

GENERAZIONE FOTOVOLTAICA: QUALI PROSPETTIVE PER LA GESTIONE DEI RIFIUTI?

Laboratorio SPL Collana Ambiente

ABSTRACT.

La crescita della generazione fotovoltaica, ingrediente imprescindibile della transizione energetica, rende centrale il tema della gestione dei rifiuti da pannelli a fine vita. Il forte aumento dei moduli dismessi che si prospetta per i prossimi anni richiede un sistema capace di garantire tracciabilità, adeguata capacità impiantistica e copertura dei costi di raccolta e trattamento. La ricostruzione delle tendenze del mercato fotovoltaico e dei relativi flussi di rifiuti è quindi fondamentale per analizzare il modello di responsabilità estesa del produttore e valutarne la sostenibilità nel tempo.

The growth of photovoltaic generation, which is essential to the energy transition, makes the management of end-of-life panels an increasingly central issue. The expected increase in decommissioned modules requires a system capable of ensuring traceability, adequate treatment capacity, and full coverage of collection and treatment costs. Reconstructing the evolution of the photovoltaic market and the related waste flows is therefore essential to analyse the extended producer responsibility model and assess the sustainability of the current trust-based financing system.

Gruppo di lavoro: Andrea Balladio, Donato Berardi, Giovanni Dilillo, Giulia Gadani, Nicolò Valle.

GLI ULTIMI CONTRIBUTI.

- n. 323 - Acqua** - Governance e gestione dell'acqua: il caso della siccità del Po, agosto 2026
- n. 322 - Rifiuti** - Bonifiche: un'agenda di policy per lo sviluppo del mercato, agosto 2026
- n. 321 - Acqua** - L'industria idrica: tra "leva finanziaria" e "rampa" degli investimenti, luglio 2026
- n. 320 - Rifiuti** - Bonifiche ambientali in Italia: un mercato che vale 43 miliardi di euro, luglio 2026
- n. 319 - Acqua** - Dopo l'Omnibus: ESRS e Voluntary Standard per la nuova rendicontazione di sostenibilità, luglio 2026
- n. 318 - Acqua** - Le Utility tra ESRS e Omnibus: criticità, semplificazioni e prospettive, giugno 2026
- n. 317 - Transizione energetica** - Decoupling nel mercato elettrico: il ruolo delle aste quartorarie e del market design, maggio 2026
- n. 316 - Acqua** - Strategia europea per la resilienza idrica: gli ingredienti di un cambio di prospettiva, maggio 2026
- n. 315 - Rifiuti** - Legge europea sull'Economia Circolare: Agenda di lavoro, maggio 2026
- n. 314 - Rifiuti** - La circolarità dell'economia italiana nel contesto europeo, maggio 2026

Tutti i contenuti sono liberamente scaricabili previa registrazione dal sito Laboratorioref.it
Copyright © · REF srl · Tutti i diritti riservati. L'utilizzo di dati e informazioni tratti dal presente documento è possibile citando espressamente la fonte (Fonte: REF).
Questo documento non può essere utilizzato per addestrare modelli di intelligenza artificiale (AI).

LA MISSIONE.

Il Laboratorio Servizi Pubblici Locali è una iniziativa di analisi e discussione che intende riunire selezionati rappresentanti del mondo dell'impresa, delle istituzioni e della finanza al fine di rilanciare il dibattito sul futuro dei Servizi Pubblici Locali.

Molteplici tensioni sono presenti nel panorama economico italiano, quali la crisi delle finanze pubbliche nazionali e locali, la spinta comunitaria verso la concorrenza, la riduzione del potere d'acquisto delle famiglie, il rapporto tra amministratori e cittadini, la tutela dell'ambiente.

Per esperienza, indipendenza e qualità nella ricerca economica REF è il "luogo ideale" sia per condurre il dibattito sui Servizi Pubblici Locali su binari di "razionalità economica", sia per porlo in relazione con il più ampio quadro delle compatibilità e delle tendenze macroeconomiche del Paese.

PREMESSA

Negli ultimi anni, in Italia si è registrata una forte accelerazione nelle installazioni di pannelli fotovoltaici (moduli) sostenute dagli obiettivi del Piano Nazionale Integrato Energia e Clima (PNIEC) di aumento della capacità fotovoltaica installata¹ e dal *revamping* e *repowering* degli impianti esistenti. È conseguentemente cresciuto anche il volume di moduli che giungono a fine vita e che devono essere gestiti come rifiuti da apparecchiature elettriche ed elettroniche (RAEE).

L'obsolescenza del parco impiantistico, installato in larga parte a partire dal 2005, **e le prospettive di crescita dei volumi di pannelli fotovoltaici che dovranno essere installati per raggiungere gli obiettivi PNIEC rendono necessaria una riflessione sulla futura gestione del loro fine vita.**

Questa tendenza è destinata ad accentuarsi nei prossimi anni quando giungeranno a fine vita i pannelli incentivati dal Conto Energia. I pannelli a fine vita possono essere fonte preziosa di materie prime, a condizione che vi sia una disponibilità di impianti di trattamento coerente.

Negli anni la disciplina della raccolta e del trattamento dei RAEE è stata oggetto di numerosi interventi: il quadro normativo in materia è ad oggi frammentato e complesso². Con la Legge di Delegazione Europea (Legge 13 giugno 2025, n. 91³) il Governo italiano è nuovamente intervenuto sulla gestione dei pannelli fotovoltaici a fine vita al fine di adeguare il sistema di finanziamento alla Direttiva (UE) 2024/884, adottata anche al fine di dare seguito alla sentenza della Corte di Giustizia dell'UE del 25 gennaio 2022, causa C-181/20, relativa al regime di finanziamento dei RAEE derivanti da pannelli fotovoltaici. Il recepimento è avvenuto con il D.Lgs. 7 gennaio 2026, n. 2, che ha modificato il D.Lgs. 14 marzo 2014, n. 49, adeguando la disciplina nazionale alla Direttiva (UE) 2024/884.

Parallelamente, a livello europeo, è in corso un dibattito più ampio circa la revisione della Direttiva RAEE⁴, che sarà contenuta nella proposta di *Circular Economy Act*, la cui pubblicazione da parte della Commissione europea è attesa nell'autunno del 2026⁵. A valle della proposta, il provvedimento sarà oggetto dell'ordinario iter legislativo europeo, con il coinvolgimento di Commissione europea, Parlamento europeo e Consiglio; l'emanazione del provvedimento è prevista per il 2028.

Il nostro Paese è **oggetto di infrazione alle Direttive UE** per il mancato raggiungimento degli obiettivi di raccolta dei RAEE⁶. Tra le motivazioni oltre alla citata complessità normativa, vi è una rete di intercettazione poco efficiente⁷, che ancora oggi non è in grado di raggiungere capillarmente tutto il territorio nazionale. A ciò si aggiunge un tasso elevato di operatori informali⁸, che finiscono per alimentare i canali delle esportazioni illecite e/o lo smaltimento abusivo⁹.

Il *Position Paper* si propone di analizzare il quadro storico e le prospettive per l'installazione e il fine vita dei pannelli fotovoltaici.

¹ <https://www.gse.it/servizi-per-te/fotovoltaico/conto-energia/interventi-sugli-impianti>; Rinnovabili, con il repowering di pannelli e pale 20 gigawatt in più in Italia - Il Sole 24 ORE.

² I principali riferimenti normativi sono il D.Lgs. 49/2014 e D.Lgs. 118/2020.

³ Legge 13 giugno 2025, n. 91.

⁴ [New evaluation looks at how to improve WEEE Directive - European Commission.](#)

⁵ [Circular Economy - Environment - European Commission.](#)

⁶ [July infringement package: key decisions.](#)

⁷ Commissione Europea (2014). [Study on collection rates of Waste Electrical and Electronic Equipment \(WEEE\).](#)

⁸ Ivi.

⁹ Scandalo Pannelli Solari: Rivendita Illegale Svelata; [Traffico illecito di pannelli fotovoltaici, maxi inchiesta: trenta indagati.](#)

RACCOLTA E GESTIONE DEI RIFIUTI DA PANNELLI FOTOVOLTAICI NEI PAESI UE

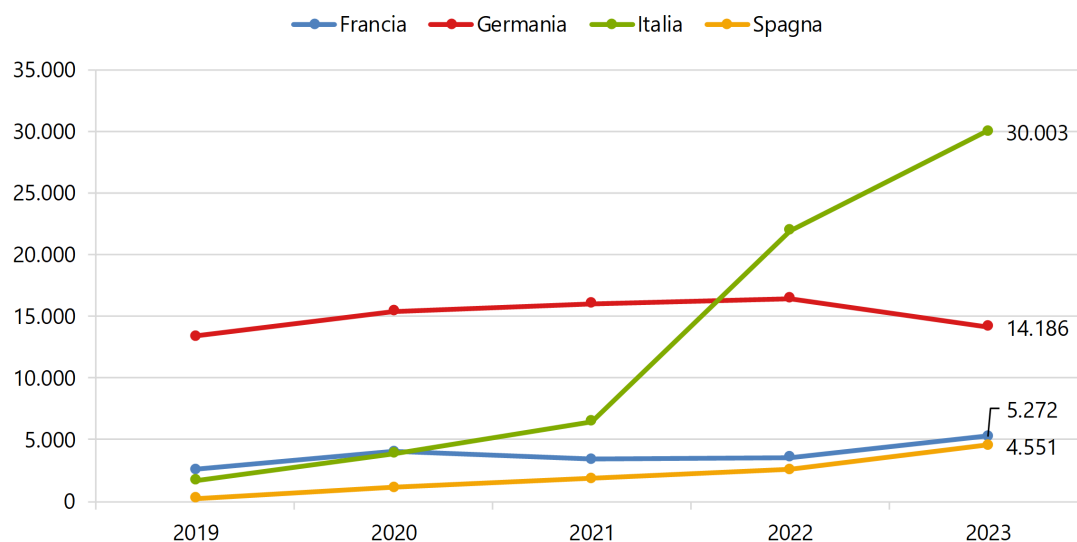
La Germania, tra i grandi Paesi UE, è quello storicamente più virtuoso quanto a volumi raccolti. Nel 2022, tuttavia, l'Italia ha superato la Germania sia in termini assoluti sia in rapporto agli abitanti residenti, rafforzando il distacco nel 2023. **Il balzo in avanti dell'Italia deve essere letto come l'esito dell'entrata in esercizio di nuovi impianti fotovoltaici in sostituzione di impianti esistenti**, incentivati dai meccanismi di finanziamento previsti dal FER1 e dal Superbonus 110%, che hanno spinto a maggiori volumi di intercettazione in termini assoluti¹⁰.

