

Università di Parma – Anno Accademico 2024-2025

Prof. Stefano Caserini

Corso di Mitigazione dei cambiamenti climatici e dell'impatto ambientale

Le politiche sul clima a scala europea e nazionale

La politica UE sul clima

Le azioni nazionali

Problemi attuali

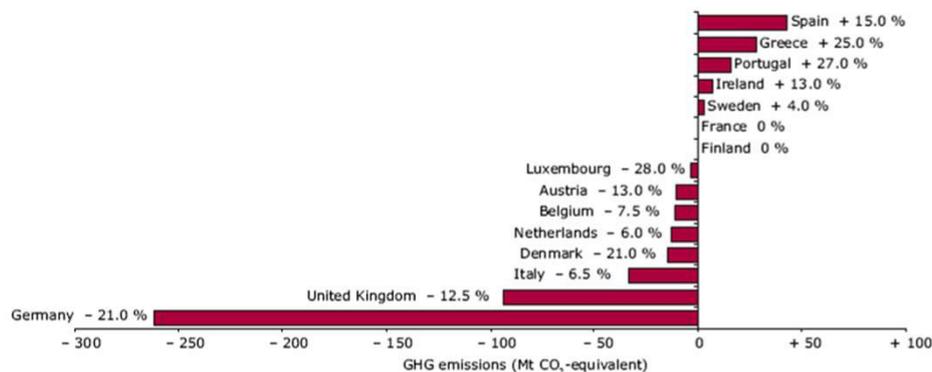
La politica climatica dell'Unione Europea 1/2

- 1996 – Prima indicazione di un obiettivo della politica climatica UE
- 1997 – Sottoscrizione del Protocollo di Kyoto (**-8 % per l'EU**)
- 1998 - Burden Sharing Agreement (suddivisione dell'impegno del PK fra gli Stati membri) (-6,5% per IT)
- 2002 - Ratifica del Protocollo di Kyoto
- 2003 – Direttiva Emission Trading (EU-ETS)
- 2008 – Pacchetto legislativo in materia di cambiamenti climatici ed energie rinnovabili (Climate Action and Renewable Energy Package), chiamato “Pacchetto clima energia” o “20-20-20” (**-20% nel 2020**)
- 2011 - Roadmap for moving to a competitive low-carbon economy in 2050

La politica climatica dell'Unione Europea 2/2

- 2014 - “2030 climate and energy goals for a competitive, secure and low-carbon EU economy”
- 2015 - Primo INDC europeo
- 2018: proposta della Commissione Europea do una Long-Term Strategy al 2050
- 11 dicembre 2019: proposta di European Green Deal
- 12 dicembre 2020: Legge europea sul clima
- 2021 – Aggiornamento dell'NDC europeo **(-55% nel 2030)**
- luglio 2021: Pacchetto «Fit for 55»
- Febbraio 2024: proposta della Commissione europea per gli obiettivi al 2040 **(-90% nel 2040)**
- 2025: secondo aggiornamento dell'NDC europeo

Ripartizione dell'obiettivo di riduzione delle emissioni di gas serra (2008-2012) del Protocollo di Kyoto (-6,5%) nei Paesi dell'Unione Europea (accordo “burden-sharing”)



Note: The base-year is 1990 for all EU-15 Member States for CO₂, methane (CH₄) and nitrous oxide (N₂O). 1995 is used for fluorinated gases, with the exception of France and Finland where 1990 is used.

Source: EEA.

Per l'Italia: impegno per il periodo 2008-2012 ad una riduzione del 6,5% delle emissioni di gas serra rispetto alle emissioni del 1990.

Climate Action and Renewable Energy Package Approvato dal Consiglio d'Europa del 12 dicembre 2008

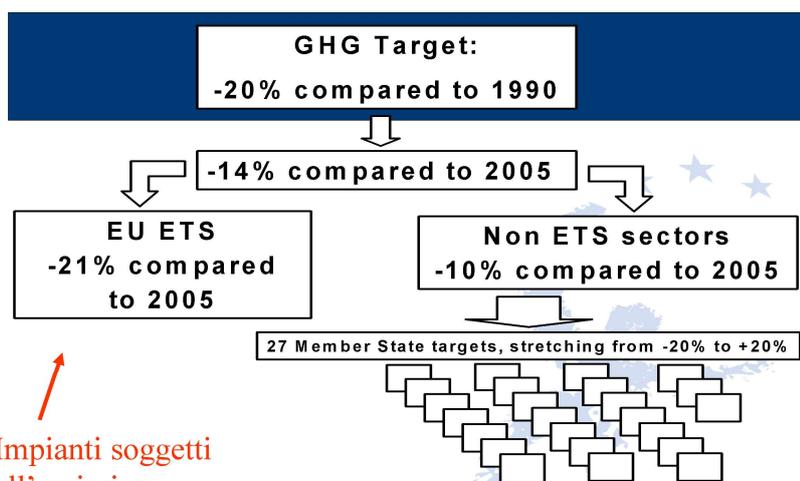
Il pacchetto clima-energia, chiamato «20-20-20», ha definito una politica integrata su clima ed energia, con 3 obiettivi e diverse azioni legislative per raggiungerli

Obiettivi

- Riduzione unilaterale emissioni di gas serra del **20%** per tutta la EU27 entro il 2020 rispetto ai livelli del 1990 (o del 30% nel caso di accordo internazionale) (*obiettivo vincolante*)
- Generazione di almeno il **20%** di energia da fonti rinnovabili (rispetto al totale consumo energetico dell'UE27) entro il 2020 (*obiettivo vincolante*)
- Aumento del **20%** dell'efficienza energetica (*obiettivo "aspirational"*) (20% di riduzione nel consumo di energia primaria, rispetto allo scenario di riferimento, da raggiungere attraverso i miglioramenti nell'efficienza energetica).

Il limite per le emissioni non è solo al 2020 ma è prevista una traiettoria lineare per raggiungere l'obiettivo 2020, quindi con obiettivi annuali, gestiti in forma di «allocazione» di emissioni permesse, su cui sono previste forme di flessibilità: è possibile «spostare» quote di emissioni da un anno all'altro.

