

# AIDIC

PRODUZIONE ENERGETICA DISTRIBUITA DA  
FONTI RINNOVABILI PER ACCELERARE LA  
TRANSIZIONE ECOLOGICA: SFIDE E  
OPPORTUNITÀ PER L'ITALIA

## 1. INTRODUZIONE



Giugno 2021

**AIDIC**

# 1. Introduzione

Per raggiungere l'obiettivo della neutralità climatica al 2050, l'Unione Europea ha posto il settore energetico al centro di un processo di trasformazione che coinvolge tutti i comparti della filiera, dalla produzione al consumo di energia. Promuovere la transizione energetica rappresenta dunque un elemento chiave per raggiungere gli obiettivi stabiliti e ridurre l'impatto antropico sul cambiamento climatico.

Per raggiungere l'obiettivo della neutralità climatica al 2050, l'Unione Europea ha posto il settore energetico al centro di un processo di trasformazione che coinvolge tutti i comparti della filiera, dalla produzione al consumo di energia.

In Italia nell'ultimo decennio le FER hanno fatto registrare una crescita in termini sia di potenza installata sia di produzione energetica, guidate prevalentemente da solare fotovoltaico, eolico e idroelettrico, arrivando nel 2021 a coprire il 23% dei consumi finali lordi di energia. Nonostante ciò, il trend di crescita attuale risulta ancora troppo basso per consentire il raggiungimento degli obiettivi stabiliti al 2050, recentemente rilanciati dalla Commissione Europea con il Pacchetto Fit for 55 (taglio delle emissioni del 55% dei livelli del 1990 e aumento dal 32 al 40% della quota di energia da fonti rinnovabili nel consumo finale lordo di energia entro il 2030).

Se da una parte sono diversi gli ostacoli che frenano lo sviluppo del settore e la realizzazione di nuovi impianti, dall'altra la volontà degli stakeholder coinvolti ad investire in questo settore e il know how di cui dispongono possono rappresentare un volano per la crescita delle economie locali e lo sviluppo del Paese.

# 1. Introduzione

Tuttavia, per garantire una più rapida ed efficiente crescita del parco rinnovabile italiano sarà fondamentale porre la giusta attenzione verso quei fattori abilitanti che potranno favorire questo processo, tra cui: la semplificazione degli iter autorizzativi, l'integrazione dell'attuale quadro normativo al fine di incentivare e facilitare lo sviluppo del settore, un adeguato sviluppo delle infrastrutture di stoccaggio, trasmissione e distribuzione. Il presente documento, realizzato dal Gruppo di Lavoro AIDIC "Fonti Rinnovabili e produzione distribuita", si pone l'obiettivo di analizzare le soluzioni oggi disponibili per la produzione distribuita di energia da fonti rinnovabili. L'emergenza geopolitica e di sicurezza energetica scaturita dal conflitto in Ucraina insieme alle già pressanti tematiche di aumento dei prezzi dell'energia e di necessaria azione sul fronte dei cambiamenti climatici, rendono sempre più urgente e strategico lo sviluppo delle fonti rinnovabili distribuite (solare, eolico, da biomasse, bioliquidi, biogas, biometano, fazione umida dei rifiuti, ecc.) che non potrà avvenire se non saranno rimossi ostacoli di natura autorizzativa e di sviluppo delle reti verso una sempre maggiore integrazione tra vettore elettrico e molecole decarbonizzate

L'analisi approfondirà nel dettaglio sfide ed opportunità legate alle soluzioni oggi disponibili nei diversi settori del comparto energetico nazionale. Si cercherà di evidenziare le ricadute sulle unità di produzione, anche di piccole dimensioni, soprattutto in relazione al recente aumento dei prezzi dei combustibili fossili, cercando di valutare quanto la produzione distribuita (smart grid) possa contribuire alla transizione energetica.



# 1. Introduzione

## Indice:

### 1. Introduzione

1.1 Il contesto internazionale e gli obiettivi stabiliti

1.2 Il quadro nazionale

### 2. Le fonti rinnovabili

2.1 solare fotovoltaico

2.2 solare termico

2.3 eolico

2.4 idroelettrico

2.5 bioenergie

2.6 geotermia

### 3. Barriere allo sviluppo

3.1 Le infrastrutture di trasporto e distribuzione

3.2 Disponibilità e approvvigionamento dei metalli

3.3 Accettabilità sociale e consapevolezza dei consumatori

### 4. Conclusioni

# 1.1 Introduzione: il contesto internazionale

La legislazione dell'UE sulla promozione delle energie rinnovabili si è evoluta in maniera significativa negli ultimi 15 anni. Nel 2009 i leader dell'UE hanno fissato l'obiettivo di una quota del 20 % del consumo energetico da fonti rinnovabili entro il 2020. Nel 2018 è stato concordato l'obiettivo di una quota del 32 % del consumo energetico da fonti rinnovabili entro il 2030. Nel luglio 2021, alla luce delle nuove ambizioni dell'UE in materia di clima, è stato proposto ai colegislatori di innalzare l'obiettivo, portando tale quota al 40 % entro il 2030. Dopo l'invasione russa dell'Ucraina e la conseguente crisi energetica, l'UE ha deciso di ridurre rapidamente la sua dipendenza dai combustibili fossili russi prima del 2030 accelerando la transizione verso l'energia pulita. Il quadro politico aggiornato in materia di energie rinnovabili per il 2030 e il periodo successivo al 2030 è in fase di discussione.

Di seguito sono riportati i principali documenti con sintesi e riferimenti promulgati dalla UE.

## *1. Direttiva sulle energie rinnovabili (RED I): verso il 2020*

*La direttiva originaria sulle energie rinnovabili, adottata mediante codecisione il 23 aprile 2009 ([direttiva 2009/28/CE](#), che abroga le direttive [2001/77/CE](#) e [2003/30/CE](#)), ha stabilito che entro il 2020 una quota obbligatoria del 20 % del consumo energetico dell'UE sarebbe dovuta provenire da fonti rinnovabili. Inoltre, tutti gli Stati membri erano tenuti a garantire che il 10 % del carburante utilizzato per i trasporti derivasse da fonti rinnovabili.*

<https://eur-lex.europa.eu/legal-content/IT/ALL/?uri=CELEX:32009L0028>

# 1.1 Introduzione: il contesto internazionale

## 2. Direttiva sulle energie rinnovabili (RED II/III/IV): verso il 2030

Nel luglio 2021, nell'ambito del pacchetto legislativo finalizzato alla [realizzazione del Green Deal europeo](#), la Commissione ha proposto una [modifica \(RED II\)](#) alla direttiva sulle energie rinnovabili per allineare gli obiettivi in materia di energie rinnovabili alla sua nuova ambizione climatica. La Commissione ha proposto di aumentare la quota vincolante di energie da fonti rinnovabili nel mix energetico dell'UE al 40 % entro il 2030 e ha promosso la diffusione dei combustibili rinnovabili, quale l'idrogeno nell'industria e nei trasporti, con obiettivi aggiuntivi.

Nel maggio 2022, nell'ambito del [piano REPowerEU](#) a seguito dell'aggressione russa contro l'Ucraina, la Commissione ha proposto una nuova modifica [\(RED III\)](#) per accelerare la transizione verso l'energia pulita in linea con la graduale eliminazione della dipendenza dai combustibili fossili russi. La Commissione ha proposto di installare pompe di calore, aumentare la capacità solare fotovoltaica e importare idrogeno rinnovabile e biometano per innalzare al 45 % l'obiettivo di fonti energetiche rinnovabili per il 2030.

Il 9 novembre 2022 la Commissione [ha proposto](#) una nuova modifica [\(RED IV\)](#) del regolamento del Consiglio che istituisce un quadro per accelerare la diffusione delle energie rinnovabili. In base alla proposta, gli impianti di produzione di energia rinnovabile saranno considerati d'interesse pubblico prevalente; ciò consentirà nuove procedure più rapide per il rilascio delle autorizzazioni e deroghe specifiche alla legislazione ambientale dell'UE.

<https://eur-lex.europa.eu/legal-content/IT/TXT/?uri=CELEX:52022DC0230>

[https://ec.europa.eu/commission/presscorner/detail/it/IP\\_22\\_6657](https://ec.europa.eu/commission/presscorner/detail/it/IP_22_6657)

# 1.1 Introduzione: il contesto internazionale

Il cambiamento climatico è diventato un tema cruciale a livello globale, e molti paesi e organizzazioni stanno adottando misure per contrastarlo:

**Accordo di Parigi sul clima:** l'accordo è stato adottato nel 2015 da 196 paesi e stabilisce l'obiettivo di limitare l'aumento della temperatura media globale a meno di 2 gradi Celsius rispetto ai livelli preindustriali, cercando di limitare l'aumento a 1,5 gradi Celsius. L'accordo prevede anche che i paesi collaborino per ridurre le emissioni di gas a effetto serra e migliorare l'adattamento ai cambiamenti climatici.

**Obiettivi di sviluppo sostenibile dell'ONU:** gli obiettivi di sviluppo sostenibile dell'ONU includono obiettivi specifici per affrontare il cambiamento climatico, come la riduzione delle emissioni di gas a effetto serra e l'aumento dell'uso di energie rinnovabili.

**Il G20:** il G20 è un forum internazionale che riunisce i rappresentanti dei 20 paesi più industrializzati del mondo e l'Unione europea. Tra i suoi obiettivi c'è quello di affrontare il cambiamento climatico, promuovendo la riduzione delle emissioni di gas a effetto serra.

**Programma delle Nazioni Unite per l'ambiente:** il programma delle Nazioni Unite per l'ambiente si occupa di affrontare il cambiamento climatico a livello mondiale, promuovendo la riduzione delle emissioni di gas a effetto serra, la conservazione della biodiversità e l'uso sostenibile delle risorse naturali.

**Energia rinnovabile:** molte nazioni stanno aumentando l'uso di energia rinnovabile, come solare e eolica, per ridurre le emissioni di gas a effetto serra.

**Tasse sulle emissioni di carbonio:** alcune nazioni hanno introdotto tasse sulle emissioni di carbonio per incentivare le aziende a ridurre le emissioni e promuovere l'uso di energia rinnovabile.

**Questi sono solo alcuni degli sforzi in corso per contrastare il cambiamento climatico a livello mondiale. Tuttavia, molti ritengono che ci sia ancora molto da fare per raggiungere gli obiettivi stabiliti e garantire un futuro sostenibile per il pianeta.**

## 1.2 Introduzione: il quadro nazionale

In Italia, la legislazione per il cambiamento climatico è principalmente basata su due strumenti normativi: la Legge Quadro sul Cambiamento Climatico del 2015 e il Piano Nazionale Integrato per l'Energia e il Clima (PNIEC) 2021-2030.

La Legge Quadro sul Cambiamento Climatico (L. n. 99/2015) stabilisce gli obiettivi di riduzione delle emissioni di gas a effetto serra, promuove l'efficienza energetica e la produzione di energia da fonti rinnovabili, nonché la riduzione dell'impatto ambientale dei trasporti e dei processi produttivi. Inoltre, la legge istituisce il Comitato Interministeriale sul Cambiamento Climatico (CICC) che ha il compito di coordinare le azioni del governo per la riduzione delle emissioni di gas serra e la mitigazione dei loro effetti.

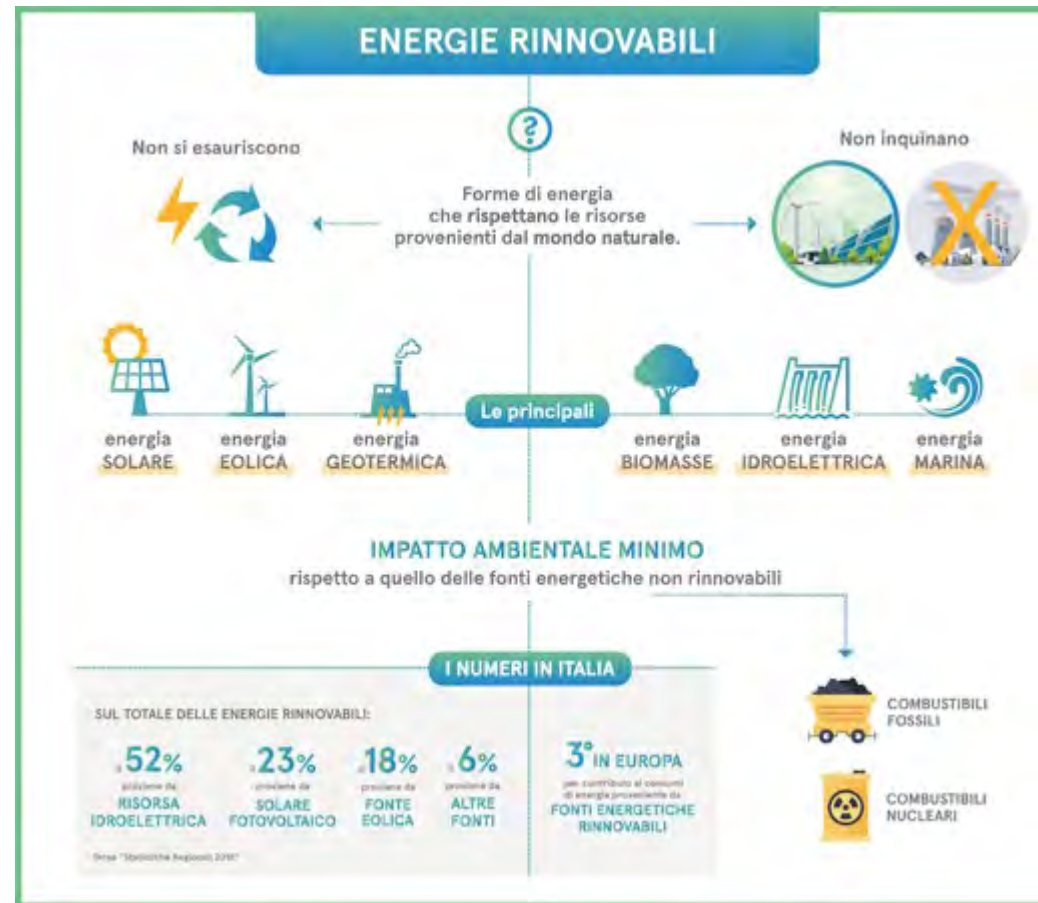
Il Piano Nazionale Integrato per l'Energia e il Clima (PNIEC) 2021-2030 è il principale strumento di pianificazione e programmazione delle politiche energetiche e climatiche dell'Italia per il prossimo decennio. Il piano prevede un obiettivo di riduzione del 33% delle emissioni di gas serra rispetto ai livelli del 1990 entro il 2030, con una quota del 30% di energia prodotta da fonti rinnovabili entro il 2030. Inoltre, il PNIEC definisce le misure per incentivare l'efficienza energetica, la mobilità sostenibile, la gestione sostenibile dei rifiuti, la tutela della biodiversità e la promozione di sistemi di agricoltura sostenibile.

<https://www.gazzettaufficiale.it/eli/id/2016/11/10/16G00214/sg>

[https://www.mise.gov.it/images/stories/documenti/PNIEC\\_finale\\_17012020.pdf](https://www.mise.gov.it/images/stories/documenti/PNIEC_finale_17012020.pdf)



## 2. Le fonti rinnovabili

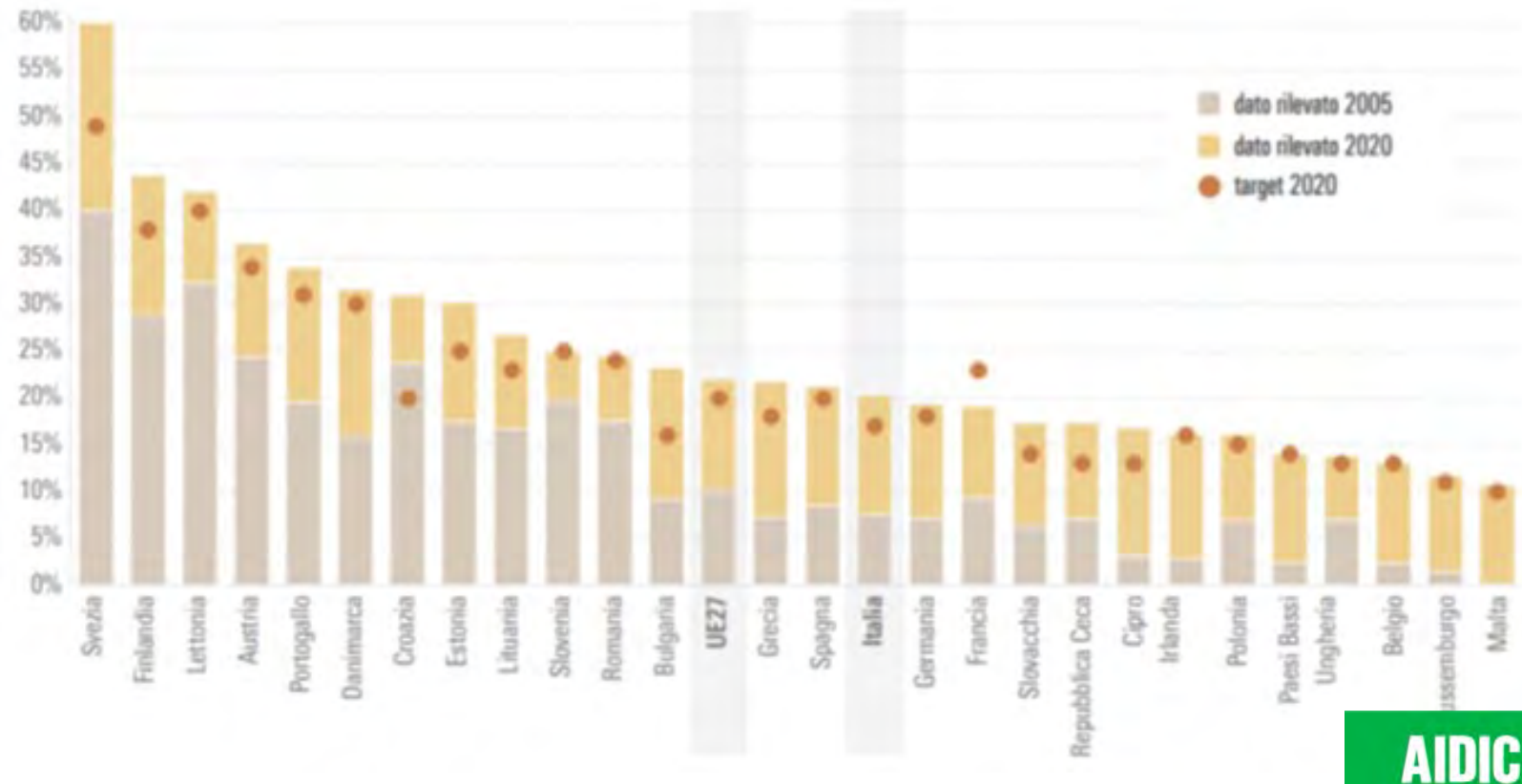


<https://www.vivienergia.it/casa/vivipedia/consigli-di-risparmio/energie-rinnovabili-cosa-sono-e-come-funzionano>

## 2.1 Il solare fotovoltaico

**In Italia**, nel 2020 la quota dei consumi complessivi di energia coperta da FER ha raggiunto il 20,4%; si tratta di un dato superiore sia al target fissato dalla Direttiva 2009/28/CE per il 2020 (17%) sia - di oltre 2 punti percentuali - al dato 2019 (18,2%). Questo dato è stato condizionato sensibilmente dagli impatti della pandemia, generando riduzioni significative dei consumi energetici complessivi e in particolare di quelli dei prodotti petroliferi utilizzati nel settore dei trasporti. I dati del 2021 indicano una ripresa dei consumi energetici, con conseguente riduzione della quota coperta da rinnovabili, che – in ogni caso - si attesta intorno al 19%.

**A livello di UE27**, la quasi totalità dei Paesi ha registrato una quota dei Consumi Finali Lordi (CFL) coperta da rinnovabili superiore all'obiettivo fissato dalla Direttiva 2009/28/CE per il 2020.



## 2.1 Il solare fotovoltaico in Italia: investimenti in rinnovabili e ricadute occupazionali

Per il 2021, la stima degli **investimenti** in **nuovi impianti di produzione** di energia elettrica da **fonti rinnovabili** si attesta a circa **2 mld€**, in particolar modo nel settore fotovoltaico (1 mld€) ed eolico (633 mln€) Tali investimenti si stima che abbiano attivato un'occupazione "temporanea" corrispondente a oltre 14.000 unità di lavoro (ULA) dirette e indirette. La gestione "ricorrente" di tutto il parco degli impianti in esercizio, a fronte di una spesa di quasi 4 mld€, si ritiene abbia attivato oltre 33.800 ULA dirette e indirette.

In ambito di rinnovabili elettriche, nel 2021 è entrata in esercizio una **potenza incrementale** di circa 1,4 GW, di cui **oltre 900 MW da fonte fotovoltaica**, buona parte dei quali (oltre 540 MW) relativi a nuovi impianti di generazione distribuita in Scambio sul Posto, circa 50 MW realizzati con il DM 4 luglio 2019 (FER-1) e per il resto ascrivibili a interventi non incentivati. Al fotovoltaico si aggiungono circa 420 MW di eolico, per buona parte (240 MW) incentivati con il FER-1.



Tecnologia	Investimenti (mln€)	Occupati temporanei diretti + indiretti (ULA)
Fotovoltaico	1.055	6.337
Eolico	633	4.864
Idroelettrico	185	1.625
Biogas	93	777
Biomasse solide	50	409
Bioliquidi	-	-
Geotermoelettrico	-	-
<b>Totale</b>	<b>2.016</b>	<b>14.011</b>

## 2.1 Il solare fotovoltaico: gli obiettivi sulle rinnovabili

Come detto, la quota di fonti rinnovabili sul consumo finale lordo di energia nell'UE ha raggiunto nel 2020 il 22%, superando di 2 punti percentuali l'obiettivo per il 2020 (stabilito dalla direttiva UE 2009/28/CE, successivamente abrogata dalla c.d. RED II, direttiva UE 2018/2001). La proposta della Commissione modifica ulteriormente la direttiva vigente sulla promozione dell'energia da fonti rinnovabili (UE 2018/2001, c.d. **REDII**), stabilendo che gli Stati membri provvedano collettivamente a farsi che la quota di energia da FER nel consumo finale lordo di energia dell'Unione nel 2030 raggiunga almeno il 40% (contro il 32% attualmente previsto). È prevista anche la modifica del regolamento c.d.governance (UE 2018/1999) per tener conto del nuovo target.