La raccolta dei pannelli nei grandi Paesi UE

Nell'ambito dei **canali di raccolta del rifiuto fotovoltaico, nei principali Paesi europei si osservano modelli di raccolta particolarmente eterogenei**. In Francia, la raccolta risulta essere interamente delegata al canale della gestione dei rifiuti urbani, con il 100% dei rifiuti fotovoltaici intercettati da questa fonte. Al contrario, in Germania e in **Italia, la raccolta urbana - operata nelle isole ecologiche - rappresenta una quota minoritaria o marginale rispetto a quella da altre fonti (di tipo professionale)**: in Germania si attesta al 34%, mentre in Italia appena al 6,1%. La Spagna si colloca anch'essa agli antipodi rispetto al caso francese: l'intera raccolta di rifiuti fotovoltaici avviene al di fuori del perimetro del servizio urbano di gestione dei rifiuti.

QUANTITÀ DI PANNELLI FOTOVOLTAICI RACCOLTI NEI PRINCIPALI PAESI UE

Valori in tonnellate, anni 2019-2023

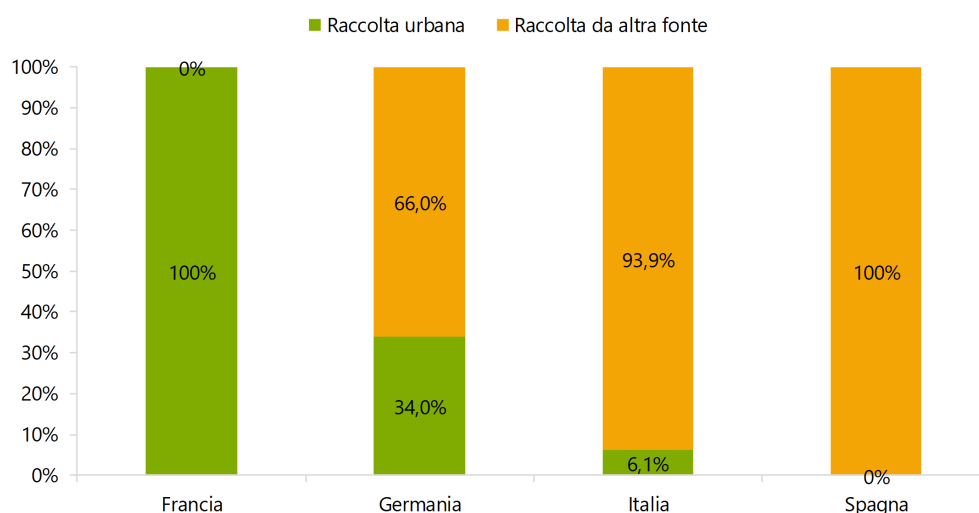


Fonte: elaborazioni Laboratorio REF su dati EUROSTAT

¹⁰ I dati presentati in questa sezione sono di fonte Eurostat. Giova sottolineare che dalle verifiche fatte con gli operatori del settore le quantificazioni proposte appaiono sottostimate. A fronte della possibile sottostima, le considerazioni proposte nel seguito del lavoro acquisiscono oltre modo un carattere di maggiore impellenza.

DISTRIBUZIONE PERCENTUALE DELLE FONTI DI RACCOLTA DEI RIFIUTI FOTOVOLTAICI NEI PRINCIPALI PAESI UE

Valori in percentuale, anno 2023



Fonte: elaborazioni Laboratorio REF su dati EUROSTAT

Un dato interessante riguarda l'evoluzione italiana: tra il 2019 e il 2023, si è registrato un aumento di 6 punti percentuali della raccolta urbana sul totale, a segnalare che il conferimento in isola ecologica da parte dei cittadini sta gradualmente aumentando. Nel 2023, in Italia nelle isole ecologiche sono state raccolte 1.845 tonnellate di rifiuti da pannelli fotovoltaici, a fronte delle circa 5.000 tonnellate intercettate in Francia e Germania.

La dismissione dei pannelli fotovoltaici in Italia, Francia, Germania e Spagna

In Italia, un impianto è considerato domestico se ha una potenza pari o inferiore a 10 kW^a. Nel caso di pannelli installati su edifici residenziali, è sempre l'utente domestico a doversi fare carico delle operazioni preliminari di dismissione, organizzando la rimozione fisica dei moduli dal tetto, avvalendosi, nella quasi totalità dei casi, del supporto di installatori specializzati. Di conseguenza, il conferimento diretto da parte dei cittadini presso le isole ecologiche è piuttosto limitato.

Per questo motivo, anche se originati da impianti domestici, **i rifiuti fotovoltaici da pannelli domestici vengono spesso gestiti in analogia con quelli professionali, disinstallati, conferiti e smaltiti secondo i canali tipici di questi ultimi.**

In Francia, la soglia per la classificazione domestica (100kW^b) è significativamente più alta di quella per l'Italia. Gli utenti con meno di 40 pannelli devono provvedere alla consegna diretta presso uno dei 230 punti di raccolta autorizzati, oppure portarli presso un distributore che accetti questo tipo di rifiuti. In alternativa, è possibile affidarne il ritiro all'installatore nel caso si proceda alla installazione di nuovi pannelli. Per gli utenti con

più di 40 pannelli, è invece prevista la possibilità di richiedere una raccolta presso il sito, gestita da operatori specializzati, senza obbligo di trasporto da parte del proprietario^c.

In Germania, i privati possono smaltire gratuitamente i pannelli presso i centri di raccolta municipali, dove i pannelli vengono classificati per tipologia anziché per produttore. Nel caso degli impianti professionali, i produttori devono farsi carico della raccolta, del trattamento e del finanziamento del fine vita dei pannelli fotovoltaici^d.

In Spagna, il ritiro gratuito è garantito dall'installatore o dal distributore in occasione della sostituzione dei pannelli. In alternativa, i pannelli possono essere conferiti presso centri di raccolta affiliati a sistemi collettivi, che mettono a disposizione mappe per individuare le strutture più prossime sul territorio^e.

^a Decreto Legislativo 49/2014.

^b Installation de panneaux solaires : vous avez droit à des aides ! | Ministère de l'Économie des Finances et de la Souveraineté industrielle et numérique

^c Je veux savoir que faire de mes panneaux photovoltaïques | Ministères Aménagement du territoire Transition écologique.

^d gesetz_elektrog3_final_fassung_ab_20221231.pdf. End-of-Life Management von Solaranlagen und PV-Modulen: Kreislaufwirtschaft stärkt das Zukunftspotenzial der Photovoltaik.

^e <https://ecolec.es/greenblog/con-tinta-verde/donde-reciclar-paneles-solares/>.

La gestione del rifiuto fotovoltaico in Italia, Germania, Francia e Spagna

Nel 2023, per i gradi Paesi UE, l'avvio a riciclo rappresenta tra il 94% e il 99% del totale recuperato¹¹. La preparazione al riutilizzo dei pannelli fotovoltaici è ancora poco diffusa per ragioni economiche: il basso costo dei pannelli nuovi, in costante diminuzione dall'avvio del primo Conto Energia¹², anche per via delle importazioni dai Paesi asiatici, rende poco competitivo il riutilizzo rispetto all'acquisto. Inoltre, la preparazione per il riutilizzo dei pannelli fotovoltaici è disincentivata anche dalle responsabilità operative e di gestione del fine vita che ricadono sul soggetto che reimmette il prodotto sul mercato in seguito alla preparazione per il riutilizzo.

In Italia, si avviano
a riciclo più
pannelli che in
Germania

Analizzando le tendenze di recupero nei quattro Paesi, si osserva la crescita costante della Germania nei quantitativi di rifiuti fotovoltaici avviati a riciclo, passati da 11.953 tonnellate nel 2019 a 13.254 nel 2023, con un picco di 15.195 tonnellate nel 2022. **Nel 2022, l'Italia ha superato la Germania, raggiungendo una quantità superiore alle 19mila tonnellate avviate a riciclo, mantenendo il primato nel 2023 con 26mila tonnellate.** L'Italia si è distinta inoltre per una crescita particolarmente significativa dell'avvio a riciclo durante il periodo analizzato, in concomitanza con l'aumento dei rifiuti intercettati. Sul fronte della preparazione al riutilizzo invece, anche l'Italia non brilla per volumi gestiti: nel 2023, sono solo 49 le tonnellate di RAEE fotovoltaici preparati per il riutilizzo¹³.

L'aumento dei volumi avviati a riciclo è in parte attribuibile all'aggiornamento degli obiettivi normativi europei: a partire dal 2019, l'UE ha infatti stabilito un obiettivo di recupero dei pannelli pari all'85% e un obiettivo di preparazione per il riutilizzo e riciclaggio pari all'80%¹⁴.

¹¹ Fonte: EUROSTAT.

¹² Fonte: National Survey Report of PV Power Applications in Italy 2024.

¹³ Fonte: EUROSTAT.

¹⁴ Direttiva 2012/19/UE del Parlamento europeo e del Consiglio, del 4 luglio 2012, sui rifiuti di apparecchiature elettriche ed elettroniche (RAEE) Testo rilevante ai fini del SEE.

