

Analisi e Valutazione di AIN del Rapporto:

“L’atomo fuggente: analisi di un
possibile ritorno al nucleare in
Italia” (Banca d’Italia)



Sommario

Premessa e contesto generale	4
Tematiche chiave	9
Dipendenza da paesi extra europei	9
Arricchimento.....	10
Tecnologia e catene di fornitura.....	11
Costi e prezzi dell'energia	12
Finanziamento.....	15
Gestione rifiuti radioattivi	16
Uso dell'acqua e del territorio	17
Opposizione dell'opinione pubblica	17
Considerazioni finali	20
Annesso A: Informazioni relative al settore nucleare italiano	22
Riferimenti	25

Premessa e contesto generale



Premessa e contesto generale

Il presente documento dell'Associazione Italiana Nucleare ha lo scopo di analizzare e fornire informazioni corrette riguardo alcune affermazioni contenute nel rapporto Lavecchia & Pasquini sul nucleare, pubblicato da Banca d'Italia nel giugno del 2025 [1]..

Tale rapporto si conclude con una affermazione che appare quale raccomandazione al mondo della finanza e ai policy makers del Paese, circa un eventuale reinserimento della opzione nucleare, tra quelle utili per definire un mix energetico: *“Di fronte a queste incertezze, è necessario adottare un approccio prudente nel considerare il ruolo che la reintroduzione del nucleare potrebbe avere nel raggiungimento degli obiettivi di decarbonizzazione fissati dal Governo, valutando e preparando anche strategie alternative”*.

Inseguire strategie “alternative” appare in contrasto col concetto oggi giorno ampiamente condiviso di neutralità tecnologica, nonché con quell'approccio sistemico e integrato che rappresenta l'unica strada possibile per tentare di risolvere la complicata equazione che coniughi obiettivi climatici con sicurezza energetica, competitività del nostro sistema produttivo e crescita economica duratura (il cosiddetto “trilemma” energetico). È infatti ormai opinione comune fra gli esperti che non sia prudente fare affidamento su un'unica fonte di energia, quale che sia (in questo periodo storico, le fonti rinnovabili), per affrontare la complessa sfida energetica: al contrario, è opportuno che la relativa strategia si basi sulla complementarità dei contributi che sono offerti da varie fonti, nucleare incluso. D'altra parte, **questo è l'approccio proposto nel rapporto Draghi** sulla competitività [2] presentato ufficialmente alla Commissione Europea nel settembre 2024 e ora preso a riferimento dalla Commissione stessa per impostare le proprie politiche degli anni a venire. **Il rapporto Draghi, al contrario di quello preso in esame, riconoscendo la complessità della soluzione del trilemma energetico raccomanda che l'UE in tema di energia adotti una strategia “technology neutral” che preveda il ricorso a tutte le tecnologie carbon-free incluso il nucleare, promuovendo innovazione e proteggendo la concorrenza.** Lo stesso concetto è assunto a riferimento nel rapporto [3] - recentemente presentato al Presidente della Repubblica - che affronta in maniera sistemica ed integrata il grande tema della Sicurezza Nazionale.

Pertanto, nel dibattito europeo degli ultimi anni l'approccio della neutralità tecnologica è ormai consolidato e già inglobato nelle politiche della Commissione Europea e dei singoli Stati membri. Qualche riferimento concreto è doveroso.

Come peraltro riconosciuto anche dal rapporto in esame, **il nucleare è incluso nel Regolamento sulla Tassonomia UE [4] e questo sta avendo conseguenze concrete e tangibili, quali l'aggiornamento del PINC - Nuclear Illustrative Programme [5] che prevede 241 miliardi di investimento sul nucleare da qui al 2050 e il CISAF - Clean Industrial State Aid Framework [6] che prevede due misure essenziali riguardo il nucleare:**

- il punto 1.2 del paragrafo 13 recita testualmente: *“la Commissione condurrà una valutazione tempestiva dei casi di aiuti di Stato per la produzione di energia nucleare, compresi i reattori modulari di piccole dimensioni e avanzati, al fine di garantire la certezza del diritto per tali aiuti, in linea con il trattato o con eventuali orientamenti applicabili, nel pieno rispetto della neutralità tecnologica. Esempi di autorizzazione*

degli aiuti di Stato sono forniti nella nota a piè di pagina 9 sul caso ceco di Dukovany e sui casi belgi per life time extension”;

- sotto la sezione 6 del medesimo CISAF si menziona il supporto alla supply chain nucleare europea – incluso quella relativa al combustibile e al ciclo associato (v. lista delle attività in Annesso A), nell’ambito degli aiuti di Stato da prevedere per assicurare sufficiente capacità manifatturiera in tecnologie pulite.

Sul piano politico, si registra la recente dichiarazione del Commissario UE per l’Energia e le Politiche abitative, il danese Dan Jorgensen, che a proposito della indipendenza energetica dell’Unione ha affermato: *“anche se ci fosse un Paese in grado di fornirci il gas a un prezzo veramente basso, non sarebbe una buona idea tornare in una situazione di dipendenza come è avvenuto nel passato. Non rifaremo lo stesso errore: il nostro obiettivo è di produrre la nostra energia, che arriverà in buona parte dalle rinnovabili, **ma anche dal nucleare**”.*

Nel contempo, le policy energetiche stanno rapidamente cambiando in molti paesi europei, sia dell’Unione sia dell’Europa geografica.

La figura che segue basata su dati WNA [7] lo mostra chiaramente, anche in maniera piuttosto conservativa visto che il nostro Paese è ancora annoverato fra quelli che ancora lo stanno solo riconsiderando.

I paesi europei che ancora si oppongono all’utilizzo del nucleare a fini pacifici sono Austria, Irlanda, Lussemburgo e Portogallo – ma difficilmente possono essere presi a riferimento dall’Italia, visto che hanno economie assai più modeste della nostra. L’Irlanda sta cautamente rivedendo la propria posizione, passando gradualmente al giallo (con riferimento al codice colore della figura).

European Nuclear Energy Policies (2025, selection)



Legend: ● Operating/Planning ● Considering/Transitioning ● Opposed

Un rapido sguardo allo scenario internazionale è dunque d’obbligo.

Già a fine 2023 si era rilevato un cambiamento epocale, quando **per la prima volta la Conferenza delle Parti sui cambiamenti climatici (COP)**, organizzata dall’ONU per il tramite della UNFCCC e **tenutasi nel dicembre 2023 a Dubai (COP28) inserì nel**

cosiddetto “First Global Stocktake” (il documento che valuta i progressi rispetto al conseguimento degli obiettivi dell’Accordo di Parigi della COP21 del 2015) [8] **l’energia nucleare**, integrata in un mix energetico che comprende anche le fonti rinnovabili e la cattura, utilizzo e sequestro della CO₂ nei combustibili fossili. **Nell’ambito della stessa COP, 25 paesi**, riconoscendo l’energia nucleare come elemento chiave per il raggiungimento dell’obiettivo di contenere l’aumento della temperatura globale entro 1,5°C, **siglarono un impegno a triplicare la capacità elettronucleare entro il 2050**. Alla successiva **COP29** di novembre 2024 a Baku, **altri 6 paesi** si sono impegnati su tale obiettivo [9]; contestualmente, **gli Stati Uniti** hanno annunciato il loro impegno concreto di realizzare **ulteriori 200 GWe di nuovo nucleare entro il 2050**, in aggiunta agli attuali 97 GWe disponibili nel paese [10]. I recenti quattro “executive order” del Presidente Trump [11], promulgati nel mese di maggio 2025 e che portano addirittura a 300 i GWe di nuovo nucleare in USA, traducono in azioni concrete quanto finora solamente dichiarato.

Oltre a questo, si registrano cambiamenti epocali con la riapertura negli stessi USA dell’annosa questione della chiusura del ciclo del combustibile nucleare – di fatto vietata in USA per preoccupazioni di proliferazione sin dal 1977 – con implicazioni enormi sul rinnovato impegno degli USA su reattori veloci, combustibili avanzati, riciclo e minimizzazione dei rifiuti radioattivi, sfruttamento ottimale delle risorse naturali.