32%

obiettivo della quota FER dei CFL(\*) nell'UE al 2030 secondo il pacchetto "Cleanenergy for all europeans" varato nel 2019

40%

obiettivo della quota FER dei CFL nell'UE al 2030 secondo il pacchetto "Fit for 55" presentato nel 2021

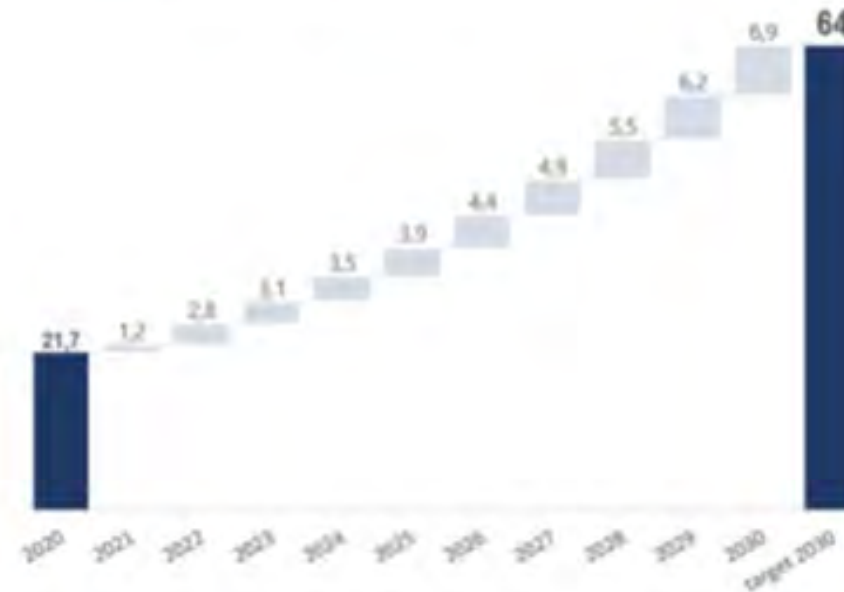
45%

obiettivo della quota FER dei CFL nell'UE al 2030 secondo il piano "Repower EU" presentato nel 2022

(\*) CFL: consumo finale lordo

Nuova potenza annua fotovoltaica (GW)

Prima stima, coerente con target Green Deal

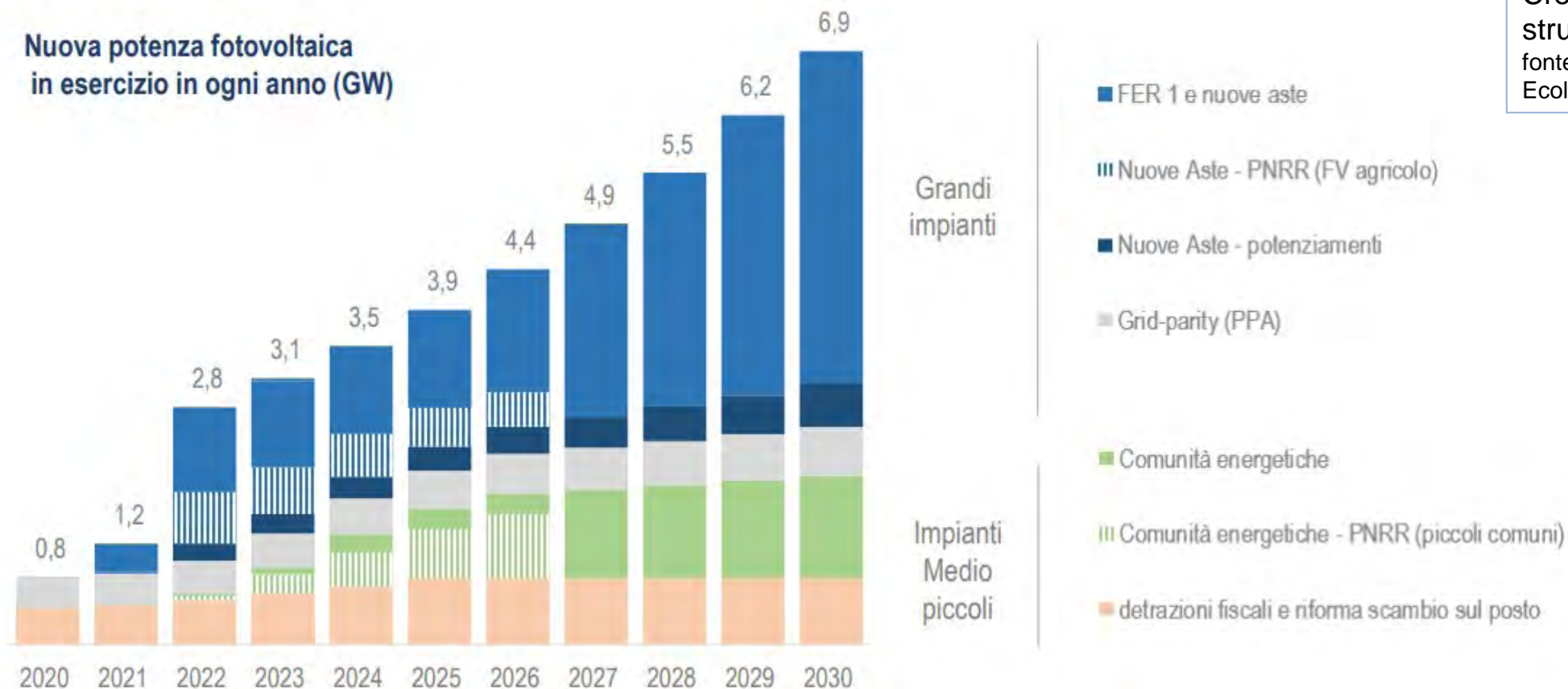


~ 43 GW di nuova potenza FV installata al 2030

Traiettorie crescita annua del PV, fonte Ministero Transizione Ecologica

## 2.1 Il solare fotovoltaico: le possibili misure per lo sviluppo del fotovoltaico

Coerentemente con i target definiti dalla REDII, gli Stati membri dovranno introdurre nella disciplina nazionale misure volte ad aumentare la quota di energia elettrica e di riscaldamento e raffrescamento da fonti rinnovabili nel parco immobiliare, anche tramite misure volte a incrementare ad es. l'**autoconsumo** e le **comunità energetiche**.



Crescita PV, misure e strumenti  
fonte Ministero Transizione Ecologica



## 2.1 Il solare fotovoltaico: le tecnologie

Le tecnologie esistenti sono:

- Silicio. E' la tecnologia più utilizzata e rappresenta il 95% del mercato, grazie a costi ridotti, buona disponibilità di materie prime e affidabilità delle prestazioni. Si suddivide in quella basata su silicio monocristallino (più efficiente, più costoso) e multicristallino (meno efficiente, più economico).
- Film sottili. Consiste in celle ottenute da deposizione di uno strato sottile di semiconduttore; prevalentemente tellururo di cadmio (75% dei casi), silicio amorfo o seleniuro di rame, indio e gallio. Dati i bassi spessori i costi sono relativamente bassi, ma sono più basse sono anche le efficienze. Sono utilizzate in settori in cui contano leggerezza e flessibilità.
- Multigiunzioni. Si tratta di dispositivi costituiti da celle con assorbimento della luce complementare, sovrapposte tra loro. Sono basate su elementi dei gruppi III-V (gallio, fosforo, indio, arsenico...). Hanno efficienze molto elevate (prossime al 50%), ma sono molto costose. Trovano applicazione in settori di nicchia (es. industria aerospaziale).
- Tecnologie emergenti. Sono le celle basate su composti semiconduttori organici (OPV), con efficienze relativamente basse e ancora a livello di sviluppo embrionale. Più recentemente l'attenzione si è rivolta a quelle basate su perovskiti ibride, che hanno efficienze superiori a quelle del silicio e costi potenzialmente molto bassi; è una tecnologia molto giovane, con enorme potenzialità di sviluppo e possibilità di soppiantare il silicio nel lungo termine.

## 2.1 Il solare fotovoltaico: celle e moduli al silicio

Il silicio policristallino è prodotto da precursori a base di silicio mediante crescita in fase vapore. Successivamente viene usato come materia prima per la crescita di mono- o multicristalli con diversi livelli di drogaggio (di tipo n, con fosforo, o di tipo p, con boro o gallio). I cristalli vengono tagliati in *wafer*, che sono sottoposti a trattamenti chimici superficiali (*texturing*, passivazione...) diversi a seconda della tipologia di cella. Sulle celle sono depositati i contatti, quindi sono collegate in moduli mediate dei *ribbon*. Viene infine aggiunto il vetro, il *backsheet*, e il telaio.

Le tipologie principali di celle sono:

- Al-BSF (Aluminium Back Surface Field)
- PERC (Passivated Emitter Rear Contact)
- TOPCon (Tunnel Oxide Passivating Contact)
- HJT (Hetero Junction Technology)
- IBC (Interdigitated Back Contact)

Recentemente sono salite alla ribalta (per ora al livello di laboratorio):

- Celle tandem silicio-perovskite

## 2.1 Il solare fotovoltaico: le tecnologie delle celle al silicio - 1

### Al-BSF (Aluminium Back Surface Field)

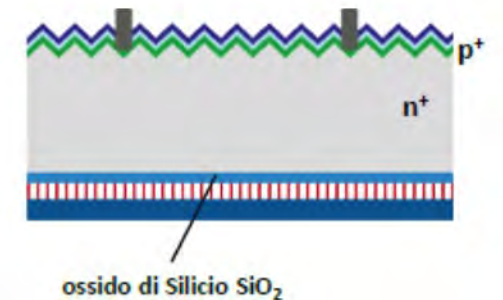
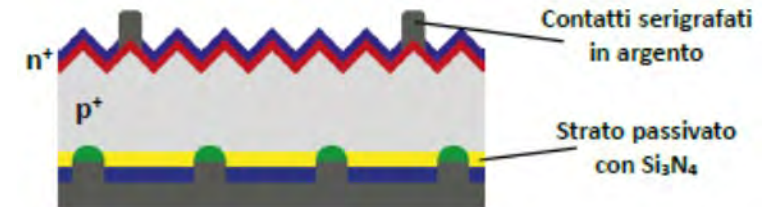
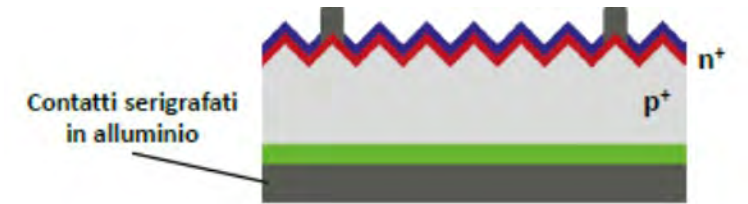
La tecnologia convenzionale utilizzata per la struttura delle celle fino al 2018, era l'Al-BSF. Essa prevede la passivazione della faccia posteriore durante la deposizione del contatto posteriore di alluminio. Il metallo che diffonde nel silicio genera un campo elettrico di passivazione. Le efficienze ottenute arrivavano al 20.3%.

### PERC (Passivated Emitter Rear Contact)

Le due facce della cella sono passivate con nitruro di silicio, aumentando la corrente di ricombinazione. Le efficienze raggiunte sono del 24.1%

### TOPCon (Tunnel Oxide Passivating Contact)

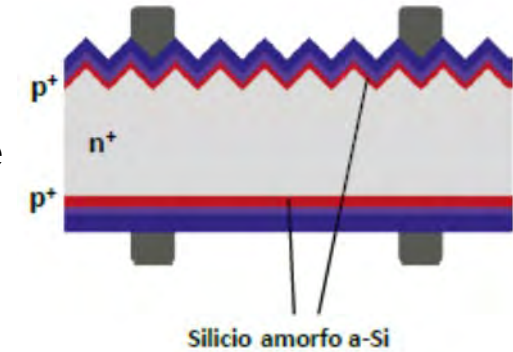
Meno consolidate delle due precedenti, prevedono l'inserimento di uno strato di  $\text{SiO}_2$  tra il wafer e i contatti. Si riducono così le perdite di ricombinazione e si migliora il trasporto di carica. Hanno raggiunto un'efficienza del 25.2%.



## 2.1 Il solare fotovoltaico: le tecnologie delle celle al silicio - 2

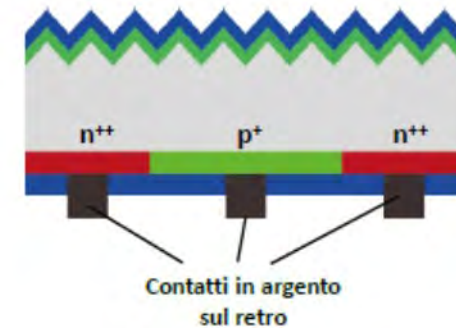
### HJT (Hetero Junction Technology)

Sono costituite da silicio monocristallino con strati molto sottili di silicio amorfo idrogenato sulle facce. Si ha una migliore passivazione, e quindi migliori prestazioni con la temperatura e minore tendenza alla degradazione. Sono particolarmente adatte in moduli bifacciali. Il processo produttivo è più semplice delle PERC. Le efficienze ottenute arrivavano al 26.3%.



### IBC (Interdigitated Back Contact)

I contatti sono posizionati nella parte posteriore della cella. La tecnica di fabbricazione è più complessa, ma si incrementa l'efficienza grazie al ridotto ombreggiamento nella parte anteriore. Le efficienze possono arrivare al 26.6%. Attualmente non è una tecnologia diffusa per via della complessità e dei costi.

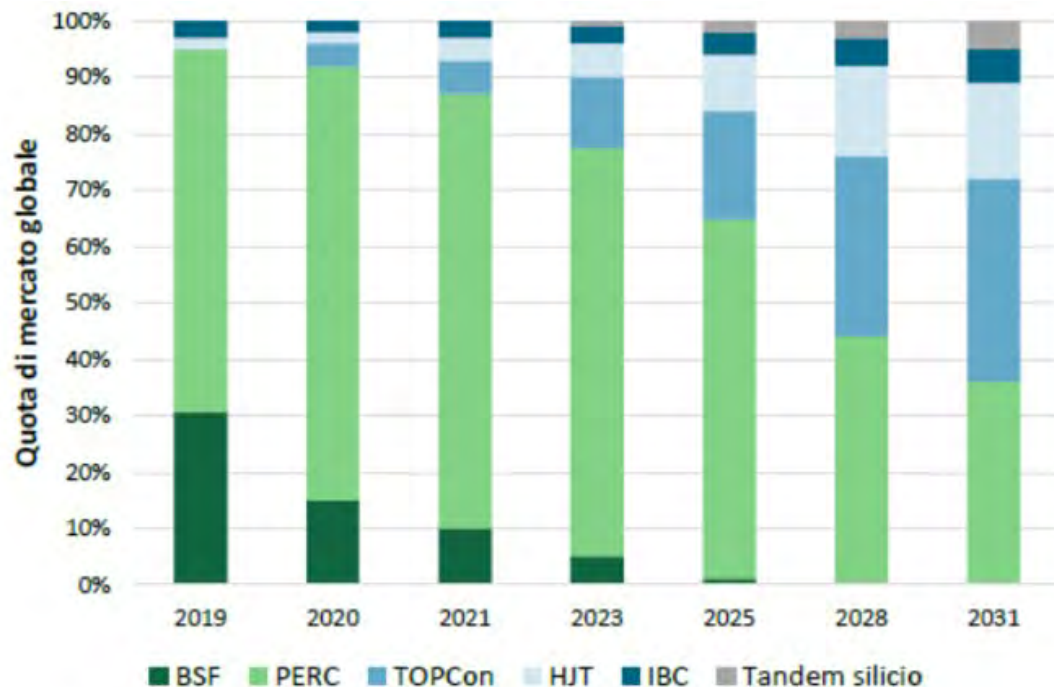


### Celle tandem silicio-perovskite

Consiste in celle a base di perovskiti accoppiate meccanicamente a celle al silicio. La combinazione massimizza l'assorbimento di luce solare. La tecnologia è a livello di R&D. La perovskite è un materiale a basso costo e depositabile con tecniche di stampa; tuttavia devono essere risolti ancora i problemi di scarsa stabilità. Le efficienze record registrate sono del 31.4%.

## 2.1 Il solare fotovoltaico: analisi del mercato di celle e moduli

- I settori da prendere in considerazione sono (i) residenziale, (ii) commerciale & industriale, (iii) utility scale, più o meno equamente ripartiti in Italia, per un totale di 0.8 GW nel 2021 (fonti: IRENA, IEA e Piani Nazionali). In Francia e Spagna prevale il mercato utility scale (70-90% su un totale di 2.4-2.7 GW).
- Per il 2028 si prevede una situazione non dissimile simile come ripartizione per settore, ma con un aumento a 4.5 GW per l'Italia e la Francia.



- Per quanto riguarda le tecnologie, si prevede una lenta scomparsa delle celle BSF; le tecnologie PERC, TOPCon e HJT acquisiranno importanza; le celle IBC manterranno un segmento limitato, mentre le tandem dovrebbero iniziare a crescere a partire dal 2025.
- Nel settore residenziale e C&I prevarrà la tecnologia PERC; la IBC troverà applicazioni in settori in cui l'estetica è un fattore premiante.
- Nel settore utility scale, le tecnologie TOPCon e HJT dovrebbero risultare dominanti in virtù del LCOE più favorevole.



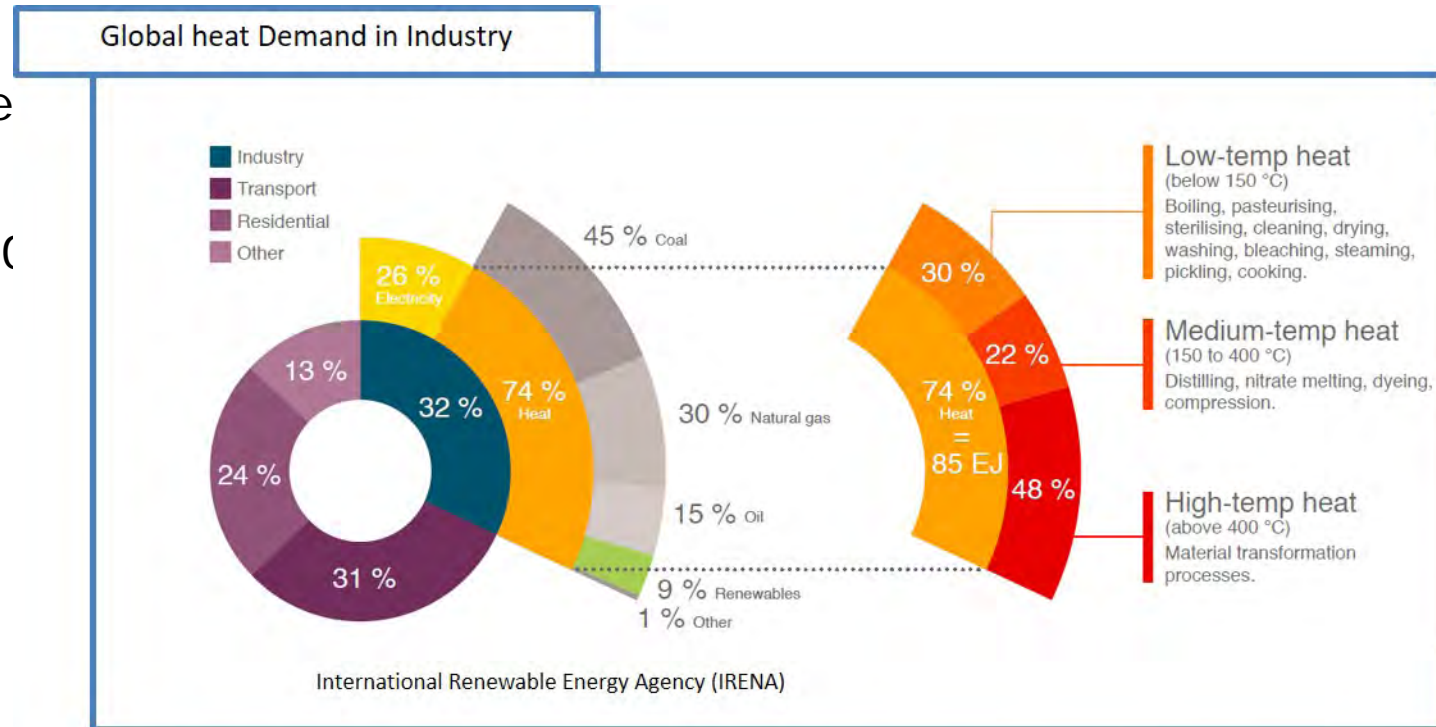
## 2.2 Il solare termico: utilizzi

La produzione di energia termica solare può avvenire tramite diverse tecnologie che si differenziano in base alle temperature richieste e all'utilizzo che viene fatto del calore prodotto:

TEMPERATURA OPERATIVA	APPLICAZIONE	INDUSTRIA
30°C - 120°C	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Acqua calda</li> <li>• Riscaldamento di edifici</li> <li>• Raffrescamento solare (ciclo a bromuro di litio a stadio singolo)</li> <li>• Trattamento acque</li> <li>• Produzione di cibi e bevande (riscaldamento, pastorizzazione, essiccamento)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Complessi ed edifici residenziali</li> <li>• Impianti di trattamento acque</li> <li>• Industria alimentare</li> <li>• Industria manifatturiera</li> </ul>
120°C - 200°C	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Raffrescamento solare (ciclo a bromuro di litio a due stadi)</li> <li>• Calore di processo: (riscaldamento/vulcanizzazione/sterilizzazione/distillazione/refrigerazione)</li> <li>• Assorbitori ad ammoniaca e condizionatori d'aria</li> <li>• Desalinizzazione</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Industria alimentare</li> <li>• Industria cartaria</li> <li>• Industria della gomma</li> <li>• Industria chimica</li> </ul>
200 °C – 400°C	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Calore di processo</li> <li>• Vapore ad media/alta pressione</li> <li>• Produzione di energia elettrica</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Industria petrolifera e mineraria</li> <li>• Industria chimica</li> <li>• Raffinazione</li> </ul>
> 400°C	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Integrazione con cicli combinati CCGT</li> <li>• Produzione di energia elettrica</li> <li>• Pirolisi e altri processi termici a medio/alta temperatura</li> <li>• Integrazione con impianti a fusione nucleare</li> <li>• Produzione di solar fuels</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Generazione di energia elettrica</li> <li>• Utilizzo e riutilizzo di biomassa/rifiuti</li> <li>• Energia nucleare</li> <li>• Carburanti sostenibili</li> </ul>

## 2.2 Il solare termico: calore per processi industriali

- L'energia termica incide per il 74% delle necessità energetiche del settore industriale
  - Di essa, il 30% è necessaria a basse temperature, inferiori a 150°C
  - Il 22% a medie temperature, tra 150 e 400°C
  - Il 48% ad alte temperature, sopra i 400°C
- Il solare termico può contribuire efficacemente a soddisfacimento di tale domanda
- Le tecnologie utilizzate dipendono dalle temperature richieste