IL trend di
riciclo/riutilizzo in
Italia è crescente

In Italia, il recupero dei pannelli è attualmente gestito da un numero contenuto di impianti: una decina di impianti operativi dedicati, localizzati prevalentemente nelle regioni del Centro-Nord¹⁵. Di converso, in Germania e Francia, sono già attivi impianti dedicati su scala industriale. La capacità di recupero italiana, ad ogni modo, è in aumento, grazie ai nuovi investimenti infrastrutturali supportati dal PNRR (cfr. Riquadro).

Per quanto riguarda il recupero dei pannelli fotovoltaici nel periodo 2019-2023, l'Italia mostra un trend crescente nell'avvio a riciclo e nella preparazione per il riutilizzo rispetto all'immesso al consumo. Si passa infatti da un valore dell'1,7% nel 2019 al 6% nel 2023, mentre la Germania, al contrario, presenta una tendenza opposta: la quota di avvio a riciclo e preparazione per il riutilizzo - in rapporto all'immesso al consumo - era del 4,4% nel 2019 e nel 2020, ma è progressivamente calata fino a raggiungere l'1,7% nel 2023.

È interessante evidenziare che in Italia, nel corso del periodo analizzato, si è ulteriormente accentuata la rilevanza dell'avvio a riciclo rispetto alla preparazione al riutilizzo: nel 2019, l'avvio a riciclo rappresentava il 94,9% del totale di avvio a riciclo e preparazione al riutilizzo, e ha raggiunto il 99,8% nel 2023.

Il grafico seguente propone un confronto tra i quattro Paesi europei in merito alla destinazione di primo trattamento dei rifiuti fotovoltaici a fine vita¹⁶, dove per trattamento si intendono le operazioni di recupero o smaltimento, inclusa la preparazione preliminare a tali operazioni¹⁷.

Il riciclo dei pannelli fotovoltaici nel PNRR

Gli investimenti del PNRR destinati alla gestione dei RAEE ammontano a 121 milioni di euro, di cui quasi un quarto è assegnato alla Lombardia, mentre il 59% va alle regioni del Centro-Sud. Si evidenzia che più di un quinto (21,1%) degli investimenti PNRR nel settore RAEE riguarda l'industria del riciclo, recupero e smaltimento dei pannelli fotovoltaici.

I principali beneficiari dei finanziamenti per il riciclo dei RAEE sono Lombardia (24,2%), Sicilia (10,9%), Lazio (10%), Basilicata (8,9%), Toscana (6,3%) ed Emilia-Romagna (6,2%). Questo scenario conferma un rafforzamento della filiera del riciclo e della gestione dei RAEE, anche fotovoltaici, al Nord, dunque, nelle stesse regioni in cui sono già presenti impianti di trattamento di pannelli fotovoltaici. Ad ogni modo, le risorse destinate anche a Sicilia, Lazio, Basilicata e Toscana, sembrano suggerire un rafforzamento della filiera anche nei territori al Centro-Sud, favorendo uno sviluppo più equilibrato e capillare degli impianti sul territorio nazionale.

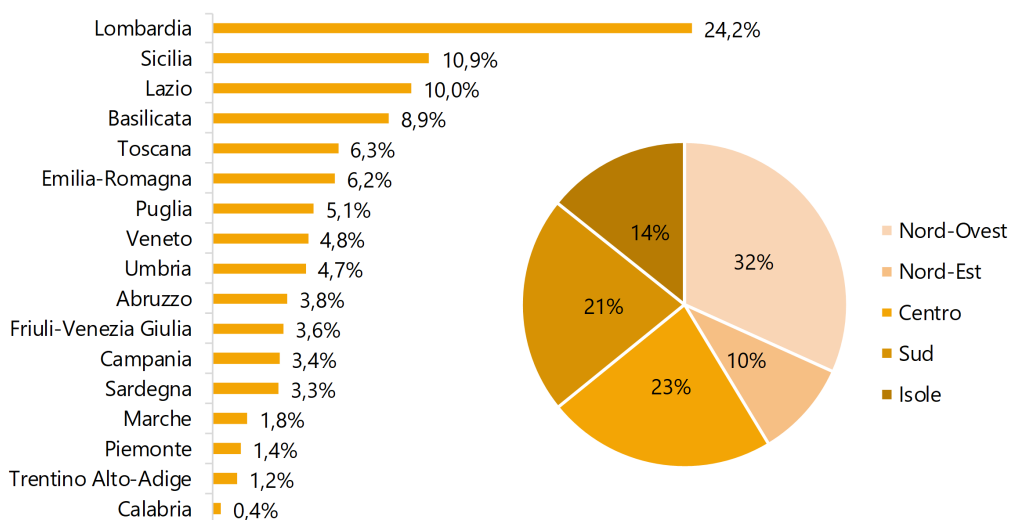
¹⁵ ENEA, la sfida del riciclo dei pannelli solari si vince con la ricerca.

¹⁶ Fonte: EUROSTAT.

¹⁷ Information on data - Waste - Eurostat.

LO STANZIAMENTO DEI FONDI DEL PNRR PER I RAE PER REGIONE E MACROAREA

Milioni di euro % dei fondi sul totale delle risorse della Linea di investimento "A"



Fonte: elaborazioni Laboratorio REF su dati MASE, piano di Investimento 1.2

L'EVOLUZIONE DELLE INSTALLAZIONI DI PANNELLI FOTOVOLTAICI

Tra il 2022-2024 un nuovo picco di installazioni

Il **numero**, la **potenza installata** e la **taglia media** degli impianti fotovoltaici di nuova installazione hanno registrato una **forte crescita** nei periodi **2009-2011** e **2022-2024**¹⁸.

I picchi delle installazioni: 2009-2011 e 2022-2024

Nel primo dei due periodi, le installazioni di pannelli fotovoltaici sono state spinte dal programma di incentivazione statale del **Conto Energia**¹⁹ (abbreviato qui di seguito come C.E.), **che garantiva per 20 anni il riconoscimento di una tariffa incentivata per ogni kWh prodotto**.

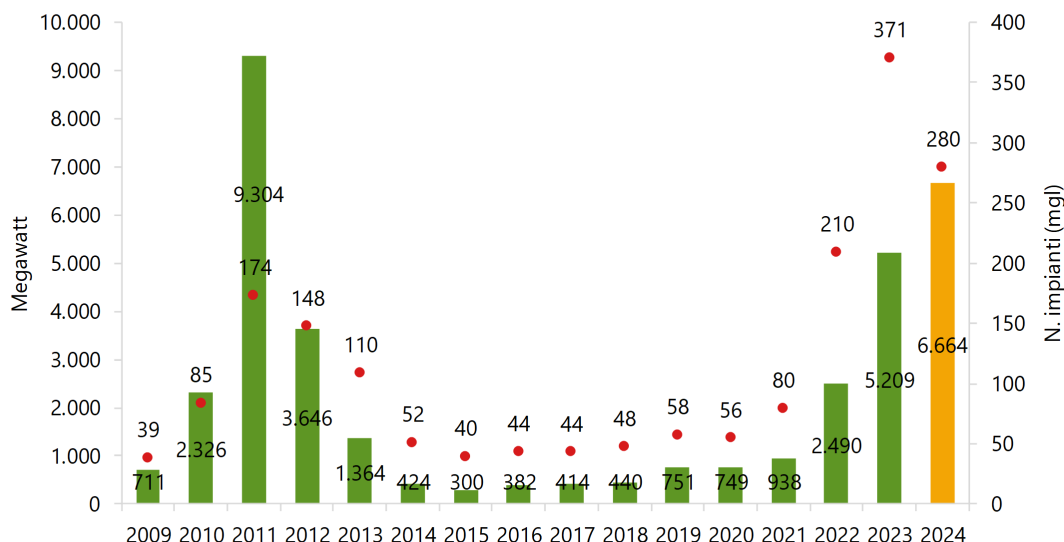
Combinando i dati di GSE, nel 2009 gli impianti connessi alla rete erano 76.593, per una potenza complessiva installata di 1.264 MW; nel 2009 sono stati installati 39.266 nuovi impianti, per una capacità produttiva aggiuntiva di 711 MW. Nel 2011 i nuovi impianti sono saliti rispettivamente a 174.219 e 9.304 MW: nel biennio 2010-2011 il numero di nuovi impianti è dunque quadruplicato e la potenza installata cresciuta di un ordine di grandezza, con una taglia media per impianto passata da 18 a 53 kW.

¹⁸ Il numero di MW di potenza e di impianti entrati in esercizio per gli anni 2009-2024 sono stati calcolati a partire dai dati pubblicati dal Gestore dei Servizi Energetici (GSE). L'impresso al consumo non incentivato dal Conto Energia entrato in esercizio anno per anno (2010-2050) è stato ottenuto sommando ai nuovi pannelli entrati in esercizio gli impianti oggetto di *revamping/repowering*.

¹⁹ Per maggiori informazioni su questo schema di finanziamento si veda [Conto Energia](#).

LA POTENZA E IL NUMERO DEI NUOVI IMPIANTI FOTOVOLTAICI INSTALLATI ANNO PER ANNO IN ITALIA

Valori in megawatt e numero d'impianti (mgl), anni 2009-2024



Fonte: elaborazione grafica Laboratorio REF su dati GSE

A partire dal 2014, terminata l'incentivazione statale alle nuove installazioni, la crescita della nuova capacità fotovoltaica entrata in esercizio ha subito una brusca frenata: tra il 2014 e il 2018 sono stati installati tra i 300 e 450 MW, valore poi salito a 750-1.000 MW annui tra il 2020 e il 2021.

Nel periodo **2022-2024**, le installazioni di nuovi impianti sono tornate a crescere, sostenute dal **FER1** (D.M. 04/07/2019²⁰), che ha favorito l'allacciamento alla rete elettrica di impianti di tipo professionale, con potenza superiore a 20 kWp, e dal **Superbonus 110%**²¹, per la componente residenziale.

