



# **La climatizzazione con pompa di calore: caratteristiche e comportamento "in campo" di soluzioni concorrenti**

***Walter Grattieri***

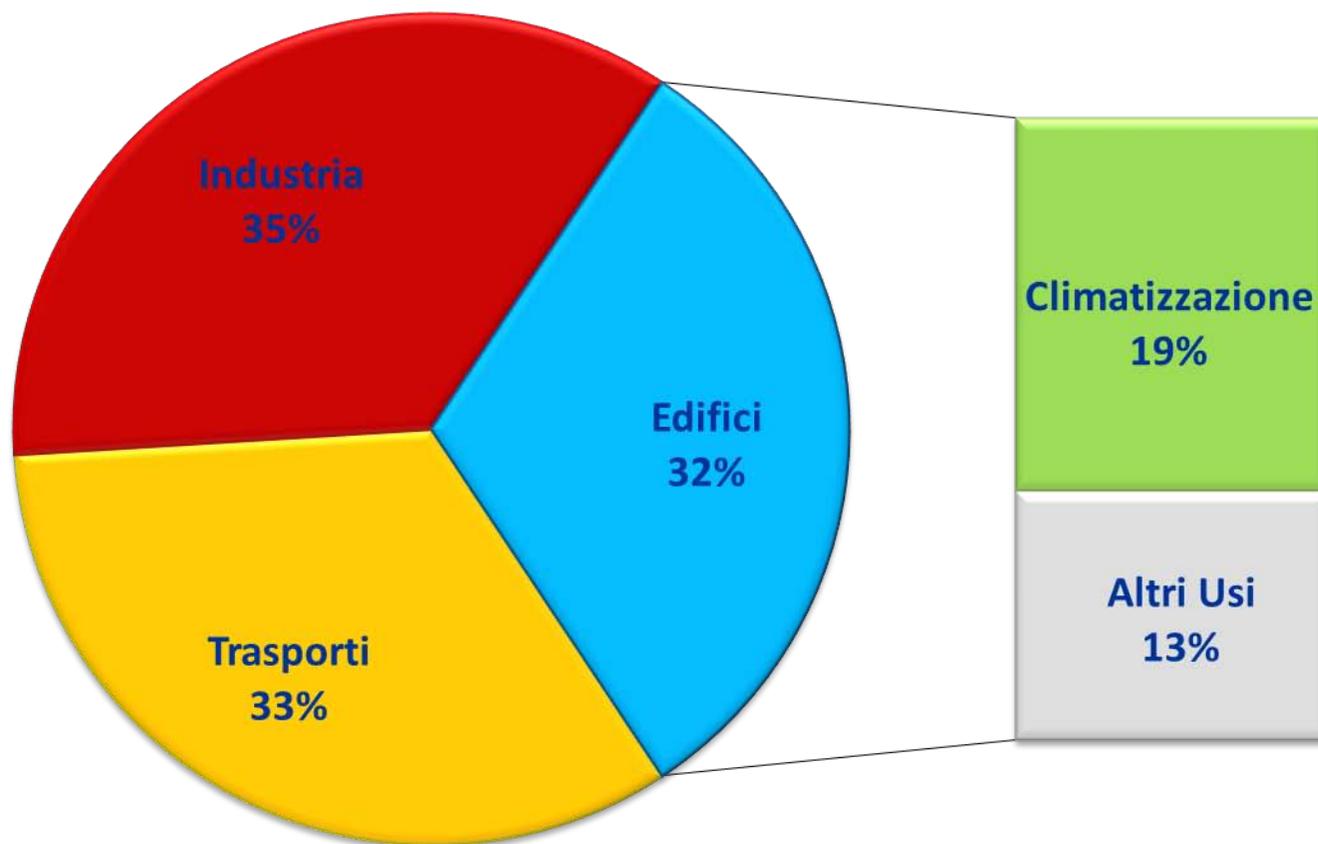
**Roma, 30-31 maggio 2012**

---

# Consumi finali di energia

---

≈ 130 Mtep nel 2020



# Da cosa dipendono i consumi di climatizzazione ?

---

- **Località**
- **Geometria** (S/V, orientamento spaziale, ... )
- **Natura dell'involucro** (trasmittanza, inerzia termica, ponti termici, emissività, .... )
- **Carichi interni** (affollamento, dispersioni termiche di elettrodomestici e apparecchiature d'ufficio, ...)