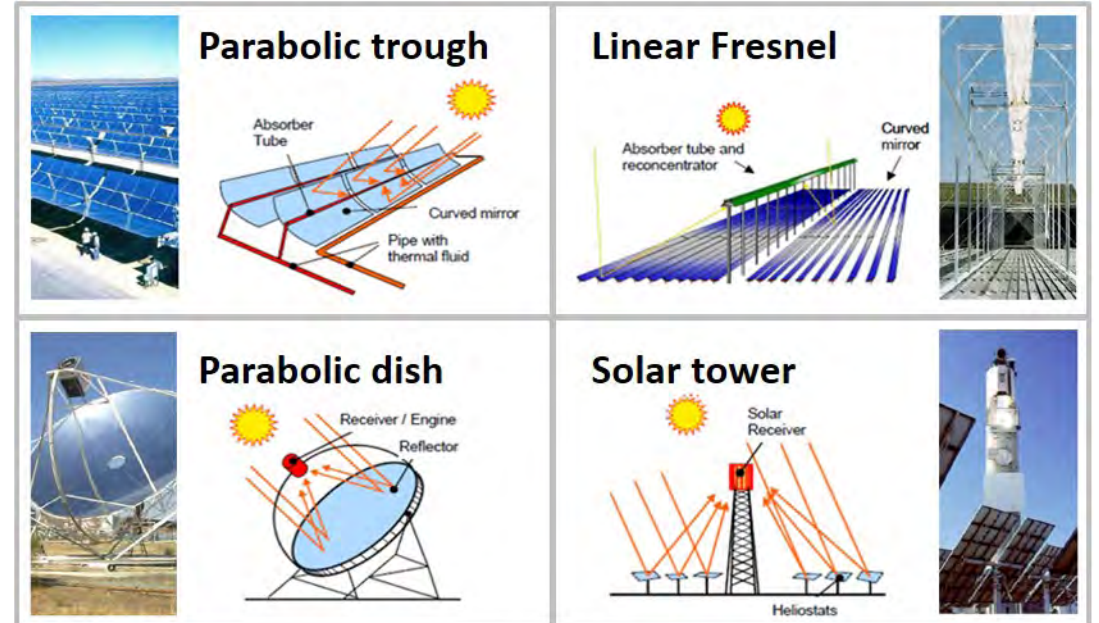


IEA TASK 49, Process Heat Collectors: State of the Art and Available Medium Temperature Collectors (December 2015)

## 2.2 Il solare termico: tecnologie

Le tecnologie utilizzate:

- pannelli piani, utilizzabili normalmente fino a  $100^{\circ}\text{C}$ , ma che in alcune versioni possono arrivare anche a  $150\text{-}180^{\circ}\text{C}$
- specchi o lenti di Fresnel, che concentrano la luce solare su un tubo vengono utilizzati solitamente fino a  $300^{\circ}\text{C}$ , ma che in alcuni casi vengono utilizzati fino a  $550^{\circ}\text{C}$
- specchi parabolici lineari, la cui ampiezza può andare da 1 m per le temperature più basse ( $200^{\circ}\text{C}$ ) a 6-7 m per temperature fino a  $550^{\circ}\text{C}$
- paraboloidi di rotazione, di diametro fino a una ventina di metri, concentrano la radiazione solare in un punto in cui è posto il ricevitore solare e si possono raggiungere temperature fino a  $1000^{\circ}\text{C}$
- impianti a torre in cui una serie di specchi piani, disposti su una vasta area concentrano la radiazione su un ricevitore solare posto sulla cima di una torre che raggiunge in questo modo temperature normalmente attorno ai  $600^{\circ}\text{C}$  (potenzialmente anche  $> 1000^{\circ}\text{C}$ )





## 2.2 Il solare termico: i pannelli piani

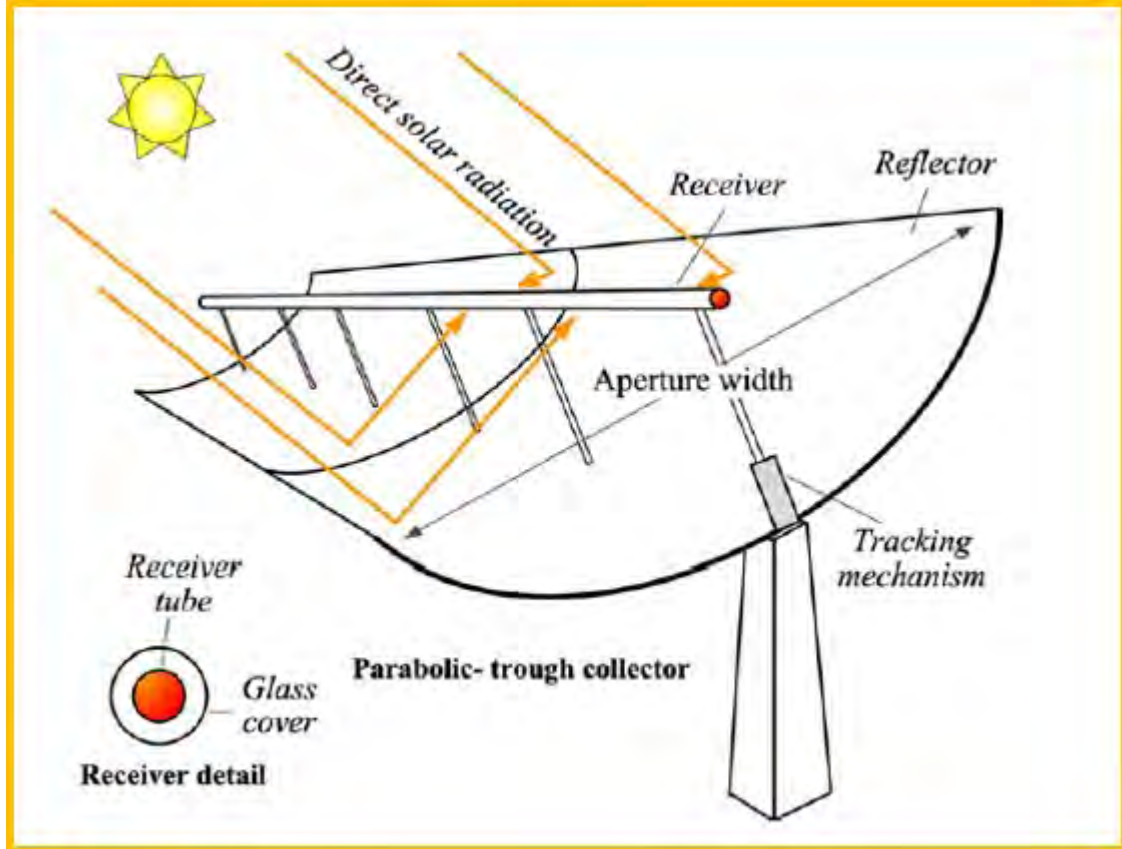
Sono composti da pannelli in cui vengono disposti tubi ricevitori in cui circola il fluido termovettore, generalmente acqua o una miscela con glicole per temperature superiori ai  $100^{\circ}\text{C}$  o inferiori allo zero (mesi invernali).

A seconda della tecnologia possiamo avere:

- pannelli piani semplici in cui un pannello nero sovrapposto ai tubi incrementa la quantità di calore raccolto, la temperatura può raggiungere i  $60^{\circ}\text{C}$
- pannelli con tubi sottovuoto, in cui il tubo in cui circola il fluido è racchiuso in un tubo in vetro sottovuoto la cui metà inferiore è riflettente per ottenere una maggior concentrazione della radiazione solare sul tubo ricevitore ( $100^{\circ}\text{C}$ )
- heat pipe, in cui, oltre al tubo sottovuoto, si ha un fluido che continuamente evapora, riscaldato dai raggi solari, e condensa nel collettore principale cedendo il proprio calore al fluido circolante ( $100^{\circ}\text{C}$ )
- Pannello sottovuoto, in cui tutto il pannello piano viene mantenuto sottovuoto per minimizzare le perdite termiche ( $150^{\circ}\text{C}$ )

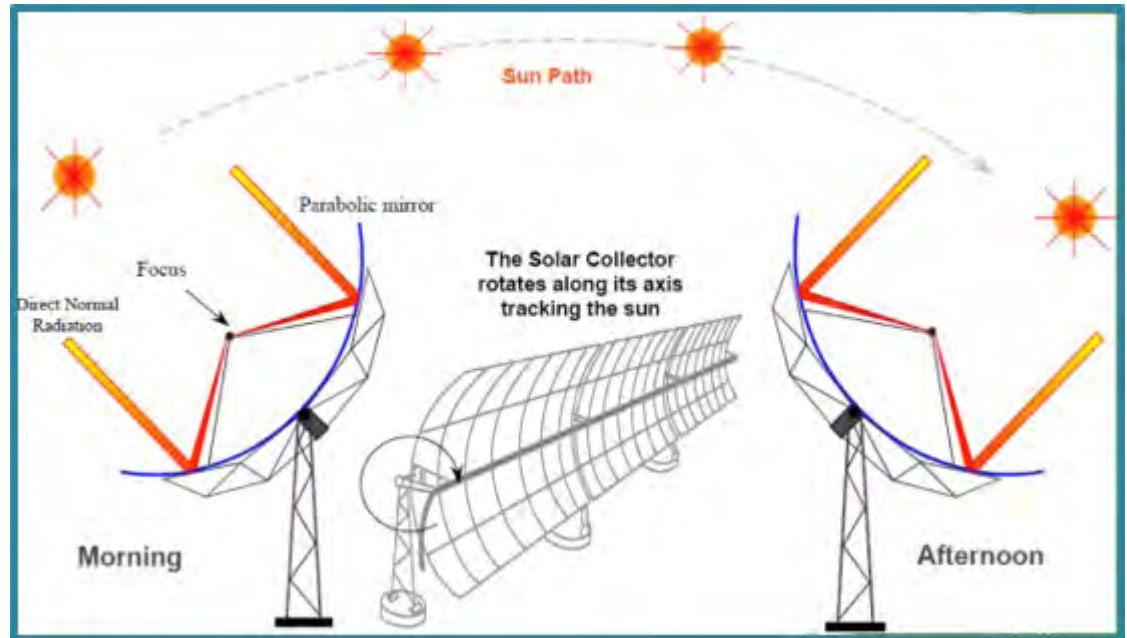


## 2.2 Il solare termico: Specchi parabolici lineari (line focus-ricevitore mobile)



- Gli specchi parabolici lineari sono la tecnologia più matura e consolidata fra i CSH (Concentrating Solar Heating), adatta a creare campi solari di taglia più che significativa (> 100 MW di potenza termica).

- Consistono di file parallele di specchi curvi che focalizzano su un ricevitore lineare dove far passare un fluido. Il fluido (olio diatermico in genere, sali fusi per  $T > 400^{\circ}\text{C}$ ) trasferisce il calore dagli specchi ad un punto dove sfruttare il calore (ad esempio per turbine a vapore). Gli specchi e il ricevitore si muovono congiuntamente seguendo il passaggio del sole nel cielo lungo un solo asse.



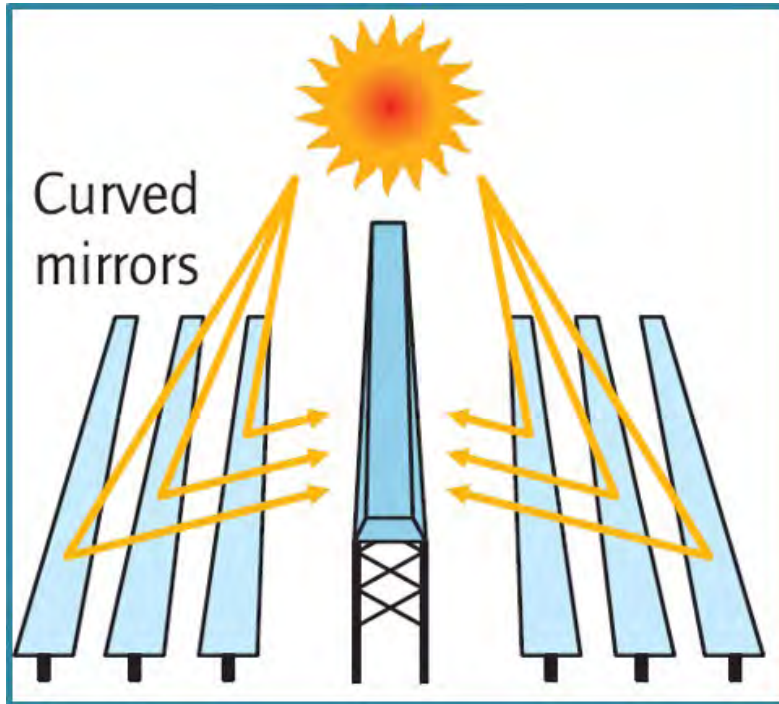


## 2.2 Il solare termico: esempio di impianto a specchi parabolici lineari

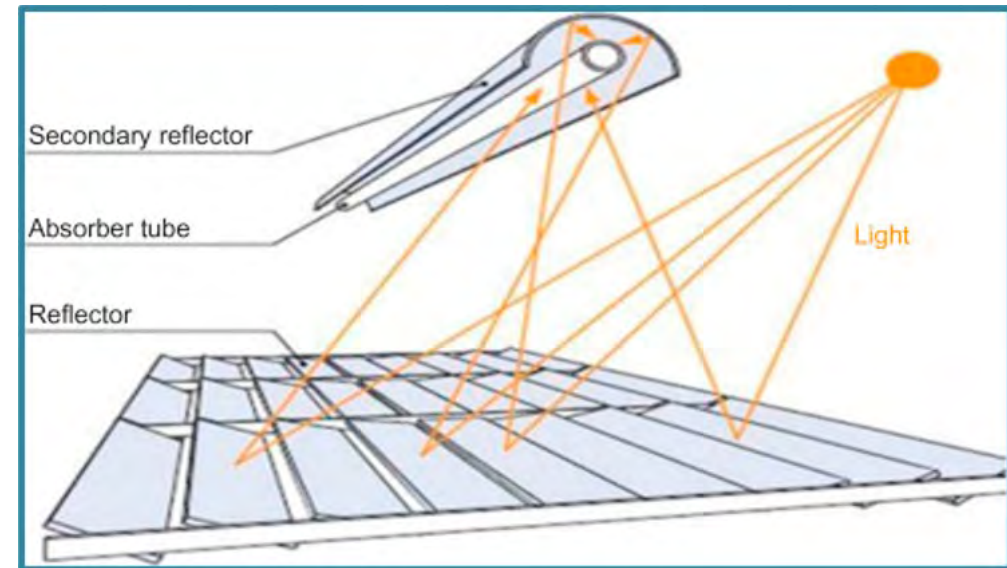


- Impianto Noor I a Ouarzazate (Marocco, start up 2015):
- Produzione di 680 Mwtermici
- 4 km<sup>2</sup> di superficie totale di campo solare
- 240 km di tubi lineari con 1.300.000 m<sup>2</sup> di specchi

## 2.2 Il solare termico: specchi lineari Fresnel (line focus-ricevitore fisso)



- Pur essendo piani, tendono a ricreare la forma dello specchio a parabola usando lunghe file di specchi piani che possono essere orientate in maniera indipendente l'una dall'altra.
- I raggi vengono focalizzati su un ricevitore fisso posto al centro delle file di specchi piani.



- Il principale vantaggio è che sono sistemi più robusti e meno costosi dei precedenti. Purtroppo hanno una efficienza termica di gran lunga inferiore e la tecnologia è meno diffusa.



## 2.2 Il solare termico: esempio di impianto a specchi lineari Fresnel



- Impianto a Murcia (Spagna con start up 2009).
- Usando circa 18.000 m<sup>2</sup> di specchi, si producono circa 5 MW termici

## 2.2 Il solare termico: paraboloide di rotazione (focus in un punto-ricevitore mobile)



- I paraboloidi concentrano i raggi solari nel punto focale posto sopra il centro del disco. L'intero sistema segue il sole nel suo cammino.
- Di solito il sistema è equipaggiato con un generatore di potenza locale vicino al punto focale. Di conseguenza:
- vantaggi: compatto, possibilità stand alone per applicazioni speciali e locali, nessun fluido termovettore (riscaldamento diretto) con nessuna perdita di efficienza nel trasferimento di calore.
- Svantaggi: limitato nella potenza e nello sviluppo di scala, costi di costruzione più alti a parità di superficie di specchio per sistemi accessori.



Uno dei più grandi paraboloidi nel mondo allestito presso il Ben-Gurion National Solar Energy Center in Israele.



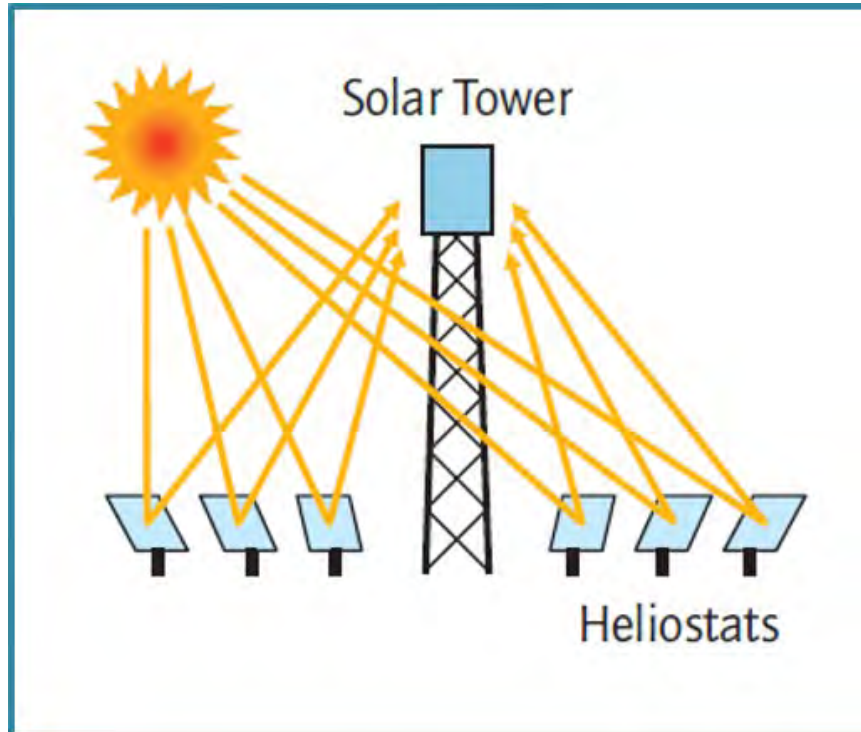
## 2.2 Il solare termico: esempio di impianto a paraboloidi a disco

- Impianto Maricopa situato a Peoria ( Arizona, US) in attività dal 2010.
- E' formato da 60 SunCatcher disk dotati ciascuno di un sistema di generazione elettrica tipo Stirling da 25 kW l'uno.





## 2.2 Il solare termico: impianto a torre (focus in un punto-ricevitore mobile)



- Le torri solari usano numerosi eliostati mobili che concentrano i raggi solari su un ricevitore centrale posto sulla sommità di una torre.
  - Il sistema a torre è quello che permette di avere il maggior fattore di concentrazione dell'energia solare in un punto con conseguente capacità di arrivare a T fino a 1500-1800 °C.
  - E' un sistema flessibile perché modulabile e customizzabile negli eliostati, nella forma del campo solare (concentrica, tronco conica, ecc.), nella tipologia di torre e di diverso ricevitore oltre che nei sistemi di stoccaggio energetico.
  - La potenza massima ottenibile è determinata dall'area del campo solare che a sua volta è limitata dall'efficienza nel concentrare i raggi nel ricevitore.
  - Lo svantaggio è che per essere efficiente e conveniente necessita di grandi spazi applicativi (> 5-10 ettari)
- Il primo campo a torre su scala industriale fu creato nel 2007 in Spagna (Planta Solar 10 o PS10). Al momento è la tecnologia CSH più in fase di sviluppo al mondo (Cile, Africa del Nord).

