



Club Alpino
Italiano

Il previsto sviluppo delle FER nel PNIEC al 2030 e relative incidenze sull'ambiente montano

Convegno CAI:
Energie rinnovabili e materie prime critiche
Ivrea, 11 – 12 ottobre 2025

Carlo Brambilla – ONTAM - CAI



CAI Ambiente
Club Alpino Italiano

l'Unione Europea, per gli obiettivi della Conferenza Internazionale sul Clima 2015, e per ridurre la propria dipendenza energetica in seguito al conflitto russo-ucraino, ha emanato direttive che l'Italia ha recepito con provvedimenti e piani programmatici successivi, in previsione di **crescenti fabbisogni annuali di energia elettrica necessari al 2030:**

- ***Strategia Elettrica Nazionale (2017)*** : **302 TWh;**

- ***PNIEC (Piano Nazionale Integrato Energia e Clima (2019))***: **311 TWh;**

- ***PNIEC - FF55% (2023)***: **318 TWh;**

Terna (Operatore sistema elettrico AT) ritiene però necessari ben **366 TWh**,

I consumi elettrici 2024: **312 TWh**, di cui ~51 importati (16,3%) avvalorano dette previsioni

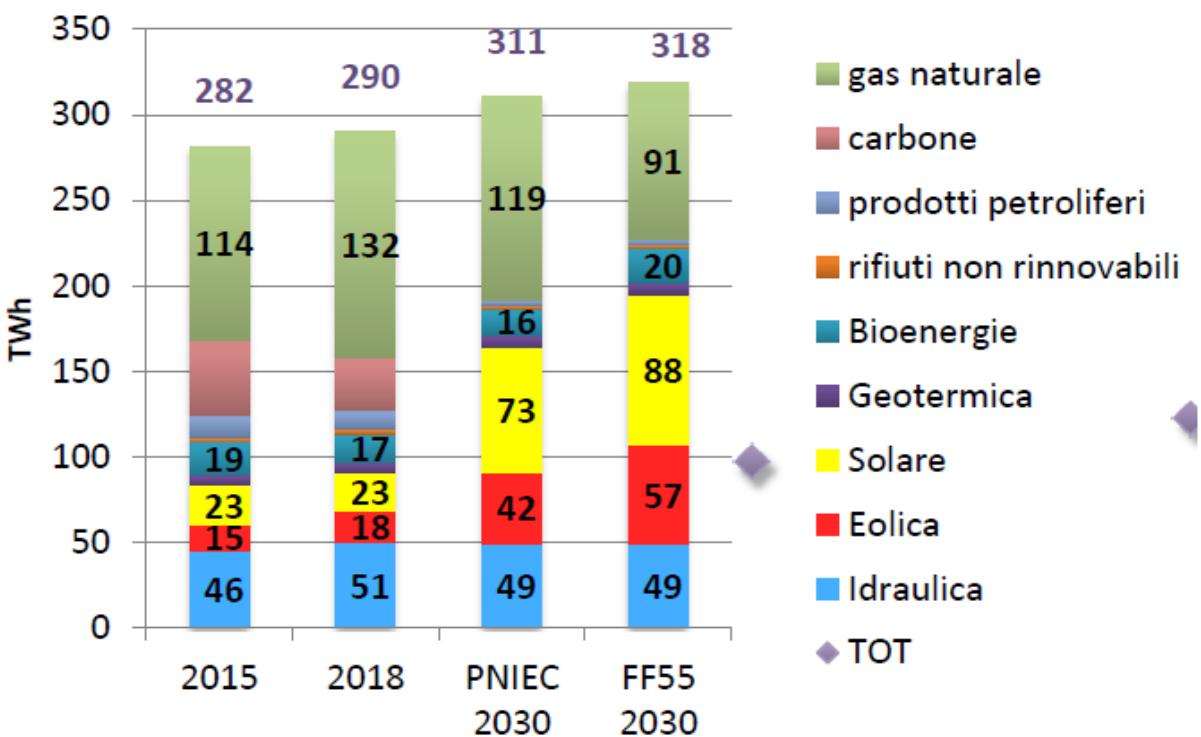
Gli incrementi produttivi necessari, sono previsti da Fonti d'Energia Rinnovabili (FER) **soprattutto solare-fotovoltaica ed eolica**,

caratterizzate da: **larga disponibilità, complementarietà, costi competitivi**,
ma anche da **differenti prestazioni e criticità**

Generazione elettrica nello scenario FF55



Generazione elettrica per fonte
Terawattora (TWh)



Capacità di generazione
(GW) 

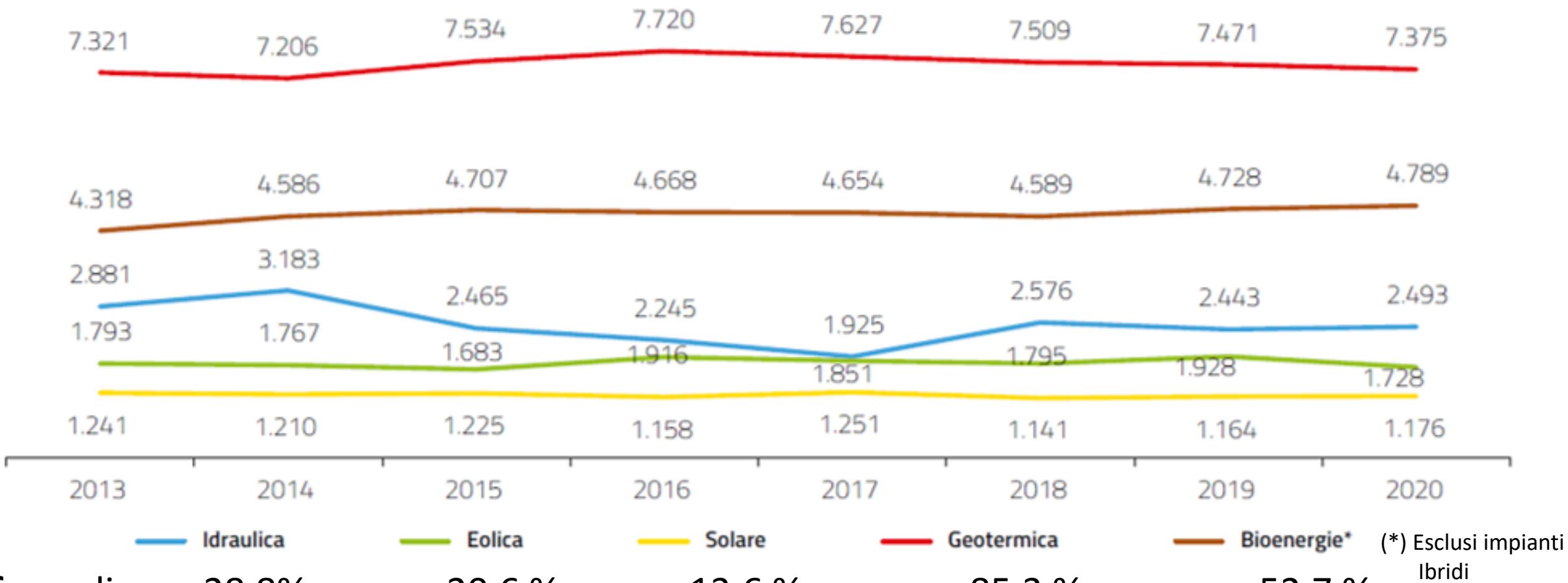
GW	2020	2030	2030
		PNIEC	FF55
Idroelettrico	18.9	19.2	19.2
Eolico on shore	10.9	19.3	21.4
Eolico off shore	0.0	0.9	3.6
FV	21.6	51.1	64.5
CSP	0.0	0.9	0.9
Carbone	7.2	0.0	0.0
Gas	41.9	50.0	43.0
Prodotti petroliferi	1.8	0.8	0.9
Bioenergie	3.2	3.8	5.0
Geotermoelettrico	0.8	1.0	1.0

 x 2.3
 x 3

PRODUCIBILITÀ DELLE FONTI RINNOVABILI (ore medie annuali equivalenti)

(rapporto tra produzione media annuale e potenza nominale d'impianto: $Wh/W = h$)

Fonte GSE



fc medio: 28,8%
(2013 - 2020)

20,6 %

13,6 %

85,3 %

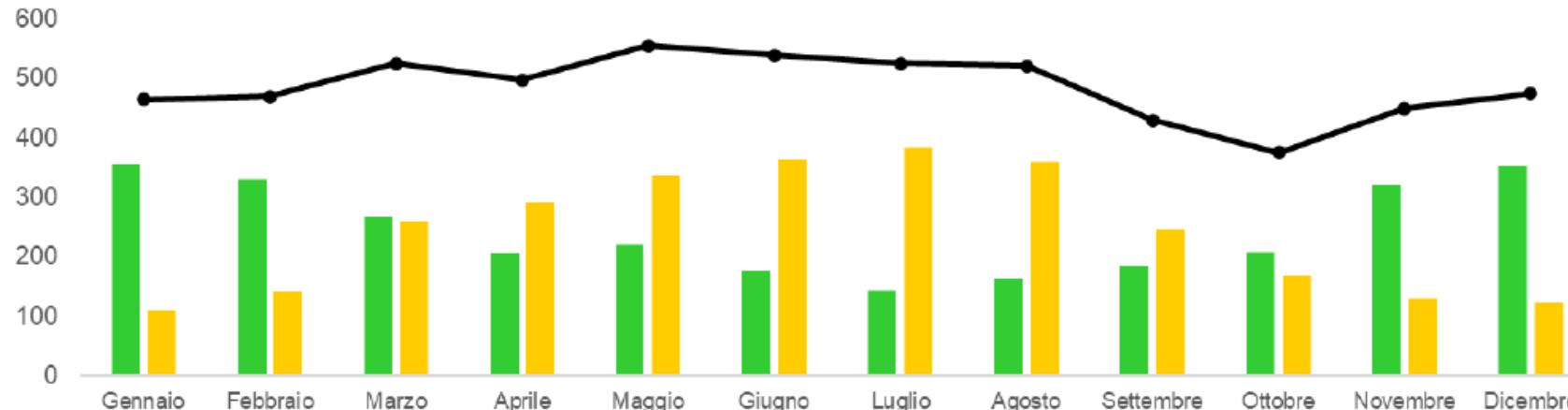
52,7 %

Il fattore di capacità (fc) esprime la capacità produttiva annuale di una fonte energetica.
 $fc = \text{rapporto \% tra ore medie equivalenti di ciascuna fonte e quelle annuali (8760)}$

