo, di cui non si può certo tacere la intrinseca difficoltà, che preveda che le opinioni di tutti siano quanto meno ascoltate.

In merito all'opportunità o meno di puntare direttamente sui reattori di IV generazione per la ripresa del nucleare in Italia ci sono posizioni discordanti. Alcuni riferiscono - partendo dalla considerazione che i reattori della III generazione sono comunque più sicuri ed efficienti di quelli precedenti e sono inoltre in corso di realizzazione in molti paesi del mondo – che avviare anche il nostro paese su questa strada rappresenta la solu-

[21] Secondo il Financial Times del 29 luglio una soluzione radicale per l'attuazione di un'alleanza nel settore della realizzazione di centrali nucleari sarebbe realizzata in Gran Bretagna assumendo la Compagnia di stato francese EDF il controllo della British Energy, società produttrice e distributrice dell'energia nucleare nel Regno Unito. Al riguardo il giornale riporta una serie di perplessità sui possibili effetti di tale decisione sul mercato dell'energia elettrica britannico. EDF è una compagnia controllata dallo stato (84,4%) che in Francia è verticalmente integrata, opera cioè come produttore e venditore dell'energia elettrica; nel mercato inglese dove i distributori comprano l'energia elettrica dai produttori la presenza di un consistente monopolio nel settore nucleare potrebbe creare problemi di concorrenza. L'assunzione del controllo di British Energy da parte di EDF per 15,7 miliardi di euro si è realizzata poi nel mese di settembre. La nuova Società costruirà 4 nuove centrali nucleari di III generazione, mentre le vecchie saranno smantellate con fondi a carico dello Stato britannico.

zione migliore. Essa consentirebbe di ricreare le condizioni di capacità e competenza necessarie per il reinserimento del nostro paese nel contesto tecnologico internazionale, mentre ***un rinvio in attesa di soluzioni più avanzate*** rappresenta la formula classica per bloccare ogni forma di progresso (sarebbe al riguardo da rileggere la divertente novella di Pirandello sul dibattito del Consiglio comunale di Milocca relativo al progetto per l'illuminazione elettrica del Comune, rinviato nella prospettiva di soluzioni più innovative rispetto all'energia elettrica con il risultato che la sala del Consiglio continuò ad utilizzare le candele steariche).

Appare comunque necessario considerare le ragioni che militano a favore dei reattori nucleari di IV generazione. La prima è legata alla disponibilità di uranio. Oggi nel mondo ci sono 439 reattori in funzione, 33 reattori in costruzione, 94 reattori in progetto, 293 reattori "in opzione". Molti paesi, inoltre, stanno puntando sul nucleare per rendersi più indipendenti dall'estero. In questo quadro mantenendo la tecnologia del reattori di III generazione si determinerebbe dunque per l'uranio, nel medio lungo periodo, una situazione sostanzialmente simile a quella attuale del petrolio, sia per la tensione sui prezzi, già oggi in rapida ascesa, sia per il condizionamento politico da parte dei paesi titolari delle miniere di uranio (o da parte di quelli che se ne sono comunque già assicurato lo sfruttamento).

Scaturisce da queste considerazioni l'interesse predominante verso lo sviluppo del programma di IV generazione, e cioè dei cosiddetti reattori veloci, i quali consentono di produrre, sotto forma di plutonio, più materiale fissile di quanto ne venga utilizzato nel processo di fissione, con la possibilità di moltiplicare per un fattore 60-100 le riserve mondiali di minerale di uranio. Nell'ambito di questo programma sono allo studio tre tipi di reattori veloci raffreddati rispettivamente a sodio (più maturi sotto il profilo industriale), a gas e a piombo.

L'utilizzo dei reattori veloci se risponde al problema della futura indisponibilità dell'uranio, non risolve tuttavia il problema degli altri isotopi radioattivi della famiglia degli attinidi (americio, nettunio, curio) prodotti nei reattori durante il loro funzionamento. La comunità internazionale sta operando, nei programmi di ricerca per i reattori di IV generazione, con l'obiettivo di irraggiare (bruciare) gli attinidi direttamente negli stessi reattori di potenza. La soluzione proposta in merito da Rubbia, di costruire reattori dedicati al solo scopo di irraggiamento neutronico delle scorie, è ancora aperta, ma il rapporto costi-benefici fa preferire lo svolgimento di questa funzione da parte di reattori che assicurino contestualmente la produzione di energia.

Oggi si prevede di raggiungere la maturità industriale di un ciclo di combustibile che si chiuda con l'irraggiamento degli attinidi nei reattori nucleari veloci entro una ventina di anni. Questi tempi, con una valutazione realistica delle condizioni della tecnologia nucleare in Italia e di tutte le necessarie fasi della ripresa sopra elencate per la realizzazione delle centrali attualmente disponibili, non si discostano di molto dal dato riportato per i reattori di IV generazione; lavorare quindi soprattutto per questo obbiettivo, come alcuni sostengono, è tutt'altro che irragionevole.

### *La fusione nucleare*

La soluzione definitiva per la disponibilità dell'energia è riposta, secondo gli esperti, nella fusione nucleare. Tutti i paesi del mondo si sono uniti in questa impresa ed imponenti risorse economiche sono state ad essa dedicate. La realizzazione di un grande impianto sperimentale è prevista nel Centro di ricerca di Cadarache in Francia. L'Italia, che ha una posizione di assoluto rilievo scientifico in questa materia, parteciperà attivamente a questo progetto.

Alla luce delle considerazioni fatte l'interrogativo che da tempo ci si pone, e che è divenuto oramai drammatico, è se ci sarà il tempo per attuare la nuova politica mondiale che è ormai necessaria: se sarà cioè possibile conciliare, in tempi accettabili, la richiesta futura di energia a livello mondiale con la capacità di produrre tale energia, senza i deleteri effetti ambientali con i pesanti oneri economici per le comunità nazionali. Assicurando, al tempo stesso, una migliore armonia economica tra i popoli del mondo e la salvaguardia dell'equilibrio della vita del nostro pianeta.[22]

**GIUSEPPE BIANCHI**

[22] Le conclusioni di questo articolo possono apparire eccessivamente pessimistiche e soprattutto proiettate in tempi lontani. In realtà gli effetti delle emissioni derivanti dai combustibili fossili nell'atmosfera sono già drammaticamente in atto e non solo per quanto riguarda l'effetto serra. Su Herald Tribune del 14 novembre è riportato in prima pagina un lungo allarmante articolo "Over Asia foul cloud sullies air and water". "The imperative to act has never been clearer "Achim Steiner", executive director of the United Nation Environment Program, said in Beijing, where the report "Atmosferic Brown Cloud Regional Assessment report With Focus on Asia" was released.
Nello stesso articolo è detto che "According to Chinese Accademy of Science the glaciers that feed into the Yangtze, Ganges, Indus, and Yellow rivers have shrunk 5% since the 1050 and the current rate of retreat could shrink by an additional 75% by 2050.

# LA SICUREZZA DELLE CENTRALI NUCLEARI ED I RIFIUTI RADIOATTIVI

## L'evoluzione della sicurezza

La sicurezza delle centrali nucleari commerciali per produzione di energia elettrica ha subito una rilevante evoluzione dagli anni '50 ad oggi sia a livello di obiettivi e di criteri, sia a livello tecnologico. I sistemi di sicurezza limitati (ancorché efficaci) istallati nei reattori della prima generazione (come possono essere classificati anche i primi tre reattori italiani e cioè Trino, Latina e Garigliano) si sono evoluti sia per il naturale progresso della tecnologia, sia per fare fronte ai notevoli aumenti di potenza delle centrali.

