



**THERMALLY
DRIVEN
HEAT PUMP**
L'evento digitale

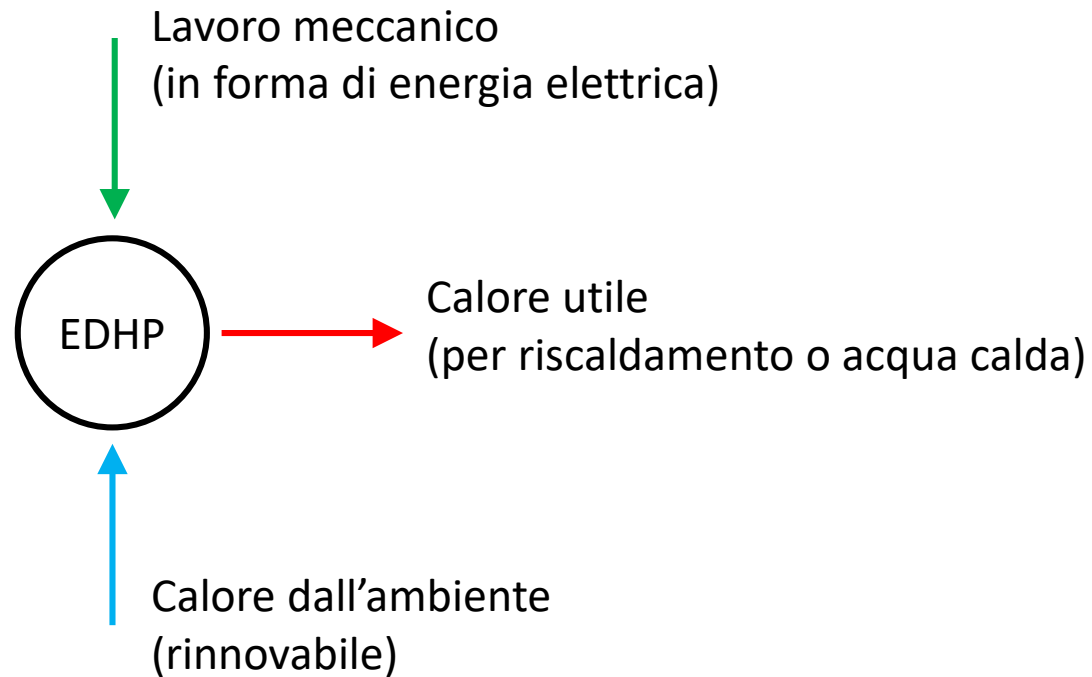
**Thermally Driven Heat Pump:
introduzione alla tecnologia e
ruolo nel processo di
decarbonizzazione**

Tommaso Toppi
*Ricercatore del laboratorio RELAB
Politecnico di Milano - Dipartimento di Energia*

