



Perché bisognerebbe guardare al nucleare oggi più che mai

Brief Report

TORTUGA
non arrivarci per contrarietà

L'AUTORE: IL THINK TANK TORTUGA

Tortuga è un think tank e un'associazione no-profit. Conta oltre 50 membri under-30, tra **studenti, ricercatori e giovani professionisti** dell'economia e delle scienze sociali. Fondata nel 2015, i suoi soci oggi vivono sparsi tra l'Italia e il resto del mondo.

Offriamo servizi di consulenza per il **policy making** a istituzioni, aziende e policy maker. Contribuiamo a costruire proposte concrete di cambiamento per rendere il nostro paese più adatto ai giovani e allo stesso tempo più efficiente e più equo. Tortuga è un **incubatore di idee** e politiche per il futuro.

ABBIAMO COLLABORATO CON...

- INPS
- Osservatorio sui conti pubblici italiani
- Google Italia
- Algebris investments
- YouTrend
- Il Sole 24 Ore

Come **studiosi**, analizziamo con rigore i temi economici d'attualità più rilevanti. Come **giovani**, ci appassiona la politica e desideriamo mettere le nostre competenze al servizio della comunità, per formarci e per provare a lasciare il nostro paese migliore di come lo abbiamo trovato.

Hanno lavorato al report:

Tortuga

- Elia Bidut
- Ilaria Capelli

External researcher:

- Luca Bertoni

RINGRAZIAMENTI

Tortuga ringrazia tutti coloro che hanno contribuito a questo report.

In particolare, ringraziamo Luca Iezzi, giornalista di Repubblica, che grazie alla sua pluriennale esperienza, ci ha fornito preziosissimi spunti per la stesura di questo report. Ringraziamo anche Marco Sabatini, responsabile Media Relations di Sogin, che ci ha gentilmente introdotto alla realtà di Sogin e alle loro iniziative oggi in atto.

Ringraziamo anche Linkiesta per aver pubblicato la serie di tre articoli sul nucleare che è alla base di questo report.

EXECUTIVE SUMMARY

L'energia nucleare ha conosciuto periodi di forte espansione nel passato, in particolar modo tra la metà degli anni '60 e la metà degli anni '80. Gli incidenti in alcune centrali, come quelli di Chernobyl e Fukushima Daiichi, hanno creato numerose preoccupazioni riguardo la sicurezza degli impianti, determinando un'avversione della politica e dell'opinione pubblica a nuovi investimenti nel settore.

Oggi l'emergenza climatica ci impone di trovare soluzioni immediate per poter ridurre le emissioni di gas serra ed evitare le conseguenze più estreme del cambiamento climatico nel lungo periodo. Le energie rinnovabili giocheranno un ruolo fondamentale, ma potrebbero non bastare. Proprio per questo, il nucleare - in quanto fonte energetica a basse emissioni - è oggi un'opzione quanto più necessaria, anche considerando il ridotto impatto ambientale e gli elevati standard di sicurezza delle nuove centrali.

L'obiettivo di questo Brief Report è analizzare lo stato dell'industria nucleare nel 2020 per poter evidenziarne alcune caratteristiche chiave, anche rispetto al nostro paese. L'analisi si svilupperà in 3 capitoli:

1. Nel primo capitolo evidenziamo le caratteristiche principali dell'energia nucleare e mostriamo come tali caratteristiche si integrino rispetto agli obiettivi climatici odierni;
2. Nel secondo capitolo ci focalizziamo sull'Italia, ripercorrendo le principali tappe storiche del nucleare nel Bel Paese per evidenziare come ancora oggi, dopo l'abbandono del nucleare a seguito dei Referendum, vi siano dei legami;
3. Nel terzo capitolo guardiamo allo stato odierno dell'industria nucleare, esplorando le nuove tecnologie che potrebbero contribuire a una nuova crescita del settore anche nei paesi dell'Ocse.

Il seguente Brief Report non si pone l'obiettivo di analizzare tutti gli aspetti di una tematica così complessa, né di proporsi in qualità di contributo scientifico. Questo lavoro vuole essere, invece, un punto di partenza per una riflessione obiettiva circa l'energia nucleare, evidenziando dati e fatti.

Il Brief Report è stato realizzando partendo da una serie di tre articoli pubblicati dal think tank Tortuga per **Linkiesta** tra ottobre e novembre 2020.

1. PERCHÉ IL NUCLEARE È IMPORTANTE OGGI

L'energia nucleare ha conosciuto periodi di forte espansione nel passato, in particolar modo tra la metà degli anni '60 e la metà degli anni '80. Gli incidenti in alcune centrali, come quelli di Chernobyl e Fukushima Daiichi, hanno creato numerose preoccupazioni riguardo la sicurezza degli impianti, determinando un'avversione della politica e dell'opinione pubblica a nuovi investimenti nel settore.

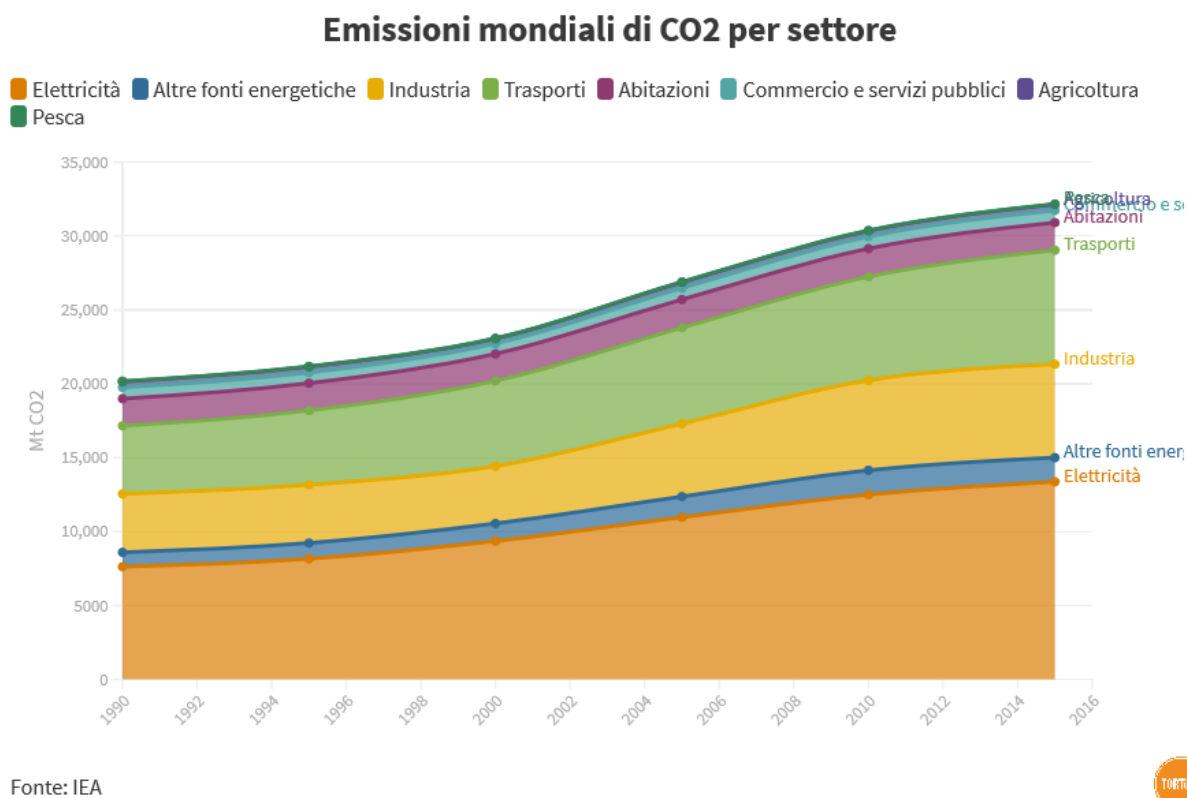
Oggi l'emergenza climatica ci impone di trovare soluzioni immediate per poter ridurre le emissioni di gas serra ed evitare le conseguenze più estreme del cambiamento climatico nel lungo periodo.