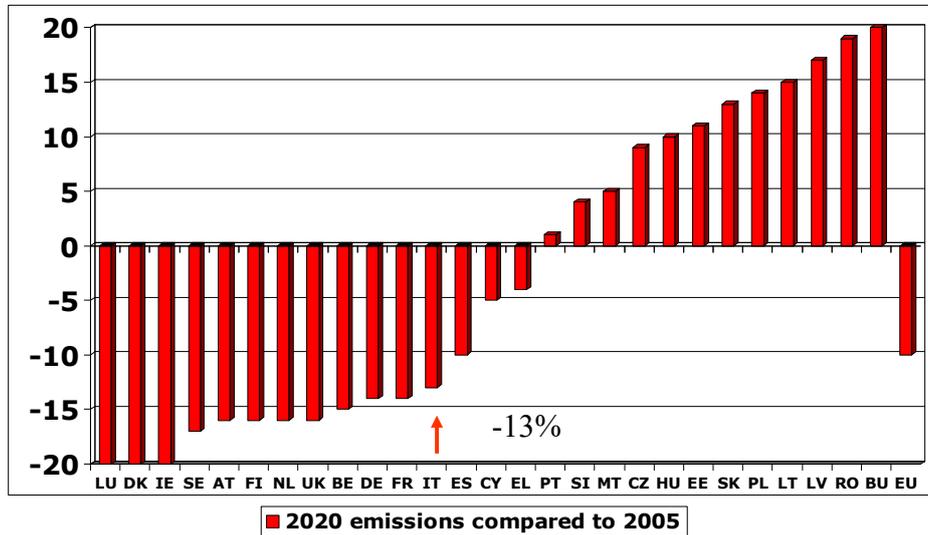
Architettura dell'obiettivo di riduzione delle emissioni di gas serra al 2020 dell'Unione Europea



Impianti soggetti all'emission trading

Effort Sharing: condivisione dello sforzo

Effort Sharing Decision
ripartizione delle riduzioni delle emissioni nei settori non-ETS
fra gli Stati Membri dell'EU27



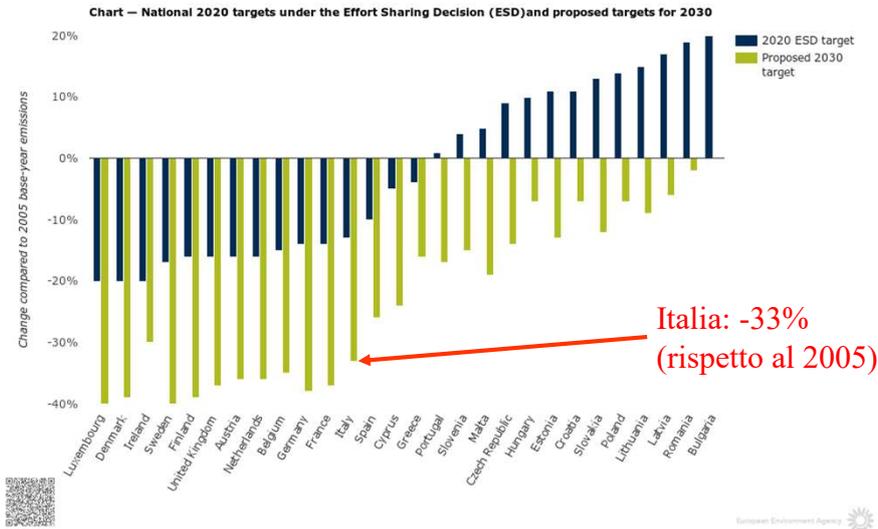
October 2014: “2030 climate and energy goals for a competitive, secure and low-carbon EU economy”

Tre obiettivi

- 1) Target to reduce EU domestic greenhouse gas emissions by 40% below the 1990 level, by 2030.
- 2) Objective of increasing the share of renewable energy to at least 27% of the EU's energy consumption by 2030.
- 3) Energy efficiency – increasing by at least 27% (or “at least 27% energy savings compared with the business-as-usual scenario”)

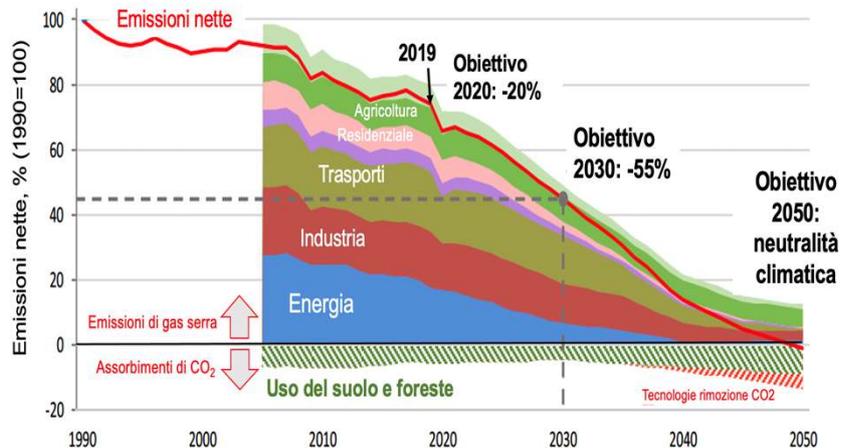
Anche questi obiettivi non sono solo sull'anno finale (2030) ma è prevista una traiettoria lineare per raggiungerlo, quindi con obiettivi annuali. Questi obiettivi sono stati rivisti al rialzo nel 2020 con l'European Climate Law (vedi in seguito)

Luglio 2016: proposta di Effort Sharing Decision (ESD) della Commissione Europea, ovvero per la suddivisione tra gli Stati Membri dell'obiettivo comunitario di riduzione delle emissioni di gas serra del 30% di riduzione dei settori non-ETS entro il 2030 (rispetto al 2005)



Consiglio europeo del 11/12/2020: approvazione della Legge europea sul clima, con l'obiettivo UE vincolante di «riduzione interna netta delle emissioni di gas a effetto serra di almeno il 55% entro il 2030 rispetto ai livelli del 1990»
 → questo valore è stato comunicato nel secondo NDC europeo

Riassunto: obiettivi climatici dell'Unione Europea al 2020, 2030 e 2050



Riassumendo, gli obiettivi complessivi assunti dall'UE (rispetto al 1990) sulle **emissioni di gas serra** (CO₂eq, GWP=100) sono:

-8% al 2008-2012 (Protocollo di Kyoto); -20% al 2020; **-55% al 2030**

Gli obiettivi sulle emissioni sono ancora suddivisi fra settori coperti dall'ETS (emission trading system: centrali termoelettriche, acciaio, cemento, vetro, raffinazione, traffico aereo interno UE), che coprono il 40% delle emissioni dell'UE, e i settori coperti dall' ESR (Effort Sharing Regulation), che riguardano il restante 60% delle emissioni UE

Obiettivi al 2030 (rispetto al 2005) sulle emissioni di CO₂eq

Settori coperti da ETS (emission trading system): -62% (era -21% al 2020)

Settori coperti da ESR (effort sharing regulation): -40% (era -10% al 2020)