- **Rendimento dell'impianto di produzione** (caldo/freddo)
- **Rendimento dell'impianto di distribuzione** (linee aerauliche, emettitori)
- **Modalità di conduzione dell'impianto** (orari di accensione, temperature degli ambienti, livello di automazione)
- **Abitudini degli occupanti** (apertura/chiusura infissi, ricambi d'aria, tempo di presenza, attività svolte)

# Quali interventi per la climatizzazione efficiente ? (1/2)

<b>INVOLUCRO</b>	<b>Vetri a bassa dispersione (doppi, selettivi, basso emissivi)</b>	<b>R C</b>
	<b>Pareti e coperture ben isolate</b>	<b>R C</b>
	<b>Serramenti esterni a tenuta da infiltrazioni</b>	<b>R C</b>
	<b>Limitazione dei ponti termici</b>	<b>R</b>
	<b>Schermature solari</b>	<b>C</b>
	<b>Pareti ventilate</b>	<b>R C</b>
<b>AMBIENTE</b>	<b>Schermatura naturale: uso del verde come protezione dall'irraggiamento solare e dal vento</b>	<b>R C</b>
<b>CARICHI INTERNI</b>	<b>Uso di apparecchiature ad alta efficienza (illuminazione, elettrodomestici, mezzi informatici, ecc.)</b>	<b>C</b>
	<b>Sistemi di aspirazione forzata per ridurre le sorgenti termiche ad alta intensità (cucine, fotocopiatrici, ecc)</b>	<b>C</b>

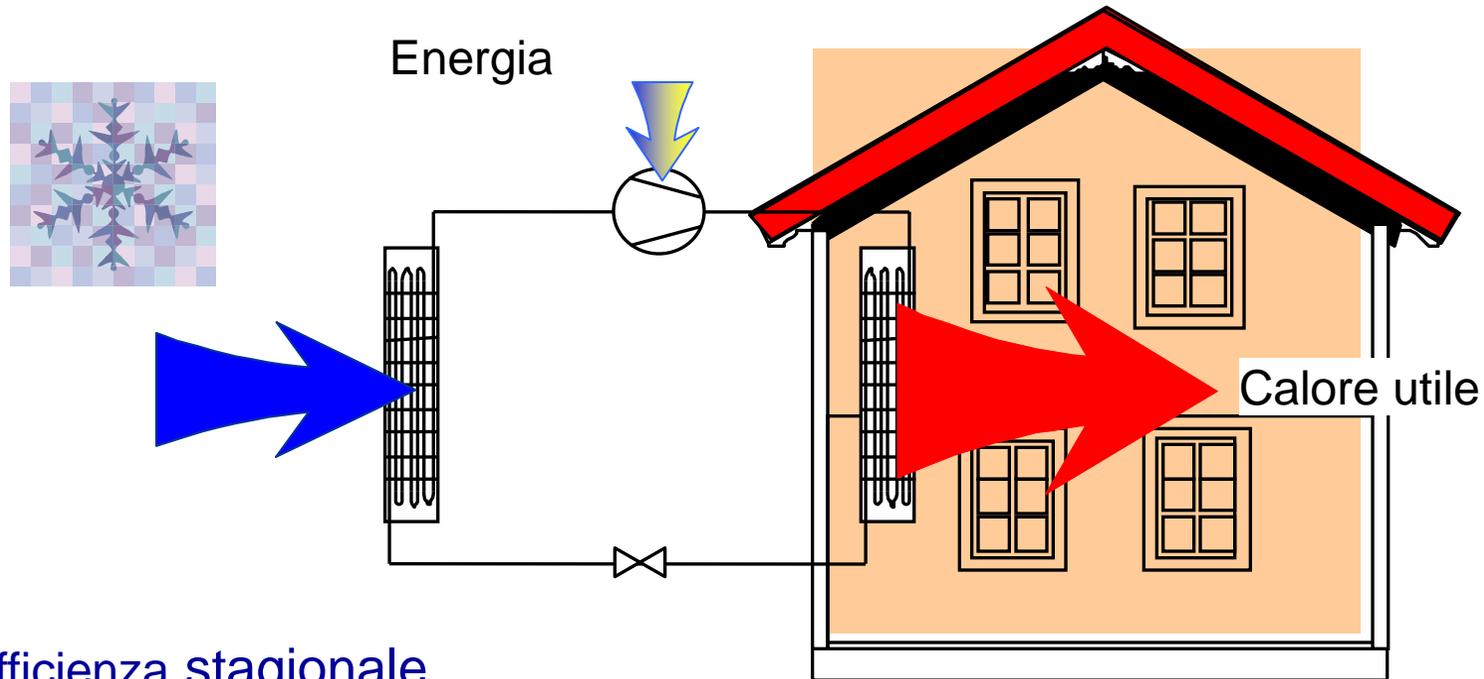
## Quali interventi per la climatizzazione efficiente ? (2/2)