Sulla base delle analisi conseguenti all'incidente di Three Mile Island del 1979 (incidente che, pur causando un'estesa fusione del nocciolo, non causò conseguenze sulla salute dei lavoratori e della popolazione grazie all'efficacia del sistema di contenimento) l'industria nucleare diventò maggiormente consapevole del fatto che garantire la sicurezza comportava anche una maggiore continuità di esercizio, una migliore protezione dell'investimento e, di conseguenza, anche la riduzione dei premi assicurativi per i rischi nucleari. Ne conseguì una serie nutrita di miglioramenti agli impianti (anche in quelli già in esercizio) che in qualche caso, sovrapponendosi in modo non armonico con regole precedenti, causò anche un aumento notevole dei costi di costruzione.



Poiché fu stabilito che la mancanza di informazioni aperte e trasparenti tra gli esercenti fu una delle cause dell'incidente suddetto, a partire dal 1980 furono avviate diverse iniziative per uno scambio tempestivo e dettagliato delle informazioni su malfunzionamenti anche minori negli impianti onde derivarne tutti i possibili insegnamenti; negli USA fu costituito l'INPO (Institute of Nuclear Power Operations), cui si associarono i maggiori esercenti del mondo, che successivamente divenne la WANO (World Association of Nuclear Operators) cui oggi aderisce l'ENEL per l'Italia. Da notare che il fattore di carico degli impianti (inteso come rapporto tra le ore effettive di funzionamento e quelle teoriche in un anno) è aumentato di più di 10 punti percentuali nell'ultimo decennio. Questo se da un lato ha aumentato la redditività delle centrali nucleari (accentuata anche dalla diminuzione dei costi di manutenzione in relazione allo sviluppo tecnologico) dà anche chiara evidenza dell'aumento di affidabilità e sicurezza degli impianti.

L'incidente di Chernobyl del 1986, ampiamente analizzato nelle cause (lacune progettuali ed errori umani) e nelle conseguenze (spesso esagerate rispetto alle loro reali dimensioni), non ha comportato ricadute importanti sulla tecnologia delle centrali nucleari occidentali la cui sicurezza è da sempre basata su concetti di prudenzialità e di barriere ridondanti ed indipendenti (Difesa in Profondità). Insegnamenti generici ne sono stati tratti, tuttavia, in relazione ad una maggiore consapevolezza dell'importanza del fattore umano, ad una maggiore attenzione ai sistemi di sicurezza di tipo passivo, ai fattori di sicurezza intrinseca del progetto ed alla considerazione esplicita nel progetto di provvedimenti atti non solo a prevenire ma a contenere gli effetti di incidenti estremi, anche se di bassissima probabilità, quali quelli che possono implicare la fusione del combustibile nucleare.

Sulla base degli insegnamenti derivati dall'esperienza di questi incidenti, ma anche di eventi di gravità molto minore, che tuttavia possono dare nel loro insieme indicazioni estremamente utili al miglioramento dei livelli di sicurezza, sono stati gli esercenti di centrali nucleari (e potenziali clienti delle centrali future) a voler definire obiettivi ambiziosi non solo in termini di prestazioni, ma anche di sicurezza, per le centrali avanzate ed ad imporli ai progettisti (AREVA, Westinghouse, General Electric, Atomstroyexport). In questo senso è stato prodotto all'inizio degli anni '90 (e successivamente aggiornato) un documento (URD – Utility Requirement Document) negli USA da parte dell'EPRI (ente di ricerca degli esercenti elettrici americani) con un contributo internazionale assai rilevante (tra cui quello italiano); di poco successiva è l'iniziativa europea capeggiata da EdF (che vede ancora coinvolta in prima fila l'Italia) che ha portato all'EUR (European Utility Requirements) prodotto a metà degli anni '90 e successivamente aggiornato. Tale documento definisce i requisiti prestazionali e di sicurezza per centrali nucleari da realizzare. I requisiti europei sono per alcuni versi anche più avanzati e restrittivi rispetto a quelli americani, per



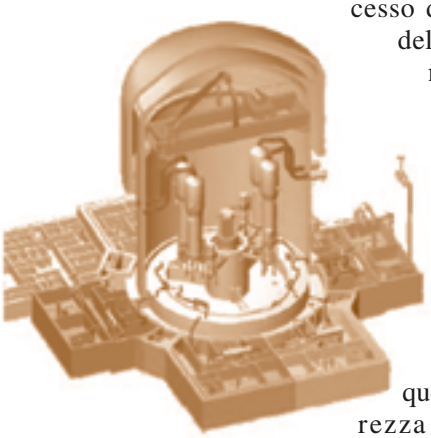


esempio in termini di protezione da caduta d'aereo ed in termini di prevenzione e contenimento degli incidenti estremi.

Obiettivo degli EUR è anche quello di favorire una standardizzazione maggiore per gli impianti europei e non è un caso che sia l'EPR finlandese che quello francese, che quello attualmente proposto nel Regno Unito, siano sostanzialmente basati su questi requisiti. Anche alcuni progetti americani (ad esempio l'AP1000 della Westinghouse) e russi (l'AES92) di centrali nucleari avanzate sono stati "certificati" in accordo con tali requisiti per poter essere proposti in Europa. Questi impianti nucleari (in particolare EPR e AP1000) con caratteristiche notevolmente avanzate rispetto a tutti gli impianti in esercizio possono essere chiamati a buon diritto di Generazione III+.

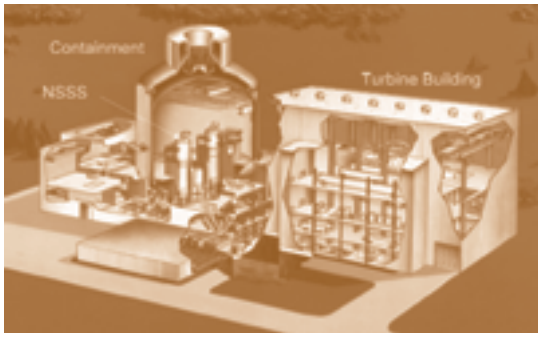
L'interesse degli esercenti a fissare obiettivi di sicurezza ancora più stringenti di quelli fissati dalla normativa in vigore deriva non soltanto dalla loro responsabilità sociale e dall'obiettivo di facilitare i processi autorizzativi, ma anche dall'obiettivo, già prima menzionato, di proteggere investimenti che possono essere messi a rischio da incidenti rilevanti.

Del resto è proprio l'obiettivo industriale di produrre energia elettrica a prezzi competitivi e con grande affidabilità e continuità di esercizio che porta gli esercenti a mettere in primo piano anche l'esperienza operativa e dare il giusto valore alla tecnologia "provata". Gli aspetti troppo innovativi, mentre debbono essere perseguiti dalla ricerca, non possono rientrare in un'ottica industriale fino a che la loro affidabilità non sia prevedibile e dimostrata. Il processo di analisi e diffusione dell'esperienza operativa nell'industria nucleare ha un paragone soltanto con l'industria aereonautica.