Nel complesso i due obiettivi se rispettati portano a -55%

Come nel 2020, anche per il 2030 ci sono anche gli obiettivi su

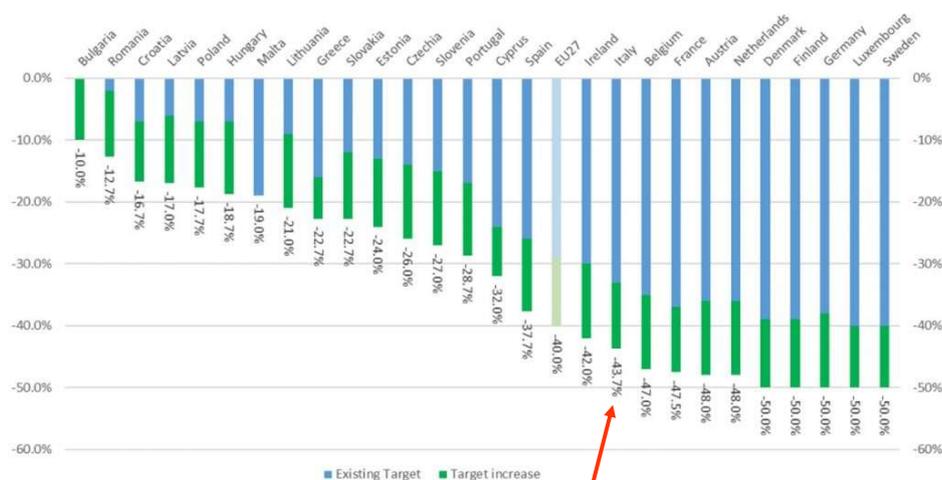
Energie rinnovabili: portare al **42,5%** la quota di energia prodotta da fonti rinnovabili nel mix energetico europeo.

Efficienza energetica: migliorare l'efficienza energetica del **32,5%**, riducendo il consumo complessivo di energia.

8 novembre 2022

Accordo sulla ripartizione nazionale degli obiettivi per i settori ESR

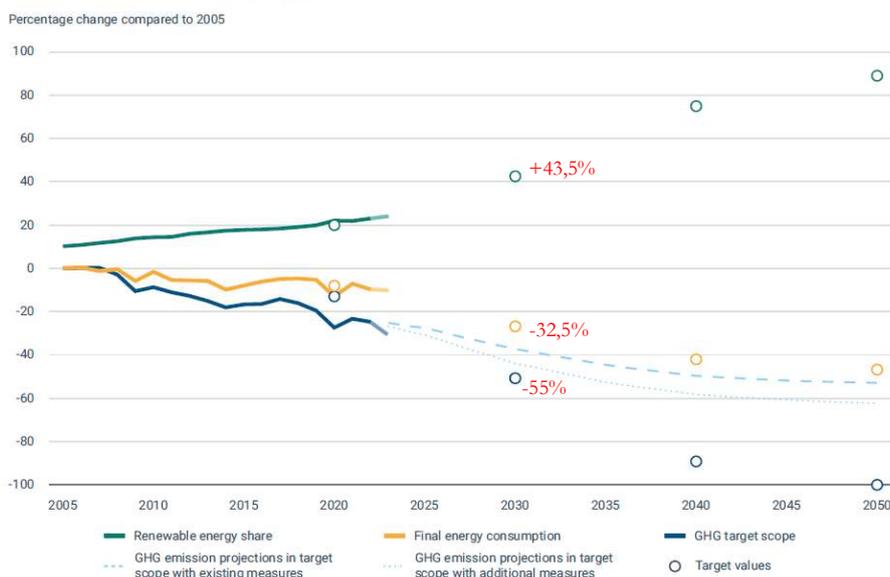
(Complessivamente: -40% rispetto al 2005)



Italia: -43,7% al 2030

Riduzione nel periodo 2005-2019 in Italia nei settori ESR: -19%

Figure ES.1 EU 2020 achievement and progress towards 2030 and 2050 climate and energy targets



Fonte: EEA, 2024 Trends and projections in Europe 2024

6 febbraio 2024

COMMUNICATION FROM THE COMMISSION TO THE EUROPEAN PARLIAMENT, THE COUNCIL, THE EUROPEAN ECONOMIC AND SOCIAL COMMITTEE AND THE COMMITTEE OF THE REGIONS

Securing our future

Europe's 2040 climate target and path to climate neutrality by 2050 building a sustainable, just and prosperous society

Raccomandazione della Commissione: riduzione nel 2040 del **90%** delle emissioni nette di gas serra, rispetto ai livelli del 1990

L'analisi contenuta nella valutazione d'impatto indica che, per raggiungere tale traguardo, le emissioni residue di gas serra dell'UE nel 2040 dovrebbero essere inferiori a 850 Mt CO₂eq (escluse le emissioni del settore LULUCF) e gli assorbimenti di carbonio dall'atmosfera (attraverso il suolo e gli assorbimenti industriali) dovrebbero essere pari a circa 400 Mt CO₂.

Per approfondimenti: Commissione europea (2024) Il traguardo climatico europeo per il 2040 e il percorso verso la neutralità climatica entro il 2050 all'insegna di una società giusta, prospera e sostenibile. <https://www.ingegneriadellambiente.net/ojs/index.php/ida/article/view/504>

L'Unione europea dovrà presentare nel 2025 il suo secondo NDC, e sarà chiamata a mettere in campo le azioni di implementazioni per il raggiungimento degli obiettivi definiti dagli NDC.

Il nuovo commissario per l'azione per il clima (l'olandese Wopke Hoekstra) nell'audizione che ha preceduto il suo insediamento (7 novembre 2024) ha ribadito di voler tradurre in un atto legislativo europeo il target al 2040.

Il quadro politico si è fatto recentemente più incerto, anche a causa delle ricadute dei cambiamenti politici negli Stati Uniti e delle tensioni geopolitiche portate dalle guerre in Ucraina e in Medio Oriente.

HEARING OF WOPKE HOEKSTRA

COMMISSIONER-DESIGNATE
(Climate, Net-Zero and Clean Growth)

THURSDAY, 7 NOVEMBER 2024
BRUSSELS

Honourable Members, please allow me to outline my vision on climate action. Science is crystal clear: climate change will result in rising sea levels, increased flooding, threaten our food supply, our lives and our human health and infrastructure, and we cannot wait. We have a responsibility for today, and most importantly, for the generations to come. If we want to do this well, we do need to address four core elements: climate action, competitiveness a just transition, and, of course, also the international dimension.