Complementarietà eolico e solare

Confronto produttività impianti solari ed eolici

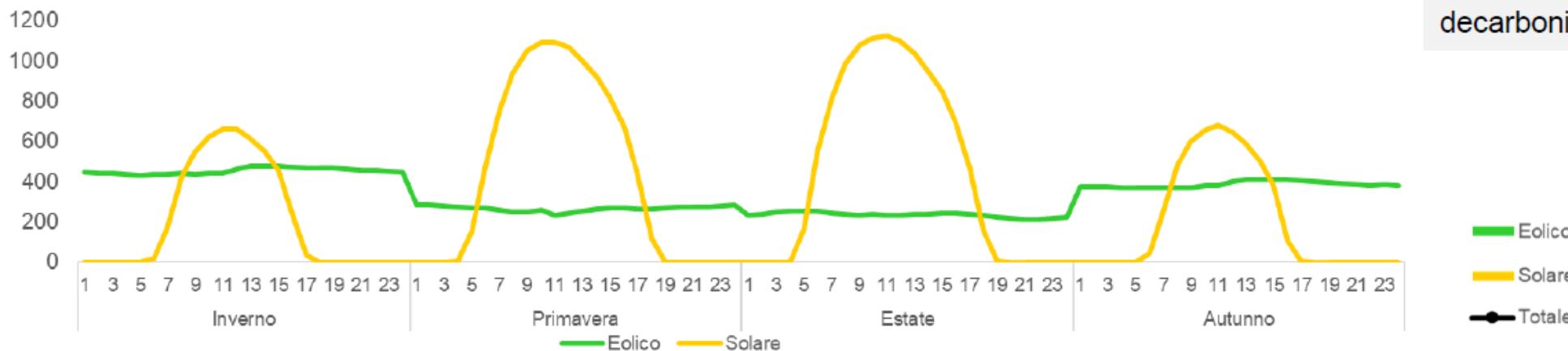
Produzione mensile (GWh) per 1,8 GW di solare e 1 GW di eolico⁽¹⁾, zona Sud



Solare ed eolico presentano profili di produzione molto diversi tra loro e fortemente complementari.

Un giusto mix delle due risorse può portare vantaggi dal punto di vista tecnico ed economico in un'ottica di decarbonizzazione del sistema

Media oraria stagionale (GWh) per 1,8 GW di solare e 1 GW di eolico, zona Sud



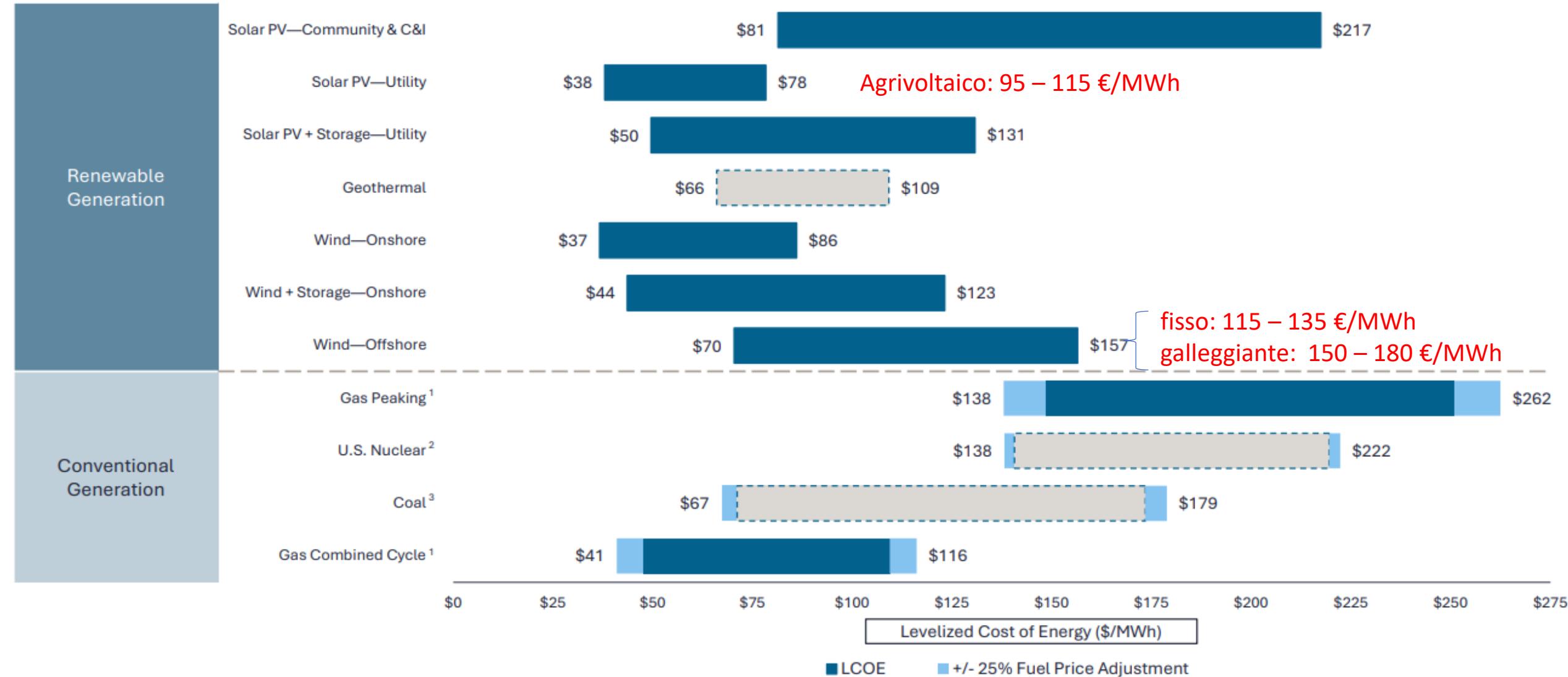
(1) La quantità installata, esclusivamente a titolo esemplificativo, è stata scelta per avere la stessa produttività annua di eolico e solare, calcolata utilizzando i profili al 2040, anno climatico 2010

CARATTERISTICHE DELLE PRINCIPALI FONTI D'ENERGIA RINNOVABILI

Fonte	Pregi	Criticità	Fc annuale
Solare FV	Gratuita, inesauribile Senza emissioni climalteranti Bassi costi Vita utile ultratrentennale	Intermittenza giornaliera e stagionale Impatto ambientale relativo ad allocazione Mancanza di inerzia elettromeccanica Potenza relativa a: -superficie impegnata - conversione FV (20 - 25 %)	Basso (13,5%)
Eolica	Gratuita, inesauribile Senza emissioni climalteranti Costi competitivi	Variabilità e discontinuità parzialmente prevedibile Impatto ambientale relativo ad allocazione Vita utile 20 anni Potenza relativa all'area dei rotori e velocità del vento	Discreto (21%)
Idroelettrica	Gratuita, accumulabile e regolabile Senza emissioni climalteranti Bassi costi	Disponibilità limitata, stagionale e periodica Opere di captazione, contenimento e regimazione Impatti ambientali secondo il tipo di impianto	Moderato (29%)
Geotermica	Gratuita, disponibilità continua e regolabile	Disponibilità geografica limitata Richiede captazione e conduzione del vapore	Elevato (85%)
Bioenergie (Biocombusibili)	Ambientalmente positive se riciclano scarti agricoli, silvicolli e zootecnici	Estese coltivazioni monoculturali e lavorazioni varie Costi di produzione variabili Emettono CO2 nella combustione	Buono (53%)

LCOE (*)- costi livellati dell'energia elettrica 2025 (Fonte LAZARD)

(*) costo medio dell'energia elettrica che un impianto si prevede genererà nel corso della sua vita



L'energia fotovoltaica ed eolica, a larga scala, ha costi di produzione inferiori a tutte le altre fonti

La tecnologia fotovoltaica, già recentemente evolutasi, ha ulteriori prospettive di migliorare l'efficienza di conversione energetica e costruttiva

OBIETTIVI EVOLUTIVI DELLA TECNOLOGIA FOTOVOLTAICA (Fonte ANIE)

1) Aumentare l'efficienza del pannello, ovvero la capacità del pannello di convertire la radiazione solare in energia elettrica

- Efficienza cella
- Efficienza interconnessione delle celle
- Tecniche di light trapping (ARC coating, texturing vetro, incapsulanti, ecc.)
- Ottimizzazione dimensioni e spazi

