

ENERGIA
QUALE FUTURO?

- 1. CONFERENZA DELLE NAZIONI UNITE 2015**
- 2. FISSIONE**
- 3. MATERIALI FISSILI**
- 4. CENTRALI NUCLEARI PER L'ENERGIA ELETTRICA**
- 5. CONCLUSIONI**

1. CONFERENZA DELLE NAZIONI UNITE 2015

Il 12 dicembre 2015 si è conclusa a Parigi la 21^a conferenza delle Nazioni Unite sui cambiamenti climatici (Conference of Parties, COP₂₁) e per la prima volta tutti i numerosi paesi che vi hanno partecipato hanno riconosciuto la necessità di ridurre drasticamente le emissioni di anidride carbonica limitando l'uso di gas, carbone e petrolio. Dopo anni di tentativi, di suggerimenti e di allarmi sui rischi devastanti del cambiamento climatico, a Parigi la comunità internazionale manda un segnale forte: lasciare le fonti fossili nel sottosuolo eliminando sussidi e investimenti.

Cosa fare dunque per produrre energia? Questo problema appartiene a tutti e non è una sfida tra progressisti e conservatori, tra illusioni ambientaliste e concretezza del pensiero più tradizionale. Il problema dell'energia è un problema comune come è comune il danno prodotto dall'inquinamento ambientale che deriva dagli attuali sistemi di produzione. Bisogna però essere convinti che l'inquinamento ambientale è un fatto reale e non qualcosa inventato da ostinati ambientalisti. Respirare polveri e altri agenti tossici, il riscaldamento globale del pianeta, l'inquinamento del suolo, non sono cose che si possono accettare in nome di uno sviluppo economico.

Molto probabilmente nessuno ha la chiave della soluzione. Ma l'importante è non indicare come soluzioni quegli interventi che proteggono soltanto interessi economici e politici.

È in ogni caso fondamentale convincersi che la soluzione al problema energetico è fornita soltanto dalle energie rinnovabili. Infatti, oltre al fatto che i combustibili fossili distruggono i nostri polmoni, non vi è alcun dubbio che alla fine si esauriranno. Quale sarà allora il piano energetico? Non è infatti importante se si creda o no nei cambiamenti climatici. Non è neanche rilevante se si è preoccupati per l'aumento delle temperature o per lo scioglimento dei ghiacciai. Insomma non importa se si creda o no nella ragione della scienza ma è cosa di importanza fondamentale essere convinti che è assolutamente necessario promuovere uno sviluppo sostenibile che possa garantire i bisogni delle generazioni attuali senza compromettere quelli delle generazioni future. Inoltre anche le generazioni attuali potrebbero decidere di vivere in un ambiente più sano, più pulito e forse anche più redditizio (green economy).

Non a caso, Laurent Fabius, presidente della COP₂₁, alla conclusione della Conferenza si è rivolto a tutti i delegati dei paesi partecipanti affermando: *“Se rigetterete questo accordo i nostri figli in tutto il mondo non ci capiranno né ci perdoneranno”*. La cerimonia ufficiale di firma avverrà il 22 aprile 2016 a New York.

Si sono subito sollevate due ipotesi di sviluppo sostenibile. Quattro fra i più titolati climatologi – James Hansen, Ken Caldeira, Tom Wigley e Kerry Emanuel – hanno solennemente sostenuto la necessità di uno sviluppo rapido e massiccio dell'energia nucleare. I quattro ricercatori hanno precisato che tenendo conto dello sviluppo dei paesi più poveri occorrerà costruire 115 reattori nucleari ogni anno da qui fino al 2050 per liberarsi interamente della produzione mondiale di anidride carbonica generata per la fornitura di energia elettrica. Si tenga presente comunque che gli autori si riferivano allo sviluppo dei reattori detti di quarta generazione che sono molto diversi da quelli attuali e alcuni dei quali possono essere molto meno inquinanti, molto meno pericolosi e anche attenuare quella inaccettabile ambiguità tra nucleare civile e nucleare militare che costituisce un peccato originale di questi sistemi di produzione di energia elettrica.

La questione che si è subito aperta è quella di sapere che parte prenderà l'atomo in questa transizione. Si avvierà un'economia del nucleare?

Una risposta caustica a questa opinione è giunta da Naomi Oreskes, storica delle scienze, insegnante ad Harvard, che da sempre si occupa di problemi ambientali. La professoressa Oreskes ha affermato che numerosi e attendibili studi mostrano la possibilità di passare ad un'economia *decarbonizzata* senza sviluppare l'energia nucleare, ma concentrandosi sull'eolico, l'idroelettrico, il fotovoltaico e parallelamente ottimizzando il rendimento energetico e la distribuzione di energia utilizzando le reti elettriche intelligenti (*smart grid*). La conferenza della Oreskes ha suscitato una valanga di commenti, molti dei quali l'accusano di essere eccessiva.

