



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



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

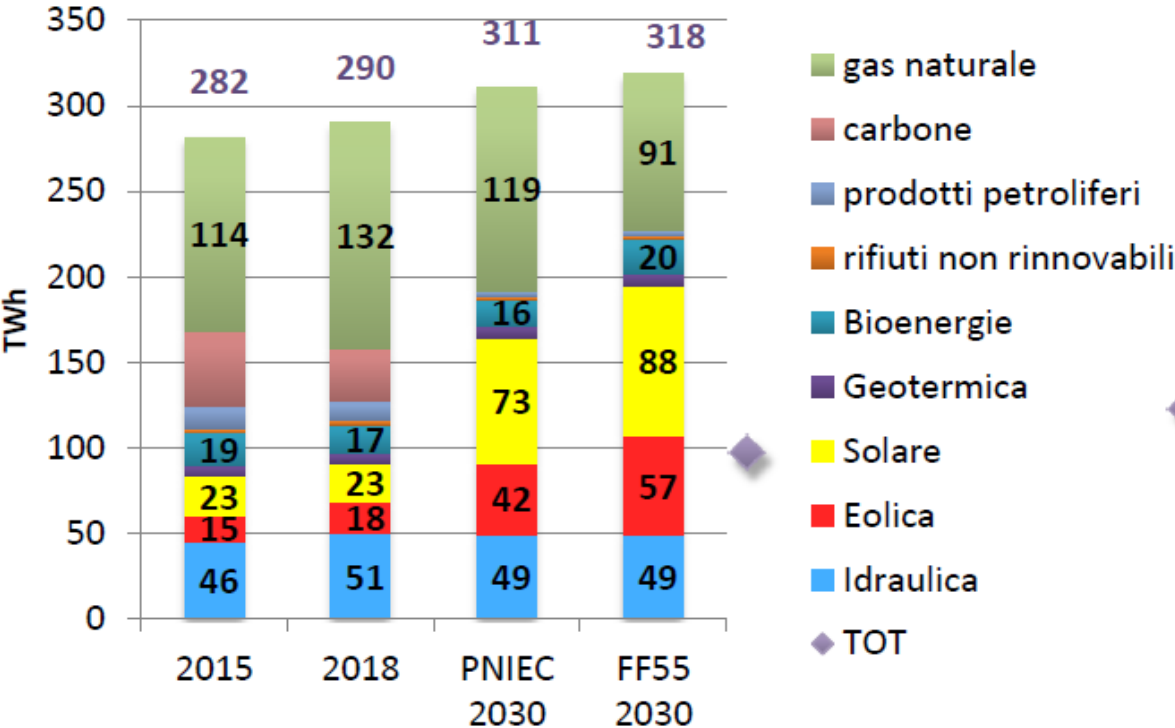
Gli incrementi produttivi necessari, sono previsti da Fonti d'Energia Rinnovabili (FER) soprattutto **solare-fotovoltaica ed eolica,** caratterizzate da: **larga disponibilità, complementarietà, costi competitivi,** ma anche da **differenti prestazioni e criticità**



# Generazione elettrica nello scenario FF55



Generazione elettrica per fonte  
Terawattora (TWh)



Capacità di generazione  
(GW)

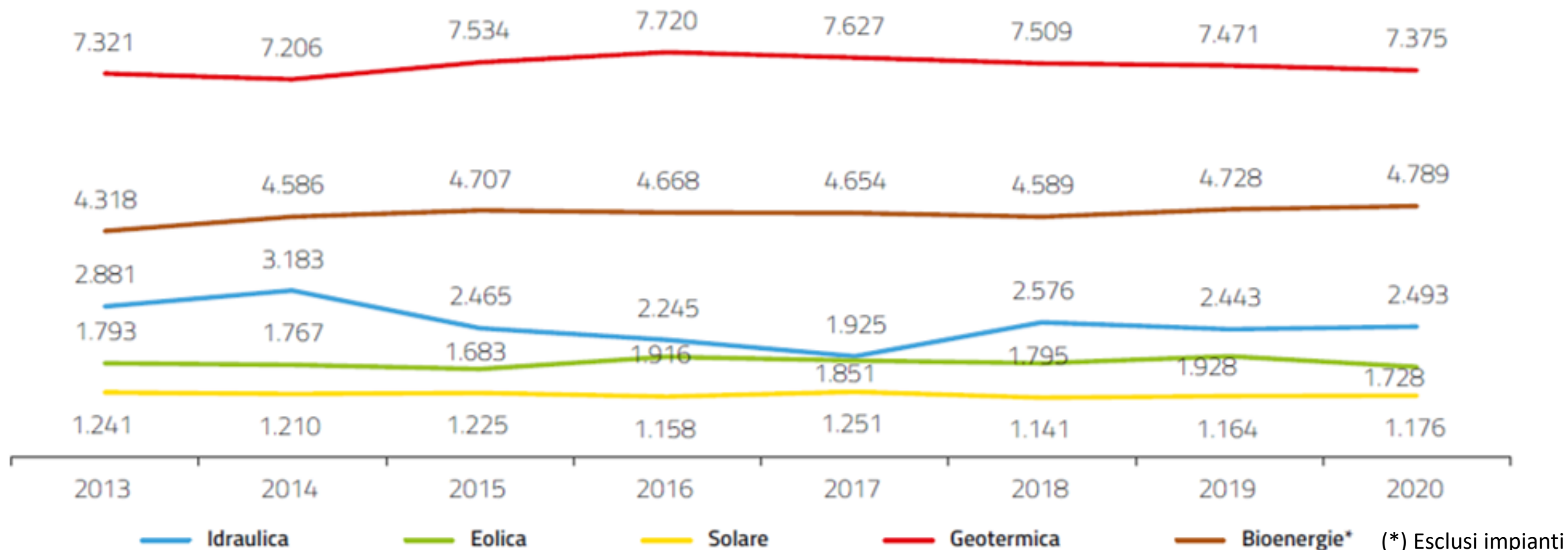
GW	2020	2030	2030
		PNIEC	FF55
Idroelettrico	18.9	19.2	19.2
Eolico on shore	10.9	19.3	21.4
Eolico off shore	0.0	0.9	3.6
FV	21.6	51.1	64.5
CSP	0.0	0.9	0.9
Carbone	7.2	0.0	0.0
Gas	41.9	50.0	43.0
Prodotti petroliferi	1.8	0.8	0.9
Bioenergie	3.2	3.8	5.0
Geotermoelettrico	0.8	1.0	1.0

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 %

(\*) Esclusi impianti ibridi

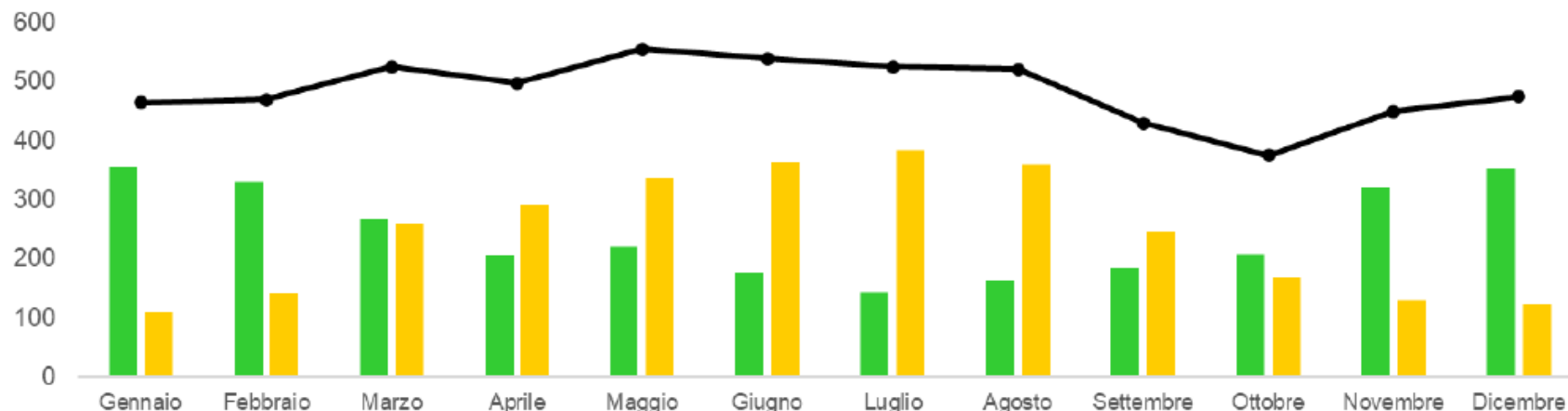
**Il fattore di capacità (fc) esprime la capacità produttiva annuale di una fonte energetica.**

***fc = rapporto % tra ore medie equivalenti di ciascuna fonte e quelle annuali (8760)***

# Complementarietà eolico e solare

## Confronto producibilità impianti solari ed eolici

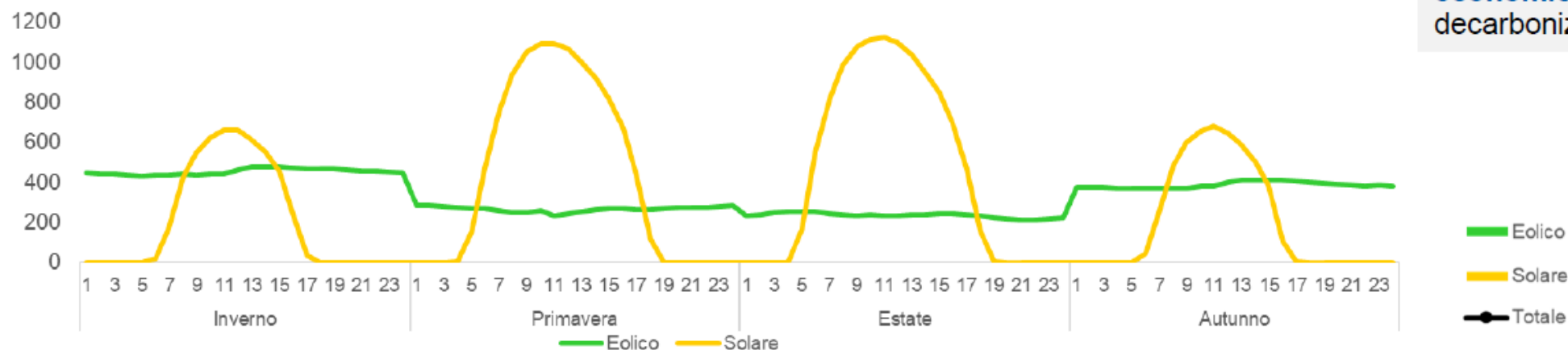
### Produzione mensile (GWh) per 1,8 GW di solare e 1 GW di eolico <sup>(1)</sup>, zona Sud