1.1 IL CAMBIAMENTO CLIMATICO

L'8 ottobre 2020 il Parlamento Europeo [ha proposto](#) di innalzare l'obiettivo di riduzione delle emissioni per il 2030 dal 40 al 60% rispetto ai livelli del 1990. Una direzione ambiziosa che richiederà, qualora approvata dal Consiglio Europeo, azioni immediate e profonde.

La scienza ha già dimostrato che il cambiamento climatico è [causato dalle attività umane](#) che hanno riversato nell'atmosfera una quantità senza precedenti di gas serra, come anidride carbonica (CO₂) e metano. Questi ultimi trattengono il calore impedendogli di fuoriuscire nello spazio, in maniera simile al vetro di una serra. Al fine di centrare gli obiettivi ambientali europei c'è quindi bisogno di una drastica e immediata riduzione delle emissioni di questi gas. Solo così, secondo gli scienziati, avremo qualche possibilità di evitare effetti irreversibili sul clima. Occorre agire ora. Da dove partire?

Figura 1 - Emissioni mondiali di CO2 per settore



Come evidenziato dalla Figura 1, il settore energetico globale è oggi il maggior [responsabile delle emissioni](#) di gas serra. Se guardiamo all'Europa, la produzione di elettricità produce all'incirca il [35% delle emissioni totali](#). Occorrerebbe allora partire da qui, interrompendo il prima possibile la generazione di elettricità da fonti fossili (come il carbone e il petrolio, che rilasciano un elevato quantitativo di CO2 come scarto dei propri processi di produzione dell'energia elettrica), e puntando di più su fonti a minor impatto ambientale, come le rinnovabili (idrico, solare ed eolico) e il nucleare.

1.2 CARATTERISTICHE DEL NUCLEARE

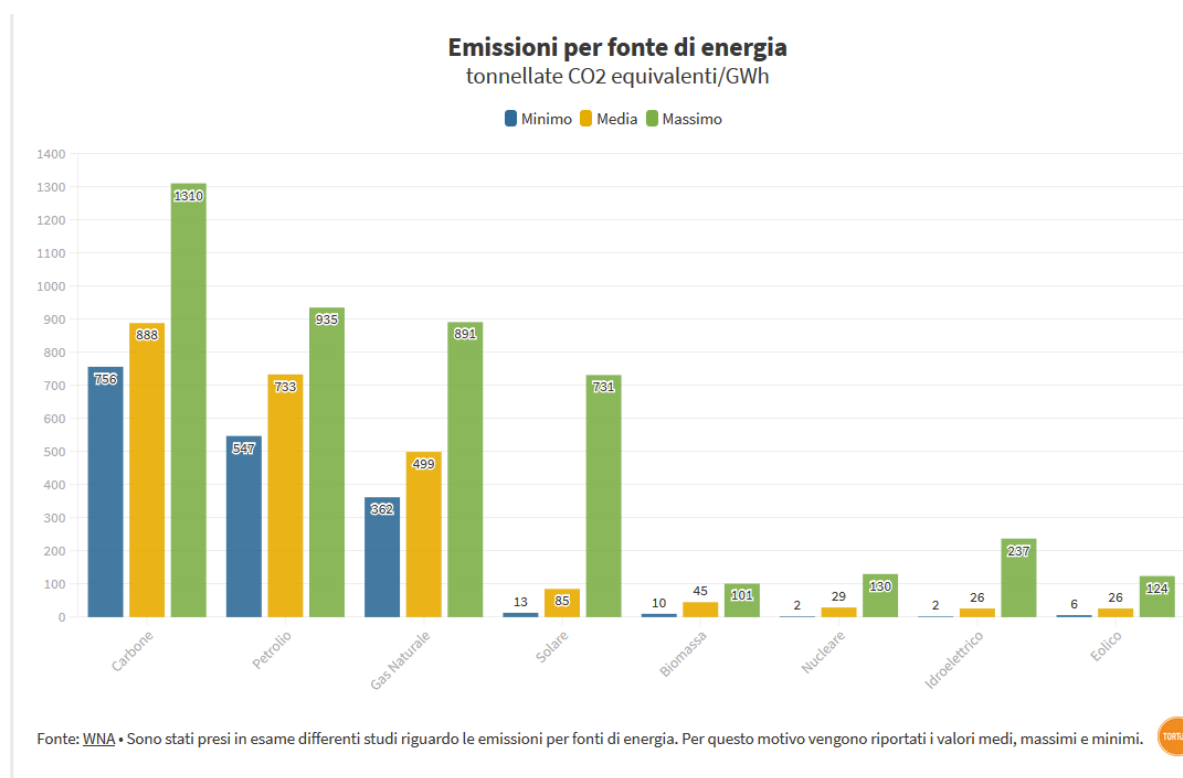
Lo sviluppo delle fonti rinnovabili quali eolico e solare è stato considerevole e consistente negli ultimi anni, anche grazie ai progressi tecnologici che hanno garantito maggiore efficienza e minori costi. Tuttavia, per centrare gli obiettivi climatici, gli [scenari](#) sviluppati dall'Ipcc (Intergovernmental Panel on Climate Change, l'organizzazione dell'Onu che analizza il cambiamento climatico) evidenziano che un ruolo chiave dovrà necessariamente essere giocato dall'energia nucleare.

Infatti, gli impianti nucleari si contraddistinguono per uno dei più bassi valori in termini di emissioni totali di CO2 nell'atmosfera fra tutte le possibili centrali elettriche ad oggi disponibili. Se consideriamo l'impatto sull'ambiente di diverse fonti energetiche dalla

costruzione dell'impianto, alla generazione di energia e allo smantellamento della struttura (il cosiddetto *Life Cycle Assessment - LCA*), notiamo che l'energia nucleare registra tra i valori di emissioni più bassi per unità di energia prodotta (Figura 4). Un impatto addirittura più contenuto di quello dell'energia solare.