A chi credere? È forse un momento chiave per la storia del nucleare civile? È veramente possibile produrre energia elettrica utilizzando esclusivamente fonti rinnovabili?

Qualche lavoro lo suggerisce. Un rapporto dell’Agenzia dell’ambiente e della gestione dell’energia in Francia (ADEME, Agence De l’Environnement et de la Maîtrise de l’Energie) presenta uno scenario per la produzione di energia elettrica con un misto composto tra l’80% e il 100% di energia rinnovabile entro il 2050. A questo proposito si veda il programma “*wattway*” annunciato in questa occasione dalla Colas, una delle più grandi società che in Francia realizza opere civili.

Ma non tutti sono d’accordo. In particolare il fisico Sébastien Balibar (École Normale Supérieure), convinto assertore della validità dell’energia nucleare, ritiene che il rapporto dell’ADEME considera parametri di rendimento esorbitanti e una eccessiva capacità delle reti per compensare le fluttuazioni meteorologiche, la gestione dei consumi e tutto questo a costi troppo elevati.

D’altra parte un’equipe di ricercatori francesi, coordinati dall’Istituto dello Sviluppo Durevole e delle Relazioni Internazionali, ha costruito uno scenario di transizione per la Francia in cui si rende possibile la riduzione del 75% dei gas serra eliminando progressivamente l’energia atomica nel 2050 e utilizzando le energie rinnovabili al 90%. È bene comunque sottolineare che questo obiettivo si può raggiungere soltanto riducendo del 50% il consumo energetico nazionale. Ciò può essere possibile eliminando gli sprechi energetici, per esempio isolando meglio tutti gli alloggi ad un ritmo difficilmente sostenibile - mezzo milione l’anno – e ciò implica la necessità di gravosi finanziamenti e cambiamenti profondi dei nostri rapporti con l’energia, oggi abbondante e sempre disponibile. Si tratta di uno sforzo enorme che richiede una fortissima volontà politica.

In ogni caso nei diversi interventi tenutisi alla Conference of Parties, COP21, non c’è stata né negazione della scienza né discredito sulle rinnovabili a beneficio del nucleare. L’importante ora è capire se è politicamente possibile cambiare in modo radicale i nostri comportamenti: non c’è questione più aperta di questa.

Poiché è diffusa la convinzione che senza lo sviluppo di tecnologie nucleari è impossibile raggiungere gli obiettivi di riduzione delle emissioni inquinanti e tantomeno sperare in un’indipendenza energetica, oggi come in passato si prepara un’affascinante e coinvolgente dibattito.

Ciò che determina la differenza di opinioni è la strategia che si vuole mettere in atto per realizzare un piano energetico che renda possibile tutto questo.

Per poter partecipare e sostenere le proprie convinzioni occorre capire bene cos’è il nucleare, avere prima una corretta informazione tecnica e scientifica e finalmente decidere in modo responsabile le modalità di sviluppo o di recessione da questo settore.

L’energia nucleare si fonda attualmente sulla fissione. Cos’è?

2. FISSIONE

Come è noto la materia è costituita da atomi. È molto diffuso rappresentare gli atomi con un nucleo grande e pesante attorno al quale ruotano alcune particelle molto piccole e leggere dette elettroni. I nuclei atomici sono costituiti da un insieme di particelle, alcune cariche positivamente, dette protoni, e altre prive di carica elettrica, dette neutroni. Il numero dei protoni caratterizza ogni elemento e ne attribuisce il nome.

È anche noto che cariche elettriche tutte positive si respingono.

La prima domanda che ci viene in mente è: come può il nucleo rimanere unito? Perché i protoni che sono tutti carichi positivamente e posti molto vicini fra loro non si respingono? Perché insomma la mutua repulsione non li costringe a separarsi?

Il fatto è che nei nuclei oltre alle forze elettriche ci sono anche altre forze note solo ai fisici in quanto sono lontane dalle nostre esperienze quotidiane. Siamo infatti abituati a sperimentare le forze gravitazionali o anche le forze elettriche e magnetiche ma non quelle all'interno dei nuclei atomici dove agiscono forze elevatissime a distanza molto ravvicinata. In particolare protoni e neutroni sono sollecitati da una forza attrattiva molto intensa, nota come interazione forte, che si comporta come una colla fortissima poiché si manifesta solo se le particelle sono molto vicine, praticamente "appiccicate", e questa forza riesce a tenere insieme i protoni nonostante la repulsione elettrica.

