

ACCUMULI E FLESSIBILITÀ: SFIDE E OPPORTUNITÀ DELLA TRANSIZIONE ENERGETICA

Sfide XXI del Secolo: l'Energia
Fondazione Sapienza

ENRICO MARIA CARLINI
Chair Comitato Nazionale CIGRE Italia

ROMA – 28 MARZO 2025



cigre

For power system expertise

Agenda

- ❑ Introduzione al CIGRE
- ❑ Trend di Sistema
- ❑ Scenari Energetici e Infrastrutture per la Transizione
- ❑ Mercato a Termine degli Stoccaggi (MACSE)
- ❑ Il Ruolo dell'Idrogeno nella Transizione Energetica



Introduzione al CIGRE

Perché iscriversi? Contenuti generali e introduttivi

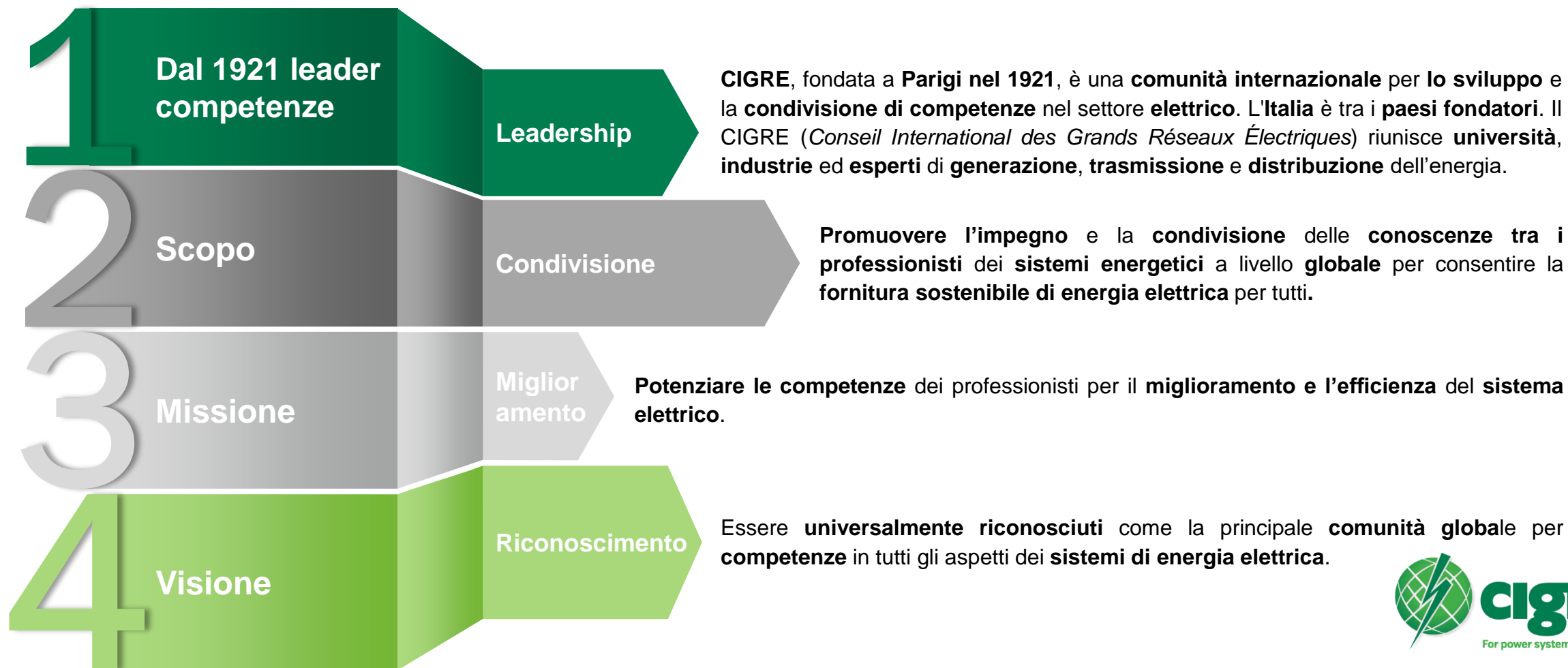
Sfide XXI del Secolo: l'Energia

Enrico Maria Carlini – 28 Marzo 2025



CIGRE: Un Secolo di Eccellenza nel Sistema Elettrico

Dal 1921, innovazione e competenze per l'energia



CIGRE in numeri

Fondata nel: **1921**



61 Comitati Nazionali



90+ Paesi



15.000+ Soci Individuali



1250+ Industrie



4 Aree Tematiche



16 Comitati di Studio



250+ Gruppi di Lavoro



810+ Brochure Tecniche



14.000+ Pubblicazioni

Perché iscriversi al CIGRE



Mettere in collegamento le persone con le competenze e le soluzioni di cui hanno bisogno

Associarti a CIGRE ti apre le porte della più grande rete internazionale di professionisti del settore, offrendoti numerosi vantaggi:

- ❑ **Accesso illimitato** a tutte le pubblicazioni CIGRE tramite il portale **e-cigre**
- ❑ **Abbonamento** esclusivo alla rivista bimensile **Electra**
- ❑ **Sconti** sulla quota di partecipazione agli eventi CIGRE
- ❑ **Prezzi agevolati** su pubblicazioni cartacee e libri
- ❑ **Opportunità di partecipazione** alle attività scientifiche (Gruppi di Lavoro - WG)

Come iscriversi al CIGRE

NUOVI SOCI – Procedura express

Seguire procedura al link:
<https://join.cigre.org/>

RINNOVI - Procedura express

- ❑ Collegarsi al link:
<https://www.cigre-italy.org/associati/>
- ❑ Selezionare la tipologia iscrizione cliccando sul box corrispondente (Individuale, Studente, Collettivo)

Procedura convenzionale

Sia per i nuovi soci che per i rinnovi si segnala anche la possibilità di iscriversi con **bonifico bancario**, le quote sono raccolte da RSE (cigre.italy@rse-web.it) in qualità di tesoriere del comitato nazionale italiano. Nella **causale** del versamento si prega di indicare “RINNOVO CIGRE 2025”, o “NUOVO SOCIO 2025”, il nominativo del socio (con l’anno di nascita), oppure l’indicazione dell’azienda o ente corredata dal numero di dipendenti.

Coordinate bancarie:

Istituto: Banca Popolare dell’Emilia-Romagna
IBAN: IT17K0538701607000001445489
Intestatario: RSE spa



Trend di Sistema

Contesto e Obiettivi di Decarbonizzazione

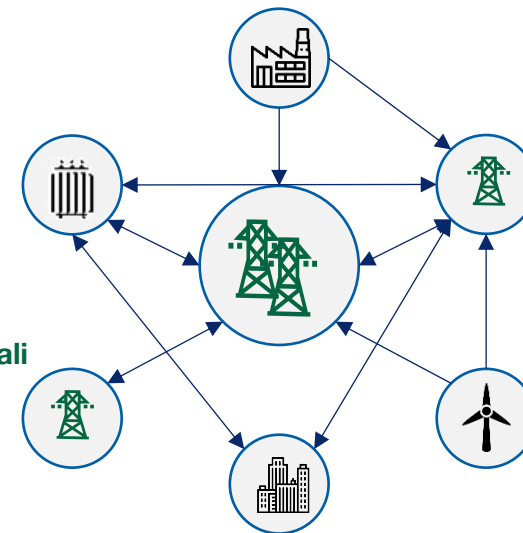
Sfide XXI del Secolo: l'Energia

Enrico Maria Carlini – 28 Marzo 2025



Evoluzione del Sistema elettrico

Il sistema elettrico sta affrontando un importante cambiamento lungo tutta la catena di creazione di valore, dalla generazione al consumo. La crescente penetrazione delle FER e la diminuzione della capacità termica convenzionale impone dei nuovi cambiamenti



IMPATTI SULLA GESTIONE DEL SISTEMA ELETTRICO



Caratteristiche tecniche delle FER e decommissioning impianti termoelettrici

- Riduzione dell'inerzia del sistema
- Minori risorse per la regolazione di tensione e frequenza



Intermittenza delle FER

- Riduzione dell'adeguatezza del sistema
- Aumento delle ore di over-generation diurna
- Maggiore pendenza della rampa serale del carico