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

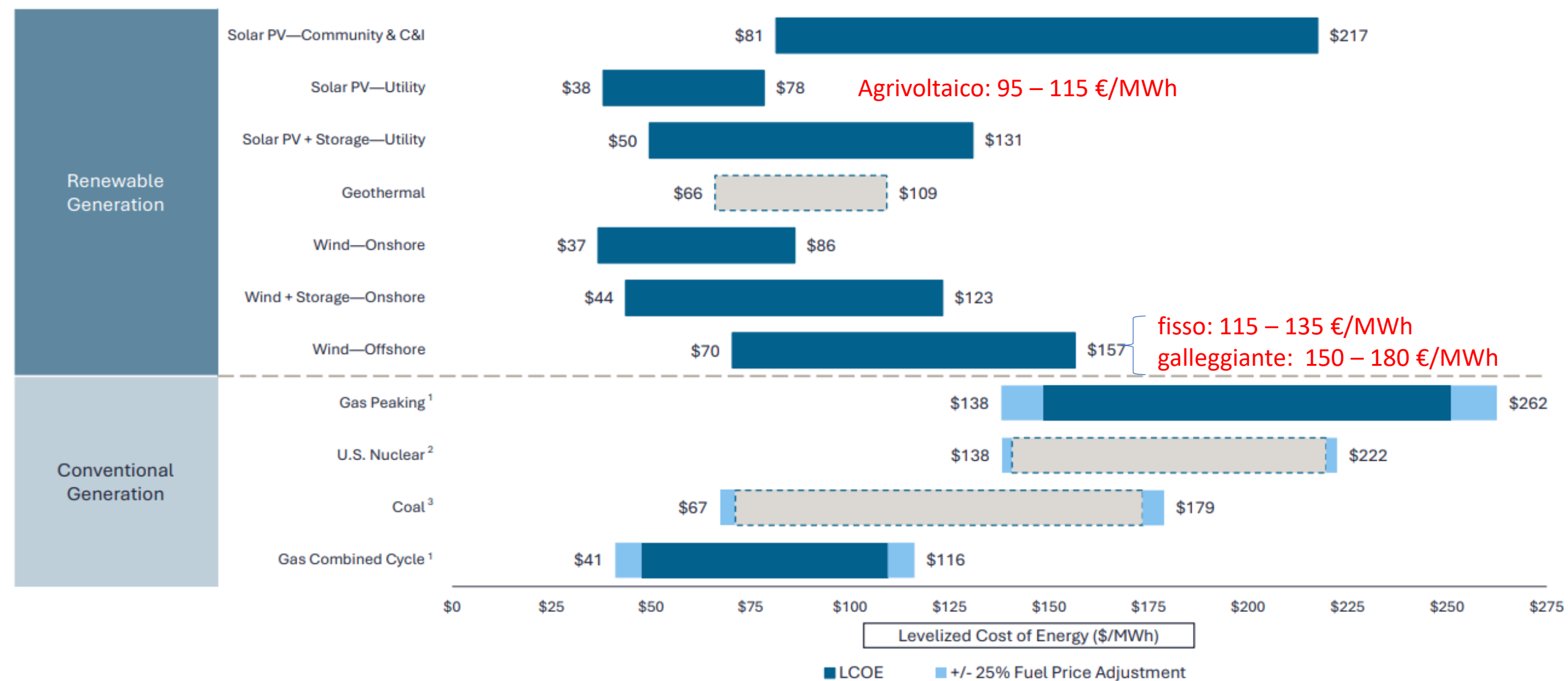


## CARATTERISTICHE DELLE PRINCIPALI FONTI D'ENERGIA RINNOVABILI

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

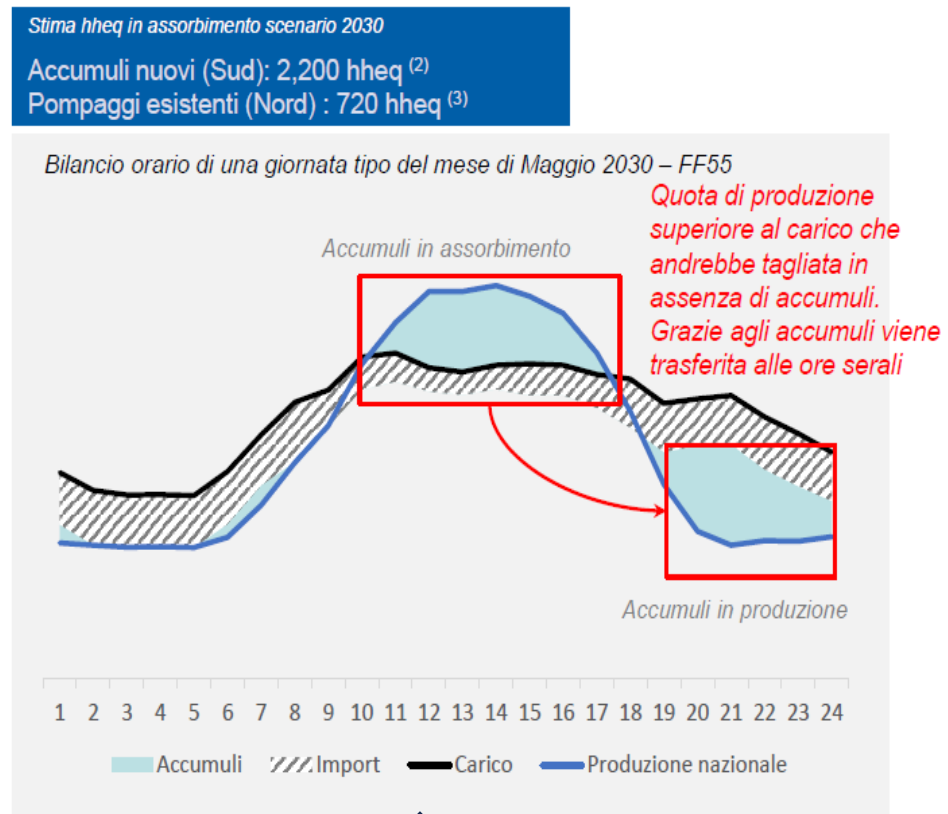
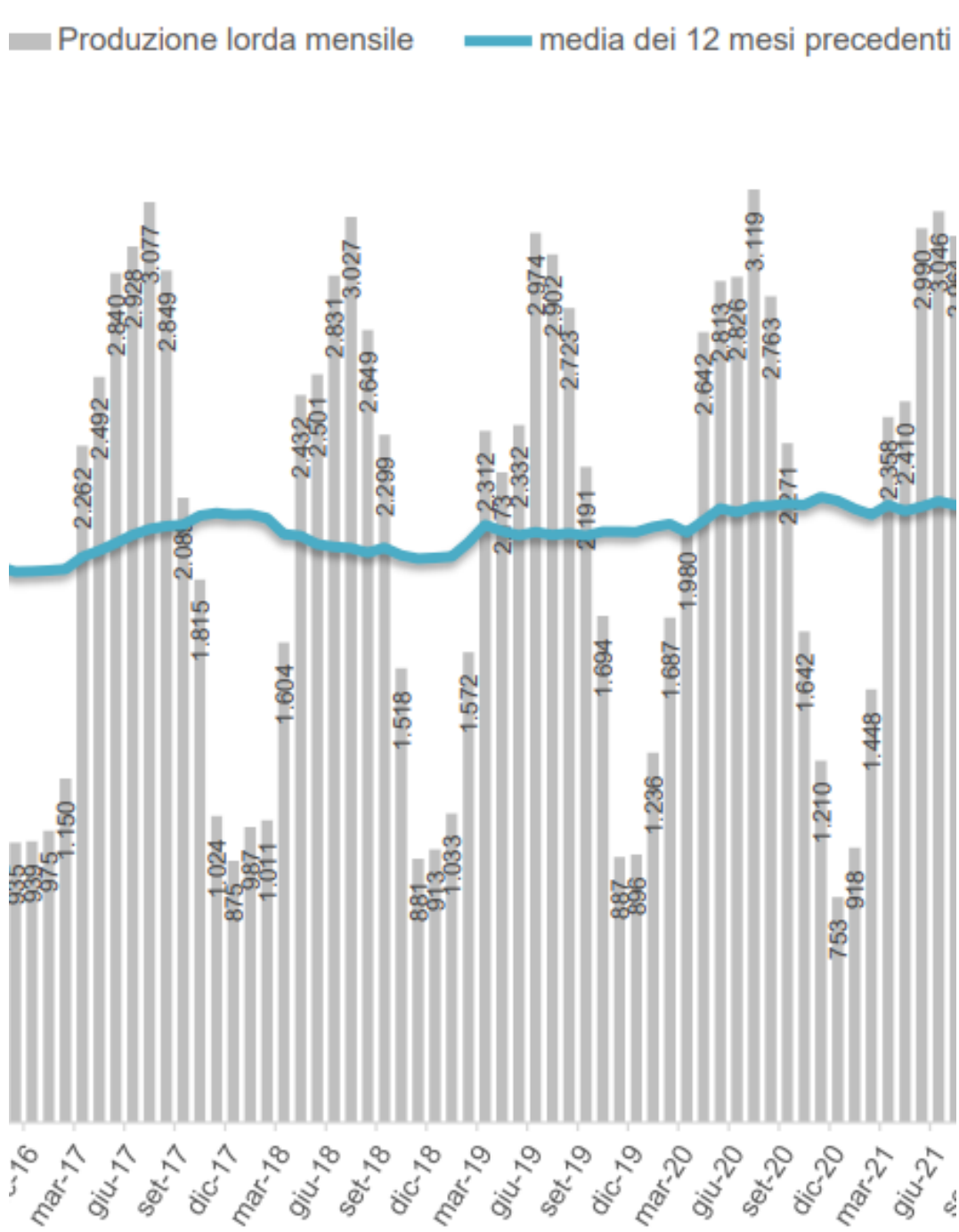
- 1) **Aumentare l'efficienza del pannello**, ovvero la capacità del pannello di convertire la radiazione solare in energia elettrica
  - Efficienza cella
  - Efficienza interconnessione delle celle
  - Tecniche di light trapping (ARC coating, texturing vetro, incapsulanti, ecc.)
  - Ottimizzazione dimensioni e spazi
- 2) **Ridurre i costi**
- 3) **Aumentare la vita utile**