Figura 4 - Emissioni totali per fonte di energia (LCA)

7

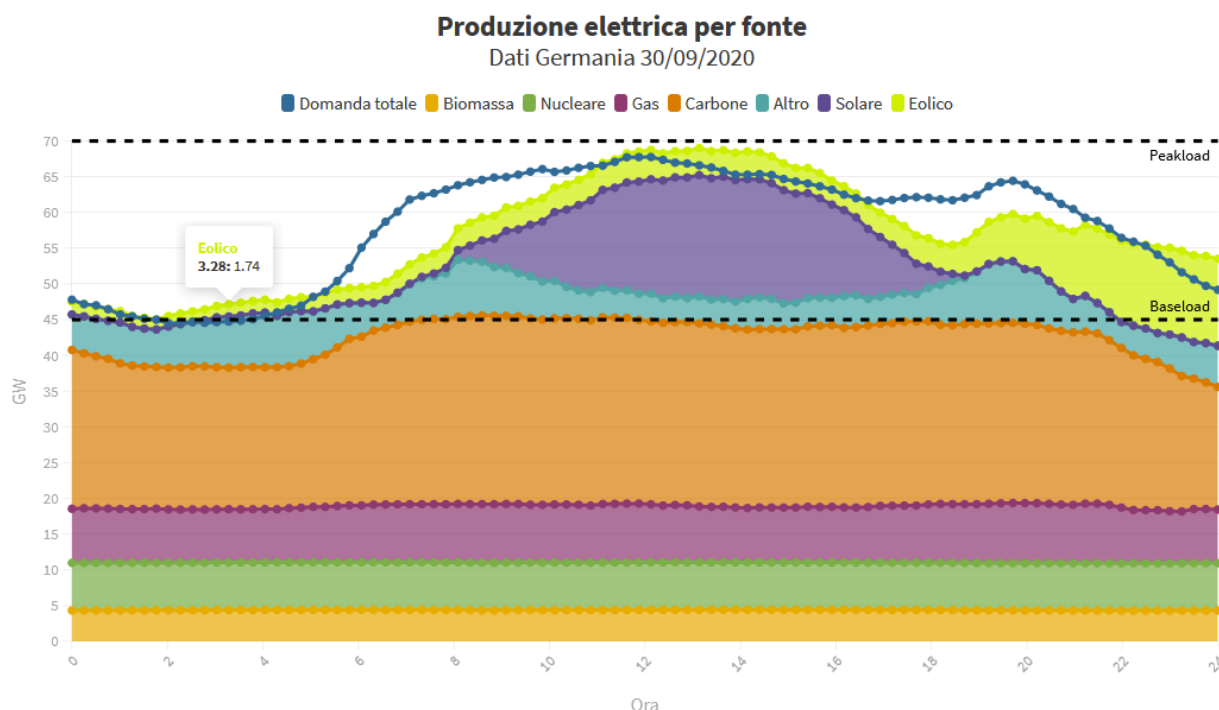


Il nucleare presenta però un vantaggio considerevole: è in grado di fornire grandi quantità di energia in modo costante (24 ore su 24) e controllabile. Lo stesso possono fare anche le centrali idroelettriche e le centrali geotermiche; entrambe però richiedono specifiche caratteristiche territoriali di cui non tutti i paesi dispongono. Nel caso dell'idroelettrico, è inoltre utile sottolineare che a oggi nei paesi più sviluppati i siti dal potenziale produttivo ed economico più alto sono stati [per la maggior parte già utilizzati](#).

Per comprendere al meglio l'importanza del nucleare, occorre illustrare come è strutturata la domanda di elettricità, e di conseguenza la sua produzione, che la ricalca istante per istante per assicurare la stabilità della rete. Come si può vedere per la Germania dal grafico in Figura 5, la domanda varia notevolmente durante l'arco della giornata: tocca il minimo di notte, aumenta durante la giornata e di solito ha un picco prima di cena. È quindi possibile suddividere il consumo elettrico in due parti: un consumo costante presente in ogni ora della giornata (*baseload*) e uno solo negli orari di punta (*peakload*). Un andamento simile si evidenzerebbe anche per l'Italia: è stato preso

l'esempio della Germania per la presenza dell'energia nucleare e di significative quantità di eolico e solare.

Figura 5 - Profilo medio della Domanda di energia elettrica in Germania



Fonte: ENTSO-E • La differenza tra la domanda totale e la produzione totale (aree bianche tra la tratteggiata blu e le aree colorate) vengono compensate tramite l'import di elettricità

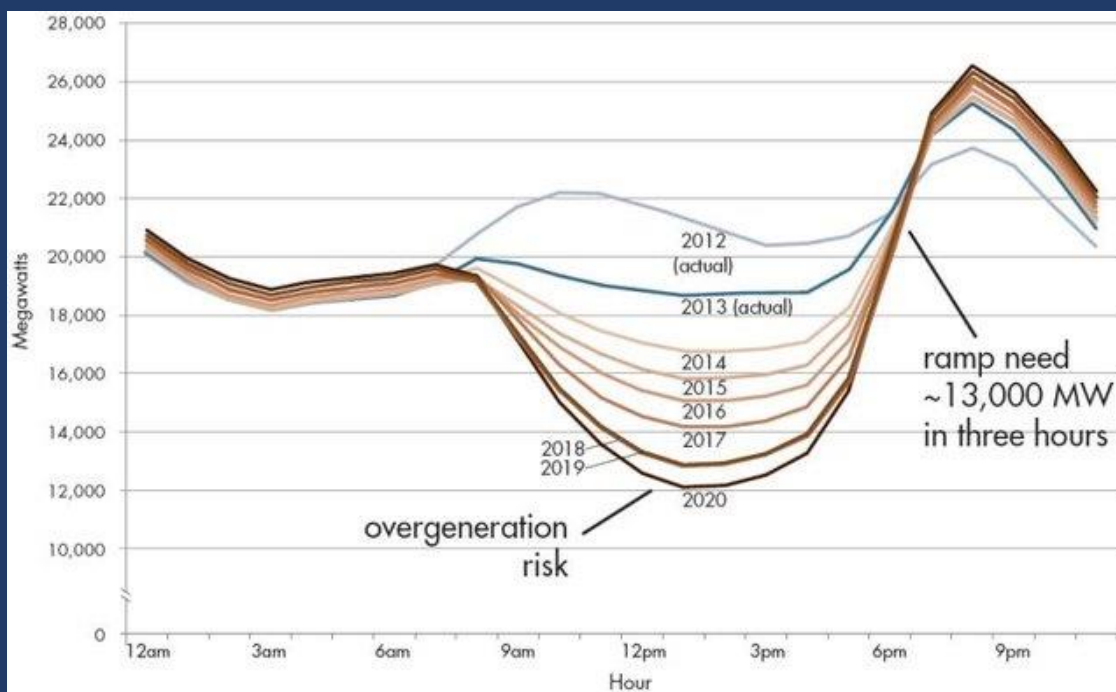


1.3 I LIMITI DELLE RINNOVABILI

La maggior parte delle tecnologie che oggi forniscono il *baseload* sono centrali a combustibili fossili che dovranno essere man mano sostituite per centrare il target di riduzione delle emissioni. Verrebbe naturale pensare che fonti rinnovabili come eolico e solare possano rappresentare buoni sostituti. Puntare tutto su di esse, tuttavia, comporterebbe considerevoli difficoltà tecniche: essendo fonti variabili e scarsamente prevedibili (il vento non soffia sempre, di notte il sole non c'è e a volte il cielo è nuvoloso), andrebbero accompagnate da numerosi sistemi stoccaggio dell'energia e/o tecnologie complementari in grado di sopperire a un eventuale calo della produzione, in maniera rapida e senza produrre CO₂. Tecnologie che oggi già esistono in parte, ma non su vasta scala, e che, se disponibili, sarebbero costose da installare e utilizzare, almeno finché progressi tecnologici ed economie di scala contribuiscano a renderle più competitive. Un sistema energetico con un'alta quantità di energia rinnovabile variabile [aumenterebbe considerevolmente](#) i costi dell'energia per i singoli cittadini e le industrie.