Localizzazione delle FER

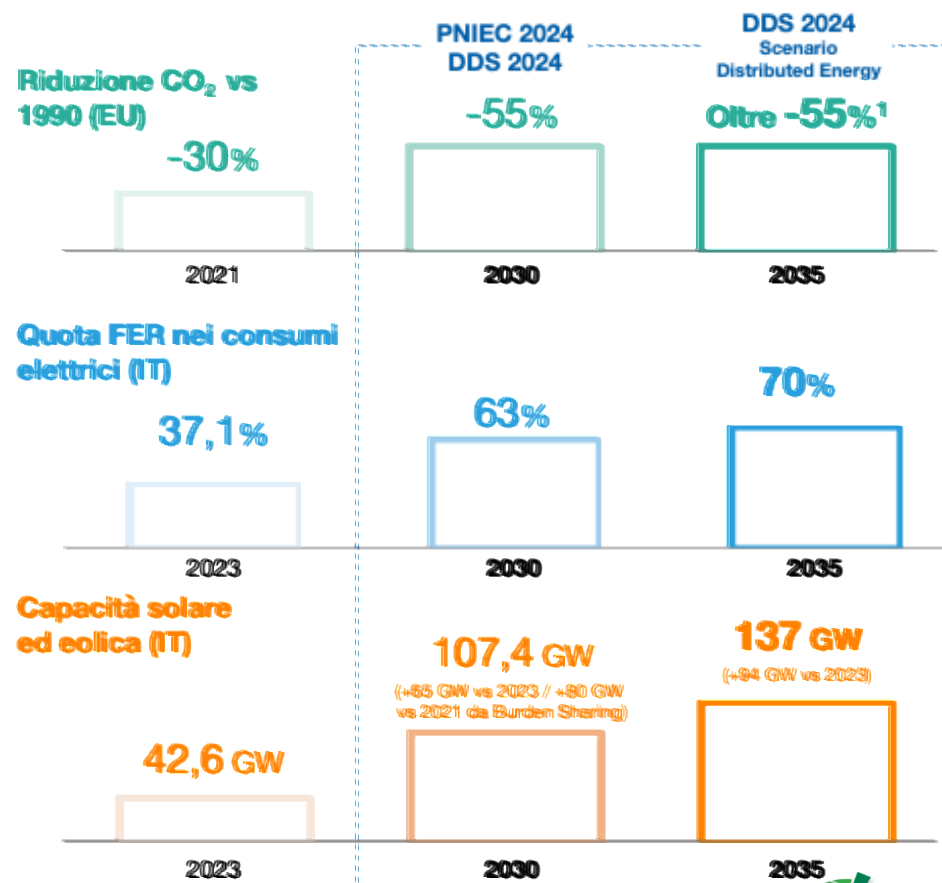
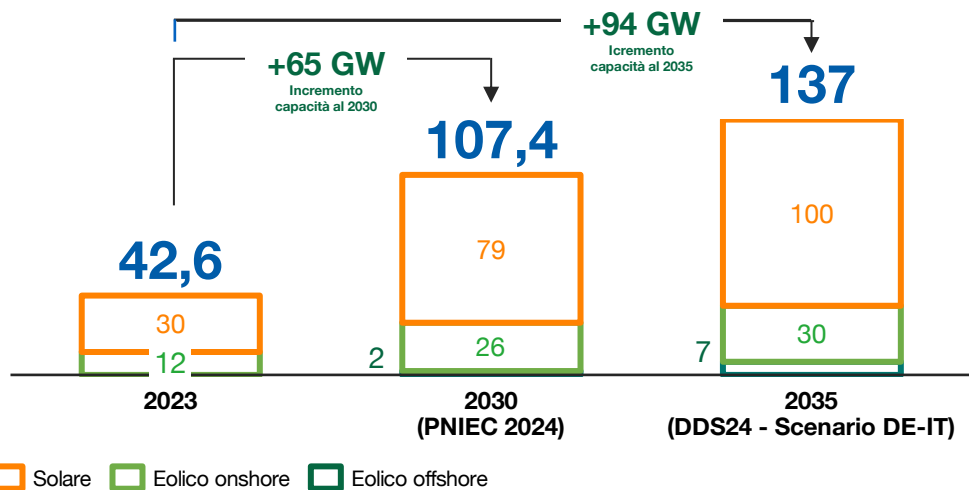
- Congestioni di rete dovute alla distanza tra impianti FER e centri di consumo
- Gestione di sistema più complessa per la crescita della generazione distribuita

Contesto e obiettivi di decarbonizzazione

Scenari energetici e Target di riferimento

- Gli investimenti nelle reti sono fondamentali per la **transizione energetica**, l'**indipendenza** e l'**efficienza del Sistema Elettrico**. Coerente con il **PNIEC 2024** e gli scenari energetici **Terna-Snam (DDS 2024)**, in linea con le direttive europee **Fit-for-55**.

- **Incremento capacità FER al 2030 e al 2035**

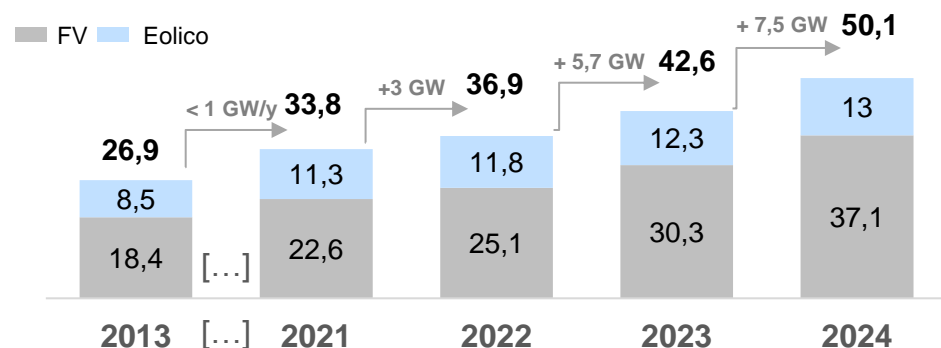


1. Target europeo in fase di definizione.

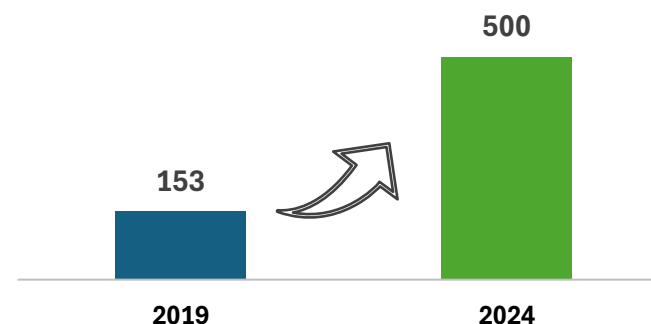
Evoluzione del sistema elettrico

Evoluzione FER a oggi

Evoluzione FER al 2024 [GW]



Ore con %copertura FER > 50%*



Dal 2022 significativa crescita dell'installato FER rispetto alla media dell'ultimo decennio (1 GW/anno)

Crescita del numero di ore con più del 50% del fabbisogno coperto da FER

(*) Nel periodo gennaio-aprile 2019 e 2024

Fattori abilitanti per la transizione energetica

2030

SVILUPPO INFRASTRUTTURA



- *Rinforzi di rete e interconnessioni estero*
- *Incremento investimenti in dispositivi per la regolazione di tensione, tecnologie capital-light e piano di difesa*
- *Incremento della resilienza*

Sviluppo delle infrastrutture di rete necessarie per l'integrazione delle FER

MARKET DESIGN



- *Identificazione del giusto mix di regole di mercato per integrare i mercati future e spot, sia per l'energia che per i servizi*
- *Ampliamento dell'offerta di servizi di flessibilità da parte di "nuove" risorse*

Abilitare la partecipazione in mercati intelligenti e sostenibili

STORAGE



- *Sviluppo di nuovi sistemi di accumulo idroelettrico ed elettrochimico*
- *Gestione dell'overgeneration e della rampa del carico residuo*
- *Contributo all'adeguatezza*

Dimensionamento della capacità necessaria e mix di tecnologia

INTEGRAZIONE FER



- *Accelerare le installazioni, attraverso la semplificazione del processo di autorizzazione*
- *Garantire una pianificazione ottimale della localizzazione della nuova capacità RES*