Altro elemento di grande rilevanza affrontato dall'industria nucleare con sempre maggiore intensità è quello di rendere la sicurezza garantita in primo luogo da sistemi automatici e, per quanto possibile, passivi, cioè indipendenti sia da fonti energetiche (alimentazione elettrica) che dagli operatori. L'intervento dell'uomo, sempre fondamentale, si orienta tuttavia più alla supervisione della corretta sequenza degli interventi dei sistemi di sicurezza che alla necessità di intervenire in tempi brevi per la loro attuazione. Da questo punto di vista l'evoluzione della tecnologia informatica ha grandemente migliorato rispetto al passato la qualità delle informazioni che vengono rese disponibili agli operatori sullo stato dell'impianto. Tale evoluzione è evidente non solo nell'industria nucleare, ma anche in altre industrie di punta, come l'industria aeronautica, dove la sicurezza è sempre in primo piano.

Comunque, gli obiettivi di prevenzione degli incidenti fissati dagli EUR implicano una probabilità di guasto almeno 10 volte inferiore rispetto agli impianti della generazione precedente, mentre quella di un rilascio radioattivo significativo all'ambiente in tali condizioni è di almeno 100 volte inferiore, grazie alla efficienza ed efficacia di un sistema di contenimento progettato per prevenire qualsiasi rilascio all'esterno dell'impianto. In pratica la probabilità che avvenga un incidente grave è di circa uno ogni alcuni milioni di anni di funzionamento, mentre quella di avere un rilascio significativo all'esterno dell'impianto è uno ogni alcune decine di milioni di anni.




Particolare attenzione è stata data alla riduzione delle conseguenze sull'ambiente e sulla popolazione di eventuali incidenti mediante il contenimento efficace all'interno dell'edificio del reattore di eventuali rilasci, anche rilevanti, di radioattività. Un importante obiettivo di progetto, rispettato da tutti i progetti certificati EUR, è quello di evitare del tutto l'evacuazione della popolazione circostante l'impianto anche in condizioni estreme, rendendo compatibile la localizzazione delle centrali anche in un territorio popolato quale quello europeo.



Gli obiettivi EUR di sicurezza sono il riferimento anche per gli studi in corso in merito alla IV generazione di reptatori (Generation IV) che non

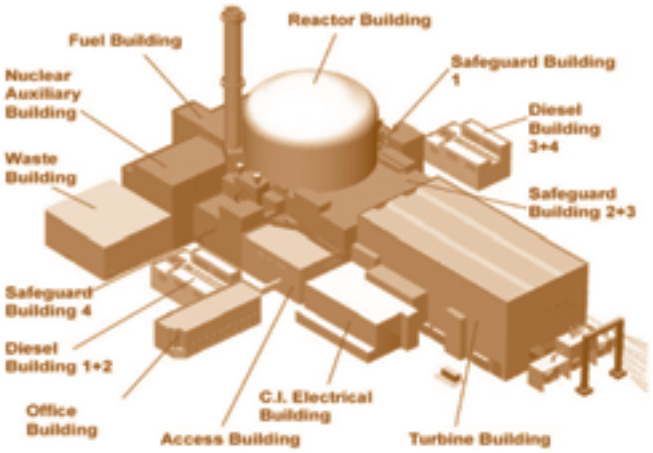
considera al momento giustificato porsi obiettivi diversi[1].

## La protezione fisica delle istallazioni

Negli ultimi anni attacchi terroristici e l'aggravarsi della situazione politica internazionale hanno posto l'accento anche sulle possibili conseguenze della proliferazione della tecnologia nucleare a fini militari, al furto di materiali radioattivi ed alla protezione degli impianti da atti terroristici.

Certamente le iniziative avviate per lo sviluppo a medio e lungo termine dell'energia nucleare per fini pacifici potranno forse ulteriormente rafforzare le difese, anche se quasi tutti questi aspetti sonno già presi in conto nelle centrali avanzate attualmente disponibili.

Ad esempio, concetti come la separazione fisica e l'indipendenza dei sistemi di sicurezza dell'impianto o la sua protezione da caduta di aereo sulla centrale stessa sonno presi in conto sia nel progetto EPR finlandese che in quello francese, in accordo con quanto richiesto dagli stessi requisiti EUR, nonché nell'AP1000 della Westinghoouse.




## I rifiuti radioattivi

Tra gli obiettivi di sicurezza di quella che si può chiamare la III generazione avanzata di impianti (o "*Generation III+")* vi è anche quello di minimizzare la produzione di rifiuti radioattivi durante l'esercizio degli impianti e di quelli prodotti dal loro smantellamento al termine della vita utile con ovvi vantaggi non solo in termini di sicurezza, ma anche di tempi e costi e di impatto ambientale e sociale. Tuttavia, grandi passi sono stati fatti anche per i reattori attuali. Si può citare che in USA la produzione dei rifiuti a più bassa attività è stata ridotta del 96% dal 1980 al 2001[2], mentre in Francia il volume annuale per tali rifiuti[3] prodotto da un singolo reattore di grande potenza è di 91 m$^3$.

I rifiuti radioattivi sono generalmente classificati in 3 categorie:

- I rifiuti a bassa attività provengono generalmente da installazioni nucleari, applicazioni medicali, industria, ricerca scientifica; e includono materiali contaminati quali: carta, stracci, indumenti protettivi, filtri, liquidi vari (soluzioni acquose o organiche), etc. Un reattore nucleare di potenza avanzato ne produce meno di 100 m$^3$ all'anno. In generale il 90% dei rifiuti prodotti appartengono a questa categoria, ma essi contengono solo l'1% della radioattività totale. Questi rifiuti decadono in tempi relativamente rapidi e non richiedono generalmente schermi di protezione. Si possono smaltire in depositi superficiali già realizzati in quasi tutti i paesi industrializzati.
- I rifiuti a media attività sono prodotti generalmente dall'esercizio di centrali nucleari, impianti del ciclo del combustibile (fabbricazione del combustibile, impianti di ritrattamento del combustibile irraggiato, installazioni di ricerca, etc.); includono scarti di lavorazione, rottami metallici, liquidi vari, fanghi, resine esaurite, etc. Un tipico reattore nucleare avanzato ne produce qualche decina di m$^3$ all'anno. Quantità molto maggiori possono essere generate nel corso dello smantellamento finale degli impianti (decommissioning). A loro volta si possono distinguere in rifiuti a vita media breve (decadono completamente in meno di 300 anni) ed a vita media lunga (oltre 300 anni) e per tale motivo il loro smaltimento finale deve essere diversificato. Richiedono la predisposizione di schermature ed il loro smaltimento avviene in depositi quasi-superficiali o profondi già realizzati in quasi tutti i paesi che fanno uso di energia nucleare.