Nel 2024, i nuovi impianti installati sono saliti a 280.425 per 6.664 MW di nuova capacità. Anche la taglia media per impianto è cresciuta.

**L'incentivazione delle installazioni fotovoltaiche:
Conto Energia, Superbonus 100%, FER1 e FER2**

Introdotta nel 2005 e attiva fino al 2013, il programma del Conto Energia è nato dal recepimento della Direttiva comunitaria 2001/77/CE (recepita con il D.lgs. n. 387/2003). Tra il 2005 e il 2013, si sono susseguite cinque edizioni del programma (I, II, III, IV e V Conto Energia), ciascuna introdotta da appositi decreti che ne regolavano modalità e tariffe incentivative.

Il primo Conto Energia è entrato in vigore con i Decreti Interministeriali del 28/07/2005 e del 06/02/2006, che hanno introdotto un sistema di incentivazione basato sul finanziamento della produzione elettrica in conto esercizio, ovvero con premi legati alla quantità di energia prodotta. In questa prima fase, il meccanismo incentivante prevedeva che la

²⁰ Si veda [INCENTIVI DM 04/07/2019](#) per maggiori informazioni sul programma FER1.

²¹ Si rimanda a [Superbonus 110%](#) per un approfondimento.

tariffa riconosciuta per ogni chilowattora prodotto aumentasse al crescere della potenza dell'impianto. Questa struttura ha dunque incentivato la realizzazione di impianti di maggiori dimensioni.

Il Superbonus 110% è un'agevolazione introdotta dal Decreto Rilancio (decreto-legge 19 maggio 2020, n. 34, entrato in vigore il 19/05/2020 e concluso il 31/12/2023, che porta al 110% la detrazione fiscale per specifiche spese di riqualificazione energetica e sicurezza sismica sostenute dal 1° luglio 2020 al 30 giugno 2022. L'incentivo riguarda specifici interventi sugli edifici, tra cui il miglioramento dell'efficienza energetica, l'esecuzione di lavori antisismici, l'installazione di impianti fotovoltaici e la realizzazione di infrastrutture per la ricarica di veicoli elettrici.

Il Decreto FER1 (D.M. 04/07/2019), entrato in vigore nel 2019, sostiene la produzione di energia elettrica da fonti rinnovabili come fotovoltaico, eolico, idroelettrico e gas di depurazione. Gli incentivi sono concessi attraverso procedure competitive (registri o aste) gestite dal Gestore dei Servizi Energetici (GSE), a seconda della taglia dell'impianto. Il provvedimento punta a incrementare la capacità rinnovabile installata, stimolare investimenti per circa 10 miliardi di € e favorire la transizione energetica. Si inserisce nel percorso tracciato dal PNIEC per il raggiungimento degli obiettivi europei al 2030.

Il Decreto FER2^a del 19 giugno 2024, che sostituisce il Decreto FER1 e resterà in vigore fino al 2028, incentiva impianti rinnovabili innovativi o con alti costi di generazione. Il FER2 include tecnologie come biogas, biomasse, solare termodinamico, geotermico, eolico off-shore, fotovoltaico *floating* e fonti marine. Sono ammessi nuovi impianti e, per i geotermici innovativi, anche i rifacimenti. L'obiettivo è promuovere energia sostenibile a basso impatto ambientale. Il Decreto FER2 prevede incentivi per il fotovoltaico attraverso due modalità: tariffa omnicomprensiva (TO) o incentivo (I). Gli impianti ≤300 kW possono scegliere tra TO o I, mentre quelli >300 kW (o >200 kW dal 2026) accedono solo all'incentivo. La TO comprende il ritiro dell'energia da parte del GSE e il pagamento fisso per kWh immesso in rete. L'incentivo, invece, integra il prezzo di mercato riconoscendo solo la differenza con la tariffa spettante. Per il fotovoltaico *floating* e *offshore* sono previsti contingenti rispettivamente di 50 MW e 200 MW nel periodo 2024-2028.

^a <https://www.gse.it/servizi-per-te/fonti-rinnovabili/fer2>.

Pannelli fotovoltaici: potenza installata, incentivata e non incentivata

La **potenza incentivata in esercizio** (misurata in megawatt o nel numero di pannelli fotovoltaici²²) ha registrato una **crescita costante** tra il 2009 e il 2013: si è passati da 1.116 MW nel 2009 (equivalenti a circa 4,5 milioni di pannelli fotovoltaici) a 17.390 MW nel 2013 (pari a circa 69,6 milioni di pannelli).

²² Al fine di fornire una stima del numero dei pannelli incentivati e non incentivati in esercizio a fine anno, la potenza (MW) incentivata e non incentivata dal Conto Energia in esercizio alla fine di ogni anno è stata divisa per la potenza nominale media di un pannello (250W) fornita dal dossier RSE (2020) "La gestione dei pannelli fotovoltaici a fine vita". Il valore di 250 W, tipico specialmente del periodo precedente al 2020, è stato selezionato data l'impossibilità di conoscere la potenza incentivata effettivamente entrata ed uscita in esercizio anno per anno. La stima del numero di pannelli fotovoltaici tramite il rapporto tra potenza complessiva installata e potenza nominale del singolo pannello è prassi comune sia in letteratura (es. Domínguez, A., & Geyer, R. (2019). *Photovoltaic waste assessment of major photovoltaic installations in the United States of America*. *Renewable Energy*, 133, 1188-1200), sia in rapporti ufficiali delle autorità (Allegato_DD_45_Istruzioni_Operative_RAE_marzo_2025.pdf, p.22).

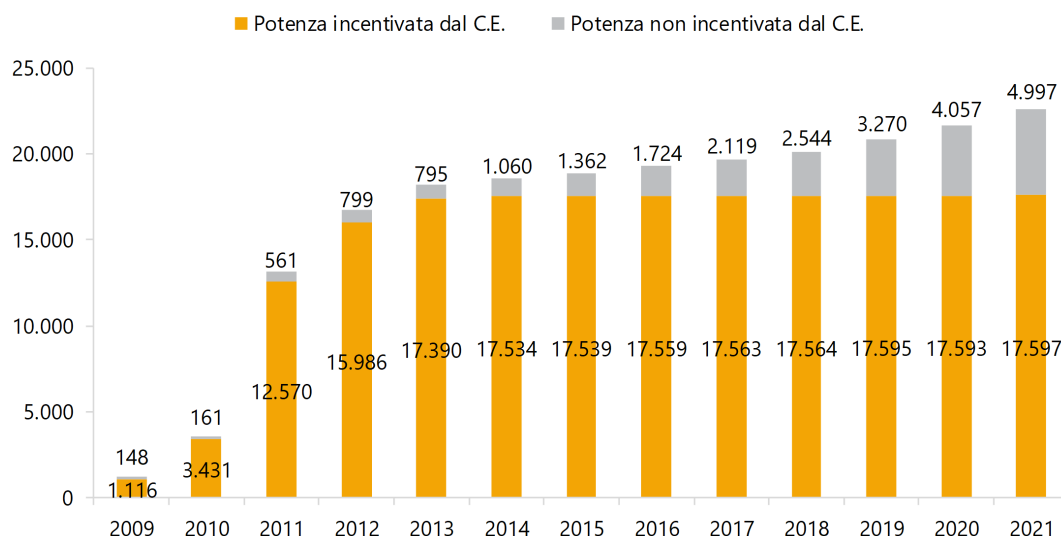
2014-2021: la
potenza incentivata
è stabile

Dal 2014 al 2021, l'ammontare della potenza incentivata in esercizio a fine anno si è mantenuta stabile, attestandosi a 17.597 MW (circa 70,4 milioni di pannelli) alla fine del 2021, ultimo anno per cui sono disponibili dati ufficiali relativi alla potenza incentivata dal Conto Energia²³. Questa stabilizzazione è riconducibile al fatto che il V Conto Energia, pur essendo terminato il 6 luglio 2013, garantiva tariffe incentivanti per 20 anni dalla data di entrata in esercizio degli impianti. Di conseguenza, anche dopo la chiusura del programma, gli impianti già ammessi hanno continuato a beneficiare degli incentivi²⁴.

La potenza non incentivata dal Conto Energia ha invece registrato un aumento costante dal 2009 al 2021, in seguito alla cessazione del programma di incentivazione. Se a fine 2009 si contavano solo 148 MW in esercizio non aderenti al suddetto schema di incentivazione (pari a poco più di mezzo milione di pannelli fotovoltaici), a fine 2021 tale valore è salito a 4.997 MW, corrispondenti a quasi 20 milioni di pannelli.