1980-2010	2010	2020	2020	2025
<div>► Celle e moduli <b>BSF (Back Surface Field)</b>: tecnologia alla base della cella fotovoltaica «moderna»</div> <div>► Efficienza 14-17%</div> <div>↑</div>	<div>► La tecnologia <b>PERC (Passivated Emitter Rear Contact)</b> diventa rapidamente lo standard industriale</div> <div>► Efficienza 20-22%</div> <div>↑</div>	<div>► <b>TOPCon (Tunnel Oxide)</b> 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</div> <div>► Efficienza 22-24%</div>	<div>► <b>HJT (Heterojunction)</b> introduce il concetto di <i>struttura ibrida</i></div> <div>► Efficienza 23-25%</div> <div>↑</div>	<div>► La tecnologia <b>Tandem Perovskite-Silicio</b> unisce diverse tecnologie per superare i limiti chimico fisici del silicio</div> <div>► Efficienza: oltre 30% (in laboratorio)</div> <div>↑</div>



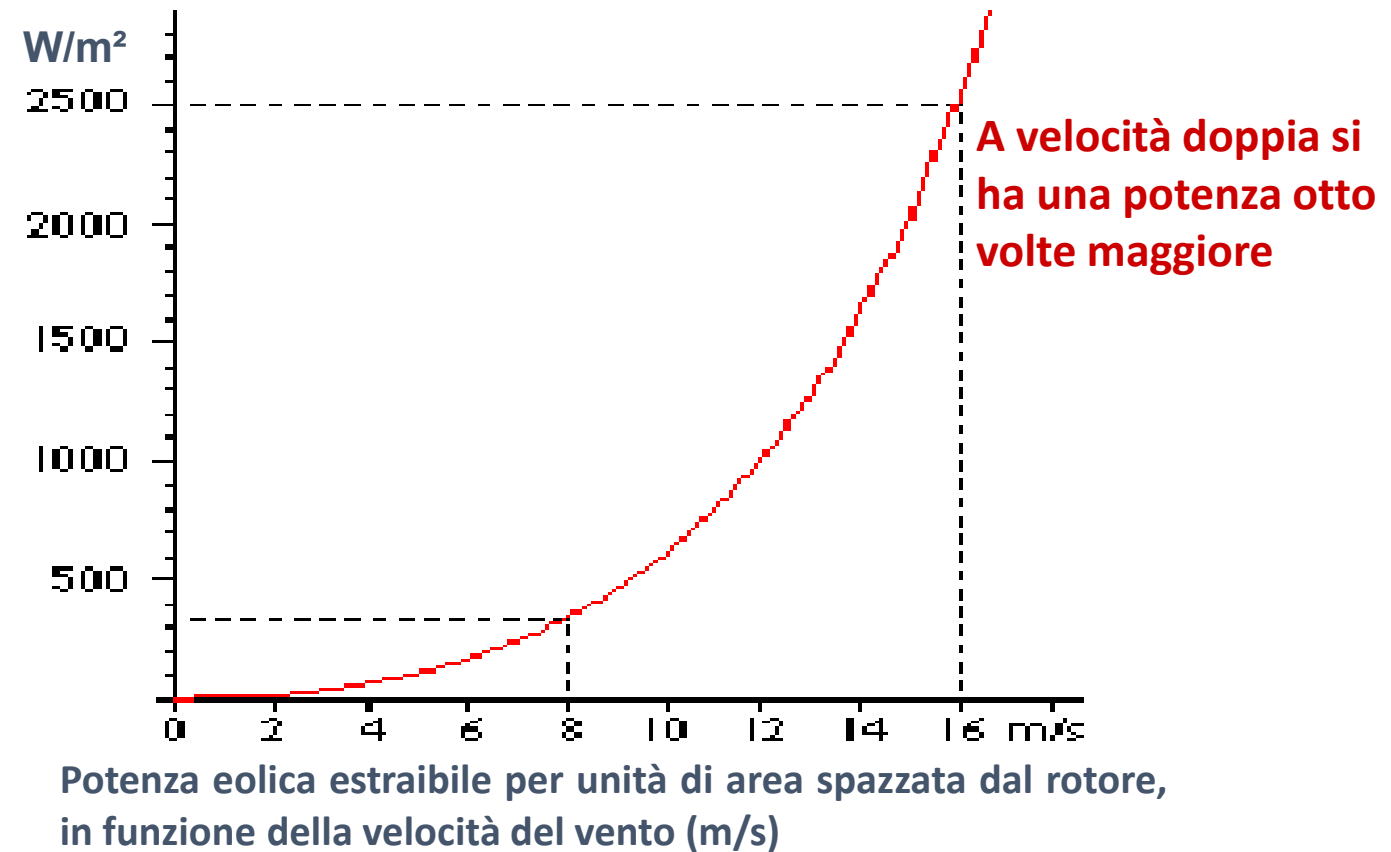
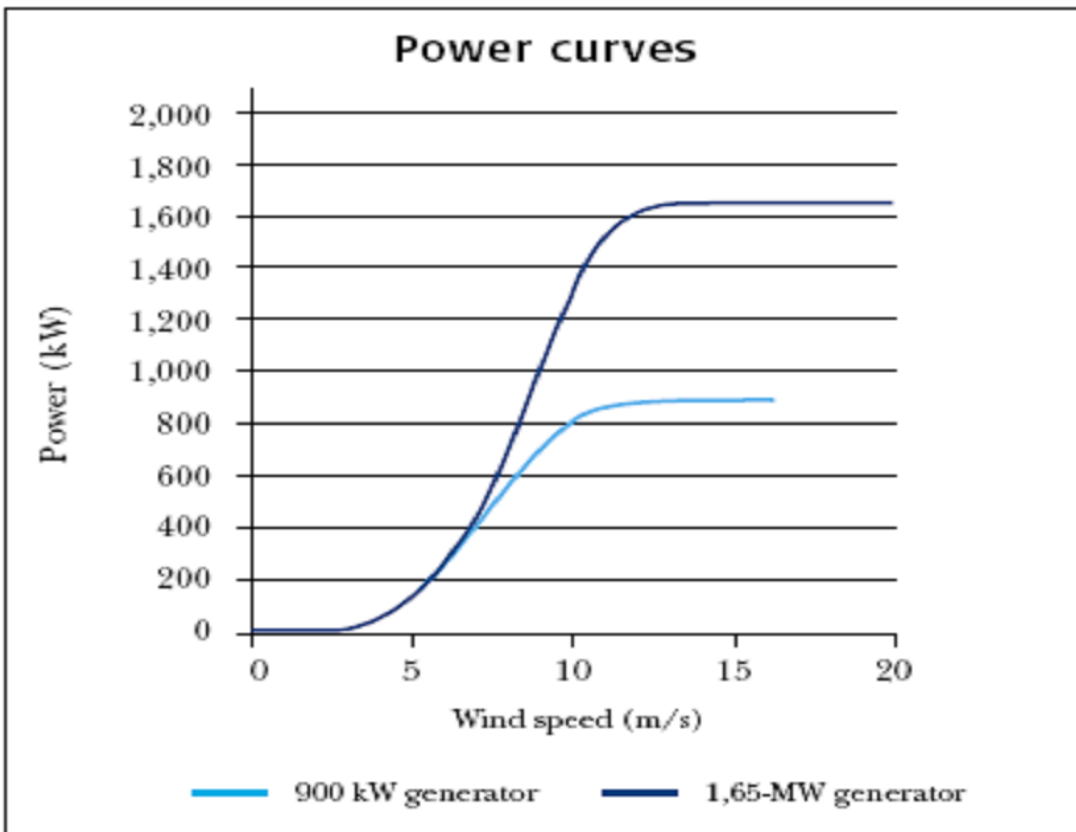
# CRITICITÀ FOTOVOLTAICHE:

- 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).