## 2.2 Il solare termico: esempio di impianto solare a torre

### *Noor III solar power plant a Ouarzazate (Marocco)*



Noor III Ouarzazate	
Proprietà:	Sener (Spagna)
Produzione:	Electricità
Potenza termica al ricevitore:	660 MW <sub>thermal</sub>
Superficie totale campo solare:	5,5 km <sup>2</sup>
Altezza torre:	250 m
Numero di Heliostats HE54:	7400
Start up:	Dicembre 2018



HE54:  
175 m<sup>2</sup>

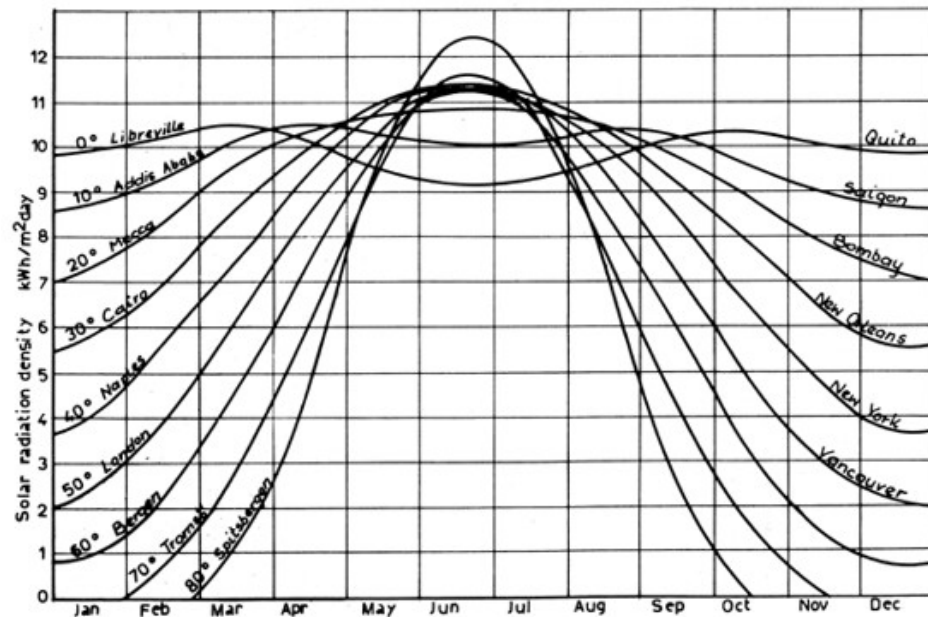
## 2.2 Il solare termico: solare e stoccaggio termico

L'accoppiamento con lo stoccaggio termico può essere utilizzato:

- per compensare giornalmente il disallineamento tra l'andamento dell'irradianza solare e le necessità di utilizzo
- per utilizzare l'elevata quantità di calore producibile durante i mesi estivi per un utilizzo durante i mesi invernali

A tal proposito diversi progetti sono stati realizzati, principalmente in Nord-Europa dove la differenza di irradianza tra i mesi estivi e quelli invernali è più marcata. Ampie possibilità di utilizzo di questa tecnologia esistono anche in Italia

Irradianza stagionale in funzione della latitudine



[www.fao.org/3/x6541e/x6541e03.htm](http://www.fao.org/3/x6541e/x6541e03.htm)

«Am Ackermann-bogen» (Monaco -Germania):  
Combinazione tra uno stoccaggio di 5700 m<sup>3</sup> di acqua 2,800 m<sup>2</sup> di pannelli solari e teleriscaldamento distrettuale per 320 appartamenti



<https://www.solar-district-heating.eu/portfolio-items/solites-steinbeis-research-institute-for-solar-and-sustainable-thermal-energy-systems/>

## 2.2 Il solare termico: confronto tra solare termico e le altre fonti rinnovabili e fossili

### Vantaggi

- L'accoppiamento con lo stoccaggio termico (poco costoso) fa in modo che il calore raccolto durante il giorno possa essere utilizzato:
  - Durante le ore notturne per estenderne la durata
  - Per bilanciare le fonti intermittenti e stabilizzare la rete
- Maggiore flessibilità in accoppiamento con impianti industriali convenzionali:
  - CSH - con la produzione diretta di calore il campo solare può alimentare direttamente le apparecchiature sostituendo i combustibili fossili
  - CSP (Concentrating Solar Power - produzione di energia elettrica) - i cicli termodinamici e i componenti dell'impianto sono i medesimi
- Possibilità di backup con combustibili fossili per una transizione energetica progressiva
- Nessun problema ambientale di smaltimento a fine vita

### Svantaggi

- Il solare a concentrazione è conveniente solo quando l'irraggiamento solare diretto è elevato.
- Per la produzione elettrica i costi totali sono ancora superiori a quelli del fotovoltaico (il numero di installazioni è ancora molto inferiore in tutto il mondo)
- Elevata occupazione di spazio
- Mancanza di standard (maggiori rischi per la bancabilità)
- In Italia:
  - pochi e tardivi incentivi finanziari e molta burocrazia
  - poco conosciuto dall'opinione pubblica, ostacolato dalle comunità locali
  - mancanza di EPC e di know-how consolidati e standardizzati



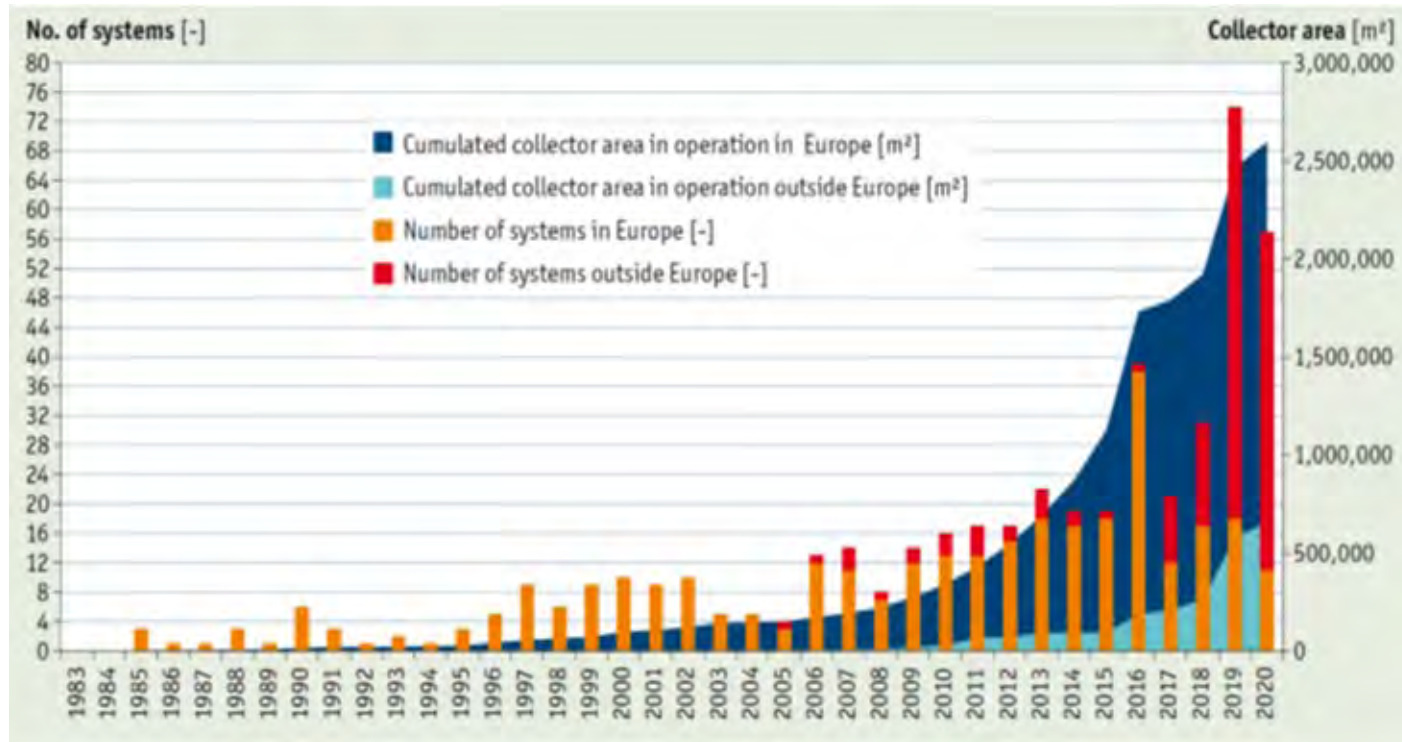
## 2.2 Il solare termico: mercato e sviluppo del solare termico

- La capacità solare termica globale in esercizio alla fine del 2020 era di circa 500 GWth (715 milioni di metri quadrati).
- La quantità di energia annua prodotta dal settore solare termico ammonta a circa 410 TWh, che corrisponde a un risparmio di 44 milioni di tonnellate di petrolio e 140 milioni di tonnellate di CO<sub>2</sub>
- Il mercato delle nuove installazioni varia a seconda dei Paesi, con mercati in calo in grandi paesi come Cina, Stati Uniti, India e Australia e contrariamente a questa tendenza, una notevole crescita in Germania, Brasile, Cipro, Paesi Bassi, Turchia, Territori Palestinesi e Portogallo
- Un settore in crescita è quello degli impianti sulla scala dei megawatt sia per il riscaldamento urbano distrettuale sia per le applicazioni industriali

## 2.2 Il solare termico: sviluppo del solare termico di taglia medio-grande nel settore residenziale

Il solare termico per installazioni di medio grandi dimensioni è tuttora in fase di forte sviluppo

**Applicazioni su scala medio-grande (>350 kWth, 500 m<sup>2</sup>) per riscaldamento di quartieri, grandi edifici residenziali, edifici commerciali e pubblici nel mondo**

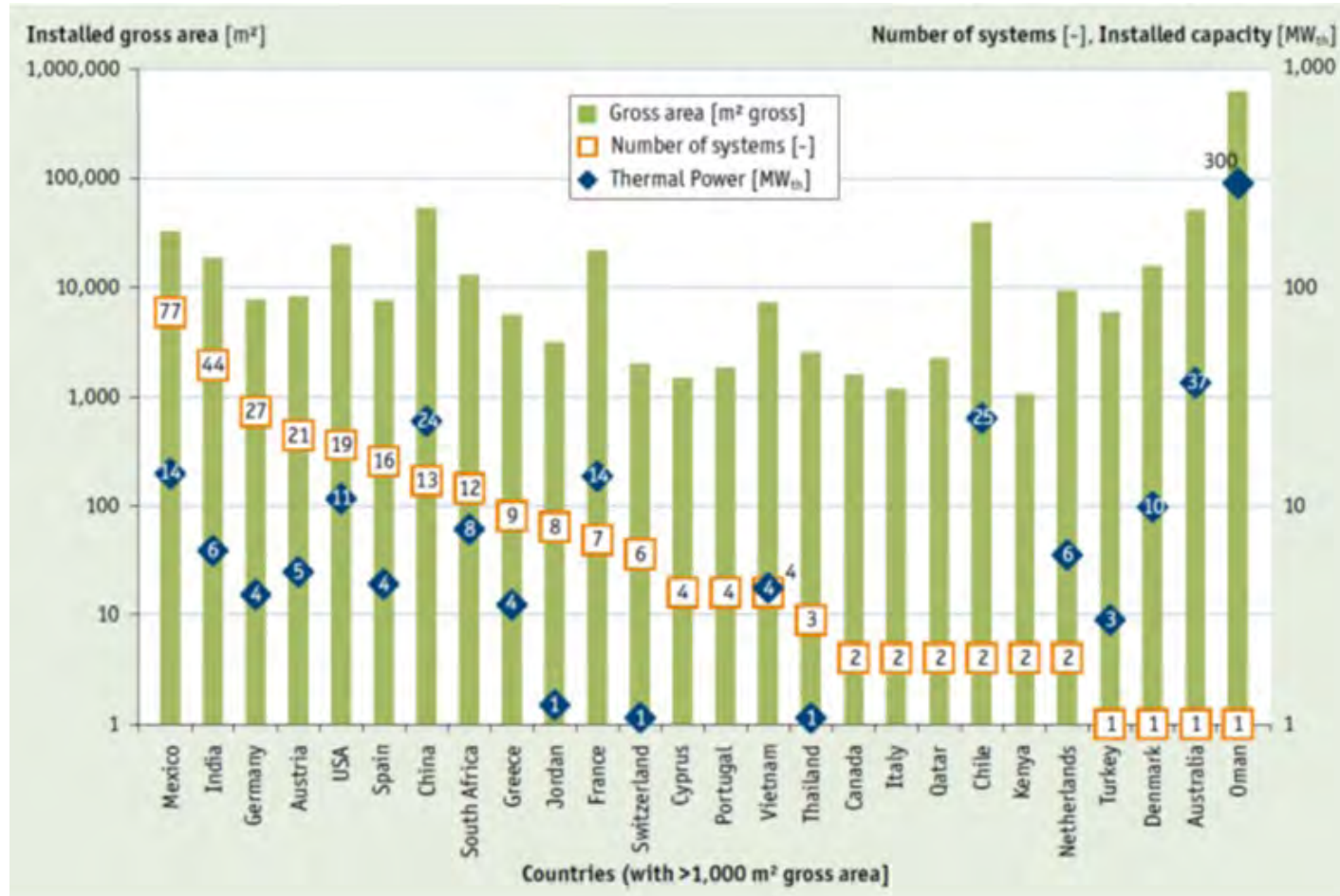


Daniel Trier - PlanEnergi, DK, Jan-Olof Dalenbäck - Chalmers University of Technology, SE, Sabine Putz - IEA SHC Task 55, AT, Bärbel Epp - solarthermalworld.org, DE, AEE INTEC

CSH Projects database: <http://ship-plants.info/solar-thermal-plants>

- Nel 2020 sono stati costruiti 70 nuovi sistemi di riscaldamento urbano su larga scala con una capacità di 95 MWth. 33 di questi sistemi sono stati installati in Cina e 15 in Europa. I più grandi sono stati i due sistemi di riscaldamento distrettuali di Ludwigsburg, in Germania, con una potenza complessiva di 10,4 MWth e un sistema a Lasha, in Cina, con una potenza di 9,1MWth
- Entro la fine del 2020, 470 sistemi termici su larga scala (> 350 kWth; 500m<sup>2</sup>) saranno collegati a reti di riscaldamento distrettuali e a impianti di riscaldamento di aree verdi nonché a edifici residenziali, commerciali e pubblici erano in funzione

## 2.2 Il solare termico: sviluppo del solare termico per calore di processo



Fonte: IEA SHC Task49 / IV SHIP database

- L'interesse per i sistemi solari termici per i processi industriali (SHIP, Solar Heating for Industrial Process) è pure in costante crescita
- Almeno 74 di questi sistemi di riscaldamento sono stati realizzati nel 2020
- Il numero complessivo di progetti operativi ammonta a circa 900 con una capacità complessiva installata di circa 800 MW<sub>th</sub>

## 2.2 Il solare termico: impianti solari per calore di processo

- il più grande impianto SHIP del mondo, il Miraah in Oman, ha una capacità termica di 300 MWth e produce calore per il riscaldamento di un campo petrolifero di olio pesante
- La seconda applicazione SHIP più grande è quella di una serra in Australia (36,6 MWth) e il terzo impianto più grande è installato in una miniera di rame in Cile (27,5 MWth)



Oman - Photo Glasspoint



## 2.2 Il solare termico: solare Termico a Concentrazione: sfide presenti e future

- La tecnologia non è molto conosciuta. Le aziende sono poco consapevoli della possibilità di utilizzare il CSH per le loro necessità di calore
- Oggi vengono proposti progetti per lo più su misura: la modularità sarà il fattore chiave per il futuro, ma le temperature target sono diverse
- Gli attuali processi industriali sono generalmente progettati per ricevere calore con criteri rigidi standard, è necessario un adattamento alla tecnologia solare
- Attualmente molte aziende non sentono l'esigenza di ridurre l'impronta di gas serra.
- E' necessario lo sviluppo di una robusta catena di produzione di componenti specifici
- Mancanza di un software semplice per la progettazione di sistemi CSH
- Riduzione dei costi di BOP e manutenzione (è necessario maggior know-how e diffusione)
- Miglior utilizzo dei meccanismi di finanziamento: conto termico 2.0, certificati bianchi, EcoBonus
- Possibile accoppiamento vantaggioso con altre fonti rinnovabili (PV, biomasse)

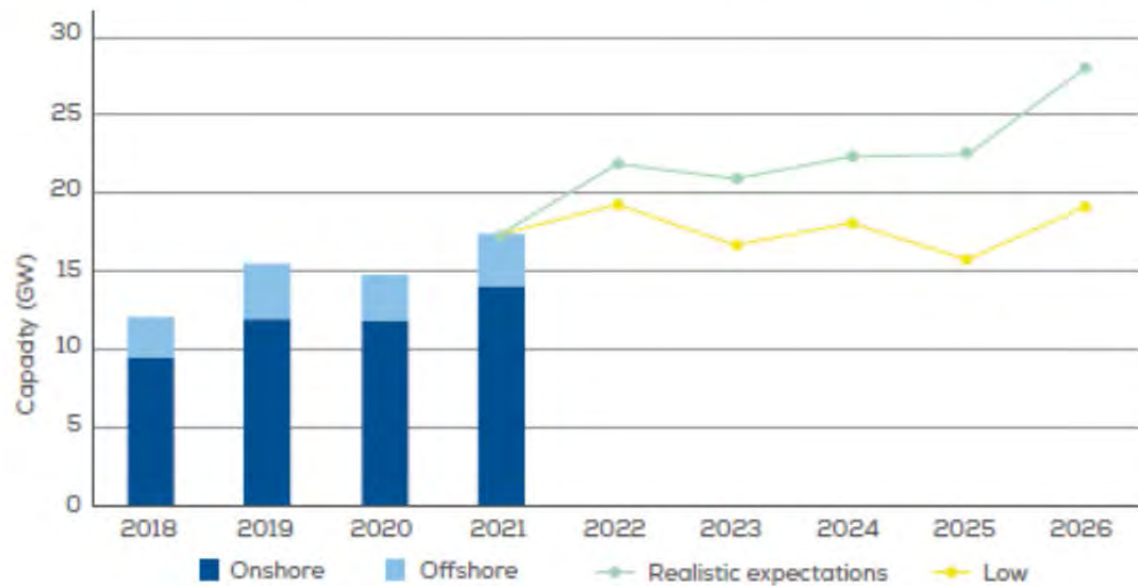
## 2.3 L'eolico in Italia

L'energia eolica in Italia, a fine 2015, è prodotta da oltre 1.847 aerogeneratori con una potenza installata complessiva di 8.958 MW. L'energia eolica ha contribuito per il 5,4% alla produzione di energia elettrica in Italia nel 2015 (14.589 GWh). L'Italia è classificata come il decimo produttore mondiale di energia eolica alla fine del 2016. Le prospettive per l'energia eolica italiana oltre il 2020 erano positive, con diversi progetti programmati per entrare in funzione prima del 2030.

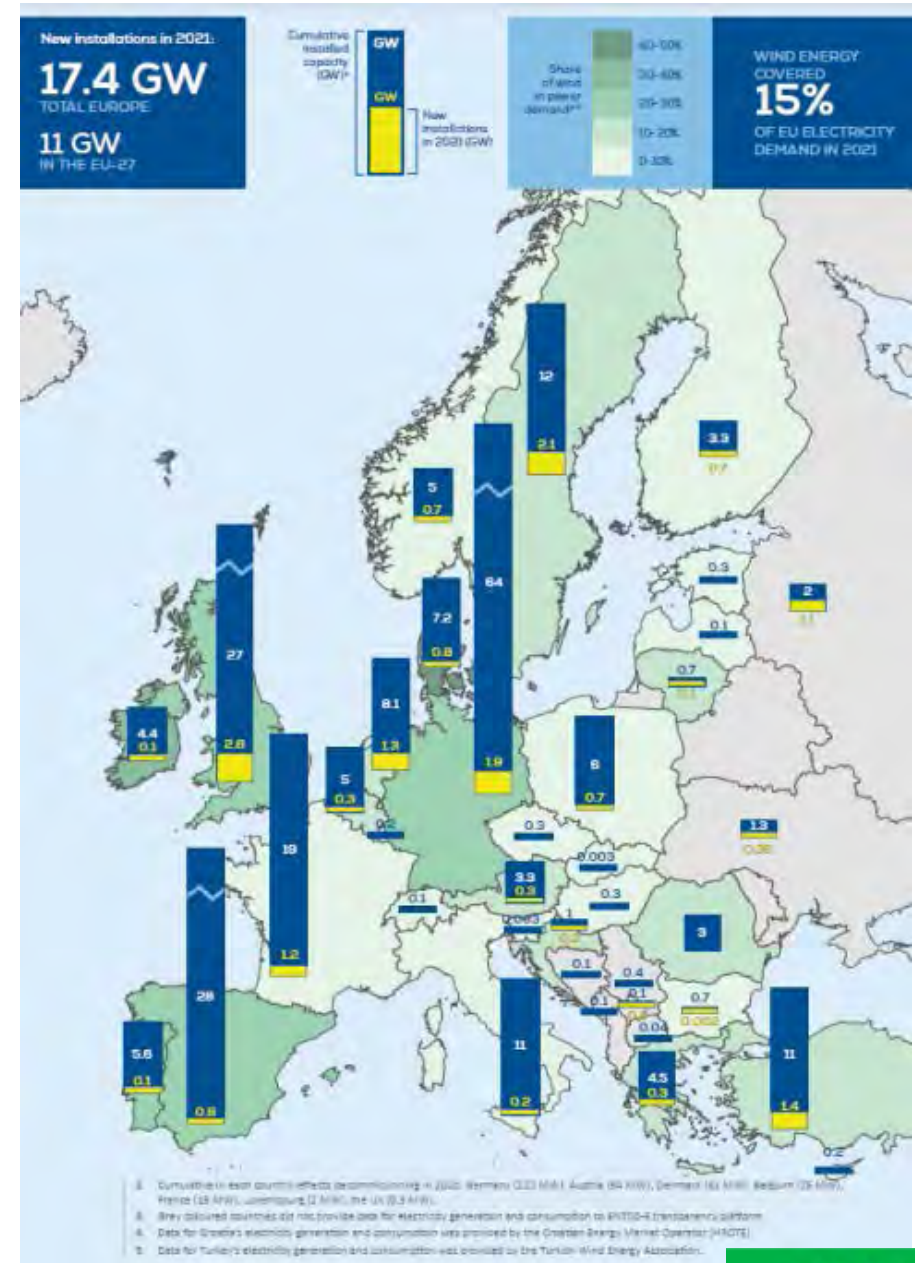
Nel 2019 l'Italia ha prodotto 20.054 GWh di energia elettrica da fonte eolica, pari al 7,1% della produzione totale di energia elettrica.