Come sempre avviene, le politiche dei paesi vengono accompagnate da misure economico-finanziarie e i prodromi a livello internazionale si cominciano ad intravedere. **A livello internazionale spicca il recentissimo cambio di policy della Banca Mondiale**. Il Board della World Bank ha recentemente deciso di porre fine al lungo divieto (in vigore dal 2013) di finanziare progetti riguardanti l’utilizzo dell’energia nucleare per fini pacifici in paesi in via di sviluppo, per venire incontro ai crescenti bisogni di energia elettrica decarbonizzata e sicura [12]. È infatti proprio di questi giorni la sigla del conseguente accordo tra World Bank e IAEA [13].

In aggiunta, 14 grandi importanti banche e istituzioni finanziarie globali hanno espresso recentemente il loro sostegno alla triplicazione dell’energia nucleare entro il 2050, dichiarata a COP28 e 29 [14].

Ma il caso europeo ci riguarda più da vicino, anche rispetto alle prossime scadenze in termini di interventi per la competitività, per il contenimento dei costi dell’energia, per il prosieguo delle politiche di decarbonizzazione dell’intero settore energetico. La crisi energetica del 2022 in diversi Stati membri ha innescato forti cambiamenti, in alcuni casi veri e propri ribaltamenti, delle politiche energetiche incluso il nucleare:

- lo scorso 15 maggio il **Parlamento belga** ha ufficialmente abbandonato i piani per l’eliminazione graduale dell’energia nucleare, consentendo la costruzione di nuovi reattori [15];
- in **Svezia** – ovvero in un paese che, pur mantenendo in funzione i propri impianti nucleari, aveva imboccato da tempo una politica di graduale phasing out – il parlamento ha approvato un quadro di sostegno statale per i nuovi progetti di energia nucleare, che include prestiti garantiti dal governo e contratti per differenza (CfD). Il governo mira a costruire nuova capacità nucleare equivalente ad almeno due reattori di grandi dimensioni entro il 2035 e fino a dieci nuovi reattori entro il 2045 [16];
- **La Danimarca e la Norvegia** – tradizionalmente avversi al nucleare – stanno velocemente riconsiderando le loro politiche energetiche. La Danimarca, in particolare, sta riconsiderando il suo storico divieto sull’energia nucleare, introdotto nel 1985, per migliorare la sicurezza energetica del paese. Il ministro danese dell’Energia, Lars Løkke Rasmussen, ha confermato che il governo sta valutando i pro e i contro di un possibile

ritorno all'energia nucleare, concentrandosi in particolare sui piccoli reattori modulari [17].

- **In Germania**, che da circa vent'anni ha brandito il vessillo della transizione energetica fondata sul 100% rinnovabili (Energiewende), la recessione dovuta in buona parte agli alti costi dell'energia e la minacciata chiusura di fabbriche storiche fortemente dipendenti da tali costi, hanno innescato un fenomeno di ripensamento dell'abbandono del nucleare. Il Cancelliere Merz ha recentemente dichiarato [18] che la Germania non si opporrà più a misure di supporto al nucleare in ambito europeo e i risultati già si vedono in maniera tangibile col PINC e con il CISAF sopra menzionati.

Alla luce dello stato corrente, l'utilizzo come riferimento principale da parte del documento [1] di un analogo studio del 2012 presenta varie criticità per la qualità dell'evidenza. È comunque d'obbligo un'analisi puntuale delle questioni a nostro avviso più controverse affrontate in [1], ovvero di quelle che più si prestano ad interpretazioni potenzialmente affrettate. Ci ripromettiamo di farlo nelle prossime sezioni.

Tematiche Chiave



Tematiche chiave

Così come non appare corretto considerare il caso italiano avulso dal contesto europeo ed internazionale, parimenti non è corretto affrontare le questioni poste dal nucleare come se le medesime fossero già ben risolte e consolidate per le altre tecnologie energetiche. Approfondiamo qui alcune tematiche chiave menzionate nel report di Banca d'Italia, riportando al riguardo informazioni e numeri ben referenziati.

Dipendenza da paesi extra europei

Disponibilità di uranio: il rapporto evidenzia la concentrazione della produzione e delle riserve di uranio in pochi paesi, molti dei quali sotto l'influenza russa, da cui il rischio geopolitico legato alla fornitura. Lo stesso rapporto tuttavia riporta che il 28% delle riserve identificate di uranio è in Australia e il 10% è in Canada. Sono già numeri che dovrebbero tranquillizzare ma osserviamo che esistono anche altre opportunità quali il Kazakistan che mantiene sì rapporti di buon vicinato con la Russia ma ha un approccio internazionale che si traduce in maniera concreta in due punti fondamentali: le differenti tecnologie di reattore che sta considerando, inclusa la francese EPR1200 [19], e il fatto che ospita – non a caso – la banca internazionale del combustibile nucleare [20]. Questa è una decisione anche politica presa ben consapevolmente da tutti gli Stati membri della IAEA. Appare quindi ben poco credibile che proprio il Kazakistan – che in accordo al rapporto NEA-IAEA [21] possiede il 14% delle risorse identificate di uranio naturale recuperabile – determini quelle crisi di mancanza di fornitura di combustibile nucleare, quando è stato scelto come il Paese per risolvere quelle crisi.

Si aggiunga che **nelle previsioni del settore, la questione della disponibilità di uranio sul mercato internazionale, che al momento non costituisce certo un problema** [21], nel tempo dovrebbe addirittura diventare ancor meno rilevante. Infatti, in poche decine di anni i reattori veloci gradualmente entreranno sul mercato e, come ben noto, grazie ad un uso più efficiente del materiale fissile (uranio e plutonio), ridurranno o addirittura elimineranno la necessità di combustibile fresco. Ci si potrà anche avvalere delle enormi quantità di uranio depleto – ora stoccate in attesa di poter essere utilizzate – che provengono dagli impianti di arricchimento (circa 1,2 milioni di tonnellate) e da quelli di riprocessamento (circa 2500 tonnellate all'anno). Da ultimo, in un futuro remoto non si può nemmeno escludere che vengano sviluppate tecnologie che rendano economicamente conveniente l'estrazione dell'uranio dal mare (circa 4,5 miliardi di tonnellate di uranio naturale dissolto nei mari).

Infine, va ricordato che la Francia è l'unico paese occidentale e uno dei soli due paesi al mondo (l'altro è la Russia) che copre interamente tutte le fasi del ciclo del combustibile, dall'estrazione dell'uranio alla sua conversione e arricchimento, fino alla fabbricazione del combustibile, il suo bruciamento in reattore ed eventuale riprocessamento, fino allo stoccaggio dei rifiuti residui. La Francia dispone infatti di contratti di lunga durata in diversi paesi per l'approvvigionamento dell'uranio e delle infrastrutture necessarie per gestirlo lungo il ciclo di vita del combustibile. Nel quadro di una collaborazione europea, in fase di esplorazione, diversi paesi membri della EU potrebbero co-investire nel potenziamento in corso delle infrastrutture nucleari francesi, dotandosi di una quota di capacità proprietaria a presidio della propria autonomia energetica e beneficiando della scala, delle competenze e dei contratti già in essere a livello europeo per l'approvvigionamento dell'uranio.

Arricchimento

Il rapporto [1] evidenzia che “*La conversione dell’uranio viene fatta al momento in soli 5 impianti, situati in Canada, Cina, USA, Francia e Russia per una capacità totale di 62.000 tonnellate, superiore di quasi il 50 per cento alla domanda effettiva. L’arricchimento viene effettuato da 4 società: la China National Nuclear Corporation (15 per cento), la russa Rosatom (40 per cento), l’Urenco (consorzio inglese-tedesco-olandese; 33 per cento), l’Orano (Francia; 12 per cento).*” Tutto vero, a dimostrazione che **la capacità disponibile “occidentale” sul combustibile non è affatto trascurabile, essendo in grado di soddisfare buona parte della domanda attuale.** Ma c’è da tenere in conto anche quanto in via di realizzazione. Riconoscendo la crescente richiesta attesa all’interno dell’Unione e in considerazione delle forti implicazioni geopolitiche, **Orano e Urenco hanno avviato negli ultimi mesi due importanti iniziative.** Orano, grazie ad un prestito della BEI, sta investendo 400 milioni di Euro per aumentare le capacità di arricchimento del proprio impianto Georges Besse 2 a Tricastin (Francia) [22] mentre Urenco sta espandendo del 15% le proprie capacità di arricchimento di uranio [23]. Orano e Urenco si stanno anche attrezzando in maniera concreta per produrre LEU+ vale a dire Uranio arricchito fino al 10% e HALEU (*High Assay Low Enriched Uranium*, ossia arricchimento fino al 19%): grazie ad un prestito di 196 milioni di Sterline del governo britannico, presso il sito di Capenhurst (GB) Urenco sta iniziando la costruzione un nuovo impianto per la produzione di HALEU [24]. Come ben noto, Urenco/Westinghouse, ed ora anche Framatome, sono impegnate a sostituire il combustibile per VVER (reattori di tecnologia russa) fornito finora dai russi e alcuni paesi dell’Est si stanno già attrezzando. **Nell’ambito della REpowerEU Roadmap [25] la Commissione Europea intende affrancarsi al più presto dalle forniture russe di combustibile nucleare.**