Indirizzare il mix tecnologico e ottimizzare la localizzazione

Scenari energetici e infrastrutture per la transizione

FER, Accumuli e Rete Elettrica nel Lungo Termine

Sfide XXI del Secolo: l'Energia

Enrico Maria Carlini – 28 Marzo 2025



Scenari energetici – Capacità FER e Accumuli

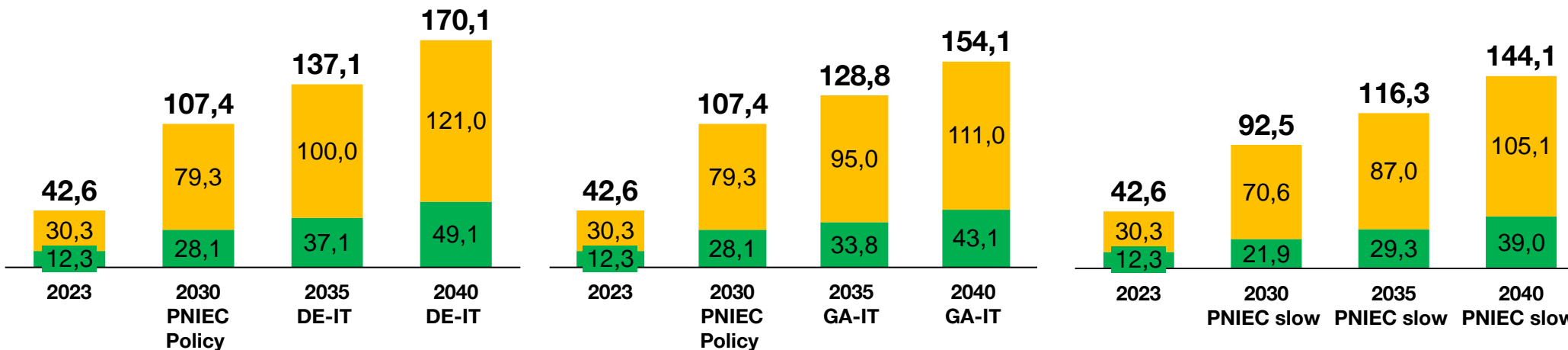
Capacità FER (GW)

Distributed Energy Italia (DE-IT)

Global Ambition Italia (GA-IT)

PNIEC Slow

Solare Eolico



In linea con i **target di decarbonizzazione**, la capacità rinnovabile in Italia è destinata a crescere significativamente in tutti gli scenari.

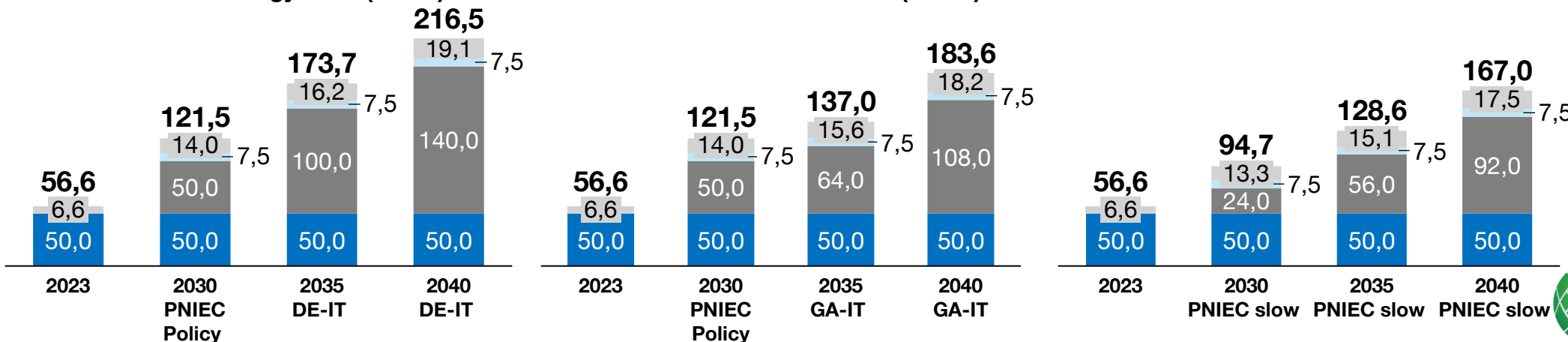
Capacità di accumulo (GWh)

Distributed Energy Italia (DE-IT)

Global Ambition Italia (GA-IT)

PNIEC Slow

Small Scale Capacity Market Utility Scale Pompaggi idroelettrici esistenti



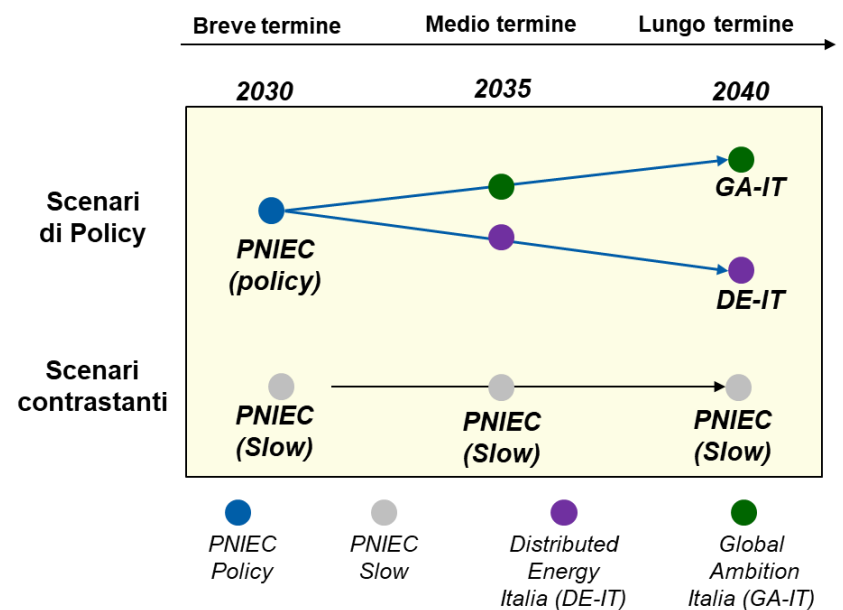
La **capacità di accumulo** cresce in tutti gli scenari, seguendo lo sviluppo delle FER e favorendone l'integrazione nel sistema.



Gli scenari energetici

Lo scenario **PNIEC Policy 2030** è in linea con gli obiettivi del **PNIEC**; gli scenari di lungo termine **DE-IT**¹ e **GA-IT**² esplorano diverse traiettorie verso la **neutralità carbonica 2050**; lo scenario **PNIEC Slow**³ prevede una transizione più lenta.

Scenari e anni target



Sintesi degli scenari 2035 - 2040

	Distributed Energy Italy (DE-IT)	Global Ambition Italy (GA-IT)	PNIEC Slow
Sintesi scenario	Scenario di policy che massimizza l'utilizzo delle FER elettriche. Forte penetrazione del vettore elettrico. Utilizzo marginale di gas verdi.	Scenario di policy con contributo rilevante sia di FER elettriche che di gas verdi. Elevata penetrazione del vettore elettrico.	Scenario inerziale: 2-3 anni di ritardo rispetto allo scenario di policy. Moderata elettrificazione e minore sviluppo FER / gas verdi.
Tipologia scenario	Sul percorso verso «Net Zero» al 2050	Sul percorso verso «Net Zero» al 2050	In ritardo per raggiungere «Net Zero» al 2050
Fabbisogno elettrico ⚡	●●●●●	●●●●●	●●●●●
🏭 Industria 🏠 Civile 🚚 Trasporti	●●●●● ●●●●● ●●●●●	●●●●● ●●●●● ●●●●●	●●●●● ●●●●● ●●●●●
Rinnovabili elettriche ⚡	●●●●●	●●●●●	●●●●●
Fabbisogno gas verdi 🔥	●●●●●	●●●●●	●●●●●
🏭 Industria 🏠 Civile 🚚 Trasporti	●●●●● ●●●●● ●●●●●	●●●●● ●●●●● ●●●●●	●●●●● ●●●●● ●●●●●

- Distributed Energy Italia (DE-IT):** prevede una forte penetrazione del vettore elettrico in tutti i settori (civile, trasporto e industria) massimizzando l'utilizzo di rinnovabili elettriche
- Global Ambition Italia (GA-IT):** prevede lo sviluppo maggiore di tecnologie alimentate a gas verdi, utilizzati non solo come materia prima ma anche nel settore dei trasporti.
- PNIEC Slow:** richiesto da ARERA per le analisi costi-benefici del PdS.

Esigenze infrastrutturali del sistema elettrico europeo

2030 System Needs

— Entro il 2030

Lo studio ENTSO-E indica che, oltre ai **161 GW** di capacità transfrontaliera previsti, sarebbero **cost-efficient 88 GW** aggiuntivi e **56 GW** di potenza di accumulo.

— Investimenti

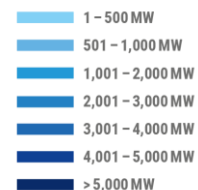
Questo aumento di capacità rappresenta un investimento di circa **5 miliardi di euro** all'anno.