We need to strengthen climate action, and I am firmly committed to staying the course. The legislators have set a roadmap to follow to bring down emissions through ambitious climate objectives for 2030 and, of course, 2050. What I will do is table a targeted legislative proposal to enshrine a net 90% emission reduction target for 2040 in the European Climate Law. I will also bring forward proposals for the post-2030 climate policy framework to enable a predictable, fair and cost-efficient transition beyond 2030.

The consequences of climate change are, regrettably, already felt everywhere on the continent – from the floods this year in Spain, as I said, in central Europe and northern Italy, to wildfires in Greece and in Portugal. We need to better prepare ourselves for such devastating events because, unfortunately, we'll see more of it.

Da ricordare che alla base della politica europea sul clima non c'è solo la necessità di ridurre le emissioni di gas serra, ma anche la volontà di perseguire altri obiettivi importanti:

- sicurezza nell'approvvigionamento energetico
- riduzione dei costi per l'importazione dell'energia
- miglioramento della qualità dell'aria
- competitività nel settore delle nuove tecnologie
- sviluppo di nuovi posti di lavoro

Gli investimenti necessari (circa 270 miliardi di euro l'anno per i prossimi 40 anni, 1,5 % dell'attuale PIL dell'EU) non sono quindi visti solo come costi.

Molte politiche dell'EU trovano forti opposizioni da associazioni di categoria e da alcuni Stati Membri

«Italy will provide his fair share»

G. Meloni, intervento alla
COP27, dicembre 2022



...

La lotta ai cambiamenti climatici è uno sforzo comune che richiede il pieno impegno di tutti i Paesi ed una cooperazione pragmatica tra tutti i principali attori globali.

Purtroppo, dobbiamo ammettere che questo non sta accadendo.

Non possiamo nascondere il fatto che le nazioni che sono più impegnate a raggiungere questi obiettivi rischiano di pagare un prezzo a vantaggio di quelle che, oggi, sono le maggiori responsabili delle emissioni di CO₂ sul pianeta. Questo è paradossale e sono necessarie misure per correggere questi squilibri.

Altrimenti i nostri sforzi saranno vani e l'esito stesso di eventi come quello a cui stiamo partecipando oggi rischia di non produrre i risultati che la storia si aspetta da tutti noi.

Come leader, lo dobbiamo alle nostre generazioni future, poiché il nostro impegno a proteggere l'ambiente come parte della nostra identità è l'esempio più vivo dell'alleanza tra chi c'è, chi c'è stato e chi verrà dopo di noi.

L'Italia farà la sua giusta parte

Impegni sul clima per l'UE e l'Italia

Grandi impianti industriali: centrali termoelettriche, cementerie, acciaierie, raffinerie, ecc.	Sorgenti diffuse: riscaldamento edifici, traffico, piccola industria, agricoltura, ecc.	Usi del suolo, cambiamenti degli usi del suolo e foreste
Emission trading system ETS	Effort sharing regulation ESR	Regolamento LULUCF
Obiettivo di riduzione complessivo a livello UE	Obiettivo di riduzione per ogni stato membro dell'UE	Obiettivo per ogni stato membro UE
Obiettivo al 2030 riduzione emissioni del 62% (rispetto a 2005), per l'Italia non c'è obiettivo	Obiettivo al 2030: riduzione emissioni totale del 40% rispetto al 2005, per Italia -43,7%	Obiettivo al 2030: assorbimento di 310 MtCO₂eq (rispetto a 2020), per Italia 35,8 MtCO₂eq
Situazione nel 2023 UE: - 48% (rispetto a 2005)	Situazione nel 2023 IT: - 29% (rispetto al 2005)	Situazione nel 2023: n.d.

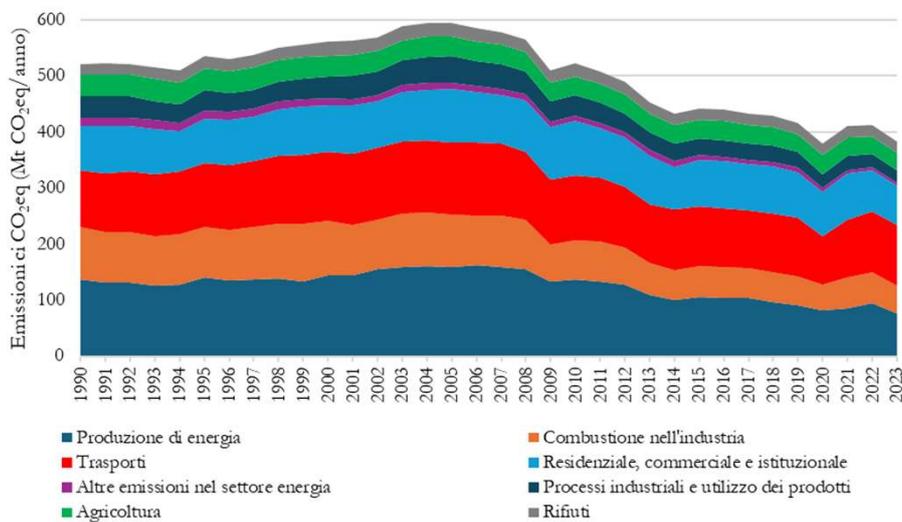


EEA – Agenzia Europea per l'ambiente,
Copenhagen



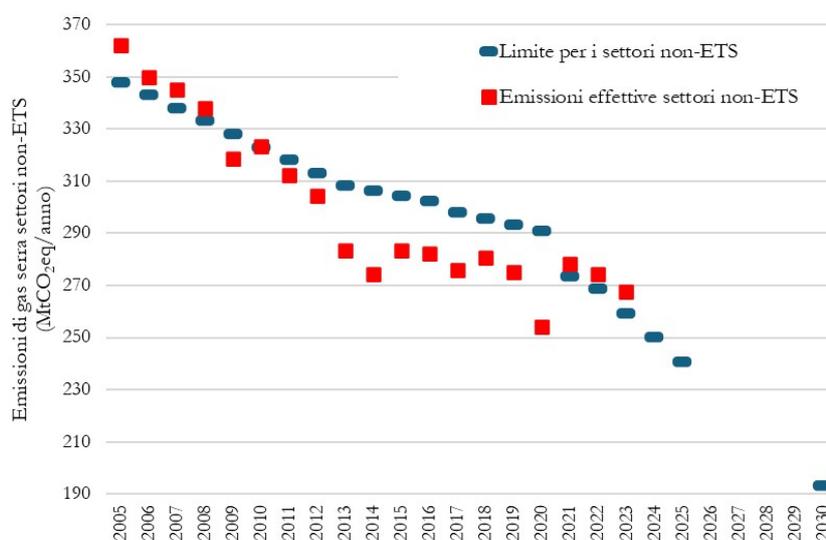
ISPRA – Istituto Superiore per la Protezione
e la Ricerca Ambientale, Roma