BOX 1 - LA DUCK CURVE (LA CURVA "ANATRA")

Figura 6 - La Duck Curve in California



Fonte: (U.S. Office of Energy Efficiency & Renewable Energy 2017)

Per comprendere a pieno uno dei principali effetti indesiderati dell'aumento della penetrazione di energie rinnovabili variabili all'interno dei sistemi energetici nazionali, è utile fare riferimento alla curva scoperta dai ricercatori della *California Independent System Operator* e denominata "[Duck Curve](#)". La curva rappresenta la domanda elettrica californiana residua in un giorno medio di un dato anno *al netto* di quella soddisfatta dall'energia solare. Come si può evincere dal grafico, all'aumentare della capacità solare installata (caratterizzata da un picco di produzione concentrato a metà giornata e da un'assenza di produzione una volta che il sole tramonta), la flessibilità totale richiesta dal sistema energetico locale (i.e. il collo dell'anatra) aumenta. Mentre nel 2012, fra le 5 del pomeriggio e le 8 veniva richiesto alle centrali non solari di aumentare la propria produzione di circa 3000 MW, nel 2020 viene richiesto alle stesse centrali di aumentare la propria produzione in 3 ore per più di 4 volte il totale di MW richiesto nel 2012. Ora, solo alcune centrali elettriche, solitamente le centrali a gas a ciclo aperto e a carbone, sono tecnologicamente in grado di aumentare la propria produzione in modo così repentino e massiccio. Ecco spiegato perché un aumento eccessivo della capacità rinnovabile variabile installata in un determinato sistema energetico, in assenza di tecnologie capaci di stoccare l'energia prodotta, potrebbe paradossalmente portare ad un aumento delle emissioni di CO₂ nell'atmosfera (i.e. maggiore produzione da centrali a gas e a carbone) piuttosto che il contrario.

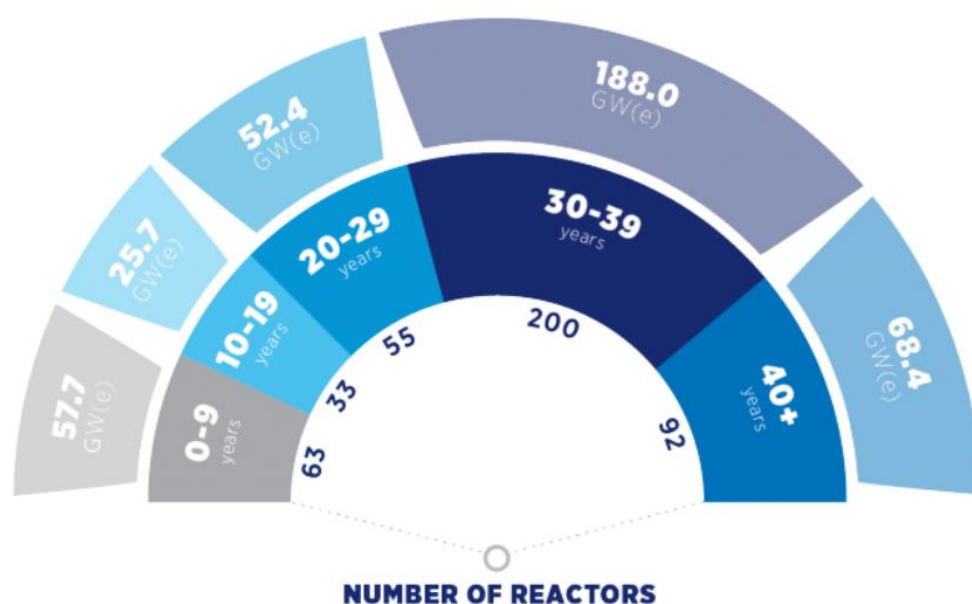
Qualora l'obiettivo sia quello di ridurre le emissioni, laddove grandi quantità di energia idroelettrica e geotermica non siano disponibili, il nucleare è dunque una delle soluzioni più efficienti per sostituire centrali a combustibili fossili nella produzione di energia adatta al *baseload*.

Il nucleare è efficiente per il raggiungimento degli obiettivi climatici, ma anche in termini di affidabilità dei sistemi energetici nazionali. L'energia nucleare garantisce, infatti, una stabilità delle reti elettriche che difficilmente altri fonti rinnovabili riescono a offrire, e permette inoltre di ridurre la dipendenza di un dato paese dalle importazioni energetiche necessarie per soddisfare il proprio fabbisogno energetico (es. importazioni di energia elettrica da paesi confinanti, combustibili fossili da paesi terzi, etc.).

1.4 LO STATO DEL NUCLEARE NEL MONDO

Come in ogni stima, per poter parlare di scenari futuri occorre prima guardare ai dati attuali. Secondo un report della International Atomic Energy Agency (Iaea), alla fine di dicembre 2019, si contavano 443 reattori in funzione in 30 stati differenti, per una capacità totale di 392,1 GW(e). Nel 2019 circa il 10% dell'elettricità mondiale consumata è provenuta da impianti nucleari. Se andiamo invece a guardare l'Unione Europea nello stesso periodo, questa percentuale sale all'incirca al 30%.