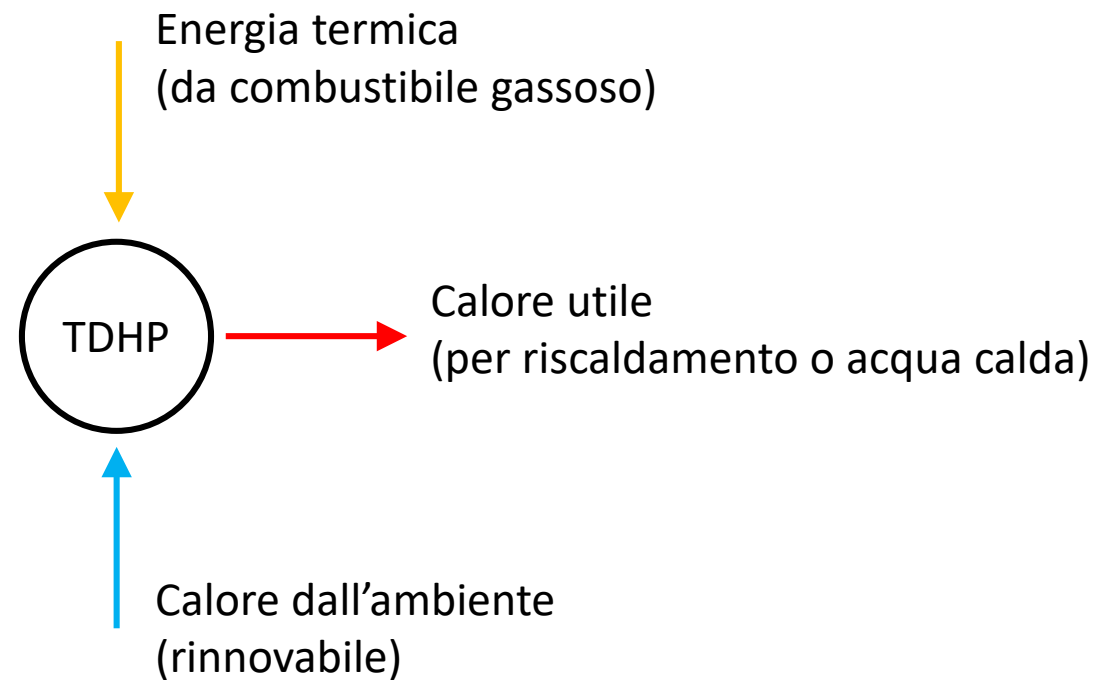
16 Giugno 2023

Thermally driven heat pump – la tecnologia

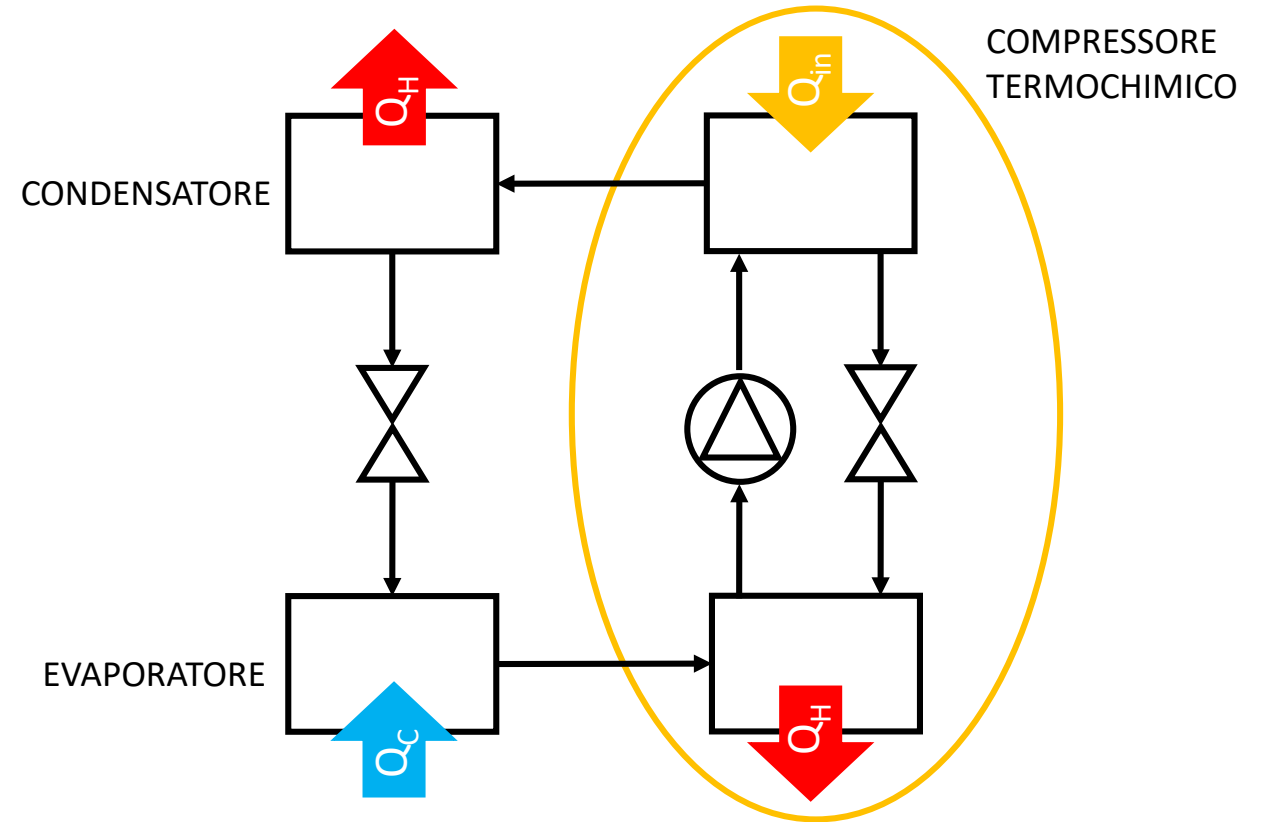
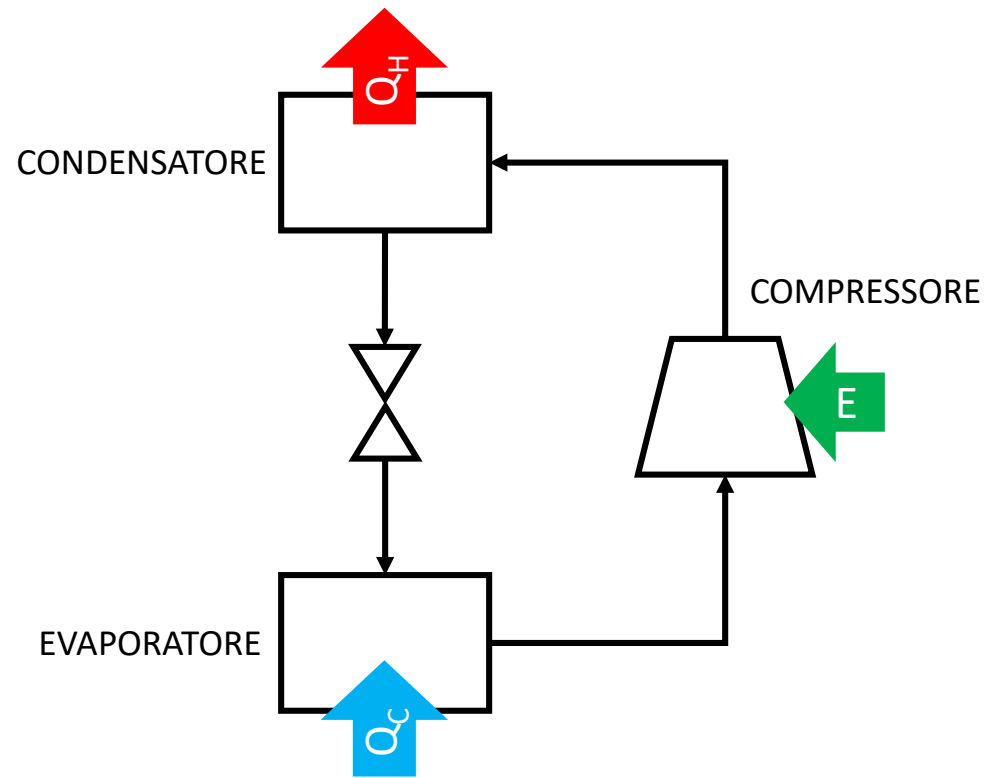
Pompe di calore a compressione di vapore