E questo ha un'importante conseguenza. Se un nucleo contiene troppi protoni e diventa troppo grosso, ha difficoltà a stare unito. Più ci sono protoni nel nucleo e più forte è la repulsione elettrica, finché l'equilibrio è così delicato che il nucleo è quasi pronto a disgregarsi per effetto della forza elettrica repulsiva. Se un simile nucleo viene urtato leggermente, come si può fare inviandogli contro un neutrone, si rompe in due pezzi, ciascuno carico positivamente e questi due pezzi si respingono con una forza molto elevata e schizzano lontano l'uno dall'altro. Di solito l'energia che si ottiene viene chiamata nucleare anche se è di origine elettrica. I due pezzi non sono sempre gli stessi e sono generalmente due elementi ad alta radioattività che emettono fra l'altro forti radiazioni noti come raggi gamma.

La divisione del nucleo in due parti è detta fissione, dal termine inglese *fission* che ha il significato di dividere, separare. I materiali con grandi nuclei che sono pronti a dividersi e a liberare una grande quantità di energia, vengono perciò detti "fissili".

Quali sono i materiali fissili? Come utilizzare la loro energia?

3. MATERIALI FISSILI

Per quanto detto è chiaro che un materiale fissile deve possedere un nucleo grande e pesante e quindi con molte particelle. Diciamo superiore a 200. Non tutti i nuclei pesanti però sono pronti a dividersi, essendo alcuni più stabili di altri e ciò soprattutto in base ad un delicato equilibrio tra protoni e neutroni. Così, ad esempio, il nucleo dell'Uranio 235, che ha 235 particelle di cui 92 sono protoni, è abbastanza instabile e basta solo una "bussatina" per dividerlo, mentre quello dell'Uranio 238 (U238), che possiede lo stesso numero di protoni ma ha tre neutroni in più, è più stabile e non si divide. Anzi se viene colpito da un neutrone questo viene inglobato formando l'Uranio 239 (U239). Ma quando si eccede con i neutroni accade che interviene un'altra forza nucleare, chiamata interazione debole, che attiva un processo noto come *decadimento beta* che ha l'effetto di trasformare un neutrone in protone cambiando così elemento chimico. Accade allora che l'U239 si trasforma in Nettunio 239 (Np239) che è ancora instabile e quindi per ulteriore decadimento si trasforma in Plutonio 239 (Pu239) che è un materiale fissile.

L'U238, che non è un materiale fissile, quando è colpito da un neutrone si trasforma nel fissile Pu239. Per questo motivo l'U238 è detto *fertile*. Tra i materiali fertili è interessante considerare anche il Torio 232 (Th232) che possiede 90 protoni. Incorporando un neutrone diviene Th233 e per decadimento beta si trasforma prima in Protoattinio 233 (Pa233) e poi in Uranio (U233) che è un materiale fissile.

I materiali fissili più interessanti sono dunque l'U233, l'U235, e il Pu239. Di questi solo l'U235 si trova in natura, gli altri due bisogna produrli a partire da un materiale fertile.

Per ottenere energia da un materiale fissile occorre colpirlo con neutroni per provocarne la fissione. Il primo problema che si pone è quindi quello di avere una sorgente di neutroni. Occorre in realtà solo una piccola sorgente per avviare il processo di fissione, in quanto un materiale fissile, oltre a dividersi, emette a sua volta altri 2 o 3 neutroni che possono produrre altre fissioni e così ottenere altri neutroni ancora. Un fenomeno di questo tipo produce rapidamente molti neutroni, tantissime fissioni e una grande quantità di energia. È questo il processo noto come *reazione a catena* che è in grado di innescare un'esplosione atomica.

Se si vuole costruire una bomba atomica occorre quindi studiare la reazione a catena e utilizzare l'U235 o il Pu239. Non è conveniente utilizzare l'U233 per diverse difficoltà di manipolazione e sicurezza. L'U235 si trova in natura disperso nell'Uranio naturale costituito in grandissima parte da U238 e perciò l'Uranio naturale non può essere utilizzato così come si trova, ma occorre concentrare l'U235 e questo si ottiene mediante un processo detto di arricchimento dell'Uranio naturale.

La tecnologia per arricchire l'Uranio è l'elemento chiave per comprendere se un paese ha intenzione di produrre armi nucleari.