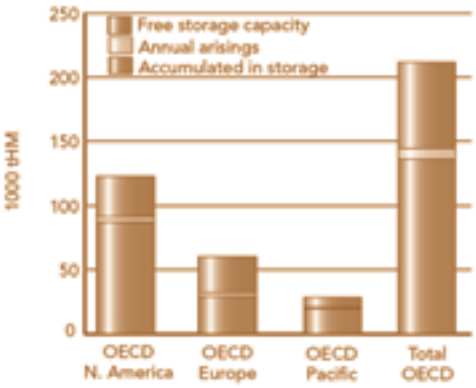
**Sito di smaltimento superficiale di Aube (France)**
**Capacità: 1.000.000 m$^3$ (in esercizio)**

- I rifiuti ad alta attività contengono la maggior parte dei prodotti di fissione e dei transuranici generati nel combustibile nel corso dell'esercizio di un reattore nucleare. Tipicamente sono rifiuti ad alta attività: il combustibile irraggiato esaurito, come tale, se non viene ritrattato (strategia dello smaltimento diretto) oppure il raffinato del primo ciclo di estrazione, se il combustibile è ritrattato. Un tipico reattore nucleare

[1] GEN IV International Forum – 20077 Annual Report, pagina 55 "*The quantitative safety objectivees applicable to the reactors of the third generation are ambitious and offer an improved level of safety compared with generation II systems. These objectives can be used as a reference point for Generation IV systems…*" – Il rapporto è disponibile in Internet nel sito www.geen-4.org

[2] OECD/NEEA – Nuclear Energy Outllook, 2008

[3] Commissariat à l'ènergie Atomique – Informations sur l'ènergie-Energy Handbook, 2005



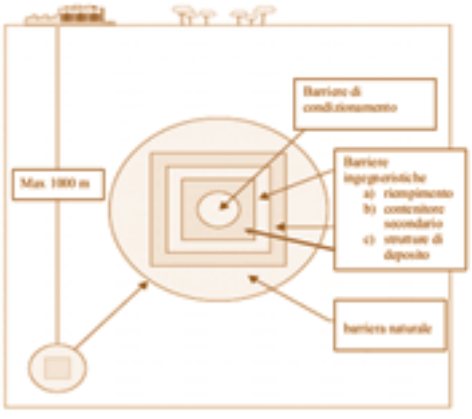

**1. Combustibile nucleare esaurito nei Paesi OECD (fonte NEA)**

di potenza da 1000 MWe produce circa 30 tonnellate all'anno di combustibile irraggiato esaurito. Nel caso di ritrattamento questo quantitativo corrisponde a circa 3 $m^3$ di rifiuti ad alta attività.

Questi rifiuti richiedono spesse schermature e anche sistemi di smaltimento del calore prodotto. Il loro smaltimento finale dovrà avvenire in profondità in strutture geologiche adatte, quali quelle allo studio in molti Paesi. Sono altresì allo studio soluzioni regionali di tipo multinazionale; a tale scopo nel gennaio 2009 è stato costituito l'ERDO (European Repository Development Organization) cui partecipano 14 paesi europei tra cui l'Italia.

Oggi tutte le centrali nucleari operanti in Europa producono in totale circa 500 $m^3$ di rifiuti ad alta attività ogni anno (un cubo di circa 8 m di lato)[4]; da confrontare con i 1.000 milioni di $m^3$ di rifiuti industriali prodotti ogni anno ed i 10 milioni di rifiuti tossici molti dei quali non decadono o degradano. In relazione al loro volume ridotto la necessità di trovare una sistemazione definitiva non appare particolarmente urgente e soluzioni di stoccaggio temporaneo in strutture ingegneristiche di superficie appaiono del tutto accettabili e sicure. Nel caso di realizzazione in Italia di un parco di centrali per complessivi 13.000 MWe (2530% della potenza totale istallata) al termine dei 60 anni di vita operativa esse produrrebbero una quantità di rifiuti ad alta attività pari ad un cubo di circa 12 m di lato.

I costi di smaltimento in depositi geologici profondi (dell'ordine di 500 m), sono molto variabili a seconda delle situazioni e delle tecnologie adottate, ma sono considerati comunque nei costi di decommissioning che incidono per circa l'1 – 2% sul costo del kWh, e quindi si può affermare che hanno una influenza non rilevante sul costo complessivo dell'energia prodotta.



Gli studi in corso per sviluppare un nuovo ciclo del combustibile potranno portare poi tra un paio di decenni ad industrializzare il processo di "bruciamento" di tali rifiuti (sia degli attinidi minori che dei prodotti di fissione a lunghissima vita) eliminando sostanzialmente il problema.

## Conclusioni

In conclusione la problematica della sicurezza nucleare non appare essere l'elemento più critico sia per le autorizzazioni per la costruzione di nuove centrali sia per l'accettabilità da parte del pubblico sia per i rischi legati all'investimento in nuove centrali. È evidente, tuttavia, che gli elementi sopra evidenziati dovranno essere forniti al pubblico nel modo più opportuno, chiaro e trasparente. Il consenso del pubblico e la condivisione delle scelte sono inevitabili in un campo complesso come il nucleare e su temi che possono suscitare reazioni puramente emotive.

Il processo di armonizzazione delle regole di sicurezza a livello internazionale deve proseguire, e già ora è possibile riconoscere in Italia i processi autorizzativi sviluppati in altri Paesi avanzati, con una agevole e rapida rivisitazione dei progetti.

La sistemazione definitiva dei rifiuti radioattivi prodotti non costituisce un problema tecnico irrisolto. Tuttavia va ripreso il processo per individuare concretamente la localizzazione dei depositi finali specie in vista di un programma di costruzione di nuove centrali, ed in conformità con quanto già realizzato in quasi tutti i paesi industrializzati per rispondere anche alle esigenze dell'industria non-energetica e delle strutture sanitarie.

Vi sono altri elementi cui occorre dare opportuna attenzione specie in un contesto di ripresa dell'impegno nucleare del Paese. Il principale responsabile della sicurezza di un impianto nucleare, come definito anche nella Convenzione internazionale sulla sicurezza nucleare, ratificata dal Parlamento italiano nel 1998, è il titolare della licenza di esercizio. Il "sistema di sicurezza", tuttavia deve coinvolgere l'intera industria nucleare ed anche il sistema di controllo istituzionale che deve avere le necessarie risorse e competenze e deve definire con chiarezza le "regole del gioco", anche con riferimento alle prassi internazionali, onde semplificare e rendere più trasparente l'iter autorizzativo.

Si vuole sottolineare infine che la sicurezza è garantita anche dalla disponibilità di personale qualificato e motivato. Il perseguimento di una sempre maggiore "cultura della sicurezza" capillarmente diffusa, la preparazione di personale tecnicamente preparato da parte delle università italiane e la predisposizione di programmi di addestramento adeguati da parte dell'industria nucleare e delle istituzioni preposte alla sicurezza sono condizioni essenziali per consolidare i risultati finora raggiunti e migliorarli.

**Ivo Tripputi**

[4] European Commission – Radioactive waste management in European Union, 1998

# QUADRO GENERALE DI UN POSSIBILE SVILUPPO DEL SETTORE NUCLEARE NAZIONALE

Affrontare il problema dell'approvvigionamento energetico di un Paese come il nostro comporta una strategia proiettata in alcune decine di anni e che venga seguita con coerenza e costanza da tutti i Governi in carica. Questo è ancora di più vero se nella strategia scelta trova spazio anche l'uso della tecnologia nucleare per produrre energia elettrica. Questa tecnologia per le sue caratteristiche ed i suoi aspetti di sicurezza e di impatto sull'opinione pubblica esige tempi lunghi sia per ottenere le autorizzazioni sia per realizzare gli impianti con i quali produrre l'energia elettrica. Queste apparenti "lungaggini", che in ogni caso possono essere ridotte con opportuni interventi legislativi senza intaccare la sicurezza, sono tutte tese ad ottenere alla fine un prodotto, cioè un impianto nucleare, che rispetti integralmente il progetto, le norme e le procedure di sicurezza nazionali ed internazionali.