Pompe di calore ad azionamento termico



Thermally driven heat pump – la tecnologia ad assorbimento



Misura delle prestazioni di GHP e EHP

TDHP e EDHP usano vettori energetici diversi, quindi serve usare indici di prestazione diversi:

$$COP = \frac{Q_h}{E} \quad \text{Coefficient of Performance per le pompe di calore a compressione di vapore (range 2 – 5)}$$

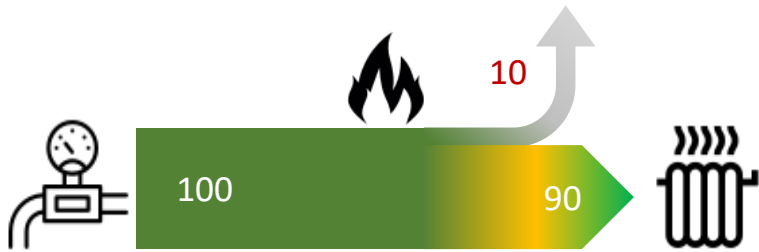
$$GUE = \frac{Q_h}{Q_{gas}} \quad \text{Gas Utilization Efficiency per le pompe di calore a gas (range 1.0 – 1.7)}$$

Qualunque confronto deve basarsi su grandezze confrontabili:

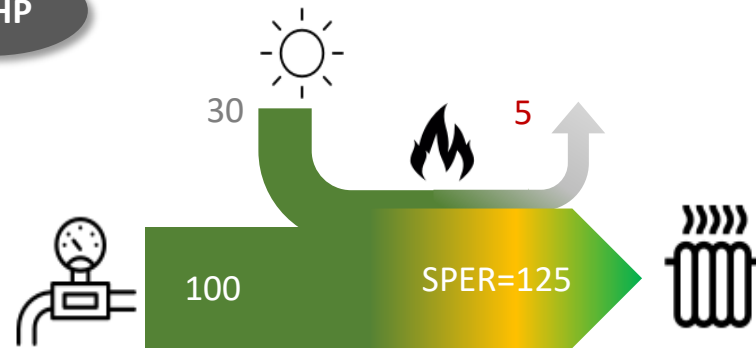
- Energia primaria
- Emissioni di CO₂ per unità di energia fornita

Consumo di energia primaria

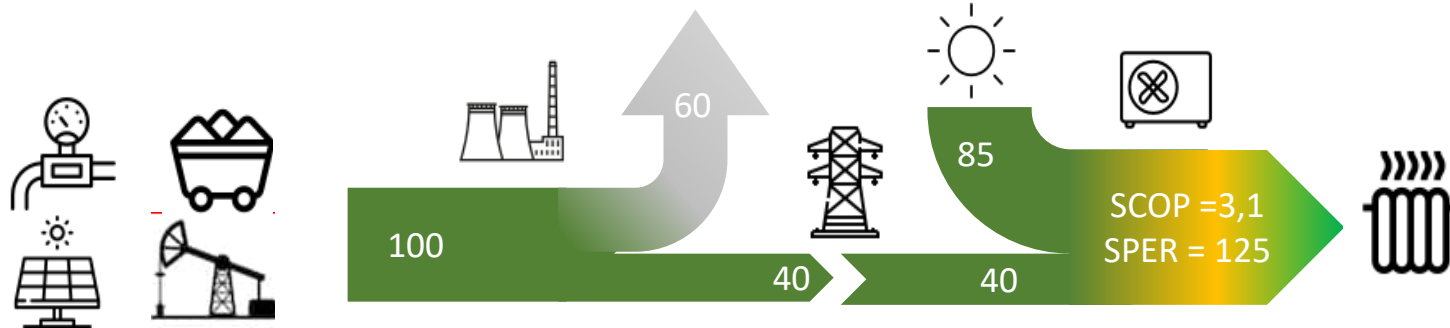
CALDAIA



TDHP



EDHP



I risultati dipendono da:

- Efficienza stagionale delle macchine (SPER)
- Fattore di conversione dell'energia primaria in energia elettrica (2.5 in UE)

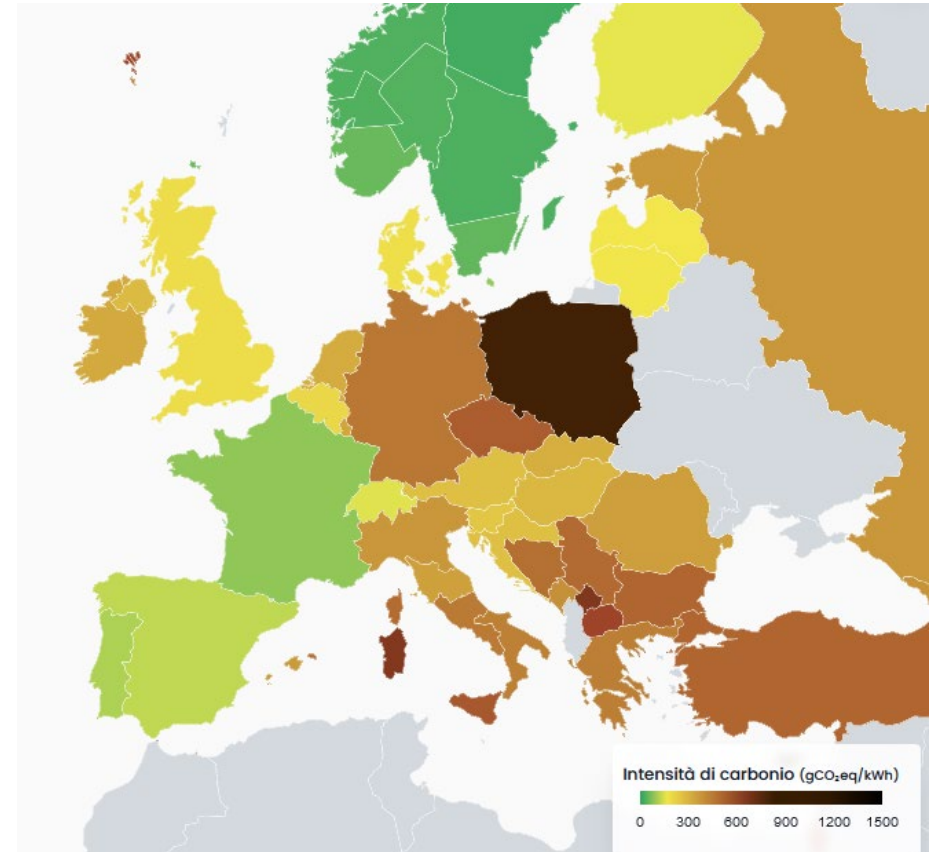
Emissioni di CO₂

Emissioni di CO₂:

- Energia elettrica: 52 – 780 g_{CO2}/kWh
(molto variabile in funzione della località e della stagione)
- Gas naturale: 201 g_{CO2}/kWh

Applicando tipici valori di efficienza (GUE e COP), si può ottenere un'indicazione delle emissioni per unità di energia fornita:

- EHP: 10 - 390 g_{CO2}/kWh
- GHP: 118 - 210 g_{CO2}/kWh
- Caldaia a condensazione: 223 g_{CO2}/kWh (con efficienza 0.9)