Il rapporto solleva anche il tema della mancanza di disponibilità in occidente di combustibile per impianti innovativi spesso citati come sistemi nucleari di IV generazione. Il riferimento è al già sopra menzionato HALEU e al MOX (ossidi misti di uranio e plutonio) per i reattori veloci, ovvero con alte percentuali di plutonio (fino al 20% e oltre). Non c’è dubbio che la produzione di HALEU e di MOX ad alto contenuto di plutonio rappresenti una questione più problematica di quella del LEU e del LEU+, ma lo è diventata negli ultimi 20 anni non perché in Europa non si sia stati capaci di sviluppare questa tecnologia a livello industriale, ma per miopia dei governi che hanno chiuso le facility del combustibile che producevano MOX, ad esempio per reattori veloci di taglia industriale quali Phenix e SuperPhenix. Il brevetto del MOX è belga e ai tempi del programma veloce (anni ’80 e ’90) persino l’Italia era coinvolta nello sviluppo, test, certificazione e produzione di combustibili per reattori veloci (vedi ad esempio il reattore PEC presso ENEA Brasimone e l’impianto FN di Bosco Marengo). Oggi occorre far ripartire quei programmi e quelle capacità in tempi compatibili col nuovo programma dei reattori veloci. Va comunque rilevato che la dimensione e la tempistica del problema combustibile non LEU non giustifica allarmi particolari: esso, infatti, riguarda una piccola frazione di impianti innovativi che entreranno in produzione fra 20-30 anni [26] [27]. Notiamo altresì che la metà degli SMR di IV generazione (AMR) di cui parla il rapporto di Banca d’Italia non sono di interesse per il nostro Paese (se si esclude il concetto di reattore veloce a piombo liquido LFR, ma anche in questo caso si parla di una tempistica di mercato di medio periodo). **In ogni caso, visto che si tratta di recuperare capacità e tecnologie che ben si conoscono e si sanno gestire, è credibile che in questo lasso di tempo l’Occidente e l’Europa si attrezzeranno anche in questo campo.** Infatti, è utile notare come Orano abbia un programma in questo senso che traguarda il 2045 [28]. Inoltre, alcune aziende private come la nostra *newcleo* per quanto riguarda il MOX [29] o TerraPower di Bill Gates per il concetto NATRIUM che necessita di HALEU [30], dichiarano di essere disposte ad investire miliardi di Euro/ dollari

per accelerare i tempi. Si noti altresì che, ad oggi, l'Europa nel sud della Francia dispone dell'unico impianto che produce combustibile MOX per reattori ad acqua pressurizzata (PWR) in quantità commerciali. Questo impianto, denominato Melox, rifornisce regolarmente combustibile MOX a più di una ventina di PWR francesi, consentendo già oggi di ridurre del 25% il fabbisogno di uranio fresco per le centrali nucleari francesi. **Riassumendo, la maggior parte dei reattori previsti nei prossimi anni in tutto l'Occidente sono reattori ad acqua leggera LWR di grande taglia e Small Modular Reactor (SMR) pure raffreddati ad acqua leggera, che non necessitano di combustibili speciali, ma semplicemente di LEU e in rari casi di LEU+. Fatto estremamente rilevante, anche la nostra neonata Nuclitalia [31] per il breve e medio termine concentrerà l'attenzione su LWR di tipo SMR, che usano combustibile LEU esattamente uguale a quello usato dai reattori di II e III generazione attualmente in esercizio e già ampiamente commercializzati e che potranno anche beneficiare del combustibile MOX per PWR.**

Tecnologia e catene di fornitura.

Per quanto riguarda il reattore e le catene di fornitura dei componenti di una centrale nucleare di tecnologia francese, **EdF ha recentemente confermato che per le sue tecnologie può contare al 95% su fornitori europei [32].** Difficile pensare che esista un solo settore tecnologico in Europa con una autonomia e indipendenza pari a quella del nucleare. Rispetto poi alle capacità industriali italiane, sulle quali non sembra che il rapporto in esame abbia approfondito l'analisi (esso, infatti, recita: *“la loro esperienza è limitata, soprattutto nell'ambito della costruzione degli impianti”*), **l'Italia rappresenta la seconda industria manifatturiera nucleare dell'UE e quattro degli ultimi sei impianti nucleari realizzati in EU hanno visto industrie italiane capofila dei progetti in Slovacchia e in Romania [33][34][35][36][37][38]** (l'Annesso A fornisce qualche informazione supplementare riguardo la supply chain nucleare italiana). La sinergia fra le prime due catene di fornitura in EU, vale a dire quella francese e quella italiana, permetterebbe di affrancarsi quasi completamente da forniture extra europee. Non si tratta solo di auspici, visto che nel maggio 2025 AIN e GIFEN (l'Associazione delle Industrie nucleari francesi) hanno organizzato un B2B fra le maggiori industrie italiane e francesi proprio per rafforzare e promuovere questa sinergia e sviluppare concretamente opportunità innanzitutto per gli impianti nucleari all'estero e poi, in prospettiva, in Italia [32].

Tutto ciò premesso, siamo convinti che lo stesso approccio dovrebbe essere applicato anche a tutte le altre tecnologie energetiche carbon-free (le *alternative* di cui parla il rapporto di Banca d'Italia): ad esempio, è **doveroso ricordare la drammatica dipendenza dai materiali critici e componenti dell'industria delle rinnovabili europea, a differenza dell'industria nucleare per la quale tale necessità è fortemente ridotta. Nel caso delle rinnovabili, come rileva anche il rapporto Draghi [2], la dipendenza dell'Unione è al 90% dalla Cina.** Puntando sulle sole rinnovabili si rischia di sostituire i ben noti problemi di dipendenza extra-europea da combustibili fossili con forniture ancora più a rischio su materiali e componenti critici per impianti eolici, fotovoltaici, batterie, elettrolizzatori.

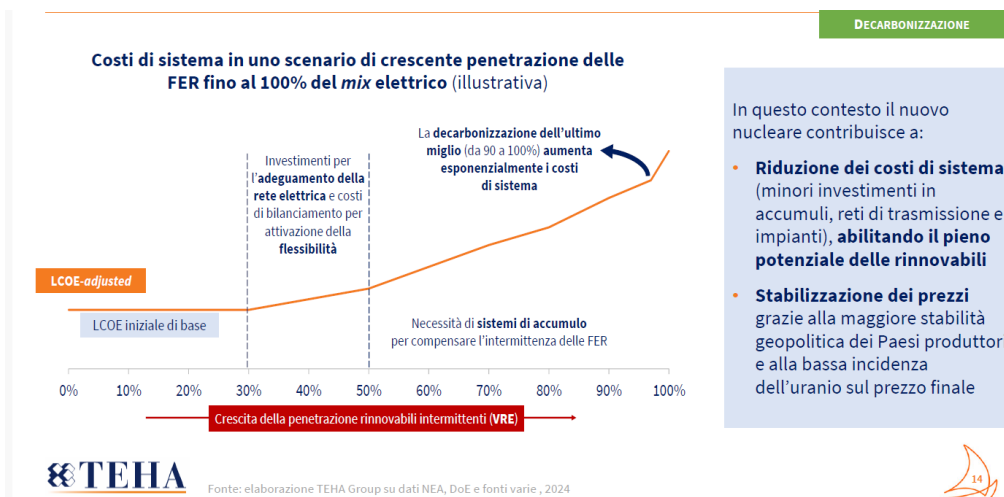
Costi e prezzi dell'energia

Il rapporto [1] osserva correttamente che vi è incertezza sui costi di capitale di SMR e AMR, essendo tecnologie ancora in fase di sviluppo e che, essendo questi progetti ad alto costo capitale, il costo medio a vita intera dell'energia prodotta (LCOE) dipenderà molto dai tassi di interesse applicati sugli investimenti, influenzati dal livello di rischio degli stessi, rischio che potrà essere ridotto da possibili interventi di supporto statale. Si afferma altrettanto correttamente che il confronto dei costi va fatto non sul LCOE, ma su quello che la IEA chiama VALCOE, ovvero il costo dell'energia che considera anche i costi di sistema associati alla tipologia di impianti in esame.