— Benefici

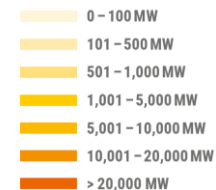
Genererebbe un guadagno annuo di **8 miliardi di euro** in benessere socio-economico.

Con ulteriori investimenti nella rete elettrica e nelle infrastrutture di accumulo, l'Europa potrebbe ridurre i costi di sistema e superare gli obiettivi del 2030.

Cross-border capacity increases in 2030
(additional to 2030 starting grid)



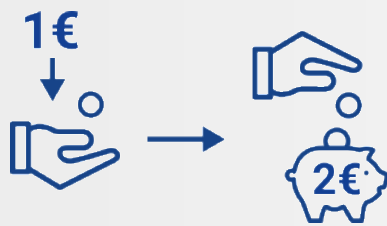
Storage capacities per country in 2030



Tre risultati chiave del Piano di Sviluppo Europeo (TYNDP 2024)

1

Entro il 2040, ogni euro investito nella rete elettrica genera oltre 2 euro di risparmio nei costi di sistema.



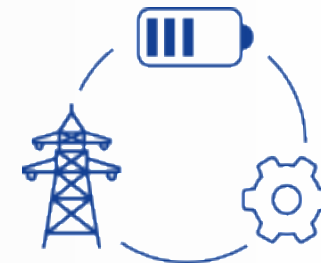
2

Implementare i System Needs riduce la dipendenza da generazione carbon-intensiva e importazioni extra UE.



3

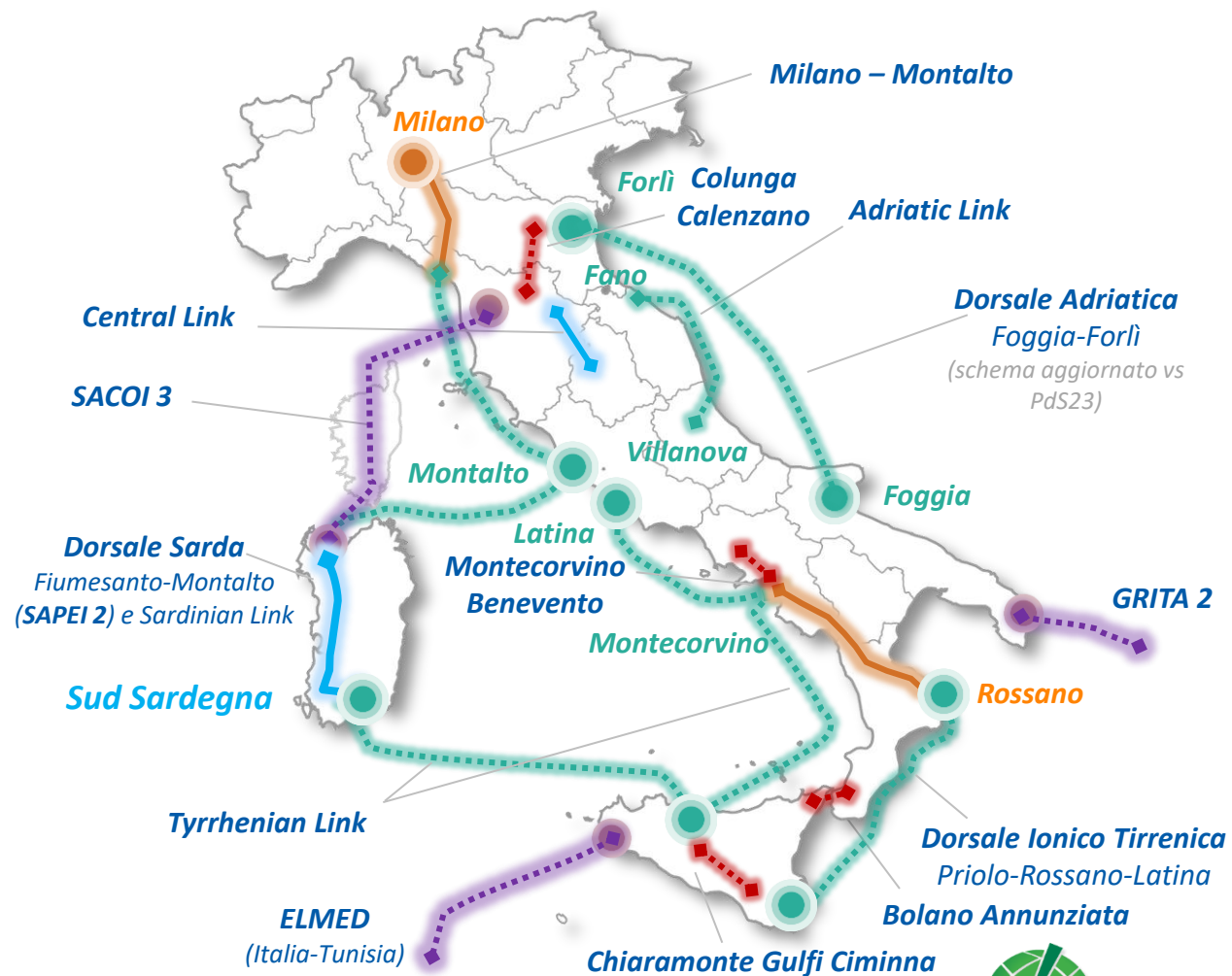
I progetti infrastrutturali esistenti coprono solo parte dei System Needs individuati. Sono necessari ulteriori progetti e azioni per garantire una rapida implementazione delle infrastrutture elettriche.



Piano di Sviluppo Terna 2025

Principali Interventi

- L'obiettivo è favorire l'integrazione della produzione rinnovabile riducendo le congestioni di rete, garantire sicurezza e qualità del servizio, inclusa una maggiore resilienza, e promuovere soluzioni efficienti per ridurre l'impatto ambientale delle infrastrutture.
- L'architettura di rete prevede interventi mirati per ottimizzare il sistema di trasmissione, aumentando la magliatura, rafforzando le dorsali Sud-Nord e potenziando i collegamenti tra isole e terraferma.



MACSE

Meccanismo di Approvvigionamento di Capacità di Stoccaggio Elettrico

Sfide XXI del Secolo: l'Energia

Enrico Maria Carlini – 28 Marzo 2025

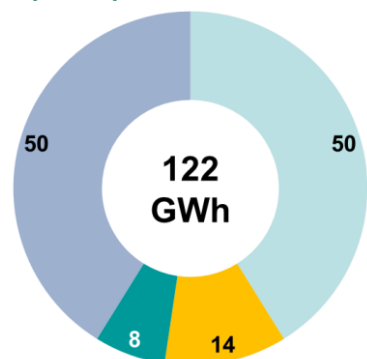
Scenari energetici

Evoluzione della capacità di accumulo

- ❑ Necessaria **capacità di accumulo al 2030**, leva chiave per l'**integrazione delle rinnovabili** nel mercato. Il suo sviluppo sarà ancora più strategico grazie al nuovo **sistema di contrattualizzazione** introdotto con il **MACSE¹**, avviato da **Terna nel 2025**.
- ❑ Questo favorirà la **competizione**, portando benefici sia all'**integrazione delle FER** sia al **contenimento dei prezzi** nei mercati dell'energia e dei servizi.

❑ Capacità di Accumulo al 2030 (GWh):

Accumuli utility-scale (+50 GWh), per il **burden sharing del DM Aree Idonee**, che prevede più **solare al Nord**, riducendo la necessità di **accumuli** per le **congestioni di rete**.

