

UN OSSIMORO SI AGGIRA PER L'EUROPA: L'AMBIENTALISMO CAPITALISTA

INDICE

Introduzione	1
Nucleare, emergenza climatica e sostenibilità Angelo Tartaglia	3
Energia, emissioni e scenari futuri Sandro De Cecco	11
Nucleare civile e proliferazione militare Angelo Baracca	16
Nucleare e Tassonomia "verde" Giorgio Ferrari	21

INTRODUZIONE

Questa pubblicazione nasce dalla raccolta degli atti del convegno "Un ossimoro si aggira per l'Europa: è l'ambientalismo capitalista" tenutosi il 22 gennaio 2022 nei locali della Facoltà di Ingegneria de La Sapienza di Roma.

Un'iniziativa che fa parte del percorso che da tempo come Cambiare Rotta stiamo portando avanti e che ha la funzione di contribuire alla costruzione di una "bussola per le lotte concrete", ovvero, finalizzata all'organizzazione di un'opposizione politica alla strumentalizzazione capitalista della questione ambientale. Riportiamo di seguito la breve introduzione al convegno, poche parole che alla luce della precipitazione bellica in Ucraina assumono maggiore concretezza e ci confermano l'esigenza di agire per fermare una sistema che rischia di trascinare l'intera Umanità verso il punto di non ritorno.

L'incompatibilità tra ambiente e modo di produzione capitalista emerge nel limite fisico di una natura finita e limitatamente riproducibile delle risorse che ci circondano: questo non impedisce al capitalismo di tentare comunque di sfruttare a suo vantaggio le crisi provando a rilanciare nuovi processi di accumulazione, legittimato da un consenso che costruisce ad arte sul piano ideologico/comunicativo sussumendo le istanze ambientaliste e disinnescando la conflittualità che potrebbe emergergere.

Per quanto ci riguarda, come comunisti che vivono e agiscono dentro la cittadella imperialista dell'Unione Europea, riconosciamo questa come soggetto agente in un contesto multipolare di ipercompetizione sempre più agguerrita. Da qui deriva la

necessità non rimandabile di rafforzare la propria autonomia e indipendenza sul nodi strategici come il tema energetico e ambientale.

Non a caso nei giorni scorsi il Commissario europeo all'industria, Thierry Bretòn, ha dichiarato che questa fase è l'occasione per costruire dopo l'Europa della democrazia – a cui mai abbiamo creduto – e l'Europa del mercato, un'Europa del potere. Lo stesso Bretòn che parla di investire 500 miliardi di euro nell'energia nucleare da qui al 2050.

Guardiamo con inquietudine queste parole consapevoli che è sempre più forte una tendenza alla guerra, confermata dall'aumento massiccio di fondi per le spese militari, in cui il rilancio di programmi per l'energia nucleare civile può diventare la premessa di un nuovo slancio anche in ambito militare.

Nella fase brevemente riassunta da queste coordinate, il dibattito di questi mesi sul ritorno al nucleare, qualunque esito avrà, rappresenta la ricerca di strumenti per reggere la competizione internazionale.

Non perdiamo tempo e ci dichiariamo da subito in netta opposizione a questa ipotesi, impegnadoci nei prossimi mesi in attività di controinformazione, agitazione e mobilitazione su tutto il territorio nazionale.

Consapevoli della nostra non autosufficienza, in questo percorso avremo bisogno di tutte le forze intellettuali disposte a contribuire con il loro portato di conoscenza ed esperienza alla formulazione di una critica organica alla riproposizione del nucleare.

Pensiamo sia importante anche lanciare da questa iniziativa un appello rivolto a tutte le forze sociali, politiche e di movimento alla costruzione di una grande mobilitazione nazionale in primavera alla centra nucleare di Caorso, che proprio nel 2022 vedrà iniziare le operazioni di smantellamento del reattore, luogo simbolo della storia del movimento antinucleare di questo paese. Se l'Unione Europea vorrà proseguire sulla strada del rilancio al nucleare ai nostri posti ci faremo trovare!

NUCLEARE, EMERGENZA CLIMATICA E SOSTENIBILITÀ

ANGELO TARTAGLIA

Ormai è universalmente riconosciuto, ancorché sotto traccia continuino ad essere presenti delle posizioni "negazioniste", che l'umanità si trova a fronteggiare una emergenza climatica globale che essa stessa ha provocato. È come se fossimo a bordo di una barca portata dalle acque di un fiume: dal corso normale si sta passando ad un tratto fatto di rapide a pendenza crescente al di là del quale c'è una cascata. L'urgenza immediata è quella di remare tutti insieme per raggiungere la sponda il più in fretta possibile, per poi decidere insieme come continuare il viaggio.

Sul piano istituzionale la stessa Unione Europea ha riconosciuto l'emergenza fissando in forma vincolante per gli stati membri l'obiettivo del conseguimento entro il 2030 di una riduzione del 55% (rispetto ai livelli del 1990) delle emissioni di gas climalteranti in atmosfera e, a seguire, sempre in forma vincolante, quello della parità carbonica entro il 2050.

Ora però la stessa Unione fra le soluzioni sembra voler includere non un cambiamento di rotta, ma il rilancio di una mitica fonte di energia che dovrebbe consentire contemporaneamente la indefinita crescita dei consumi e lo stop all'impatto sul clima: l'energia nucleare.

Al riguardo una prima banale osservazione è che per rispettare gli obiettivi europei occorrono provvedimenti efficaci entro approssimativamente un decennio. Non è però possibile realizzare nuovi impianti nucleari, in aggiunta a quelli già esistenti o in costruzione, in grado di sostituire centrali a combustibili fossili e relative emissioni entro la scadenza del 2030.

La realizzazione ex novo di una centrale nucleare richiede normalmente più di un decennio. Nel frattempo il cantiere è un emettitore netto di gas climalteranti.

Se ne deduce che la fonte nucleare non è in alcun modo un mezzo per affrontare l'emergenza climatica. Il rilancio delle centrali atomiche ha quindi un'altra valenza e un altro significato: quello di fornire energia aggiuntiva per alimentare una crescita materiale che è in realtà fisicamente insostenibile.

Sostenibilità del nucleare

Per estendere il ragionamento anche al di là dell'emergenza immediata, occorre innanzitutto dare una definizione di "sostenibilità". In modo pragmatico si può dire che un processo che implichi variabili fisiche è "sostenibile" quando è in grado di proseguire per un tempo molto più lungo dei tipici tempi umani, senza compromettere le basi fisiche che gli permettono di svolgersi né produrre effetti collaterali cui la biosfera non possa adattarsi.