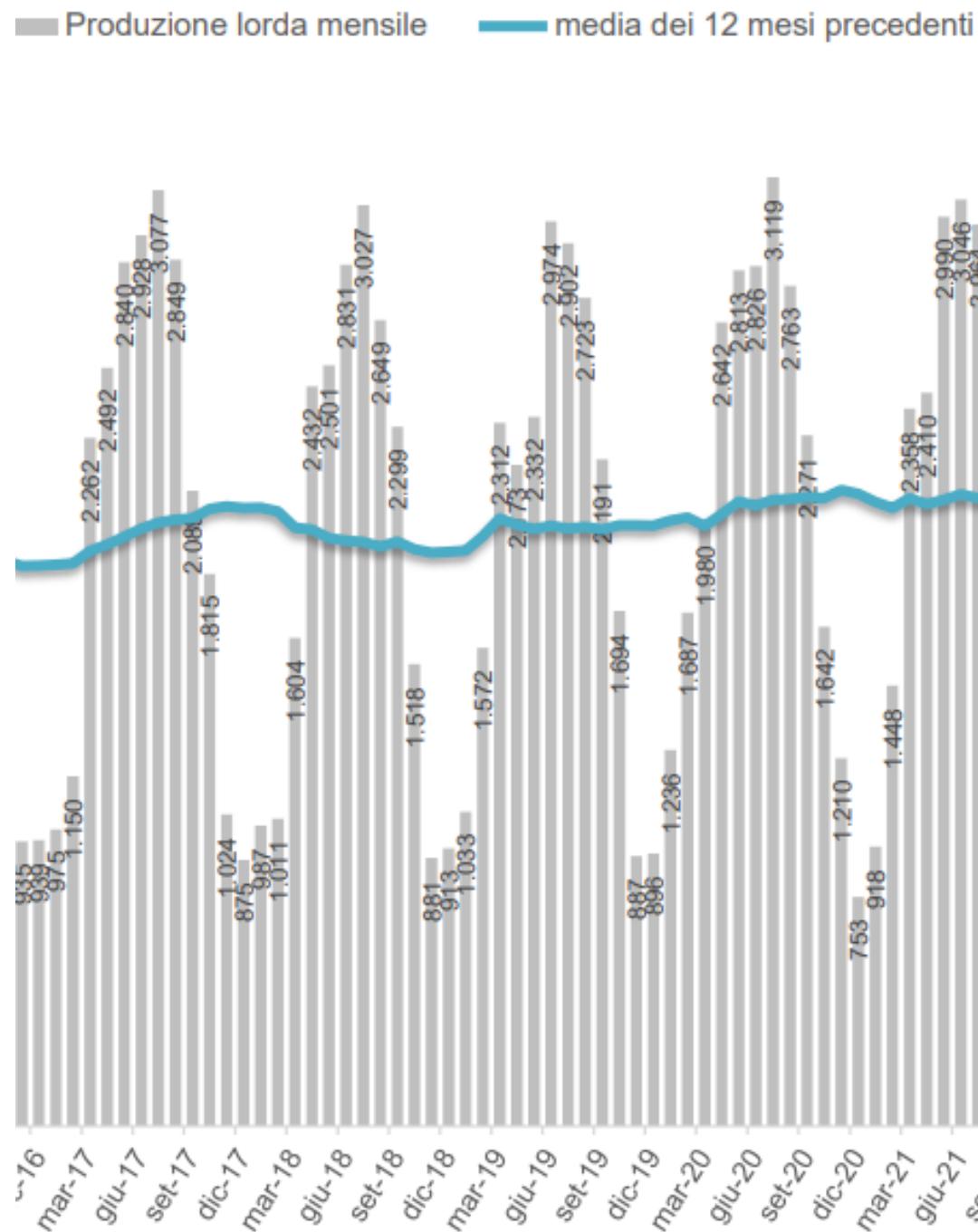
2) Ridurre i costi

3) Aumentare la vita utile

1980-2010	2010	2020	2020	2025
► Celle e moduli BSF (Back Surface Field) : tecnologia alla base della cella fotovoltaica «moderna» ► Efficienza 14-17%	► La tecnologia PERC (Passivated Emitter Rear Contact) diventa rapidamente lo standard industriale ► Efficienza 20-22%	► TOPCon (Tunnel Oxide) costituisce un passaggio epocale dalla cella p-type alla cella n-type in <i>mass production</i> . Diventa rapidamente il <i>dominant design</i> a partire dal 2022-2023 ► Efficienza 22-24%	► HJT (Heterojunction) introduce il concetto di <i>struttura ibrida</i> ► Efficienza 23-25%	► La tecnologia Tandem Perovskite-Silicio unisce diverse tecnologie per superare i limiti chimico fisici del silicio ► Efficienza: oltre 30% (in laboratorio)
				

CRITICITÀ FOTOVOLTAICHE:

- la produzione invernale è circa 1/3 di quella estiva;
- intermittenza diurna della fonte;
- nel FV è assente l'inerzia tipica dei generatori rotanti (l'inerzia sostiene eventi transitori come corto circuiti e guasti vari).

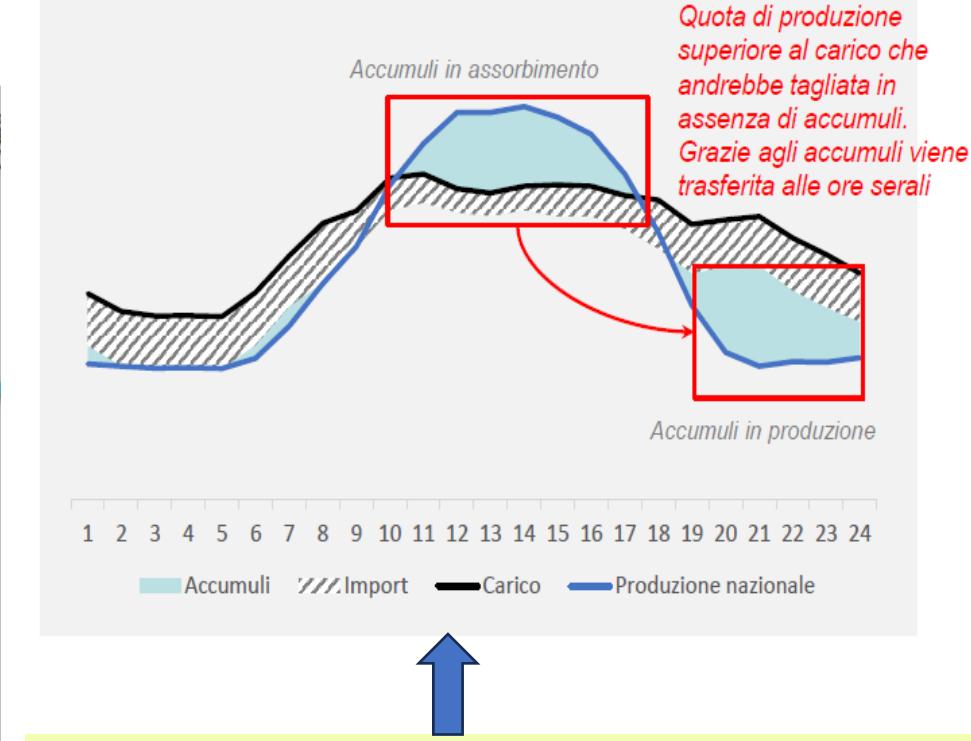


Stima hheq in assorbimento scenario 2030

Accumuli nuovi (Sud): 2,200 hheq ⁽²⁾

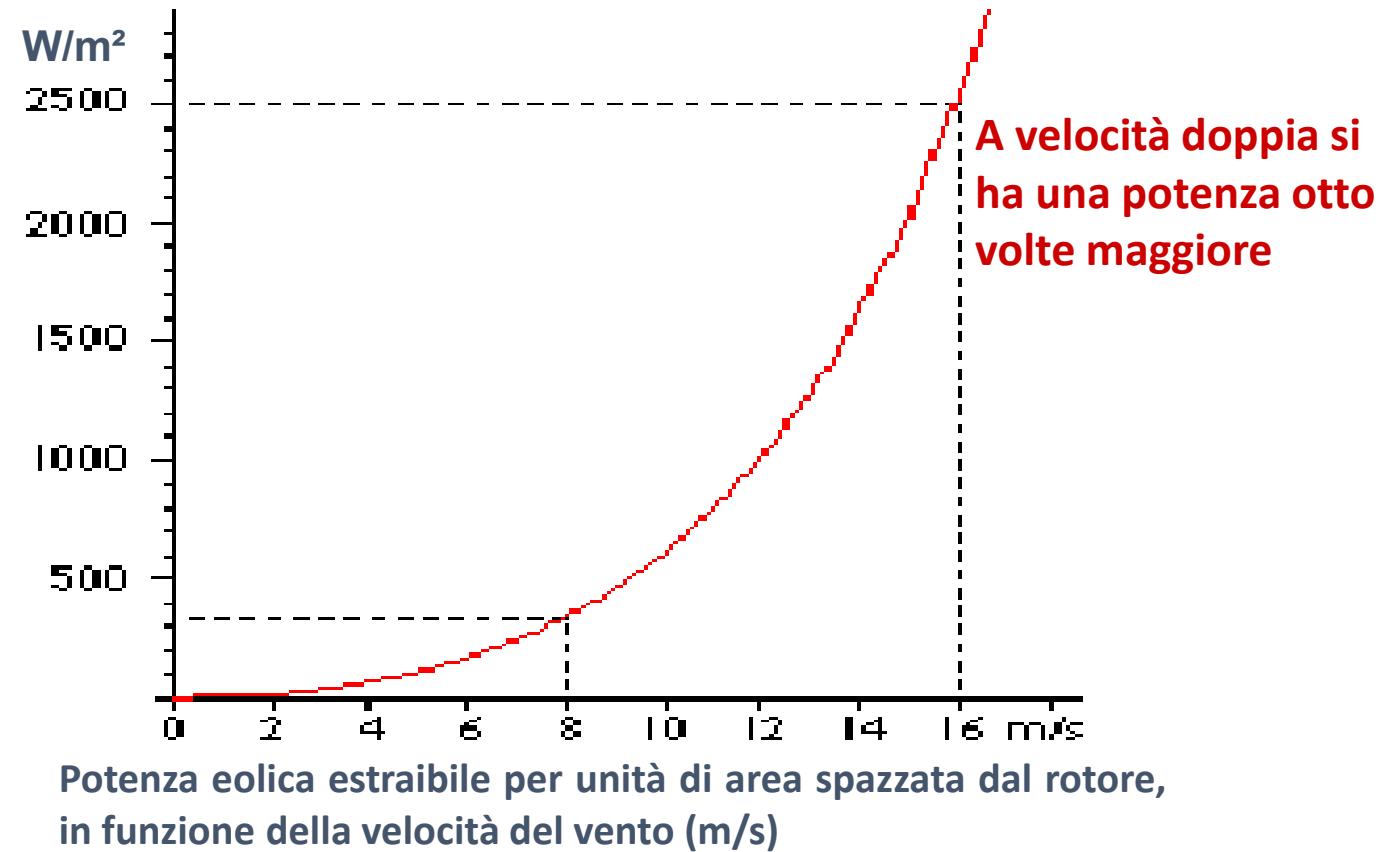
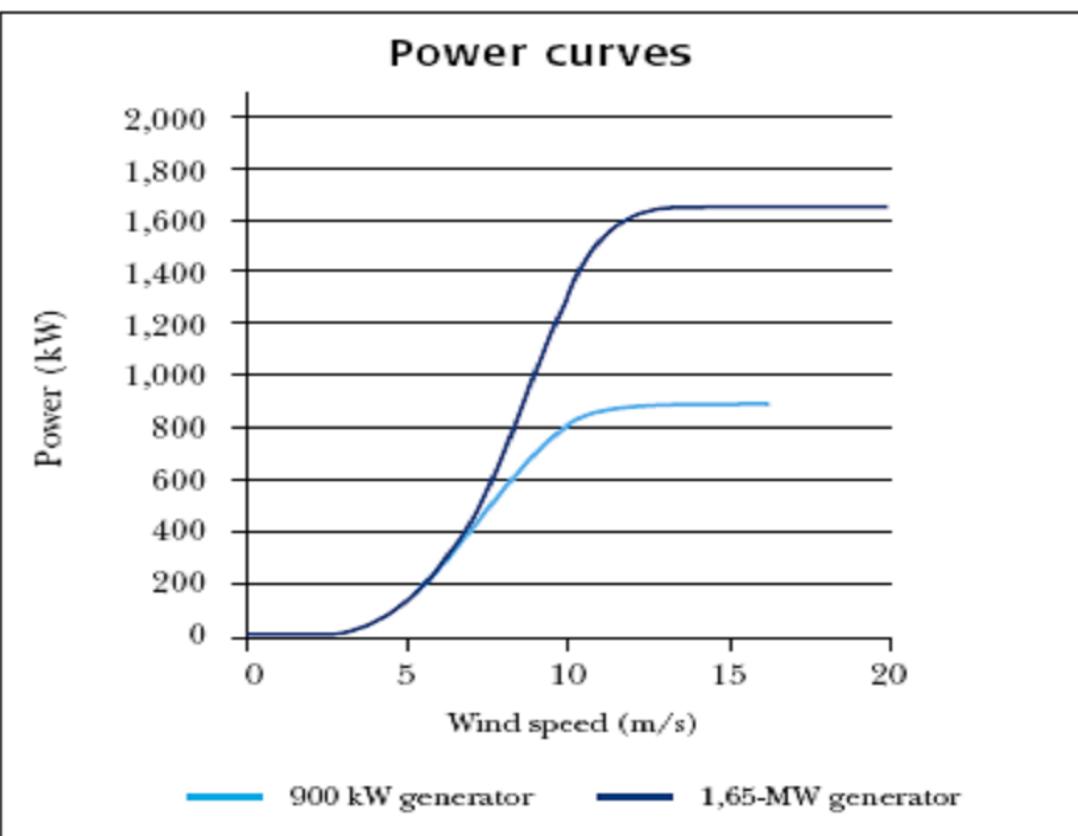
Pomaggi esistenti (Nord) : 720 hheq ⁽³⁾