Fonte: <https://app.electricitymaps.com/map>
Dati relative a gennaio 2023

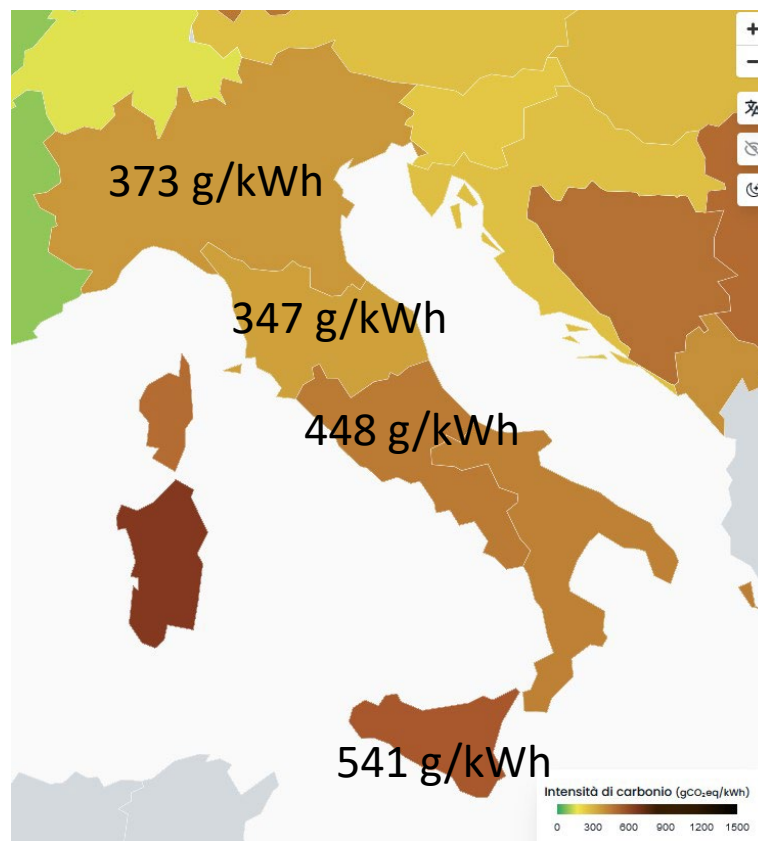
Emissioni di CO₂ - Italia

Intensità di emissioni in Italia:

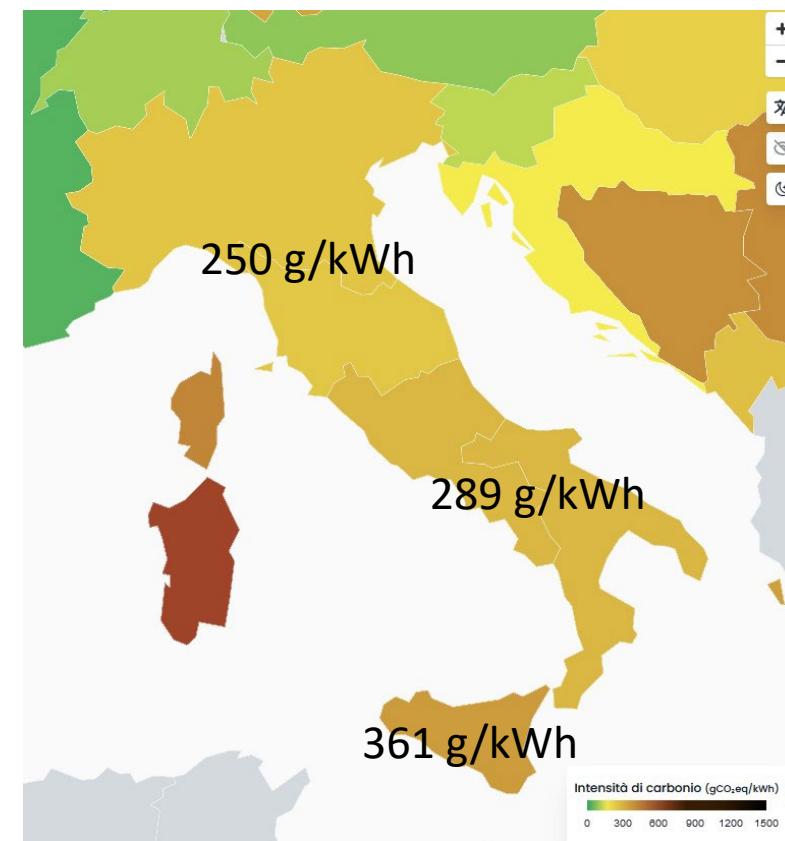
- Più alta in inverno che d'estate
- Più alta di notte che di giorno

A causa del diverso contributo delle fonti rinnovabili (es. fotovoltaico).