## 2.3 L'eolico in Europa

2022-2026 new onshore and offshore wind installations in Europe – WindEurope's scenarios

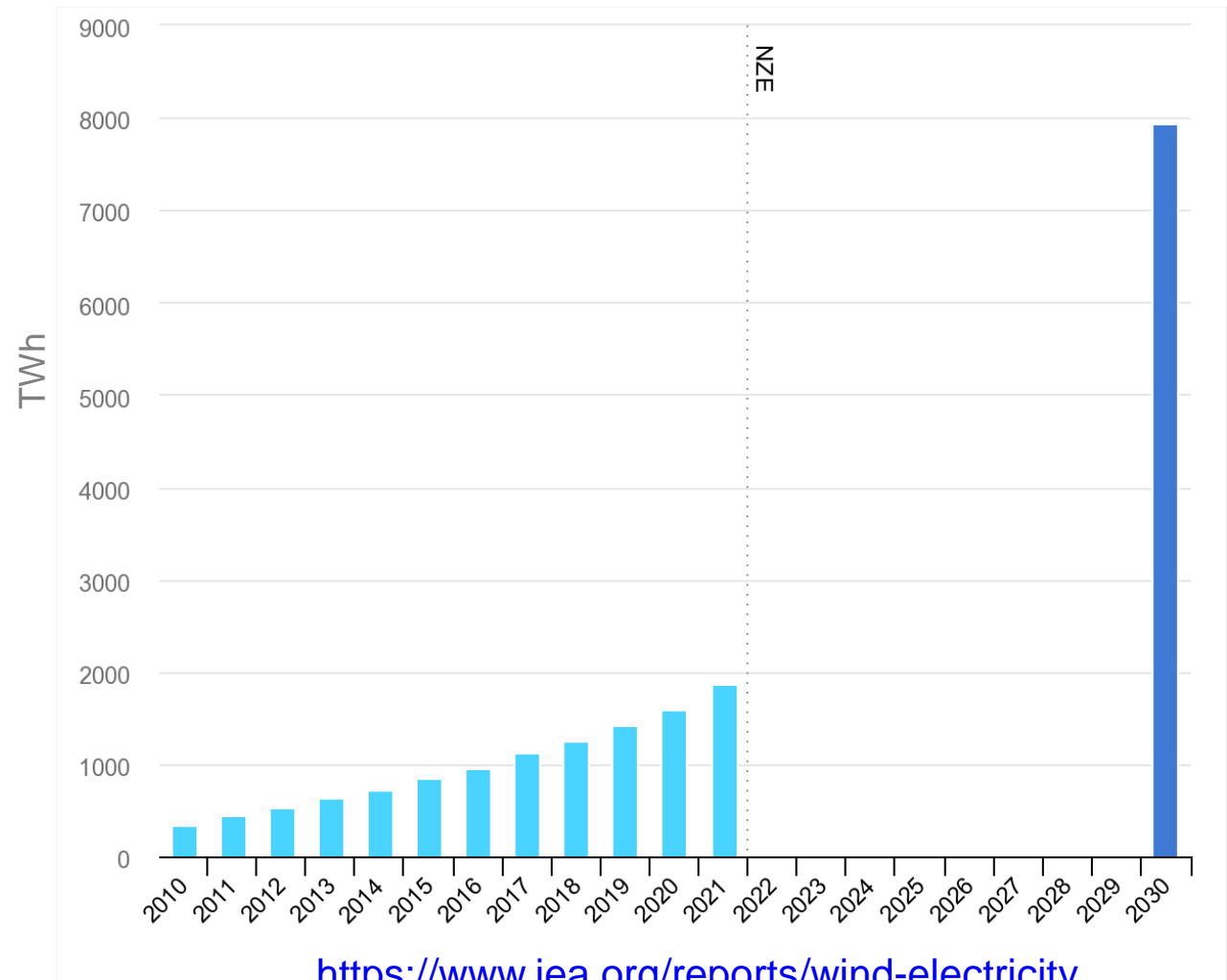


Source: WindEurope



## 2.3 L'eolico produzione mondiale

La quantità di elettricità generata dal vento è aumentata di quasi 273 TWh nel 2021 (+17%), una crescita superiore del 55% rispetto a quella raggiunta nel 2020 e la più grande di tutte le tecnologie di generazione di energia. L'eolico rimane la principale tecnologia rinnovabile non idroelettrica, generando 1870 TWh nel 2021, quasi quanto tutte le altre messe insieme, ma è necessaria una crescita ancora più rapida per entrare nella traiettoria dello Scenario Net Zero



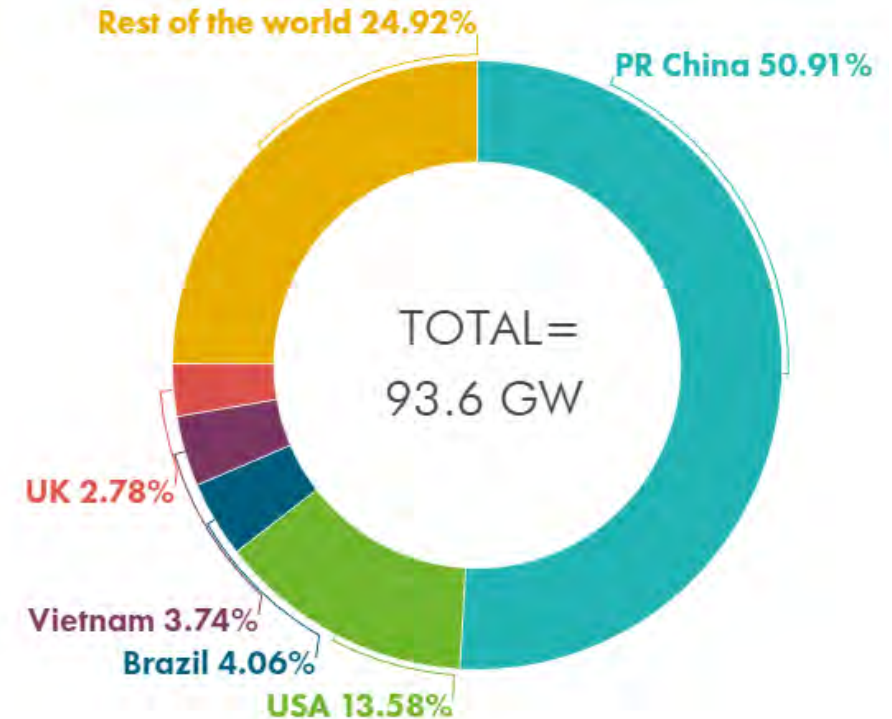


## 2.3 L'eolico capacità installata nel mondo

93,6 GW di nuova capacità eolica sono stati aggiunti in tutto il mondo nel 2021, solo l'1,8% in meno rispetto all'anno record del 2020.

Ciò porta la capacità eolica totale installata a 837 GW, una crescita del 12,4% rispetto al 2020!

Total global new wind power installations in 2021



<https://gwec.net/global-wind-report-2022/>

## 2.4 L'idroelettrico

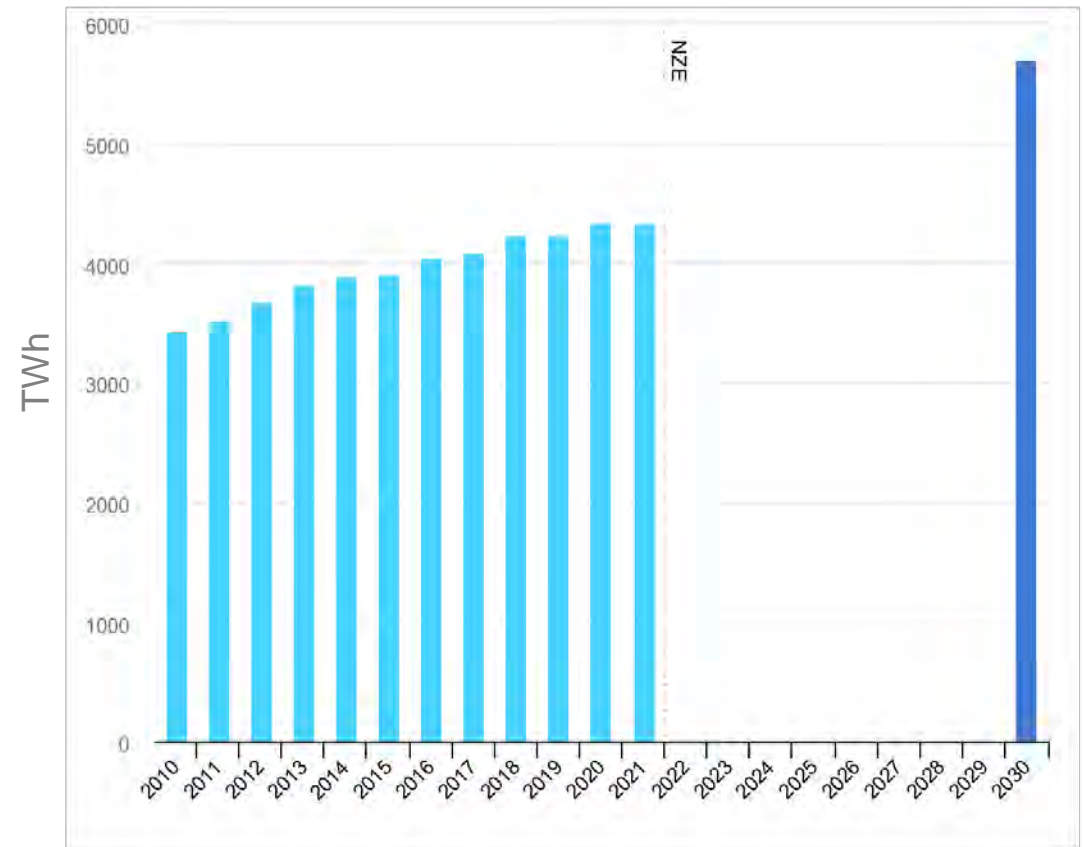
L'energia idroelettrica fornisce un sesto dell'elettricità mondiale, quasi 4500 TWh nel 2020, che è più di tutte le altre fonti rinnovabili messe insieme e anche più dell'energia nucleare. L'energia idroelettrica può fornire grandi quantità di elettricità a basse emissioni di carbonio su richiesta, rendendola un elemento chiave per la creazione di sistemi di fornitura di energia elettrica sicuri e puliti



La Diga delle Tre Gole nella Cina centrale, con una capacità produttiva di 22,5 GW, è il più grande impianto di produzione di energia al mondo di qualsiasi tipo.

## 2.4 L'idroelettrico

Nel 2021 la produzione idroelettrica globale è diminuita di 15 TWh (-0,4%) a 4327 TWh. Il calo della produzione è stato causato da persistenti siccità in paesi ricchi di energia idroelettrica come Brasile, Stati Uniti, Turchia, Cina, India e Canada, che hanno portato a un utilizzo della capacità idroelettrica inferiore al solito. Allo stesso tempo, le aggiunte di capacità nel 2021 hanno raggiunto i 35 GW, il 50% in più rispetto alla media dei cinque anni precedenti. Tuttavia, le gravi correnti d'aria continuano nel 2022, il che può comportare la continuazione di una generazione inferiore alla media. La Cina è stata responsabile del 66% della crescita della capacità, grazie alla messa in servizio di numerosi progetti su larga scala. L'attuale pipeline di progetti indica la continuazione di una forte crescita nel 2022, e quindi un successivo rallentamento dovuto all'esaurimento della disponibilità di siti idonei nei mercati idroelettrici più dinamici, in particolare in Cina.



IEA (2022), Hydroelectricity, IEA, Paris <https://www.iea.org/reports/hydroelectricity> , License: CC BY 4.0

## 2.4 L'idroelettrico

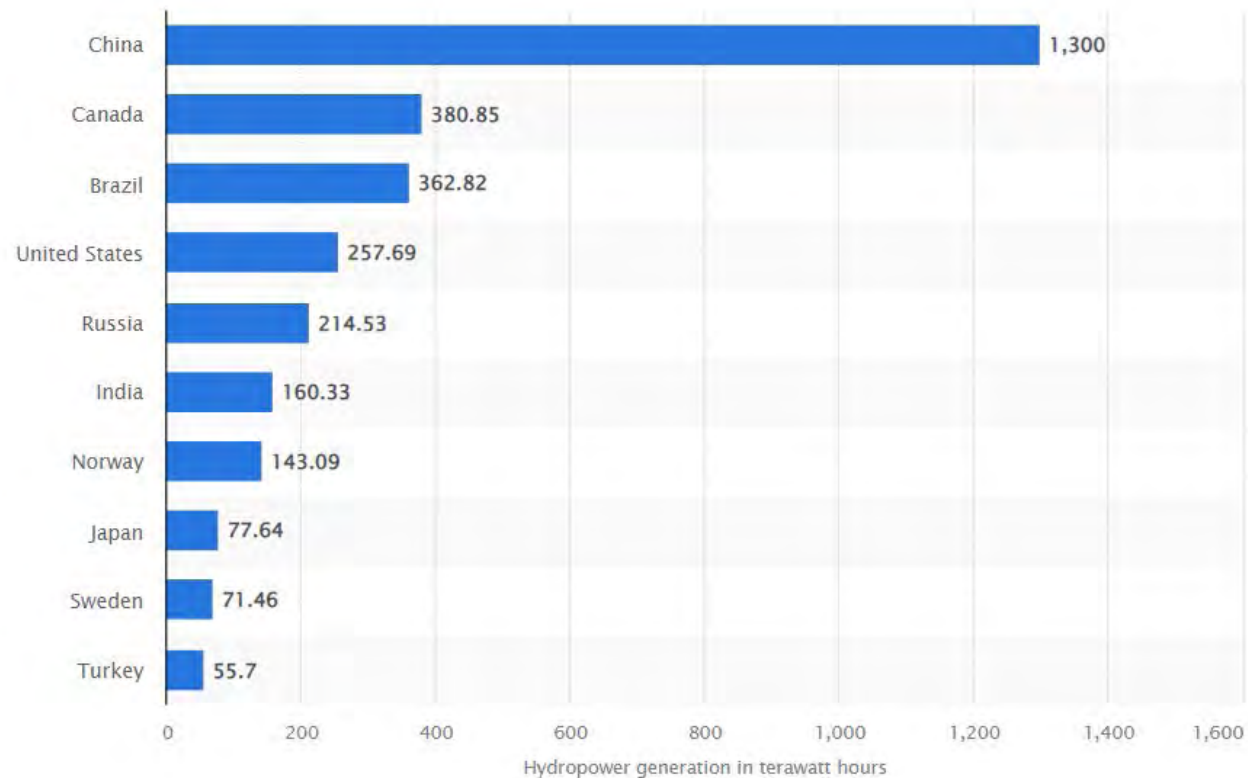
Con impianti idroelettrici in molte economie avanzate che risalgono alla grande ondata di costruzione degli anni '60 e '80, quasi il 40% (476 GW) dell'impiantistica globale ha almeno 40 anni (l'età media è 32). Quando le centrali idroelettriche hanno 45-60 anni, sono necessari importanti ammodernamenti e ristrutturazioni per mantenere o migliorare le loro prestazioni e aumentare la loro flessibilità. Oltre a rinnovare le principali apparecchiature come turbine e generatori, investire nella modernizzazione e nella digitalizzazione può aumentare notevolmente la flessibilità dell'impianto, renderlo più sicuro e risolvere problemi ambientali e sociali come una gestione inadeguata della siccità e il controllo delle inondazioni, a seconda delle normative del paese. La pianificazione anticipata è fondamentale per la ristrutturazione delle centrali idroelettriche, poiché i flussi idrici, oltre alle normative ambientali e idriche, potrebbero essere cambiati da quando l'impianto è diventato operativo per la prima volta e potrebbero non consentire all'impianto di funzionare ai livelli storici. Le autorità di regolamentazione del mercato dovrebbero garantire incentivi adeguati per gli operatori degli impianti affinché costruiscano un business case per la tanto necessaria ristrutturazione o rischino una diminuzione delle prestazioni delle centrali idroelettriche, che sono una parte estremamente importante dei sistemi di energia pulita, grazie alla loro flessibilità.

IEA (2022), Hydroelectricity, IEA, Paris <https://www.iea.org/reports/hydroelectricity> , License: CC BY 4.0



## 2.4 L'idroelettrico

I più grandi paesi produttori di energia idroelettrica in tutto il mondo nel 2021 (TWh)



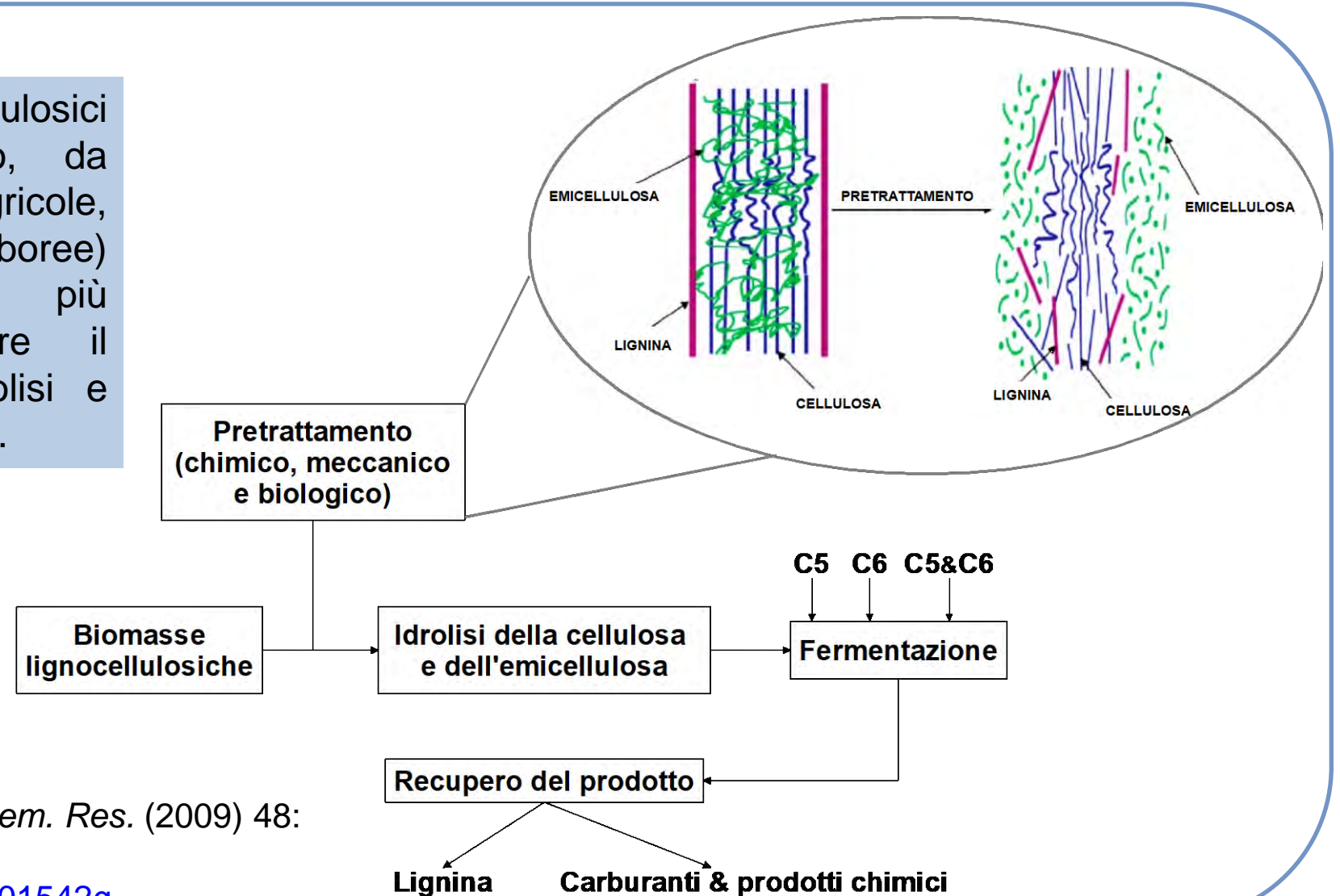
<https://www.statista.com/statistics/474799/global-hydropower-generation-by-major-country/#:~:text=Canada%20and%20Brazil%20led%20the,consumption%20worldwide%20occurred%20in%20China>

## 2.5 Le bioenergie: rifiuti organici, biogas, biomasse



## 2.51 Frazione biodegradabile dei rifiuti: fermentazione di rifiuti organici

L'utilizzo di scarti lignocellulosici (derivanti, ad esempio, da pratiche forestali, agricole, agroindustriali, arboree) richiede pretrattamenti più complessi per rendere il materiale idoneo a idrolisi e successiva fermentazione.



Kumar et al., *Ind. Eng. Chem. Res.* (2009) 48: 3713

<https://doi.org/10.1021/ie801542g>

## 2.51 Frazione biodegradabile dei rifiuti: la digestione anaerobica - 1

La Digestione Anaerobica consente la conversione di residui organici di diversa origine e composizione in biogas, costituito principalmente da CH<sub>4</sub> (50 – 75%, v/v) e CO<sub>2</sub> (25 – 50%, v/v), e digestato (ricco in nutrienti) che può essere utilizzato come ammendante in agricoltura.

- In Europa sono presenti più di 18000 impianti di Digestione Anaerobica
- L'Italia al secondo posto dopo la Germania

(FONTE: EBA 2018 "Statistical report of the European Biogas Association 2018")

### ITALIA: la Digestione Anaerobica ed il PNRR (*Piano Nazionale di Ripresa e Resilienza*)

- **M2C1.3:** "...produzione di energia da fonti rinnovabili locali, quali i microimpianti idroelettrici, le biomasse, il **biogas**..."
- **M2C2.1:** "... riconvertire e migliorare l'efficienza degli impianti biogas agricoli esistenti verso la produzione totale o parziale di **biometano**..."

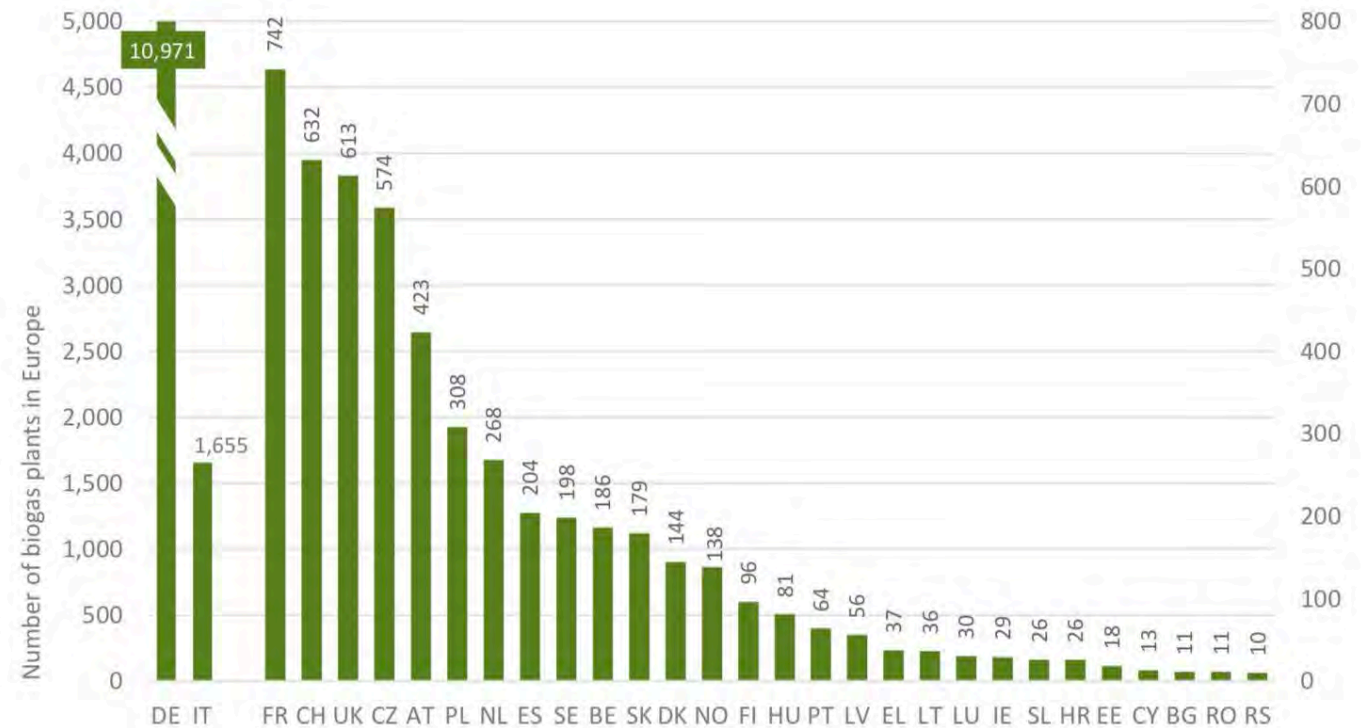
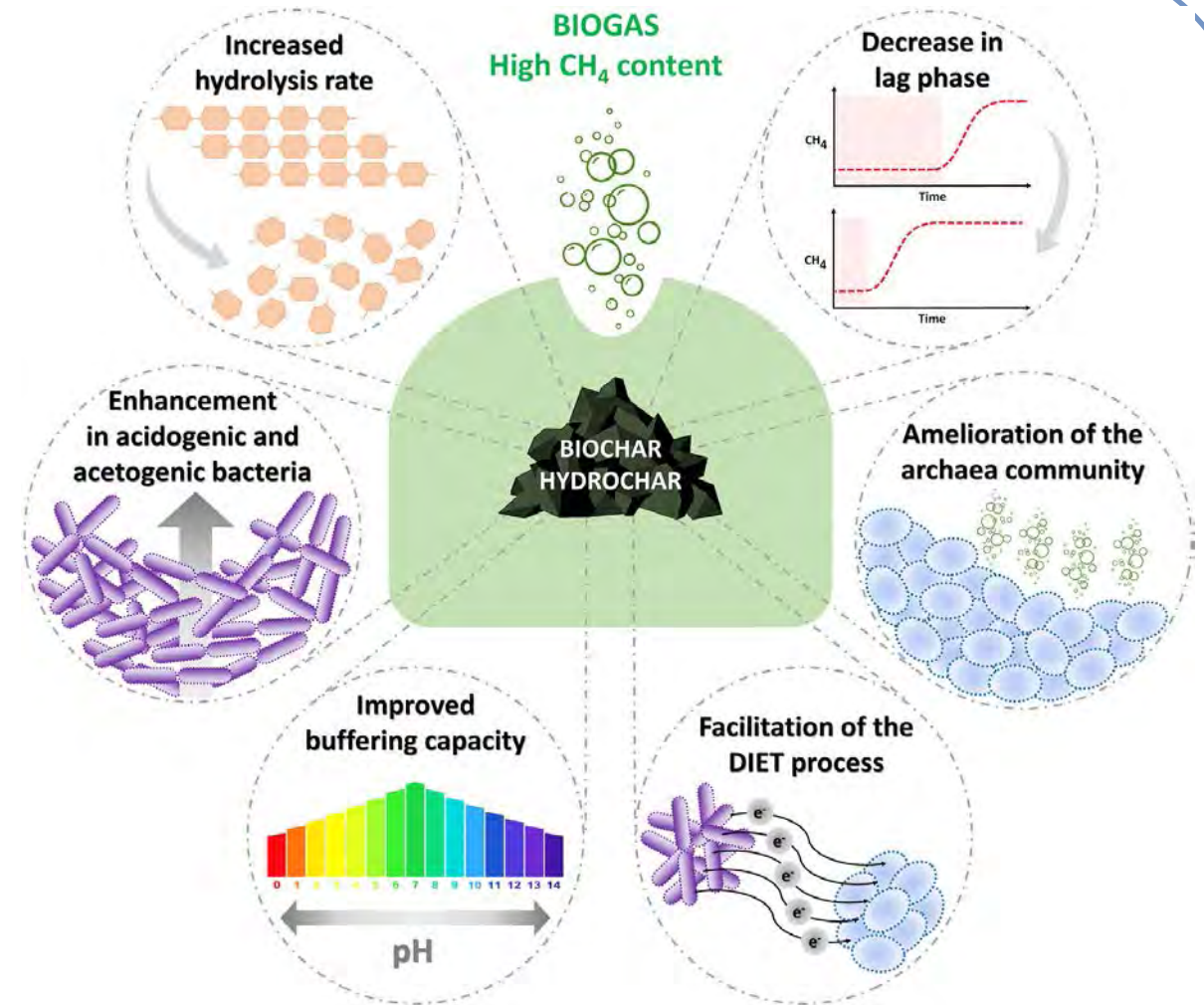