Bilancio orario di una giornata tipo del mese di Maggio 2030 – FF55



Necessità di sistemi di accumulo per stoccare le sovrapproduzioni giornaliere fotovoltaiche, utilizzabili in momenti di maggior bisogno.

Caratteristiche della elettrogenerazione eolica



Diametri dei rotori e relative potenze max ottenibili

98 m	15 MW
80 m	2,5 MW
72 m	2 MW
54 m	1 MW
40 m	0,5 MW

La potenza estraibile dal vento è in relazione diretta a:

- densità dell'aria,
- area del rotore,
- **cubo della velocità del vento.**

$$P = 0,59 \times 1,22 \times A \times V^3$$
 dove 0,59: limite di Betz;
1,22: densità aria s.l.m; A: area rotore (m^2); V: m/s

BIOMASSE

(Sostanze organiche di origine vegetale o animale)

Pretrattamento, immagazzinamento, trasporto

Trattamento fisico

Spremitura

Oli vegetali

Trattamento bio-chimico

Fermentazione

Metanolo

Fermentazione anaerobica

Etanolo

Biogas

Trattamento termico

Termolisi

Gas, oli

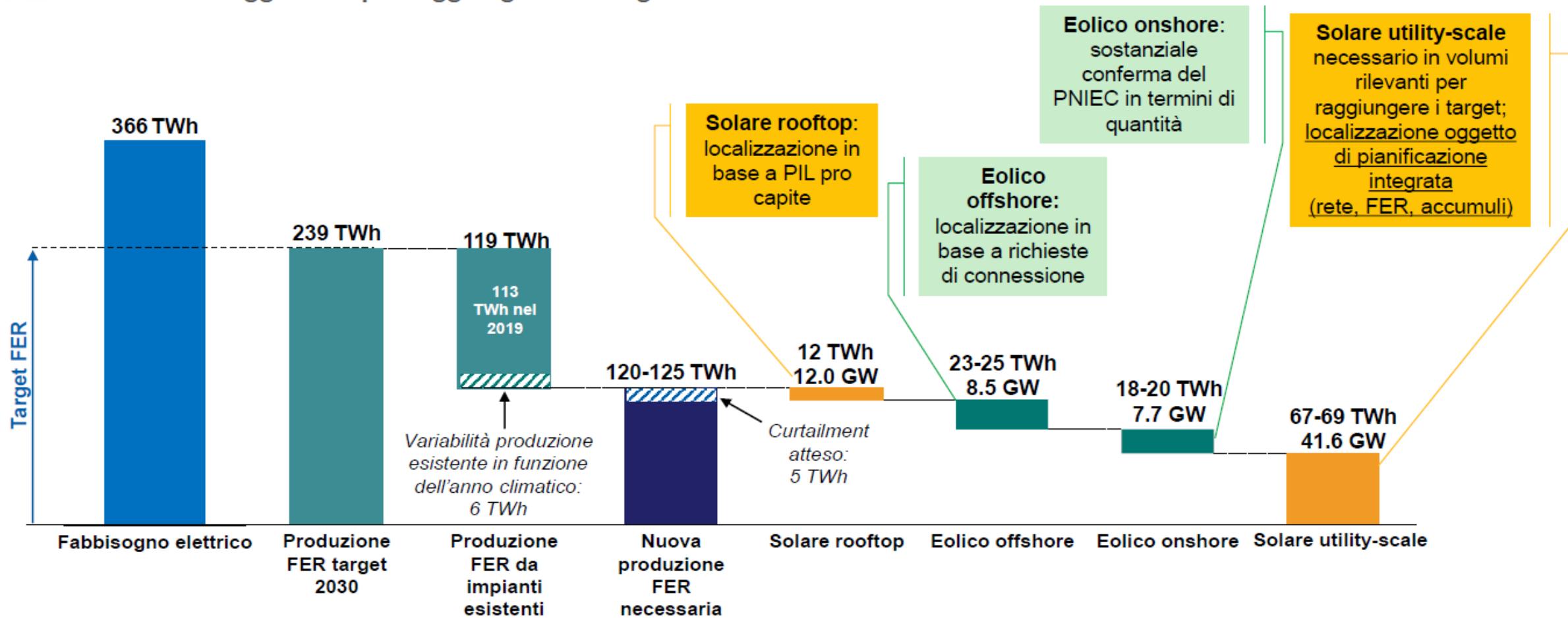
Gassificazione

Gas

Combustione

ENERGIA CALORICA E/O ELETTRICA

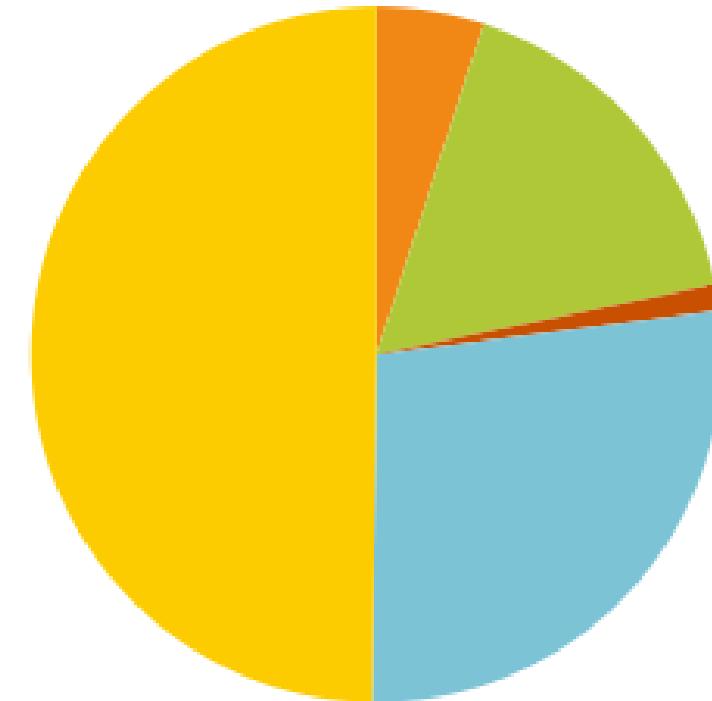
Quantità FER aggiuntive per raggiungimento target



Il fotovoltaico di grande taglia è indispensabile per raggiungere i target di FER elettriche al 2030. Si stima che saranno necessari circa 42 GW di nuova capacità di solare FV grid-scale. La localizzazione geografica di volumi così rilevanti deve essere indirizzata anche attraverso opportuni strumenti di policy

Potenze degli impianti FER in Italia al 31. 05. 2025 (Fonte ANIE) e obiettivi al 2030

Potenza per fonte



Fonti:



Livello di tensione:



Totale Potenza (MW)

79.242,42 MW

Variazione ultimo mese

566,80 MW

+0,72 %

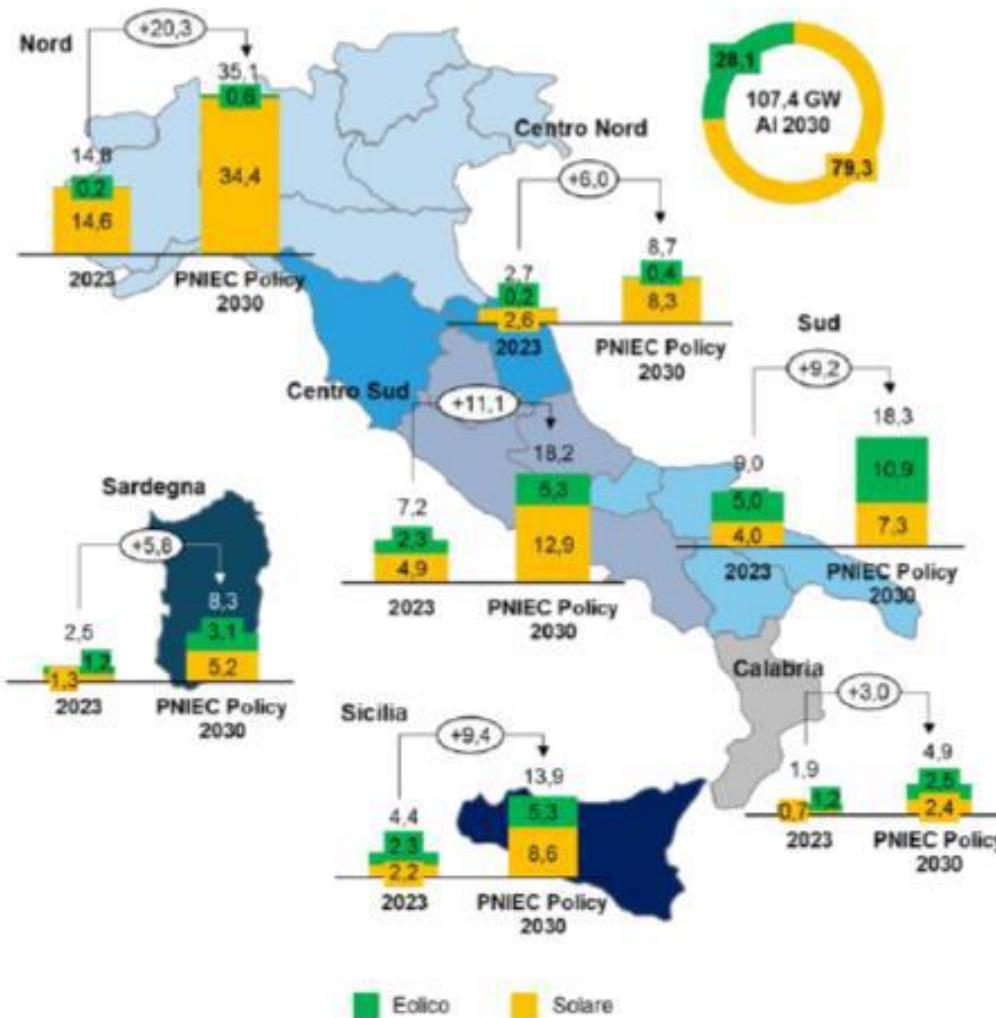
	Incrementi 2023	7/2025 (GW)	Obiettivi 2030
--	--------------------	----------------	-------------------