LA POTENZA INSTALLATA INCENTIVATA E NON INCENTIVATA DAL CONTO ENERGIA ALLA FINE DI OGNI ANNO IN ITALIA

Valori in megawatt, anni 2009-2021



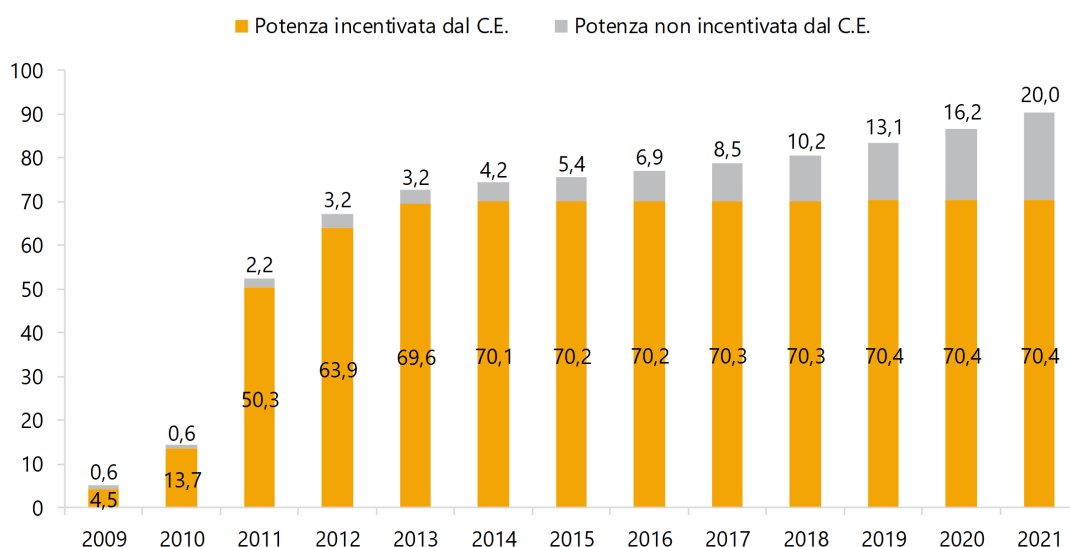
Fonte: elaborazione grafica Laboratorio REF su dati GSE

²³ Le informazioni relative alla potenza incentivata dal Conto Energia installata a fine anno nel periodo 2009-2021 sono state ricavate dal [Rapporto delle Attività 2021 del GSE](#). Il valore della potenza non incentivata installata alla fine di ogni anno è stato calcolato per differenza, sottraendo alla potenza fotovoltaica complessivamente in esercizio a fine anno (fonte: [GSE - rapporto statistico 2023 solare fotovoltaico](#)) la corrispondente potenza incentivata a fine anno [Rapporto delle Attività 2021 del GSE](#).

²⁴ Inoltre, alcuni impianti sono entrati in esercizio successivamente al 2013, pur rientrando nel regime del Conto Energia. Ciò è stato possibile perché è stato consentito l'accesso agli incentivi anche a impianti che a fronte di ritardi di tipo burocratico o nell'allacciamento avevano comunque rispettato i termini previsti per la richiesta di ammissione.

IL NUMERO DI PANNELLI INSTALLATI INCENTIVATI E NON INCENTIVATI DAL CONTO ENERGIA ALLA FINE DI OGNI ANNO IN ITALIA

Milioni di pannelli, anni 2009-2021



Fonte: elaborazione grafica Laboratorio REF su dati GSE

Sulla base degli andamenti descritti **la quota della potenza incentivata dal Conto Energia** rispetto alla **potenza totale fotovoltaica installata** (inclusiva sia della quota incentivata²⁵ che di quella non incentivata) **è scesa dal 95,7% del 2011 al 77,9% nel 2021**.

L'Italia a confronto con i quattro grandi Paesi europei nell'impresso al consumo

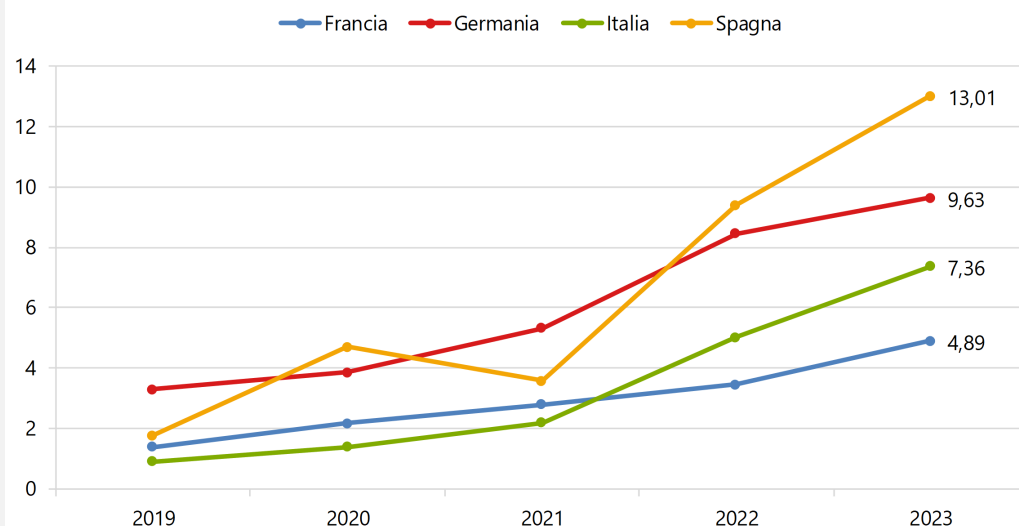
Italia, Francia, Germania e Spagna rappresentano i maggiori Paesi responsabili dell'immissione al consumo di pannelli fotovoltaici in Europa, nel periodo 2019-2023, sulla base dei dati EUROSTAT⁹.

In termini **assoluti** (valori in tonnellate), questi quattro Paesi rappresentano complessivamente circa il 60% del mercato europeo dei pannelli immessi al consumo nel periodo considerato. Tutti i Paesi mostrano un andamento dell'impresso al consumo in forte crescita, con la Germania costantemente in testa alla graduatoria. **L'Italia, tra il 2019 e il 2023, ha registrato un aumento del 709% in termini di tonnellate immesse al consumo, segnalando una vera e propria ripresa in anni recenti.** Nel 2023, la Germania ha raggiunto le 802mila tonnellate, seguita dalla Spagna con 629mila tonnellate, dall'Italia con 434mila tonnellate e infine dalla Francia con 335mila tonnellate.

²⁵ Nota: nel presente *Position Paper* i termini "incentivato" e "non incentivato" si riferiscono esclusivamente alla partecipazione o meno al programma di finanziamento del Conto Energia. Non vanno, quindi, confusi con altre forme di sostegno o meccanismi di incentivazione al fotovoltaico, quali lo Scambio sul posto, gli schemi FER, i Certificati Verdi o altre misure incentivanti.

QUANTITÀ DI PANNELLI FOTOVOLTAICI IMMESSI AL CONSUMO NEI PRINCIPALI PAESI UE

Valori in chilogrammi pro capite, anni 2019-2023



Fonte: elaborazioni Laboratorio REF su dati EUROSTAT

Per ciò che concerne l'**immeso al consumo in termini pro capite**, la Spagna si posiziona come leader nel 2020, 2022 e 2023, alternandosi con la Germania nei diversi anni, mentre l'Italia, pur posizionandosi nel periodo 2019-2021 come l'ultima tra i quattro grandi Paesi UE, ha superato la Francia nel 2022 e 2023. Questi risultati confermano che, sebbene si rinvenga un *gap* tra l'Italia e i principali quattro Paesi europei, negli anni recenti **il nostro Paese sta registrando un recupero** in esito **alle politiche di incentivazione, come il meccanismo FER 1 e il Superbonus 110%** precedentemente illustrati.

^a Fonte: [EUROSTAT](#). Sebbene i dati [EUROSTAT](#) sull'immeso al consumo presentino valori non allineati rispetto a quelli forniti dalle [statistiche del GSE](#) per l'Italia, il loro utilizzo ha consentito, all'interno di questo *Position Paper*, di effettuare una comparazione tra i principali quattro paesi europei basata su una fonte omogenea e ufficiale a livello comunitario. Tuttavia, si segnala che i dati di EUROSTAT, forniti dalle singole autorità statistiche nazionali potrebbero differire nelle metodologie e sistemi di contabilizzazione fra i vari Paesi.

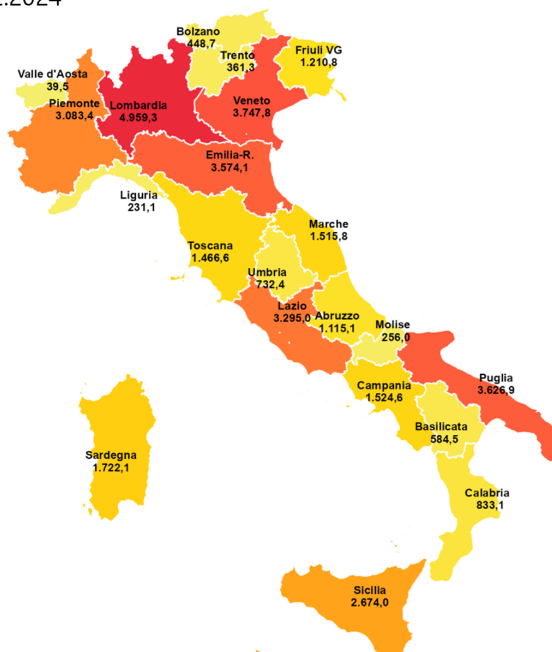
La distribuzione della potenza installata in Italia: il panorama regionale

La potenza installata è più sviluppata al Nord

In Italia, la Lombardia è la regione con la più alta concentrazione di potenza fotovoltaica installata a fine 2024 (13,4% del totale nazionale), seguita da Veneto (10,1%), Puglia (9,8%), Emilia-Romagna (9,7%) e Lazio (8,9%). **Tra le prime cinque regioni italiane per potenza installata, tre sono localizzate nel Nord Italia.** Questo dato, insieme a una lettura complessiva delle *performance* regionali, suggerisce che lo sviluppo del fotovoltaico è stato trainato in larga misura dalle **aree economicamente più forti del Paese**, piuttosto che da quelle caratterizzate da un **maggiore irraggiamento solare**, come il Mezzogiorno.

LA POTENZA INSTALLATA DEGLI IMPIANTI FOTOVOLTAICI A FINE 2024 NELLE REGIONI ITALIANE

Valori in megawatt, al 31.12.2024



Fonte: elaborazioni Laboratorio REF su dati GSE

Rapportata al PIL, la potenza installata è maggiore al Sud

La figura allegata restituisce una prospettiva differente. **Considerando la potenza installata rapportata al PIL regionale** (espressa in MW per miliardo di €), **emergono chiaramente le regioni del Sud Italia, seguite da quelle del Centro, come quelle con le *performance* migliori.** Questo indicatore, che normalizza la *performance* di installazione fotovoltaica rispetto alla dimensione economica espressa dal territorio regionale, evidenzia una maggiore intensità di installazioni fotovoltaiche proprio nelle aree del Mezzogiorno, con la Sardegna in testa (39,6 MW/mld di € di PIL), seguita da Basilicata (38,7 MW/mld di € di PIL) e Puglia (38,4 MW/mld di € di PIL), che peraltro sono anche caratterizzate da un numero di ore di irraggiamento superiore.

