

Mario Agostinelli e Angelo Tartaglia. Audizione 5 FEBBRAIO 2026

AUDIZIONE 5 FEBBRAIO 2026

Commissioni riunite VIII (Ambiente, territorio e lavori pubblici) e X (Attività produttive, commercio e turismo) della Camera dei deputati. Interventi di Mario Agostinelli e Angelo Tartaglia.

Mario Agostinelli, presidente Laudato SI', Alleanza per il clima, la cura della Terra, l'uguaglianza sociale

In ragione delle limitate disponibilità di tempo e al fine di focalizzare l'attenzione su un nodo determinante della discussione sul DDL 2669, intendo concentrare il presente intervento **sull'assenza di evidenze a supporto della necessità di centrali nucleari in funzione di carico di base (*baseload*) per il sostegno delle reti alimentate da fonti rinnovabili variabili (VRE)**. Reti, queste ultime, come quelle solari ed eoliche in evoluzione sempre più marcata e corroborate da sistemi di accumulo come batterie o pompaggi. Il DDL 2669 propone un nucleare "complementare" alle rinnovabili, sostanzialmente indispensabile: la combinazione delle due tecnologie dovrebbe garantire stabilità, contenere i costi, bilanciare l'intermittenza di sole e vento e armonizzare le regole del nucleare con quelle di mercato. Una visione che non sarebbe tradotta in realtà prima di 15-20 anni effettivi e che non può che ipotizzare un nucleare – cosiddetto "sostenibile" – inserito in una rete europea già fortemente interconnessa a quella data, con grande penetrazione di solare, eolico e batterie, come nello scenario al 2045 delineato da **ESYS** (Energy Systems of the Future) uno studio commissionato dalle

Accademie Tedesche a cui faccio riferimento.

Ma proprio questo studio **smentisce un'asserita complementarità tra nucleare e rinnovabili**. Infatti, esclude l'apporto della fissione in quanto marginale nell'evoluzione avanzata di un sistema VRE interconnesso e, addirittura, svantaggioso per i costi sia di investimento che di gestione, in quanto risulta un carico di base troppo rigido e di difficile programmazione in una rete già calibrata in fase di progettazione per rispondere alle variazioni di carico giornaliera e stagionali.

ESYS analizza in dettaglio il ruolo di impianti nucleari in un **sistema europeo completamente decarbonizzato entro il 2045** e conclude che un assetto fondato su VRE, flessibilità della domanda, interconnessioni e accumulo è tecnicamente solido ed economicamente sostenibile senza nuova capacità di *baseload*. Centrali come quelle nucleari potrebbero essere integrate solo se reggessero a **drastiche riduzioni di costo**, oggi del tutto improbabili, se non impossibili.

Infatti, le soglie economiche per una competitività dell'atomo sono nette: se il **CAPEX (costi di capitale) supera 15.000 €/kW**, nessuna nuova capacità *baseload* è conveniente; anche con un **Capex di 10.000 €/kW** l'investimento risulterebbe competitivo solo se i costi operativi variabili non fossero elevati, come accade invece nel nuovo nucleare da fissione. Per il **Costo Livellato dell'Energia (LCOE)**, la soglia massima di competitività è di circa **80 €/MWh**; per un'espansione significativa servirebbero invece valori intorno a **40 €/MWh**, irrealistici alla luce dei costi attuali del nucleare. I progetti più recenti, infatti, mostrano CAPEX di 10.000–15.000 €/kW, ritardi ricorrenti e LCOE spesso ben oltre 110 €/MWh. Per quanto riguarda le promesse degli **SMR**, queste restano teoriche in assenza di prototipi commerciali. Addirittura, nelle stesse previsioni ESYS, i piccoli reattori risultano ancor meno competitivi dei grandi in azione oltre 1000 MW.

La redditività di un eventuale *baseload* dipende inoltre da un

ampio ricorso all'elettrolisi per l'idrogeno, necessaria a garantire un alto utilizzo dei reattori nei tempi in cui la loro elettricità non sia richiesta dalla rete cui fanno da *baseload*. Ma sia i costi futuri che i fattori di capacità per l'elettrolisi sono a tutt'ora molto incerti. Anzi, l'idrogeno appare **più efficiente** come accumulo – anche stagionale – per assorbire gli eccessi delle rinnovabili, piuttosto che come stampella per alti utilizzi di impianti nucleari, di per sé poco flessibili e costretti a funzionare per il pieno di ore all'anno per contenere l'LCOE che diminuisce solo al variare del tempo di funzionamento annuo.

In conclusione: rinnovabili supportate da flessibilità e accumulo sono la soluzione più economica e scalabile; **il *baseload* nucleare non è affatto essenziale in un sistema decarbonizzato e sicuro**. Anzi: i suoi limiti di costo e le incertezze tecnologiche rischiano di ostacolare l'adattamento a tecnologie rinnovabili, le uniche in rapida espansione a costi competitivi anche per le bollette. (Studio ESYS: [https://www.cell.com/cell-reports-physical-science/fulltext/S2666-3864\(25\)00649-6](https://www.cell.com/cell-reports-physical-science/fulltext/S2666-3864(25)00649-6))

Angelo Tartaglia, ingegnere nucleare e fisico, già professore di fisica al Politecnico di Torino