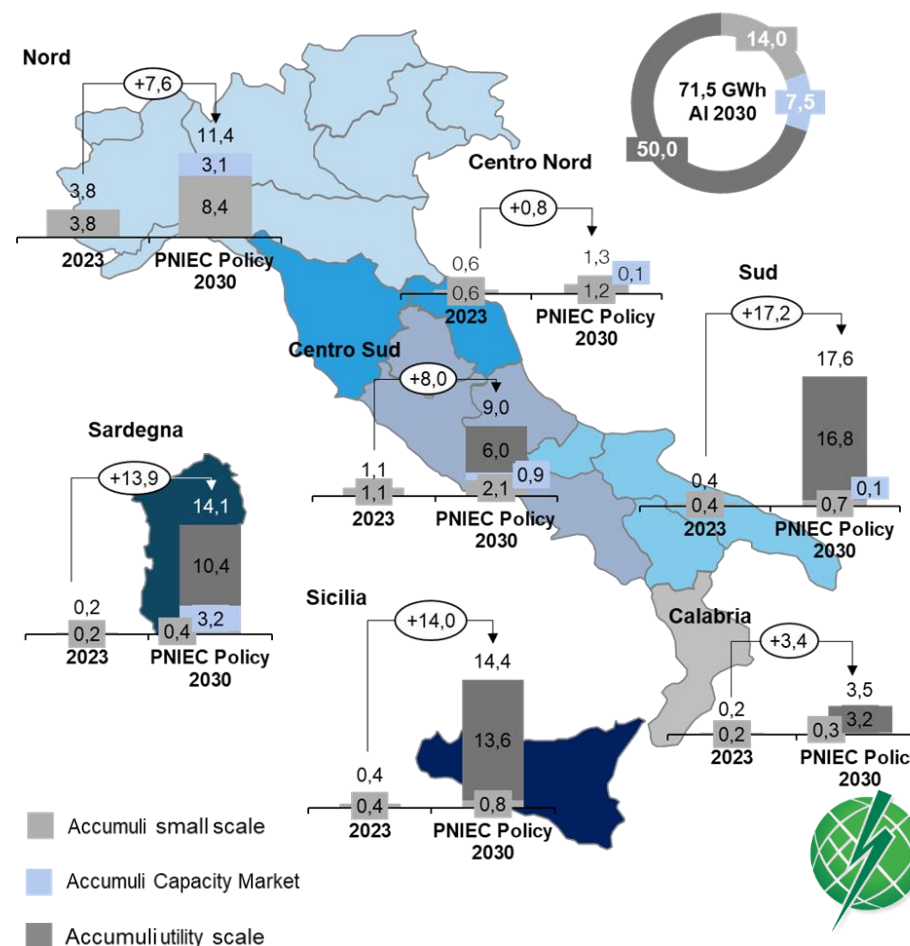


- Pompaggi idroelettrici esistenti
- Accumuli elettrochimici Capacity Market
- Accumuli elettrochimici distribuiti (1)
- Accumuli elettrochimici utility scale

~13GW

di pratiche con iter autorizzativo avviato

Capacità di accumulo al 2030² [GWh]



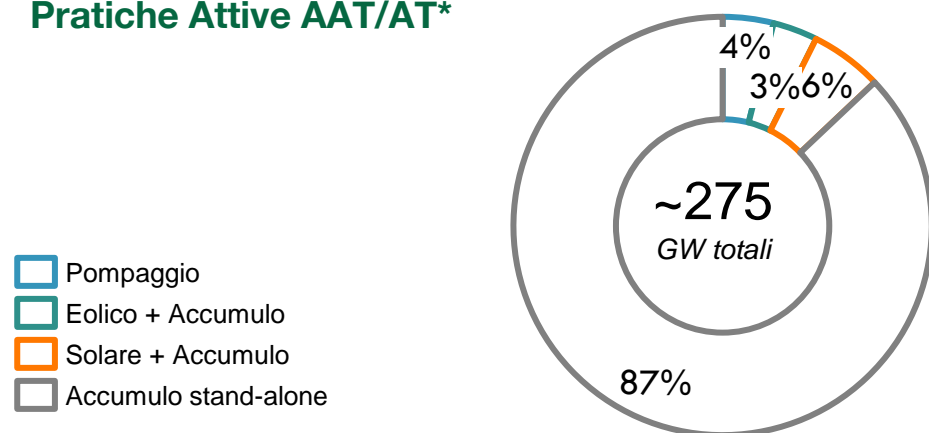
1. Meccanismo di Approvvigionamento di Capacità di Stoccaggio Elettrico
 2. Esclusi pompaggi esistenti

Accumuli - richieste di connessione AAT/AT

Pratiche attive AAT/AT

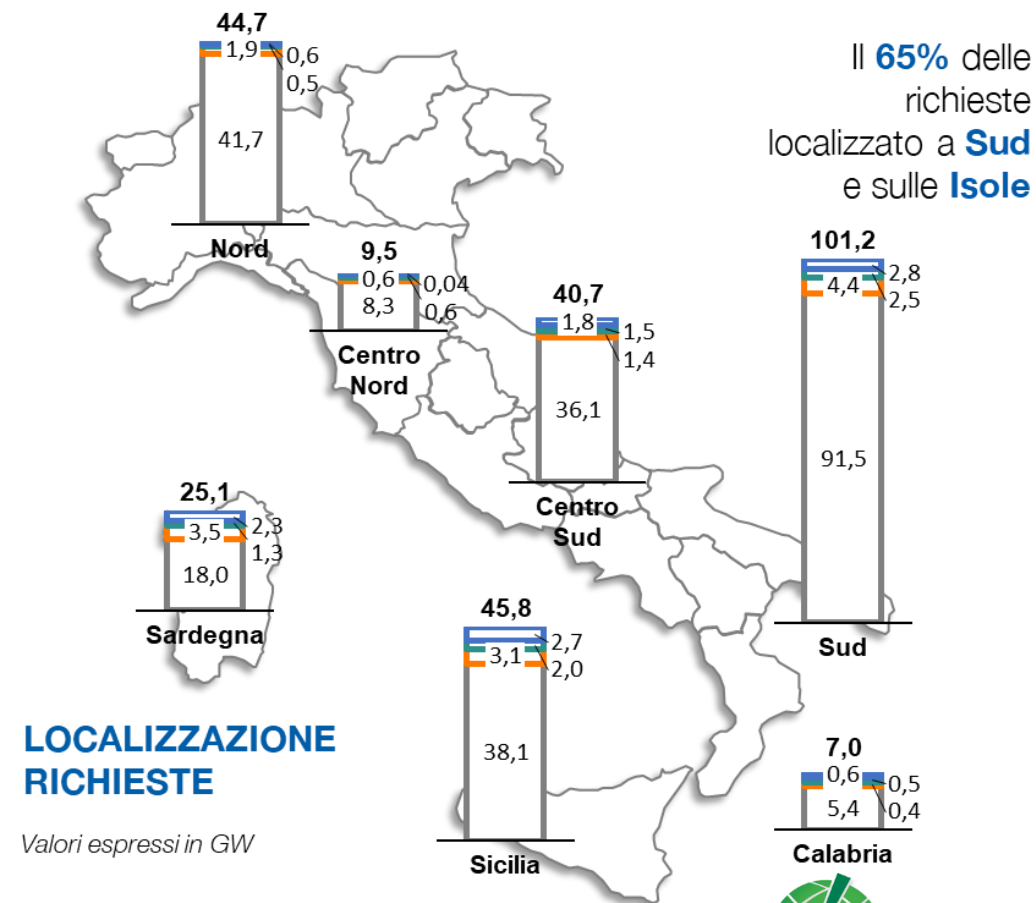
- ❑ Nel contesto dello sviluppo di nuovi **impianti FER** a produzione intermittente, i **systemi di stoccaggio** sono essenziali per accumulare energia e rilasciarla quando la **generazione rinnovabile** cala e la domanda resta alta.
- ❑ Le richieste di connessione a **Terna** riguardano soprattutto **impianti di pompaggio** e **utility-scale**, sia **stand-alone** che integrati con altri impianti. Gli impianti **small-scale**, invece, si connettono prevalentemente in **media e bassa tensione**.

❑ Pratiche Attive AAT/AT*



- Pompaggio
- Eolico + Accumulo
- Solare + Accumulo
- Accumulo stand-alone

(*) Non include le pratiche MT/BT



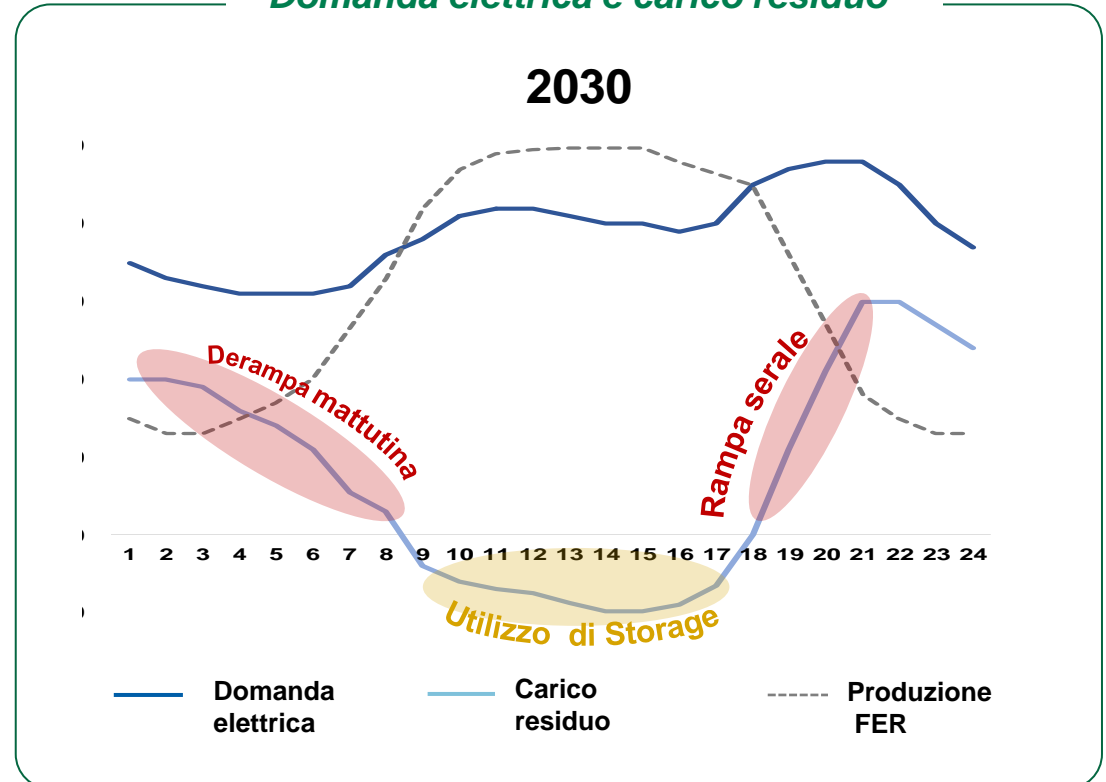
Principali impatti dei cambiamenti nel mix di generazione