LA POTENZA INSTALLATA DEGLI IMPIANTI FOTOVOLTAICI PER MILIARDO DI EURO DI PIL REGIONALE A FINE 2024 NELLE REGIONI ITALIANE

Valori in megawatt per miliardi di euro di PIL, al 31.12.2024



Fonte: elaborazioni Laboratorio REF su dati GSE ed ISTAT

RIFIUTI DA PANNELLI FOTOVOLTAICI: SCENARI 2050

A partire dalle consistenze illustrate nei precedenti paragrafi, sembra utile analizzare i probabili scenari di nuovo installato e di conseguenza di rifiuti da pannelli fotovoltaici a fine vita negli anni a venire.

Quali scenari al 2050?

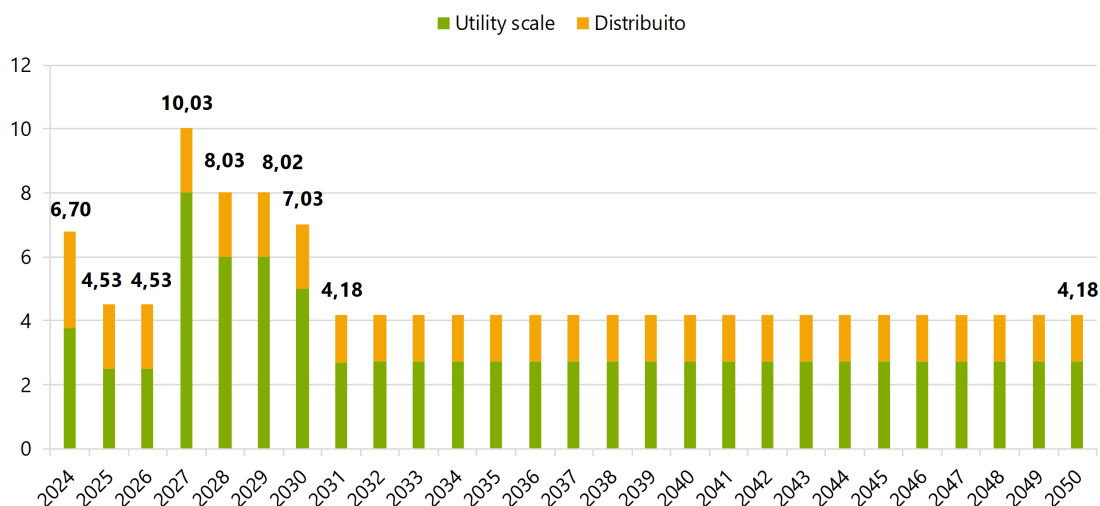
La proiezione è particolarmente interessante perché consente di delineare le possibili traiettorie evolutive della capacità installata per la generazione di energia fotovoltaica in Italia. Viene qui di seguito presentato uno scenario di nuova capacità fotovoltaica attesa entrare in esercizio tra il 2025 e il 2050²⁶, basato sull'analisi di elementi quali le politiche energetiche e climatiche attuali (PNIEC), l'evoluzione della domanda elettrica, le ipotesi di sviluppo tecnologico e dei costi, e le dinamiche di offerta.

La figura allegata di seguito mostra la proiezione della potenza in esercizio anno per anno dal 2025 al 2050 in Italia. Tra il 2025 e il 2026, si registra un rallentamento temporaneo delle nuove installazioni di impianti fotovoltaici, seguito da una netta ripresa nel quadriennio successivo. Il picco di nuova capacità installata verrà raggiunto con ogni probabilità nel 2027, con 10,03 GW, per poi scendere a 4,18 GW nel 2031. A partire da quell'anno e fino al 2050, la nuova capacità annuale entrerà in esercizio a un ritmo costante di 4,18 GW, in coerenza con l'obiettivo di coprire il 40% della domanda elettrica nazionale attraverso il fotovoltaico.

²⁶ La capacità futura che entrerà in esercizio anno per anno è stata calcolata come la differenza tra la capacità installata a fine anno e quella dell'anno precedente, per ciascun anno dal 2025 al 2050. Questo calcolo è stato effettuato a partire da uno scenario di riferimento (Scenario REF) relativo alla capacità installata a fine anno nel periodo 2024-2050. Per maggiori informazioni sulla metodologia utilizzata per la realizzazione della capacità installata, si veda l'Allegato al presente *Position Paper*.

LA POTENZA INSTALLATA ANNO PER ANNO DEI MODULI FOTOVOLTAICI IN ITALIA

Valori in megawatt, anni 2009-2024



Fonte: elaborazioni Laboratorio REF

2026-2050: scenari di produzione di rifiuti da pannelli fotovoltaici a fine vitaLe stime sul
numero di pannelli
non incentivati

La figura allegata illustra le due variabili chiave che guidano l'evoluzione futura dei RAEE fotovoltaici: l'evoluzione dell'imnesso al consumo passata e prospettica e la stima dei pannelli fotovoltaici che giungono a fine vita. La figura mostra sia **le stime storiche** (per il periodo 2016-2024) sia le **stime prospettiche** (2026-2050) riguardanti il **numero di pannelli non incentivati dal Conto Energia immessi sul mercato anno per anno nel nostro Paese**²⁷.

La quota di pannelli immessi al consumo per effetto di *revamping/repowering*²⁸, rispetto alla complessiva entrata in esercizio, cresce progressivamente nel corso degli anni, in linea con gli obiettivi indicati nel PNIEC, che indicano nella generazione da fonte solare uno degli ingredienti della transizione energetica²⁹: un indirizzo che si traduce in una progressiva crescita della quota di pannelli non incentivati sul totale. La quota di pannelli non incentivati immessi per *revamping/repowering* è stimata intorno al 28% nel periodo 2026-2050.

Nel 2050, si stima che possano essere **allacciati alla rete oltre 20 milioni di pannelli fotovoltaici**, un valore comparabile solo con i picchi per gli anni tra il **2027 e il 2029**: si tratta di quantità **quasi doppie** rispetto a quelle registrate nel 2024.

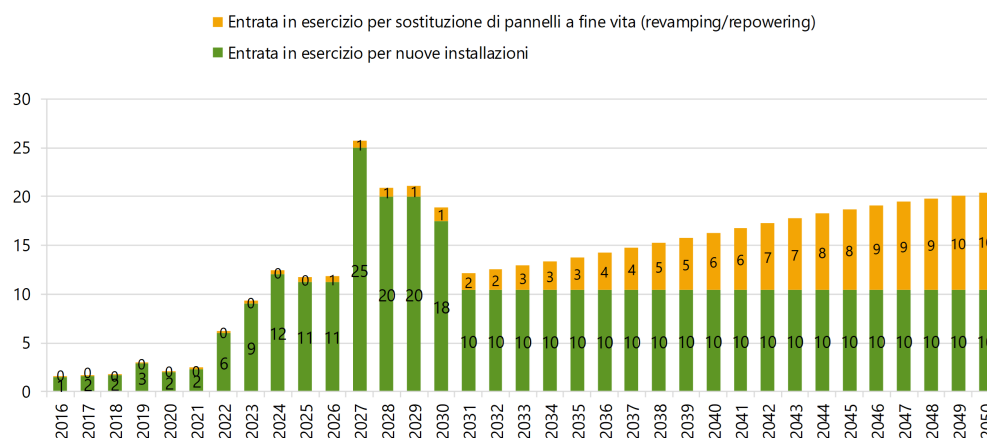
²⁷ La stima dei rifiuti da pannelli fotovoltaici si basa sulle risultanze del tool di calcolo dei rifiuti AEE sviluppato dalla Commissione Europea. Riguardo alla vita utile è stato impiegato un valore pari a 22,18 anni che si basa su dati di letteratura, indagini a consumatori ed interviste al settore industriale.

²⁸ Il *revamping* consiste nella sostituzione o aggiornamento di componenti come inverter, pannelli e cablaggi, con l'obiettivo di ripristinare - e in molti casi migliorare - la resa dell'impianto grazie all'impiego di tecnologie più moderne ed efficienti. Il *repowering*, invece, punta a un potenziamento vero e proprio, aumentando la capacità produttiva dell'impianto tramite l'installazione di pannelli più performanti, l'aggiunta di sistemi di accumulo e l'aggiornamento dei sistemi di controllo.

²⁹ <https://www.gse.it/servizi-per-te/fotovoltaico/conto-energia/interventi-sugli-impianti>; **Rinnovabili, con il repowering di pannelli e pale 20 gigawatt in più in Italia - Il Sole 24 ORE.**

LE QUANTITÀ DI PANNELLI FOTOVOLTAICI NON INCENTIVATI DAL CONTO ENERGIA IMMESSI SUL MERCATO ANNO PER ANNO IN ITALIA

Valori in milioni di pannelli, anni 2016-2050



*Si considera un tasso di revamping pari al 5% della potenza incentivata installata a fine anno per gli anni 2023 e 2024.

*Si considera qui una stima del numero di pannelli non incentivati dal Conto Energia ottenuta sottraendo il numero di pannelli immessi al consumo incentivati dal Conto Energia al numero totale di pannelli immessi al consumo.