Figura 2 - Reattori attivi nel 2020 raggruppati per età



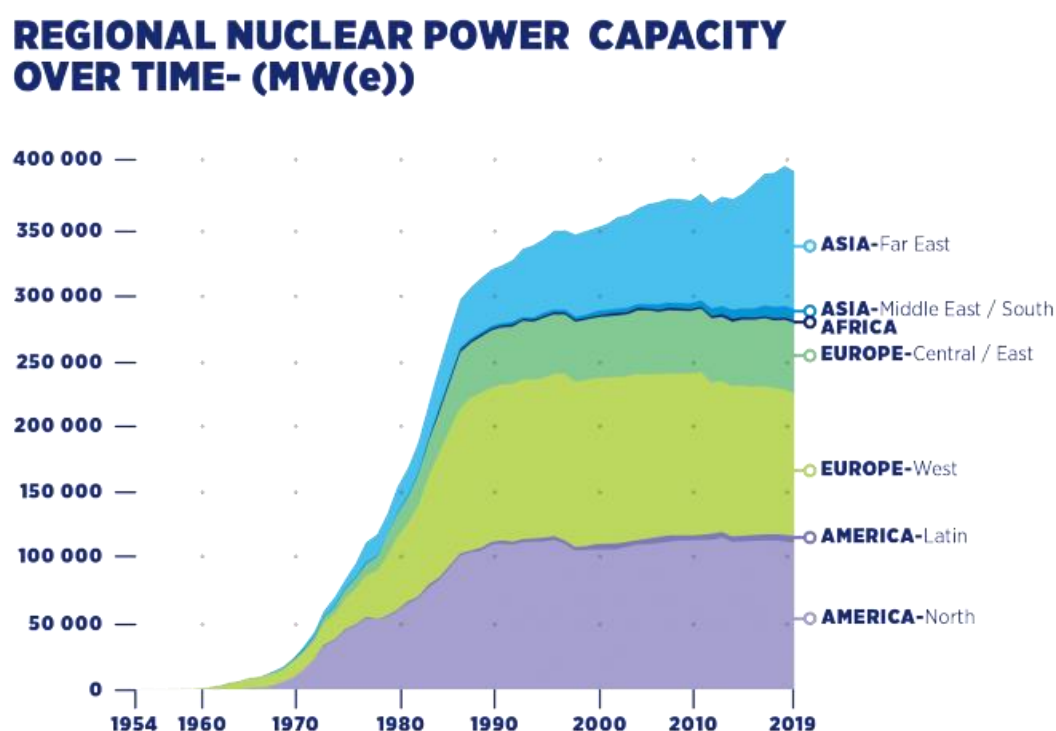
Fonte: Iaea

Ma non tutte le centrali sono uguali, e, soprattutto, non tutte sono nuove. Infatti, più del 65% dei reattori attivi ha più di 30 anni. Di questi, il 17% ha più di 40 anni. Secondo i dati

laea del 2018, delle 450 centrali attive, 229 erano localizzate negli Stati Uniti e in Europa occidentale, mentre 212 si trovavano tra Europa orientale (prevalentemente Russia) e Asia.

Negli ultimi 10 anni la capacità totale mondiale è cresciuta, ma dal punto di vista geografico la crescita del nucleare sembra essere spaccata in due. Da una parte, il blocco occidentale (con paesi europei, Canada, Usa) assiste a una fase di stagnazione o declino nella capacità installata. Dall'altra, i paesi asiatici sono in forte crescita. Alla fine del 2019, ben 35 di 54 nuovi reattori in costruzione erano localizzati in Asia.

Figura 3 - Capacità nucleare installata fino al 2019 divisa per macroregioni



Fonte: laea

Gli scenari energetici che riescono a centrare i target climatici richiedono tuttavia un aumento generalizzato della capacità installata e non esclusivamente asiatico. La laea ha sviluppato delle proiezioni che stimano due possibili scenari per capacità installata di nucleare: uno definito "basso" (più conservativo), l'altro "elevato" (più ambizioso). Nel primo, si stima una iniziale riduzione della capacità installata fino al 2040, seguita da una ripresa. Nel secondo, invece, una forte crescita, fino all'80% in più nel 2050 rispetto al 2018.

Per sostenere questa crescita occorrerà investire in nuovi impianti o rinnovare gli esistenti. Come dicevamo però, più di due terzi dei reattori attivi ha oggi più di 30 anni, con tecnologie spesso datate, e alcuni impianti dovranno necessariamente essere dismessi. Per compensare queste riduzioni è chiaro che nuovi investimenti dovranno essere effettuati.

1.5 NUCLEARE E INVESTIMENTI

Il raggiungimento degli obiettivi climatici sarebbe [teoricamente possibile anche senza ulteriori investimenti nell'energia nucleare](#). Tuttavia, escludere questa fonte energetica dall'equazione richiederebbe una mobilitazione di risorse molto più ingente. Se da qui al 2040 si decidesse di arrestare ogni investimento nel nucleare, occorrerebbe compensare la mancata produzione di energia elettrica con un quantitativo di energia [eolica e solare pari a cinque volte la capacità totale installata negli ultimi 20 anni](#) a livello globale. Un costo considerevolmente più alto di quello che si incorrerebbe, a parità di energia richiesta, sia nel potenziare i parchi nucleari già esistenti che nel costruirne di nuovi. Senza considerare i costi aggiuntivi di integrazione e di ridotta flessibilità dei sistemi elettrici discussi sopra.

Secondo stime della International Energy Agency (Iea), siamo già indietro: [nel 2019 solo poco più di un terzo](#) della nuova capacità nucleare annuale necessaria per raggiungere gli obiettivi climatici del 2040 è stata installata a livello globale. [E i trend dei prossimi anni non sembrano particolarmente più promettenti](#), soprattutto nei paesi dell'Ocse. Il nucleare è, infatti, una fonte energetica che ha ripetutamente incontrato delle forti resistenze popolari nei paesi occidentali. Basti ricordare i tre referendum abrogativi italiani del 1987, e, più recentemente, il referendum abrogativo del 2011. Tutti referendum tenutisi poco dopo incidenti nucleari fuori dalla norma, come Chernobyl nel 1986 e Fukushima Daiichi nel 2011. Tuttavia, sono molteplici le [voci autorevoli](#) che guardano all'energia nucleare quale elemento indispensabile per una transizione energetica efficace.

2. LO STATO DEL NUCLEARE IN ITALIA

Oggi in Italia non ci sono centrali nucleari attive. E, soprattutto per i più giovani, sembra che l'Italia non abbia mai avuto collegamenti rilevanti con questo settore. Eppure, il Bel Paese nello scorso secolo ha giocato un ruolo chiave nello sviluppo dell'industria nucleare. Cosa è rimasto di tutto ciò? In questo capitolo ripercorriamo i maggiori eventi storici del nucleare in Italia ed evidenziamo come ancora oggi l'Italia continui a mantenere preziose competenze in questo campo, seppur in modo indiretto.

2.1 LA STORIA DEL NUCLEARE IN ITALIA

L'Italia ha avuto un passato intimamente legato al nucleare, grazie a grandi competenze in materia (ricordiamoci di illustri scienziati come Enrico Fermi) e un clima politico inizialmente favorevole all'utilizzo di questa fonte energetica. L'Italia ha effettivamente generato elettricità da centrali nucleari tra il 1963 e il 1990. Il primo impianto è stato quello di Latina, avviato nel '63, il più potente d'Europa per l'epoca. Sono seguiti gli impianti di Sessa Aurunca e Trino nei due anni seguenti e quello di Caorso del 1977. Tra gli anni '60 e '70 il nucleare italiano conobbe il periodo di massimo sviluppo: nel 1966 infatti, l'Italia era il [terzo](#) paese occidentale per potenza nucleare installata.

L'incidente di Chernobyl del 1986 portò però a un drastico cambio di rotta. Risalgono al 1987 i tre referendum abrogativi che diedero inizio alla scomparsa del nucleare in Italia. I [quesiti](#) si concentravano su localizzazione degli impianti, abrogazione del compenso dovuto ai comuni che ospitavano centrali nucleari e il divieto per l'Enel di svolgere attività inerente al nucleare all'estero. La vittoria schiacciante del sì alle richieste di abrogazione alterò il consenso politico e diede inizio al declino del comparto nel nostro paese. Tra il 1988 e il 1990 le centrali ancora attive vennero chiuse. Nessuno dei tre referendum però [vietava espressamente](#) la costruzione di siti nucleari in Italia.