Emissioni di gas serra dell'Italia



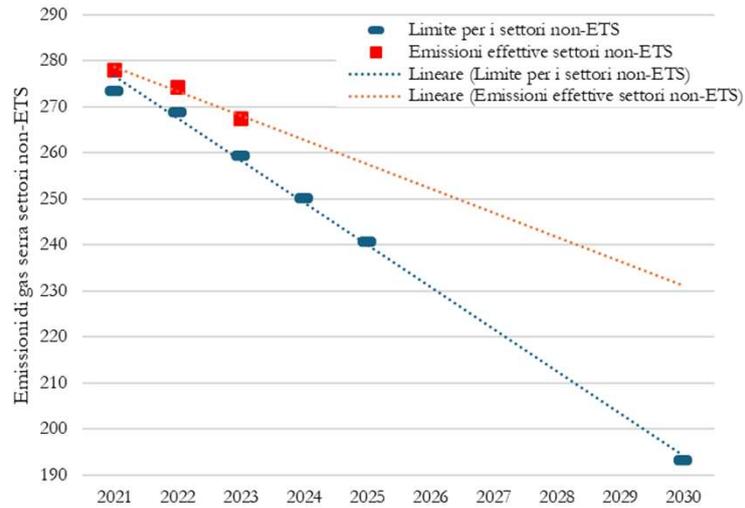
ISPRA (2025) *Le emissioni di gas serra in Italia. Obiettivi di riduzione al 2030*

Emissioni di gas serra dell'Italia Settori non soggetti all'Emission Trading System



ISPRA (2025) *Le emissioni di gas serra in Italia. Obiettivi di riduzione al 2030*

Emissioni di gas serra dell'Italia Settori non soggetti all'Emission Trading System



ISPRA (2025) Le emissioni di gas serra in Italia. Obiettivi di riduzione al 2030

Piano Nazionale Integrato per l'Energia e il Clima 2030

<https://www.mase.gov.it/energia/energia-e-clima-2030>

5 settori d'intervento («dimensioni»):

- Decarbonizzazione
- Efficienza energetica
- Sicurezza energetica
- Sviluppo del mercato interno dell'energia
- Ricerca, dell'innovazione e della competitività.

491 pagine...

PIANO NAZIONALE
INTEGRATO PER
L'ENERGIA E IL CLIMA

Ministero dell'Ambiente e della Sicurezza Energetica

Piano Nazionale Integrato per l'Energia e il Clima 2030

L'Italia condivide pienamente l'orientamento comunitario teso a rafforzare l'impegno per la decarbonizzazione dei sistemi energetici ed economici europei, e a portare l'Europa ad essere la prima area regionale ad avere una dimensione sociale, economica e produttiva totalmente ad emissioni nette nulle, anche al fine di ottenere una leadership in tale settore in ambito internazionale e quindi ad essere una guida delle altre economie mondiali.

...
 Occorre **coniugare le politiche di decarbonizzazione** con quelle volte a mantenere la **qualità della vita e dei servizi sociali, la lotta alla povertà energetica, e il mantenimento della competitività e dell'occupazione**, data la struttura del tessuto produttivo e manifatturiero italiano, non solo nei confronti dei **paesi extraeuropei che ancora non attuano con pari determinazione e velocità le politiche di decarbonizzazione**, ma anche evitando fenomeni di **concorrenza intraeuropea, a causa di misure nazionali non armonizzate a livello comunitario**.



PIANO NAZIONALE INTEGRATO PER L'ENERGIA E IL CLIMA PROGRESS REPORT

PROGRESS REPORT

Avanzamento del PNIEC rispetto agli obiettivi di riduzione delle emissioni e della transizione.



REPORT
OTTOBRE 2024

GOVERNANCE DEL CLIMA



OBIETTIVI ITALIA	DOVE SIAMO OGGI	VALUTAZIONE POLITICHE	ESEMPI
<ul style="list-style-type: none"> Una governance strutturata Un PNIEC attuativo Un sistema di monitoraggio, valutazione e possibilità di aggiustamento delle politiche Dialogo multilivello tra le istituzioni e i soggetti coinvolti nell'attuazione Volontà politica di continuare il percorso di decarbonizzazione 	<ul style="list-style-type: none"> Aggiornamento Strategia di Lungo Periodo Iniziativa del Governo su Input Parlamento Adozione legge clima Delibera CITE o CIPES5 per attuazione PNIEC Osservatorio PNIEC Attivazione dialogo multilivello Valutazione Ambientale Strategica 	<ul style="list-style-type: none"> Piano Strutturale di bilancio Decreto-legge ambiente Decreto Aree Idonee 	<ul style="list-style-type: none"> Il Piano Strutturale di Bilancio non crea spazio adeguato per una strategia di finanziamento delle politiche climatiche Il decreto aree idonee ha permesso alla Sardegna di proporre un disegno di legge che individua il 99% del territorio come area non idonea

SOSTENIBILITÀ SOCIOECONOMICA DELLA TRANSIZIONE

10%
2024.....→2030

OBIETTIVI ITALIA	DOVE SIAMO OGGI	VALUTAZIONE POLITICHE	ESEMPI
<ul style="list-style-type: none"> ▪ Iniziative istituzionali volte a valutare la sostenibilità socio-economica delle politiche e misure per il clima ▪ Monitoraggio e valutazione dell'impatto sociale e occupazionale della transizione nel tempo ▪ Analisi delle ricadute economico-occupazionali della transizione (<i>Just Transition</i>) 	<ul style="list-style-type: none"> ● Coerenza della spesa pubblica rispetto a obiettivi socio-economici e climatici ● Coerenza della fiscalità rispetto a obiettivi socio-economici e climatici ● Valutazione degli impatti distributivi delle misure della transizione e delle mitigazioni di tali impatti ● Identificazione di indicatori per caratterizzare la povertà energetica 	<ul style="list-style-type: none"> ● Revisione incentivi edilizi per compensare la regressività di quelli presenti ● Definizione dei Piani Sociali Clima ● Definizione dei Piani Territoriali di Giusta Transizione ● Definizione di un Piano per la giusta transizione dei lavoratori 	<ul style="list-style-type: none"> ● La mancata integrazione della fiscalità con gli oneri parafiscali non permette di valutare il costo finale dell'energia in ottica di competitività e sostenibilità sociale ● Discussione parlamentare su occupazione e Stellantis: la mozione di maggioranza approvata il 25.09, impegna il Governo a rallentare la transizione, specialmente nel settore automotive, senza una valutazione degli effetti di medio periodo

Fonte: ECCO, 2025

Le scalmane dell'Unione. *E industriali e sindacati approfittano del caldo per spillare soldi al governo* **Ci truffano anche sul clima**

Oggi la Ue ratifica l'accordo sull'ambiente: costerà 484 miliardi l'anno per abbassare la temperatura di 0,05° entro il 2100. L'hanno votato solo 7 Stati su 28, ma cosa conta in Europa la democrazia?