Il Pu239 invece bisogna produrlo perché questo prezioso materiale che tutt'oggi costituisce l'asse portante di ogni armamento atomico non si trova in natura. Un modo molto vantaggioso per produrlo è quello di bombardare con neutroni i nuclei di U238 che così trasmutano in Pu239. Anche le bombe atomiche più moderne ed efficienti che non si basano sulla fissione ma sulla fusione di nuclei leggeri hanno bisogno di Pu239 per essere innescate.

L'era nucleare è tragicamente iniziata con la costruzione di armi nucleari. Le prime due bombe atomiche costruite furono denominate *Little Boy* e *Fat Man*. *Little boy* era ad U235 e fu sganciata il 6 agosto 1945 a Hiroshima, *Fat Man* utilizzava il Pu239 e fu sganciata il 9 agosto 1945 a Nagasaki. La realizzazione di queste bombe è iniziata con la costruzione di un reattore nucleare dove si riuscì a regolare l'attività dei neutroni e realizzare così la prima reazione a catena controllata che avvenne a Chicago il 2 dicembre 1942 sotto la guida di Enrico Fermi. Non a caso il più grande laboratorio americano di ricerca sulle particelle atomiche è a Batavia, alle porte di Chicago, ed ha il nome di *Fermilab*.

4. CENTRALI NUCLEARI PER L'ENERGIA ELETTRICA

Dopo l'uso della fissione in campo militare si sono sviluppate diverse filiere di reattori nucleari per la produzione di energia elettrica. L'idea è quella di utilizzare la grande quantità di calore che si sviluppa durante la reazione nucleare per scaldare acqua, generare vapore e far muovere una turbina collegata ad un grande generatore elettrico.

Per raggiungere questo scopo occorre saper controllare la reazione a catena e questo richiede un complesso sistema di controllo. Occorre insomma mantenere la reazione in equilibrio senza che questa prenda la mano provocando un rilascio di energia troppo rapido e incontrollato ed è per questo che aumentare la potenza di un reattore nucleare è un'operazione che richiede molto tempo. Se sfugge il controllo di questa criticità il calore prodotto diventa eccessivo e può provocare la fusione del reattore con grande rischio di un epocale inquinamento ambientale, così come è accaduto per cause molto diverse a Chernobyl nel 1986 e Fukushima nel 2011.

Il materiale fissile utilizzato nelle centrali nucleari è uranio naturale o arricchito in U235 a seconda delle varie filiere. In ogni caso si utilizza una miscela di U235 e U238. In questo modo i neutroni prodotti dalla fissione dell'U235 in parte andranno a produrre nuove fissioni e altri saranno inglobati dall'U238 che muterà in gran parte in Pu239. È utile osservare che il processo utile per la generazione di energia elettrica è soprattutto il calore prodotto dalla fissione dell'U235, mentre il Pu239 è un materiale di scarto. Come scarto è fortemente inquinante e costituisce forse il problema più difficile per lo smaltimento delle scorie di un reattore, ma occorre ricordare che è anche un materiale molto pregiato per la costruzione di armi atomiche. L'ambiguità intrinseca in ogni reattore nucleare è proprio questa: il Pu239 è un sottoprodotto della produzione di energia elettrica o è l'energia elettrica un sottoprodotto della produzione di Plutonio?

L'uno o l'altro di questi punti di vista dipende dalle condizioni storiche e politiche di un paese. Ma il peccato originale di questa ambiguità tra usi civili e militari della tecnologia propria di una centrale nucleare non è stata mai risolta. Si veda oggi il caso dell'Iran.

Per molti paesi e per molti anni l'energia elettrica è stata un utile sottoprodotto per la produzione di Plutonio. Tipico è l'esempio francese. Attualmente la Francia produce circa l'80% dell'energia elettrica utilizzando centrali nucleari. Nessun altro paese al mondo ha affidato la produzione di energia elettrica a centrali nucleari in questa proporzione. La maggior parte dei paesi è al di sotto del 30%. Per comprendere la scelta francese bisogna andare indietro nel tempo quando nel 1958 la Francia decise di costruire la cosiddetta *force de frappe*, e cioè una grande forza militare basata su armamenti atomici. Non a caso la Francia è il terzo paese al mondo, dopo Russia e Stati Uniti, a possedere un arsenale atomico militare.

È bene comunque sottolineare che quando un paese prende decisioni che riguardano aspetti militari costruisce anche reattori finalizzati esclusivamente alla produzione di Pu239 senza occuparsi della produzione di energia elettrica. È però evidente che adottando una sinergia tra produzione di energia elettrica e produzione di Pu239 si combinano interessi civili e militari con grandi vantaggi sui rispettivi costi di produzione.