- In genere maggiore al Sud che al Nord



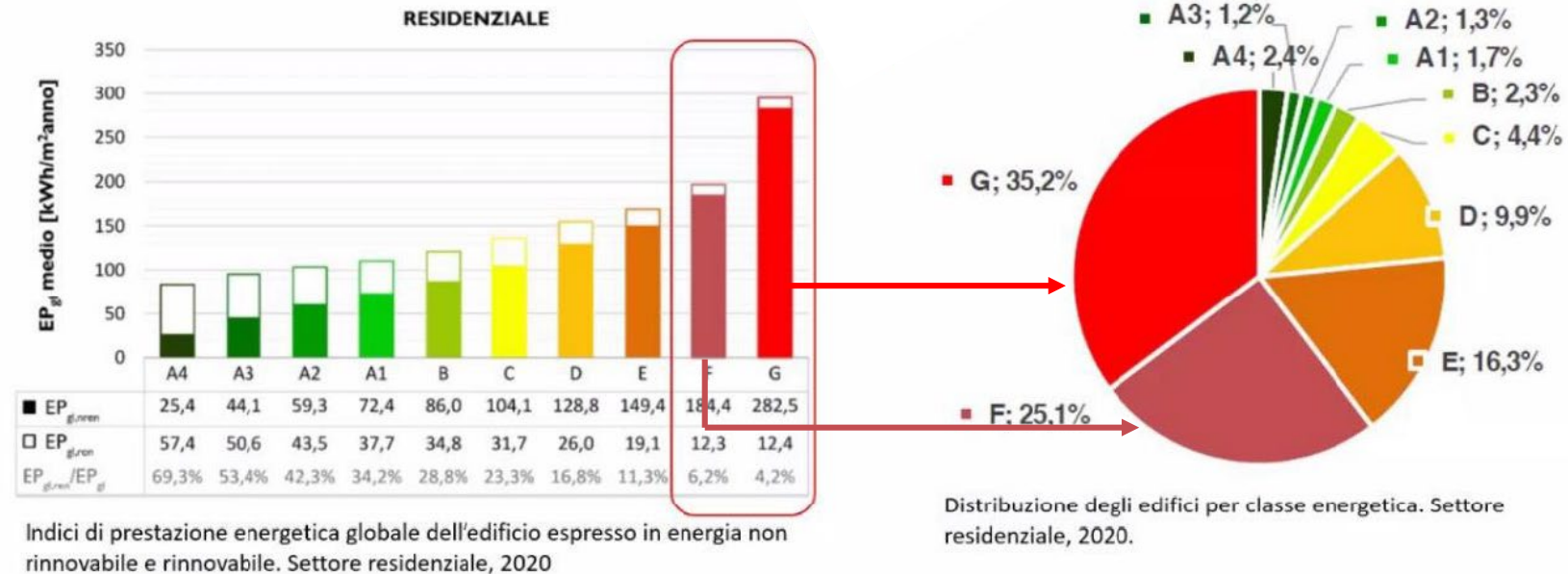
Gennaio 2023



Maggio 2023

Il settore del riscaldamento in Italia

Fonte: ENEA, Rapporto annuale sulla certificazione energetica degli edifici, 2021

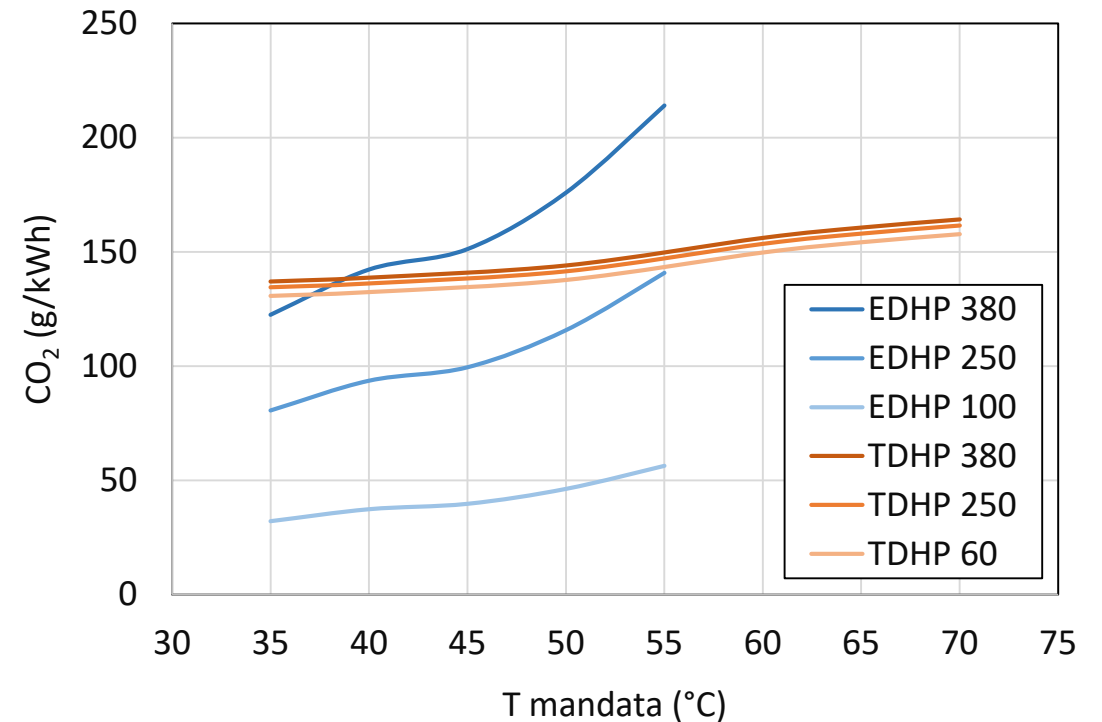
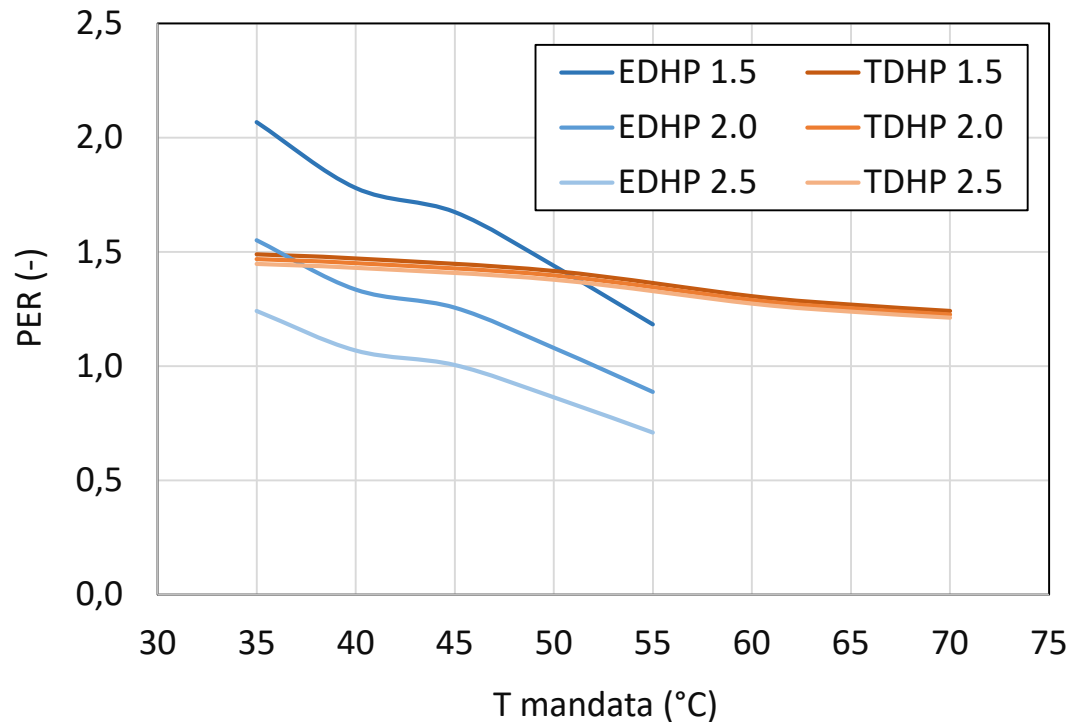


