



Policy Brief

ISSN: 2281-5023

CiMET

Centro Universitario Nazionale
di Economia Applicata - dal 2005

TITLE . Politica industriale e transizione energetica. Quale ruolo per l'energia nucleare?

ABSTRACT . Nelle strategie impiegate dai governi per favorire la transizione energetica, elemento comune è il sostegno univoco all'utilizzo di fonti energetiche rinnovabili. Molto più controversa è invece la questione legata al ruolo che, nella costruzione di un futuro assetto energetico sostenibile, può essere giocato dall'energia nucleare. Le differenze negli approcci adottati dai diversi paesi nei confronti della questione sono profonde. Da un lato troviamo nazioni che considerano l'energia nucleare la sfida del futuro, e dichiarano di voler intensificare la presenza nel settore, sia per quanto riguarda la produzione degli impianti che per quanto riguarda il loro utilizzo per il soddisfacimento dei bisogni energetici nazionali. Al lato opposto si collocano paesi in cui prevale la diffidenza e che continuano a non voler includere questa fonte all'interno della propria futura struttura energetica (o di volerla escludere, se già presente, come nel caso della Germania). Obiettivo di questo policy brief è rendere conto del dibattito legato alla scelta energetica nucleare, che si è riaperto in molte parti del pianeta anche a seguito del conflitto russo-ucraino. In nessun altro comparto energetico il consenso pubblico è determinante quanto per il nucleare, ed è quindi fondamentale che qualunque scelta di policy (sia orientata verso una crescente adozione che verso la totale esclusione) sia basata su un'attenta e completa analisi di tutti gli aspetti che si intrecciano nella questione, da quelli di carattere tecnico, a quelli legislativi, ambientali, economici, sociali e finanziari.

KEYWORDS . Energia nucleare, Small Modular Reactors, Tecnologie, Sostenibilità, Politiche

AUTHORS . LAURETTA RUBINI
Università degli Studi di Ferrara e CiMET
lauretta.rubini@unife.it

Working Paper CiMET / Policy Brief 20/2023

Working Paper CiMET/Policy Brief are part of the c.MET05 Working Papers Series. They have a special synthetic format and they are circulated for policy discussion and comment purposes. They have not been peer-reviewed or been subject to the review by the CiMET Board of Directors.

© 2023 by **Lauretta Rubini**. All rights reserved. Short sections of text, not to exceed two paragraphs, may be quoted without explicit permission provided that full credit, including © notice, is given to the source.

Politica industriale e transizione energetica. Quale ruolo per l'energia nucleare?

Lauretta Rubini

La transizione energetica e il processo di decarbonizzazione sono ormai da tempo considerati priorità a livello mondiale, indispensabili per invertire il processo di riscaldamento globale causato dalle emissioni di CO₂.

In questo quadro, la necessità di un ricorso sempre più diffuso a fonti energetiche rinnovabili trova il consenso unanime dei policy-maker e delle comunità, nell'intento di guidare il cambiamento strutturale dell'economia e della società verso un assetto maggiormente sostenibile.

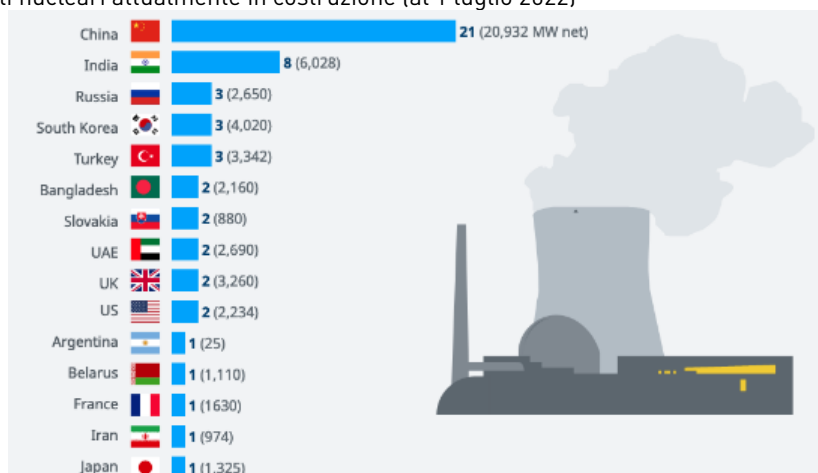
Se sussistono pochi dubbi sull'opportunità di supportare lo sviluppo dell'energia eolica o di quella solare, molto più animato è invece il dibattito che si sta parallelamente intensificando riguardo al ruolo nel processo di transizione che può essere giocato dall'energia nucleare. Si tratta di un ambito particolarmente delicato, in cui si intreccia una vasta gamma di questioni quali, ad esempio, quelle legate alla sicurezza pubblica, alla fattibilità tecnica degli impianti, all'economicità della produzione, alla sostenibilità degli approvvigionamenti, fino alla gestione e lo smaltimento delle scorte e alla dismissione degli impianti obsoleti.