Principali impatti

- ❑ **Ridotta capacità di regolazione** di tensione, frequenza e riserva a salire a causa del calo degli **impianti termici** nel mix energetico.
- ❑ **Congestioni di rete** dovute alla distribuzione disomogenea della crescita delle **FER**, con criticità soprattutto nel **Sud Italia**.
- ❑ **Maggiore produzione termica** necessaria nelle ore serali per compensare il calo della **generazione solare**.

L'aumento delle FER e il calo della capacità termica nel mix di generazione trasformano radicalmente gli assetti e la gestione del sistema elettrico.

Domanda elettrica e carico residuo*



* Fabbisogno elettrico residuo dopo la copertura da fonti rinnovabili

Bilancio energetico tipico durante il periodo di overgeneration del periodo di Pasqua

Caso reale di una domenica primaverile – 7 aprile 2024

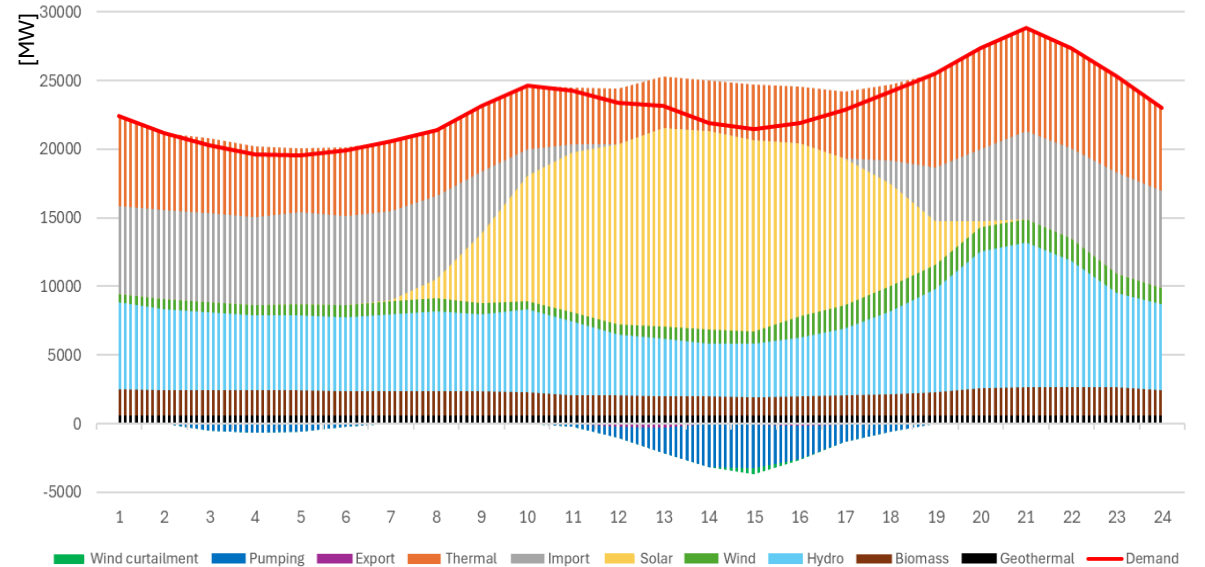
Record fotovoltaico, utilizzo accumuli e curtailment eolico

- ❑ La produzione fotovoltaica ha toccato un record di **14,5 GW**, livello mai raggiunto prima, già al netto dell'**autoconsumo**.
- ❑ L'**accumulo pompaggio** ha fornito **13,6 GWh** di flessibilità.
- ❑ Il **curtailment eolico** totale è stato di circa **0,5 GWh**.

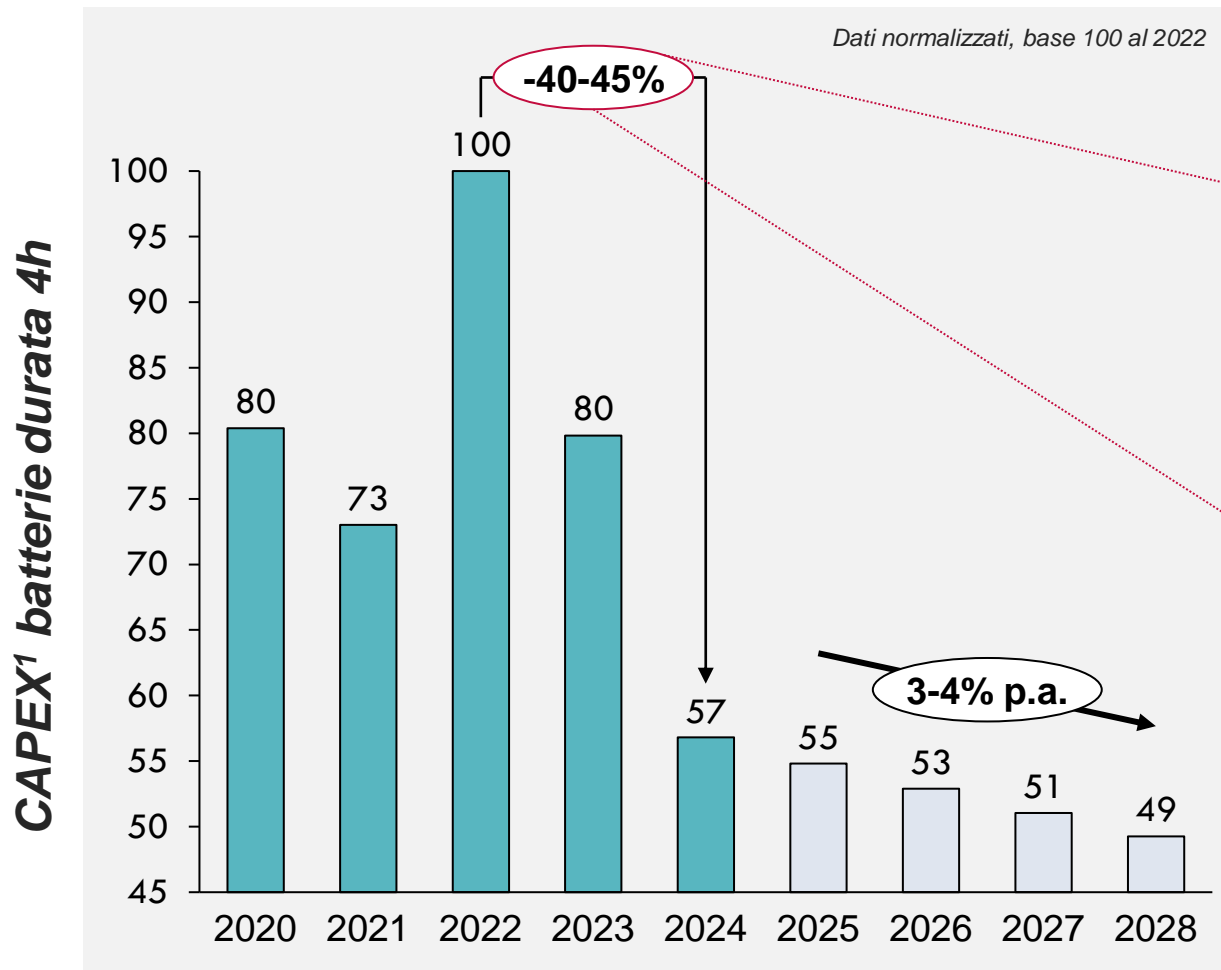
Alta penetrazione FER nella domanda

- ❑ La **produzione rinnovabile** ha coperto il **74%** della domanda elettrica giornaliera.
- ❑ Il picco di **quota FER**, registrato alle **13:00**, ha raggiunto il **97%** della domanda, nonostante il contributo modesto dell'**eolico**.