Se si accetta una simile definizione, gli unici processi effettivamente sostenibili risultano essere quelli che usufruiscono di fonti energetiche la cui disponibilità è valutabile su archi temporali estremamente lunghi (dalle centinaia di migliaia di anni in su) e che vengano usate in una prospettiva di equilibrio dinamico con l'ecosistema.

Da questo punto di vista il nucleare non è sostenibile in quanto:

- a) La fonte primaria, sotto forma di isotopi fissili reperibili nella crosta terrestre o nei mari, non è affatto di lunga durata;
- b) L'impatto indotto dalle centrali nucleari, tanto in caso di incidenti, che per il normale funzionamento, non dà luogo a forme possibili di adattamento.

Sul primo punto: già negli anni '70 del secolo scorso si stimava che, se avesse dovuto far fronte al fabbisogno energetico dell'umanità, il nucleare avrebbe potuto avere una durata confrontabile con quella del petrolio, misurabile in qualche decennio. In un caso come nell'altro il problema non è tanto la quantità di isotopi fissili naturali o di idrocarburi presenti negli strati superficiali del nostro pianeta, quanto quella dei giacimenti concretamente utilizzabili a condizioni e costi accettabili.

Sul secondo punto: la produzione di energia basata sulla fissione di isotopi naturali produce necessariamente le cosiddette "scorie" cioè i prodotti della fissione.

Questi ultimi sono una miscela di radioisotopi distribuiti su un ampio ventaglio di tipologie: le maggiori abbondanze sono intorno ai numeri di massa 90 e 140.

Alcuni di questi isotopi hanno tempi di decadimento brevi o brevissimi (frazioni di secondo, minuti, ore...): essi sono responsabili di una intensa radioattività di breve termine. Altri radioisotopi prodotti dalla fissione viceversa hanno tempi di decadimento molto lunghi (anni, decenni...). Oltre a ciò i neutroni prodotti dalla fissione, e che sono vitali per il mantenimento della reazione a catena, vengono in parte assorbiti anche dall'U238 che è la componente più abbondante del "combustibile" nucleare.

Se i neutroni sono "veloci" l'U238 può anch'esso subire la fissione (sono stati realizzati alcuni esempi di "reattori veloci" che però presentano seri problemi di controllabilità), diversamente l'assorbimento di un neutrone avvia delle trasformazioni nucleari che convertono l'U238, con il passaggio intermedio di un isotopo dell'Americio, in plutonio Pu239 che è fissile e di interesse militare (può essere impiegato per l'innesco a fissione delle bombe termonucleari).

Questo isotopo, ovviamente anch'esso radioattivo, ha un tempo di dimezzamento di poco più di 24.000 anni. Considerando tutto, le barre di "combustibile" esaurite contengono una miscela di sostanze radioattive che sono pericolose per la biosfera (e per gli esseri umani in particolare) per tempi misurabili in migliaia di anni.

La vita utile di una centrale nucleare si misura in decenni: le più recenti sono omologate per una durata di 60 anni, le precedenti lo erano per 40 anni anche se poi qualcuna (è il caso di alcuni impianti francesi, ma non solo) è stata mantenuta in vita per un decennio aggiuntivo.

Non è possibile prolungare più di tanto questo tempo in quanto l'intenso irraggiamento, le elevate pressioni e le alte temperature cui sono sottoposte le strutture più interne alla centrale rendono il tutto via via più debole e a rischio di cedimenti. A fronte di questi pochi decenni troviamo un'eredità pericolosa per millenni. È questo il nocciolo della insostenibilità del nucleare.

D'altra parte non ci sono "soluzioni" per il problema delle scorie in quanto queste, come abbiamo visto, sono "necessarie". Quello che le migliorie tecnologiche attuate o

ipotizzate possono conseguire è, da un lato, una maggiore efficienza nella produzione di energia in modo da diminuire la quantità di scorie per MWh prodotto (senza mai poterla azzerare); dall'altro fare in modo da ridurre la durata della pericolosità delle scorie stesse.

Questo secondo risultato si ottiene trattando le scorie mediante processi di irraggiamento con particelle, a partire dagli stessi neutroni generati dalla fissione durante il funzionamento del reattore, oppure successivamente bombardando le scorie con fasci di particelle generati da un acceleratore. Nel secondo caso le quantità trattabili volta per volta sono estremamente modeste e l'operazione richiede un dispositivo molto complesso e molto costoso. In entrambi i casi lo scopo è quello di convertire gli isotopi a vita media lunga in altri a vita media più breve. In concreto per questa via si può sperare di ridurre la durata pericolosa dai millenni ai secoli: l'essenza del problema resta immutata.

Non vi sono dunque "soluzioni" al problema delle scorie. Al netto di possibili riprocessamenti del materiale esaurito allo scopo di estrarne i residui isotopi fissili (tra cui anche il plutonio), le scorie finali non possono che essere immagazzinate in depositi la cui caratteristica sia quella di essere stagni ad ogni interazione con la biosfera su tempi dell'ordine delle migliaia di anni. Per individuare simili eventuali depositi occorre trovare siti per i quali si possa con ragionevole certezza affermare che non verranno compromessi da eventi sismici o da eventi estremi per qualche migliaio di anni a venire; al riguardo si ipotizzano invariabilmente quelli che vengono chiamati depositi geologici profondi.

Un punto debole di qualunque ipotetico deposito di quel tipo è che, per immagazzinarci le scorie, occorre raggiungerlo e quindi perforare gli strati che lo rendono inaccessibile e, cosa molto importante, impermeabile all'acqua. Dopo aver perforato, per così dire, il coperchio, ciò che è estremamente dubbio è la capacità di risigillarlo su di una scala temporale quale quella già citata. Una peculiare difficoltà deriva dal fatto che le scorie debbono essere poste dentro dei contenitori adatti, per esempio in rame o in acciaio inossidabile, a loro volta annegati in blocchi di cemento. Ora, le scorie, proprio perché radioattive, producono calore, che dovrebbe essere smaltito, in quanto diversamente, alzandosi la temperatura, le pareti dei contenitori si indeboliscono (il cemento tra l'altro comincia a sgretolarsi in capo a pochi decenni) e se nell'ambiente circostante è presente dell'umidità, questa combinata con temperature elevate produce corrosione.