Il quadro internazionale

A livello mondiale, al momento (maggio 2023) sono attivi 436 reattori nucleari¹ che operano in 33 paesi e che producono circa il 10% dell'energia elettrica globale (contro il 12% di energia solare ed eolica)².

Sono in fase di costruzione 53 impianti, il 36% dei quali in Cina (v. fig. 1). Anche se il paese non ha ancora risolto il problema dello smaltimento delle scorie, negli ultimi 10 anni il governo ha comunque deciso di investire pesantemente in questo settore e intende rafforzare ulteriormente anche la capacità di esportazione dei produttori di impianti (per il momento limitata al Pakistan, anche ci sono progetti non ancora attuati che riguardano Romania e Regno Unito) (Mazumdaru, 2023).

Fig 1. Impianti nucleari attualmente in costruzione (al 1 luglio 2022)



Fonte: Mazumdaru, 2023 su dati del World Nuclear Industry Status Report.

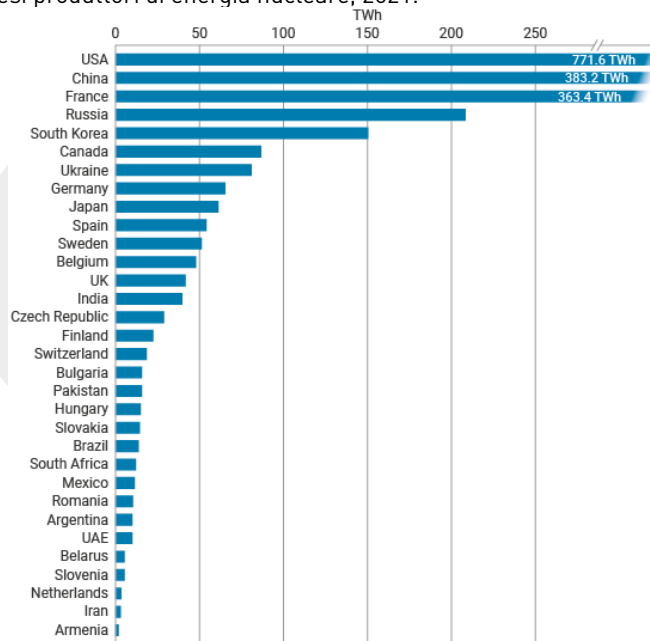
La Cina è attualmente seconda in termini di capacità di produzione di energia da fonte nucleare e si prevede che presto supererà il primato attualmente detenuto dagli Stati Uniti, dal momento che aspira a raggiungere 400 GWe nel 2050 (Chen et al., 2017), ossia più del quadruplo dell'attuale potenza degli Stati Uniti (fig. 2).

¹ A cui si aggiungono altri 220 reattori di ricerca, per scopi medici o industriali (Minopoli, 2022).

² World-nuclear.org.

Emblematico è poi il caso del Giappone, il cui governo aveva fermato i propri reattori in seguito al disastro di Fukushima del 2011 per verificarne i protocolli di sicurezza e dove tutto sembrava puntare verso una progressiva denuclearizzazione del Paese. Tuttavia, la forte dipendenza dall'estero, acuita dal conflitto russo-ucraino, ha spinto il paese ad invertire la rotta e a riprendere gli investimenti nel settore, considerato fondamentale per rispettare il dichiarato obiettivo di riduzione dell'uso dei combustibili fossili e del conseguente impatto ambientale. Nell'agosto del 2022, il Primo Ministro Kishida, in occasione del "GX (Green Transformation) Implementation Council", ha esplicitamente dichiarato che "the Government will stand at the forefront of every effort toward the restart of nuclear power stations whose installment permission has been given, in addition to ensuring the operation of ten reactors that have been brought back online".

Fig 2. Principali paesi produttori di energia nucleare, 2021.