Infatti, nei primi anni del nuovo millennio, Enel cominciò a reinvestire in questa tecnologia. In questa scelta giocarono un ruolo anche [l'abrogazione nel 2004](#) di uno dei tre referendum del 1987 (proprio quello che gli impediva di partecipare alla costruzione del nucleare all'estero) e un parallelo incremento generalizzato dei [costi](#) dei combustibili fossili. Questi fattori mutarono notevolmente il quadro italiano: le società ripresero gli investimenti nel nucleare. Non si trattava però solo di azioni isolate come l'accordo di Enel per la costruzione di nuovi reattori in Slovacchia, ma anche di una nuova apertura della politica al nucleare. Nel febbraio 2009 infatti, [il Governo Berlusconi](#) firmò con la Francia un accordo per la costruzione di quattro nuovi impianti da parte di Enel in collaborazione con Edf (*Électricité de France* - la maggiore società elettrica francese). La prima centrale avrebbe dovuto essere completata proprio nel 2020.

Nonostante gli obiettivi ambiziosi del Governo Berlusconi, nel 2010 l'Italia dei Valori propose un nuovo referendum sul tema, questa volta incentrato sulla costituzionalità o meno di una legge che permetteva di ignorare eventuali istanze regionali in materia di identificazione dei nuovi siti nucleari. Dopo aver dato il proprio assenso, la corte costituzionale decise di fissare la data del referendum al 12-13 giugno 2011. L'11 Marzo 2011, 3 reattori nucleari furono gravemente danneggiati da uno tsunami di 14 metri nel sito giapponese di Fukushima. Per quanto l'opinione pubblica in materia di energia nucleare in Italia potesse essere cambiata con il nuovo millennio, il colpo fu durissimo. A soli tre mesi da un incidente nucleare di tale portata, la vittoria dell'abrogazione fu schiacciante: [94% dei votanti, per un quorum raggiunto del 55%](#). Questa volta l'abbandono del nucleare da parte dell'Italia sembrava davvero irreversibile, tant'è che

L'Enel decise di disinvestire nel giro di pochi anni, questa volta senza esserne obbligata, praticamente tutte le risorse mobilitate.

2.2 UNA SOSPENSIONE PIÙ CHE UNA RINUNCIA

È importante sottolineare però, che il referendum popolare del 2011 ha avuto come unico effetto quello di [abrogare i commi 1 ed 8](#) dell'articolo 5 del [Decreto-legge del 31 marzo 2011, n.34](#) (convertito con qualche modificazione dalla Legge del 26 maggio 2011, n.75) in materia di nucleare. Ciò ha determinato una decisione a:

"non procede[re] alla definizione e attuazione del programma di localizzazione, realizzazione ed esercizio del territorio nazionale di impianti di produzione di energia elettrica nucleare" (Art 5, comma 1 del Decreto-legge del 31 marzo 2011, modificato)

Un utilizzo del termine *"non procede"* che però, tecnicamente, non vieta in principio la costruzione di impianti nucleari sul territorio nazionale in futuro, posto che si decida a livello nazionale, ma anche e soprattutto a livello regionale, di *"riprendere"* quella *"definizione e attuazione del programma di localizzazione"* lasciata in sospeso dall'opinione pubblica italiana a seguito del referendum abrogativo del 2011.

2.3 UN NUOVO LEGAME INDIRETTO

In questi ultimi 10 anni, il nucleare è quindi davvero sparito completamente dall'Italia? In realtà, ancora una volta, la risposta è no. Il legame dell'Italia con il nucleare continua a resistere tutt'oggi, anche se non produciamo più elettricità dalle centrali. Due sono i principali canali che continuano a legarci a questo settore.

Il primo è il *decommissioning*. Il *decommissioning* è la procedura di smantellamento di un impianto nucleare, e consiste nell'allontanamento del combustibile, l'accertamento del grado di contaminazione radioattiva (la cosiddetta caratterizzazione radiologica), la decontaminazione delle strutture e infine la demolizione di queste ultime. L'obiettivo del *decommissioning* è gestire l'intero processo in sicurezza sia per i lavoratori, che per i cittadini e l'ambiente, riportando il terreno su cui sorgeva la centrale allo stato originario, come con un prato verde (viene proprio detto *green field*).

Curiosamente, proprio perché siamo stati tra i primi ad abbondare la strada del nucleare, l'Italia è di nuovo all'avanguardia in questa materia. Esempi di imprese che operano in questo settore sono Ansaldo Nucleare e Sogin (Società Gestione Impianti Nucleari). Ansaldo opera lungo tutta la filiera: dalla costruzione di nuove centrali, al *decommissioning* e gestione di rifiuti nucleari, e offre i propri servizi a molti paesi esteri. Sogin, fondata nel 1999, è invece la società pubblica, completamente controllata dal Ministero dell'Economia e Finanze, responsabile del *decommissioning* degli impianti nucleari italiani e della gestione dei rifiuti radioattivi. Proprietaria di tutti gli impianti italiani dismessi, le sue operazioni sono caratterizzate da un approccio [circolare](#) allo

smantellamento di siti nucleari, che mira a recuperare materiali come ferro, calcestruzzo e rame.

La pratica del *decommissioning* presenta sfide ingegneristiche e operative notevoli, soprattutto in Italia, visto che gli impianti nazionali sono molto diversi tra loro a livello tecnologico e non sono stati progettati tenendo conto della necessità di un loro smantellamento. La decisione storica di abbandonare l'energia nucleare prima di altri paesi ha spinto entrambe le aziende a sviluppare delle competenze chiave prima di altri operatori esteri, creando l'opportunità per distinguersi in un settore con forte potenziale di sviluppo, soprattutto all'estero. Come si legge dal [bilancio 2019 di Ansaldo](#), la maggiore crescita del nucleare è attesa nei paesi orientali come Cina, India, Russia, con la costruzione di nuovi impianti. Il rafforzamento degli standard ambientali e di sicurezza porterà a una maggiore richiesta di servizi per gli impianti esistenti, soprattutto nei paesi occidentali con impianti più vecchi. Le competenze di Sogin e Ansaldo saranno elementi chiave nel futuro dell'industria nucleare, non solo per la dismissione di vecchi impianti, ma anche per la gestione di rifiuti radioattivi di impianti operativi.

Vi è però anche una seconda connessione col nucleare ancora attiva nel nostro paese: quella del mondo accademico. L'Italia è storicamente legata agli studi in ambito nucleare. Basti pensare alle attività di ricerca pionieristica di Enrico Fermi ed Edoardo Amaldi. Una tradizione che in parte si è persa, in particolare nella ricerca di frontiera, ma continua con università italiane che offrono corsi di laurea magistrale in ingegneria nucleare di alto livello, come il [Politecnico di Milano](#), Torino, la [Sapienza](#) di Roma o all'Università di [Pisa](#). Dagli anni '60, l'Università italiana ha formato diverse migliaia di ingegneri nucleari ([più di 8.000 fino al 2010](#)). Studenti che se nel passato trovavano occupazione nel settore civile o della ricerca, oggi non hanno uno sbocco naturale nel nostro paese. A oggi, dati specifici sull'occupazione dei neolaureati in ingegneria nucleare non sono - al meglio della nostra conoscenza - disponibili. I dati del corso di ingegneria nucleare del [Politecnico di Milano](#) possono però fornirci qualche suggerimento. In questo caso, nel 2018 meno del 10% ha trovato occupazione all'estero. Chi rimane in Italia è spesso costretto a reinventarsi, perlopiù all'interno di società di consulenza tecnologica, enti di ricerca, o consulenza aziendale.