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

# Caratteristiche della elettrogenazione 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**

**Trattamento bio-chimico**

**Trattamento termico**

**Spremitura**

**Fermentazione**

**Fermentazione  
anaerobica**

**Termolisi**

**Gassificazione**

**Combustione**

**Oli vegetali**

**Metanolo**

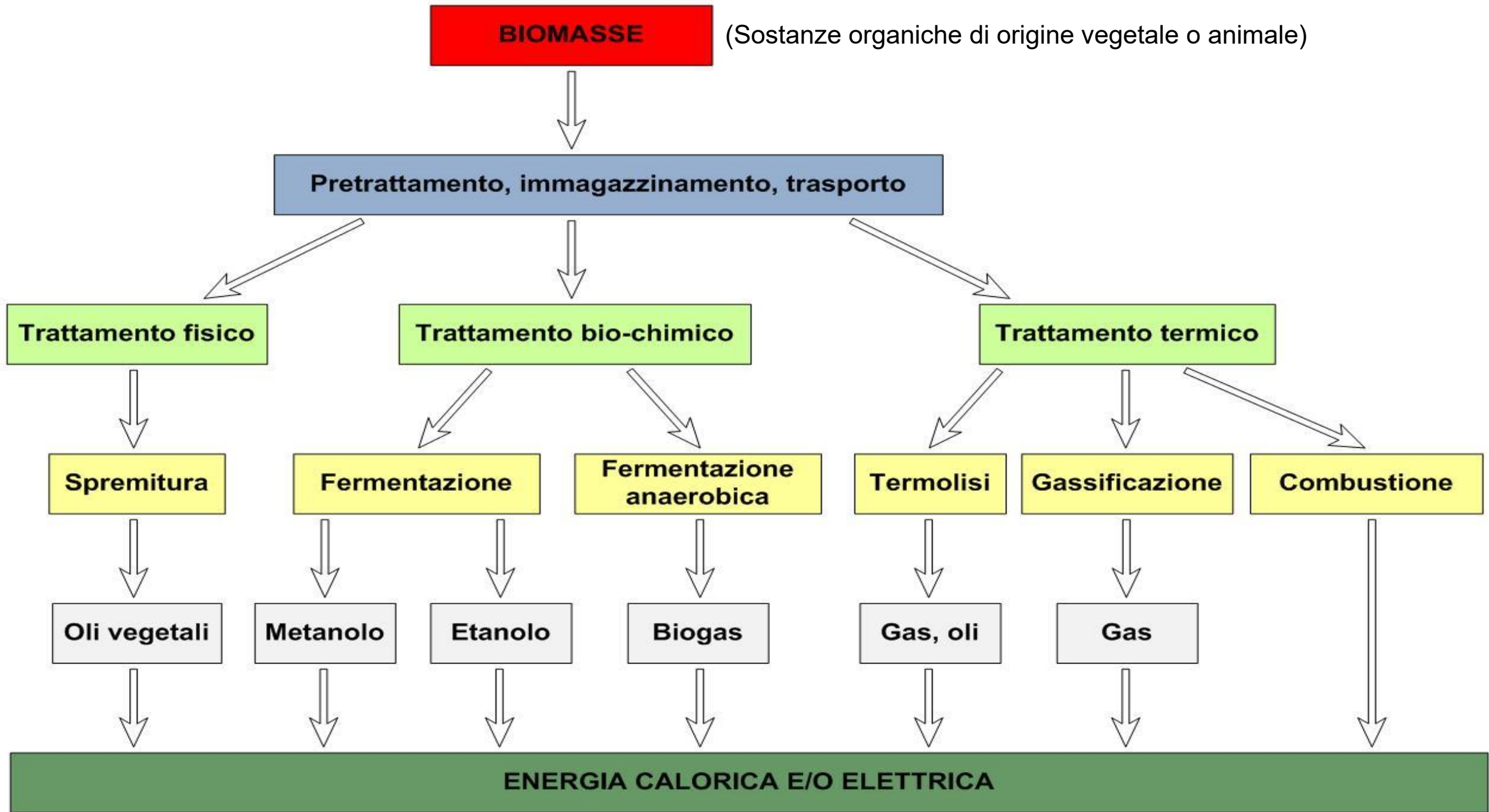
**Etanolo**

**Biogas**

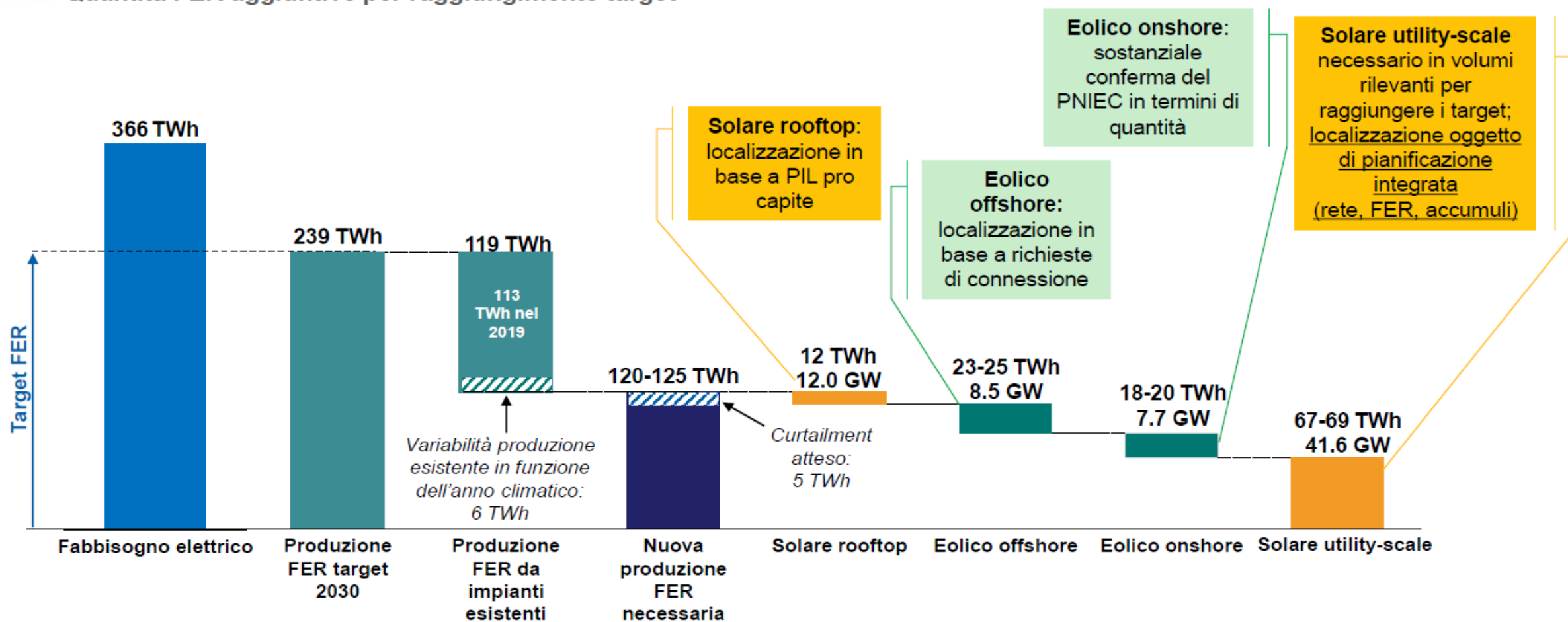
**Gas, oli**

**Gas**

**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:  
FV   Eol   Idro   Bio   Geo

Livello di tensione:

AT/AAT   MT   BT

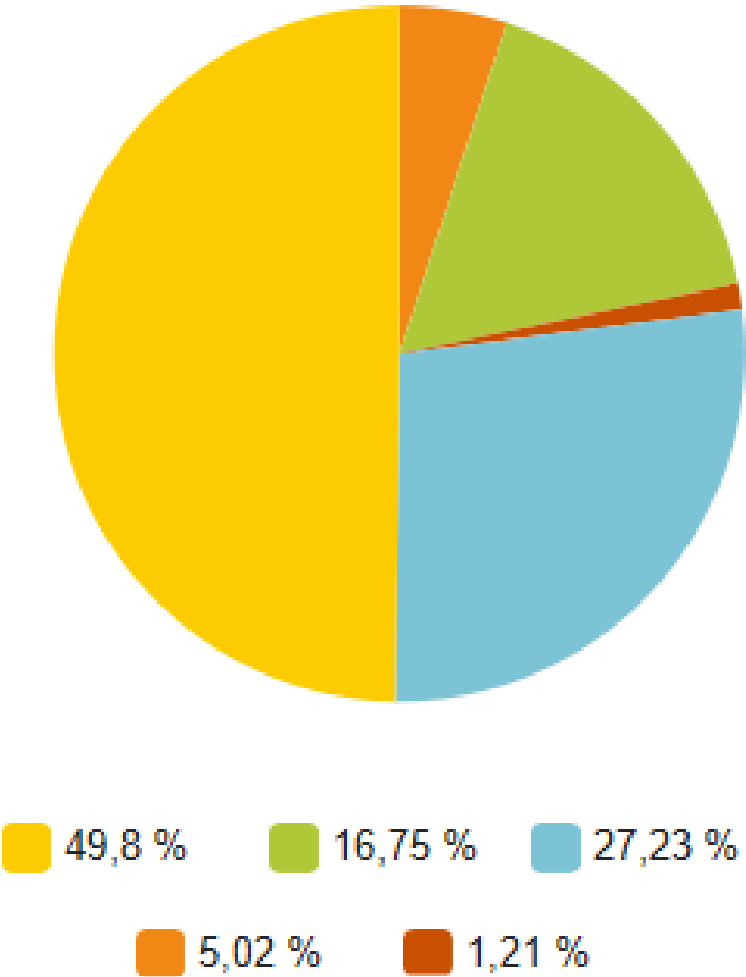
Totale Potenza (MW)