Fonte: World Nuclear Association, IAEA PRIS.

Per quanto riguarda l'Europa, 12 su 27 stati membri dell'UE utilizzano energia nucleare, che rappresenta il 31,3% del totale, contro 40,9% derivante da fonti rinnovabili, 18,1% da combustibili solidi e 6,4% da gas naturale (dati 2021, fonte Eurostat). Dalla lista va esclusa la Germania, che ha stabilito la totale chiusura dei suoi ultimi tre impianti il 15 aprile 2023 (Laidlaw, 2022). Madrid sembra voler seguire una strada analoga. Anche se oggi la Spagna soddisfa circa il 20% del proprio fabbisogno energetico tramite il nucleare, il governo ha annunciato l'intenzione di chiudere tutte le centrali entro il 2035, per concentrarsi sulle fonti rinnovabili (Castigli, 2021). In Belgio, invece, le decisioni in merito alla politica energetica appaiono contrastanti. A gennaio 2023 è stato chiuso uno dei sei reattori, ma qualche giorno dopo il governo ha dichiarato di voler estendere l'operatività dei suoi tre reattori più vecchi. La ragione di questa inversione di rotta viene parzialmente ascritta ad un cambio nell'orientamento espresso dai Verdi, non più contrari ad una rivitalizzazione del settore (Stroobants, 2023).

Il paese europeo che punta maggiormente sul settore è invece a Francia, che soddisfa tramite energia nucleare il 70% dei propri bisogni (oltre il 50% per il Belgio, circa il 30% per Svezia e Finlandia). Il governo è intenzionato a proseguire sulla stessa linea e ad aumentare ulteriormente il proprio investimento nel settore, con la costruzione di almeno sei nuovi reattori entro il 2050 annunciata da Macron (Mallet, 2023). Sulla stessa linea di azione troviamo la Gran Bretagna, che soddisfa già il 15% della sua domanda di elettricità da impianti nucleari e che ha annunciato l'intenzione di continuare a puntare sul settore, tanto che nel 2020 il governo britannico ha incluso la produzione di energia nucleare da centrali avanzate tra i 10

punti del suo “Piano per una rivoluzione industriale verde”. Anche la Finlandia sta fortemente rafforzando il proprio comparto nucleare, e ha avviato nel 2021 la costruzione di una nuova centrale che aumenterà del 14% la produzione di energia elettrica nel paese. Infine, altri undici paesi europei stanno considerando la possibilità di intraprendere la strada del nucleare.³

Luci ed ombre dell'energia nucleare

Il dibattito circa l'opportunità o meno di investire nell'energia nucleare si è riaperto con particolare intensità a livello mondiale a seguito dello scoppio del conflitto russo-ucraino, che ha evidenziato in modo drammatico la dipendenza ancora esistente dai combustibili fossili e che ha indotto molti a riconsiderare il ruolo che il nucleare (svicolato dalle oscillazioni di prezzo di gas e petrolio) può ricoprire per raggiungere l'obiettivo di neutralità climatica entro il 2050 stabilito dalla Commissione Europea all'interno del Green Deal. L'Agenzia Internazionale dell'Energia (IEA – International Energy Agency), nel rapporto pubblicato a maggio del 2021, prevede che a tale scopo non sarà sufficiente un massiccio ricorso alle fonti rinnovabili, ma una quota, pari a circa il 10% della generazione elettrica, sarà coperta dall'energia nucleare.

Uno degli elementi su cui si basa la ritrovata popolarità del nucleare deriva dal fatto che, pur non essendo una fonte rinnovabile (anche se si stima che i giacimenti di uranio possano sostenere produzione di energia nucleare per circa 100 anni, non sono tuttavia inesauribili), secondo molti si può tuttavia includere tra quelle a bassa emissione di gas serra e, quindi, considerare una delle possibili alternative nel processo di transizione energetica verso un sistema sostenibile. Su questo aspetto, tuttavia, i pareri non sono univoci. Alcuni sostengono che si tratti di energia a emissioni zero⁴, mentre per altri le emissioni sarebbero superiori a quelle delle fonti rinnovabili, se non addirittura comparabili con quelle dei combustibili fossili. Queste divergenze di opinioni dipendono principalmente da quali fattori vengono inclusi nel calcolo. In particolare, secondo l'EIA (US Energy Information Administration) i reattori nucleari non emettono CO₂ durante il processo produttivo; tuttavia, l'estrazione e raffinazione dell'uranio e la costruzione delle centrali richiedono grandi quantità di energia, che, se prodotta con fonti ad alta emissione, fanno salire in maniera indiretta i valori di CO₂ associati all'energia nucleare. E questo valore aumenta ulteriormente se si include anche il lungo e complesso processo di *decommissioning*, ossia di smantellamento dell'impianto giunto a fine ciclo. Si tratta di una fase che può incidere particolarmente. Infatti, anche se le centrali hanno un ciclo di vita di circa 60-70 anni, contro i 25-30 degli impianti che utilizzano fonti energetiche differenti (Minopoli, 2022), molti degli impianti attualmente in uso hanno quasi terminato il proprio ciclo di vita, e saranno necessari diversi decenni per completare il delicato processo di dismissione.