Su queste basi va quindi impostato il confronto corretto con le rinnovabili. Il rapporto fa riferimento ad un confronto di fonte IEA [39] da cui risulterebbe che solo con bassi tassi di interesse gli SMR sarebbero competitivi con fotovoltaico ed eolico dotati di batterie da 8 ore che, peraltro, non consentono certo un accumulo stagionale; ma questo confronto non include l'extra costo indotto dalla rinnovabili sullo sviluppo delle reti di media ed alta tensione per allacciare gli impianti distribuiti sul territorio e per trasportare l'energia prodotta dal sud al nord del Paese dove sono concentrati i due terzi della domanda elettrica italiana. Il documento inoltre non considera adeguatamente una delle caratteristiche strategicamente più rilevanti della tecnologia nucleare di nuova generazione, ovvero la sua capacità di operare come tecnologia multi-prodotto. Oltre alla produzione elettrica, infatti, il nucleare può contribuire in modo significativo alla decarbonizzazione di altri vettori energetici – come l'idrogeno, il calore per usi industriali e la desalinizzazione – aspetti che diventano particolarmente rilevanti in una prospettiva di transizione energetica integrata, di sviluppo economico e di sicurezza. Appare dunque assai improprio lasciare intendere che le rinnovabili elettriche intermittenti se dotate di batterie diventino automaticamente una *baseload energy* (si pensi ad esempio ai periodi frequenti di assenza di vento o sole per diversi giorni consecutivi) al pari dell'energia nucleare che, al contrario delle rinnovabili intermittenti, è in grado di produrre grandi quantità di tutti i principali vettori energetici (elettricità, calore a varie temperature, e idrogeno sia per via elettrochimica che termochimica), in maniera programmabile, 24 ore al giorno e 7 giorni alla settimana, e completamente decarbonizzata. Inoltre, i recenti accadimenti in Spagna, sebbene ancora da analizzare completamente sulle cause e le sequenze, hanno confermato quanto gli operatori di rete (incluso quelli italiani) vanno dicendo da tempo: **la penetrazione delle rinnovabili intermittenti impone in parallelo di rafforzare le infrastrutture, con costi assai elevati a carico dell'utilizzatore finale.** La sola Germania ha programmato di investire per le reti e infrastrutture collegate ben 657 miliardi di Euro al 2045 [40].

Più in generale varrebbe la pena riconoscere che, mentre per energie concentrate come il nucleare (e, in misura minore, anche per il termo-elettrico da fossili) i costi di sistema sono molto contenuti, il VALCOE per le rinnovabili può far schizzare i prezzi per l'utente finale a valori insostenibili fino a 3-400 Euro/MWh e oltre (vedi caso dello stato USA Minnesota riportato in [41]).

Prendendo in considerazione nello specifico il caso Italia, il mantenimento di una capacità di generazione elettrica programmabile (termoelettrico e progressivamente nucleare) assume un ruolo particolarmente rilevante al crescere della penetrazione delle fonti rinnovabili. Ciò è vero specialmente nella riduzione dei costi complessivi di sistema, come illustrato nel grafico seguente [36].



I costi necessari per la decarbonizzazione del sistema (in termini di investimenti in capacità di accumulo, adeguamenti infrastrutturali e sovracapacità di rinnovabili) aumentano, infatti, più che proporzionalmente con la penetrazione delle rinnovabili ed in maniera esponenziale proprio in corrispondenza dell'ultimo 20% del mix elettrico. Questi risultati emergono dall'analisi dell'equilibrio domanda-offerta su base oraria delle diverse zone del sistema Italia con un *Loss of Load Expectation* (LOLE) massimo di 2 ore su base annuale e tenuto conto della possibilità di utilizzare una parte dell'*overgeneration* delle rinnovabili per la produzione di idrogeno verde (fin tanto che conveniente in termini di ore di funzionamento degli elettrolizzatori).

È pertanto possibile affermare che, in un percorso di decarbonizzazione e sicurezza energetica, il nucleare consente di ridurre significativamente l'aumento del prezzo totale dell'energia, inclusi gli oneri di sistema, che i consumatori finali dovrebbero sostenere in un percorso di transizione 100% rinnovabili.

Viene poi sottaciuta la questione fondamentale della **stabilità della rete garantita dal nucleare** che si traduce ancora una volta in grandi risparmi in termini di infrastrutture di rete e il fatto che per via della sua struttura dei costi, **il nucleare permetta di stabilizzare e ben prevedere i prezzi**, una condizione di importanza quasi equivalente a quella del contenimento dei prezzi per l'utente finale, soprattutto per i grandi consumatori quali il settore siderurgico, della ceramica, del vetro, della carta, del cemento. Basti pensare che **il business plan di un energivoro dipende più del 30% dal prezzo dell'energia**. Se quel prezzo non risulta stabile per periodi significativi, quel business plan perde completamente di validità, con tutto ciò che questo comporta sulla competitività del settore stesso.

E certamente non possono essere sistemi basati esclusivamente sulle rinnovabili a stabilizzare quei prezzi. **Con le rinnovabili intermittenti si passa da *curtailment* (riduzione della produzione, che comunque viene pagata dall'utente finale) e prezzi negativi (non abilitati in Italia) quando c'è eccesso di produzione (una vera e propria distorsione del mercato), a prezzi che raggiungono picchi spaventosi per via della mancanza di vento per varie settimane consecutive.** Sempre più frequentemente si verificano episodi come quello registrato alle 18 del 12 dicembre 2023, quando si sono raggiunti i 936 Euro/MWh in Germania e in Danimarca e prezzi altrettanto elevati (oltre 800 Euro/MWh) hanno riguardato anche altri paesi dell'Europa centrale (Austria, Slovenia, Repubblica Ceca, Ungheria), dei Balcani (Croazia, Bulgaria) e della Scandinavia. Il 20 gennaio 2025 i prezzi massimi in Germania si sono registrati alle 18:00, quando si sono raggiunti i 583 Euro/MWh con problematiche estese all'Europa Centrale e alla Gran Bretagna dove si sono registrate punte di 673 Euro/MWh.

La causa di questi prezzi alle stelle è ben nota: **la mancanza di vento nel nord della Germania**, che per alcune settimane ha ridotto drasticamente la produzione di energia eolica.

Il tema dei costi e dei prezzi richiederebbe analisi ancor più dettagliate che non sono possibili in questa sede. È comunque un fatto acclarato che **tutti i Paesi Europei ed extra-europei che includono il nucleare nel loro mix energetico sono quelli che hanno i prezzi dell'elettricità più bassi per l'utente finale [42]**. Nel contempo, **chi in Europa ha frazioni importanti di nucleare nel mix come la Francia ha emissioni di CO₂eq bassissime** (circa 50 gr CO₂eq/kWh), mentre chi non ce l'ha o lo ha dismesso come la Germania, ha emissioni fra le più alte in Europa. La Germania si assesta sui 320 gr CO₂eq/kWh, l'Italia a circa 250 gr CO₂eq/kWh [43].

Riguardo poi la questione sussidi e incentivi, è singolare che la velata accusa al nuovo nucleare venga proprio da chi ritiene che l'alternativa siano le sole rinnovabili. Infatti, le rinnovabili hanno beneficiato ampiamente di sussidi pubblici: in Italia tali sussidi, raccolti tramite una accisa sulla bolletta elettrica e pagati dunque da tutti i consumatori, hanno già raggiunto i 230 miliardi di euro (secondo GSE, il Gestore dei Servizi Energetici) e altri sono previsti almeno fino al 2032, mentre in Europa tale cifra è stata stimata dai 2 ai 3 trilioni di euro. Sussidi dell'ordine di diverse centinaia di miliardi di euro sono previsti nei prossimi anni a livello europeo e nei paesi con forte penetrazione di rinnovabili per il rafforzamento delle infrastrutture di rete, per evitare instabilità di rete e black-out causati dalla intermittenza. In Italia esistono tuttora sussidi statali sia per le rinnovabili (FER X, FER 2, Energy Release) che per i sistemi di accumulo (MACSE). Tutti questi sussidi statali finiscono da sempre in bolletta, aumentando i costi per il consumatore finale.