Figure EU-2: Number of biogas plants in European countries, arranged in descending order



## 2.51 Frazione biodegradabile dei rifiuti: la digestione anaerobica - 2

- L'aggiunta di materiali elettricamente conduttivi, quali ad esempio il **biochar** (residuo solido della pirolisi) o **idrochar** (residuo solido da HTL), ha potenzialmente molti effetti positivi sulla digestione anaerobica
- Tali materiali possono promuovere l'arricchimento di specifiche comunità microbiche, facilitare reazioni sintrofiche (ovvero basate sul trasferimento interspecie di elettroni, DIET), accelerare la produzione di biogas
- I fattori che governano l'efficacia del processo sono attualmente oggetto di intensa attività di ricerca



Cavali et al., *Sci. Total Env.* (2022) 822: 153614

<https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2022.153614> Get rights and content

## 2.52 Le bioenergie: il biogas

I processi studiati e sviluppati (a livello di laboratorio, impianti pilota ed anche installazioni di interesse industriale e commerciale) per ottenere un gas combustibile da biomasse (inclusa la frazione biodegradabile dei rifiuti industriali e urbani, secondo la Direttiva Europea 2009/28/EC) si distinguono in due principali filiere:

**Processi di conversione termochimica**, in primis di gassificazione, che consistono in una combustione effettuata in carenza di sostanza ossidante (aria,  $O_2$ ,  $H_2O$ ), cioè in ambiente riducente. Il prodotto finale è un gas combustibile ( $CO + H_2$  [syngas],  $CH_4$  insieme ad altri idrocarburi leggeri,  $CO_2$ , + impurezze);

**Processi di conversione biochimica**, in primis la digestione anaerobica applicata a biomasse vegetali appositamente coltivate e non competitive con quelle destinate all'alimentazione, deiezioni animali, residui delle lavorazioni dell'industria alimentare (frutta, verdura, piscicoltura, etc.), frazione organica dei rifiuti urbani. Il gas combustibile è costituito essenzialmente da  $CH_4$  e  $CO_2$ .

## 2.52 Le bioenergie: il biogas

Gas secco [vol.-%]	gassificazione con aria	gassificazione con ossigeno/vapore
H <sub>2</sub>	6-22	26-55
CO	9-21	20-47
CO <sub>2</sub>	11-19	9-30
CH <sub>4</sub>	1-7	4-25
N <sub>2</sub>	40-60	0-3
LHV [MJ/m <sub>N</sub> <sup>3</sup> ]	3-6.5	12-17

Composizione volumetrica e potere calorifico del biogas prodotto da biomasse ligno-cellulosiche mediante gassificazione con aria o con ossigeno e vapore

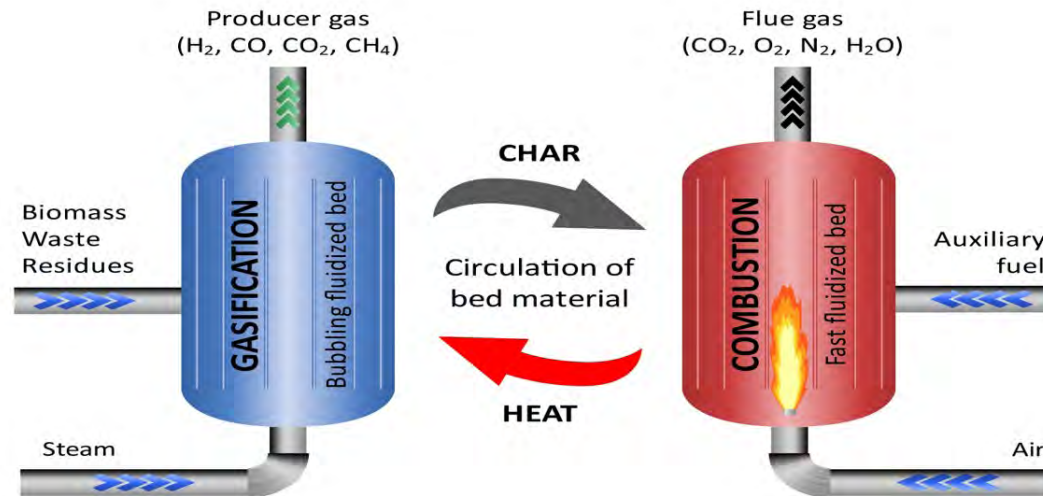
Il biogas grezzo contiene anche impurezze che liquefano o solidificano a temperatura > Ambiente (idrocarburi pesanti, che vanno perciò eliminati) e tracce di H<sub>2</sub>S e HCl; si ottengono inoltre carbone vegetale e ceneri minerali.

Il gas prodotto include N<sub>2</sub> dell'aria, quando usata come comburente, con una drastica riduzione del proprio potere calorifico.

Per soddisfare il bilancio termico dell'impianto di conversione, è richiesto un basso tenore di umidità per la biomassa alimentata (in genere < 20% in peso).

## 2.52 Il biogas : Processi di conversione termochimica gassificazione in reattori a letto fluidizzato

Negli ultimi decenni è stata sviluppata nell' Europa centro-meridionale (quindi in un contesto socio-economico diverso dalla Scandinavia) la gassificazione in reattori a doppio letto fluidizzato, con applicazioni commerciali di media taglia (8 – 30 MWtermici) per la generazione distribuita di potenza elettrica e calore.



Lo schema indica che si ottiene un *biogas* non diluito da N<sub>2</sub>, senza ricorrere ad O<sub>2</sub> puro o aria arricchita, a costo di alcune complicazioni impiantistiche.

Con la disponibilità di metano a basso prezzo da fonti fossili, questi impianti, pur essendo tecnicamente validi, hanno dimostrato scarsa economicità.

Le mutate condizioni attuali impongono una rivisitazione della convenienza economica.

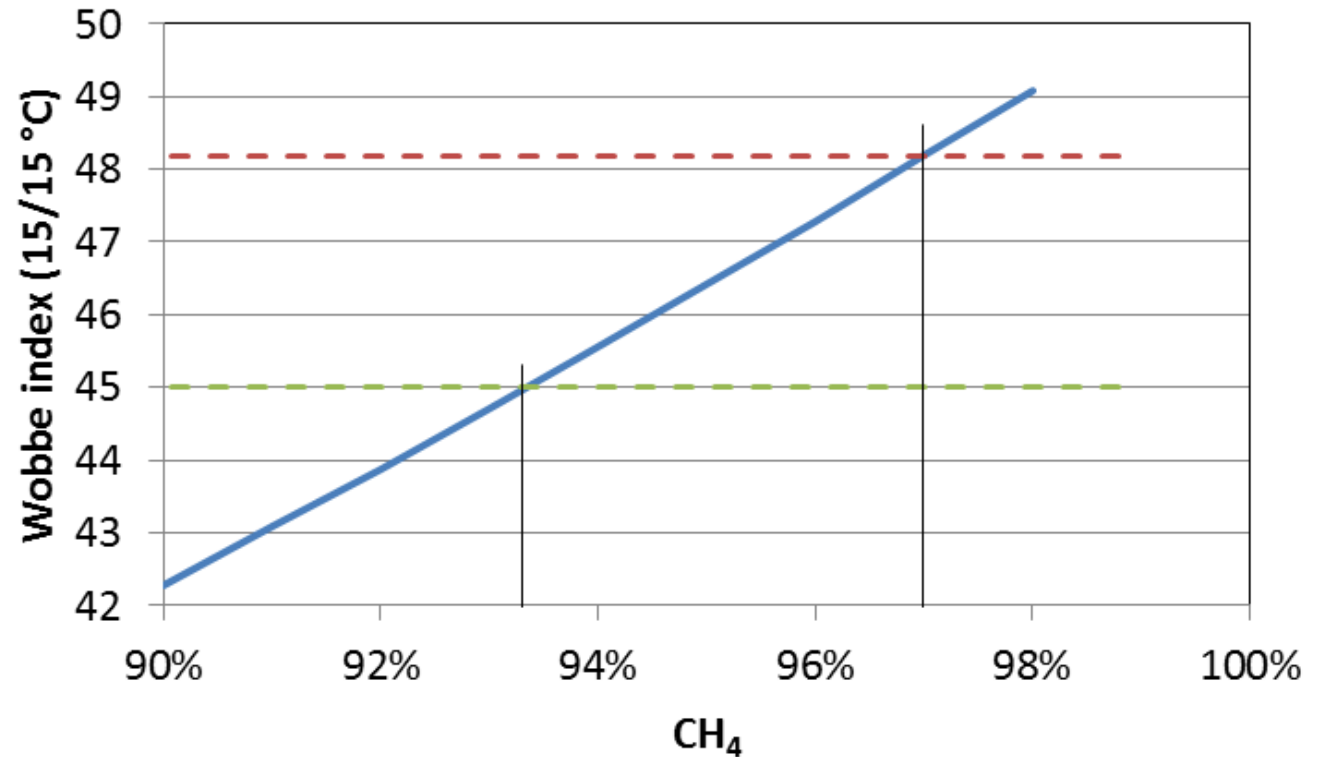


## 2.52 Le bioenergie: processo di upgrading

Lo scopo principale del processo di upgrading (o raffinazione) è l'incremento del potere calorifico della miscela gassosa per adeguarla agli standard richiesti, il limite per l'indice di Wobbe per il biometano fissato dalla (European Association for the Streamlining of Energy Exchange, EASEE) è ottenibile da una miscela con il 94% di metano

Parametro	Unità di misura	L - gas	H - gas
Indice di Wobbe	MJ/Nm <sup>3</sup>	37.8÷46.8	46.1÷56.5
Potere calorifico superiore	kWh/ Nm <sup>3</sup>	8.4÷13.1	
Densità relativa	-	0.55÷0.75	
Ossigeno	%	- Max 0.5% in reti umide - Max 3% in reti secche	
Acido solfidrico	mg/Nm <sup>3</sup>	- Media 5 - Picco 10	

\*European Biogas Association



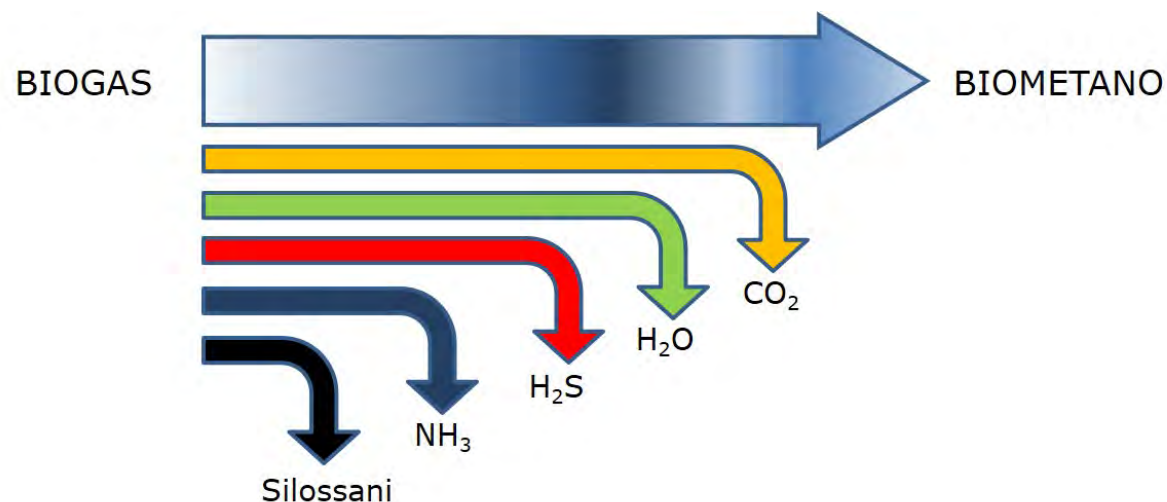
## 2.52 Le bioenergie: processo di upgrading

Il biometano (con contenuto di  $\text{CH}_4 > 94\%$ , vol) è ottenuto dalla purificazione e upgrading del biogas

- Purificazione → eliminazione di impurezze quali  $\text{H}_2\text{S}$ ,  $\text{NH}_3$ , silossani
- Upgrading (o raffinazione) → rimozione selettiva della  $\text{CO}_2$  necessaria all'incremento del potere calorifico della miscela gassosa

I silossani sono composti che contengono un legame silicio ossigeno utilizzati in cosmetica, la loro rimozione avviene solitamente mediante rimozione su carboni attivi

Rimozione di  $\text{H}_2\text{S}$  e  $\text{NH}_3$  per evitare corrosioni di tubature e parti meccaniche, limitare le emissioni di gas clima alteranti



## 2.52 Le bioenergie: diffusione impianti di upgrading in Europa

- A fronte di circa 18943 impianti di biogas presenti in Europa, circa 725 impianti di upgrading sono stati recensiti (IEA report 2019), il trend è in crescita secondo la European Biogas Association ad oggi più di 20000 impianti biogas e 1000 impianti upgrading
- In Italia ci sono 54 impianti per la produzione di biometano (per confronto in Francia 337 e in Germania 242, questi ultimi di taglia mediamente più grande) ottenuto dalla digestione anaerobica di rifiuti organici provenienti dalla raccolta differenziata e dagli scarti derivanti dal processo di lavorazione dell'industria agroalimentare

<https://www.recyclind.it/ita/3659/quantisonogliimpiantidibiometanoineuropa/>

Tecnologia di upgrading	Percentuale di purezza CH <sub>4</sub> (%)	Consumo Energetico (kWh/Nm <sup>3</sup> biogas)	Rimozione contaminanti	Numero di impianti*
Adsorbimento (su acqua)	96-98	0.3-0.9	H <sub>2</sub> S	175
Adsorbimento chimico	95-99	0.05-0.25	No	103
Assorbimento (solvente organico)	95-98	0.4-0.6	H <sub>2</sub> S – NH <sub>3</sub>	17
Separazione a membrane	82-99	0.14-0.26	H <sub>2</sub> S – N <sub>2</sub> - O <sub>2</sub>	173
Pressure Swing Adsorption	95-99	0.3-0.9	H <sub>2</sub> S – N <sub>2</sub> - O <sub>2</sub>	79
Separazione Criogenica	>97	0.42-1.54	H <sub>2</sub> S – N <sub>2</sub> - O <sub>2</sub>	2
Non specificati	-	-	-	176

\* IEA bioenergy Task 37, 2019 report

## 2.52 Le bioenergie: diffusione impianti di biometano in Europa



**Source:** EBA Statistical Report 2021 (presentation).



## 2.52 Le bioenergie: la situazione italiana (1)

In Italia ci sono 54 impianti per la produzione di biometano (per confronto in Francia 337 e in Germania 242 questi ultimi di taglia mediamente più grande) ottenuto dalla digestione anaerobica di rifiuti organici provenienti dalla raccolta differenziata e dagli scarti derivanti dal processo di lavorazione dell'industria agroalimentare.

<https://www.recyclind.it/ita/3659/quantisonogliimpiantidibiometanoineuropa/>

*“La conversione dell’attuale potenza installata di impianti a biogas, è in grado di generare una produzione di biometano pari a 2,5 miliardi di metri cubi”. Nel complesso “il biometano rappresenta un importante componente per la decarbonizzazione su cui l’Italia ha un forte potenziale (circa 8 miliardi di metri cubi di gas) per cui occorrerebbe valorizzare lo sviluppo delle componenti agricole, agro-industriali, effluenti zootecnici e sottoprodotti di origine animale”. (Fonte Elaborazione The European House-Ambrosetti su Dati ENEA 2020)*

Il biometano da FORSU, anche definito biometano avanzato, oggi è ancora poco utilizzato per il limitato numero di impianti dedicati che, una volta disponibili, consentiranno di *“abilitare una produzione di biometano fino a 768 milioni di metri cubi ottenuto dalla purificazione del biogas”* (Fonte Elaborazione The European House-Ambrosetti su Dati ENEA 2020).

Il PNRR ha indicato per l’Italia l’obiettivo di arrivare ad una produzione di Biometano di 4 miliardi di metri cubi entro il 2026, per poi superare i 6 miliardi nel 2030, equivalenti a circa il 10% del consumo totale di gas naturale.

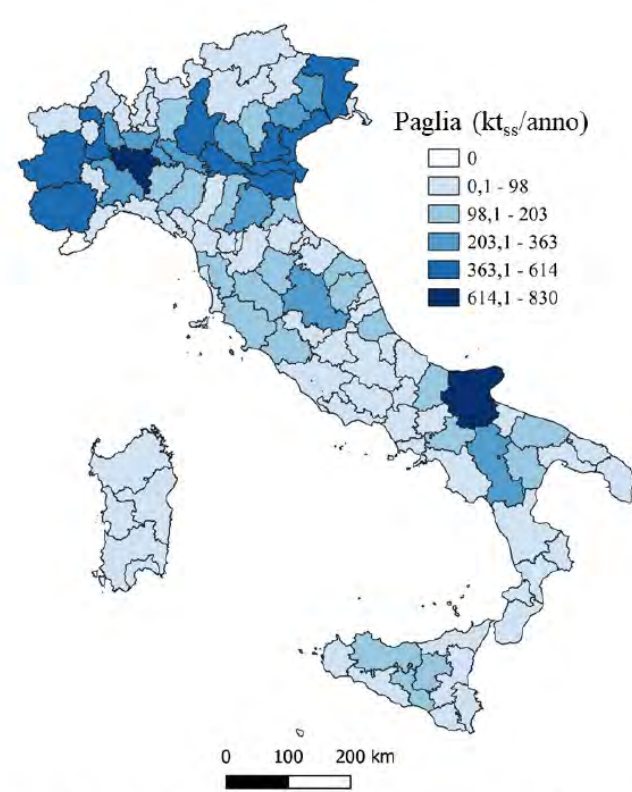
Sotto il profilo delle emissioni, l’effetto sarà duplice: da un lato l’agricoltura italiana ridurrebbe le proprie emissioni di 12,4 milioni di tonnellate di CO<sub>2</sub> al 2030 (-32%) cui andrebbero aggiunte i circa 19 milioni di minori emissioni dovute al mancato utilizzo di fonti energetiche fossili (infatti il biometano è considerato a CO<sub>2</sub> zero).



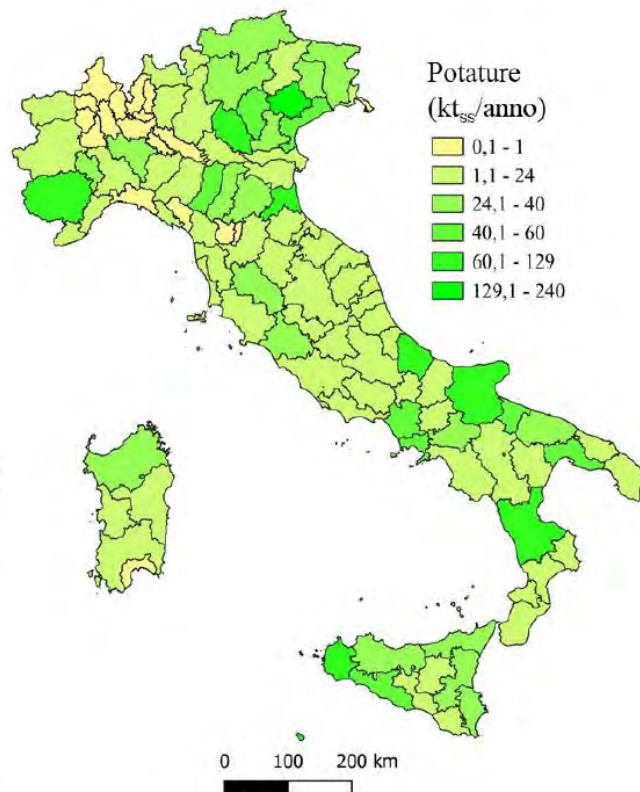
## 2.53 Le bioenergie: biomasse solide residuali utilizzabili in caldaie

- ✓ Cippato forestale: la raccolta di sfalci e potature delle aree boscate garantisce la manutenzione di zone spesso abbandonate e quindi previene danni ed incendi, oltre a ridurre il rischio idrogeologico del territorio;
- ✓ Potature agricole (frutteti, vigneti, ecc): In caso di conferimento a impianti a biomassa viene evitato il pericolo della diffusa pratica illegale di bruciarle nei campi, potendo offrire anche una piccola remunerazione per il conferimento;
- ✓ Sfalci e potature del verde pubblico: per le PA rappresentano spesso un costo rilevante da sostenere;
- ✓ Vinacce, sansa, stocchi: utilizzabili in diverse percentuali, anche questi materiali rappresentano spesso un costo per le imprese agricole che può essere trasformato in un ricavo;
- ✓ Colture energetiche: in piccole percentuali è possibile utilizzare colture energetiche effettuate su terreni abbandonati e incolti, valorizzando il territorio e prevenendo danni idrogeologici ed incendi.