Analoga varietà di prospettive si presenta quando si tratta di calcolare il costo di produzione dell'energia nucleare. Fonti diverse utilizzano metodologie differenti, fornendo dati estremamente eterogenei (da 7 centesimi di dollaro fino a oltre 16,3 dollari a kWh). Per contro, il nucleare è considerata la fonte energetica più “densa”, ossia quella che garantisce il miglior rapporto tra kWh di energia prodotta e mq di suolo occupato.

Non si può non temere che dietro informazioni così contrastanti si celi a volte un uso strumentale dei dati, ad esempio per cercare di volgere l'opinione pubblica in una direzione specifica, sia essa pro o contro l'utilizzo del nucleare. Il consenso popolare ha, infatti, un peso molto forte sulle scelte di policy legate al settore. In molti paesi, fra cui l'Italia, la popolazione è estremamente avversa alla costruzione di impianti nucleari, principalmente per timori legati a possibili malfunzionamenti, a fughe di radiazioni o a conseguenze relative allo stoccaggio dei residui. E anche in paesi che producono energia nucleare, come Francia o Svezia, si presenta spesso il fenomeno del “not in my backyard” quando si tratta di decidere le località in cui costruire nuovi impianti o conservare le scorie. A fronte di analisi che evidenziano i rischi del nucleare per le comunità, non mancano studi che cercano di comprendere quanto i timori espressi dalla popolazione siano fondati, o siano invece il frutto di

³ Albania, Serbia, Croazia, Portogallo, Norvegia, Polonia, Estonia, Lettonia, Lituania, Irlanda e Turchia (world-nuclear.org).

⁴ Tra i quali il dipartimento dell'Energia degli Stati Uniti (energy.gov).

una sorta di “pregiudizio” (come i lavori di Hacquin et al., 2022 o Iqbal et al., 2022). Abdulla et al. (2019), ad esempio, hanno svolto un’indagine con l’obiettivo di analizzare il rapporto tra opinione pubblica ed energia nucleare negli Stati Uniti. A due gruppi di persone è stato chiesto di scegliere la fonte energetica preferita sulla base di una serie di parametri (emissioni, costi sanitari, morti da incidenti, ecc.), ma ad uno dei due è stato nascosto il nome della fonte energetica corrispondente a ciascun valore. Gli intervistati di questo gruppo hanno espresso una preferenza verso il nucleare del 40% più alta rispetto al gruppo che era in grado di associare gli stessi dati al nome della fonte energetica corrispondente.

Spesso le analisi sull’opinione pubblica evidenziano come non ci sia sufficiente consapevolezza da parte dei cittadini anche riguardo gli avanzamenti tecnologici che hanno caratterizzato il settore negli ultimi decenni, soprattutto per quanto riguarda affidabilità e sicurezza degli impianti (Thomas, 2022; Zhu et al., 2022). Il sostegno all’uso dell’energia nucleare ha trovato nuova linfa negli ultimi anni proprio grazie ai recenti progressi scientifici in merito alla possibilità di realizzare reattori modulari di piccola taglia (*small modular reactors, SMR*) a fissione nucleare, con capacità massima fino a 300 MW(e) (contro i 700 dei reattori convenzionali). Essendo modulari, possono essere prodotti interamente in fabbrica, per poi essere trasportati e riassemblati direttamente sul luogo di utilizzo, permettendo un forte abbattimento dei costi di costruzione rispetto alle centrali convenzionali, che sono aumentati significativamente nel corso degli anni (Vinoya et al., 2023). Le limitate dimensioni e la modularità li rende particolarmente adatti a servire zone non coperte dalla rete tradizionale, soprattutto nella versione più piccola, ossia i microreattori (a 10 MW(e)), che possono fungere da fonte addizionale in caso di emergenza, garantire continuità nella fornitura in zone servite da fonti rinnovabili intermittenti o produrre energia per piccole comunità rurali o attività produttive isolate. Gli SMR sono poi particolarmente apprezzati perché non devono essere spenti per la ricarica del combustibile esaurito, perché necessitano di essere alimentati con minore frequenza (ogni 7 anni circa, contro 1-2 delle centrali tradizionali) e per la maggiore sicurezza legata al loro funzionamento, basato su bassa pressione e limitato potere energetico. In caso di problemi, poi, lo spegnimento del reattore non ha bisogno dell’intervento umano, ma avviene spontaneamente, limitando in maniera significativa il rischio di emissioni radioattive nell’ambiente (Liou, 2021).