3. FUTURO DEL NUCLEARE

La tecnologia nucleare ha fatto salti avanti rispetto agli impianti del secolo scorso. Con la costruzione della centrale di Kashiwazaki (Giappone) nel 1996, è stata inaugurata una nuova generazione di reattori, la cosiddetta *Generazione III/III+*. Tale classe di reattori presenta notevoli [avanzamenti](#) rispetto alla precedente. Tra questi, l'evoluzione più importante è l'inserimento di sistemi di sicurezza passivi. Questi, in caso di necessità, entrano in azione senza bisogno dell'intervento di operatori o sistemi elettronici. Detto in parole semplici, il reattore è costruito in modo tale che, se dovesse esserci un surriscaldamento dello stesso, la reazione nucleare tenderebbe a spegnersi proprio a causa delle leggi fisiche che la governano.

La ricerca in ambito nucleare non si è fermata a questo. Attualmente sono in fase di sviluppo i reattori di *IV generazione*, che [secondo Gif](#) (Generation IV International Forum) potrebbero entrare in commercio nel 2030. Questi, sempre [secondo il forum](#), si pongono come obiettivi l'ulteriore miglioramento della sicurezza dell'impianto e la minimizzazione degli scarti radioattivi. Inoltre, alcuni dei reattori di questa generazione possono operare a elevate temperature: questo li rende [potenzialmente interessanti](#) per la produzione di idrogeno a zero emissioni e per la cogenerazione (generazione di calore sfruttabile in processi industriali, oltre che di elettricità).

Tipicamente, i reattori nucleari vengono impiegati in enormi centrali (dell'ordine di 1.000MW di potenza e più) che per via della loro dimensione e complessità necessitano di costruzione in situ. Va considerato anche che, negli ultimi anni, i costi unitari medi di questo genere di impianti sono saliti considerevolmente, nonostante la maggiore capacità installata. Questo fenomeno, di gran lunga più acuto proprio all'interno di quei paesi come l'Ue, gli Usa e il Canada, è principalmente dovuto a standard e requisiti minimi di sicurezza che negli anni sono diventati [sempre più stringenti](#). Questi ultimi, rafforzati già a partire dagli anni 2000 e soprattutto a seguito dell'incidente di Fukushima del 2011, hanno portato al rallentamento dei lavori in molti siti in costruzione, a un aumento dei loro costi iniziali (es. rendendo obbligatorio per legge l'utilizzo di strutture di contenimento potenziate) e quindi a un aumento considerevole dei loro costi finanziari. Alcune stime riportano che dal 2004 al 2011 i costi di investimento dei reattori europei di ultima generazione sono [addirittura raddoppiati](#).

3.1 I VANTAGGI DEL MODULARE

A oggi, però, sembra prendere forma una seconda strada: gli *Small Modular Reactors* (letteralmente "piccoli reattori modulari"). Gli SMRs sono reattori di piccola taglia con una capacità uguale o inferiore a 300MW (per intenderci, una capacità che al suo massimo può raggiungere poco meno di un terzo di una centrale media di larga scala). Esistono più di 50 design di [SMRs](#) al mondo. Alcuni di essi sono in stadi avanzati di sviluppo,

mentre altri sono prossimi alla licenza o sono addirittura già operanti (come per esempio la Akademik [Lomonosov](#), la prima centrale nucleare galleggiante al mondo).

Figura 7 - Status dei principali SMR designs nel 2020

Design	Net output per module (MW)	Type	Designer	Country	Status
Light-water cooled					
KLT-40S	70	Floating PWR	OKBM Afrikantov	Russia	Operating
CAREM	30	PWR	CNEA	Argentina	Under construction
ACP100	100	PWR	CNNC	China	Under construction
SMART	100	PWR	KAERI	Korea	Certified design, feasibility study to construct in Saudi Arabia (desalination)
NuScale	50 (x 12)	PWR	NuScale Power	United States	Licensing process, two projects planned in the United States (Idaho and Tennessee)
SMR-160	160	PWR	Holtec International	United States	Preliminary design
BWRX-300	300	BWR	GE Hitachi	United States	Conceptual design
(no name)	220	PWR	Rolls Royce	United Kingdom	Conceptual design
NUWARD	170	PWR	CEA/EDF/Naval Group/ TechnicAtome	France	Conceptual design, construction anticipated to 2030
Generation IV (non-light-water cooled)					
HTR-PM	210	HTGR	Tsinghua University	China	Under construction
SC-HTGR	272	HTGR	Framatome	United States	Conceptual design
Xe-100	35	HTGR	X-energy LLC	United States	Conceptual design
4S	10	LMFR	Toshiba	Japan	Detailed design
EM2	265	GMFR	General Atomics	United States	Conceptual design
IMSR	190	MSR	Terrestrial Energy	Canada	Basic design
ThorCon	250	MSR	Martingale Inc	United States	Basic design

Fonte: Tabella laea Aggiornata

Il principale vantaggio degli SMRs è proprio la loro dimensione ridotta, che, grazie a un approccio di design modulare e standardizzato, permetterebbe una produzione più conveniente fabbrica. Questa caratteristica, se sfruttata al suo massimo, renderebbe gli SMRs più competitivi rispetto a centrali nucleari di larga scala grazie al materializzarsi di economie di scala e di serie. [Secondo alcune fonti](#), questi effetti potrebbero essere così forti da ridurre i costi di investimento iniziali di un dato SMRs del 5-10% per ogni raddoppio delle sue unità prodotte. In aggiunta, le loro dimensioni ridotte rappresentano un vantaggio anche per quanto riguarda la sicurezza. Non solo in caso di incidenti i danni all'ambiente circostante sarebbero considerevolmente più contenuti, ma la scala degli SMRs permetterebbe anche di dotarli di sistemi di sicurezza passiva più performanti. Queste due caratteristiche consentirebbero quindi di installare gli SMRs in *Emergency Planning Zones* (i.e. territori disabitati "cuscinetto" in caso di incidenti) molto più contenuti rispetto a impianti nucleari di larga scala.

Per quanto riguarda le loro applicazioni, gli SMRs sono molto flessibili. Da un lato, infatti, potrebbero rappresentare un ottimo modo per fornire elettricità pulita 24/7 a realtà geografiche isolate. Dall'altro, se inseriti in serie (es. in insiemi di 4-5 unità) all'interno di uno stesso impianto, sarebbero anche in grado di sostituire centrali nucleari di più

grande scala, risultando più competitivi in termini di flessibilità di produzione (i.e. sarebbe più facile spegnere o riaccendere uno dei 4/5 moduli a seconda delle necessità di domanda) e in termini di costo del capitale. Infatti, in caso di costruzione di un nuovo sito, il primo SMR installato di una serie potrebbe cominciare a generare elettricità, e quindi cash flow positivi, già prima che l'intero impianto venga completato.