La nostra posizione, espressa già in vari contesti (ad es. [44]), è che sia giusto che il settore dell'energia riceva attenzione e incentivi dallo Stato, perché l'energia è un bene primario indispensabile per la vita dei cittadini, al pari dell'acqua. Tali incentivi risultano a maggior ragione giustificati quando emergono ulteriori esigenze, alle quali bisogna dare una risposta modificando lo *status quo ante*, come nel caso dell'energia nucleare, la quale affiancando lo sviluppo delle rinnovabili, è in grado di contribuire in maniera determinante alla decarbonizzazione, alla sicurezza degli approvvigionamenti, alla stabilizzazione dei prezzi, al contenimento dei costi di sistema, ricordando che sono sopportati da tasse a carico dei cittadini.

Il punto chiave è dunque il seguente: **se il nucleare serve per contribuire a risolvere il trilemma energetico, l'Europa e il nostro Paese devono garantire a tale fonte gli stessi sussidi e incentivi previsti da sempre per le rinnovabili**. Le politiche di sostegno devono essere dunque coerenti e non discriminare una fonte rispetto all'altra, se le stesse concorrono a raggiungere gli stessi obiettivi e gli stessi benefici per gli utenti finali. **L'Europa si avvia in questa direzione, visto che la stessa Commissione Europea prevede l'utilizzo dei Contracts for Difference (CfD) a supporto dell'energia nucleare**. Inoltre, lo sviluppo di SMR al servizio di siti industriali potrebbe consentire, tra le diverse opzioni, un finanziamento basato su **Power Purchase Agreements (PPA)** di lungo termine, riducendone quindi il rischio e i relativi oneri finanziari.

Infine, sulla questione costi e prezzi, un commento tecnico su una delle affermazioni più drastiche contenute nel report, ovvero che una quota limitata di nucleare, essendo il mercato elettrico basato sul prezzo marginale, non scalzerebbe il gas come tecnologia marginale e quindi non comporterebbe riduzioni del prezzo dell'energia. Se si vuole veramente decarbonizzare in maniera seria l'intero sistema energetico, in prospettiva al 2050 il ruolo del gas deve ovviamente ridursi significativamente a vantaggio del nuovo nucleare e questo, se si mantiene l'attuale sistema, già di per sé migliorerebbe la situazione prezzi, oltre

ovviamente alla loro stabilità e alla decarbonizzazione. Ma il punto è un altro: con l'aumentare nel sistema di fonti con costi variabili di generazione nulli (FER) o molto bassi (nucleare), ma con costi fissi elevati, il mercato spot a prezzo marginale perde di senso, a favore di una contrattazione di lungo termine (PPA e CfD), basata sui costi di generazione della specifica fonte e non di quella marginale. D'altra parte, lo stesso rapporto della Banca d'Italia riconosce il ruolo di questa contrattazione di lungo termine nel ridurre la volatilità del prezzo che caratterizza i mercati spot, e quindi nel ridurre la rischiosità dell'investimento e dei relativi oneri finanziari. Si tratta semplicemente di essere coerenti, riconoscendo che il miglior sistema energetico a cui transire è l'abbandono graduale del gas clima-alterante e caratterizzato da prezzi volatili, a vantaggio del nucleare, con un mix energetico in prospettiva basato su rinnovabili e nucleare. Va inoltre ricordato che, come precedentemente rappresentato, il costo dell'energia pagata dal cliente finale non è determinato solamente dal costo dell'energia stabilito dal *system marginal price*, ma anche dagli oneri di sistema (costi rete distribuzione, rete di alta tensione, sistemi di accumulo, incentivi rinnovabili e altre fonti). Pertanto, la minimizzazione del prezzo dell'energia per il cliente finale può essere ottenuta soltanto con un giusto mix di fonti che equilibri il costo di produzione, il costo indotto dalla volatilità e gli oneri di sistema conseguenti il mix scelto. Questo mix deve necessariamente includere una quota importante di energia rinnovabile (PV, eolico ed idroelettrico), dotata di sistemi di accumulo, e di capacità programmabile, oggi garantita dalla generazione a gas e, appena possibile, sostituita progressivamente con generazione nucleare. Senza una quota di energia programmabile, nel medio-lungo termine il prezzo dell'energia per il cliente finale crescerebbe rispetto ai valori attuali.

Finanziamento

Al riguardo il rapporto [1] rileva che *“Finanziare impianti nucleari è tra i progetti più costosi per un paese, alla pari di grandi progetti di trasporto, ma con superiori gradi di incertezza e rischio (IEA, 2025, [39]). La dimensione degli investimenti richiede uno sforzo finanziario difficilmente sostenibile esclusivamente da attori di mercato privati. Peraltro, la costruzione di impianti in un contesto di scarsità di expertise e know-how rischia di causare ritardi che verrebbero scontati dagli investitori, richiedendo un maggior rendimento per compensare il premio per il rischio (che inciderebbe sul costo del finanziamento). Infine, il rischio regolatorio che potrebbe verificarsi in mancanza di un iter autorizzativo chiaro e preciso e un commitment politico credibile, aumenta l'incertezza e quindi il costo del capitale”*. Sono senz'altro osservazioni pertinenti, ma lo stesso rapporto osserva come in molti paesi per far fronte a questi problemi si è fatto ricorso ai *“green bond”* per finanziare il nucleare, cosa fattibile anche alla luce dell'introduzione del nucleare nella tassonomia europea, e suggerisce che *“Per mitigare tali rischi ex ante, e favorire il coinvolgimento di investitori privati, bisognerebbe, in sintesi, offrire un quadro normativo il più condiviso e stabile, così da dare maggiore certezza agli investitori e favorire la prevedibilità dei flussi di cassa, anche mediante strumenti quali power purchase agreements (PPA), contratti per differenze (contract for difference - CFD) o regulated asset based (RAB) models. Verosimilmente sarebbe in ogni caso necessario un coinvolgimento diretto dello Stato (con finanziamenti, sussidi, incentivi o regolamenti) o indiretto, attraverso società controllate”*.

Il rapporto afferma inoltre correttamente che *“I costi più bassi e i tempi di costruzione più contenuti degli impianti basati sulle nuove tecnologie modulari potrebbero rendere i progetti di investimento più accessibili, ampliando il ventaglio dei potenziali investitori e riducendo la necessità di un intervento pubblico (IEA, 2022)”*

Concordiamo con queste ultime affermazioni e, in aggiunta, osserviamo che, come dimostrato in [36] il nucleare è in grado di contribuire allo sviluppo economico del sistema Paese, sia in termini di necessità di risorse umane altamente qualificate sia grazie alla supply chain nucleare esistente in Italia (v. Annesso A). Queste circostanze sono in grado di generare risorse aggiuntive per il Paese, proprio a supporto del finanziamento del percorso di transizione energetica.

Gestione rifiuti radioattivi

Il rapporto [1] evidenzia che al momento l'Italia non ha un deposito per le “scorie nucleari”. È indubbio che la dilazione nel tempo della decisione riguardante il deposito dei rifiuti radioattivi di bassissima, bassa e media attività derivanti dal decommissioning degli impianti nucleari dismessi e dalle varie applicazioni non energetiche (incluse quelle medicali), riduce la credibilità del nuovo programma nucleare italiano. Ma ancora una volta puntare il dito su qualcosa che in Italia non ha ancora trovato soluzione finale, non appare l'approccio più costruttivo. Attraverso una corretta campagna di comunicazione andrebbe chiarito alla popolazione italiana che la decisione su questo deposito è politica e non tecnica. **Di questo tipo di depositi cosiddetti ingegneristici ne esistono svariate decine nel mondo. In alcuni paesi come Francia e Spagna ne è già stato aperto un secondo per via della saturazione del primo. L'Italia ha tutte le competenze e capacità per realizzarlo e gestirlo.** Ce lo hanno anche confermato le agenzie internazionali che hanno effettuato il peer review del nostro programma. Per quanto riguarda il deposito geologico per i rifiuti ad alta attività e lunga vita, paesi dell'UE quali Finlandia e Svezia hanno da tempo identificato i siti di stoccaggio definitivo. Il sito Finlandese di Onkalo ospiterà i primi elementi di combustibile esaurito nel 2027. Quello svedese, ubicato nel sito di Forsmark, a partire dalla seconda metà degli anni '30. Questa è la soluzione finale per quei Paesi che da subito hanno scelto la strada del ciclo del combustibile aperto con stoccaggio definitivo degli elementi di combustibile irraggiati scaricati dai propri reattori.