I progetti relativi alla realizzazione di SMR attualmente in corso sono 72, con Argentina, Cina e Russia in testa alla classifica dei paesi maggiormente impegnati in questo ambito (Vinoya et al., 2023). Di questi 72, 3 sono operativi (come la centrale galleggiante in Siberia a servizio della comunità mineraria locale o il reattore cinese HTR-PM), altri 2 risultano in costruzione (uno dei quali è l’argentino CAREM, destinato alla produzione di energia elettrica e alla desalinizzazione dell’acqua marina) e altri ancora in fase di studio (tra cui quello americano progettato dalla Nuscale Power che promette maggiore sicurezza ed occupazione dello spazio estremamente limitata). Si stima che il tempo necessario affinché gli impianti attualmente in progettazione possano essere connessi alla rete sia di circa 5-6 anni (AIN, 2020).

La diffusione degli SMR potrebbe permettere di ovviare almeno parzialmente ai problemi legati all’elevato costo di costruzione degli impianti e ai lunghi tempi necessari⁵, anche se non sono ancora disponibili stime esatte del costo legato all’uso delle nuove tecnologie, tuttora in gran parte in fase sperimentale. In particolare, non è ancora chiaro se il vantaggio economico che i reattori modulari hanno rispetto agli impianti nucleari tradizionali in fase di costruzione sia superiore alle minori economie di scala che caratterizzano gli SMR rispetto alle grandi centrali durante la fase operativa.

Infine, a completare il complesso quadro non si può non menzionare il fatto che, nonostante gli avanzamenti tecnologici che stanno caratterizzando il settore, risultano ancora in gran parte non risolti i forti problemi legati allo stoccaggio delle scorie, che non solo è un processo molto costoso,⁶ ma deve anche e soprattutto garantire la sicurezza per un periodo estremamente lungo, dal momento che il materiale rimane radioattivo per milioni di anni (Mallet, 2003).

⁵ La costruzione della centrale di Olkiluoto (Finlandia), entrata in funzione nell’aprile del 2023, ha richiesto 17 anni, e almeno 16 ne serviranno a quella francese di Flamanville, che dovrebbe essere operativa dalla seconda metà del 2023.

⁶ La Francia sta progettando un immenso deposito a 500 metri di profondità in grado di immagazzinare tutte le scorie prodotte fino alla fine degli impianti esistenti nel paese, per un costo previsto di 25 miliardi di euro.

Energia nucleare e implicazioni di politica industriale per l'Europa e l'Italia

L'aumento del prezzo delle materie prime che ha seguito il periodo pandemico e l'invasione dell'Ucraina da parte della Russia hanno evidenziato la fragilità del sistema energetico europeo e hanno fatto temere un possibile allontanamento dall'obiettivo di neutralità energetica da raggiungere entro il 2050. Anche alla luce di questa situazione, nel luglio 2022 la Commissione ha incluso il nucleare⁷ nella cosiddetta *tassonomia verde*, ossia la lista di fonti energetiche considerate sostenibili e che quindi possono godere dei finanziamenti del Green Deal europeo.