I proponenti di questa tecnologia suggeriscono però anche [due ulteriori applicazioni](#) meno convenzionali. La prima è quella di utilizzare gli SMRs per rinnovare vecchie centrali a combustibili fossili in dismissione. Prendiamo l'esempio di una centrale a carbone in fallimento, scenario che in futuro diventerà piuttosto comune nei paesi dell'OCSE¹. Grazie alle loro dimensioni e alle loro capacità ridotte, gli SMRs permetterebbero di riciclare l'infrastruttura della centrale in questione, prolungandone la vita e scongiurando il suo smantellamento. Essi, infatti, permetterebbero la riconversione (meno inquinante) della produzione elettrica della centrale, andando a sostituire i soli edifici di caldaia e di stoccaggio del combustibile. La seconda applicazione meno convenzionale degli SMRs, invece, prevede l'utilizzo del calore e dell'elettricità da essi prodotti all'interno di impianti di: industria pesante, desalinizzazione, o produzione di idrogeno. Tre tipologie di impianti che, a causa della grande quantità di calore ed elettricità richiesta in modo continuo dai loro processi, rappresentano ad oggi alcuni dei complessi industriali più [difficili da decarbonizzare](#).

3.2 SUPPORTI ALL'INNOVAZIONE

Come tutte le innovazioni in ambito nucleare però, gli SMRs avranno bisogno di una grande supporto statale per il loro sviluppo. Un supporto su tre livelli: finanziario, regolatorio e di policy. Senza stati disposti a mandare segnali positivi agli investitori e, allo stesso tempo, intenzionati a favorire legalmente un mercato libero globale degli SMRs, questa tecnologia faticherebbe a decollare. Attualmente, senza le economie di scala e di apprendimento, infatti, il costo unitario dei prototipi di SMR è [ancora troppo elevato](#) per poter affidare il loro sviluppo ai soli privati.

L'energia nucleare ha dunque davanti a sé molte strade. Per capire come si evolverà questo settore è importante aspettare di comprendere a pieno l'impatto dell'emergenza Covid-19 su di esso. Da una parte, il rischio, secondo la lea, è che una prolungata crisi economica rischi di rallentare ulteriormente gli investimenti nel nuovo nucleare, soprattutto nei paesi dell'Ocse. Dall'altra, come abbiamo già menzionato nel nostro primo articolo, una ripresa economica rispettosa degli accordi di Parigi del 2015 non

¹ Ad oggi le centrali a carbone nei paesi dell'OCSE sembrano essere destinate a diventare sempre meno competitive per due principali motivi:

- a) Le politiche di riduzioni di emissioni spesso implementate tramite schemi di *carbon pricing*
- b) L'impatto (sia a breve che a lungo termine) dell'emergenza covid-19 sul mercato mondiale del carbone

potrà prescindere da un ampliamento delle flotte nucleari esistenti e dallo sviluppo di tecnologie competitive e sicure.

3.3 UNA MODULARITÀ IMPLEMENTABILE A LIVELLO REGIONALE

19

Nel 2018 l'Italia ha vinto una medaglia d'argento poco invidiabile, si è classificata al [secondo posto](#) per importazioni totali di energia elettrica al mondo, preceduta solo dagli Stati Uniti. Del totale di queste importazioni, circa il [10%](#) viene proprio dal nucleare francese. A dispetto delle importazioni di questa energia, in un mondo caratterizzato da imperativi climatici sempre più urgenti, esiste la possibilità che l'Italia ritorni sui suoi passi rispetto alla produzione interna di energia nucleare?

Ad oggi, è molto improbabile. Tre sono, infatti, i fattori da considerare. Primo, un'opinione pubblica storicamente contraria alla produzione di energia nucleare sul territorio nazionale a causa dei rischi percepiti ad essa associati. Secondo, trent'anni di inattività nella costruzione e gestione attiva di impianti, che hanno determinato una perdita importante di expertise e know-how a livello nazionale in questo settore. Terzo, la diaspora estera e/o riconversione dei giovani ingegneri, fisici e tecnici che ogni anno si specializzano in Italia in campo nucleare.

Un ripensamento del Bel Paese, quindi, molto improbabile, ma non tecnicamente, né legalmente impossibile, almeno nel medio/lungo periodo. Fanno riflettere gli sforzi dell'Ue in materia di [regolamentazione del mercato](#) nascente degli SMRs, che, per ora, vede nelle prime linee il consorzio nucleare francese composto da EDF, CEA², Naval Group e TechnicAtome con il suo SMR design "Nuward" (nome che sta a significare: "NUclear going ForWARD") e l'inglese [Rolls-Royce](#). Quest'ultima, in particolare, prevede di installare 16 mini-reattori nel Regno Unito e cominciare ad attivarli entro il 2030. In supporto delle mire della casa inglese sembra essere venuto proprio il primo ministro inglese Boris Johnson, che, il 18 Novembre scorso, ha reso pubblico il suo piano in 10 punti per la "[green industrial revolution](#)" britannica. Al terzo punto figura proprio la promozione di investimenti nel nucleare e negli SMRs, che si stima possano portare al regno unito [10000 posti di lavoro](#) nel prossimo futuro.

L'Italia non è certamente fra i primi promotori europei del nucleare sul proprio territorio. Né, ad oggi, sarebbe realisticamente disposta ad investire in un mercato emergente ma estremamente rischioso come quello degli SMRs. Tuttavia, ammesso che nel prossimo futuro gli attuali obiettivi di policy europea in materia di sostenibilità permettano all'industria emergente degli SMRs di decollare, il Bel Paese farebbe sempre in tempo a salire sul carro del vincitore nel medio/lungo periodo.

Il principale vantaggio dell'installazione di SMRs all'interno del sistema energetico italiano sarebbe infatti triplice. Primo, la maggiore economicità e flessibilità degli SMRs permetterebbe di beneficiare delle caratteristiche dell'energia nucleare (i.e. disponibilità

² Commissariat à l'énergie atomique et aux énergies alternatives

24/7, bassissimo impatto ambientale, etc.) ad un costo più contenuto rispetto a quello di centrali nucleari di larga scala. Secondo, la loro maggiore sicurezza e il loro minor impatto in caso di incidenti permetterebbe di facilitare la loro installazione in specifici territori agli occhi dell'opinione pubblica. Alcune regioni, infatti, potrebbero optare autonomamente per l'installazione di mini-reattori nel proprio territorio, rispettando la volontà di regioni confinanti ma ad essi contrarie. Ciò andrebbe in parte a risolvere una delle problematiche chiave alla base di entrambe le iniziative referendarie italiane in materia di nucleare: la gestione del rapporto fra stato e regioni in materia di individuazione dei siti degli impianti. Terzo, il loro utilizzo permetterebbe una minore dipendenza dell'Italia da importazioni di elettricità estera, nonché una riduzione considerevole dell'impatto ambientale del nostro sistema energetico.

CONTATTI

Questo report è stato scritto dal **Think-Tank Tortuga**. In particolare, hanno collaborato alla sua stesura Elia Bidut (Responsabile Redazione), Ilaria Capelli (Socia), e Luca Bertoni (MSc in Energy Science - Università di Utrecht).

È possibile contattarci tramite la nostra mail info@tortugaecon.it, o semplicemente seguire le nostre attività sui social.



facebook.com/tortugaecon



@Tortugaecon



linkedin.com/company/tortugaecon



@Tortugaecon

TORTUGA

non arrivarci per contrarietà