Fonte: elaborazioni Laboratorio REF

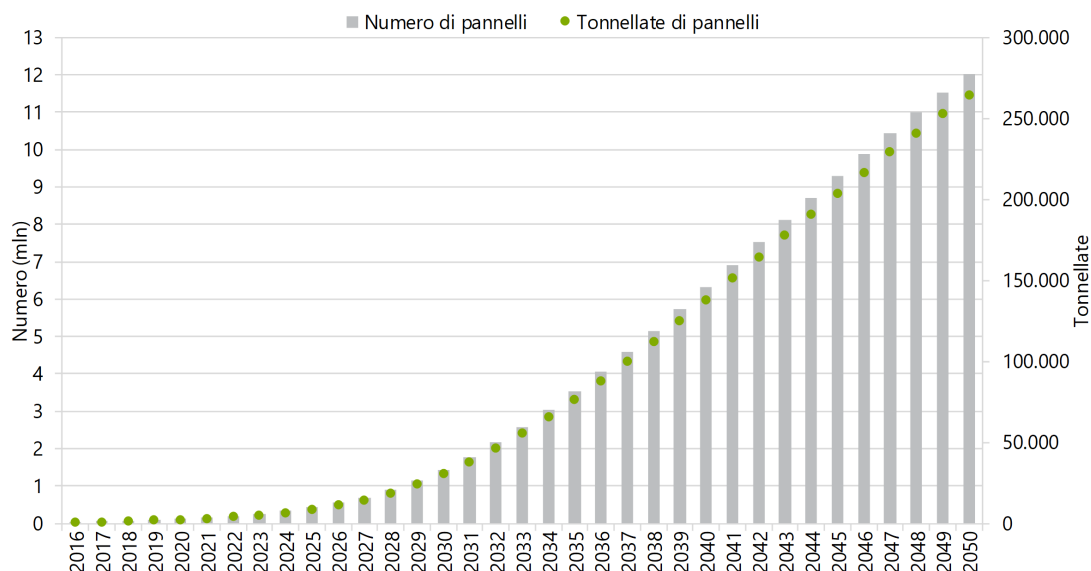
I pannelli dismessi da gestire attesi sono considerevoli

Dallo scenario descritto, **emerge un quadro di crescita estremamente rilevante in termini di volumi dismessi e da gestire tra il 2026 e il 2050, con un incremento di quasi trenta volte nel numero di pannelli fotovoltaici dismessi ogni anno. Si passerà dai circa 427mila pannelli dismessi nel 2025 a oltre 12 milioni nel 2050**, con un conseguente aumento anche in termini di massa: **da 9mila a 264mila tonnellate annue di RAEE fotovoltaici** da raccogliere e gestire correttamente per anno.

Queste considerazioni suggeriscono importanti implicazioni per i detentori degli impianti, i consorzi e, più in generale, per l'intera collettività.

LE QUANTITÀ DI PANNELLI FOTOVOLTAICI NON INCENTIVATI DAL CONTO ENERGIA A FINE VITA TRA IL 2016 E IL 2050 IN ITALIA

Valori in numero (mln) e tonnellate di pannelli, anni 2016-2050



Fonte: elaborazioni Laboratorio REF

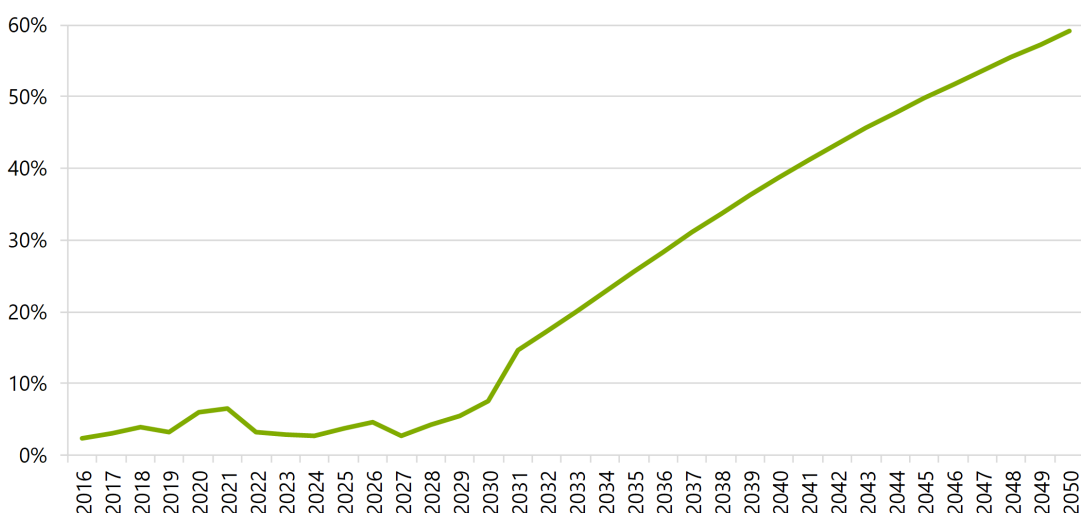
La figura seguente mostra l'**evoluzione storica e prospettica (2016-2050)** del **rapporto tra il numero di pannelli fotovoltaici non incentivati giunti a fine vita** e quelli **immessi al consumo** nello stesso anno.

**I pannelli dismessi
incideranno
sempre di più in
rapporto a quelli
installati**

Nel periodo storico (2016-2024), questo rapporto si mantiene su valori molto contenuti, con **un pannello dismesso ogni 27 pannelli installati**. A partire dal 2027, l'incidenza cresce progressivamente e, **nel periodo 2025-2050**, si porta in media a circa **un pannello dismesso ogni 3 pannelli immessi al consumo**. Nell'ultimo anno di analisi, il rapporto aumenta ulteriormente: per ogni pannello dismesso saranno immessi sul mercato meno di due nuovi pannelli. Si tratta di un cambiamento strutturale che riflette non solo l'invecchiamento progressivo del parco installato, ma anche **l'impatto crescente delle attività di revamping e repowering, che accelerano il turnover tecnologico**.

RAPPORTO TRA IL N. DI PANNELLI NON INCENTIVATI DAL CONTO ENERGIA A FINE VITA E IL N. DI PANNELLI NON INCENTIVATI DAL CONTO ENERGIA IMMESSI AL CONSUMO

Anni 2016-2050



Fonte: elaborazioni Laboratorio REF

La vita utile dei pannelli fotovoltaici: uno sguardo alla letteratura

La letteratura riporta generalmente vite utili dei pannelli fotovoltaici comprese tra i 20 e i 30 anni, ma esiste almeno un caso, quello di Libra *et al.* del 2023, che indica una vita utile più breve, intorno a 10-12 anni.

Il *Paper* di Libra *et al.* del 2023^a, basato su dati di 85 impianti in Europa centrale, stima una vita utile di circa 10-12 anni, contro i 20-30 anni dichiarati. Dopo i primi 10 anni, infatti, la frequenza di guasti gravi aumenta sensibilmente (delaminazione dell'incapsulante, penetrazione di umidità, corrosione dei contatti e formazione di canali conduttivi verso la struttura di terra), riducendo così la redditività degli impianti.

Ricerca sul Sistema Energetico (RSE) nel suo dossier del 2020^b sulla gestione del fine vita dei pannelli fotovoltaici mantiene una posizione intermedia circa la durata della vita utile media dei pannelli fotovoltaici, indicando un valore compreso tra 20 e 25 anni.

La Commissione Europea, basandosi su dati di letteratura, indagini a consumatori ed interviste al settore industriale, indica una vite utile media per il nostro paese pari a 22,18 anni^c.

L'autrice Paiano nel suo *Paper* del 2015^d considera, invece, una vita utile di 25 anni e stima la quantità rifiuti fotovoltaici generati in due periodi in Italia (2012-2038 e 2039-2050), utili per pianificare il recupero dei materiali.

Il *Paper* di Cerchier *et al.* del 2022^e segnala una vita utile dei pannelli fotovoltaici anch'esso pari a 25 anni. Anche il *Paper* di Franzoni del 2024^f, nuovamente calato nel contesto italiano, considera una vita utile di 25 anni per i pannelli fotovoltaici. Il lavoro mira a sviluppare un modello predittivo per stimare il volume di pannelli fotovoltaici da smettere, valutando due scenari di durata operativa (*early loss* e *regular loss*) tramite la funzione di Weibull.

Domínguez e Geyer hanno poi pubblicato un articolo scientifico nel 2019^g in cui assumono una vita utile media dei pannelli fotovoltaici di 30 anni e quantificano i rifiuti futuri derivanti da 69,7 GW di impianti negli Stati Uniti al 2015, stimando che tra il 2030 e il 2060 saranno prodotti circa 9,8 milioni di tonnellate di rifiuti fotovoltaici, includendo pannelli, componenti di sistema e inverter.

Il dato di vita utile di 30 anni viene anche ripreso nel report IRENA e IEA-PVPS del 2016,^h rapporto altamente citato e ripreso in letteratura, specialmente negli articoli scientifici che fanno uso della funzione di Weibull per stimare la quantità di pannelli a fine vita.

LA VITA UTILE DEI PANNELLI: UNO SGUARDO ALLA LETTERATURA

Valore di vita utile (anni)	Articoli scientifici e report
12	Libra et al. (2023). Reduced real lifetime of PV panels – Economic consequences. <i>Solar Energy</i> , 259, 229-234.
20-25	RSE – Ricerca sui Servizi Energetici (2020). La gestione dei pannelli fotovoltaici a fine vita.
22,18	Commissione Europea (2014). Study on collection rates of Waste Electrical and Electronic Equipment (WEEE).
25	Paiano, A. (2015). Photovoltaic waste assessment in Italy. <i>Renewable and Sustainable Energy Reviews</i> , 41, 99-112.
25	Franzoni, A., Leggerini, C., & Bannò, M. (2024). A Predictive Framework for Photovoltaic Waste Quantities and Recovery Values: Insights and Application to the Italian Context. <i>Environmental and climate technologies</i> , 28(1).
25	Cerchier, P., Dabalà, M., Pezzato, L., Tammaro, M., Zucaro, A., Fiorentino, G., ... & Brunelli, K. (2022). Silicon-PV panels recycling: technologies and perspectives. <i>La Metallurgia Italiana</i> , 16-24.
30	Domínguez, A., & Geyer, R. (2019). Photovoltaic waste assessment of major photovoltaic installations in the United States of America. <i>Renewable Energy</i> , 133, 1188-1200.
30	IRENA and IEA-PVPS (2016). End-of-Life Management: Solar Photovoltaic Panels.