Come se non bastasse, per scorie non riprocessate e che quindi contengono ancora del materiale fissile, bisogna stare estremamente attenti alla disposizione e al distanziamento dei singoli contenitori per evitare che, a seguito di qualche cedimento, si possa accidentalmente rifare in qualche punto massa critica riavviando la fissione a catena. Che questa eventualità non sia del tutto astratta è dimostrato dal fatto che i geologi hanno scoperto negli anni '70, in prossimità del fiume Oklo in Gabon, le tracce di un reattore nucleare naturale fossile che ha funzionato a intermittenza per qualche centinaio di migliaia di anni quasi due miliardi di anni fa: il sito è una miniera di uranio e nell'epoca considerata la percentuale di U235 era simile a quella del combustibile arricchito di oggi (l'U235 decade più rapidamente dell'U238), le infiltrazioni di acqua fecero da moderatore e così poté avvenire e mantenersi una reazione a catena.

Oggi la massima parte delle scorie della fissione prodotte nel mondo da quando il primo reattore è entrato in funzione sono immagazzinate provvisoriamente in superficie presso gli impianti che le hanno generate. Il resto è stato disperso nell'ambiente a seguito di incidenti e dell'esplosione di testate nucleari e le sue tracce sono in effetti rilevabili nell'atmosfera come nelle acque marine.

L'unico deposito per ora dichiarato ufficialmente "definitivo", anche se non ancora operativo, è quello di Onkalo in Finlandia, prossimo al sito di Olkiluoto che ospita due centrali attive e una terza che dovrebbe ufficialmente collegarsi alla rete elettrica finlandese a fine gennaio 2022. Il deposito, è stato scavato dentro un basamento di granito a profondità comprese tra i 400 e i 500 metri; dovrebbe entrare in funzione a partire dal 2023.

Particolarmente istruttiva è la vicenda del sito tedesco di Schacht Asse II, ora dismesso. È stato ricavato in una ex miniera di salgemma e di potassio a profondità comprese tra 500 e 750 metri ed ha cominciato ad essere utilizzato a fine anni '60. L'uso è stato interrotto a fine anni '90, dopodiché si sono cominciati a fare dei piani di chiusura del sito rivelatosi insicuro, previa però la riestrazione delle scorie radioattive già immagazzinate. Quest'ultima operazione si sta rivelando estremamente complessa e costosa, oltreché parzialmente impossibile.

Attualmente si prevede l'avvio delle operazioni di recupero e spostamento dei materiali in un deposito superficiale temporaneo a partire dal 2033. Nel frattempo si sono riscontrate contaminazioni da cesio Cs 137 in acque salmastre percolanti dalla ex-miniera. Gli stessi interventi umani hanno portato a cedimenti degli strati di

salgemma nei locali destinati alle scorie (oggi riempiti di sale), infiltrazioni di acqua con formazione di salamoie estremamente corrosive, rischi di esplosioni e altro ancora.

Negli Stati Uniti un deposito geologico definitivo è stato ipotizzato nella Yucca Mountain, nello stato del Nevada. Autorizzato dal Congresso nel 2002, lo stesso Congresso ha tagliato i fondi nel 2011, dopodiché si è iniziata una complessa vicenda di stop and go che finora ha lasciato il deposito in un limbo di incertezza.

I numerosi depositi "provvisori" in superficie richiedono una sorveglianza continua e sono comunque soggetti ai contraccolpi di possibili eventi estremi. È possibile garantire una efficace sorveglianza, senza falle, per molti decenni o addirittura secoli? E come mettersi al riparo da eventi estremi, sismi e altro?

Quanto al tema della sicurezza delle centrali penso che ne parleranno altri in questo stesso convegno. Val però la pena di dire qualcosa sul paradigma in cui si colloca l'odierna spinta verso il nucleare.

Il mito della creascita

Quello che coloro che hanno responsabilità decisionali, siano essi politici o ancor di più rappresentanti del mondo delle imprese e della finanza, sembrano caparbiamente voler perseguire il mito dell'eterna crescita dell'economia, che concretamente implica una crescita delle quantità di materia trasformata e manipolata e dunque anche dell'energia necessaria.

Che una crescita materiale illimitata in qualunque ambiente finito sia impossibile non avrebbe nemmeno bisogno di essere ribadito, tanto più che ora la presenza dei limiti fisici e termodinamici si rende vieppiù manifesta sia sotto forma di tracollo climatico che sotto forma di crescente indisponibilità di materie prime, fonti energetiche incluse, a prezzi accettabili.

Tuttavia nel conflitto tra la difesa a oltranza delle gerarchie sociali date e l'esigenza di porre mano ai meccanismi stessi dell'economia al fine di renderla compatibile con vincoli fisici non negoziabili, tende a prevalere la fuga nel mito, scambiando la scienza con la magia e cercando con la fantasia una meravigliosa fonte illimitata di energia "pulita". La panacea di turno questa volta dovrebbe essere il nucleare.

Purtroppo fonti come quelle non possono esistere. Attenzione che non hanno queste miracolose virtù nemmeno le "rinnovabili" a meno di riuscire a stabilizzarne il fabbisogno. E qui si inciampa nel centro di tutti i problemi: la famosa "crescita", invocata in tutte le sedi e da tutti i maggiori commentatori, nonché dagli economisti mainstream.

Qui vorrei limitarmi a citare un argomento aggiuntivo riguardo all'impossibilità fisica della crescita, aggiuntivo rispetto alla limitatezza delle risorse materiali che ormai tutti dovrebbero avere presente. Se noi consideriamo un qualsiasi processo produttivo, possiamo pensarlo come un flusso di energia e materie prime che entrano nel processo stesso portando in uscita ad un flusso di beni o anche servizi che saranno poi collocati sul mercato. Diciamo che c'è una produzione lorda continua di beni o servizi che ha un costo materiale rappresentato dalla corrente di risorse necessarie. Il vantaggio è la differenza tra il prodotto lordo e i costi (materiali); ovviamente ci si organizza in modo che questi ultimi siano minori del prodotto lordo. Fin qui tutto bene, almeno finché la produzione è costante. Quando vogliamo far crescere la produzione lorda, quel che succede (è un fatto fisico) è che i costi (materiali) crescono più in fretta. Senza ricorrere qui a formule e dimostrazioni faccio solo un esempio banale. Pensiamo ad un automezzo su di una strada: la durata del viaggio sarà pari al rapporto tra la lunghezza del percorso divisa per la velocità media. Poniamo di voler dimezzare il tempo di viaggio: dovremo raddoppiare la velocità. Per farlo occorre immettere dell'energia aggiuntiva nell'autoveicolo. Il fatto però è che l'energia cinetica di un mezzo in movimento è proporzionale al quadrato della velocità; insomma per raddoppiare la velocità mi serve il quadruplo dell'energia. Se la velocità cresce il fabbisogno di energia cresce (almeno) secondo la legge del quadrato. Se la velocità è il prodotto e l'energia è il costo, la seconda cresce più in fretta del primo. Questa caratteristica è propria di tutti i flussi. Risultato: il vantaggio netto (l'utile) di un processo produttivo in crescita viene progressivamente eroso dalla crescita più rapida dei costi.