Altri Paesi come la Francia, pur prevedendo un deposito geologico definitivo, hanno scelto la strada del parziale riutilizzo del combustibile irraggiato in un ciclo chiuso, al momento limitato al mono-riciclo nei reattori LWR per ridurre notevolmente la quantità e sfruttare dal punto di vista energetico il plutonio generato durante il funzionamento. In prospettiva, passando ad un multi-riciclo in reattori veloci che ottimizzino l'utilizzo del combustibile nucleare e il bruciamento del plutonio, è possibile ottenere una drastica riduzione degli attinidi minori che, seppure rappresentino volumi irrisori, sono responsabili della radioattività a lunghissima vita, ottenendo il risultato di ridurre significativamente volumi, tempi e costi della gestione dei rifiuti nucleari residui.

Più in generale e con il medesimo approccio olistico, sarebbe opportuno confrontare i volumi dei rifiuti radioattivi prodotti, ad esempio, dai reattori nucleari previsti nel PNIEC italiano del 2024 [45], con quelli tossici prodotti dall'industria chimica nazionale, che, per inciso, non decadono mai (basti pensare alla diossina, al mercurio, all'arsenico). Per fornire qualche numero significativo al riguardo, basta ricordare che un impianto nucleare da 1 GWe produce circa 30 t di combustibile esausto per anno, mentre una centrale a carbone della stessa taglia produce circa 300.000 t di ceneri per anno.

Si tende quindi ad enfatizzare molto la questione rifiuti radioattivi, ma la realtà è che l'industria nucleare, a differenza di altri settori tecnologici, ha ormai raggiunto una notevole maturità ed esperienza nella gestione dei flussi di

materiali, con un approccio di riduzione dei volumi e massima salvaguardia dell'ambiente e della popolazione sull'intero ciclo di vita.

Uso dell'acqua e del territorio

Altro problema segnalato dal rapporto in oggetto sarebbe l'uso dell'acqua per il raffreddamento della centrale: elevate temperature ambientali potrebbero impedire lo scarico nei fiumi (non nel mare) e portare al fermo temporaneo degli impianti, come già verificatosi in Francia. È questa una questione comune a tutti gli impianti termoelettrici, non solo a quelli nucleari. Nel caso di grandi impianti è stata risolta facendo ricorso alle torri di raffreddamento, tecnologia nota, ben consolidata e già ampiamente utilizzata nel nostro Paese per gli impianti termoelettrici anche di grande taglia.

Nel caso degli SMR, la loro taglia (circa metà degli impianti termoelettrici di grande taglia in funzione in Italia) consente di sfruttare al meglio le caratteristiche dei possibili siti, ottimizzando la potenza della centrale in relazione alla disponibilità di suolo e risorse idriche.

Infatti, **gli impianti nucleari, grazie all'elevatissima densità energetica, non richiedono un'estesa occupazione di territorio**, al contrario delle rinnovabili che in Italia si stanno iniziando a generare problemi di accettabilità da parte del territorio.

Opposizione dell'opinione pubblica

Il rapporto pubblicato da Banca d'Italia riporta i risultati di una serie di sondaggi svolti in Italia, tutto sommato in una certa misura favorevoli alla reintroduzione dell'energia nucleare, in particolare *“a fronte di benefici per la collettività o in termini di prezzi dell'elettricità o a fronte di assicurazioni sui benefici ambientali (rispetto alle altre fonti energetiche) in termini di consumo del suolo e delle risorse naturali”*. Non è strano che si evidenzino tuttavia come maggiore criticità quella relativa all'effetto NIMBY (*Not In My Back Yard*, ovvero accettazione della tecnologia, ma non in prossimità della propria abitazione): *“la percentuale di persone favorevoli a nuove centrali cresceva di circa 20 punti percentuali se queste si trovano lontano dalla propria abitazione”*. L'esperienza internazionale dimostra che l'accettazione pubblica e il superamento dell'effetto NIMBY aumenta là dove si coinvolgono le popolazioni interessate e si forniscono in maniera semplice e fruibile ai più, informazioni e dati scientificamente corretti. Come giustamente osservato nell'ambito della PNNS [34] *“per ottenere questo risultato è necessario che l'energia nucleare torni ad essere percepita come una fonte sicura e con impatti trascurabili dal punto di vista ambientale e sanitario, e come sorgente essenziale per la decarbonizzazione e la transizione energetica. A tal fine è indispensabile colmare il gap che in Italia penalizza la percezione del nucleare a fronte della sostanziale accettazione sociale che caratterizza questa fonte nei paesi che non hanno mai smesso di utilizzarla. La riduzione e l'annullamento di questo gap richiede un'intensa azione informativa che deve vedere come soggetti direttamente impegnati non solo le aziende del comparto elettrico che aspirino a realizzare nuove installazioni sul territorio nazionale, ma anche e soprattutto il sistema istituzionale, il sistema tecnico-scientifico e il sistema associativo aventi competenze in materia. Determinante sarà anche la posizione delle industrie energivore che coinvolgono milioni di famiglie italiane e che sono in grave sofferenza a causa della volatilità dei prezzi energetici, in un contesto in cui è richiesto loro di decarbonizzare”*. A fortiori rispetto ai temi sopra sviluppati, l'approccio deve essere

sistemico e non specifico al solo nucleare. La comunicazione al pubblico non deve riguardare la sola fonte nucleare ma piuttosto l'intero novero delle fonti energetiche, ciascuna descritta e comparata alle altre possibili opzioni, tenendo conto delle caratteristiche fisiche e delle potenzialità tecnico-economiche e strategiche di ciascuna fonte.

Considerazioni Finali



Considerazioni finali

AIN ritiene che il rapporto pubblicato da Bankitalia [1] nella sostanza si discosti dalla scelta compiuta dall'Unione Europea – sulla scia delle raccomandazioni espresse nel rapporto Draghi – di adottare una strategia “*technology neutral*” in campo energetico che preveda il ricorso a tutte le tecnologie *carbon-free*, incluso il nucleare.

Conseguentemente il rapporto non evidenzia adeguatamente numerose questioni, quali:

- il cambiamento nelle policy energetiche di molti paesi europei, sia dell'Unione sia dell'Europa geografica, nonché le iniziative di ripartenza e potenziamento del nucleare a livello mondiale (COP, singoli Paesi, Banca Mondiale);
- nelle previsioni del settore, la disponibilità di uranio sul mercato internazionale al momento non costituisce un problema; la capacità disponibile “occidentale” sul combustibile non è affatto trascurabile. Importanti realtà industriali hanno avviato negli ultimi mesi iniziative molto concrete riguardanti l'approvvigionamento di uranio e l'aumento della capacità di arricchimento;
- la tempistica di messa a terra di reattori veloci non richiederà una grande disponibilità di combustibili speciali nel breve termine. In ogni caso, si tratta di tecnologie che ben si conoscono e si sanno gestire, quindi è credibile che in questo lasso di tempo l'Occidente e l'Europa si attrezzeranno anche in questo campo;
- EdF ha recentemente confermato che per le sue tecnologie può contare al 95% su fornitori europei. Inoltre, l'Italia è la seconda industria manifatturiera nucleare dell'UE e 4 dei 6 ultimi impianti nucleari realizzati in EU hanno visto industrie italiane capofila dei progetti in Slovacchia e in Romania;
- la dipendenza del nucleare dai materiali critici è nettamente inferiore a quella delle rinnovabili;
- il nucleare può produrre non solo energia elettrica ma anche altri vettori energetici altrettanto importanti (primo fra tutti il calore industriale);
- la penetrazione delle rinnovabili intermittenti impone in parallelo di rafforzare le infrastrutture di rete con costi assai elevati a carico dell'utilizzatore finale;
- il nucleare garantisce stabilità della rete e permette di stabilizzare e ben prevedere i prezzi;
- tutti i Paesi europei ed extra-europei che includono il nucleare nel loro mix energetico hanno prezzi dell'elettricità più bassi per l'utente finale. Infatti, anche il rapporto in questione riconosce che la metrica più corretta per valutare i costi è il cosiddetto VALCOE;
- la minimizzazione del prezzo dell'energia per i clienti finali si raggiunge con un giusto mix di fonti rinnovabili, accompagnate da sistemi di accumulo, e di capacità programmabile (a tendere nuovo nucleare, in progressiva sostituzione del termoelettrico a carbone e gas), in modo da minimizzare la somma del costo di produzione e degli oneri di sistema (costo reti, accumuli, incentivi) indotti dal mix di generazione considerato;
- nel contempo, chi ha frazioni importanti di nucleare nel mix come la Francia ha emissioni di CO₂eq bassissime;
- l'Europa e il nostro Paese devono garantire al nucleare gli stessi sussidi e incentivi previsti da sempre per le rinnovabili. L'Europa si avvia in questa direzione, visto che la stessa Commissione Europea prevede l'utilizzo dei *Contracts for Difference* (CfD) a supporto dell'energia nucleare;