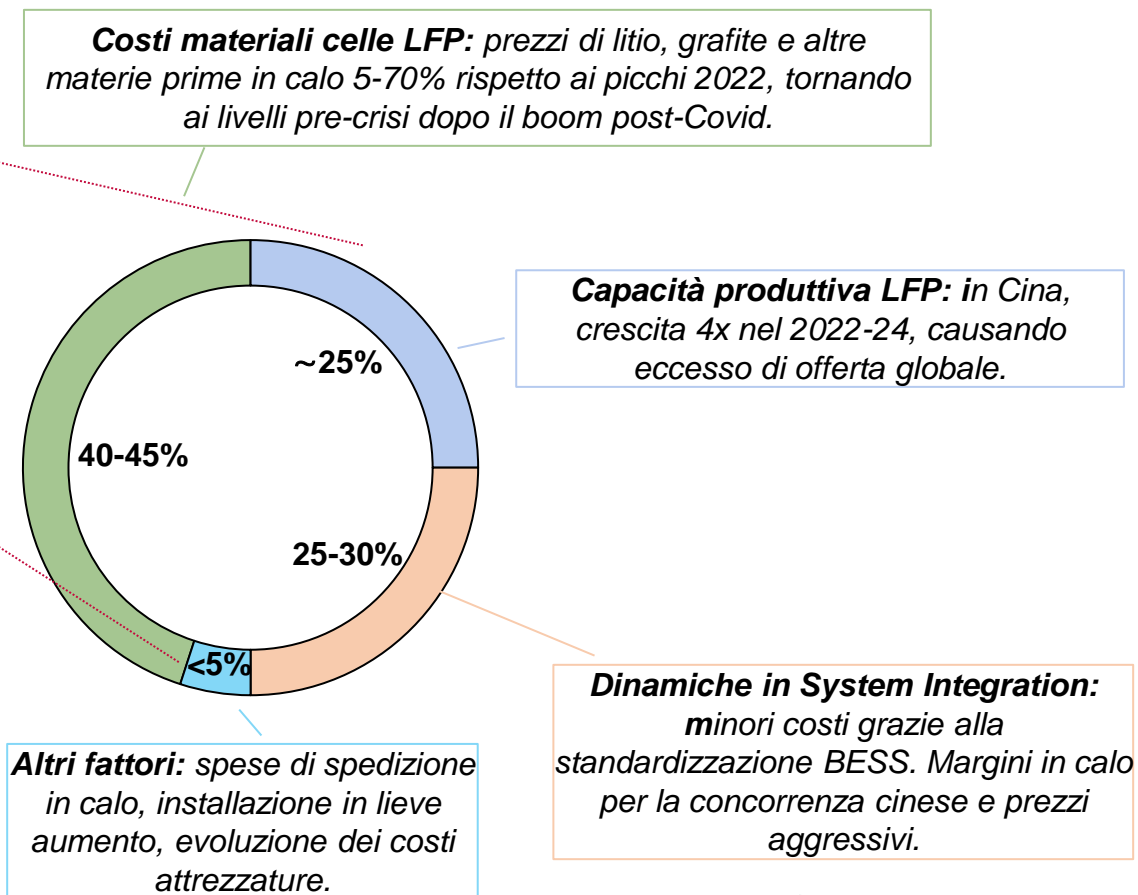
Bilancio Energetico



Evoluzione dei costi delle batterie e relativi driver



Fattori di riduzione dei CAPEX



1. Batterie, rack, BoS, elettronica di potenza, EPC, integrazione (margine incluso), spedizione, dazi, installazione, messa in servizio. Esclusi: connessione rete, terreni, sviluppo.

Nuovo meccanismo accumuli

Fattori abilitanti

Aste Terna per accumuli: Roadmap

- ❑ Terna avvierà le prime aste nella seconda metà del 2025 per le consegne 2028 (accumuli elettrochimici) e 2032 (pompaggi idroelettrici). Il fabbisogno di 50 GWh sarà acquistato progressivamente con aste annuali, evitando sovra-provvigionamenti e adeguandosi allo sviluppo di FER e rete.

Necessità di accumuli per il Sistema

- ❑ Gli accumuli acquisiti favoriranno l'**integrazione delle FER** e l'**adeguatezza** del sistema, dotandolo della **capacità di stoccaggio** necessaria alla piena integrazione della **generazione rinnovabile**.

Time Shifting

- ❑ I **systemi di accumulo** assorbono energia nelle ore centrali della giornata, caratterizzate da **alta produzione solare**, e la rilasciano nelle ore serali, quando il carico è maggiore e il contributo del **fotovoltaico** è minimo o assente.

Mix di Tecnologie

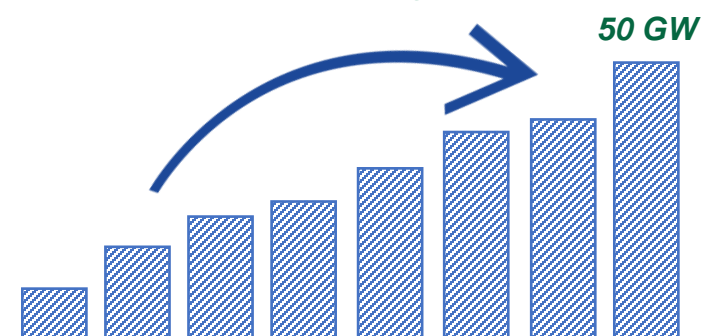
Batterie



Pompaggi



Fabbisogno



Timeline del MACSE

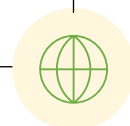
10/10/2024
Il MASE ha approvato la **Disciplina** del MACSE con il Decreto Ministeriale n.346



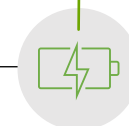
Entro il 02/06/2025
La **richiesta di ammissione al MACSE** deve essere presentata almeno 120 giorni prima dell'asta



Entro il 21/08/2025
La **documentazione relativa alla garanzia pre-asta** deve essere caricata sul Portale MACSE almeno 40 giorni prima dell'asta



30 Settembre 2025
Prima asta per l'anno di consegna 2028



28/02/2025
Il MASE ha approvato il **fabbisogno** di 10 GWh proposto da Terna per il 2028

Entro il 17/07/2025
Il **progetto** dovrà essere **qualificato sul portale MACSE** almeno 75 giorni prima dell'asta

Entro il 26/08/2025
La documentazione relativa ai **titoli autorizzativi** deve essere caricata **sul Portale MACSE** almeno 35 giorni prima dell'asta