Riportando l'andamento temporale troviamo una tipica curva che inizialmente cresce, poi raggiunge un massimo e successivamente crolla (la discesa è molto più rapida della salita). Questi sono i caratteristici cicli dell'economia classica che sono tradizionalmente curati cambiando processo produttivo e che così si vorrebbero curare anche oggi (con "l'innovazione") nella convinzione di avere sempre infinite opzioni a disposizione: ma il mondo è finito... Se poi applichiamo il ragionamento all'economia globalizzata nel suo insieme ecco che se ci si intestardisce a perseguire la crescita a tutti i costi sperando nei miracoli (tipo il "nucleare") non se ne esce.

E il guaio è che la caduta è tendenzialmente disastrosa, come è tipico dei collassi nei sistemi complessi.

Da un po' di tempo in qua, ragionando su queste cose, e tanto per conferire al tutto un alone classico, ho adottato un motto: Deus dementat quos vult perdere. Ragionando però noi possiamo riuscire a non perdere il senno e, per quanto non sia semplice, a cambiare strada, sempre che vogliamo farlo.

Le energie rinnovabili

Ci sono altre strade percorribili al livello energetico? Le cosiddette rinnovabili lo sono. Per "rinnovabili" si intende fonti con una durata prevedibile che è fuori scala rispetto ai tempi umani (Sole – luce e vento – e Terra – calore).

La critica che più spesso viene mossa è che è impossibile sostenere i consumi energetici a partire dalle rinnovabili.

Innanzitutto sottolineiamo il fatto che l'andamento esplosivo del consumo di energia nel mondo è il problema. Poi osserviamo che l'energia solare presente in natura è alcune migliaia di volte quella che noi attualmente utilizziamo; dando per assunto che in astratto non potremmo usare tutta quell'energia, in realtà ne basta una frazione molto piccola per soddisfare il nostro fabbisogno.

Tuttavia, l'uso di questa fonte implica modificare di molto il paradigma di utilizzo dell'energia, perché questa fonte ha la caratteristica di non essere concentrata ed ha il limite di essere (dal punto di vista terrestre) aleatoria e dipendente da meteo e latitudine.

Serve una modifica dell'atteggiamento nei confronti dell'energia. Attualmente è un bene che si produce per venderlo e fare profitto, mentre è un bene primario come l'aria o l'acqua che bisognerebbe collettivamente organizzarsi per avere a disposizione.

ENERGIA, EMISSIONI E SCENARI FUTURI

SANDRO DE CECCO

Iniziamo da una panoramica: dove si situa e a cosa serve il nucleare nello scenario mondiale di produzione dell'energia; quali sono i suoi limiti e perché. Concluderemo sugli scenari, dalla scadenza intermedia del 2030 allo scenario di riferimento del 2050: come si arriva a questi scenari, chi li studia e costituisce; la necessità di iniziare un percorso verso la costituzione di un raggruppamento di forze ed intelligenze che un tale scenario lo costruiscano dal basso, dal momento che non è più in dubbio il fatto che bisogni tendere ad azzerare le emissioni di carbonio.

Nel mondo dell'energia lorda che si produce circa ¼ è consumata per produrre elettricità. Tutto il resto è consumata per alimentare direttamente riscaldamento domestico, trasporti (collettivi o personali), industria, agricoltura e servizi.

Quando parliamo di nucleare lo inseriamo nel quadro della produzione di energia elettrica. In particolare, sull'energia elettrica prodotta al livello mondiale, il nucleare rappresenta circa il 10%: questo vuol dire grosso modo 2.5% dell'energia totale prodotta. Questo già ci dice che se anche postulassimo che il nucleare non produce emissioni è intuitivo che per diminuire le emissioni dovremmo occuparci del restante 98% di produzione (maggioritariamente basata su combustibili fossili).

Entriamo nello specifico della sola elettricità e del caso europeo (Francia ed Italia in particolare). In Francia grossomodo la produzione di energia elettrica è sempre circa ¼, unica frazione dell'energia prodotta su cui può vantare di aver realizzato l'indipendenza energetica, cavallo di battaglia dei nuclearisti. Infatti di questo quarto circa il 70% è prodotto da energia nucleare, mentre il restante 30% si suddivide tra un 20% rinnovabile (idroelettrico e solo in minima parte fotovoltaico ed eolico –

percentuale che peraltro, a differenza dell'Italia, non è cresciuta negli ultimi 20 anni) ed un 10% fossile. In Italia la situazione al 2020 è la seguente: quasi 40% di energie rinnovabili (aumentate di un fattore 2 rispetto agli anni '90) e 60% di fossile (nell'ambito della produzione di energia elettrica che rappresenta sempre ¼ della produzione totale di energia). Di questo fossile il gas naturale metano negli ultimi 20 anni ha sostituito quasi completamente la combustione di carbone e di petrolio.

L'Italia quindi, rispetto alla Francia, già nel 2020 ha superato gli obiettivi intermedi verso la scadenza del 2030. Questo in realtà è stato possibile perché in Italia non è più presente (e non lo è mai stata in maniera corposa) una fonte di produzione di energia elettrica molto rigida come il nucleare – un reattore, una volta acceso, non si può spegnere o modulare a seconda delle esigenze.