In molti condividono questa posizione, e vedono nel nucleare una possibile soluzione alla necessità di ridurre progressivamente le emissioni, quantomeno nella (ancora lunga) fase transitoria verso un sistema energetico rinnovabile e sostenibile (tra i quali Minopoli, 2022; Caglar, 2022; Vaillancourt et al., 2008; Mathew, 2022). Per l'Europa l'energia nucleare potrebbe anche rappresentare un importante strumento per diminuire la sua dipendenza dall'estero. Infatti, ad esclusione dell'uranio da arricchire, nel Vecchio Continente sono presenti tutti gli elementi necessari per produrre energia nucleare (tecnologia dei reattori e relativi brevetti, arricchimento e fabbricazione del combustibile, personale qualificato, gestione dei rifiuti, ecc.) (Ricotti, 2022). Lo stesso non si può dire per le energie rinnovabili: la stessa Commissione Europea evidenzia, infatti, una dipendenza dalla Cina del 96% per l'approvvigionamento di wafer per le celle fotovoltaiche e dell'86% per magnesio e terre rare per l'eolico (EC, 2022).

Il sostegno crescente al nucleare a livello europeo si ritrova nella Nuclear Alliance, accordo siglato il 23 febbraio 2023 a cui aderiscono 16 paesi, con l'obiettivo di diminuire la dipendenza energetica dalla Russia. Nel terzo incontro tenutosi a Parigi a maggio 2023, in cui l'Italia era paese osservatore, i governi aderenti hanno dichiarato la volontà di costruire una "catena di valore europea resiliente ed indipendente", con azioni di sostegno UE all'industria nucleare.

Nonostante l'inclusione del nucleare nella tassonomia verde e l'emergere di accordi internazionali possano essere letti come primi passi verso la definizione di una possibile strategia comune, esistono ancora profonde divergenze negli approcci nazionali, come si è già avuto modo di evidenziare. C'è chi, anche alla luce dei recenti progressi tecnologici, ne auspica un utilizzo crescente, non solo per la produzione di elettricità, ma anche di calore ad uso industriale o di idrogeno; chi è favorevole a continuare a sfruttare le centrali esistenti fino al loro esaurimento, ma non alla costruzione di nuovi impianti e chi è estremamente contrario alla sua produzione, a qualunque costo (ma non necessariamente all'utilizzo dell'energia che ne deriva).

In quest'ultima categoria rientra l'Italia, dove il confronto sul nucleare, rimasto a lungo sopito ma mai spento del tutto, ha recentemente ripreso vigore, anche alla luce della fragilità del sistema energetico nazionale: il nostro paese è secondo al mondo in termini di importazioni nette di energia, e circa il 6% dell'elettricità consumata proviene da centrali nucleari, principalmente francesi⁸. L'Italia è stata fra i primi ad intraprendere ricerche nel campo, e nel 1965 era il terzo produttore mondiale di energia elettronucleare (Curli, 2022). Gli eventi che portarono all'abbandono del settore sono noti: nel 1986 scoppia il reattore di Chernobyl e, nel referendum che ha luogo l'anno successivo, i cittadini italiani si esprimono contro il nucleare, che viene quindi abbandonato fino al 2009, quando il governo propone di rilanciarne l'utilizzo. Tuttavia, il referendum del 2011 che segue l'incidente di Fukushima ribadisce ancora una volta la volontà popolare di non utilizzare il nucleare per l'approvvigionamento energetico del paese (Coen, 2022). Quanto questa posizione permanga tutt'oggi non è ancora chiaro. Esistono sondaggi che sembrano mostrare un parziale ammorbidimento dell'opinione pubblica sul tema (tra cui quelli condotti nel 2021 da Comitato Nucleare e Ragione o da termometropolitico.it), ed altri che confermano il rifiuto della popolazione nei confronti del nucleare, come l'indagine effettuata da SWG nello stesso anno. A fronte di gruppi che sostengono con forza l'avversione per il nucleare sulla base dei controversi aspetti di cui si è data sintesi (costi, sicurezza, tempi lunghi, ecc.), permangono fazioni che ritengono che il rifiuto verso questa fonte energetica sia spesso basato su credenze più che su fatti, soprat-

⁷ A condizione che i paesi siano in grado di trattare le scorie in maniera sicura.

⁸ world-nuclear.org

tutto considerando che la tecnologia è progredita e che gli attuali impianti garantiscono livelli di sicurezza e costi del tutto differenti rispetto, ad esempio, a Chernobyl o a Fukushima.