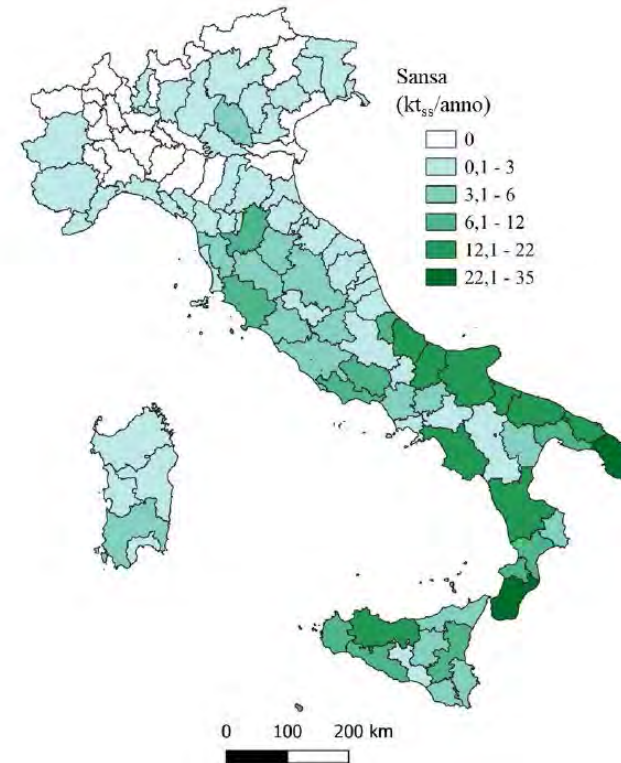
## 2.53 Le bioenergie: disponibilità biomasse solide in Italia



PAGLIE



POTATURE



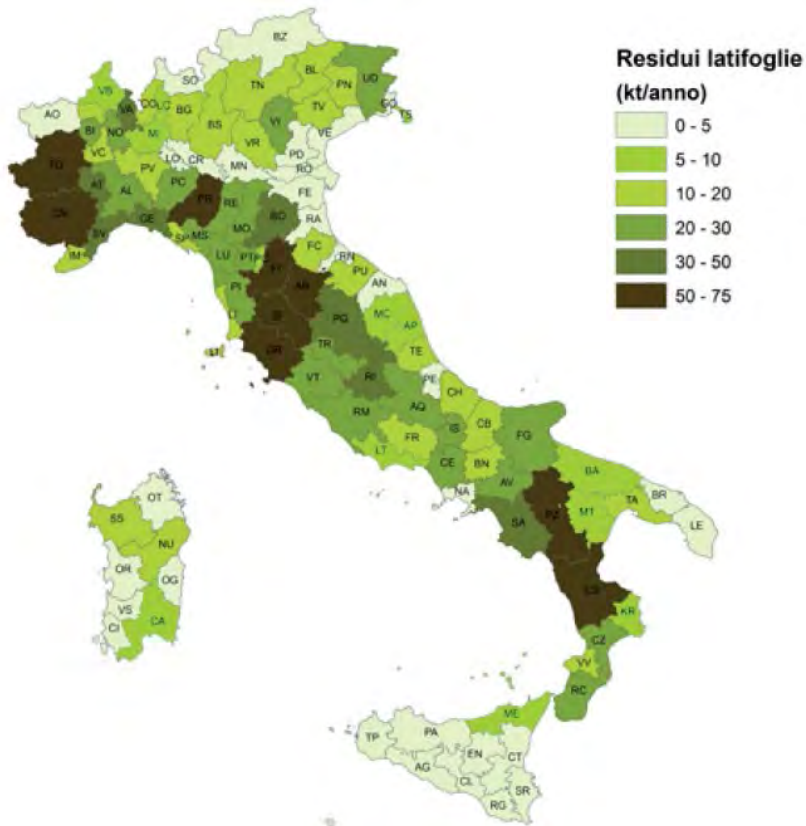
SANSE

POTENZIALE TOTALE: 14'300 + 2'300 + 400 = 17'000 kt/y

Pierro, Giocoli, Motola, Dipinto - 2021 - Report ENEA «VALUTAZIONE DISPONIBILITÀ BIOMASSE AGRO INDUSTRIALI A LIVELLO NAZIONALE E LORO PUBBLICAZIONE SUL PORTALE WEBGIS ATLANTE DELLE BIOMASSE»

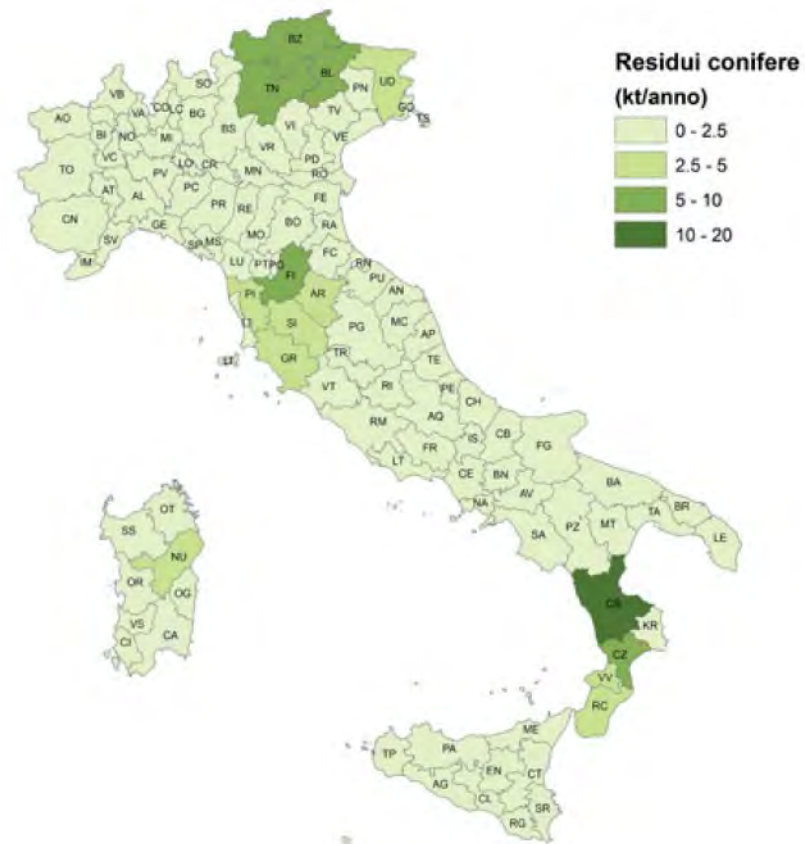


## 2.53 Le bioenergie: disponibilità biomasse solide in Italia



Latifoglie

POTENZIALE TOTALE: 6'000 kt/y



Conifere

Report ENEMA «PROGETTO BIOMASSE - DISPONIBILITA' DELLE BIOMASSE»

## 2.53 Le bioenergie: bioenergie termiche in Italia

Energia da fonti rinnovabili in Italia e quota dei consumi finali lordi coperta da FER (Mtep)

	2010	2011	2012	2013	2014	2015 (stime preliminari)	
SETTORE TERMICO	10,02	8,10	10,23	10,60	9,93	10,59	TOTALE RINNOVABILE = 10,59 Mtep
<i>Geotermica</i>	0,14	0,14	0,13	0,13	0,13	0,13	
<i>Solare termica</i>	0,13	0,14	0,16	0,17	0,18	0,19	
<i>Bioenergie</i>	7,65	5,55	7,52	7,78	7,04	7,69	BIOENERGIE = 7,69 Mtep
<i>Energia rinnovabile da pompe di calore</i>	2,09	2,27	2,42	2,52	2,58	2,58	

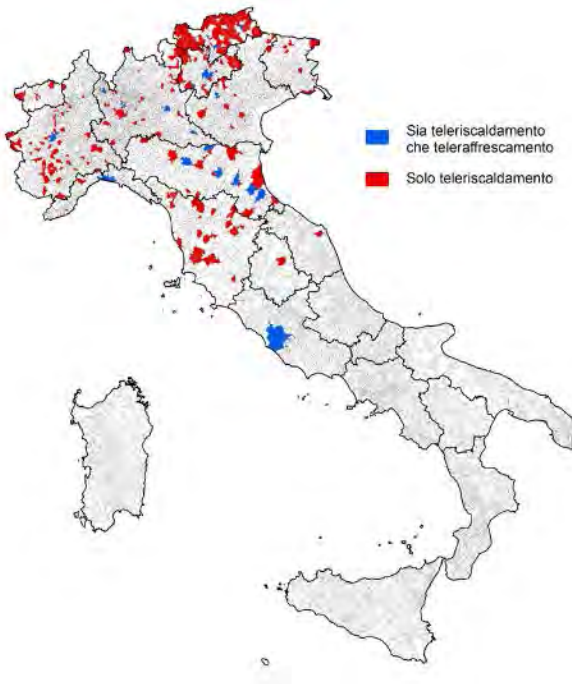
BIOENERGIE = 73 %

**IL 73% DELL'ENERGIA TERMICA RINNOVABILE E' PRODOTTA  
DALLE BIOMASSE**

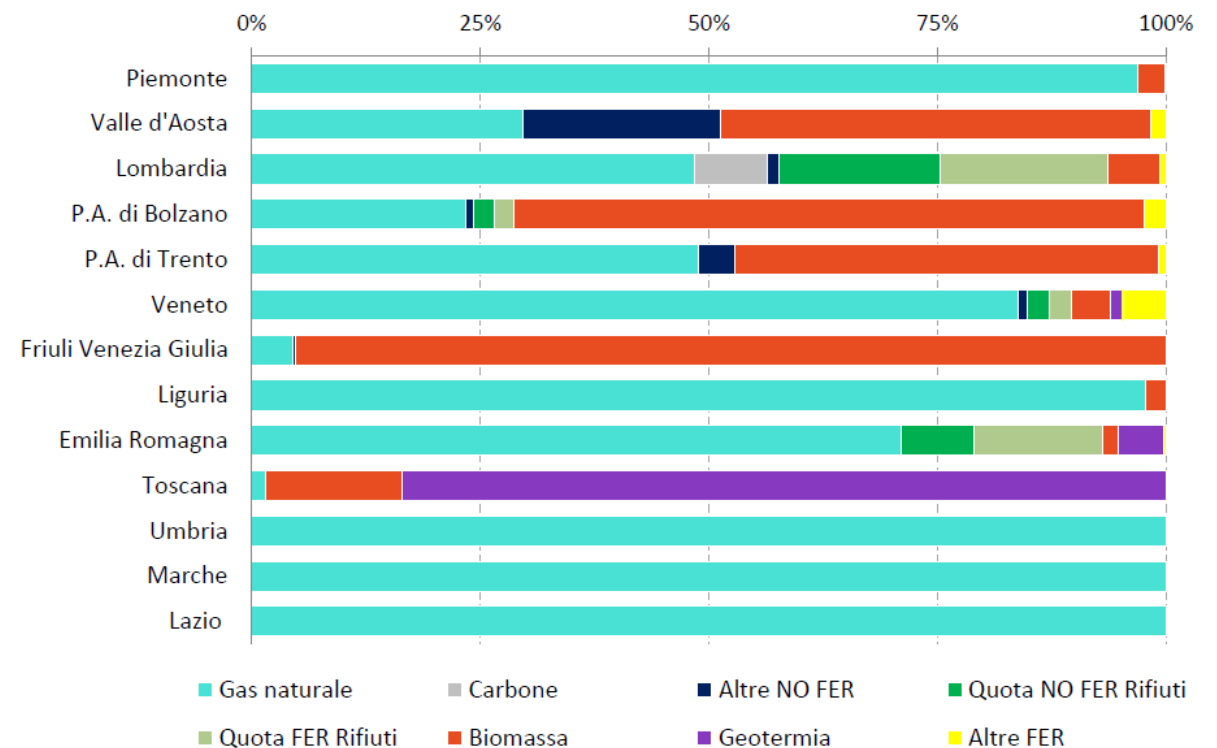


## 2.53 Le bioenergie: il teleriscaldamento

Diffusione del teleriscaldamento in Italia (Tutte le fonti)\*

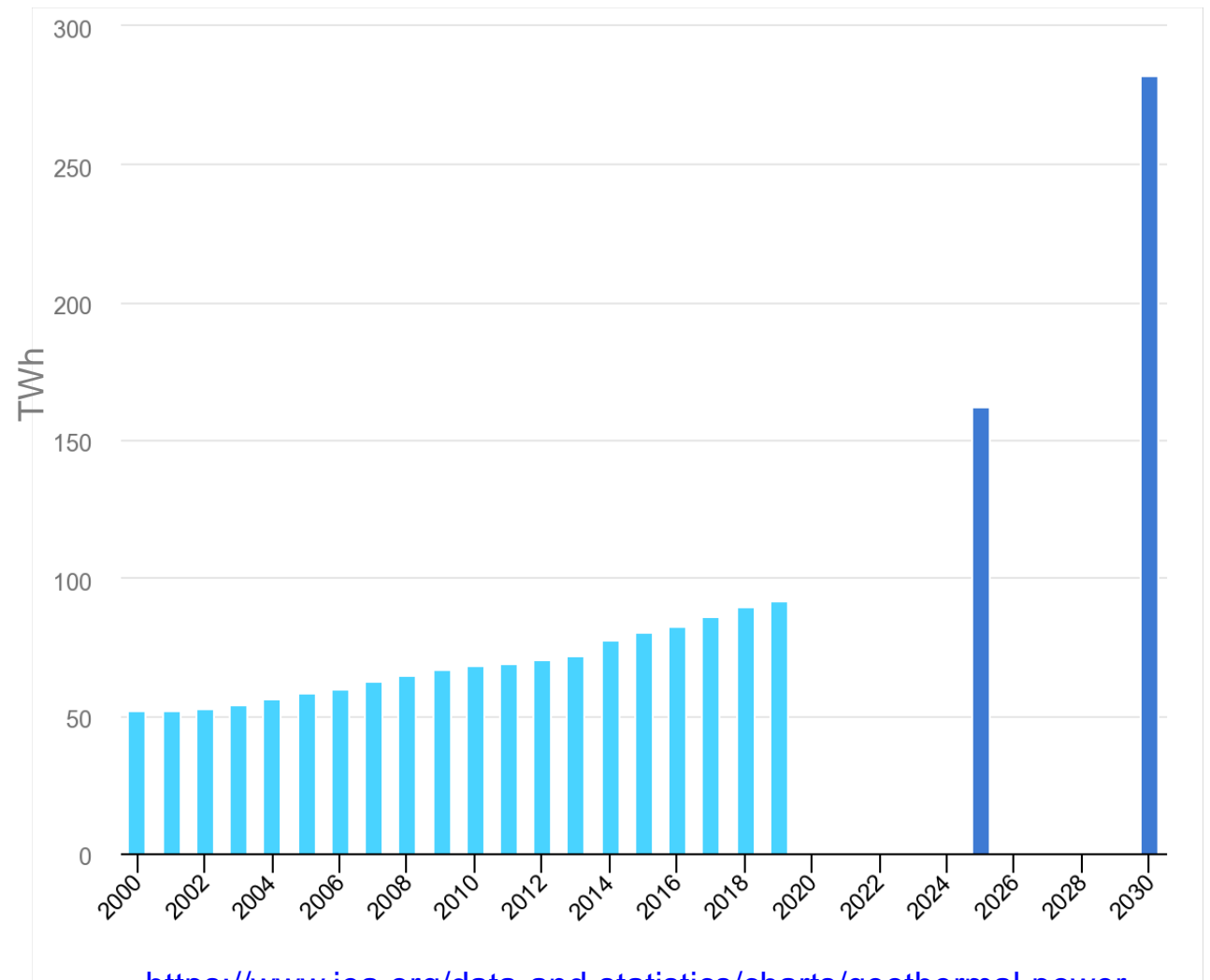


- ✓ Possibilità concreta di ottenere reti di teleriscaldamento utilizzando una fonte di energia termica rinnovabile: le biomasse solide
- ✓ Particolarmente adatto a località non metanizzate, montuose, dove la materia prima è reperibile nelle immediate vicinanze della centrale termica
- ✓ ad oggi il 13% dell'energia utilizzata per teleriscaldamento proviene da biomasse solide:



## 2.6 La geotermia

A partire dal 2019, la capacità mondiale di energia geotermica ammonta a 15,4 gigawatt (GW), di cui il 23,9% o 3,68 GW sono installati negli Stati Uniti.[4] I mercati internazionali sono cresciuti a un tasso medio annuo del 5% nei tre anni fino al 2015 e si prevede che la capacità di energia geotermica globale raggiungerà i 14,5-17,6 GW entro il 2020.[5] Sulla base delle attuali conoscenze e tecnologie geologiche divulgate pubblicamente dalla Geothermal Energy Association (GEA), la GEA stima che finora sia stato sfruttato solo il 6,9% del potenziale globale totale, mentre l'IPCC ha riferito che il potenziale di energia geotermica è compreso tra 35 GW e 2 TW.[3] I paesi che generano più del 15% della loro elettricità da fonti geotermiche includono El Salvador, Kenya, Filippine, Islanda, Nuova Zelanda[6] e Costa Rica. L'Indonesia ha un potenziale stimato di 29 GW di risorse di energia geotermica, la più grande al mondo; nel 2017 la sua capacità installata è stata di 1,8 GW.



<https://www.iea.org/data-and-statistics/charts/geothermal-power-generation-in-the-sustainable-development-scenario-2000-2030>



### 3. Barriere allo sviluppo

I problemi relativi allo sviluppo delle rinnovabili, sono numerosi.

Nel seguito, per motivi di sintesi, si riporta su alcune delle tematiche più importanti:

- Le infrastrutture di trasporto e distribuzione
- Disponibilità e approvvigionamento dei metalli
- Accettabilità sociale e consapevolezza dei consumatori

## 3.1 Le infrastrutture di trasporto e distribuzione.

Il trasporto e la distribuzione dell'energia prodotta da fonti rinnovabili si svolge prevalentemente una volta avvenuta la trasformazione in energia elettrica.

Infatti la produzione non avviene di solito in forma concentrata (come nelle grandi centrali termoelettriche), ma in forma distribuita e in alcuni casi anche intermittente e quindi si deve trovare un tipo di trasmissione già disponibile e di rendimento elevato.

Questo mette in gioco da un lato l'esigenza di realizzare forme di stoccaggio dell'energia e dall'altro di estendere la rete di captazione dell'energia elettrica prodotta, verificando la capacità e le caratteristiche di trasporto della stessa.

Per farsi un'idea, si tenga presente che la rete Enel già oggi è costituita da:

- 2.200 cabine primarie AT/MT
- 354.000 km di linee MT
- 444.000 cabine secondarie MT/BT
- 795.000 km di linee BT

e che gli impianti fotovoltaici ed eolici collegati sono 750.000.

## 3.1 Le infrastrutture di trasporto e distribuzione.

Esistono invero anche altre forme di trasporto e distribuzione di energie da fonti rinnovabili.

L'energia idroelettrica, quando non trasformata subito in energia elettrica attraverso le turbine Pelton, è trasportata immettendo l'acqua in condotte forzate o a gravità, fino all'utilizzazione laddove necessita (ad es. nei mulini): ma tutto questo già fa parte della tradizione.

Se invece si prendono in considerazione i biocombustibili, e in particolare tra essi il biometano, in prospettiva la sua immissione nei gasdotti, in percentuali oggi ridotte (< 10%) ma un domani maggiori, rappresenterà una bella sfida per tutto il settore. Si renderà necessario l'ampliamento dei punti di captazione e il nuovo dimensionamento delle tubazioni per i maggiori quantitativi che la rete sarà chiamata a trasportare, sempre se la produzione di biometano sarà effettivamente in grado di fare fronte alle richieste di questa fonte rinnovabile, continuamente in aumento.

Così come un domani si potranno vedere navi metaniere portare biometano ai rigassificatori e da questi partire per la distribuzione agli utenti finali di nuova energia rinnovabile.

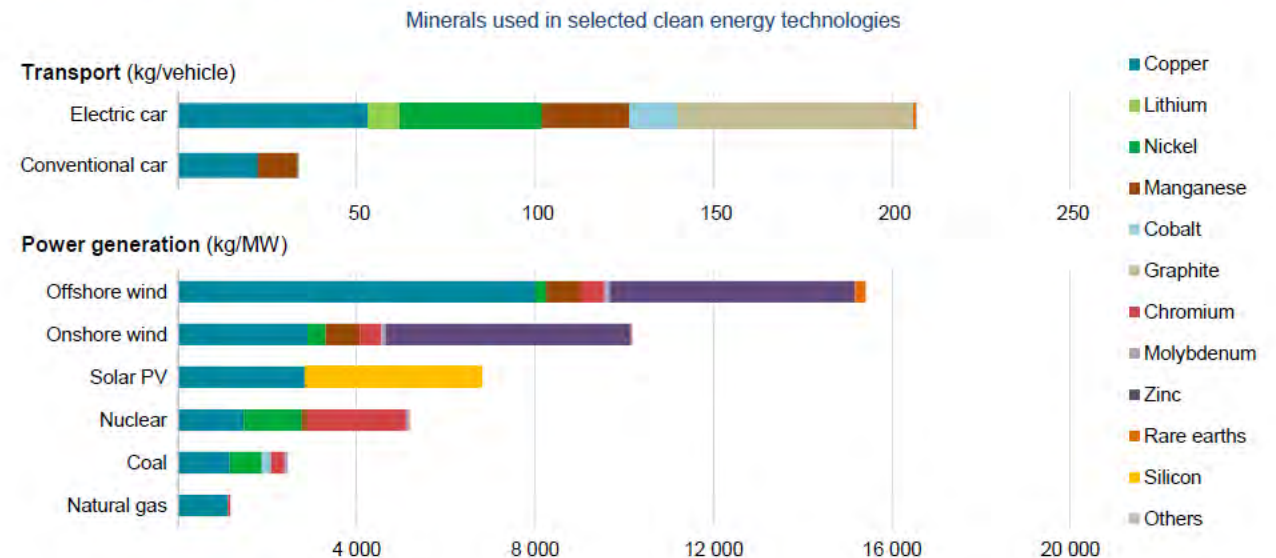
## 3.2 Disponibilità e approvvigionamento dei metalli

Partiamo dalla direttiva europea sullo stop ai motori a combustione dal 2035. Non sto a discutere sul contributo degli e-fuels al 2035, quindi assumo che da quel punto in poi tutta la trazione nel trasporto in EU sia elettrica. Poiché la RED IV si basa prevalentemente sul documento NetZero 2050 della IEA, le argomentazioni riportate sono basate sui documenti pubblicati dalla IEA.