---

<b>IMPIANTO</b>	<b>Dimensionamento corretto della centrale termofrigorifera (caldaie, gruppi frigoriferi, pompe di calore)</b>	<b>R C</b>
	<b>Componenti ad alta efficienza energetica</b>	<b>R C</b>
	<b>Dimensionamento del sistema di distribuzione</b>	<b>R C</b>
	<b>Modalità di regolazione</b>	<b>R C</b>
	<b>Recupero energetico sui ricambi d'aria</b>	<b>R C</b>
	<b>Scambio di energia tra ambienti con esigenze di climatizzazione contrapposte</b>	<b>R</b>
	<b>Free-cooling</b>	<b>C</b>
	<b>Soluzioni impiantistiche e sorgenti termiche appropriate</b>	<b>R C</b>

# Funzionamento della pompa di calore - Riscaldamento

La pompa di calore trasferisce calore da un mezzo (o ambiente) a bassa temperatura ad un altro, a temperatura più elevata, mediante l'apporto di un limitato input energetico



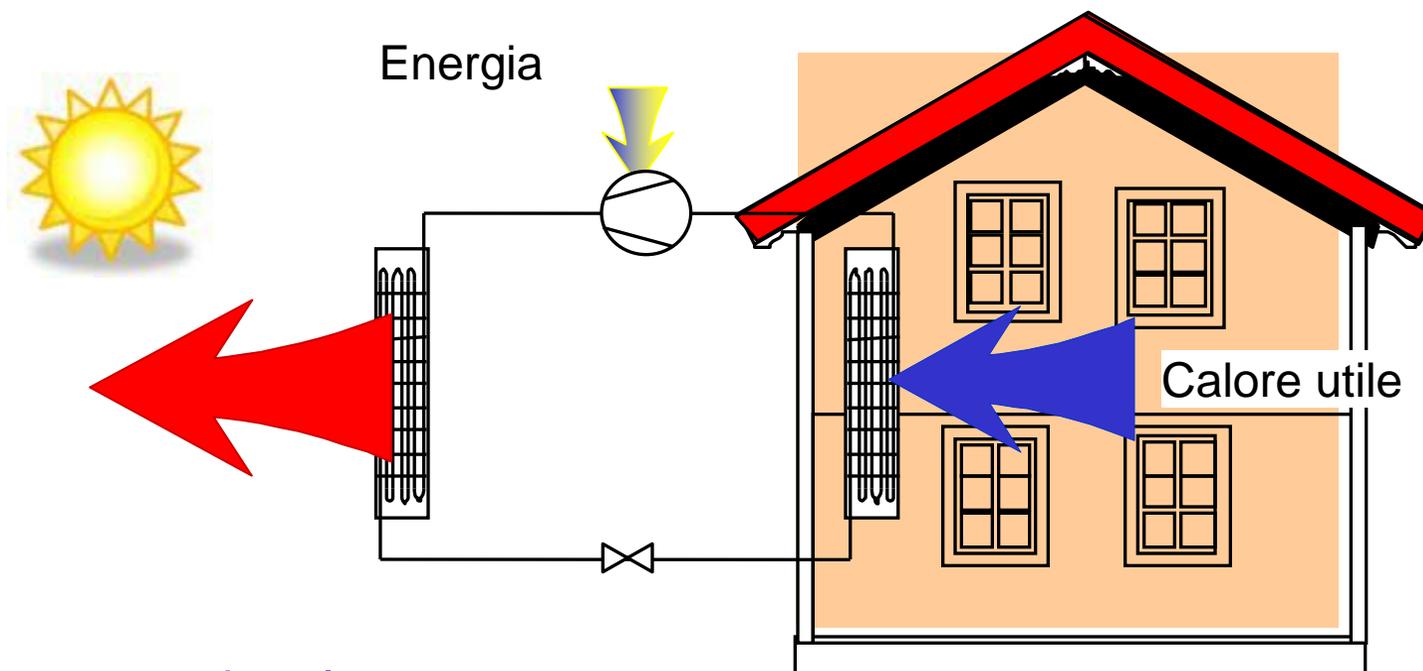
Efficienza stagionale

$$SCOP = \left[ \frac{\text{Calore Utile}}{\text{Energia Finale}} \right]_{\text{Stagione di riscaldamento}}$$

*SCOP: Seasonal Coefficient Of Performance*

# Funzionamento della pompa di calore - Raffrescamento

La pompa di calore trasferisce calore da un mezzo (o ambiente) a bassa temperatura ad un altro, a temperatura più elevata, mediante l'apporto di un limitato input energetico



Efficienza stagionale

$$SEER = \left[ \frac{\text{Calore Utile}}{\text{Energia Finale}} \right]_{\text{Stagione di raffrescamento}}$$