79.242,42 MW

Variazione ultimo mese

566,80 MW

+0,72 %

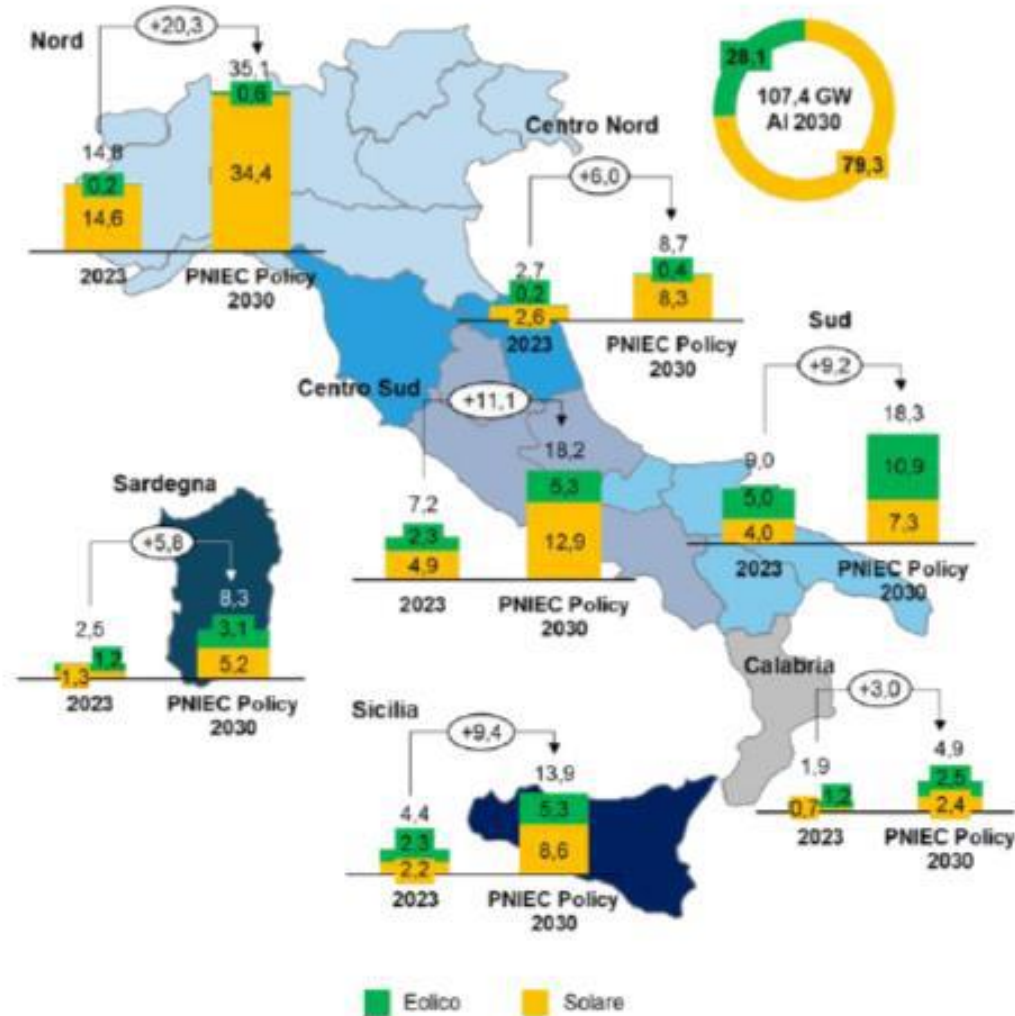


	Incrementi		Obiettivi
	2023	7/2025	2030
	(GW)		
Fotovoltaico	30,3	39,5	64,5
Eolico	12,3	13,4	25 (*)
Idroelettrico	21,7	21,6	19,2
Bio-geo energie	4,9	4.9	6

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

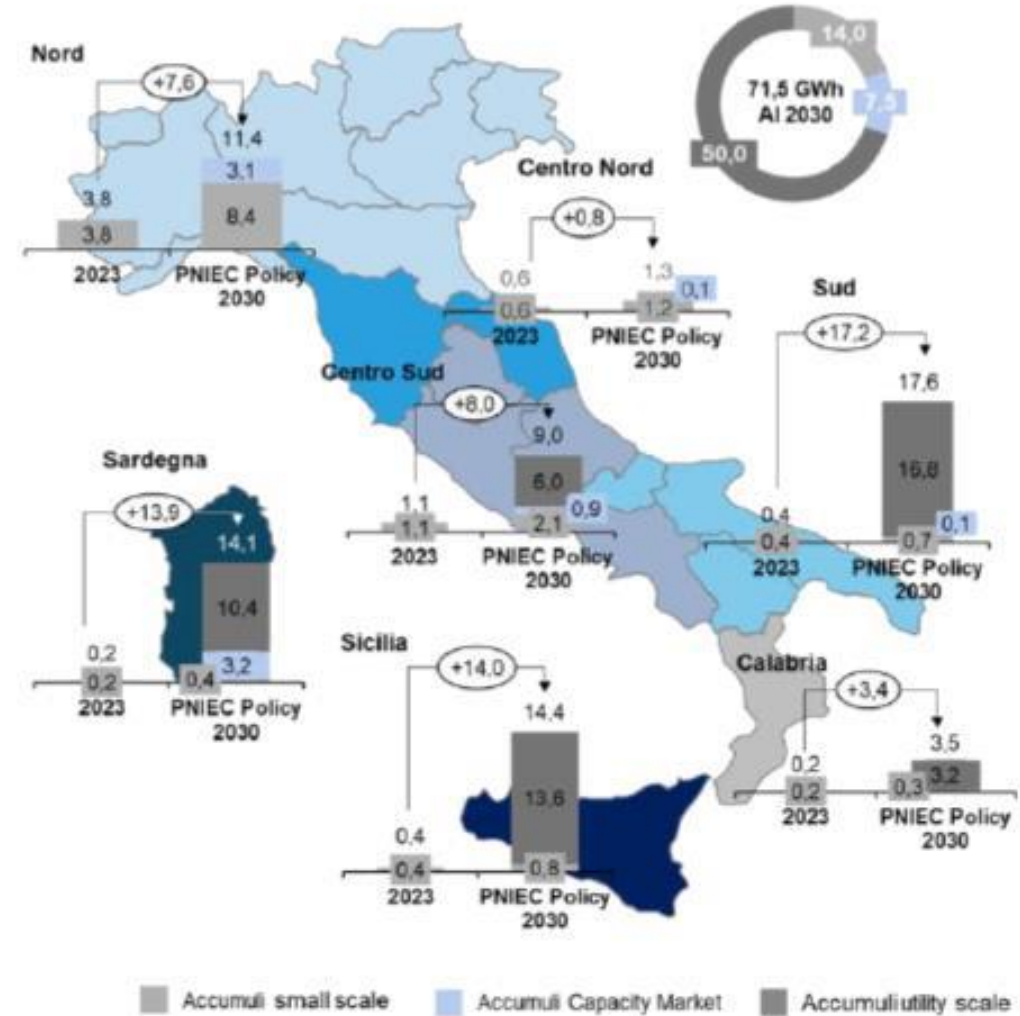
# Obiettivi PNIEC 2030 (Fonte ANIE)

## FER (GW)



(a)

## SdA (GWh)



(b)

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

## PERCHÉ NECESSITANO GLI ACCUMULI

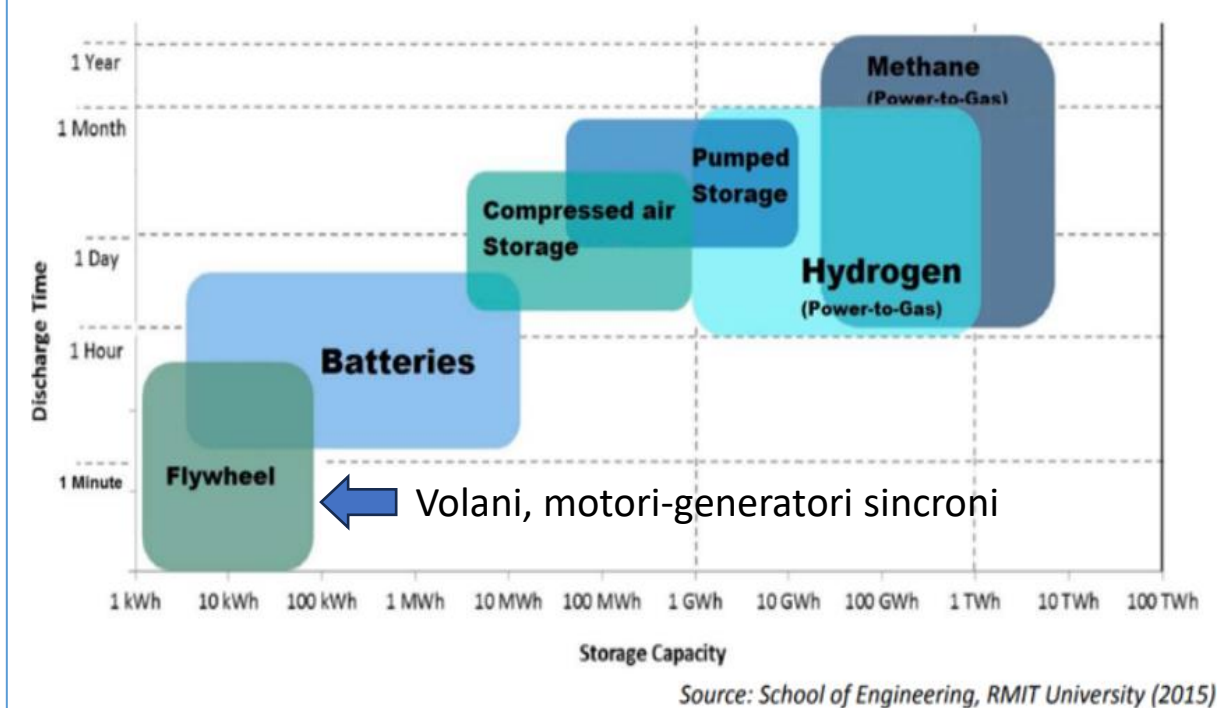
- Per i grossi contributi energetici previsti delle FER intermittenti, **l'accumulo mitiga i problemi di dispacciamento dell'energia elettrica** che tali fonti possono causare, soprattutto in regioni in cui sono presenti con potenze elevate.
- Lo sviluppo della mobilità elettrica, l'avvento delle microreti 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 stoccata, 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](#).