- i cosiddetti depositi ingegneristici per rifiuti radioattivi esistono a decine nel mondo. In alcuni paesi come Francia e Spagna ne è già stato aperto un secondo per via della saturazione del primo. L'Italia ha tutte le competenze e capacità per realizzarlo e gestirlo;
- si tende a enfatizzare molto la questione rifiuti radioattivi, ma l'industria nucleare, a differenza di altri settori tecnologici, ha ormai raggiunto una notevole maturità ed esperienza nella gestione dei flussi di materiali, con un approccio di riduzione dei volumi e massima salvaguardia dell'ambiente e della popolazione;
- gli impianti nucleari, grazie all'elevatissima densità energetica, non pongono problemi di disponibilità di territorio;
- l'Italia possiede la seconda supply chain nucleare in Europa ed esperti nucleari su quasi tutto lo spettro delle competenze necessarie per un programma nucleare industriale. La ricerca e la formazione italiane in campo nucleare sono di livello internazionale;
- grazie alla presenza della filiera nucleare italiana, lo sviluppo del nucleare nel nostro Paese sarebbe un volano di crescita economica che permetterebbe di finanziare una parte dell'evoluzione del nostro mix energetico, diversamente da rinnovabili e batterie che comportano un aggravio della bilancia commerciale con l'estero.

In conclusione, sebbene il rapporto Lavecchia & Pasquini dichiara di aggiornare lo studio di Faiella e Lavecchia (2012), in realtà si fonda in più parti su considerazioni che risuonano poco contestualizzate nella situazione corrente. Ad esempio, il WEO-2014 (dove si riportano dati al 2012) descriveva un *“periodo di abbondanza energetica a moderati costi”*, uno scenario molto diverso dall'attuale.

Negli ultimi tredici anni, infatti, i settori energetici italiano ed europeo hanno subito trasformazioni profonde: la penetrazione delle fonti rinnovabili nella produzione elettrica è aumentata in modo significativo (dal circa il 27% nel 2012 ad oltre il 40% nel 2023), l'assetto del mercato elettrico si è evoluto, lo scenario geopolitico è stato radicalmente modificato dal conflitto russo-ucraino e dalla conseguente crisi degli approvvigionamenti, incluso quello delle materie prime. Sono questi i fattori principali che, unitamente alle esigenze di decarbonizzazione dell'intero settore energetico, stanno rapidamente spingendo anche i paesi occidentali ad una riconsiderazione dell'opzione nucleare.

Annexo A: Informazioni relative al settore nucleare italiano

Il Position Paper AIN del luglio 2023 [33], riporta una sintesi delle competenze italiane nel campo dell'energia nucleare.

Informazioni più dettagliate possono essere reperite nei documenti di sintesi della Piattaforma Nazionale sul Nucleare Sostenibile [34] nonché nel recentissimo documento pubblicato da Confindustria [35].

Inoltre, il rapporto [36] ha ricostruito la filiera industriale italiana di aziende attive nel nucleare. Si tratta di più di 70 aziende di varie dimensioni in grado di presidiare tutti i segmenti della supply chain nucleare, ad eccezione della fornitura di combustibile.

La seguente tabella ([36]) fornisce i dati aggregati per ciascun segmento:

Segmento	Presenza italiana
Fornitura combustibile	0 aziende
Grandi componenti	17 aziende
Società di ingegneria	13 aziende
Strumentazione	13 aziende
Materiali e forgiatura	11 aziende
Montaggio/installazione	5 aziende
EPC/General Contractor	4 aziende
Smaltimento	3 aziende
Valvole	2 aziende
Tubazioni e raccordi	2 aziende

I valori socio-economici legati al settore dell'energia nucleare italiana possono riassumersi in:

- fatturato annuale dell'ordine dei 500 milioni di Euro;
- valore aggiunto pari a circa 160 milioni di Euro;

- 2800 occupati diretti (a cui si aggiungono quelli dell'indotto).

Va anche segnalato che la ricerca italiana nel campo dell'ingegneria nucleare è fra le meglio posizionate al mondo. La figura A.1 (tratta da [36]) mostra le pubblicazioni scientifiche nel campo dell'ingegneria nucleare per 100.000 abitanti e la figura A.2 ([36]) i centri di ricerca e le università e politecnici attivi in campo nucleare.

Figura A.1

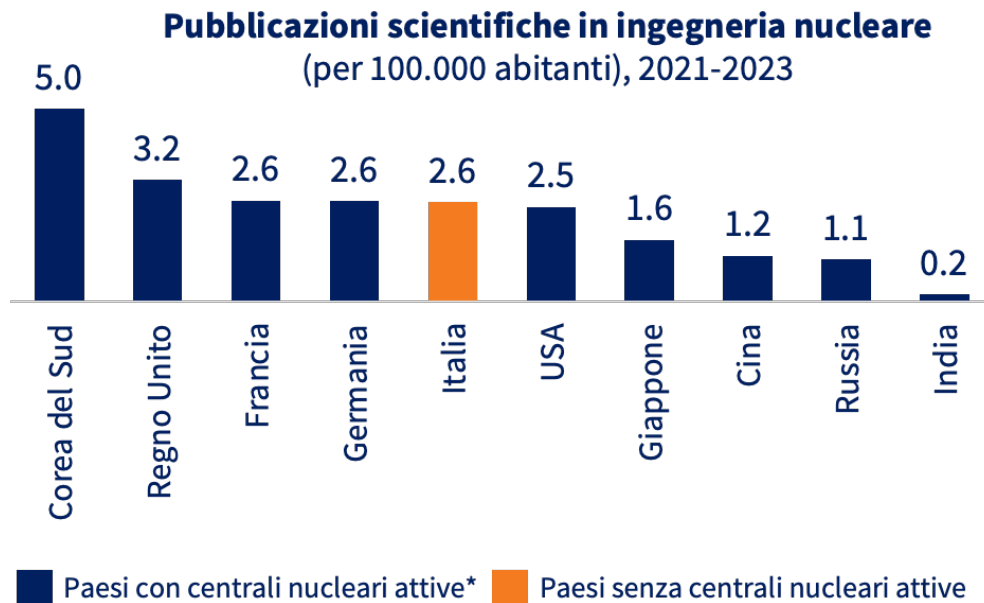


Figura A.2: Centri di ricerca e università/politecnici attivi nel campo dell'ingegneria nucleare (**CIRTEN: Consorzio Interuniversitario per la Ricerca Tecnologica Nucleare; ***L.E.N.A.: Laboratorio Energia Nucleare Applicata)



Infine:

- il Politecnico di Milano ha realizzato uno studio sulla filiera nucleare italiana per i reattori modulari di piccole dimensioni (SMR), con l'obiettivo di valutarne la fattibilità e il potenziale impatto. Lo studio analizza la fabbricazione di uno dei componenti nucleari più importanti (il recipiente a pressione del reattore): ne risulta una capacità realizzativa nazionale pari a oltre la metà del potenziale fabbisogno sul mercato europeo degli SMR tra il 2035 e il 2050 (pari a 15 unità/anno)[37];
- alla fine del 2024, l'ENEA ha prodotto un Dossier [38] che riporta schede tecniche relative ai laboratori e infrastrutture sperimentali dell'ENEA e delle sue partecipate, le cui competenze possono dare un valido contributo alla qualificazione nucleare del sistema italiano.