Hard to decarbonize buildings:

- Il 60% degli edifici è in classe F o G.
- Questi edifici consumano il 76% dell'energia per il riscaldamento.
- La maggior parte di questi edifici ha un sistema di riscaldamento basato su radiatori con temperature di mandata >50 °C.
- La potenza di riscaldamento richiesta e l'energia consumata annualmente sono alte.

Impatto della temperatura di mandata

Primary Energy Ratio e emissioni specifiche di CO₂ a 2 °C di temperatura ambiente e diversi valori di fattore di conversione dell'energia primaria e di intensità di carbonio nell'energia elettrica.



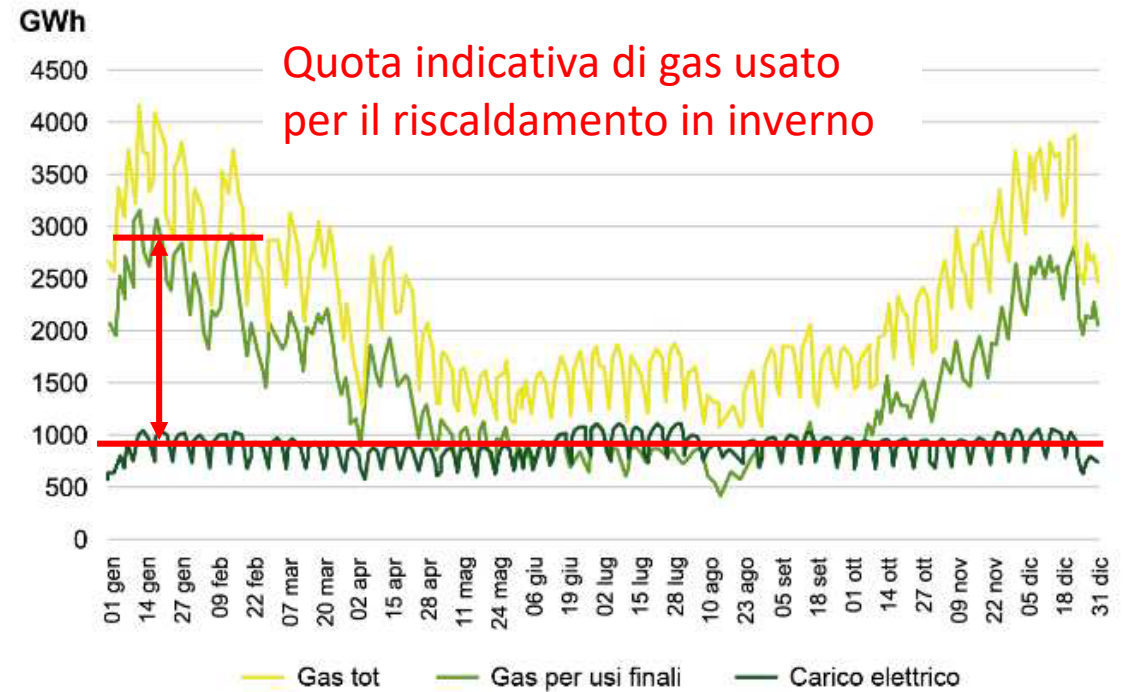
Opzioni per i «Hard to decarbonize buidings»