La Francia con i suoi 56 reattori (cira 60 GW di potenza installata) e un potenziale nazionale di produzione di energia elettrica dell'80% (anche se adesso è un po' più basso) ha visto questo come un fattore non abilitante dell'aumento di energie rinnovabili all'interno del proprio mix energetico elettrico. Le ragioni sono due:

- 1) La già citata rigidità della produzione di energia elettrica. Questo ha anche un'altra conseguenza, cioè che il surplus (prodotto di notte o in periodi dell'anno in cui il quantitativo di energia richiesto è minore) viene esportato a prezzi molto bassi; contemporaneamente non riesce neanche a far fronte ai picchi di domanda, durante i quali è comunque costretta ad acquistare elettricità a caro prezzo (addirittura anche dall'Italia).
- 2) Gli investimenti. Infatti il parco nucleare francese è molto vecchio (installato fra fine anni '70 ed inizio anni '80), quindi le centrali arriveranno a scadenza nell'arco dei prossimi 10 anni (nonostante i lavori di adeguamento che ne hanno prolungato la vita a caro prezzo 2 miliardi a reattore soprattutto a seguito dell'incidente di Fukushima). Queste spese (circa 100 miliardi a fronte del 18% di energia prodotta al livello nazionale) vanno considerate anche al netto di un depauperamento generale dell'economia e di una drastica diminuzione delle competenze tecniche che garantiscano lavori di adeguamento di qualità.

Da questo deriva un'altra considerazione: il nucleare è un sistema complesso che è figlio di tempi in cui lo Stato direttamente faceva una politica industriale con un indotto (anche privato ma essenzialmente pubblico) anche culturale e di formazione

Oggi in Europa il livello tecnico e scientifico globalmente si sta abbassando molto e formare tecnici e genio nucleare per i prossimi 30 anni in Francia (secondo le stime di EDF) vuol dire dover assumere ai fini del mantenimento della potenza installata 4000 ingegneri e tecnici l'anno nei prossimi 10 anni.

Rispetto ai nuovi reattori (EPR, generazione III, III+) in costruzione a Flamenville (Francia) ed in Finlandia: dovevano costare 3-4 miliardi ognuno ed essere costruiti in meno di 6-7 anni. In realtà sono più di 15 anni che si aspetta, e stanno costando circa 14 miliardi l'uno (19 miliardi se si contano gli interessi). Di fronte a questi fatti si risponde che sono i primi modelli (non proprio, dal momento che ce n'è uno già operativo in Cina e già fermato per un guasto) e che i prossimi verranno a costare solo 7 miliardi. Questo vuol comunque dire che per 6 EPR (quelli che Macron sta promettendo in campagna elettorale per rimpiazzare quelli che "andranno in pensione" entro il 2050) il costo stimato è di circa 45 miliardi di euro (dimezzando le stime rispetto ai dati attuali).

Il peso di questi costi è cruciale per introdurre il discorso sulla tassonomia cioè capire perché il nucleare è rientrato in gioco e perché proprio con investimenti sulle centrali attuali da approvare fino al 2050 ed investimenti per centrali future fino al 2045. Infatti oggi in Europa nessuno stato può emettere debito, quindi deve finanziarsi sui mercati: questi 150 miliardi di cui la Francia ha bisogno possono essere reperiti sul mercato, e sicuramente è più facile finanziare una tecnologia che abbia la "green label" della tassonomia.

Ovviamente il problema non è solo finanziario, ma anche energetico, scientifico, tecnico, di sicurezza ed ambientale. Perché ad esempio non abbiamo voce in capitolo su ciò che farà la Francia con i suoi reattori? Dovremmo, dal momento che siamo un Paese confinante ed un incidente di gravi dimensioni riguarderebbe tutti almeno al livello continentale. Ci riguarda tutti anche perché una presenza importante e fissa di produzione di energia elettrica nucleare sul Continente vuol dire una capacità minore di sviluppare alternative "carbon-free".

A proposito delle emissioni di carbonio, un po' di numeri.

A parte che nell'Europa dell'Est, il carbone è stato praticamente dimenticato nel resto del Continente. L'emissione di CO2 derivante dalla produzione di energia elettrica bruciando carbone è circa 800 g/kW, mentre per il gas metano si aggira tra i 400 ed i 500 g/kW.

Rispetto al gas, invece bisogna distinguere a seconda del ciclo di vita (corto o breve): c'è differenza di impatto tra il gas fossile e quello prodotto dalla metanizzazione ad esempio dei rifiuti alimentari urbani o agricoli, più facile da ri-fissare a breve termine nei terreni agricoli e forestali.

In sostanza non è che non ci sia emissione di CO2, ma il bilancio totale nell'aria a fine ciclo è prossimo allo zero. Ad esempio bruciando biogas in una stessa centrale a metano si ottengono emissioni di carbonio di circa 10 g/kW.

Altra questione portata dai proponenti del nucleare è quella dei costi. Oggi il costo dell'energia è circa di 45-50 euro/MW/h: per seguire il trend, il nucleare sta cercando di abbassare i costi per rendersi competitivo (fatto che ha suscitato il dissenso dei lavoratori di EDF). Invece, per quanto riguarda solare ed eolico, i costi stanno scendendo dai 100 euro/MW/h a 50 euro/MW/h o meno, minimizzando quindi le differenze anche in questo frangente.

Rispetto alle emissioni di CO2 del nucleare, invece, si nasconde lo scheletro nell'armadio: se è vero che l'emissione di CO2 è nulla nella fissione del nucleo di Uranio235 e che dalla costruzione al funzionamento della centrale il bilancio è tutto sommato positivo (c'è una fase di costruzione della centrale che comprende cemento, siderurgia e trasporti, mentre durante il periodo di vita contando i servizi si arriva ad un'emissione di 20–30 g/kW), dobbiamo considerare anche non solo il decommissioning della centrale ma anche il ciclo del combustibile.

Il problema del nucleare oggi, che da questo emerge, è che non abbiamo chiarezza sui numeri. Il ciclo del combustibile ha innanzitutto un processo di estrazione (l'Uranio è presente per una parte su 1000 nei minerali uraniferi) che dal punto di vista chimico sono particolarmente energivori e lo diventeranno ancora di più con il progressivo abbassarsi della concentrazione di uranio nelle miniere. Questa fase a monte del processo, in Francia, è diventata segreto militare, quindi non abbiamo contezza del bilancio CO2 completo. Segue il processo di smaltimento, di cui poi si parlerà più avanti. In totale arriviamo quindi ad un ciclo (per un reattore EPR, di cui si sta discutendo adesso) che comprende 60 anni di vita della centrale, quasi 20 di preparazione, 20 di costituzione del combustibile e 40–50 anni di ecommissioning, rendendolo un ciclo che copre circa un secolo.

Concludiamo con gli scenari al 2050.