Un altro aspetto fondamentale da tenere in considerazione per definire una strategia di sviluppo energetico di un Paese è quello di non condizionarla all'andamento dei prezzi sui mercati internazionali delle fonti energetiche fossili, petrolio e gas naturale, come si rischia di fare in questi periodi in cui il prezzo del barile di petrolio è salito un anno fa a 150 $ al barile per poi tornare ai 40 $ di oggi. Questi andamenti dipendono da condizioni geopolitiche oltre che di mercato non sempre prevedibili e tanto meno governabili dai Paesi consumatori come il nostro.

L'Italia deve affrancarsi da questa dipendenza sia per prevenire futuri rincari delle fonti fossili sia per diversificare le fonti oggi utilizzate per la produzione di energia elettrica.

## Quadro internazionale di riferimento

La situazione energetica internazionale, caratterizzata da una domanda di fonti energetiche fossili in forte aumento, richiede la necessità di scelte tempestive e lungimiranti soprattutto e prioritariamente da parte dei Paesi industrializzati come il nostro, che da un lato riducano i rischi derivanti dall'approvvigionamento delle fonti energetiche fossili e di impatto ambientale e dall'altro lato si integrino positivamente con le legittime aspettative di sviluppo economico e sociale di tutti quei Paesi che mirano a raggiungere livelli simili a quelli dei Paesi dell'OCSE.

È in questo contesto internazionale che si sta assistendo ad un rilancio della tecnologia nucleare per la produzione di energia elettrica con l'obiettivo prioritario di arrivare a disporre di tecnologie che risolvano alla radice i tre fondamentali problemi che fino ad oggi hanno reso questa tecnologia poco accettabile da parte dell'opinione pubblica e poco efficace in termini di sicurezza internazionale (rispetto del Trattato di non proliferazione - TNP):

- la quantità e la qualità (livelli e tempi di decadimento radioattivo) dei rifiuti radioattivi,
- la sicurezza intrinseca delle centrali elettronucleari,
- la "resistenza" alla proliferazione nucleare per evitarne usi impropri (TNP).

Infatti, le tecnologie nucleari per la produzione di energia elettrica, a partire dalla costruzione dei primi impianti industriali degli anni 50/60 ad oggi , hanno subito notevoli miglioramenti in termini di sicurezza e funzionalità. Questi cambiamenti, convenzionalmente, sono stati codificati in una serie successiva temporale di tecnologie che vanno sotto il nome di reattori nucleari di Generazione I, II, III, III+ e IV. Oggi le centrali nucleari della Generazione I non sono più in esercizio, mentre in funzione nel mondo vi sono quelle che appartengono alle Generazioni II e III. In costruzione vi sono quelle della "Generazione III+". Quelle della "Generazione IV" sono ancora in via di sviluppo e dovrebbero essere industrialmente disponibili sul mercato tra 25/30 anni quando l'iniziativa denominata **GIF (Generation IV International Forum)**, avviata nel 2000 da Argentina, Brasile, Canada, Francia, Giappone, Repubblica di Corea, Repubblica del Sud Africa, Svizzera, Regno Unito e USA, cui si sono ultimamente aggiunti Russia e Cina, avrà sviluppato e reso industrialmente disponibili nuove tecnologie nucleari che risolvano efficacemente i problemi di fondo sopra richiamati, compresa la competitività con le altre fonti energetiche.

Nel 2006, il Governo USA ha lanciato una iniziativa denominata **GNEP (Global Nuclear Energy Partnership)**, con l'obiettivo di evitare che, la crescente domanda di centrali elettronucleari proveniente anche da Paesi in via di sviluppo, porti con sè la proliferazione di tecnologie, quali l'arricchimento dell'uranio ed il riprocessamento del combustibile nucleare esaurito, il cui uso potrebbe incidere negativamente sulla sicurezza internazionale. Questa iniziativa, se da un lato tende a potenziare il Trattato di non proliferazione (TNP), dall'altro permetterà agli USA di poter ritornare alla tecnologia del riprocessamento per il loro combustibile nucleare esaurito, oggi stoccato in contenitori metallici nei piazzali delle loro centrali elettronucleari, alla tecnologia del riprocessamento.

Queste due iniziative si distinguono nettamente da quelle che, fino ad oggi, hanno portato ai progetti industriali dei reattori nucleari della Generazione III+. Infatti, mentre la ricerca e lo sviluppo delle tecnologie nucleari fino alla Generazione III+, oggi industrialmente disponibili, hanno mirato ad offrire sul mercato, centrali elettronucleari soprattutto "intrinsecamente sicure", le due succitate iniziative internazionali GIF e GNEP mirano per la prima volta a realizzare un sistema integrato "centrale elettronucleare/ciclo del combustibile nucleare/smaltimento dei rifiuti radioattivi" che:

- riduca drasticamente qualità, quantità e tempi di decadimento del livello radioattivo dei rifiuti,

- aumenti ulteriormente la vita energetica del combustibile nucleare prima di essere scaricato dalla centrale. Questo obiettivo incrementerebbe l'operatività della centrale riducendo i già contenuti costi di esercizio,
- mantenga e se possibile migliori gli elevati livelli di sicurezza intrinseca raggiunti con le tecnologie della Generazione III+,
- raggiunga un più elevato livello di "resistenza" alla proliferazione di tecnologie nucleari del ciclo del combustibile nucleare, come l'arricchimento dell'uranio ed il riprocessamento del combustibile esaurito, che rischierebbero di essere utilizzate in modo improprio.

## Quadro nazionale di riferimento

Dal 1987, l'Italia ha abbandonato la tecnologia nucleare da fissione per la produzione di energia elettrica. Il nostro sviluppo energetico si è concentrato sull'uso delle fonti fossili, integrate da fonti rinnovabili (soprattutto quella idroelettrica) e da una riduzione/razionalizzazione dei consumi negli usi finali dell'energia attraverso vari interventi nei settori industriale, civile e dei trasporti.

Oggi scontiamo una dipendenza energetica dall'estero pari all'85% del totale dei consumi interni ed una forte rigidità nell'uso di fonti primarie e di tecnologie per la produzione di energia elettrica.

Alla luce dell'insieme delle domande di nuove autorizzazioni di centrali termoelettriche di questi ultimi anni, delle difficoltà di penetrazione del carbone e della persistente marginalità delle fonti rinnovabili, il mix di fonti primarie per la produzione di energia elettrica si è praticamente concentrato prevalentemente sull'uso del gas naturale. Ciò ci ha portato ad una forte e, conseguentemente, "rischiosa" dipendenza da questa fonte energetica (quello che è successo l'anno scorso e sta accadendo anche in questo periodo invernale tra Russia, Ucraina, Comunità Europea e altri Paesi dell'est ne è un esempio sintomatico) che, tra l'altro, viene attualmente importata quasi esclusivamente "via tubo" rendendoci rigidamente legati ad alcuni fornitori. A questo si aggiunga che le risorse nazionali di questa fonte energetica si stanno fortemente riducendo anche per la mancanza di nuove attività di ricerca sia su terraferma sia in mare.

## Prospettive nazionali di sviluppo industriale del settore nucleare

In questa situazione, l'Italia dovrebbe prendere e sta prendendo una serie di iniziative concrete, in un contesto di coordinamento con le linee direttrici della politica energetica industriale e di ricerca fino ad oggi definite dall'UE e con l'obiettivo strategico del superamento del referendum del 1987, per una nuova politica energetica che nel medio termine veda anche la tecnologia nucleare di Generazione III+ tra le opzioni possibili per far fronte ai fabbisogni energetici nazionali.