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



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**

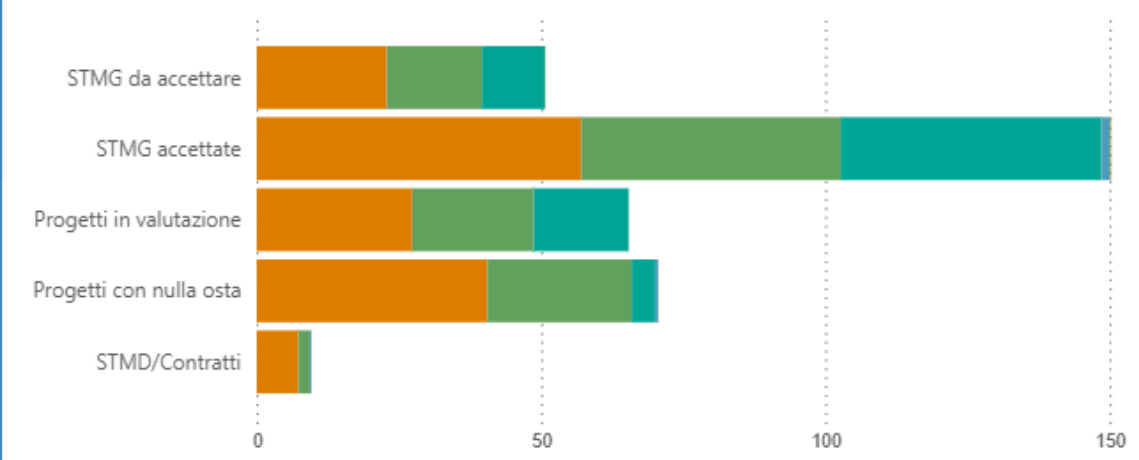
La dashboard **Econnexion** di Terna è un notevole strumento informativo che mensilmente riporta dati e informazioni su stato autorizzativo delle connessioni alla RTN e localizzazione geografica degli impianti FER e degli accumuli sul territorio nazionale.

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

STMG = Soluzione Tecnica Minima Generale

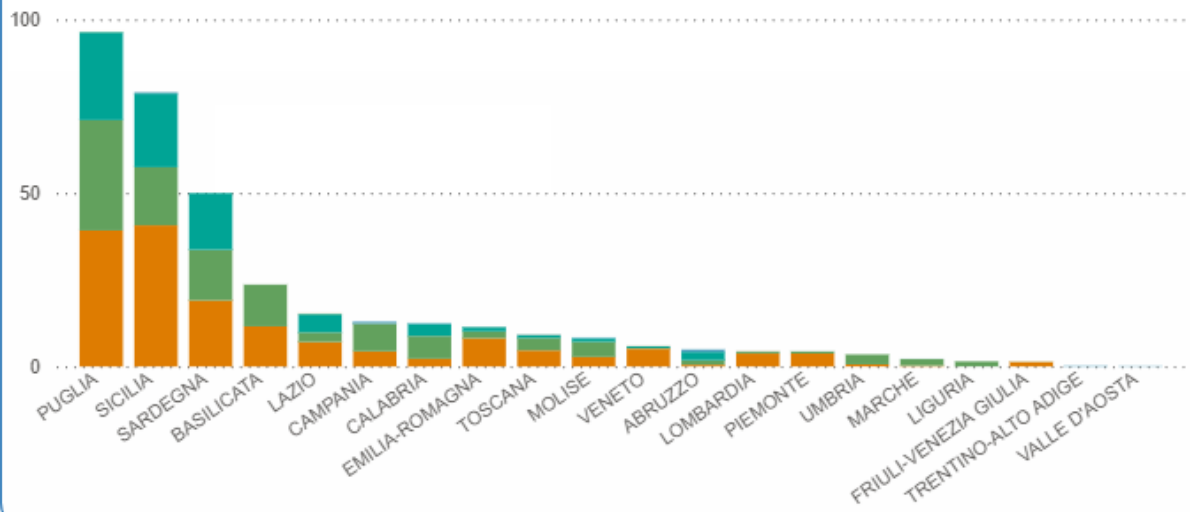
**Stato di Connessione**

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



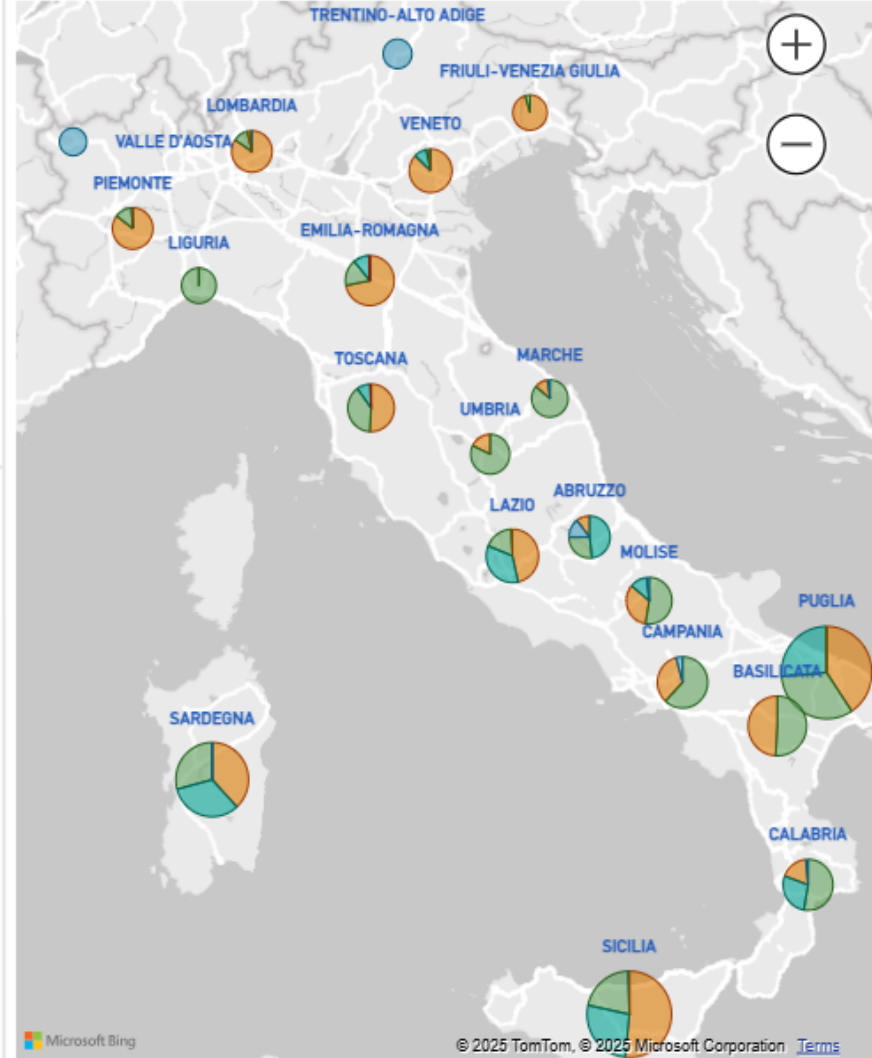
**Richieste per Regione**

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



**Distribuzione Territoriale**

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





Visualizza dati di

Fonti Rinnovabili

Accumuli

Fonte

All

Regione

All

Provincia

All

Comune

All

X RESET

Richieste di connessione al 31/08/2025

Totale

**311.80 GW**

**3,679 Pratiche**

Pompaggio Puro

**9.37 GW (3.00%)**

**24 Pratiche**

Pompaggio Misto

**1.95 GW (0.63%)**

**8 Pratiche**

Accumulo Stand-Alone

**275.49 GW (88.36%)**

**2,535 Pratiche**

Accumulo Integrato a Solare

**15.89 GW (5.10%)**

**781 Pratiche**

Accumulo Integrato a Eolico

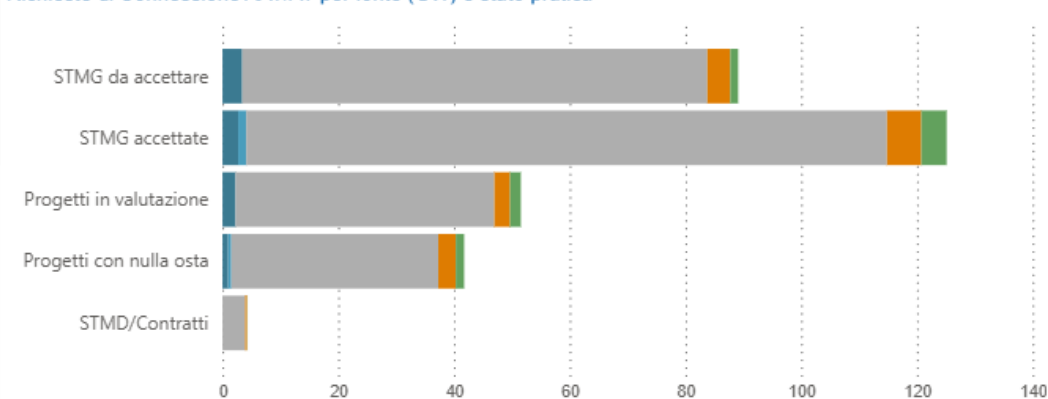
**9.10 GW (2.92%)**

**331 Pratiche**

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

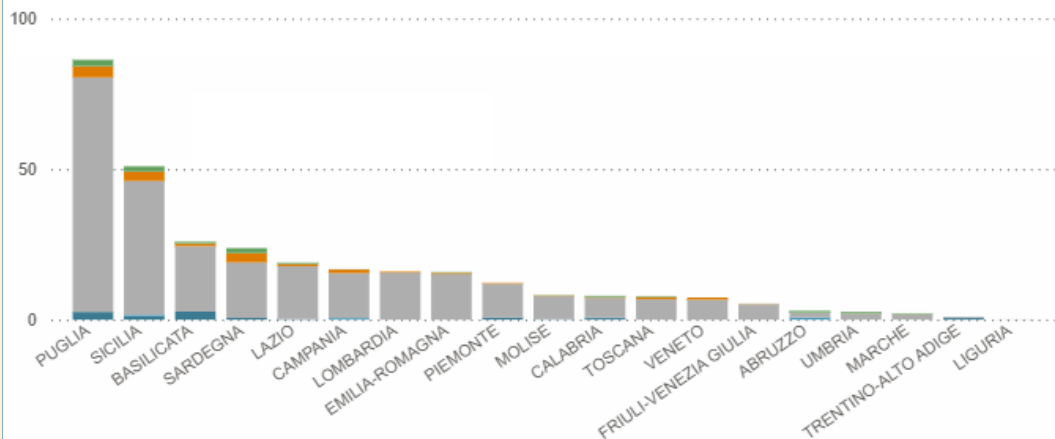
Stato di Connessione

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



La sezione **Accumuli di Econnexion** 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)**