	Incrementi 2023	7/2025 (GW)	Obiettivi 2030
Fotovoltaico	30,3	39,5	64,5
Eolico	12,3	13,4	25 (*)
Idroelettrico	21,7	21,6	19,2
Bio-geo energie	4,9	4,9	6

() Con gli incrementi attuali, l'eolico non potrà raggiungere gli obiettivi 2030, salvo realizzazione di potenti impianti offshore.*

Obiettivi PNIEC 2030 (Fonte ANIE)

FER (GW)



SdA (GWh)

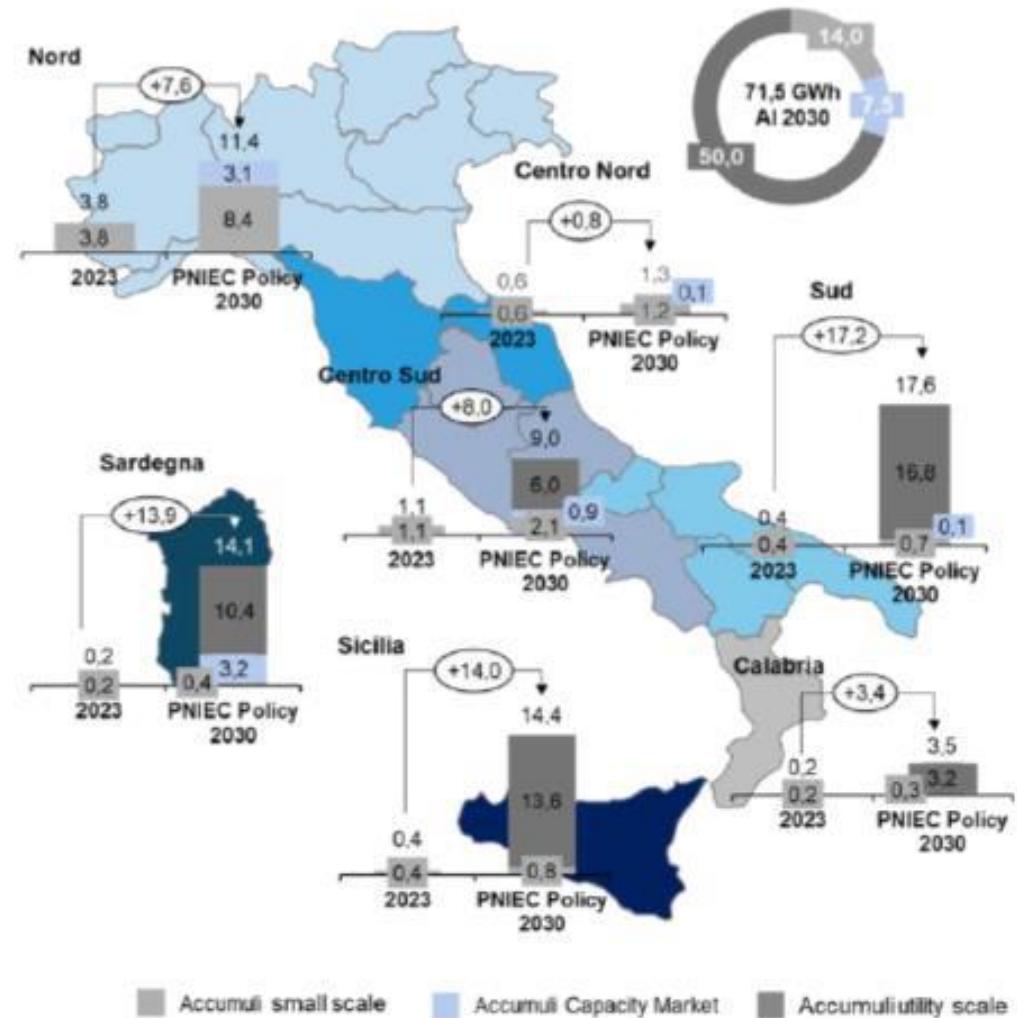


Figura 20 - Ripartizione zonale a) capacità installata FER [GW] e b) capacità energetica degli accumuli, escl. pompaggi esistenti [GWh]

PERCHÉ NECESSITANO GLI ACCUMULI

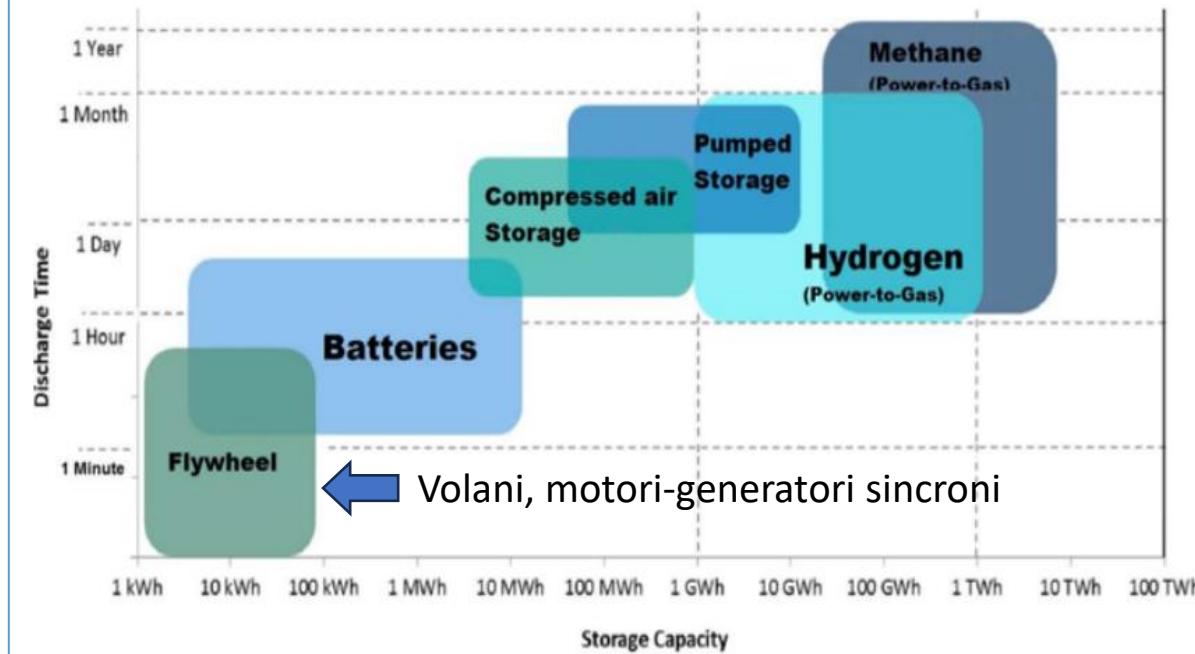
- Per i grossi contributi energetici previsti delle FER interruttive, **l'accumulo mitiga i problemi di dispacciamento dell'energia elettrica** che tali fonti possono causare, soprattutto in regioni in cui sono presenti con potenze elevate.
- Lo sviluppo della mobilità elettrica, l'avvento delle microreti elettriche e delle comunità energetiche da fonti rinnovabili, coinvolgono e richiedono l'introduzione di **sistemi di accumulo di energia elettrica, in grado di bilanciare i flussi energetici fra offerta e domanda**.
- Ad esempio, con lo sviluppo di veicoli elettrici, **l'accumulo può limitare i picchi di domanda delle stazioni di ricarica**, che potrebbero mandare in crisi il sistema elettrico.
- L'energia accumulata nel sistema elettrico, ne **costituisce anche una preziosa riserva**, per interventi emergenziali di prevenzione di gravi disservizi.

I sistemi di accumulo:

convertono l'energia elettrica in modo che possa essere stoccatata, conservata e riconvertita in energia elettrica al bisogno.

Tra le diverse tecnologie di accumulo, le più note e utilizzate sono di due tipi:

- **pompaggio idroelettrico**, maturo a livello tecnologico e adatto a un utilizzo prolungato grazie a un'elevata capacità di stoccaggio, relativa all'ampiezza dei bacini idrici;
- **accumuli elettrochimici**, particolarmente interessanti perché controllabili con notevole rapidità di risposta; si sono affermati sul mercato negli ultimi anni in virtù di prezzi resi più convenienti dallo sviluppo concomitante della mobilità elettrica.



Source: School of Engineering, RMIT University (2015)



Lo storage Lab di Terna a Codrongianos (prov. Sassari)

"Storage" delle eccedenze FER: l'accumulo idroelettrico

(Centrale idroelettrica di Roncovalgrande (Maccagno –VA))



Il lago Delio, un tempo laghetto prealpino di origine glaciale, è ora serbatoio d'accumulo delle acque del sottostante lago Maggiore, spinte 700 m più in alto da otto gruppi di pompaggio e **generazione** allocati in caverna, con accesso da tunnel di 200 m in comune di Maccagno (VA).

La potenza di **1.040 MW** di questa Centrale e i **1.200 MW** di quella di **Entracque (CN)** la maggiore in Europa, costituiscono quasi un terzo dello stoccaggio idroelettrico oggi disponibile in Italia

IMPATTI AMBIENTALI DELLE FER

Campo fotovoltaico in Val Ceno (Appennino parmense)



Non risulta che sia mai stata fatta una seria analisi costi / benefici per queste opere

Strada in costruzione per impianto eolico in Appennino meridionale



Impatto degli impianti eolici in montagna

Per il trasporto sui crinali dei voluminosi e pesanti componenti delle torri eoliche, **si realizzano nuove strade**; quelle poderali diventano **viabilità per automezzi di grande taglia**, stravolgendo l'ambiente montano.