Il terrorismo green divide anche i ministri

Ma quale boom dell'auto elettrica Ritornano pure le regine del diesel

Altro appello degli scienziati di Clintel-Italia: «La transizione verde non è una soluzione, anzi causa e aggrava problemi»

Cingolani: "La transizione ecologica potrebbe essere un bagno di sangue"

Intervista alla Stampa del ministro: "I cambiamenti radicali hanno un prezzo"

Eurofregatura sul clima. E senza voto

Il vero obiettivo delle Brigate Caldo: convincerci ad aprire il portafoglio

► BRUXELLES MATRIGNA

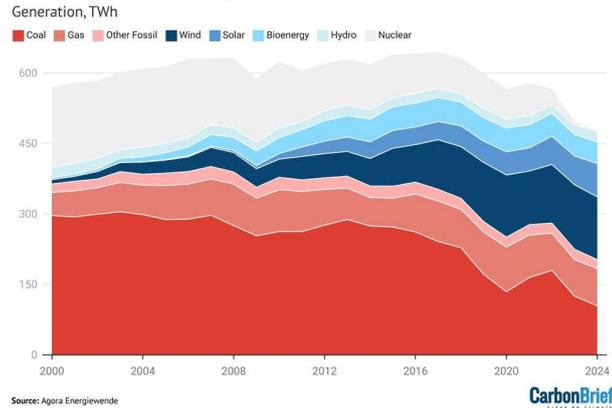
L'Europa confisca la casa agli italiani Se non è green non si può vendere

Viaggio tra i lavoratori della Bosch colpiti dalla fine del diesel: "Hanno deciso di farci morire"

500 miliardi per abbassare il termometro di 0,05 gradi

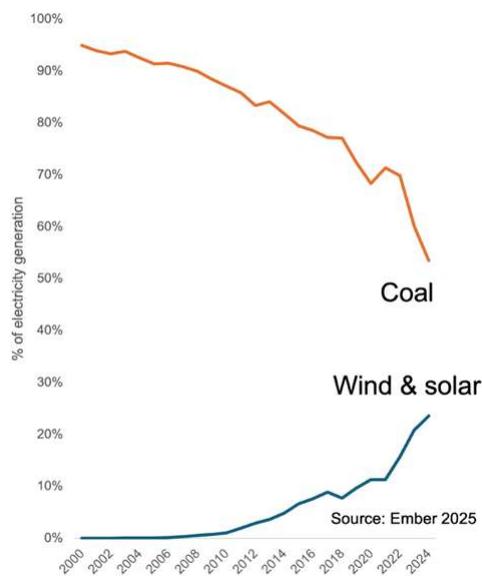
Persino i nostri moraleggianti partner tedeschi destabilizzati dall'emergenza energetica mutano la traballante transizione verde – più ideologia che realtà – in regressione nera: ritorno al carbone, di qualità specialmente inquinante. Il tutto, naturalmente, per opera di un governo centrato sui Verdi.
 (Lucio Caracciolo, Limes 11/2024)

Shares of coal generation in the German electricity mix has fallen as renewables continue to grow



Polonia

Percentuale di generazione di elettricità da carbone e sole + vento



Chicco Testa: «Far uscire la Ue dallo stallo? Mettiamo in stand-by le tasse ambientali»

di Fausta Chiesa

Testa presiede il Comitato d'onore del Festival dell'Energia di Lecce, in programma dal 29 al 31 maggio. Tra gli ospiti Lucio Caracciolo, Francesco Rutelli, il ministro dell'Ambiente Pichetto Fratin e il vicepresidente esecutivo della Commissione Ue Fitto

Chicco Testa: sospendiamo le tasse ambientali

«La geopolitica – spiega Chicco Testa, presidente del Comitato d'onore - avrà un'importanza molto grande, con Trump sta cambiando tutto. Il secondo tema è la transizione. Sul versante europeo è evidente che siamo in una situazione di stallo, ma non ci sono stati finora cambiamenti importanti, che invece servirebbero». Per esempio? **«Perché non lo mettiamo in stand-by i costi per la CO₂?** Le tasse ambientali hanno senso quando hai il prezzo di un bene basso e lo vuoi alzare per produrre efficienza. Sospendere l'Ets sarebbe un *boost* per l'economia europea e invece si parla di estenderlo. Von der Leyen è in mezzo al guado: nella sua testa ha già archiviato la stagione precedente ma la sua maggioranza la frena. Ora il problema sono la difesa e la competitività, ma bisogna superare la forza inerziale della vecchia legislatura».

Si parlerà anche di bollette, cercando di spiegarle in modo semplice. Perché la questione prezzi per famiglie e imprese in Italia è un tema cruciale. «Siamo in un momento importante, perché l'Italia sta tornando al nucleare e c'è bisogno di un'informazione oggettiva, non ideologica e consapevole per spiegare che cosa sono per esempio gli *Small modular reactors* o la fusione», analizza Chicco Testa.

Corriere della Sera, 24/4/2025

EDITORIALE

Si è squarciato il velo di ipocrisie e conformismi collettivi verdi. La nuova percezione va affrontata