Riferimenti

- [1] Luciano Lavecchia, Alessandra Pasquini – *L'atomo fuggente: analisi di un possibile ritorno al nucleare in Italia* – Banca d'Italia, Questioni di Economia e Finanza n. 947 – giugno 2025 – <https://www.bancaditalia.it/pubblicazioni/qef/2025-0947/index.html>
- [2] Mario Draghi – *The Future of European Competitiveness* – September 2024 – https://commission.europa.eu/document/download/97e481fd-2dc3-412d-be4c-f152a8232961_en?filename=The%20future%20of%20European%20competitiveness%20_%20A%20competitiveness%20strategy%20for%20Europe.pdf
- [3] Futuri Probabili, per la Formazione del Capitale Umano – *Per una Strategia di Sicurezza Nazionale. Rapporto* – giugno 2025 – <https://www.futuriprobabili.it/contenuto/rapporto-per-una>
- [4] Regolamento UE 2020/852 del Parlamento Europeo e del Consiglio del 18 giugno 2020 relativo all'istituzione di un quadro che favorisce gli investimenti sostenibili e recante modifica del regolamento UE 2019/2088
- [5] European Commission – *PINC: Nuclear Illustrative programme* – April 2025 – https://energy.ec.europa.eu/publications/communication-nuclear-illustrative-programme-under-article-40-euratom-treaty_en
- [6] European Commission - *CISAF – Clean Industrial deal State Aid Framework* – June 2025 – https://competition-policy.ec.europa.eu/about/contribution-clean-just-and-competitive-transition/clean-industrial-deal-state-aid-framework-cisaf_en
- [7] World Nuclear Association Country Profiles – <https://world-nuclear.org/information-library>
- [8] <https://unfccc.int/topics/global-stocktake>
- [9] <https://world-nuclear.org/news-and-media/press-statements/six-more-countries-endorse-the-declaration-to-triple-nuclear-energy-by-2050-at-cop29>
- [10] The White House – *Safely and Responsibly Expanding U.S. Nuclear Energy: Deployment Targets and a Framework for Action* – November 2024
- [11] The White House – *Deploying Advanced Nuclear Reactor Technologies for National Security* – 23 May 2025
- [12] Center for Global Development <https://www.cgdev.org/blog/world-bank-goes-nuclear>
- [13] <https://www.iaea.org/newscenter/multimedia/videos/world-bank-group-and-iaea-sign-partnership>
- [14] <https://world-nuclear.org/news-and-media/press-statements/14-major-global-banks-and-financial-institutions-express-support-to-triple-nuclear-energy-by-2050-23-september-2024>
- [15] <https://www.brusselstimes.com/1581946/a-new-energy-era-belgium-officially-overturns-nuclear-exit-law>
- [16] <https://www.reuters.com/business/energy/swedish-parliament-backs-financing-bill-new-nuclear-power-2025-05-21/>
- [17] <https://scenarieconomici.it/ritorno-nucleare-danimarca-italia-reattori-smr/>
- [18] <https://brusselssignal.eu/2025/05/germany-drops-opposition-to-nuclear-power-at-eu-level-but-plants-stay-shut-at-home/>
- [19] <https://www.world-nuclear-news.org/articles/kazakhstan-nuclear-power-plant-project-moving-ahead>
- [20] <https://www.iaea.org/topics/iaea-low-enriched-uranium-bank>
- [21] A joint report by the Nuclear Energy Agency and the International Atomic Energy Agency – *Uranium 2024: Resources, Demand and Production* – OECD 2025, NEA No 7623 – https://www.oecd-neo.org/jcms/pl_103179/uranium-2024-resources-production-and-demand?details=true
- [22] <https://www.orano.group/en/news/news-group/2025/march/european-investment-bank-and-orano-sign-a-loan-agreement-for-400-million-euros-relating-to-the-project-to-extend-the-georges-besse-2-uranium-enrichment-plant>
- [23] <https://www.google.com/search?client=safari&rls=en&q=Urenco+new+enrichment+plant&ie=UTF-8&oe=UTF-8>
- [24] <https://www.nucnet.org/news/government-awards-gbp196-million-for-urengo-to-build-haleu-facility-5-3-2024>
- [25] COM(2025) 440 – Roadmap towards ending Russian energy imports – 12 May 2025
- [26] IAEA - *Small Modular Reactors Catalogue 2024, A Supplement to IAEA Advanced Reactors Information System (ARIS)* – <https://aris.iaea.org/>

- [27] OECD-NEA - *The NEA Small Modular Reactor Dashboard* Volume I OECD 2024 NEA No 7671 and II OECD 2023 NEA No 7657 – https://www.oecd-nea.org/jcms/pl_90816/the-nea-small-modular-reactor-dashboard-second-edition?details=true
- [28] Proceedings of ENS TopFuel Reactor Fuel Performance 2024 Conference - *Keynote Session: Needs & Challenges of Fuel Design and Development for SMR/AMRs* - ISBN 978-92-95064-41-6.
<https://www.newcleo.com/our-technology/fuel/>
- [29] <https://www.terrapower.com/natrium/>.
- [30] <https://corporate.enel.it/media/esplora-comunicati/CS/2025/05/nasce-nuclitalia-enel-ansaldo-energia-e-leonardo-insieme-per-la-ricerca-sul-nuovo-nuclare>
- [31] ICE-AIN-GIFEN B2B meeting: *Towards an Integrated European Nuclear Supply Chain: The Italian-French Partnership* – Milan, 15-16 May 2025.
- [32] AIN - Position Paper – *Per una consapevole e articolata riconsiderazione dell'opzione nucleare in Italia* – luglio 2023 – <https://associazioneitaliananucleare.it/wp-content/uploads/2023/07/AIN-2023-07-Riconsiderare-il-nucleare-in-Italia-Position-Paper.pdf>
- [33] Piattaforma Nazionale per il Nucleare Sostenibile – *Rapporti Finali dei GdL 1 ÷ 7* - <https://www.mase.gov.it/portale/-/piattaforma-nazionale-per-un-nucleare-sostenibile-pubblicazione-rapporti-conclusivi-2025>
- [34] Confindustria ed ENEA – *La nuova strategia per lo sviluppo del mix energetico nazionale: le potenzialità dell'energia nucleare sostenibile degli Small Modular Reactor e degli Advanced Modular Reactor* – luglio 2025 – <https://www.confindustria.it/documenti/rapporto-nucleare-confindustria-enea/>
- [35] The European House Ambrosetti per Edison e Ansaldo Nucleare – *Il Nuovo Nucleare in Italia per i Cittadini e le Imprese: il ruolo per la decarbonizzazione, la sicurezza energetica e la competitività* – Settembre 2024 – <https://www.ambrosetti.eu/news/il-nuovo-nucleare-in-italia-per-i-cittadini-e-le-imprese/>
- [36] Politecnico di Milano – *Italian Nuclear Supply Chain for Small Modular Reactors: preliminary investigations and case study on large components manufacturing* – November 2023
<https://www.nuclearenergy.polimi.it/italian-nuclear-supply-chain-for-small-modular-reactors/>
- [37] ENEA - *Qualifications of Nuclear Systems and Components: ENEA Expertise and Facilities* – December 2024
- [38] IEA – *The Path to a New Era for Nuclear Energy* – January 2025 – <https://www.iea.org/reports/the-path-to-a-new-era-for-nuclear-energy>
- [39] IMK – *Gut 650 Milliarden Euro bis 2045: Studie Berechnet Investitionsbedarf in Deutsche Stromnetze* – 5 Dezember 2024
- [40] American Experiment – *The High Cost of 100 percent Carbon-free Electricity* – September 2022 – <https://files.americanexperiment.org/wp-content/uploads/2022/09/The-High-Cost-of-100-Percent-Carbon-Free-Electricity-by-2040-in-Minnesota.pdf>
- [41] https://energy-charts.info/charts/price_average_map/chart.htm?l=it&c=EU&interval=year
- [42] <https://www.eea.europa.eu/en/analysis/indicators/greenhouse-gas-emission-intensity-of-1>
- [43] S. Monti, M. Ricotti – *Le ragioni del nucleare* – ASPENIA 1, 2025
- [44] MASE – *Piano Nazionale Integrato per l'Energia e il Clima (PNIEC)* – Giugno 2024 – https://www.mase.gov.it/portale/documents/d/guest/pniec_2024_revfin_01072024-pdf
- [45]