Impatti ambientali delle installazioni eoliche



Armamento della base in calcestruzzo per torre eolica.

Gli sbancamenti del suolo necessari per realizzare:

- strade d'accesso
- basamenti per le torri
- posa dei cavi elettrici

possono produrre dissesti idrogeologici anche a lungo termine.

La connessione degli impianti alla rete elettrica avviene generalmente:

- in media tensione, con cavo interrato, per potenze fino a ~ 5 MW
 - in alta tensione, con elettrodotto aereo, per potenze superiori a 5 MW.
-

Queste opere, quando eseguite in zone montane, producono inevitabili impatti ambientali non trascurabili

L'eolico del futuro è offshore ?

Primo parco eolico offshore italiano, inaugurato nel 2022 nel golfo di Taranto:
10 aerogeneratori da 3 MW ciascuno ; producibilità : ~2.000 ore/anno



**Sul mare il vento non ha gli ostacoli della terraferma;
quindi è più forte e costante**

L'eolico offshore, generalmente realizzato su bassi fondali, è ora possibile anche su **fondali di centinaia di metri**.

I mezzi navali agevolano i trasporti dei giganteschi componenti delle torri e aerogeneratori.

I grandi spazi marini possono accogliere con minori impatti ambientali rispetto alla terraferma parchi eolici da centinaia di MW.



Recenti tecnologie consentono di installare **potenti aerogeneratori** (fino a 15 MW) mediante supporti galleggianti, ancorati su fondali di centinaia di metri al largo delle coste.

Impianti offshore di grande potenza, connessi da cavi sottomarini in AT-CC, consentiranno di raggiungere **con minori impatti ambientali**, gli obiettivi difficilmente raggiungibili da **impianti onshore** ?

Richieste di connessione a RTN al 31/08/2025:

Solare :

n. 3.899 – 155 GW

Eolico on-shore:

n. 2.086 – 111 GW

Eolico off-shore:

n. 115 – 77,6 GW

Idroelettrico:

N. 24 – 2,49 GW

Geotermico:

n. 6 – 0,08 GW

Biomasse:

n. 12 - 0,32 GW

Contratti finali in corso:

n. 9

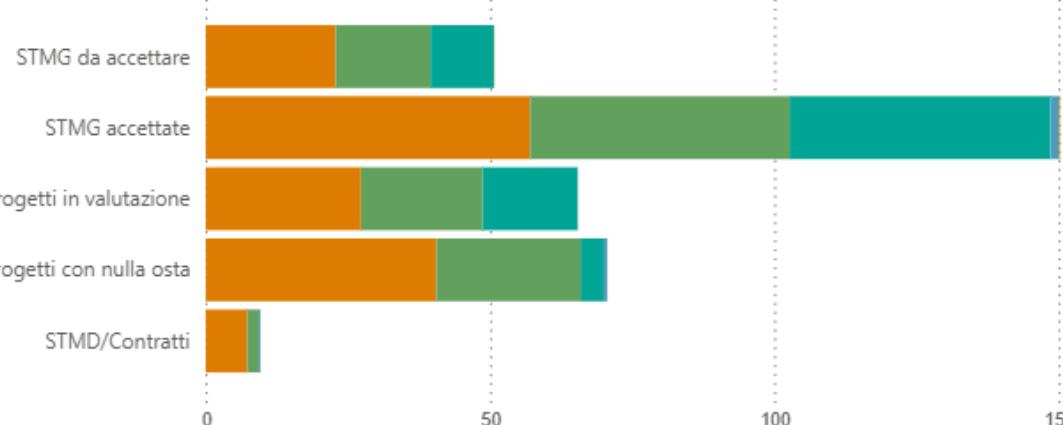
La dashboard **Econnex** di Terna è un notevole strumento informativo che mensilmente riporta dati e informazioni su stato autorizzativo delle connessioni alla RTN e localizzazione geografica degli impianti FER e degli accumuli sul territorio nazionale.

Legenda ● Solare ● Eolico on-shore ● Eolico off-shore ● Idroelettrico ● Geotermico ● Biomasse

STMG = Soluzione Tecnica Minima Generale

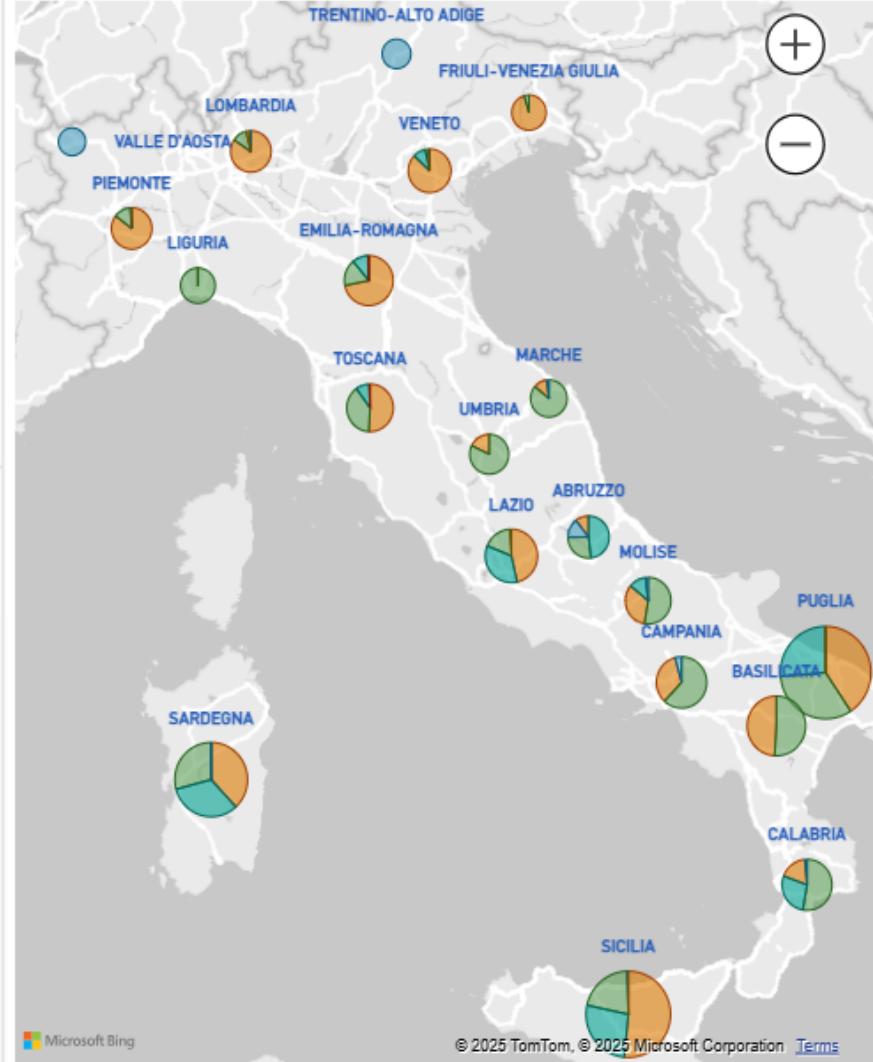
Stato di Connessione

Richieste di Connessione AAT/AT per fonte (GW) e stato pratica



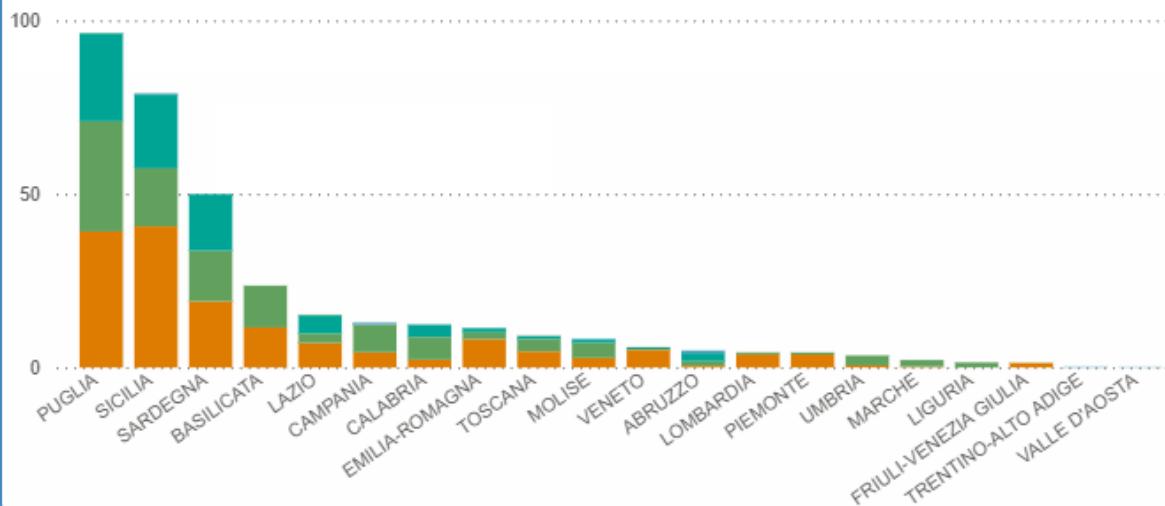
Distribuzione Territoriale

Richieste di Connessione AAT/AT per fonte (GW) e regione



Richieste per Regione

Richieste di Connessione AAT/AT per fonte (GW) e regione



Microsoft Bing

© 2025 TomTom, © 2025 Microsoft Corporation

Terms

La sezione **Accumuli** di **Connexion** del 31/08/2025 riporta i numeri delle pratiche in valutazione, di cui:

n.