di Ferruccio de Bortoli | 27 feb 2025

L'insostenibilità (sociale) della transizione

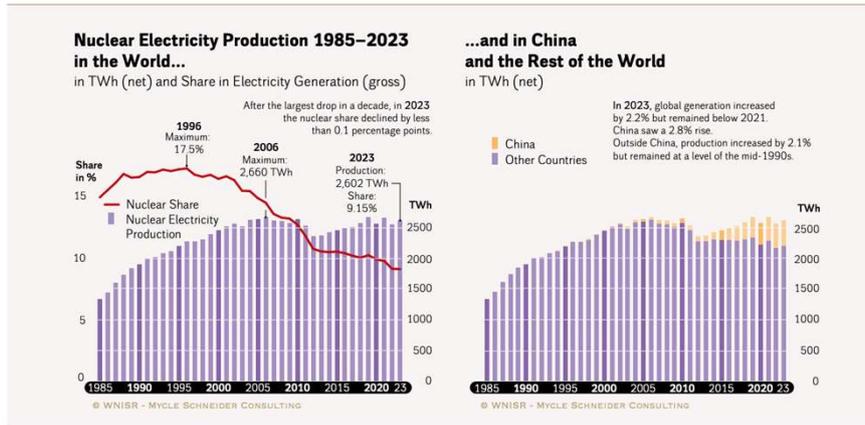
La transizione energetica è di per sé socialmente iniqua. Questo è il punto dolente. Le compensazioni a favore dei ceti più deboli non appaiono al momento convincenti. E in una democrazia (per fortuna) le persone votano. E oggi il voto non va nella direzione di una decarbonizzazione accelerata. Tutt'altro. La paura non può essere una colpa. Non sembra reggere il sistema di *carbon price*. Sotto accusa il mercato dei certificati di inquinamento (European Trade emission) che, paradossalmente, nel caso dell'auto favorisce il principale nemico dell'Unione europea, ovvero Elon Musk. La sua Tesla può cedere ad altri, guadagnandoci, i permessi ad inquinare. **L'iperegolamentazione è il tallone d'Achille dell'Unione europea** ed è dunque inevitabile che, nel momento in cui si spinge di più per costituire gruppi più competitivi per dare maggiore spazio alla ricerca e alle start up, si proceda a forti semplificazioni. Sono peraltro le riforme che costano meno. E non va dimenticato che gran parte del faraonico impianto di regole, in molte materie dell'Ue, è frutto dell'azione delle lobby corporative e del loro potere di pressione sul legislatore. Non è una perversione delle istituzioni europee e delle loro burocrazie. Ma al di là di queste osservazioni legate all'attualità politica, dobbiamo chiederci se qualcosa è cambiato anche nella percezione popolare della necessità urgente della transizione energetica. La notizia che lo scorso gennaio è stato il gennaio più caldo di sempre, come lo era stato l'intero 2024, è passata pressoché inosservata. Non solo in Italia. Ma un po' ovunque. Anche in quei Paesi di maggiore tradizione ambientalista. Come se ormai ci fossimo rassegnati al riscaldamento climatico.

Corriere della Sera, Pianeta 2030, 27/2/2025

Il nucleare oggi

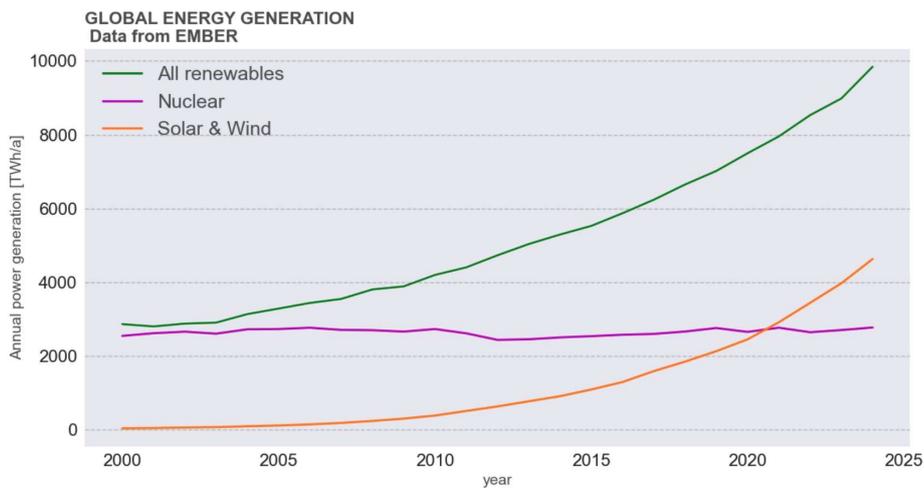
- Numero reattori e potenza installata stabile negli ultimi 20 anni
- Quota di generazione in calo nel mix elettrico mondiale: da 17,5% a 9%
- Generazione elettrica annua stagnante in valore assoluto, ~2.600 TWh/anno, ma grazie all'incremento della produzione in Cina

Figure 2 - Nuclear Electricity Generation in the World... and China



Sources: WNISR, with IAEA-PRIS and Energy Institute, 2024

La produzione di elettricità nucleare sarà sempre meno importante rispetto a quella rinnovabile



Tipologie di impianti nucleari

Fissione nucleare: processo di fissione di nuclei pesanti, es. di uranio o torio, che opportunamente bombardati con neutroni, causano una reazione a catena che permette di produrre energia in modo continuo. Il calore sviluppato dalle reazioni di fissione è utilizzato per scaldare l'acqua producendo vapore, come nelle centrali termoelettriche convenzionali, trasformata quindi l'energia termica in energia meccanica e quindi in energia elettrica. Tecnologia più antica e consolidata

Fusione nucleare: in modo simile alla reazione nucleare che avviene nel sole o in altre stelle: due nuclei di elementi leggeri, quali deuterio e trizio, a temperature e pressioni elevate, fondono formando nuclei di elementi più pesanti come l'elio con emissione di grandi quantità di energia (→ elettricità). Tecnologia ancora in fase di ricerca e sviluppo

Small modular reactors (SMR): impianti a fissione di taglia ridotta (50-300 MWe), rispetto a 1000-2000 MWe degli impianti tradizionali, al fine di ridurre i costi e le difficoltà nell'installazione. Tecnologia da poco disponibile a livello commerciale

Fast Reactor di quarta generazione: il reattore non si autosostiene, se non è costantemente eccitato tende a spegnersi, e questo rappresenta una sicurezza intrinseca. Tecnologia ancora in fase di ricerca e sviluppo

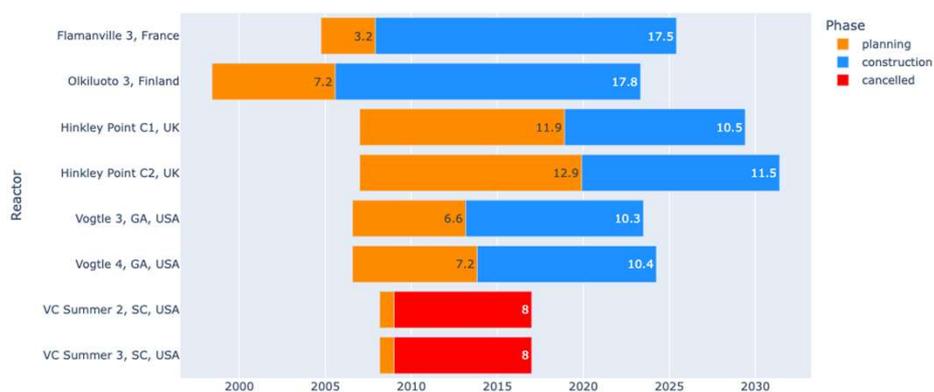
Utilità del nucleare nel sistema energetico