Da

<https://www.iea.org/reports/the-role-of-critical-minerals-in-clean-energy-transitions> pag, 6, ricaviamo la figura a lato.

The rapid deployment of clean energy technologies as part of energy transitions implies a significant increase in demand for minerals



Notes: kg = kilogramme; MW = megawatt. Steel and aluminium not included. See Chapter 1 and Annex for details on the assumptions and methodologies.



## 3.2 Disponibilità e approvvigionamento dei metalli

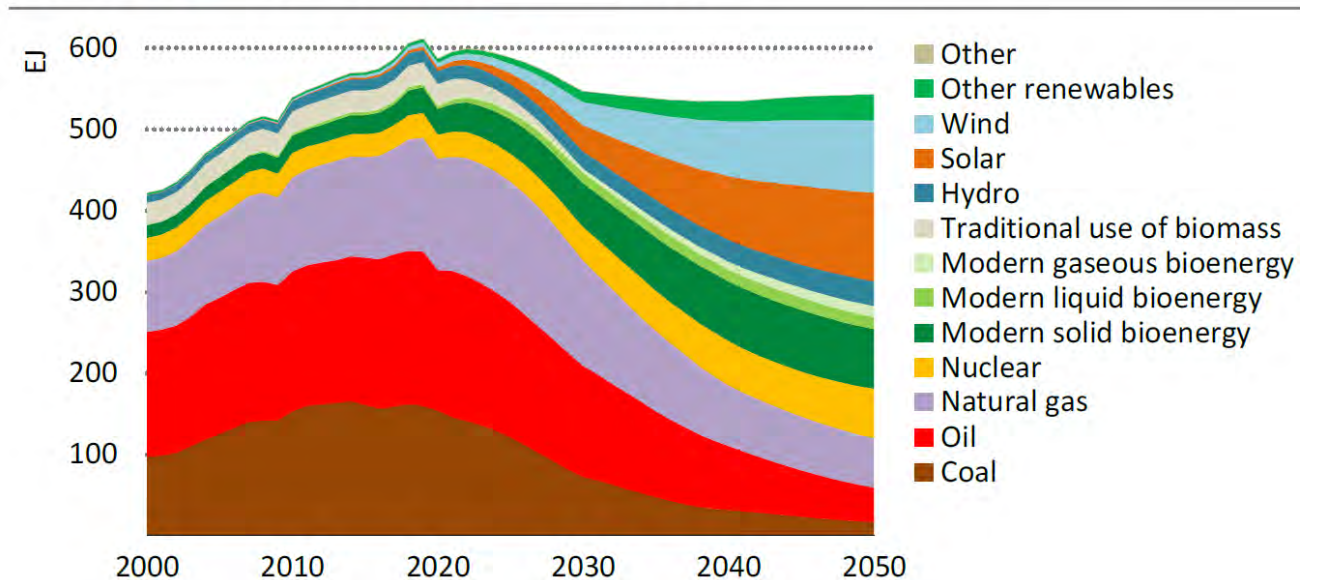
Da questa informazione ricaviamo la quantità di metalli necessari per sostenere un trasporto completamente elettrico a livello europeo e a livello mondiale. Nella tabella seguente, riporto le quantità che si possono evincere dalla figura riportata prima sia per la situazione europea (ca. 258 milioni di autoveicoli) che per la situazione mondiale ( ca. 1.4 miliardi di autoveicoli), in confronto con le riserve accertate dei metalli necessari.

	Riserve mondiali 10 <sup>6</sup> t	Auto EU (258 10 <sup>6</sup> ) 10 <sup>6</sup> t	Auto World 1.4 10 <sup>9</sup> 10 <sup>6</sup> t
Rame	880	13.5	73.5
Litio	20	2.3	12.6
Nichel	95	10.2	55.3
Manganese	6.7	6.2	33.7
Cobalto	7.6	3.5	18.8
Cromo	35.4	0.3	1.4
Grafite		16.9	91.7

## 3.2 Disponibilità e approvvigionamento dei metalli

Il solo trasporto elettrico mette in crisi la disponibilità mondiale dei metalli necessari per la costruzione delle batterie, già prima di considerare il loro possibile recupero e riciclo. Inoltre, essendo la fornitura delle energie rinnovabili principali (Solare e Eolico) discontinua si renderà necessaria una importante capacità di stoccaggio.

**Figure 2.5** ▶ Total energy supply in the NZE

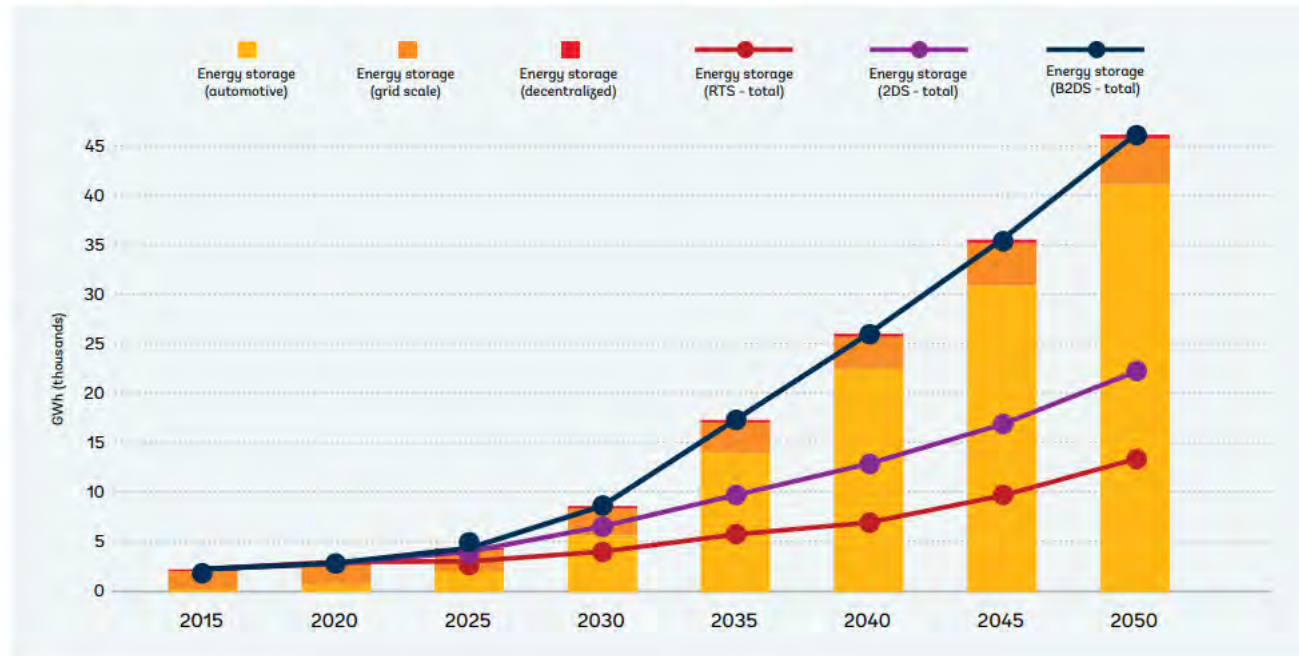


Secondo quanto riportato in NetZero By 2050 della IEA (<https://www.iea.org/reports/net-zero-by-2050>) al 2050 il contributo delle energie rinnovabili discontinue (Solare e Eolico) dovrà essere di 203.3 EJ corrispondenti a  $5,6 \cdot 10^4$  TWh. Assumendo conservativamente che la necessità di accumulo sia del 50 %, avremmo bisogno di stoccare  $2,8 \cdot 10^4$  TWh.

## 3.2 Disponibilità e approvvigionamento dei metalli

Secondo la World bank al 2050 la necessità di stoccaggio sarà di 45 TWh, ma questo dato è ricavato solo dai dati riportati da IRENA, su generazione di elettricità e non di energy storage. Come possiamo vedere Le previsioni riportate da IEA e da World Bank sullo stoccaggio energetico divergono significativamente.

Figure 2.2 Expected Growth in Energy Storage Through 2050



Source: Based on IEA ETP 2017.

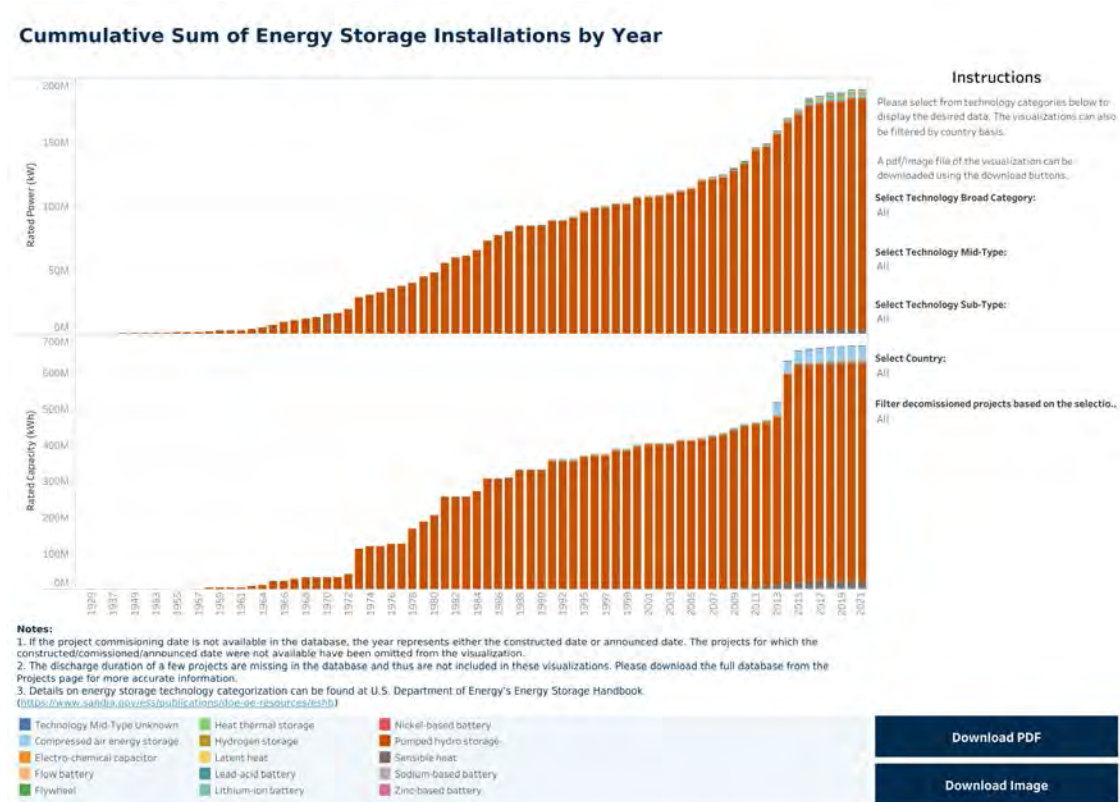
Note: 2DS = 2-degree scenario, B2DS = beyond 2-degree scenario, GWh = gigawatt-hours, RTS = reference technology scenario.

14 IRENA's scenarios only provide data for electricity generation and not energy storage.

<https://pubdocs.worldbank.org/en/961711588875536384/Minerals-for-Climate-Action-The-Mineral-Intensity-of-the-Clean-Energy-Transition.pdf>

## 3.2 Disponibilità e approvvigionamento dei metalli

Cerchiamo allora di vedere quale sia la situazione attuale sullo stoccaggio energetico.



Secondo l'Energy Storage DataBase del DOE la quantità di energia elettrica stoccata nel 2021 è stata di 0,67 TWh, di cui 90% pumped hydro storage, 3.2 % sensible heat, 0.65 % Li Ion Batteries, 6.06 % Compressed air, 0.09 % Unknown sources.

<https://sandia.gov/ess-ssl/gesdb/public/statistics.html>



## 3.2 Disponibilità e approvvigionamento dei metalli

L'entità dello storage necessario ( $2.8 \cdot 10^4$  TWh da ipotesi su base dati IEA o di 45 TWh da stima World Bank su ipotetica necessità di generazione di e.e. al 2050), sono comunque enormemente superiori alla capacità attuale di stoccaggio installata di 0.67 TWh basata soprattutto sul pompaggio a monte di acqua dalle centrali elettriche.

Lo stoccaggio di energia in un sistema basato su un supply da rinnovabili, richiederà una capacità di stoccaggio molto alta basata su Li-ion Batteries e quindi richiederà quantità molto elevate di metalli.

Se guardiamo alla tabella riportata sopra sulle stime di metalli disponibili a livello mondiale si può facilmente desumere che in uno scenario dominato da un supply energetico rinnovabile e da una mobilità elettrica, ci sarà una competizione sul supply di metalli da destinare ai trasporti e da destinare allo stoccaggio energetico.

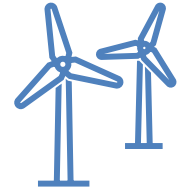
Queste indicazioni suggeriscono di cercare per la mobilità soluzioni alternative al trasporto elettrico, che non richiedano l'impiego di grandi quantità di metalli.

### 3.3 Accettabilità sociale: formazione dell'accettabilità tecnologica

La relazione sociale connessa alla tecnologia si crea nella sfera pubblica mass-mediatica, nella politica, nella burocrazia, nell'economia con riferimento alla dimensione culturale antropocentrica, cosmopolita o eco-centrista con l'ambiente.

La tecnologia è tutto ciò che può essere funzionale alla soluzione di problemi

Giudizio o pregiudizio tecnologico



Posizionamento vs soluzione tecnologica

Percezione individuale



L'accettazione di una tecnologia è strettamente connessa alla percezione del suo rischio e beneficio

L'approccio al rischio, in senso contemporaneo, presuppone decisioni che tentano di rendere prevedibili e controllabili le conseguenze imprevedibili delle decisioni della civilizzazione.

Costruzione del consenso o attivazione del dissenso (Nimby)



Azione collettiva

Percezione collettiva



La psicologia sociale si occupa della percezione del rischio per corredare l'approccio ingegneristico delle **dimensioni culturali del rischio**

La relazione fra individui da luogo ad un'azione sociale



Formazione opinione pubblica

La percezione del rischio **diretta** o **mediata** orienta i comportamenti e coinvolge diverse dimensioni dell'accettabilità: dimensione razionale ed oggettiva e dimensioni emotive e soggettive.

## 3.3 Accettabilità sociale: Doppio bilancio rischi/opportunità



### Dimensioni culturali

**Vantaggio relativo** – tecnologia considerata migliore di quella sostituita

**Compatibilità** – grado di aderenza ai valori e ai bisogni degli utenti

**Complessità** – grado di difficoltà connesso alla sua implementazione

**Sperimentabilità** – possibilità di essere testata su piccola scala

**Osservabilità** - livello di conoscenza già disponibile

### Rischio accettabile



- Frequenza e danno di un evento indesiderato non sono considerati rilevanti dallo stakeholder
- Non è richiesto alcun trattamento, pertanto risulta quasi un «non rischio»
- I benefici sono superiori agli eventuali danni per gli stakeholder

### Rischio residuo



- Sono necessari trattamenti per contenere gli effetti indesiderati
- I trattamenti vengono percepiti rassicuranti
- I benefici compensano gli eventuali danni
- Il rapporto costi/benefici è sbilanciato sulle opportunità
- Fiducia sulla gestione (mitigazione e controllo) favorisce l'accettabilità

### Rischio non accettabile

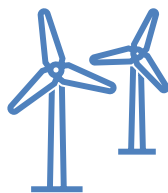


- I trattamenti non sono considerati sufficienti per affrontare il rischio
- Il rischio è troppo elevato e i trattamenti inadeguati per gli stakeholder
- La distribuzione dei rischi è a scapito di alcuni a fronte di benefici distribuiti su larga scala
- Gli effetti di un evento indesiderato sulle generazioni future è un deterrente per l'accettazione
- Totale sfiducia sulla tecnologia e sulla sua gestione



## 3.3 Accettabilità sociale: analisi per favorirla

### Processo



**Analizzare, mitigare e valorizzare** gli impatti sociali, ambientali ed economici di una tecnologia nel contesto di applicazione. Promuovere la conoscenza attraverso

**Clusterizzare** i soggetti interessanti direttamente ed indirettamente, individuando le istanze di cui sono o potrebbero essere portatori secondo le diverse forme che può assumere il fenomeno Nimby



**Definire** un piano di comunicazione congiunto con la PA e, ove possibile **promuovere**, processi partecipativi per accelerare il processo di posizionamento della collettività rispetto alla soluzione tecnologica



**Individuare e applicare** le condizioni abilitanti per la penetrazione della tecnologia attraverso un confronto con la PA, a corredo degli adempimenti di permitting, per definire piani di intervento che contemplino un bilancio locale positivo in termini di sostenibilità




## 3.3 Accettabilità sociale: Condizioni abilitanti per l'accettabilità tecnologica<sup>1</sup>



Tendenze principali	Sub- categorie	Indicazioni
<b>Fiducia</b>	Scambio di informazioni	Chi sviluppa il progetto deve condividere in maniera trasparente e comprensibile le informazioni
	Coinvolgimento pubblico	Sviluppare opportunità di coinvolgimento per le comunità locali
	Giustizia procedurale	Corretta ed equità devono essere garantite nella risoluzione delle dispute
<b>Giustizia distribuita</b>	Equa distribuzione	Costi e benefici devono essere equamente distribuiti tra chi sviluppa il progetto e le comunità locali
	Compensazione	Compensazione finanziaria diretta o indiretta può essere un buon incentivo
<b>Siting</b>	Caratteristiche fisiche del territorio	Impatto sulla salute e sul territorio
	Fattori emozionali della comunità	Attaccamento a specifici fattori identitari
<b>Fattori socio-demografici</b>	Politica e caratteristiche della popolazione	Valorizzare le caratteristiche locali

<sup>1</sup> Studio condotto da M. Segreto «Trends in Social Acceptance of Renewabel Energy Across Europe»

### 3.3 Accettabilità sociale: Condizioni abilitanti per il consumo sostenibile

Tendenze principali	Risposta commerciale	Obiettivo
 Consumo necessario	Adeguatezza dell'offerta energetica	Sicurezza del sistema energetico Equità del prezzo Contrasto alla povertà energetica
	Compensazioni per gli effetti negativi della produzione in loco	Promozione dell'accesso per lo sviluppo di filiere locali Costi e benefici devono essere equamente distribuiti tra chi produce energia e chi la consuma
	Valorizzazione delle soluzioni locali	Massimizzazione dell'uso delle risorse e dei rifiuti
	Trasparenza informatica	Composizione del prezzo

### 3.3 Accettabilità sociale: Condizioni abilitanti per il consumo sostenibile

Tendenze principali	Proposta commerciale	Obiettivo
 <p data-bbox="117 229 486 265"><b>Consumo sostenibile</b></p>	Soluzioni a basso o nullo impatto carbonico	Riconoscimento dell'extracosto rispetto a soluzioni fossili
	Soluzioni a contenuto impatto ambientale e paesaggistico	Promozione di soluzioni compatibili con le caratteristiche territoriali
	Compensazione diretta o indiretta per un incentivo sostenibile	Valorizzazione delle soluzioni rigenerativi
	Trasparenza informativa	Promozione di soluzioni di auto-produzione Promozione di soluzioni di efficientamento energetico
 <p data-bbox="117 858 494 948"><b>Partecipazione alle soluzioni energetiche</b></p>	Comunità energetica e soluzioni similari	Ruolo attivo nella produzione e nel consumo
	Mobilità sostenibile	Promozione di soluzioni consapevoli nelle gestione dei fabbisogni energetici e le soluzioni di approvvigionamento Promozione di nuovi modelli di mobilità Attivazione di cambiamenti culturali attraverso incentivazione economica e morale

### 3.3 Accettabilità sociale: Accettazione e percezione eolico e fotovoltaico

#### Impatti percepiti

- Paesaggio
- Utilizzo di suolo per finalità «non alimentari»
- Rumore
- Impatto Infrastrutture off-shore
- Ripercussioni sulla stabilità del territorio



Criteri abilitanti

#### Idioma oppositivo

In Sardegna è sempre più forte il “no” all’eolico offshore.  
L’opposizione della STAN al Parco eolico del San Gottardo ...ordinato e armonioso nelle adiacenze dei beni culturali  
«No al fotovoltaico su terreni agricoli»

- Energia della transizione
- Forte incentivazione
- Green sensibilità
- Agrivoltaico

Vantaggi



- Delocalizzazione della produzione
- Decommisioning
- Gestione della rete
- Ridotti (o nulli) effetti positivi sull’occupazione
- Impatto paesaggistico onshore e offshore

Svantaggi





## 4 Conclusioni

La transizione verso un sistema energetico pulito non solo solleva tematiche tecnico scientifiche rilevanti, ma mette anche in gioco nuovi modelli commerciali di energia, paesi e considerazioni geopolitiche.

Tra i problemi tecnici più evidenti emerge fortemente la considerazione sulla disponibilità dei metalli necessari a sostenere la transizione. Oltre ai problemi sulle quantità richieste, emerge chiaramente il problema del controllo delle fonti, oggi limitato a poche nazioni. Questo potrebbe creare tensioni sociopolitiche in varie aree del pianeta, con l'Europa tra le regioni più esposte alla dipendenza da queste forniture.

La logistica della distribuzione e dello stoccaggio dell'energia prodotta dalle rinnovabili è un altro elemento di criticità a livello mondiale.

Il confronto e l'accettazione da parte delle comunità locali dei cambiamenti collegati alla transizione energetica, costituisce un altro punto importante di attenzione.

Complessivamente emerge una posizione debole da parte dell'Europa che non ha il controllo delle materie prime e dei processi per la produzione degli elementi chiave della transizione energetica: pannelli solari, batterie al litio, microchips, turbine eoliche. Poiché l'ipotesi dello sviluppo della fusione nucleare è ancora molto lontano, a livello europeo sarebbe utile pensare ad una strategia fuori dalle righe, rivedendo la posizione sui motori a combustione interna e trovando una posizione più pragmatica sui vettori energetici alternativi a elettrico e idrogeno, soprattutto in tema di mobilità.