Gennaio 2028
Entrata in esercizio degli impianti



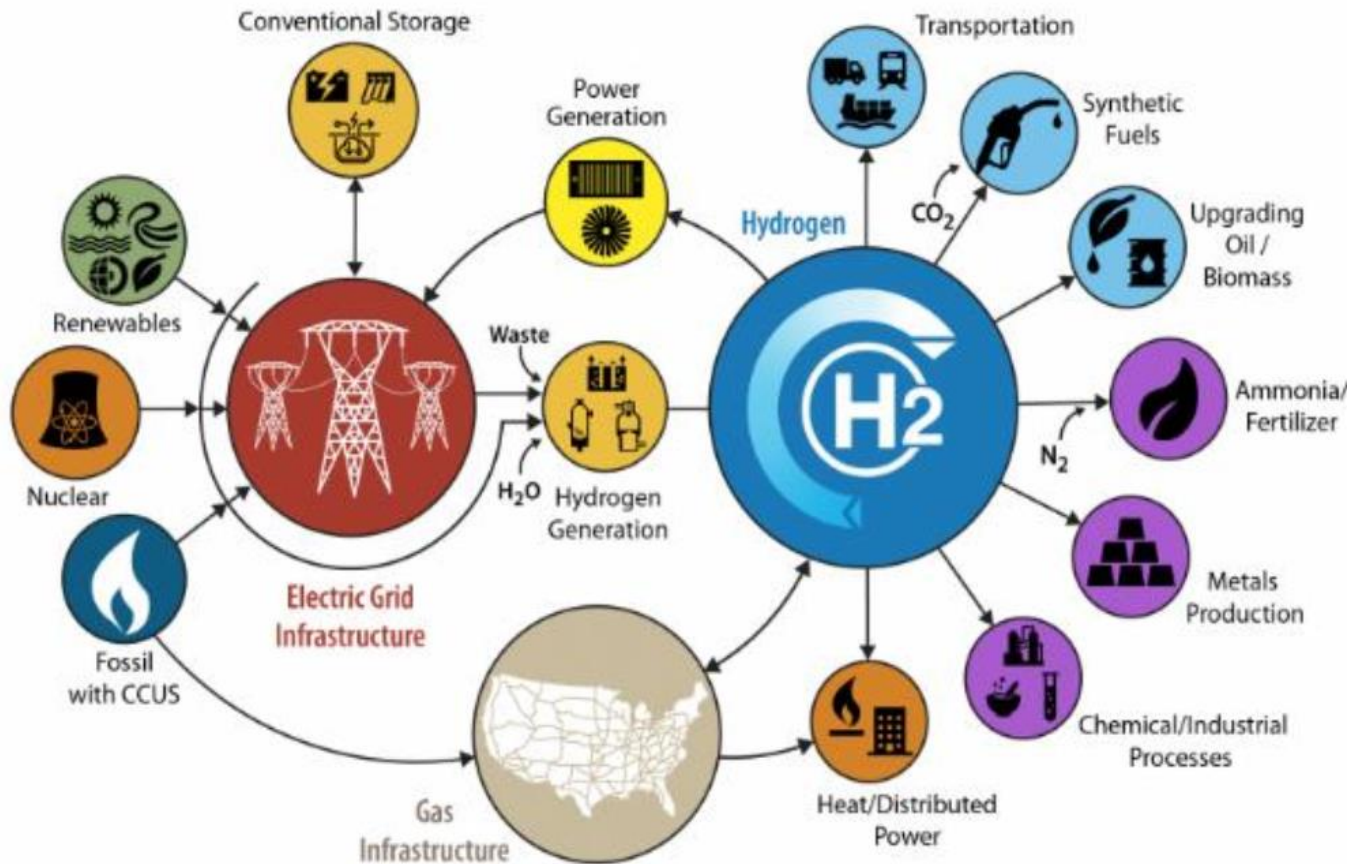
Idrogeno

Il Ruolo dell'Idrogeno nella Transizione Energetica

Sfide XXI del Secolo: l'Energia

Enrico Maria Carlini – 28 Marzo 2025

Integrazione settoriale



Il Power-to-Hydrogen avrà un ruolo chiave nella transizione verso un'energia a basse emissioni di carbonio.

L'idrogeno verde e i suoi derivati (combustibili sintetici) sono soluzioni efficaci, e in alcuni casi indispensabili, per la **decarbonizzazione** dei processi industriali ad **alta temperatura**, dei **trasporti pesanti a lunga distanza** e degli usi non energetici. Altri settori possono essere **sostituiti dalle FER variabili e decarbonizzati tramite elettrificazione diretta**.

Scenari energetici – Focus Idrogeno

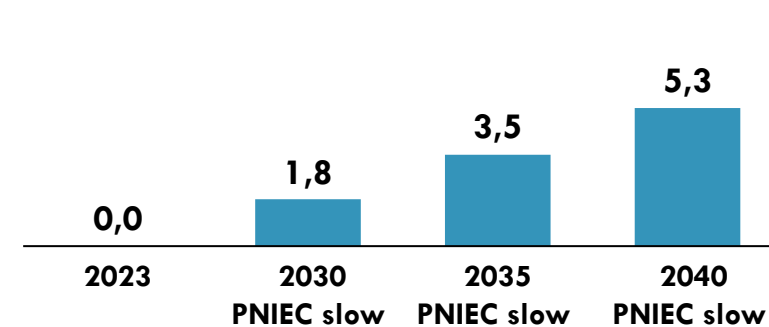
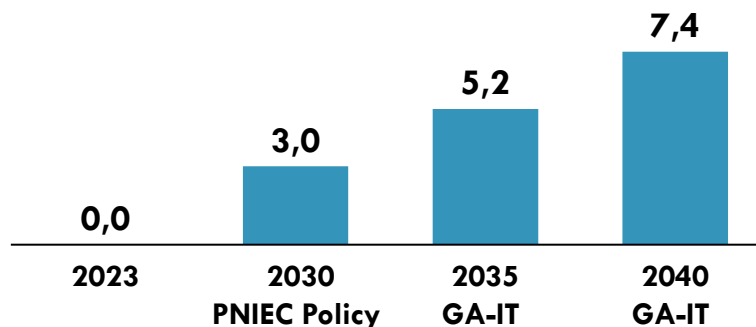
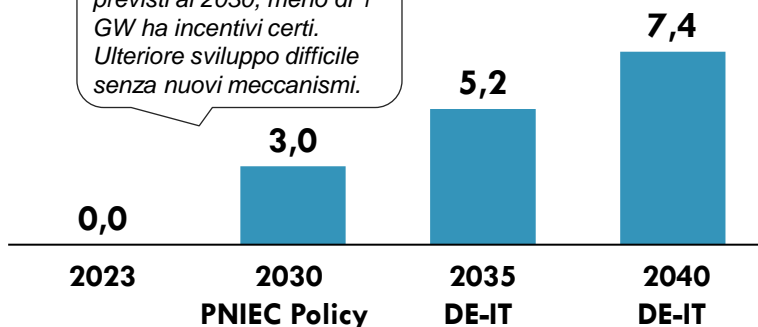
Evoluzione della capacità degli elettrolizzatori [GW_eI]

Distributed Energy Italia (DE-IT)

Global Ambition Italia (GA-IT)

PNIEC Slow

Dei 3 GW di elettrolizzatori previsti al 2030, meno di 1 GW ha incentivi certi. Ulteriore sviluppo difficile senza nuovi meccanismi.

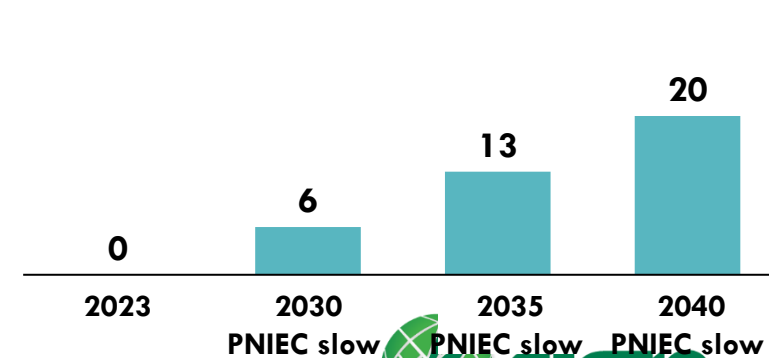
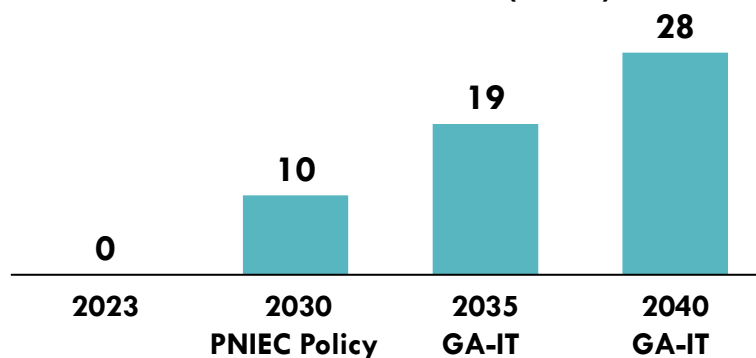
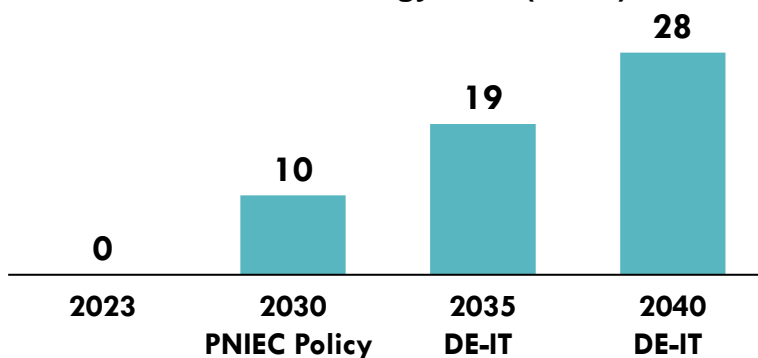


Evoluzione dei consumi elettrici degli elettrolizzatori [TWh_eI]

Distributed Energy Italia (DE-IT)

Global Ambition Italia (GA-IT)

PNIEC Slow



Thank you



cigre

For power system expertise