Edificio in classe G – qualche calcolo semplificato

- $280 \text{ kWh}/(\text{m}^2 \text{ anno}) = 28\,000 \text{ kWh/h}$ per 100 m^2
- Caldaia: 2800 m^3 di metano
- EDHP (con $\text{COP} = 3.0$): $9300 \text{ kWh}_{\text{el}}$
 - $4.3 \text{ kW}_{\text{el}}$ medi (12 ore/giorno per 180 giorni/anno)
 - $8\text{-}9 \text{ kW}_{\text{el}}$ di picco (?)

Potenza alta: infrastrutture di generazione, distribuzione e accumulo?

Elevata richiesta di energia: è disponibile rinnovabile in inverno?



Fonte: SNAM

Il mercato delle TDHP in Europa

Macchine ad assorbimento



Fonte: Robur

- **Soluzione liquida** permette operazione in continuo
- Refrigerante naturale con **GWP = 0** (soluzione acqua-ammoniaca)
- Solitamente **con bruciatore integrato**
- Tecnologia **matura e disponibile** sul mercato



Fonte: Ariston

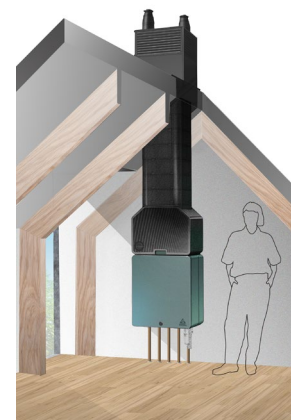


Fonte: Elco



Fonte: Remeha

Macchine ad adsorbimento



Fonte: Cool

- Processo discontinuo con alternanza di adsorbimento e desorbimento.
- Refrigerante naturale con **GWP = 0** (carboni attivi - ammoniaca)
- **Generatore indiretto** che permette una configurazione ibrida caldaia – pompa di calore più immediate.
- Tecnologia alla fase di **field tests**

Sfide per la tecnologia TDHP

- **Sfide simili a quelle delle EDHP:** spazio per l'unità esterna, regolamenti sull'uso dei refrigeranti, tecnologia meno nota rispetto allo standard (caldaie).
- **Ingombri:** può essere più ingombrante di opzioni concorrenti.
- **Costo del prodotto e dell'installazione** relativamente alto a causa di livello di maturità tecnologica e volume di produzione ancora bassi.
- **Percezione** tra i policy makers: “gas is the past”.
- **Mancanza di consapevolezza** di acquirenti, installatori e progettisti.

Potenzialità della tecnologia TDHP

Le TDHP presentano diversi vantaggi:

- Permettono di ridurre da subito i consumi e le emissioni dei «hard to decarbonize buildings», con fabbisogni e temperature di mandata elevati.
- Riducono l'uso di combustibile del -30/40% rispetto a una caldaia a condensazione e sfruttano energia rinnovabile.
- Sfruttano la rete del gas, un'infrastruttura già esistente e dimensionata in modo adeguato.
- Sono ibridi naturali tra un sistema a combustione e un sistema in pompa di calore.
- Se alimentate da gas rinnovabile (idrogeno verde, biogas...) forniscono in modo efficiente energia 100% rinnovabile.

Ruolo delle TDHP nella decarbonizzazione del settore del riscaldamento

- TDHP soluzione ideale per edifici esistenti e non riqualificati o poco riqualificati (indicativamente classi D→F)
- EDHP soluzione ideale per edifici nuovi o molti riqualificati (indicativamente classi A→ C)
- Alimentate a gas naturale le DTHP consentono risparmi di CO₂ in edifici altrimenti difficili da decarbonizzare (con impatto economico positivo sull'utente)
- Le TDHP in futuro potrebbero avere un ruolo anche in edifici riqualificati se ci sarà una quota di gas rinnovabile nella rete.

Grazie.

Evento organizzato da:

Assotermica
tecnologie per il comfort



**THERMALLY
DRIVEN
HEAT PUMP**
L'evento digitale