Fonte: elaborazioni Laboratorio REF

^a Libra et al. (2023). [Reduced real lifetime of PV panels – Economic consequences](#). *Solar Energy*, 259, 229-234.

^b RSE – Ricerca sul Sistema Energetico(2020). [La gestione dei pannelli fotovoltaici a fine vita](#).

^c Commissione Europea (2014). [Study on collection rates of Waste Electrical and Electronic Equipment \(WEEE\)](#).

^d Paiano, A. (2015). [Photovoltaic waste assessment in Italy](#). *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 41, 99-112.

^e Cerchier, P., Dabalà, M., Pezzato, L., Tammaro, M., Zucaro, A., Fiorentino, G., ... & Brunelli, K. (2022). [Silicon-PV panels recycling: technologies and perspectives](#). *La Metallurgia Italiana*, 16-24.

^f Franzoni, A., Leggerini, C., & Bannò, M. (2024). [A Predictive Framework for Photovoltaic Waste Quantities and Recovery Values: Insights and Application to the Italian Context](#). *Environmental and climate technologies*, 28(1).

^g Domínguez, A., & Geyer, R. (2019). [Photovoltaic waste assessment of major photovoltaic installations in the United States of America](#). *Renewable Energy*, 133, 1188-1200.

^h IRENA and IEA-PVPS (2016). [End-of-Life Management: Solar Photovoltaic Panels](#).

CONCLUSIONI

La crescita delle installazioni di pannelli fotovoltaici, necessaria al raggiungimento degli obiettivi di decarbonizzazione, impone alcune riflessioni.

L'Italia ha conosciuto due fasi di forte aumento delle installazioni di nuova capacità fotovoltaica. La prima, tra il 2009 e il 2011, trainata dal Conto Energia: nel 2011 sono stati installati 174mila nuovi impianti, per 9,3 GW di nuova capacità. La seconda, nel triennio 2022-2024, è stata sostenuta dai meccanismi FER1 e dal Superbonus 110%: nel 2024 i nuovi impianti sono stati oltre 280mila, per 6,7 GW di nuova capacità.

Il confronto europeo conferma il ritorno dell'Italia tra i principali mercati fotovoltaici. Nel 2023 Germania, Spagna, Italia e Francia hanno rappresentato circa il 60% del mercato europeo dei pannelli immessi al consumo. Tra il 2019 e il 2023, l'Italia il volume dei pannelli installati è cresciuto di ben sei volte, totalizzando oltre 430mila tonnellate di nuove installazioni.

Le proiezioni al 2050 mostrano un "salto" di scala. Nello **Scenario REF**, dopo un rallentamento tra il 2025 e il 2026, **la nuova capacità fotovoltaica installata raggiunge un picco nel 2027, pari a circa 10 GW**, per **attestarsi dal 2031 su 4,18 GW annui**, un ritmo coerente con l'obiettivo di raggiungere il 40% della domanda elettrica nazionale nel 2050. In parallelo, **crescono anche i flussi di pannelli non incentivati immessi sul mercato**, alimentati dalle attività di *revamping* e *repowering*, che incidono per il 28% del totale nel periodo 2026-2050.

Nello stesso periodo, i pannelli non incentivati che giungono a fine vita passano dalle circa 427mila unità nel 2025 a oltre 12 milioni nel 2050; in termini di massa, si passa **dalle circa 9mila attuali a 264mila tonnellate all'anno del 2050**. **Il rapporto tra pannelli a fine vita e pannelli immessi al consumo cresce**: da un valore di 1:20 corrente sale a oltre 1:2 nel 2050, rimanendo comunque sempre inferiore al rapporto 1:1.

Oggi il fine vita dei pannelli fotovoltaici è finanziato dai contributi versati dai produttori nei *trust* dei consorzi: queste risorse devono essere gestite e "preservate" per un lungo periodo di tempo, con il rischio che in caso di incapienza la collettività sia chiamata un domani a farsi carico dei maggiori costi di smaltimento.

Il forte aumento delle installazioni di nuovi pannelli fotovoltaici impone un ripensamento dei meccanismi di finanziamento della gestione del loro fine vita, al fine di garantire tracciabilità, copertura dei costi e adeguati incentivi alla raccolta e al trattamento.

ALLEGATO 1. PROIEZIONI DELLA CAPACITÀ FOTOVOLTAICA IN ESERCIZIO 2025-2050: LE ASSUNZIONI

La proiezione della capacità fotovoltaica in Italia nel periodo 2025-2050 realizzata da REF è stata dapprima suddivisa, tenendo conto di differenti assunzioni, in due periodi: 2025-2030 e 2031-2050.

Uno scenario di installazioni fotovoltaiche nel periodo 2025-2030 deve necessariamente tenere conto delle dinamiche di mercato già concluse nel 2024 e delle evidenze dei dati dei primi mesi del 2025, per poter ipotizzare una curva di installato annuale non lineare ma in linea con l'andamento degli incentivi economici, ossia la possibilità di partecipare alle aste FER-X che avranno luogo in più tornate dal 2025 al 2028.

Nel 2024 la crescita dell'installato ha visto un aumento rispetto al 2023 non indifferente (da 5,2 GW a 6,7 GW). Nel primo trimestre 2025, invece, si è verificato un calo considerevole delle installazioni rispetto al primo trimestre 2024 (-25% circa). Ciò è probabilmente dovuto ad un periodo di pausa degli investimenti in attesa di poter partecipare alle prossime aste del Decreto FER-X, i risultati delle quali verranno comunicati entro la fine del 2025 e prevede un contingente massimo di 8 GW per impianti *utility scale*.

La diminuzione delle installazioni tra il 2025 e il 2026, frutto dell'attesa per la partecipazione alle aste per gli incentivi a due vie, sono compensate dal picco di installazioni nei quattro anni successivi.

Grazie alle aste FER-X, attese dal 2025 al 2028, ci si attende un forte aumento delle installazioni *utility scale* dal 2027 al 2030: gli impianti vincitori delle aste devono infatti entrare in esercizio entro 21 mesi dalla pubblicazione delle graduatorie. La capacità addizionale che essi portano al sistema è stata quindi assegnata al secondo anno successivo a quello dell'asta di riferimento.

Le stime per gli impianti residenziali, in fisiologico calo nel loro peso relativo rispetto al totale della capacità, sono frutto di una crescita costante ma non incrementale sino al 2030.

Si assume una partecipazione al FER-X generosa ma non in grado di esaurire il contingente massimo (che per il primo anno è fissato a 8 GW, ma che verrà rivisto negli anni successivi sulla base delle installazioni effettive del successo delle gare precedenti). Nonostante ciò, nello scenario REF, l'Italia si avvicina molto al traguardo PNIEC 2030.

Di seguito vengono discusse le assunzioni alla base dello scenario REF per il periodo 2031-2050.

Non essendo ancora stati discussi e diffusi i *target* di decarbonizzazione relativamente alle installazioni rinnovabili per il 2040 e 2050, un esercizio di stima della capacità installata a lungo termine risulta molto più complesso. Il PNIEC 2030, in un capitolo di discussione sul possibile inserimento del nucleare nel mix energetico, offre due scenari al 2050 molto ottimistici. In entrambi i casi si prevede l'installazione entro il 2050 di 245 GW di capacità fotovoltaica, in grado di sopprimere a circa il 60% della domanda elettrica nazionale, in crescita fino a superare i 550 TWh, ipotizzando una resa media in ore equivalenti del solare di 1.400 all'anno.

La realistica di tali scenari è certamente ambiziosa, in quanto si tradurrebbe, nell'ipotesi di incrementi annuali lineari, nell'installazione di più di 8 GW all'anno di capacità addizionale. Tuttavia, è possibile che l'efficienza dei pannelli fotovoltaici migliori nel tempo grazie a innovazioni tecnologiche e che sia destinata a raggiungere un *soft cap* (a meno dell'introduzione di una, al momento sconosciuta, tecnologia tale da generare un *break tecnologico*). Inoltre, all'accumularsi

della capacità installata gli investimenti si fanno sempre più complessi, poiché le aree idonee alla costruzione e i terreni economicamente produttivi diminuiscono di conseguenza. A differenza del periodo precedente (2024-2030), inoltre, non si hanno ancora informazioni sulla conferma anche per gli anni successivi dei regimi di sussidio ad oggi in atto.

Uno scenario alternativo potrebbe prevedere, invece, il mantenimento della quota di energia solare sulla domanda totale elettrica nazionale prevista dal PNIEC 2030, ossia 27%. Al contrario del precedente, però, questo scenario non tiene in considerazione la necessità di raggiungere obiettivi sfidanti (ma ancora quantitativamente poco chiari) al 2040 e 2050.

Lo scenario proposto, dunque, assume una posizione intermedia, traguardando al 2050 una quota di energia solare sul totale della domanda elettrica del 40%: si tratta di una quota sì sfidante rispetto al contesto attuale, ma che tiene in considerazione la possibilità di differenziare il *mix* di generazione obiettivo. Assumendo, in assenza di *policy* conosciute, un aumento annuo lineare della capacità addizionale, dal 2031 al 2050 lo scenario prevede installazioni annue per 4,18 GW.

La distribuzione annuale della capacità installata sarà dunque molto influenzata dalle *policy* di incentivazione e supporto che verranno avanzate post FER-X e dagli obiettivi di lungo termine sul *mix* di generazione nazionale.