24 pompaggio puro (9,37 GW)

8 pompaggio misto (1,95 GW)

2.535 Stand-alone * (275 GW)

781 integrato Solare * (15,9 GW)

331 integrato Eolico * (9,1 GW)

* accumulatori elettrochimici

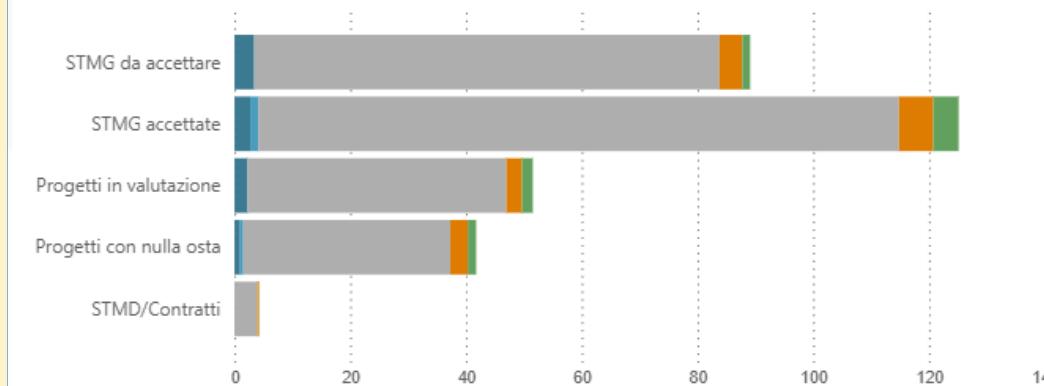
Richieste di connessione al 31/08/2025

Totale	Pompaggio Puro	Pompaggio Misto	Accumulo Stand-Alone	Accumulo Integrato a Solare	Accumulo Integrato a Eolico
311.80 GW	9.37 GW (3.00%)	1.95 GW (0.63%)	275.49 GW (88.36%)	15.89 GW (5.10%)	9.10 GW (2.92%)
3,679 Pratiche	24 Pratiche	8 Pratiche	2,535 Pratiche	781 Pratiche	331 Pratiche

Legenda ● Pompaggio puro ● Pompaggio misto ● Accumulo stand-alone ● Integrato a solare ● Integrato a eolico

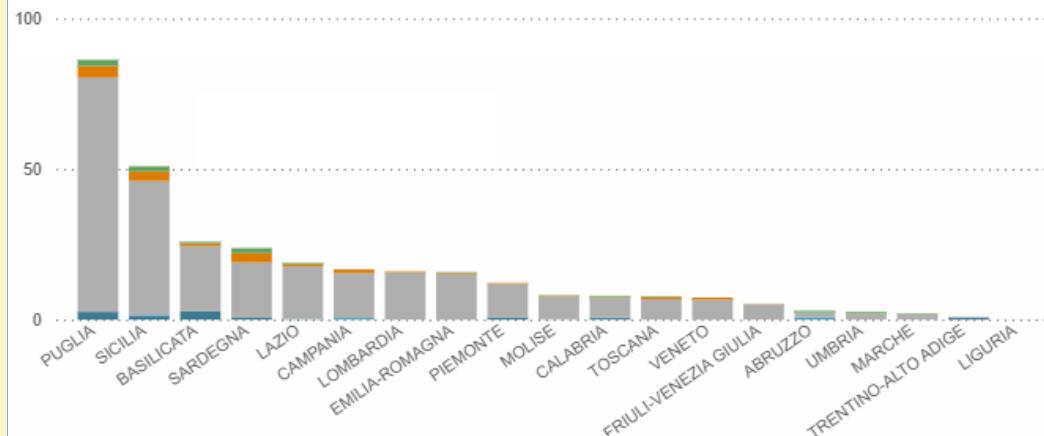
Stato di Connessione

Richieste di Connessione AAT/AT per fonte (GW) e stato pratica



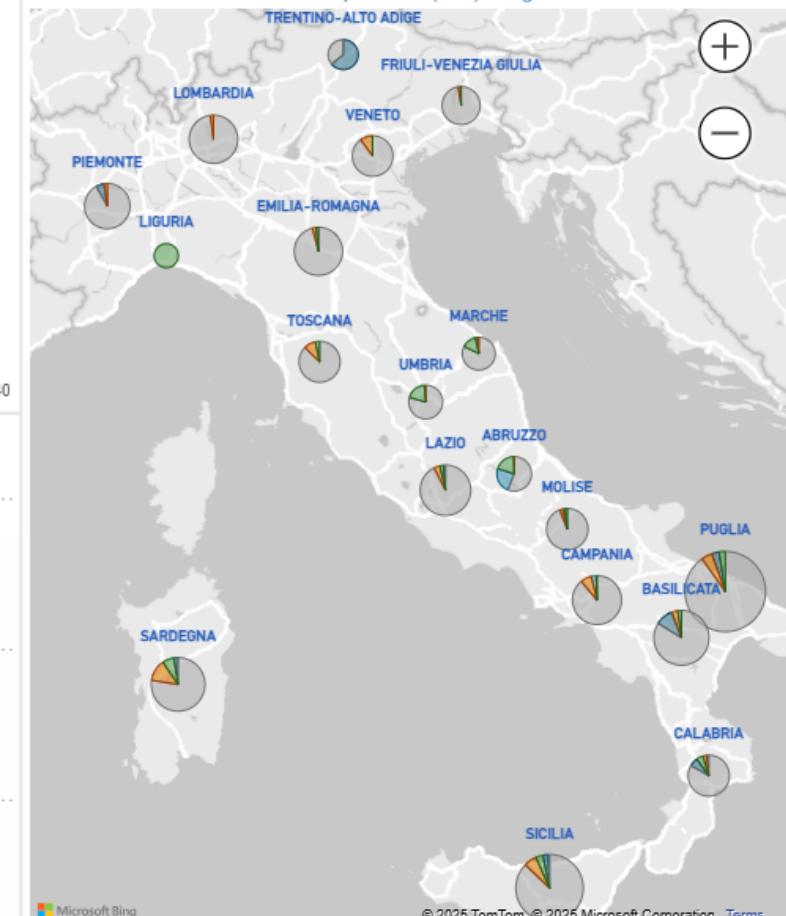
Richieste per Regione

Richieste di Connessione AAT/AT per fonte (GW) e regione



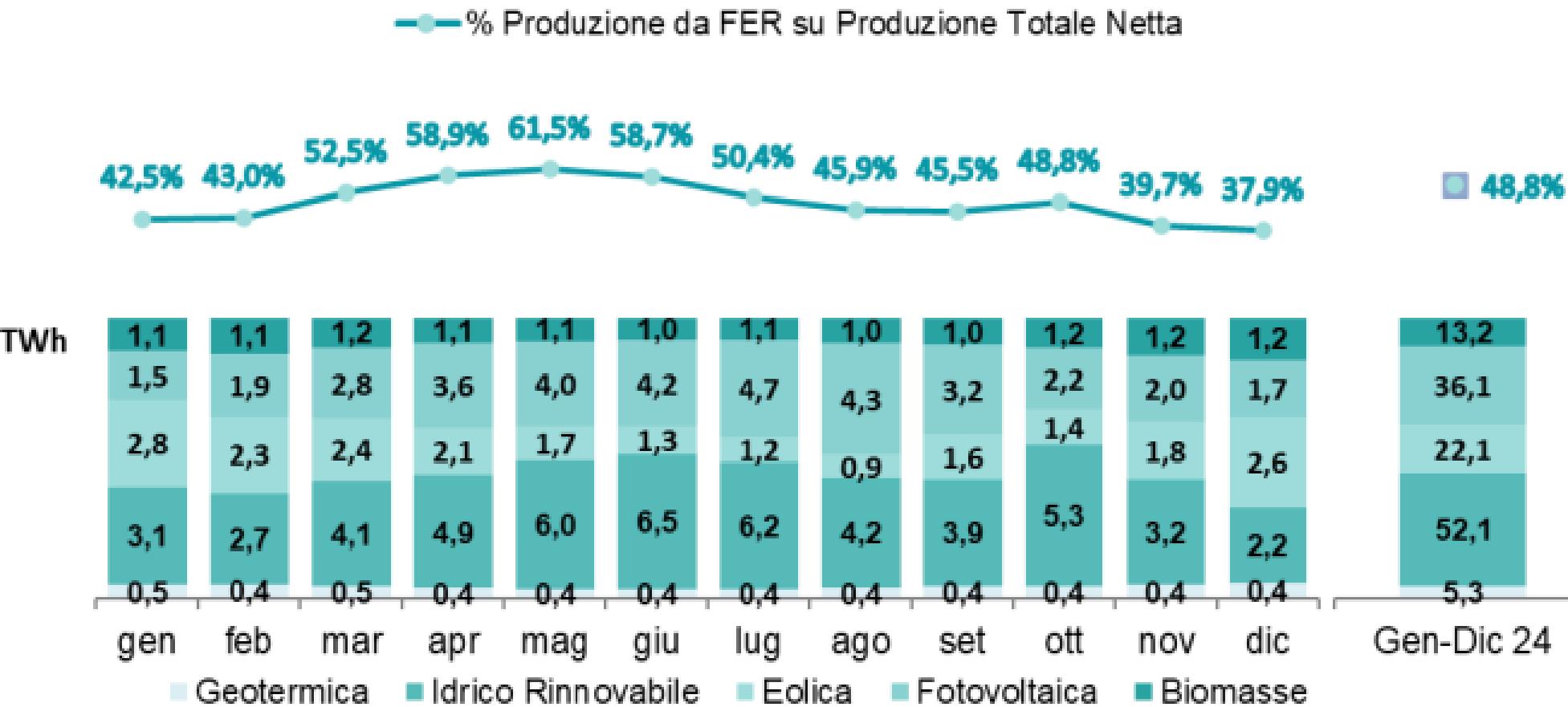
Distribuzione Territoriale

Richieste di Connessione AAT/AT per fonte (GW) e regione



GRAZIE PER L'ATTENZIONE

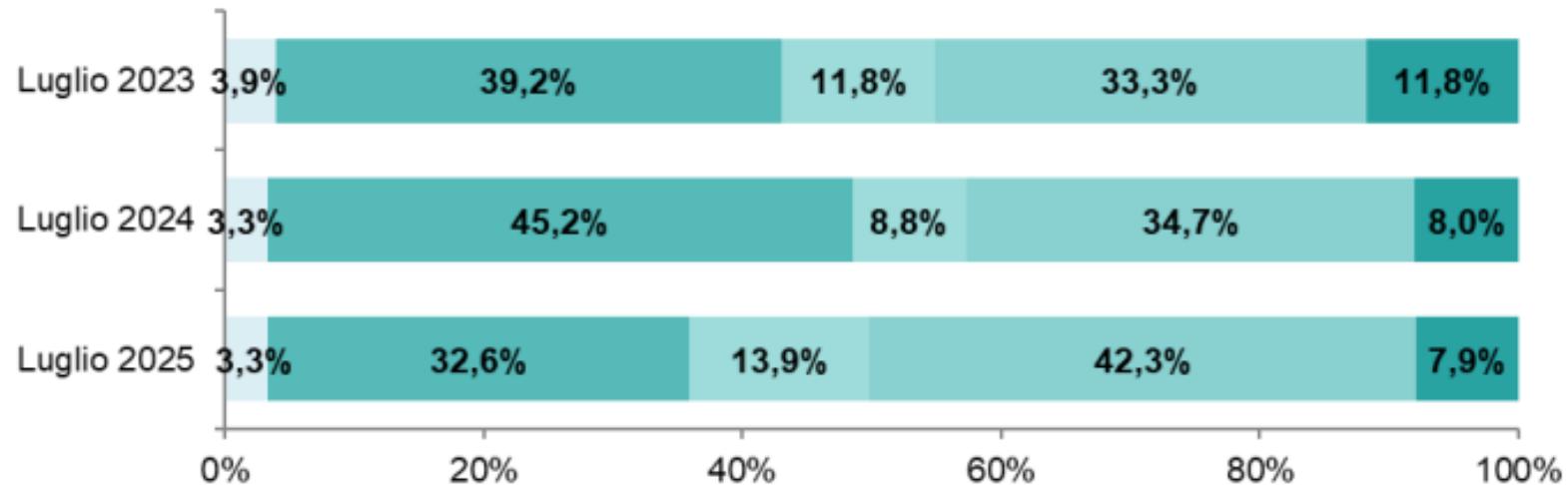
Andamento della produzione netta da FER nel 2024 e variazione con il 2023



Nel mese di dicembre 2024 la produzione da FER ha contribuito per il 37,9% della produzione totale netta nazionale, in diminuzione rispetto a quanto registrato nello stesso mese del 2023 (41,6%).