Non basta rendere "carbon-free" il 25% di produzione di energia elettrica. C'è un 75% che non possiamo ignorare. Quindi nessuno scenario ragionevole (e per questo invito a guardare gli scenari dell'associazione francese Negawatt) può esimersi da: un elemento di sobrietà energetica (riduzione del consumo totale di energia – circa del 30% – elemento imprescindibile per avere una qualche speranza di far fronte alla crisi ambientale); un'elettrificazione massiccia di produzioni basate principalmente su idrocarburi fossili. Questo vuol dire che complessivamente si dovrà produrre più elettricità che adesso, oltre a trasformare le attuali quote fossili di elettricità in rinnovabili.

Da questo punto di vista la restante percentuale di energia necessaria (calore diretto) dovrà essere garantita da biomassa o da fonti a ciclo corto. Tuttavia lo sviluppo di fonti intrinsecamente fluttuanti come il vento comporta la necessità di sviluppare due elementi:

- 1) l'interconnessione di una rete al livello continentale in modo che, considerando una regione più grande, le fluttuazioni siano in media trascurabili.
- 2) implementare lo stoccaggio a cui ricorrere nei picchi di produzione. Da questo punto di vista, si parla molto del così detto idrogeno green, nonostante anche su questo punto ci sia molta confusione. In generale, lavorare a meccanismi ad alta efficienza che permettano di non degradare la qualità dell'energia elettrica prodotta.

Rispetto alla tassonomia, c'è anche il nodo del gas. Mentre sul nucleare le relazioni da parte del gruppo TEG (contrarie) sono già state pubblicate, sul gas si applicano vincoli abbastanza stringenti: le emissioni devono essere sotto i 270 g/kW entro il 2030, le quote di emissione del carburante devono passare al 55% di biogas entro il 2030 e dopo il 2030 la quota di emissione deve passare a meno di 100 g/kW.

Questo vuol dire che mentre la proposta del nucleare ha lo scopo di salvare i francesi dalla speculazione finanziaria, quella del gas è messa lì semplicemente per registrare una situazione di fatto: i Paesi dell'Est Europa attualmente legati al carbone non riuscirebbero a rientrare negli obiettivi concordati.

NUCLEARE CIVILE E PROLIFERAZIONE MILITARE

ANGELO BARACCA

L'argomento sarà l'uso duale (civile e militare) della tecnologia da fissione.

Iniziamo con una precisazione: il nucleare non si studia a scuola, e poco in università; ma bisogna avere presente che una reazione nucleare non è solamente potente, ma radicalmente diversa da quelle convenzionali. I processi nucleari mettono in gioco energie milioni di volte più grandi di quelle messe in gioco dai processi che avvengono spontaneamente sulla terra. Questa è la sostanza dell'incompatibilità assoluta dello sfruttamento energetico del nucleare con i processi terrestri e anche il motivo per cui i residui radioattivi rimarranno per migliaia di anni in eredità alle future generazioni.

Entrando nel merito per spiegare il processo di fissione ai non addetti ai lavori, ricordiamo che l'Uranio è l'elemento più pesante presente in natura e ha due isotopi principali: l'Uranio 238 (componente maggioritaria) e l'Uranio 235 (meno dell'1% di abbondanza). Quest'ultimo è quello che più interessa, dal momento che assorbendo neutroni va in contro a fissione (si divide) emettendo contestualmente una grande quantità di energia (ordine del milione di volte maggiore rispetto ai processi chimici) oltre che 2–3 neutroni (più di quanti ne assorba) consentendo quindi di sviluppare la reazione a catena che provoca la fissione degli altri nuclei (sempre 235) adiacenti.

È questo il senso del cosiddetto "arricchimento": aumentare la concentrazione di 235U (rispetto a quello 238) in modo da rendere l'uranio adatto alla fissione a catena. Per farlo ci sono diversi processi: quello più moderno ed efficiente è la centrifugazione, che sfrutta la diversa massa dei due isotopi per separarli.

Di arricchimento si possono avere diversi gradi, a seconda della concentrazione di 235U rispetto a quella di 238U. Per i reattori ad acqua leggera attualmente in uso si ricorre ad arricchimenti del 2-4%. L'arricchimento richiesto per fabbricare bombe nucleari è invece superiore al 90%; tuttavia già oltre il 20% si parla di Uranio miliare ("weapon grade"), dal momento che da questa percentuale in poi è più facile aumentare a piacere l'arricchimento.

Ad esempio, nell'accordo JCPOA con l'Iran del 2015 è stato imposto al Paese un limite di arricchimento del 3.67% in cambio della sospensione delle sanzioni economiche e commerciali. Tuttavia, non essendo cessate le misure di embargo, l'Iran sta attualmente procedendo con l'aumento dei livelli di arricchimento arrivando attualmente al 5-6%.

Nel range "weapon-grade" si situano anche i reattori militari, usati ad esempio dalla marina statunitense per la propulsione navale. Il motivo è che a causa della necessità di concentrare la produzione di energia in spazi molto piccoli (per esempio su un sommergibile) si usano arricchimenti compresi tra il 40% ed il 90%.

Questo è anche il concetto alla base del funzionamento degli small reactors (che verranno approfonditi successivamente), reattori oggi proposti che hanno arricchimenti molto alti rispetto a quelli convenzionalmente indicati come "civili".

In questa direzione vanno i nuovi progetti che dovrebbero fare impiego di combustibile HALEU (High Assay Low Enriched Uranium) che promette maggiore sicurezza ed insieme maggiore potenza per unità di volume ma che proprio per questo richiede un arricchimento che va dal 5 al fatidico 20%.

È interessante notare che in un ambito così strategico militarmente si ricorre all'uso di "due pesi e due misure". Infatti, mentre l'arricchimento dell'Uranio è stato vietato all'Iran (ancora molto lontano dal raggiungere un grado militare di arricchimento), il Brasile (sotto la dittatura militare tra il 1964 ed il 1985) era ad un passo dalla bomba atomica. La Corea del Nord richiederebbe un discorso a parte, quindi per motivi di tempo si rimanda all'articolo: https://www.armscontrol.org/act/2020-10/news/north-korea-continues-uranium-enrichment.

Se l'Uranio 235 è fondamentale per l'arricchimento in campo militare, anche l'Uranio 238 ha un ruolo fondamentale. Infatti assorbendo neutroni, tramite una catena di trasmutazioni può essere trasformato in Plutonio 239 (239Pu), un elemento

transuranico artificiale che essendo fissile come l'Uranio 235 costituisce il nucleo ideale per la creazione di bombe.