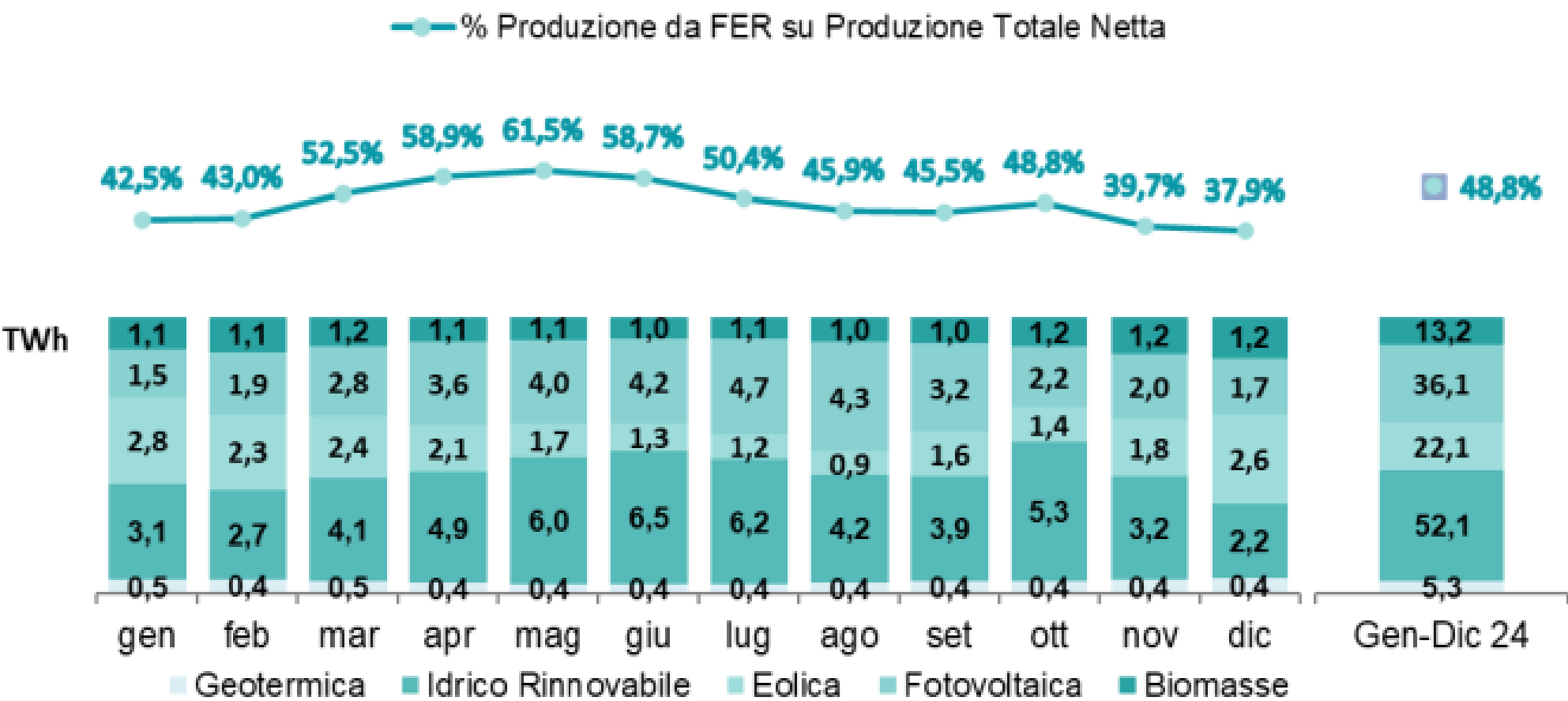
**331 integrato Eolico \* (9,1 GW)**

\* accumulatori elettrochimici



**GRAZIE PER L'ATTENZIONE**

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

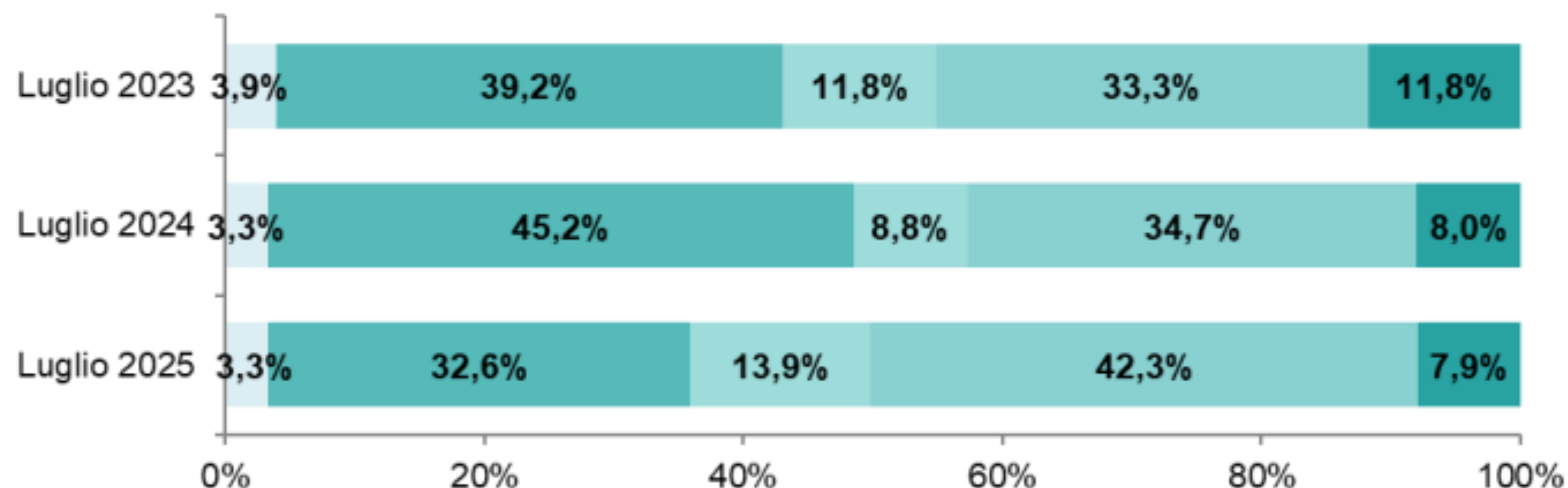


Nel mese di dicembre 2024 la produzione da FER ha contribuito per il 37,9% della produzione totale netta nazionale, in diminuzione rispetto a quanto registrato nello stesso mese del 2023 (41,6%).

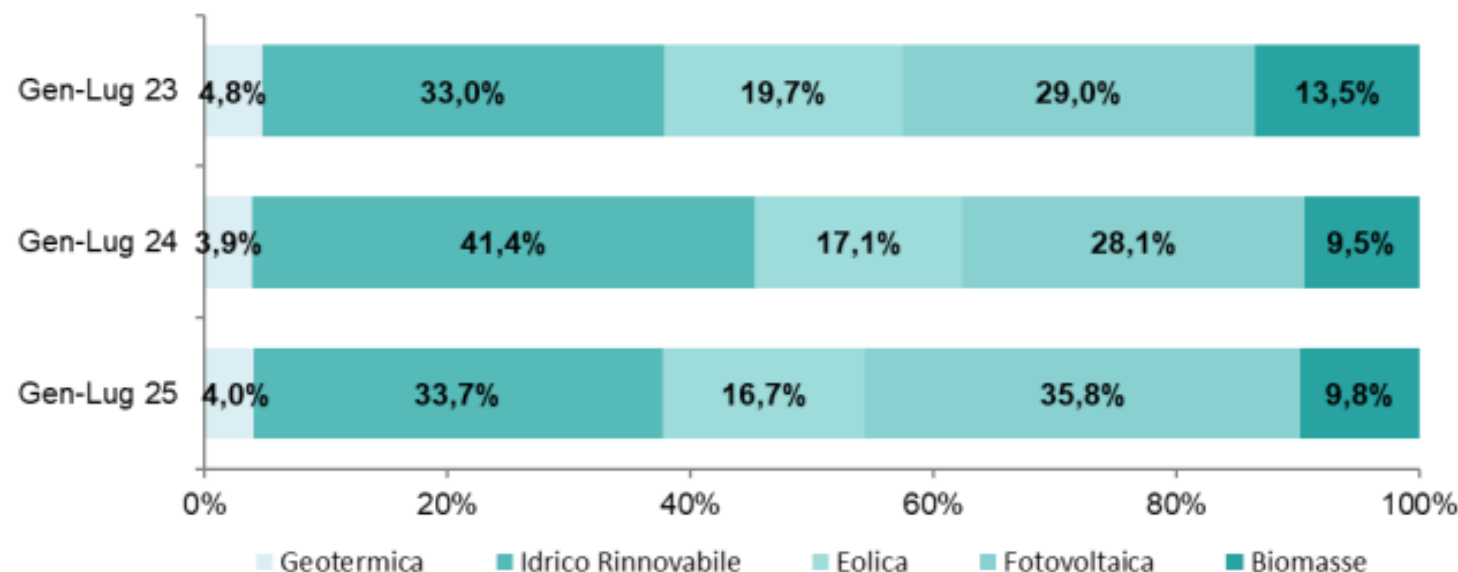
Nel 2024 la produzione da FER ha contribuito per il 48,8% alla produzione totale netta, in aumento rispetto al progressivo 2023 (44,2%)