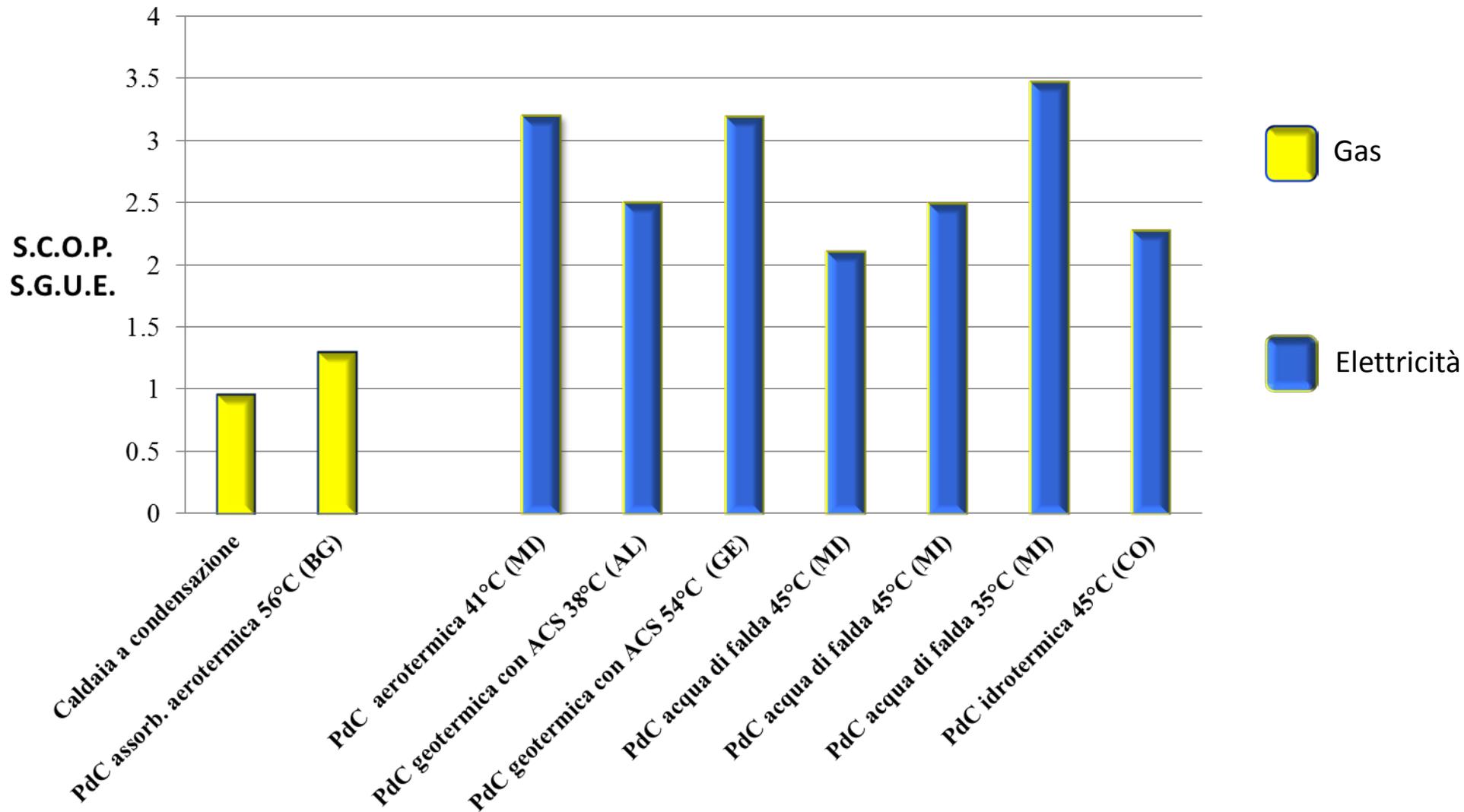
*SEER: Seasonal Energy Efficiency Ratio*