Il primo esperimento in proposito è stato la "pila" di Fermi (eufemismo usato con la funzione di sminuire la portata militare dell'esperimento) che nel 1942 verificò la possibilità di produrre Plutonio per irraggiamento neutronico. Infatti il 16 luglio del 1945 la prima bomba nucleare testata fu quella al Plutonio fatta esplodere ad Alamogordo durante il Trinity Test. Il 6 e 9 agosto dello stesso anno una bomba all'Uranio arricchito su fatta esplodere su Hiroshima, ed una al Plutonio su Nagasaky.

Dopo il 1945, per più di 10 anni furono costruiti solo reattori militari (plutonigeni o per propulsione navale). Va anche osservato che tutti i Paesi che hanno avuto programmi nucleari militari o hanno realizzato la bomba hanno iniziato costruendo reattori a fissione. Questa è l'evidenza più schiacciante del legame inscindibile tra uso civile e militare di questa tecnologia. Non a caso Israele, per mantenere l'egemonia nucleare in Medio Oriente, bombardò i centri nucleari di ricerca di Osirak (Iraq, nel 1981) e di Deir ez Zhor (Siria, nel 2007) ed oggi mette in conto di fare la stessa cosa con l'Iran.

Si consideri che nel 1977 lo stesso Presidente statunitense Jimmy Carter (ingegnere nucleare) proibì proprio per questo motivo il ritrattamento del combustibile nucleare esaurito. La Gran Bretagna ha cessato nel 2012, mentre la Francia prosegue (ad esempio nell'impianto La Hague). Resta un grande interrogativo rispetto al Giappone, che con 47 già tonnellate di plutonio separato (potenzialmente 6000 testate) sta avviando degli impianti di riprocessamento del combustibile.

Oltre che per la fabbricazione del Plutonio, l'Uranio depleto (completamente spogliato del 235) ha una densità talmente grande che, se messo nei proiettili, buca le corazze dei carri armati. Queste mine anticarro sono state usate a profusione in scenari di guerra che vanno dall'Iraq alla Jugoslavia. In particolare, dei militari italiani che hanno operato in Jugoslavia maneggiando senza protezioni i residui dell'Uranio impoverito, 7600 sono gli ammalati e 400 le vittime.

In Iraq, invece, i residui sono rimasti addirittura alla portata dei bambini, con gli impatti riportati in questo studio: https://davidswanson.org/new-study-documents-depleted-uranium-impacts-on-children-in-iraq/. Per una panoramica più generale dal "Bullettin of the Atomic Scientists" si consiglia "The disturbing and under-researched legacy of depleted uranium weapons": https://thebulletin.org/2020/07/war-and-the-environment/.

Ricordiamo poi che la proliferazione militare non vuol dire solo bombe. Infatti le guerre hanno un impatto fondamentale sul cambiamento climatico sotto diversi punti di vista: basti pensare al fatto che il Dipartimento di Difesa degli Stati Uniti è il maggiore consumatore di energia del Paese, con 500 basi solo in USA; oppure che lo stesso cambiamento climatico è un moltiplicatore di minacce, la cui gestione militare determina un'escalation di danni ambientali e sulla popolazione.

Anche rispetto alla famosa fusione la ricerca militare va avanti. Sempre negli Stati Uniti è stata costruita nell'ultimo ventennio dal Dipartimento della Difesa un enorme impianto per il confinamento inerziale (National Ignition Facility, Los Alamos), in cui 192 super-laser concentrano la loro energia su un pellet di Deuterio e Trizio (isotopi dell'Idrogeno) del diametro di un chicco di riso fino a portarlo alla temperatura adatta all'innesco della fusione nucleare. Lo scopo di questa ricerca è progettare microtestate che evitino la penalizzazione della massa critica richiesta per innescare la fissione nucleare.

NUCLEARE E TASSONOMIA "VERDE"

GIORGIO FFRRARI

L'argomento saranno quelle che sono presentate come tecnologie avanzate in campo nucleare. Prima di questo, alcune precisazioni sull'attualissimo tema della tassonomia europea: come viene presentato il nucleare, cosa significa e quali sono gli attori principali.

Tassonomia

Intanto ricordiamo il fatto che non tutto il nucleare e non tutto il gas sono stati introdotti nella tassonomia: un'epurazione squisitamente politica da parte dell'Unione Europea. Infatti la tassonomia (iniziata parecchi anni fa) non è altro che una classificazione merceologica di tutte le attività che secondo la Commissione Europea sono non solo ecosostenibili, ma anche di interesse della Comunità Europea (ad esempio i fondi pensione) e quindi godono di tutela (se non addirittura sovvenzioni europee) sul mercato.

Per inserire gas e nucleare in questo contesto, l'Unione Europea li ha "spezzettati". Sarebbe a dire che non ha considerato le attività a monte e a valle del ciclo dell'Uranio, che invece sono ritenute non ecosostenibili e non finanziabili. Si tratta quindi a tutti gli effetti di un'operazione di "maquillage". Stessa cosa per il gas: in tassonomia sono incluse l'attività di estrazione del gas oppure di costruzione del gasdotto (come vorrebbe una valutazione LCA – Life Cycle Assessment).

Quali sono quindi i "paletti" stabiliti dalla Commissione per l'introduzione di queste fonti in tassonomia?

Rispetto alla costruzione di nuovi reattori:

- Le emissioni di gas serra durante la generazione dell'energia elettrica devono essere inferiori ai 100 g/kWh, come stabilito da IPCC (Intnergovenmental Panel on Climate Change) ed IEA (International Energy Agency);
- Il permesso per la costruzione della centrale dev'essere stato rilasciato dall'autorità competente dello Stato membro prima del 2045;
- Il progetto dev'essere basato sulle migliori tecnologie disponibili, inclusa ATF (Accident Tolerant Fuel) cioè combustibile nucleare messo a punto per essere resistente agli incidenti;
- Lo Stato intenzionato a realizzare l'impianto deve disporre di un deposito per rifiuti nucleari di bassa-media attività, e abbia inoltre in programma di mettere in funzione entro il 2050 un deposito per scorie radioattive ad alta attività

Rispetto ai reattori in esercizio entro il 2040 devono essere approvate delle modifiche per allungarne la vita operativa aumentandone contemporaneamente la sicurezza.

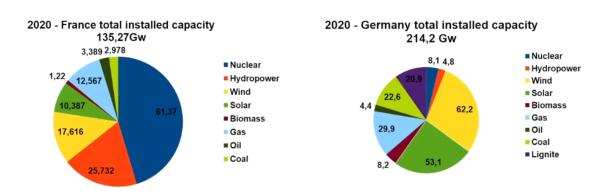
È questa la foglia di fico con cui si giustifica l'introduzione del nucleare già esistente nella tassonomia, fatto che serve gli interessi francesi come spiegato nell'intervento del prof. De Cecco.