L'Italia deve cogliere tutte le occasioni offerte a livello europeo ed internazionale, nel campo sia industriale sia della ricerca, per il nostro reinserimento nella tecnologia nucleare, per risolvere i problemi della disattivazione degli impianti nucleari nazionali obsoleti, per lo smaltimento dei rifiuti radioattivi e per la produzione di energia elettrica.

Il nostro reinserimento nel settore nucleare, tenendo conto che si sta operando in un mercato europeo liberalizzato, potrebbe avvenire attraverso una serie di iniziative industriali e di ricerca che potrebbero mettere in moto ingenti investimenti che farebbero da traino a tutte quelle risorse necessarie affinché formino un "sistema Italia" capace di affrontare gradualmente la sfida della costruzione delle nuove centrali elettronucleari, con una certa autonomia da operatori esteri.

Il "sistema Italia" ha, oggi, di fronte a se una concreta serie di occasioni per iniziative industriali e di ricerca che potrebbero mettere in moto il ritorno del nostro Paese al nucleare.

### *Attività principalmente industriali nel breve/medio termine*

La realizzazione, con riferimento anche ad impegni sottoscritti a livello internazionale, di un deposito nazionale dove smaltire definitivamente i rifiuti radioattivi accumulati fino ad oggi e quelli che verranno prodotti con le attività programmate e non di smantellamento e di altra natura. Questo deposito è fondamentale per poter avviare i programmi di smantellamento delle parti radioattive degli impianti. Questa iniziativa industriale mette in moto una collaborazione importante tra mondo industriale e mondo della ricerca che permetterà di avviare lo sviluppo dei due mondi cominciando a recuperare ciò che abbiamo perso dopo il 1987. Il deposito richiede investimenti che trovano copertura nel fondo accumulato presso la Cassa Conguaglio Settore Elettrico (CCSE) con un prelievo dalla bolletta elettrica (cosiddetta "componente A2"). Poiché il fondo presso la CCSE per legge è destinato solo a coprire i costi degli smantellamenti degli impianti nucleari obsoleti, tale finanziamento verrà recuperato dalla CCSE tramite il non pagamento, da parte della SOGIN S.p.A., del prezzo di conferimento dei rifiuti radioattivi al deposito;

- la chiusura degli esiti del nucleare pre-1987 secondo le linee strategiche già definite per lo smantellamento degli impianti nucleari nazionali obsoleti. Questo programma, nell'arco dei prossimi 25/30 anni, permetterà di mettere in moto investimenti, finanziati col fondo accumulato presso la CCSE con un prelievo diretto (componente A2) dalla bolletta elettrica;
- la collaborazione con la Russia per lo smantellamento di sommergibili nucleari dell'ex-URSS. Questo programma, nato nel 2000 con un impegno del Governo italiano in ambito G8, si sta già attuando con fondi pubblici;
- la definizione in tempi brevi con la Commissione Europea e l'EURATOM di un accordo che consenta all'Italia di gestire l'intero programma di smantellamento degli impianti nucleari obsoleti ubicati nel Centro Comune di Ricerche di Ispra;
- la realizzazione della prima centrale elettronucleare con tecnologia della Generazione III+. Questa iniziativa romperebbe il muro di ghiaccio che si era

formato contro la tecnologia nucleare fin dal 1987;

Per far fronte ad un programma così vasto e complesso che impegnerebbe investimenti, nell'arco dei prossimi 25/30 anni, di dieci/quindici miliardi di euro provenienti da fonti diverse (pubbliche, europee e private) e questo senza tener conto di quanto l'industria italiana sta già facendo all'estero (Slovacchia, Romania, Bulgaria), è necessario che il "sistema Italia", in tutte le sue articolazioni (industriali, ricerca e politiche):

- persegua accodi di collaborazione con operatori esteri depositari delle tecnologie nucleari che possono essere offerte sul mercato. Alcuni progetti di reattori nucleari della "Generazione III+" hanno già superato le procedure di licenziabilità e sono in fase di costruzione in Europa (per esempio in Finlandia e Francia). Questa tecnologia della cosiddetta Generazione III+, dovrebbe coprire il mercato europeo e internazionale fino agli anni 2025/30, anni in cui si prevede di avere a disposizione industrialmente le tecnologie della "Generazione IV";
- persegua accodi di collaborazione con utilities di Paesi che producono energia elettrica anche da fonte nucleare. Ciò permetterebbe l'espansione, già in atto sui mercati esteri, delle nostre "utilities" con l'obiettivo di ridurre i costi di importazione di energia elettrica e, nel breve/medio termine, di sviluppare anche in Italia quelle competenze di esercizio e manutenzione che al momento opportuno saranno utili per la gestione di nuove centrali elettronucleari italiane. Questo obiettivo è già perseguito con lungimiranza ed efficacia dall'ENEL;
- persegua accordi di collaborazione nel campo del ciclo del combustibile e della gestione dei rifiuti radioattivi, con gli operatori industriali dei Paesi con cui sono già in atto relazioni industriali nel campo della domanda e dell'offerta di tecnologie elettronucleari. Tali accordi ci permetterebbero di ridurre l'incidenza dei costi di tali servizi a monte ed a valle del reattore nucleare sul costo dell'energia elettrica;
- agevoli lo sforzo già in atto per incrementare la capacità nazionale di esportazione sui mercati esteri di materiali, componenti, impianti e servizi . È in quest'ambito che si collocano attività già in corso come la partecipazione di imprese nazionali alla realizzazione e alla ristrutturazione di centrali elettronucleari all'estero;
- individui interventi, nel rispetto delle regole di un mercato liberalizzato, per rendere accettabili agli investitori sia le conseguenze degli alti costi d'investimento necessari e dei lunghi tempi di ritorno degli investimenti sia i rischi derivanti dall'accettabilità sociale di questo tipo di tecnologia;
- definisca norme e procedure atte a contenere i tempi di autorizzazione e di costruzione nell'ottica di ridurre i tempi di ritorno degli investimenti, ma sempre nel rispetto delle norme nazionali ed internazionali di sicurezza nucleare;
- operi affinché si creino le condizioni di accettabilità sociale della tecnologia nucleare: informazione, formazione, incentivazione, colloquio trasparente e costante con le autorità locali e regionali.

### *Attività di ricerca e sviluppo nel medio/lungo termine*

La necessità di costruire centrali elettronucleari con le tecnologie della "Generazione III+", per coprire l'arco di tempo di 25/30, non ci deve far dimenticare l'iniziativa internazionale che fu avviata nel 2000 per la ricerca, lo sviluppo, l'industrializzazione e la licenziabilità di una o più tecnologie nucleari della Generazione IV.

Pertanto, sarebbe opportuno che l'Italia aderisse al **GIF** collaborando ai suoi programmi di ricerca e sviluppo dei nuovi reattori, insieme con Argentina, Brasile, Canada, Cina, Francia, Giappone, Regno Unito, Repubblica di Corea, Repubblica del Sud Africa, Russia, Svizzera e USA.