- L'espressione ricorrente nel DDL è 'energia nucleare sostenibile', tuttavia il concetto di *sostenibilità* viene sostanzialmente riferito alla dimensione sociale ed economica senza essere mai formalmente definito riguardo alla dimensione materiale e fisica. Un processo fisico può dirsi *sostenibile* quando, svolgendosi, non modifica le condizioni materiali che gli consentono di continuare a svolgersi, per un tempo indeterminato (comunque molto più lungo della scala dei tempi umani) restando in equilibrio dinamico con il contesto. Qualunque processo che converta una materia prima (in

questo caso Uranio o Torio naturali) che non può essere ricostituita ma solo consumata, in qualcos'altro (i prodotti di fissione) estraneo al contesto naturale in cui si è evoluta la biosfera, non è *sostenibile*. La durata, a scala mondiale, della materia prima, se utilizzata con criteri di economicità e in modo da dare un contributo significativo ai consumi di energia dell'umanità, è confrontabile con quella attesa per il petrolio: un centinaio di anni. Viceversa la durata impattante dei residui della fissione nucleare si misura in (molte) migliaia di anni.

- La fissione nucleare produce *necessariamente* dei prodotti di fissione: non esistono né possono esistere tecnologie presenti o future che possano evitarlo. I prodotti di fissione contengono decine di isotopi radioattivi diversi e con diversi tempi di dimezzamento (tempo in capo al quale la radioattività iniziale si riduce alla metà). La miscela varia a seconda che la fissione sia quella dell'uranio 235 (U^{235}) o 233 (U^{233} , generato a partire dal Torio 232 – Th^{232}) oppure del plutonio 239 (Pu^{239}), ma le caratteristiche generali sono le stesse. I residui della fissione (le scorie) comprendono:
 1. i prodotti di fissione in una percentuale dipendente dal tipo di reattore, ma generalmente al di sotto del 10%,
 2. materiale fissile residuo inutilizzato (generalmente al di sotto del 5%),
 3. materiale 'fertile' (in genere U^{238}), intorno al 90%
 4. materiali vari di cui la miscela fissile era composta o in cui era contenuta, resi radioattivi dall'assorbimento di neutroni.
- Non è possibile "bruciare" le scorie nucleari in nuovi reattori. Considerando i soli prodotti della fissione, quando li si irraggia con un flusso di neutroni si

possono indurre trasformazioni di isotopi a vita media lunga in altri isotopi a vita media più breve. Per ogni specifico isotopo l'uso di neutroni di energia appropriata ottimizza la trasformazione, ma avendo a) una miscela di un gran numero di isotopi diversi, b) neutroni con energie distribuite su un ampio spettro, non è possibile ottimizzare il fenomeno. Tutt'al più se il tempo di pericolosità per i viventi, all'inizio, si misura in millenni, dopo lo si potrebbe misurare in secoli. 200 anni fa non c'era l'Italia, poi sono venute le guerre d'indipendenza, la prima guerra mondiale, un colpo di stato con conseguente dittatura, la seconda guerra mondiale...

- Non è possibile 'chiudere il ciclo del combustibile nucleare' riutilizzandolo in nuovi reattori. Come visto, le scorie ordinarie contengono, oltre ai prodotti di fissione:

1. Materiale fissile residuo che non si riesce più ad utilizzare in quel determinato elemento di "combustibile" nucleare. È possibile, con adeguati impianti di riprocessamento delle scorie, estrarre il residuo fissile per destinarlo a confezionare nuovi elementi di "combustibile" freschi (oppure ad usi militari, stante la presenza di Pu). Il resto della scoria (dell'ordine del 90%) però rimane;
2. Materiale "fertile" (U^{238} o Th^{232}) che, assorbendo neutroni in un reattore, può trasformarsi in fissile (Pu^{239} e Pu^{240} o U^{233}) concorrendo a produrre energia. Questa via, perseguita già nel secolo scorso (ad esempio nel reattore Super-Phénix in Francia) non ha ancora sviluppato una filiera concretamente operativa. Comunque consentirebbe di aumentare l'efficienza del processo, nel senso che consentirebbe di ricavare dallo stesso elemento di "combustibile" iniziale più energia di quanta se

ne ricavi oggi. In pratica nelle scorie aumenterebbe la percentuale dei prodotti di fissione a scapito di quella del materiale fertile; esaurito questo, il residuo ci sarebbe comunque e sarebbe fatto in maniera prevalente dai prodotti di fissione. Alla fine la quantità di prodotti di fissione è proporzionale all'energia ricavata dalla fissione stessa.

- Nel testo del DDL si fa riferimento in vari punti a operazioni, vantaggi e altro "a lungo termine". Tale "lungo termine" si misura in anni o al più decenni; la nocività dei residui della fissione e delle strutture destinate alla filiera nucleare si misura in secoli o millenni.
- Analogamente nel DDL si dichiara di lavorare anche per le future generazioni. Considerato un deposito geologico profondo (che comunque in Italia dovremo realizzare in quanto scorie ne abbiamo già prodotte) le "future generazioni" dovranno ricordarsi di monitorare il sito e ciò che lo circonda, intervenire se si verificheranno infiltrazioni d'acqua (vedasi Schacht Asse II in Germania) o se si apriranno crepe per ragioni sismiche o geologiche e così via, a prescindere da guerre, alleanze, cambi di regime e quant'altro. C'è da chiedersi se quanto previsto dalla legge delega sia compatibile col dettato dell'art. 9 della nostra Costituzione che recita "La Repubblica ... Tutela l'ambiente, la biodiversità e gli ecosistemi, anche nell'interesse delle future generazioni ...".