Questa ultima posizione si ritrova nelle parole dell'ex ministro della transizione ecologica del Governo Draghi, Roberto Cingolani, che a settembre 2021 ha sottolineato il rischio legato all'ideologizzazione di qualunque tipo di tecnologia e ha definito illogico scartare a priori l'ipotesi di un ritorno al nucleare, soprattutto alla luce dei recenti avanzamenti tecnologici legati allo sviluppo di SMR (Feletig, 2021). Analoga posizione è stata espressa dal ministro dell'Ambiente e della Sicurezza energetica Fratin e pare non sia esclusa la possibilità che il paese decida di cominciare a valutare l'ipotesi di percorrere questa strada, anche alla luce di una mozione della maggioranza approvata ad aprile 2023 che impegna il governo a valutare tra le possibili strade verso la decarbonizzazione anche il nucleare "quale fonte alternativa e pulita per la produzione di energia" (Pascale, 2023). Peraltro, alcuni sottolineano come i due referendum del 1987 e del 2011 non introducano divieti in tal senso e come, quindi, per iniziare la costruzione di centrali nucleari sarebbe sufficiente una legge ordinaria che definisca un piano energetico nazionale (Minopoli, 2022; Pascale, 2023). Tuttavia, appare irrealistica la possibilità di effettuare una scelta in tal senso senza una ampia ed approfondita consultazione di tutte le parti interessate, dal momento che se e quanto il settore nucleare possa rappresentare uno strumento per la transizione dipende fortemente dalla possibilità di ottenere un ampio consenso da parte dell'opinione pubblica. E questo, a sua volta, è vincolato alla possibilità di tutti gli stakeholder (cittadini, policy-maker, imprese, ecc.) di basare le proprie decisioni su un quadro informativo in grado di chiarire in maniera obiettiva e ampiamente condivisa informazioni su tutte le controverse questioni che caratterizzano questa scelta.

Un ultimo aspetto da chiarire relativamente alle scelte di politica industriale legate al nucleare, che prescinde dalle decisioni nazionali sull'opportunità o meno di iniziare a produrre energia proveniente da tale fonte sul territorio nazionale, riguarda il posizionamento del paese rispetto al relativo comparto industriale. In particolare, se la produzione di energia nucleare in Italia è cessata nel 1987, lo stesso non può dirsi del comparto manifatturiero legato al settore. Anche attualmente, in Italia tale comparto è attivo, e vi operano diverse imprese che hanno trovato nuovo vigore dal rinnovato interesse per il nucleare a livello mondiale. Ne costituiscono esempio Ansaldo Nucleare (controllata da Ansaldo Energia) che si occupa della manifattura di impianti nucleari e sta stringendo alleanze per entrare nel campo degli SMR; Asg Superconductors, che insieme alla stessa Ansaldo sta operando nel campo della fusione nucleare; la pubblica SOGIN o la ACTEC, impegnate nel *decommissioning* e nello smaltimento delle scorie; la start up Newcleo, che gestisce in collaborazione con ENEL una centrale nucleare spagnola e che sta lavorando a nuovi reattori in grado di utilizzare come combustibile le scorie radioattive (de Forcade e Greco, 2023).

È indubbio che il settore stia attraversando una fase di ritrovata vivacità a livello internazionale, con una crescente domanda sia rivolta ad imprese in grado di effettuare attività di *decommissioning* legato alla dismissione delle vecchie centrali che verso produttori di nuovi impianti di quarta generazione e modulari. Basti pensare che attualmente sono circa 30 i paesi che stanno pensando di intraprendere la strada del nucleare e molti di questi, come ad esempio Nigeria, Rwanda, Etiopia, Laos o Cambogia, non hanno le competenze tecniche necessarie, e per poter entrare nel settore dovranno necessariamente rivolgersi a produttori internazionali. Si tratta di un quadro che può influire in maniera importante sulle dinamiche tecnologiche internazionali e nel quale la Cina si è già da qualche anno candidata come uno dei possibili leader. In questo contesto, resta da chiedersi se una politica volta a sostenere il comparto manifatturiero legato al settore nucleare non possa costituire una scelta strategica importante per innescare processi di upgrading tecnologico e innovativo delle nostre filiere produttive, in un comparto dove sono ancora presenti in Italia competenze eccellenti.