Questi nuovi reattori nucleari mirano ad avere caratteristiche ancora più avanzate, rispetto a quelli della Generazione III+. Gli ulteriori miglioramenti previsti riguardano, più che la sicurezza intrinseca del reattore nucleare già elevata nei reattori della Generazione III+, l'accettabilità sociale, vale dire la riduzione drastica della produzione di rifiuti radioattivi e del loro periodo di decadimento, la convenienza economica rispetto alle fonti fossili, vale a dire di contenimento dei costi e dei tempi d'investimento, la minimizzazione dei rischi di proliferazione nucleare**,** vale a dire rendere tecnologicamente ed economicamente molto complesso e non conveniente ai Paesi che vogliono utilizzare l'energia nucleare dotarsi di impianti di arricchimento dell'uranio e di riprocessamento del combustibile nucleare esaurito. Attraverso l'adesione diretta al GIF, l'Italia parteciperebbe a pieno titolo allo sviluppo di avanzate tecnologie nucleari che domineranno il mercato post-"Generazione III+", mettendo il nostro sistema industriale in condizioni più favorevoli sui mercati nazionale ed internazionale.

Un programma di questo tipo che coinvolge sia il mondo industriale sia quello della ricerca richiede non solo risorse finanziarie ma in particolare risorse umane di cui difettiamo. Per questo motivo il mondo dell'università e della ricerca deve essere messo in grado di formare risorse umane in qualità e quantità adeguate al programma sia per poter essere il supporto efficace ai programmi di investimento industriali sopra descritti sia per gestire i complessi programmi del GIF, coinvolgendo efficacemente il mondo industriale, sia per rendere operativa ed efficiente l'autorità che è preposta alla sicurezza nucleare (la parte nucleare di ISPRA). Questi interventi si proiettano nel medio/lungo termine integrandosi coerentemente con la strategia complessiva che il Governo si sta dando per il ritorno dell'Italia allo sfruttamento delle tecnologie nucleari. Pertanto le Università e gli enti di ricerca nucleare, come l'ENEA, devono celermente essere messi in grado di avviare programmi di formazione di risorse umane che formino un qualificato serbatoio da cui gli operatori industriali e le autorità di sicurezza nazionali possono pescare le necessarie risorse e competenze per la loro attività.

**PIERLUIGI CERRETTI**

## Carbomark, la "filiera corta" delle quote di carbonio

*Progetto nato dalla collaborazione delle Regioni Veneto e Friuli Venezia Giulia e delle Università di Padova e Udine, nell'ambito del Programma Life + 2007*

Durerà 36 mesi, per concludersi dunque nel 2011, il progetto "Carbomark", esperimento regionale che si prefigge di promuovere l'Emissions Trading locale quale strumento per il rafforzamento delle politiche UE relative al protocollo di Kyoto. Nato nell'ambito di Life +, il Programma di finanziamento per l'ambiente, vede come capofila e Lead Partner la Regione Veneto, in collaborazione con il Friuli Venezia Giulia e le Università di Padova e Udine.

Il progetto avrà il triplice obiettivo di aumentare le conoscenze relative alle politiche sui mercati locali delle quote di $CO_2$, facilitare l'attuazione di strategie per la mitigazione dei gas serra a livello locale, creando nel contempo presso i vari stakeholders la consapevolezza circa la necessità di adottare iniziative di controllo delle emissioni climalteranti. Protagonisti dell'iniziativa saranno da un lato i proprietari forestali che incentiveranno piantumazione e tutela del patrimonio vendendo le quote di carbonio fissato dai nuovi alberi e dall'altro, le imprese venete e friulane che acquistando tali quote compenserebbero le emissioni di $CO_2$ derivanti dalle loro attività produttive.

Il costo complessivo del progetto, circa un milione di euro, si avvarrà del cofinanziamento europeo concesso del programma LIFE + 2007.

"Con questo progetto – ha precisato l'Assessore all'Ambiente Giancarlo Conta durante la presentazione ufficiale di Carbomark – la Regione del Veneto potrà dare attuazione concreta non solo alle politiche europee rivolte alla lotta del cambiamento climatico, ma anche agli indirizzi di pianificazione forestale regionali, che vedono nelle iniziative di investimento compensativo volontario e nella creazione di un sistema regionale di scambio delle quote, una delle più valide strategie per il contenimento dei gas serra nell'atmosfera". Annualmente gli oltre 400 mila ettari di foreste venete, ha precisato l'Assessore, assorbono circa 400 mila tonnellate di $CO_2$, per un controvalore di circa 6 milioni di Euro. Un dato importante che sostiene ancora di più la necessità di disporre d'informazioni precise sulle dinamiche del ciclo del carbonio collegate agli ecosistemi agro-forestali e sulle implicazioni economiche derivanti al fine di formulare delle politiche di compensazione o di riduzione delle emissioni d'anidride carbonica a livello nazionale

## Fotovoltaico mondiale: 5,95 GW di potenza raggiunta

*Alla fine dello scorso anno il settore del solare fotovoltaico ha registrato una crescita del 110% rispetto al 2007. E Spagna e Germania si riconfermano le capofila di questo trend*

Sono cifre tutte positive quelle che emergono da Marketbuzz 2009, il rapporto annuale sull'industria fotovoltaica mondiale redatto da Solarbuzz, compagnia internazionale di ricerca e consulenza sull'energia solare. Il settore, infatti, non smentisce il trend del 2007 e continua a crescere a ritmo di record, raggiungendo i 5,95 GW di capacità installata a livello mondiale. Il dato, che rappresenta una crescita del 110% rispetto al 2007, ha come maggiori contribuenti Germania e Spagna, la prima sorpassata dalla seconda per potenza raggiunta rispettivamente con 1,86 GW e 2,46 GW. In rapida crescita la Corea che si assesta al quarto posto con 0,48 GW preceduta dagli Stati Uniti (0,36 GW) e seguita invece da Italia (0,24 GW) e Giappone (0,23 GW). Boom anche per la produzione di celle solari che ha raggiunto 6,85 GW nel 2008, rispetto ai 3,44 del 2007 ed in particolare per il fotovoltaico a film sottile cresciuto del 123%, mentre il policristallino ha segnato un più 127% in termini di megawatt. Ad incrementare il processo produttivo anche la Cina e Taiwan che hanno saputo continuare ad aumentare la loro quota di produzione mondiale, passando al 44% nel 2008 dal 35% nel 2007. Il 2008 è stato caratterizzato anche da un aumento del prezzo dei moduli cristallini, maggiorato del 3% rispetto al 2007 In termini di fatturato il rapporto indica che il settore industriale ha totalizzato 37,1 miliardi di dollari.

## Primo impianto italiano per l'energia dalle alghe

*Nasce a Venezia la prima centrale di questo tipo - secondo i promotori -, con un meccanismo a ciclo completo e nessun impatto per l'ambiente*

"L'obiettivo – ha illustrato Paolo Costa, presidente dell'Autorità portuale di Venezia – è di garantire l'autosufficienza energetica del porto e, nel prossimo futuro, di guardare alla possibilità di fornire da terra l'energia alle navi ormeggiate".

Ecco quindi che sorgerà a Venezia il primo impianto in Italia per produrre energia ricavata dalle alghe, ad emissioni zero che potrà essere attiva tra un paio d'anni. Le alghe che si trovano in laguna saranno coltivate in un'area dismessa a Marghera, vasta tra gli 8 e i 12 ettari. Il progetto prevede un budget di circa 200 milioni di euro e produrrà circa 40 MWh l'anno, cioè l'equivalente della metà dell'energia necessaria agli abitanti del centro storico di Venezia e un terzo della centrale Enel di Porto Marghera.