Fonte: Terna

## Contributi produttivi % delle varie FER



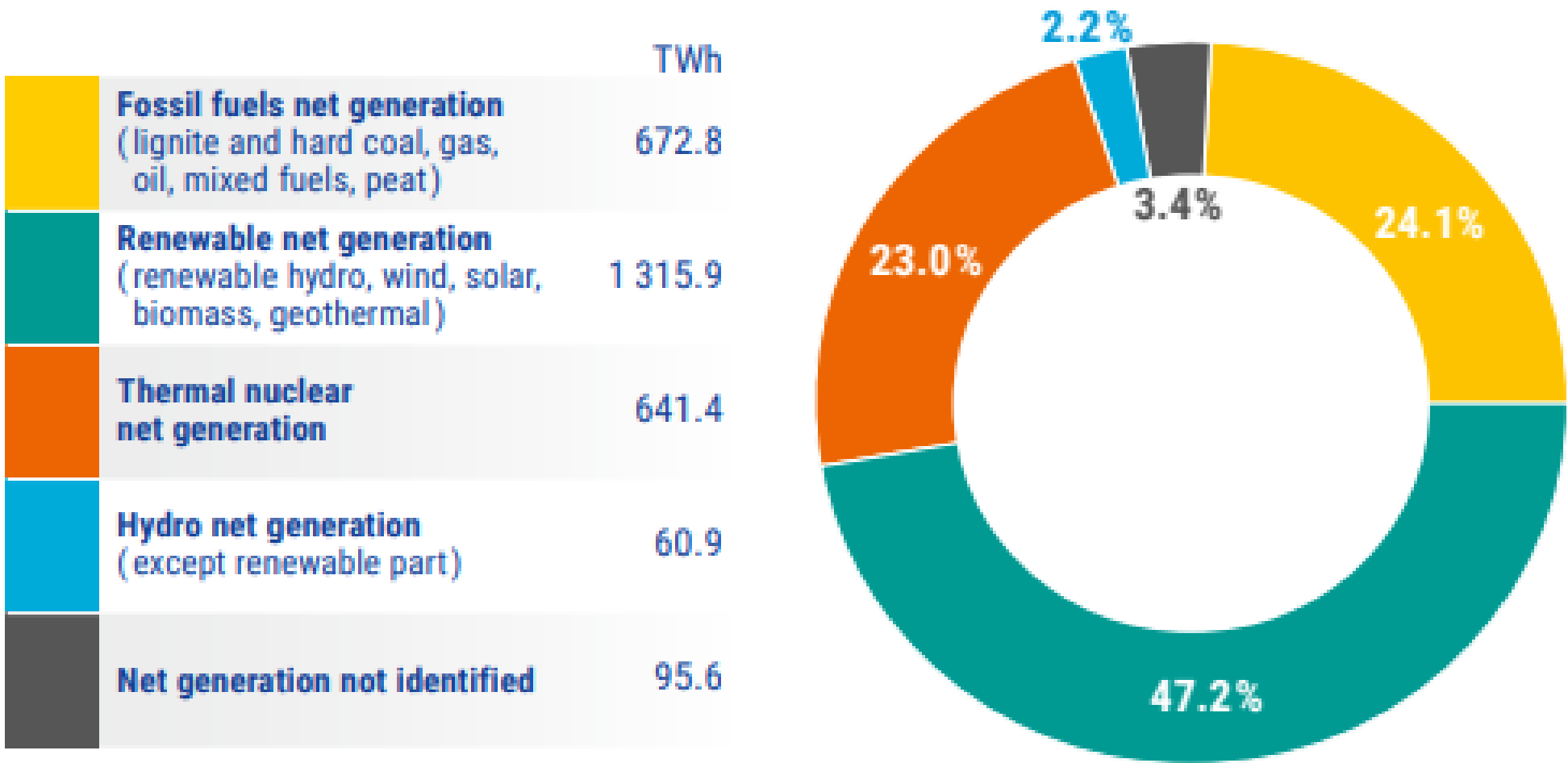
A luglio 2025 il maggior contributo alla produzione da fonti energetiche rinnovabili è dato dalla produzione fotovoltaica (42,3%) e dalla produzione idroelettrica rinnovabile (32,6%).



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.

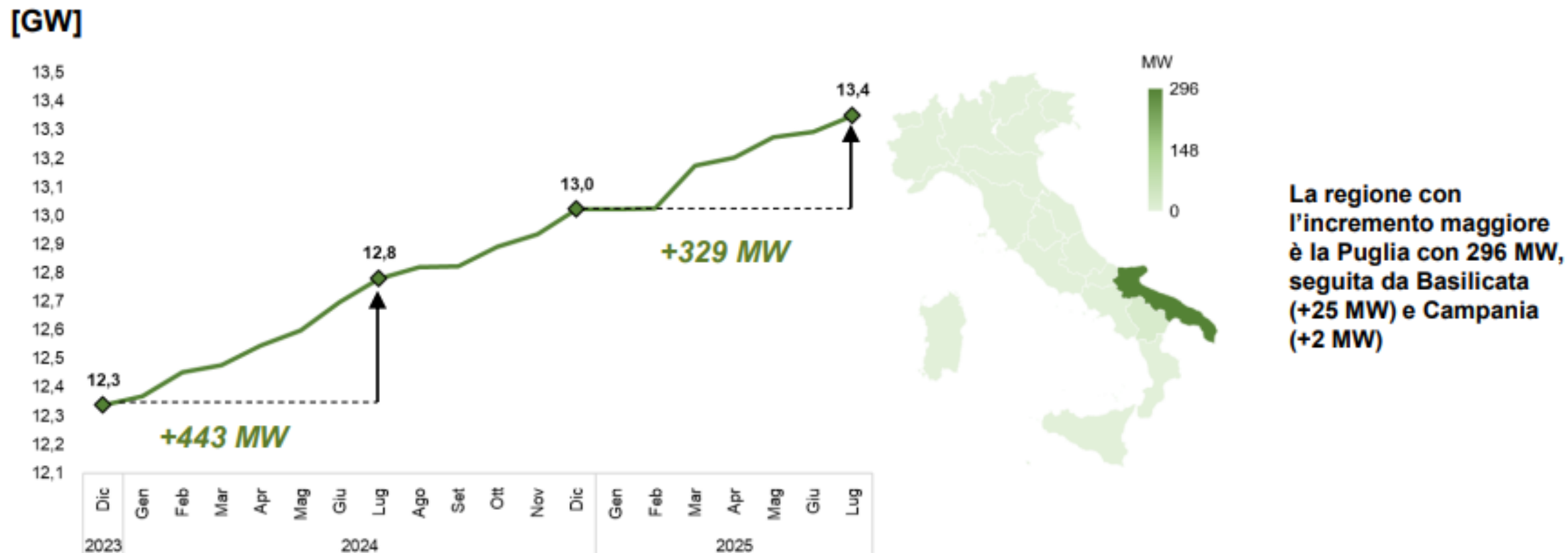
Fonte ENTSO-E (European Network Trasmission Sistem Operator for Electricity)





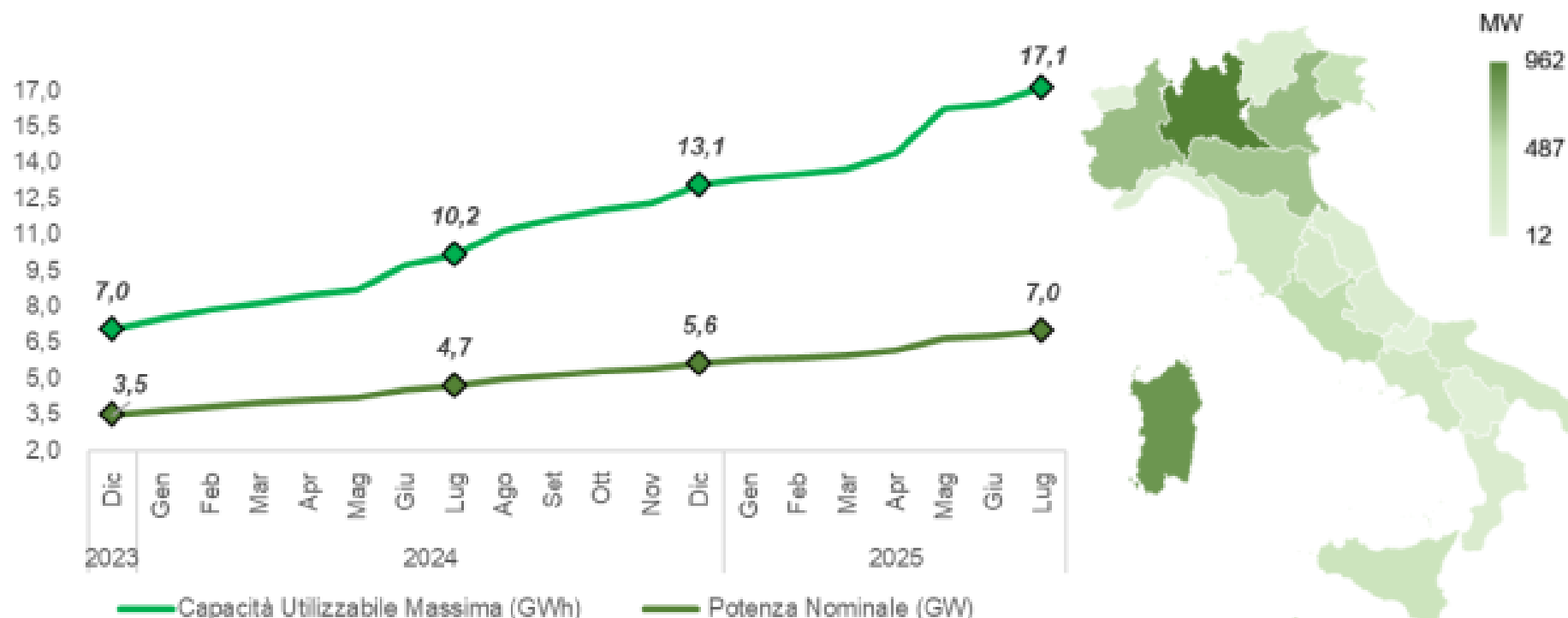
# Incrementi impianti eolici 2024 - 2025

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



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

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



**Le regioni che registrano la maggiore capacità in esercizio sono la Lombardia (962 MW), la Sardegna (860 MW) ed il Veneto (675 MW)**