Nel 2024 la produzione da FER ha contribuito per il 48,8% alla produzione totale netta, in aumento rispetto al progressivo 2023 (44,2%).

Contributi produttivi % delle varie FER



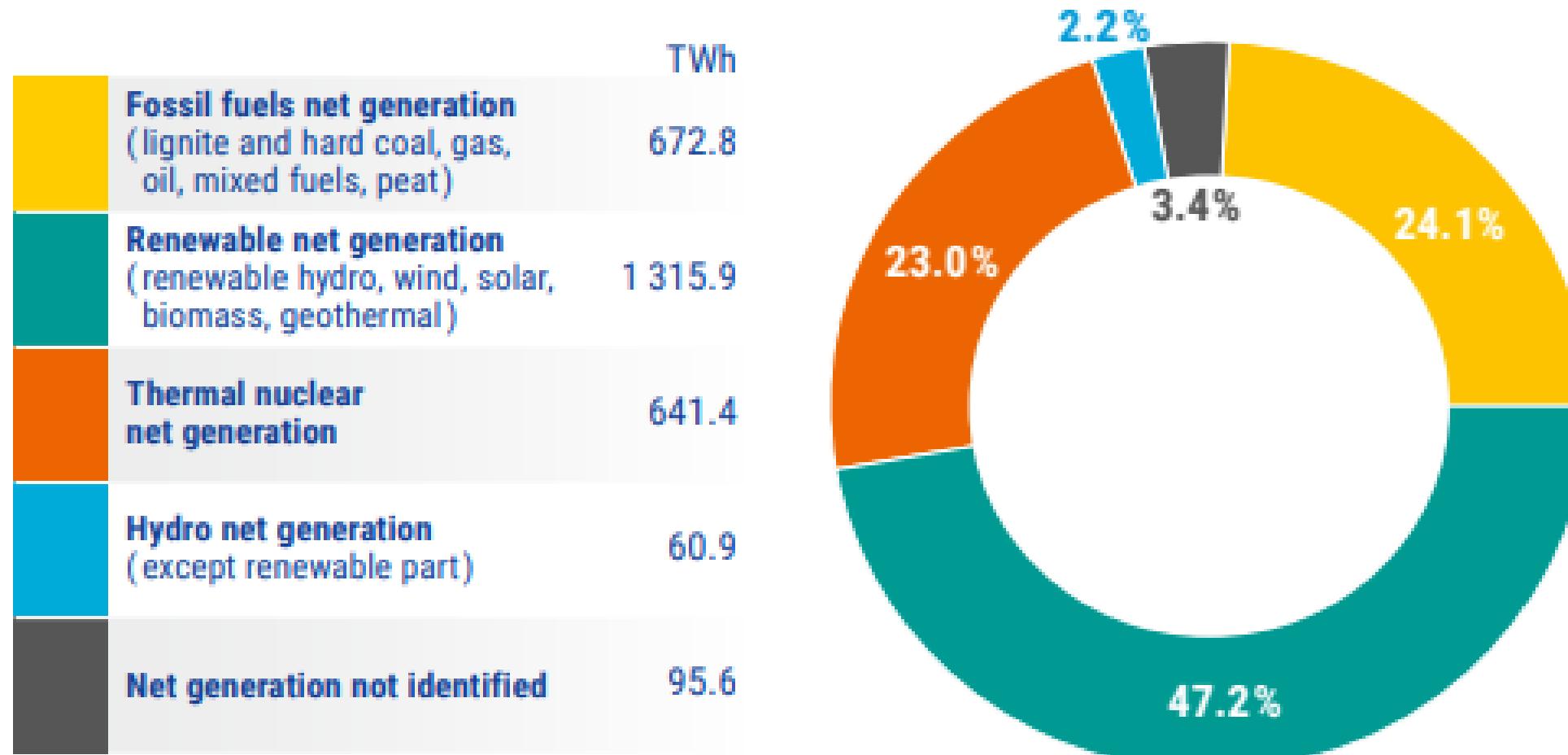
A luglio 2025 il maggior contributo alla produzione da fonti energetiche rinnovabili è dato dalla produzione fotovoltaica (42,3%) e dalla produzione idroelettrica rinnovabile (32,6%).



Nel 2025 il peso della produzione fotovoltaica, geotermica e delle biomasse è in aumento, mentre il contributo dell'eolico e dell'idrico rinnovabile è in diminuzione rispetto al 2024.

Nei Paesi europei aderenti all'ENTSO-E, la produzione di energia da fonti rinnovabili (**FER**) ha **superato**, nel **2024**, in termini complessivi, quella generata da **fonti fossili e nucleare** messe insieme.

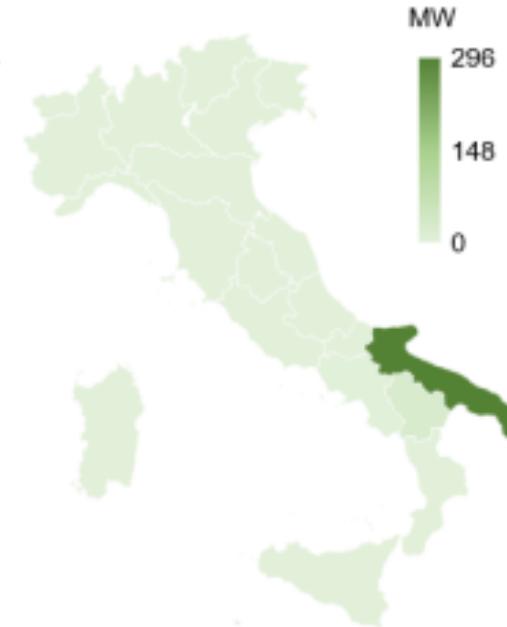
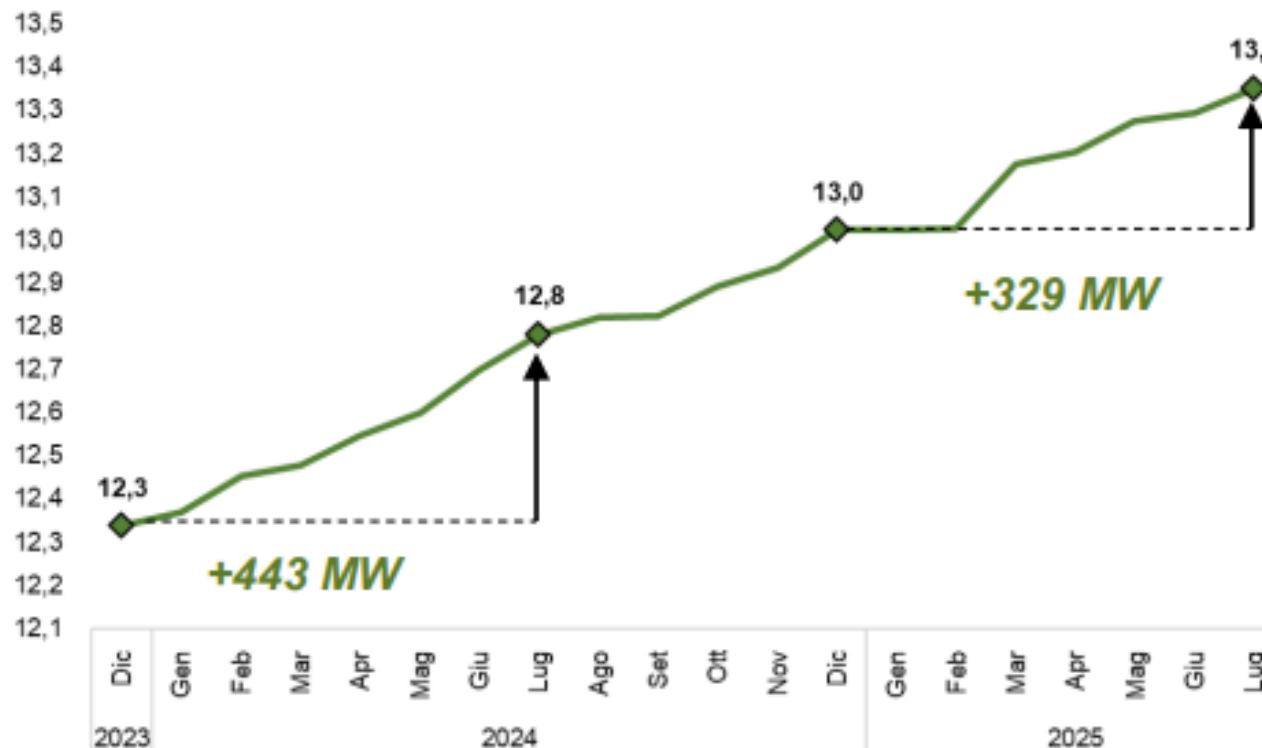
Fonte ENTSO-E (European Network Transmission Sistem Operator for Electricity)



Incrementi impianti eolici 2024 - 2025

Capacità cumulata in esercizio (sx) e Distribuzione delle nuove attivazioni 2025 (dx)

[GW]



La regione con l'incremento maggiore è la Puglia con 296 MW, seguita da Basilicata (+25 MW) e Campania (+2 MW)

Fonte: Terna

Incrementi di capacità installata di accumulo *(esclusi i pompaggi esistenti)*

Capacità cumulata in esercizio (sx) e Distribuzione (dx)