L'iniziativa è stata promossa e voluta dall'Autorità portuale di Venezia in collaborazione con la società di energie alternative Enalg.

"Non c'è nessuna possibile contaminazione con il territorio circostante – ha voluto premettere Yves Bannel, vicepresidente esecutivo e direttore della divisione europea di Solena Group -. Le alghe che utilizziamo sono le stesse che si trovano in laguna e il circuito dei nostri impianti è chiuso all'esterno. L'unica cosa

che facciamo è aumentare la concentrazione di alghe per metro cubo di un milione di volte rispetto a quanto avviene in natura".
"Le alghe – ha spiegato l'ex ministro dell'ambiente Willer Bordon – superano molte delle criticità delle energie rinnovabili attuali come l'eolico e o il fotovoltaico a cominciare dal fatto che consentono di produrre energia per 8.000 ore l'anno contro le 1.700 del solare".

## Ue: nuove tecnologie per inquinare meno

*Cosa c'è di meglio quando la tecnologia aiuta la tecnologia? In questo caso la Ue, spinge per un utilizzo dell'hi-tech integrandolo alle fonti rinnovabili e al risparmio energetico per migliorane l'efficienza*

Viene dalla Commissione Ue, l'appello lanciato oggi sia al comparto industriale che ai cittadini dei 27 Paesi membri, affinché sfruttino di più e meglio l'hi-tech, contribuendo quindi ad una limitazione delle emissioni e diventando così più ecologici.
"È proprio la tecnologia – spiegano a Bruxelles – che può infatti aiutare a ridurre i consumi e gli sprechi di energia".
In effetti secondo la Ue, un impiego maggiore e più consapevole delle nuove tecnologie potrebbe arrivare a ridurre del 15% nella sola Europa le emissioni di gas nocivi entro il 2020.
Con informazioni più precise sul fabbisogno, i produttori e i distributori di elettricità possono calibrare la loro produzione riducendo al minimo gli sprechi.
"Le nuove tecnologie hanno un potenziale enorme – dice il commissario ai Media, Viviane Reding – ancora non sfruttato, che può far risparmiare energia a tutta l'economia".
E le iniziative, da questo punto di vista, possono essere molteplici. Ad esempio, possono essere utilizzati dei termometri sempre più precisi e affidabili, che consentano di monitorare meglio temperature e dispersioni, fino a ridurre del 17% il consumo energetico dei palazzi.
Anche i sistemi di ultima generazione per le misurazioni nel settore dei trasporti, possono consentire una diminuzione del 27% delle emissioni di gas nocivi. Quindi, basandosi sui dati forniti dalla Commissione Ue, risultati da numerose prove, in molti Stati membri i sistemi intelligenti di misurazione possono aiutare a ridurre il consumo di energia del 10%.


www.sipsinfo.it

SCIENZA E TECNICA *on line*

**LA SIPS, SOCIETÀ ITALIANA PER IL PROGRESSO DELLE SCIENZE - ONLUS**, trae le sue origini nella I Riunione degli scienziati italiani del 1839. Eretta in ente morale con R.D. 15 ottobre 1908, n. DXX (G.U. del 9 gennaio 1909, n. 6), svolge attività interdisciplinare e multidisciplinare di promozione del progresso delle scienze e delle loro applicazioni organizzando studi ed incontri che concernono sia il rapporto della collettività con il patrimonio culturale, reso più stretto dalle nuove possibilità di fruizione attraverso le tecnologie multimediali, sia ricercando le cause e le conseguenze di lungo termine dell'evoluzione dei fattori economici e sociali a livello mondiale: popolazione, produzione alimentare ed industriale, energia ed uso delle risorse, impatti ambientali, ecc.
Allo statuto vigente, approvato con D.P.R. n. 434 del 18 giugno 1974 (G.U. 20 settembre 1974, n. 245), sono state apportate delle modifiche per adeguarlo al D.Lgs. 460/97 sulle ONLUS; dette modifiche sono state iscritte nel Registro delle persone giuridiche di Roma al n. 253/1975, con provvedimento prefettizio del 31/3/2004.
In passato l'attività della SIPS è stata regolata dagli statuti approvati con: R.D. 29 ottobre 1908, n. DXXII (G.U. 12 gennaio 1909, n. 8); R.D. 11 maggio 1931, n. 640 (G.U. 17 giugno 1931, n. 138); R.D. 16 ottobre 1934-XII, n. 2206 (G.U. 28 gennaio 1935, n. 23); D.Lgt. 26 aprile 1946, n. 457 (G.U. - edizione speciale - 10 giugno 1946, n. 1339). Oltre a dibattere tematiche a carattere scientifico-tecnico e culturale, la SIPS pubblica e diffonde i volumi degli ATTI congressuali e SCIENZA E TECNICA, palestra di divulgazione di articoli e scritti inerenti all'uomo tra natura e cultura. Gli articoli, salvo diversi accordi, devono essere contenuti in un testo di non oltre 4 cartelle dattiloscritte su una sola facciata di circa 30 righe di 80 battute ciascuna, comprensive di eventuali foto, grafici e tabelle.

**CONSIGLIO DI PRESIDENZA:**
*Carlo Bernardini*, presidente onorario; *Maurizio Cumo*, presidente; *Francesco Balsano*, vicepresidente; *Mario Alì, Vincenzo Barnaba, Vincenzo Cappelletti, Cosimo Damiano Fonseca, Salvatore Lorusso, Elvidio Lupia Palmieri, Antonio Speranza*, consiglieri; *Alfredo Martini*, amministratore; *Enzo Casolino*, segretario generale.
**Revisori dei conti:**
*Salvatore Guetta, Vincenzo Coppola, Antonello Sanò*, effettivi; *Giulio D'Orazio, Roberta Stornaiuolo*, supplenti.
**COMITATO SCIENTIFICO:**
*Michele Anaclerio, Mauro Barni, Carlo Bernardini, Carlo Blasi, Elvio Cianetti, Waldimaro Fiorentino, Michele Lanzinger, Gianni Orlandi, Renato Angelo Ricci, Fiorenzo Stirpe, Roberto Vacca, Bianca M. Zani*.
**SOCI:**
Possono far parte della SIPS persone fisiche e giuridiche (università, istituti, scuole, società, associazioni ed in generale, enti) che risiedono in Italia e all'estero, interessate al progresso delle scienze e che si propongano di favorirne la diffusione (art. 7 dello statuto).



**SCIENZA E TECNICA**
mensile a carattere politico-culturale e scientifico-tecnico

Dir. resp.: Lorenzo Capasso

Reg. Trib. Roma, n. 613/90 del 22-10-1990 (già nn. 4026 dell'8-7-1954 e 13119 del 12-12-1969). Direzione, redazione ed amministrazione: Società Italiana per il Progresso delle Scienze (SIPS) Viale dell'Università 11, 00185 Roma • tel/fax 06.4451628 • sito web: www.sipsinfo.it - e-mail: sips@sipsinfo.it • Cod. Fisc. 02968990586 • C/C Post. 33577008 • UniCredit Banca di Roma • IBAN IT54U0300203371000400717627 Università di Roma «La Sapienza», Ple A. Moro 5, 00185 Roma.
Stampa: Tipografia Mura - Via Palestro, 28/a - tel./fax 06.44.41.142 - 06.44.52.394 - e-mail: tipmura@tin.it
Scienza e Tecnica print: ISSN 1590-4946 • Scienza e Tecnica on-line: ISSN 1825-9618