La situazione attuale è molto diversa. Infatti molti paesi hanno accumulato quantità fin troppo grandi di Pu239 e il problema è come smaltirlo. Soltanto raramente, come accade oggi per l'Iran, il sospetto che si vogliano utilizzare tecnologie nucleari per produrre Pu239 e non per generare energia elettrica può avere un valido fondamento.

Oggi si stanno sviluppando le cosiddette centrali di *quarta generazione* che bruciano il plutonio o non lo producono affatto. Inoltre sono molto più efficienti, cioè producono molta più energia a parità di peso di combustibile, sono più sicure e producono anche meno scorie.

Le centrali nucleari di I, II e III generazione si differenziano in base a criteri costruttivi che cercano di aumentarne la sicurezza e l'efficienza, ma non cambiano le modalità di produzione dell'energia elettrica. La IV generazione è costituita da centrali nucleari che bruciano anche i prodotti di fissione. Alcune utilizzano il Torio come combustibile nucleare in quanto non produce plutonio, è più abbondante dell'uranio e non produce scorie che restano radioattive per alcuni millenni.

In ogni caso i primi prototipi dei reattori nucleari di quarta generazione sono previsti a partire dal 2020 e generalmente sono anche ben visti in quanto rappresentano l'unica tecnologia possibile che può smaltire le ingenti quantità di plutonio accumulate, anche se per raggiungere la piena maturità industriale occorre attendere ancora qualche decennio.

5. CONCLUSIONI

I reattori nucleari possono produrre soltanto energia elettrica che costituisce generalmente solo un terzo del fabbisogno energetico di un paese. Inoltre per vari problemi, soprattutto legati alla regolazione della potenza, non è conveniente produrre tutta l'energia elettrica con il nucleare. Infatti, ad eccezione della Francia, la quota generalmente attribuita al nucleare per produrre questa forma di energia è inferiore al 30%. Quindi dal punto di vista della liberazione dai combustibili fossili il nucleare non rappresenta una soluzione molto efficace potendo ridurne i consumi soltanto di pochi punti percentuali. A questo proposito è bene ricordare che la nuclearizzata Francia è generalmente tra i paesi che importano maggior petrolio e in alcuni anni è stato il primo importatore in Europa.

Si aggiunga inoltre che gli elementi prodotti dalla fissione (*scorie*) sono materiali radioattivi molto inquinanti per il suolo e di difficile smaltimento, e che alcuni sono molto tossici e rimangono radioattivi per molte decine di migliaia di anni e perciò per tutto questo tempo devono restare invetriate e seppellite in qualche deposito sperando che non avvengano fenomeni catastrofici che potrebbero inquinare falde acquifere. Nessuno in realtà può garantire sicurezza per tempi che superano la storia dell'uomo, e in ogni caso depositi di tal tipo costituiscono proprio un bel regalo da affidare alle generazioni future.

È per altro singolare osservare come si possa sostenere con una leggerezza a dir poco sorprendente un periodo di sorveglianza di almeno trecento anni per le scorie nucleari meno inquinanti mentre per altri tipi di scorie a media e ad alta radioattività sia possibile prevedere una sistemazione in depositi geologici per decine di migliaia di anni.

Sorge forse spontanea la considerazione che la produzione di energia elettrica con questo nucleare pone più problemi che soluzioni. Infatti non aiuta in modo significativo ad abbattere il consumo dei combustibili fossili e pone molti gravi problemi come lo smaltimento dei rifiuti radioattivi, la sicurezza e l'inquinamento ambientale, la proliferazione di armi nucleari, il rischio di atti terroristici e la militarizzazione del territorio. Per quanto riguarda la sicurezza e il rischio di inquinamento ambientale basti ricordare che il disastro di Chernobyl ha prodotto una diffusione in molti stati europei di sostanze radioattive che a distanza di circa 30 anni sono ancora rilevabili in molte parti d'Europa.

(http://www.repubblica.it/ambiente/2015/05/13/news/chernobyl_fa_ancora_paura_esperti_chiedono_intervento_ue-114262061/).

Se l'obiettivo è la riduzione dei consumi dei fossili molto probabilmente è più conveniente ridurne il consumo intervenendo su riscaldamento e trasporto. Si veda a questo proposito la proposta del comune di Zurigo che ha avviato il progetto "2000-Watt-Gesellschaft (*società a 2000 Watt*)", che prevede l'isolamento di tutti gli alloggi e cambiamenti profondi per il trasporto urbano con l'obiettivo di ridurre a un terzo l'attuale consumo di energia *pro-capite*.

Prof. Paolo Del Vecchio