Rispetto al gas naturale:

- Limite di 100gCO2/kWh per gli impianti in esercizio;
- Limite di 270gCO2/kWh per nuovi impianti approvati entro il 2030 se sostituiscono impianti più inquinanti.

Questi impianti (a lignite, carbone, olio combustibile) sono propri non solo dei Paesi dell'Est, ma soprattutto della Germania: questa è la cifra del ruolo politico che in questo momento la Germania sta svolgendo, e che spesso viene distorto dall'informazione.

È importante non lasciarsi fuorviare: l'Europa non è divisa in una Francia diabolica ed una Germania paladina della transizione verde. Non dimentichiamoci che le fonti di energia spinte dall'atto delegato alla tassonomia sono due: gas e nucleare.



A questo proposito confrontiamo i seguenti grafici::

Se ne evince che la Germania, ora esaltata a paladina della transizione energetica, è da sempre e finora fortemente dipendente dalle fonti fossili.

L'attuale governo tedesco ha anticipato la data di phase-out dal carbone al 2030, obiettivo irraggiungibile a meno che non si stabilisca in sede europea che il gas è una fonte di transizione, con l'aggiuntiva deroga dei 270gCO2/kWh se gli impianti sono sostitutivi di carbone e lignite.

Da contestualizzare nel senso della competizione per l'energia anche l'operazione che la Germania sta facendo sull'Ucraina, a cui i Verdi hanno da poco dichiarato di voler mandare le armi. Questo Paese sarebbe infatti il candidato perfetto per diventare l'hub energetico della Germania in tutti i campi: dall'idrogeno all'energia rinnovabile.

Tornando sui dati, vediamo come il 36% della produzione energetica in Germania derivi da combustibili fossili. Bisogna riconoscere che la politica interna ha influito su queste dinamiche: infatti Angela Merkel ha preferito mantenere aperti gli impianti a lignite e non andare a scontro con i lavoratori del settore, memore di quanto successo in Inghilterra nel momento in cui la Tatcher chiuse con il carbone.

Il risultato è che da 2 anni la Germania fallisce nel raggiungere gli obiettivi ambientali, e per i prossimi 2 anni altrettanto. Concludiamo questa parte sottolineando un fatto importante: come si è arrivato a ragionare in questo modo oggi? Un ciclo combinato (una o più turbine a gas associate ad una turbina a vapore), che è la macchina più avanzata dal punto di vista dei rendimenti (fino ad oltre il 55%) per la produzione di energia elettrica, ha delle emissioni normali di 340–360 gCO2/kWh.

Ci si domanda quindi come sia possibile imporre per l'utilizzo del gas uno standard di 100gCO2/kWh se le macchine più avanzate ne producono tre volte tanto. È possibile perché, avendo le risorse necessarie, si possono mettere in campo soluzioni (sequestro di carbonio o scomposizione della CO2 per recuperare ossigeno) che abbattono dell'80–90% il contenuto di anidride carbonica.

Per questo il gas rientra dalla finestra come fonte non inquinante.

È quindi a causa dell'esclusiva adesione ad un ragionamento che stabilisce parametri tecnici senza porsi il problema della messa in discussione dello sviluppo economico che alcune fonti rientrano in gioco. Se i termini generali del problema sono che al 2050 l'energia elettrica necessaria raddoppia (per alimentare mobilità, sviluppo dell'industria 4.0 e automazione spinta) è inevitabile che vengano riproposti tutti i paradigmi disponibili sul mercato, soprattutto in considerazione del fatto che delle "macchine rotanti", a differenza dei meccanismi di accumulazione sfruttati dalle rinnovabili, garantiscono una maggiore stabilità delle reti elettriche.

Fusione nucleare

Il progetto più avanzato al momento è ITER (in Francia), a cui partecipano (per citarne alcuni) Cina, Stati Uniti, Russia ed Europa. Gli altri (CFS, PSFC, DTT, Enea) sono tutti più o meno analoghi, con la differenza che impiegano vari superconduttori (sigla REBCo: terre rare, bario e rame).

Concettualmente questa tecnologia mira a replicare i processi che avvengono nel Sole (e le altre stelle) con però una notevole differenza: nel Sole questi processi riguardano l'idrogeno e avvengono in presenza di pressioni enormi (a causa della massa del Sole), il che permette di avere temperature di fusione di 15–20 milioni di °C. Sulla Terra, a causa delle pressioni inferiori, si usano deuterio e trizio (isotopi dell'idrogeno più pesanti) e bisogna ricorrere a temperature molto più alte (circa 100 milioni di °C).

Advanced nuclear technologies. Sotto questa etichetta vanno varie categorie di reattori.

- Small Modular Reactors. Attenzione: la parola modulare non si riferisce alla "scalabilità" della tecnologia, ma alla possibilità di prefabbricare il reattore e poi assemblarlo in moduli.

Di questi si contano 30 modelli ad acqua, che a differenza di quelli normali non dovrebbero superare i 300MW elettrici. I vantaggi presentati sono le dimensioni ridotte ed i costi e tempi di realizzazione contenuti. Tecnologicamente parlando non c'è invece sostanzialmente nulla di nuovo.

Il più avanzato è il BVRX 300 della General Electric, già commercializzabile ma non ancora realizzato, senza pompe di alimentazione e incassato nel terreno.

- Advanced Modular Reactors con 14 modelli HTGR (High Temperature Gas Reactors) che sfruttano una tecnologia tutt'altro che innovativa, dal momento che viene riproposto in varie forme ormai da decenni (ad esempio Peach Bottom, Pebble) senza grandi risultati.
- Microreactors. Una novità dal punto di vista tecnologico, almeno per uso civile: infatti sono già stati utilizzati in missioni spaziali per potenze di qualche kWh/qualche decina di kWh. Quelli che si vorrebbero commercializzare hanno invece potenze di qualche MWh/qualche decina di Mwh.

Si tratta di reattori "inscatolati" (canned) di tipo "plug-and-play" (che si mettono in funzione "inserendo la spina") di cui i produttori garantiscono per 40 anni il funzionamento autonomo con una ricarica del combustibile ogni 3 anni: l'idea è convincere gli acquirenti che sia possibile avere una sorta di nucleare domestico, col fine di alimentare stazioni di ricarica, comprensori o centri industriali, e renderlo più appetibile perché più familiare.