Riferimenti bibliografici

- Abdulla, A., Vaishnav, P., Sergi, B., e Victor, D.G., (2019) Limits to deployment of nuclear power for decarbonization: Insights from public opinion. *Energy Policy*. 129, pp. 1339-1346.
- AIN (Associazione Italiana Nucleare) (2020). *Dagli Small Modular Reactors l'impulso al futu-*

- ro del nucleare, AIN, associazioneitalainanucleare.it.
- Bortoletto, F. (2021). Il nucleare è una fonte di energia verde e pulita?, Europa Today, 1 dicembre.
- Caglar, A.E., (2022). Can nuclear energy technology budgets pave the way for a transition toward low-carbon economy: Insights from the United Kingdom. *Sustainable Development*, 31(1), pp. 198-210.
- Castigli, M. (2022). Nucleare per l'indipendenza energetica dell'Italia: perché non è tabù. *Agendadigitale.eu*
- Chen, Y., Martin, G., Chabert, C., Eschbach, R., He, H., & Ye, G. A. (2018). Prospects in China for nuclear development up to 2050. *Progress in Nuclear Energy*, 103, 81-90.
- Coen, E. (2022). L'Italia e il nucleare, dal primo impianto ai referendum: storia di un rapporto complicato, in *L'Espresso*, 11 aprile, https://espresso.repubblica.it/attualita/2022/04/11/news/nucleare_italia_storia-345031410/
- De Forcade, R. e Greco, F. (2023). Energia, così il nucleare di nuova generazione riaccende i progetti del Made in Italy, *il Sole 24 ore+*, 20 marzo.
- EC (European Commission) (2022). EU strategic dependencies and capacities: second stage of in-depth reviews, Commission Staff Working Document, Brussels, 22 February.
- Feletig, P. (2021). Ritorno del nucleare? Un sondaggio dice che un terzo dei cittadini è d'accordo. *Milanofinanza.it*
- Hacquin, A. S., Altay, S., Aarøe, L., & Mercier, H. (2022). Disgust sensitivity and public opinion on nuclear energy. *Journal of Environmental Psychology*, 80, 101749.
- IEA (International Energy Agency) (2021). Net Zero by 2050 – A roadmap for the global energy sector, IEA Report.
- Iqbal, M., Moss, R., & Van Woerden, I. (2022). Peoples' Perception towards Nuclear Energy. *Energies*, 15(12), 4397.
- Laidlaw, J. (2022). What the inclusion of gas and nuclear in the EU taxonomy could mean for investors and asset managers, *Standard&Poors, S&P Global*, 22 febbraio.
- Liou, J. (2021). What are Small Modular Reactors (SMRs)?, Office of Public Information and Communication - IAEA (International Atomic Energy Agency), 4 novembre, www.iaea.org
- Mathew, M.D., (2022). Nuclear energy: A pathway towards mitigation of global warming. *Progress in Nuclear Energy*, 143, January.
- Mazumdaru, S. (2023). Germany to turn off nuclear power, but others not ready yet, *World Nuclear Industry Status Report*, worldnuclearreport.org.
- Minopoli, U. (2022). Nucleare ritorno al futuro. L'energia a cui l'Italia non può rinunciare. Firenze. *goWare Guerini e Associati*.
- Pascale F. (2023). Il governo punta sul nucleare per raggiungere la sovranità energetica, afferma Toccalini (Lega), *Corriere della Sera*, 16 maggio.
- Ricotti M.E. (2022). Prefazione. In U. Minopoli (2022), *Nucleare ritorno al futuro. L'energia a cui l'Italia non può rinunciare*. Firenze. *goWare Guerini e Associati*.
- Stroobants, J.-P. (2023). In Belgium, a controversial nuclear energy extension plan is proposed. *Le Monde*, 7 febbraio.
- Thomas, D. (2022). Dispelling the Stigma of Nuclear Energy. *University of Toronto's Journal of Scientific Innovation*, 1-9.
- Vaillancourt, K., Labriet, M., Loulou, R., and Waaub, J.-P., (2008), The role of nuclear energy in long-term climate scenarios: An analysis with the World-TIMES model. *Energy Policy*, 36, 7, pp. 2296-2307.
- Vinoya, C.L., Ubando, A.T., Culaba, A.B., Chen, W.-H. (2023). State-of-the-Art Review of Small Modular Reactors. *Energies* 2023, 16, 3224. <https://doi.org/10.3390/en16073224>
- Zhu, W., Wang, P., & Fu, C. (2022, August). Nuclear Cognition and Public Acceptance. In *International Conference on Nuclear Engineering* (Vol. 86496, p. V014T15A007). American Society of Mechanical Engineers.