- Possibilità di fornire energia nei periodi in cui l'energia solare non fornisce potenza (es. notte)
- L'energia nucleare è programmabile, ed ha un fattore di disponibilità circa dell'80%: 1 GW di nucleare produce molto di più di 1 GW di eolico o solare
- Utile per la rapida decarbonizzazione richiesta dagli scenari climatici più ambiziosi
- Possibilità di favorire la fuoriuscita dal carbone nei paesi emergenti
- Utile dove la domanda di energia cresce rapidamente
- Utile dove la riduzione dell'inquinamento atmosferico è una priorità
- Costi bassi di generazione elettrica se sono già stati ammortizzati i costi di costruzione dell'impianto

Criticità dell'opzione nucleare

- Il nucleare è molto costoso da costruire (CAPEX elevati), più economico da gestire (OPEX) rispetto alle fossili, ma non rispetto alle rinnovabili.
- I costi di generazione elettrica delle rinnovabili (solare e eolico) sono scesi e sono già oggi molto inferiori.
- Lunghi tempi di costruzione: → incertezze legate a maggiore competitività futura di altre fonti.
- Sforamento tempi e budget
- Disponibilità di acqua di raffreddamento in periodi siccitosi
- Costi assicurativi
- Gestione rifiuti radioattivi
- Capacità di fronteggiare attacchi terroristici?
- Possibilità di gestire in altri modi la variabilità della produzione rinnovabile
- Prestazioni inferiori alle attese
- Rischio di incidenti gravi

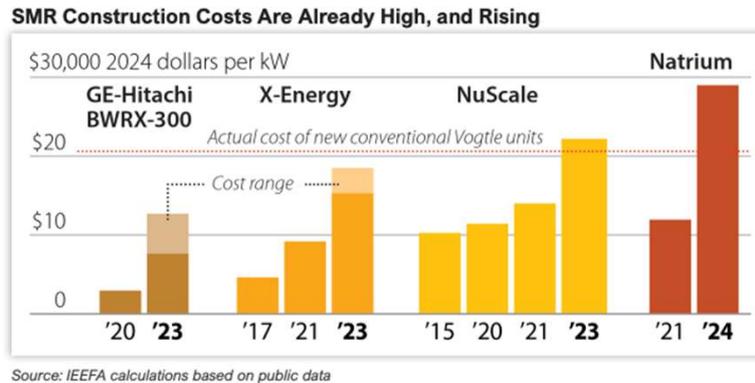
Lunghi tempi di costruzione



- Tempo dal progetto all'operatività: 17-25 anni, media 21 anni
- Tempi di costruzione in Nord-America ed Europa Occidentale 10-18 anni
- Tasso di cancellazione dei reattori che hanno iniziato una fase costruttiva: 25%

SMR – sforamenti di budget

Anche i progetti di small modular reactors (SMR), ancora sulla carta, stanno registrando simili sforamenti di budget



Per approfondimenti: IEEFA 2024, Nuclear Hype Ignores High Cost, Long Timelines

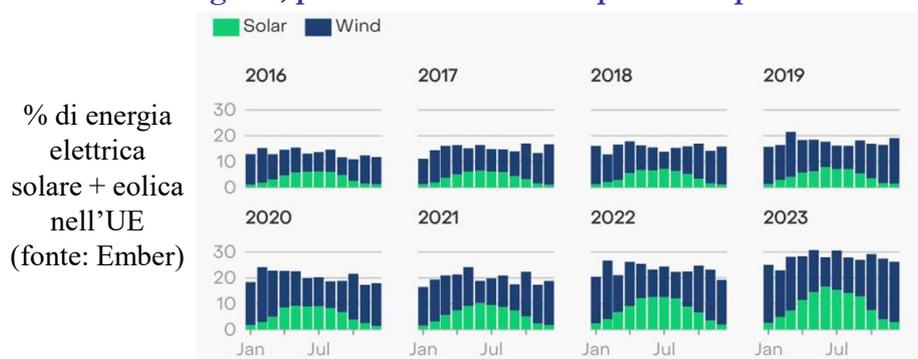
NUSCALE è un esempio di fallimento dei progetti piccoli reattori modulari

Leve per gestire la variabilità della produzione rinnovabile

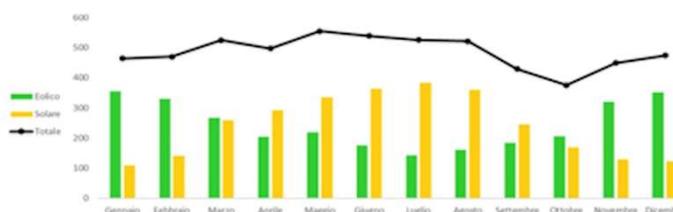
per ordine decrescente di convenienza

1. Diversificazione solare – eolico (hanno diverse dinamiche di produzione)
2. Trasmissione d'area vasta
3. Flessibilità della domanda (smart grid, Internet of Things)
4. Integrazione usi finali e vettori (termico + trasporti + elettro-combustibili)
5. Accumuli non elettrici (negli usi termici)
6. Uso batterie dei veicoli (vehicle-to-grid)
7. Integrazione con rinnovabili programmabili: idroelettrico e biomasse
8. Accumuli dedicati di breve-media durata: batterie
9. Accumuli dedicati di media-lunga durata: pompaggi.

Eolico + solare forniscono una generazione stabile di elettricità in tutte le stagioni, perché sono in buona parte complementari



Produzione mensile in Italia – zona SUD di 1,8 GW solare e 1 GW eolico



Nucleare come utile distrazione da politiche di decarbonizzazione più impegnative

- La sinergia eolico-solare rende non necessario il ricorso alla fonte nucleare
- Il nucleare come integrazione alle rinnovabili ha costi molto elevati
- La variabilità di solare ed eolico è gestibile con numerose altre leve prima di far ricorso all'accumulo elettrochimico
- L'energia nucleare ha chiari limitazioni legate agli elevati costi di investimento e ai lunghi tempi di progettazione e costruzione
- Investimenti nel nucleare rimangono rischiosi senza ampie garanzie dello Stato
- Sono disponibili numerosi scenari modellistici che simulano con dettaglio orario il pieno funzionamento del sistema elettrico nazionale ed europeo senza l'utilizzo dell'energia nucleare

Per approfondimenti: Prager et al. (2024) *Valutazione dell'idoneità dell'energia nucleare alla mitigazione dei cambiamenti climatici: rischi tecnici, implicazioni economiche e incompatibilità con i sistemi di energia rinnovabile*. Ingegneria dell'Ambiente Vol. 11 n. 2/2024.

→ Elly materiale per approfondimenti