# Perché la pompa di calore?

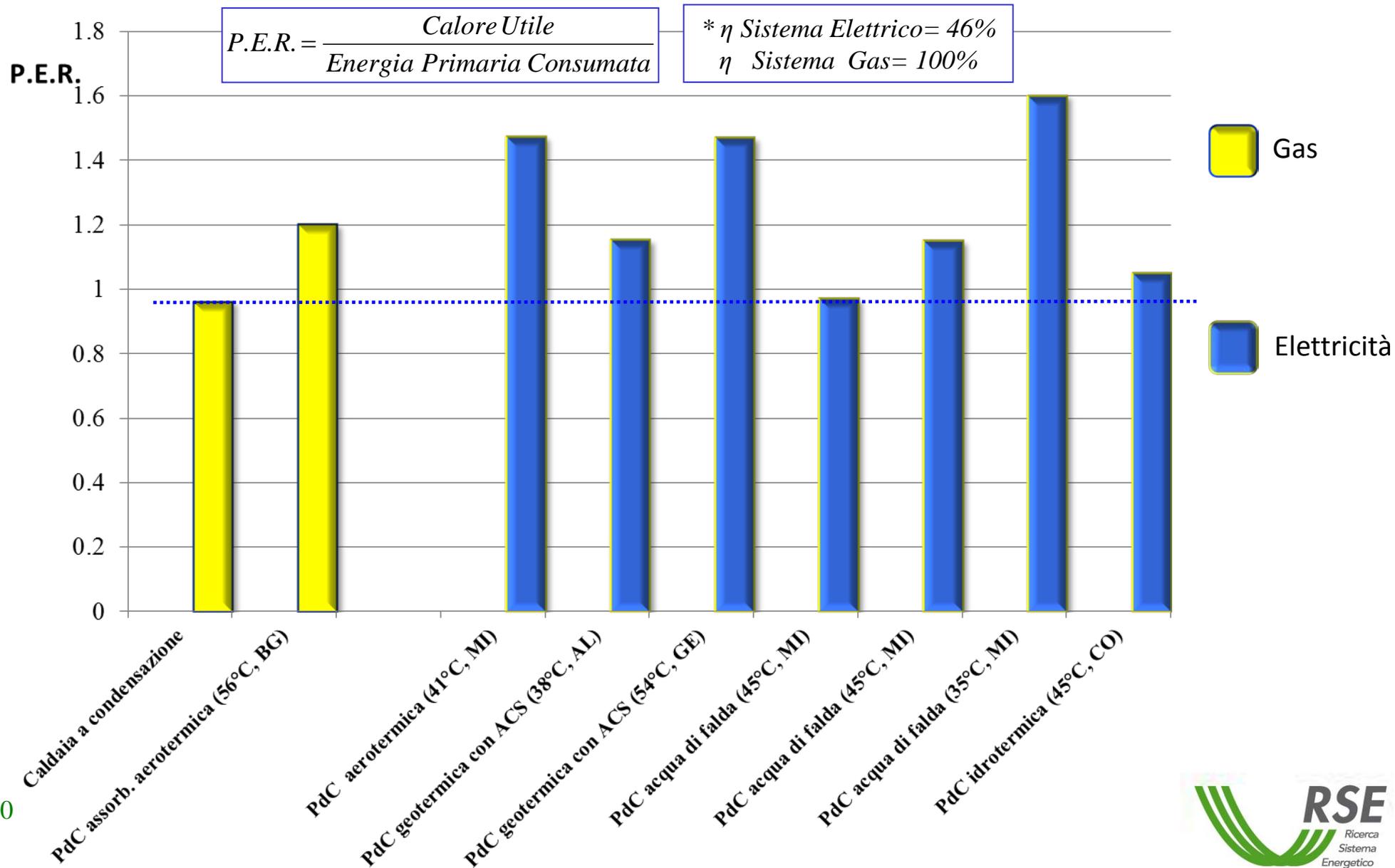
---

1. Raggiunge agevolmente le condizioni che consentono il risparmio di energia primaria nel riscaldamento degli edifici
2. La Direttiva 2009/28/CE assimila a fonte rinnovabile l'energia termica catturata dalle pompe di calore come:
  - "energia aerotermica": energia accumulata nell'aria ambiente sotto forma di calore
  - "energia geotermica": energia immagazzinata sotto forma di calore sotto la crosta terrestre
  - "energia idrotermica": energia immagazzinata nelle acque superficiali sotto forma di calore
3. La convenienza economica dipende dal differenziale di costo fra le soluzioni impiantistiche disponibili, dal livello di consumo e dalle tariffe dell'energia (elettricità/combustibili).

# Efficienze stagionali misurate



# Efficienze primarie a confronto



# Energia rinnovabile (Direttiva 2009/28/CE – Allegato VII)

---

## *Computo dell'energia prodotta dalle pompe di calore*

La quantità di energia aerotermica, geotermica o idrotermica catturata dalle pompe di calore da considerarsi energia da fonti rinnovabili ai fini della presente direttiva,  $E_{RES}$ , è calcolata in base alla formula seguente:

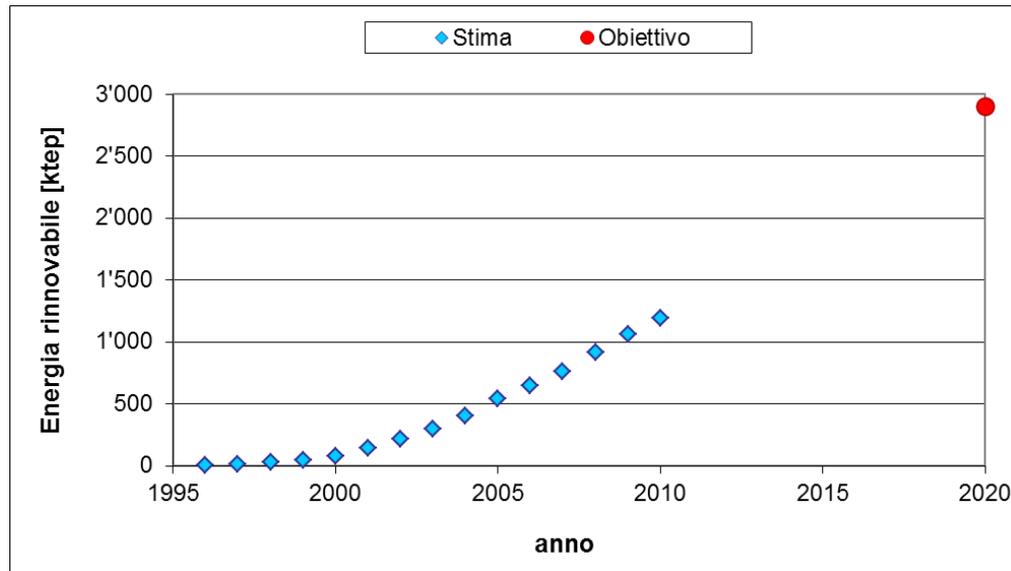
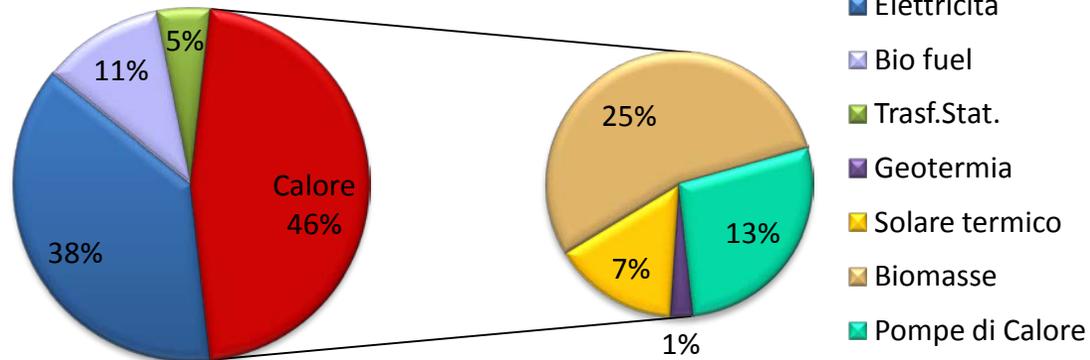
$$E_{RES} = Q_{usable} \times (1 - 1/SPF)$$

dove:

- $Q_{usable}$  = il calore totale stimato prodotto da pompe di calore che rispondono ai criteri di cui all'articolo 5, paragrafo 4, applicato nel seguente modo: solo le pompe di calore per le quali  $SPF > 1,15 \times 1/\eta$  sarà preso in considerazione ;
- $SPF$  = il fattore di rendimento stagionale medio stimato per tali pompe di calore;
- $\eta$  è il rapporto tra la produzione totale lorda di elettricità e il consumo di energia primaria per la produzione di energia e sarà calcolato come media a livello UE sulla base dei dati Eurostat.

# Obiettivi di energia rinnovabile per l'Italia

PAN 2020 = 22.600 ktep



Contributo delle Pompe di Calore all'obiettivo 2020: 2.900 ktep

# Pompa di calore: quando conviene?

---

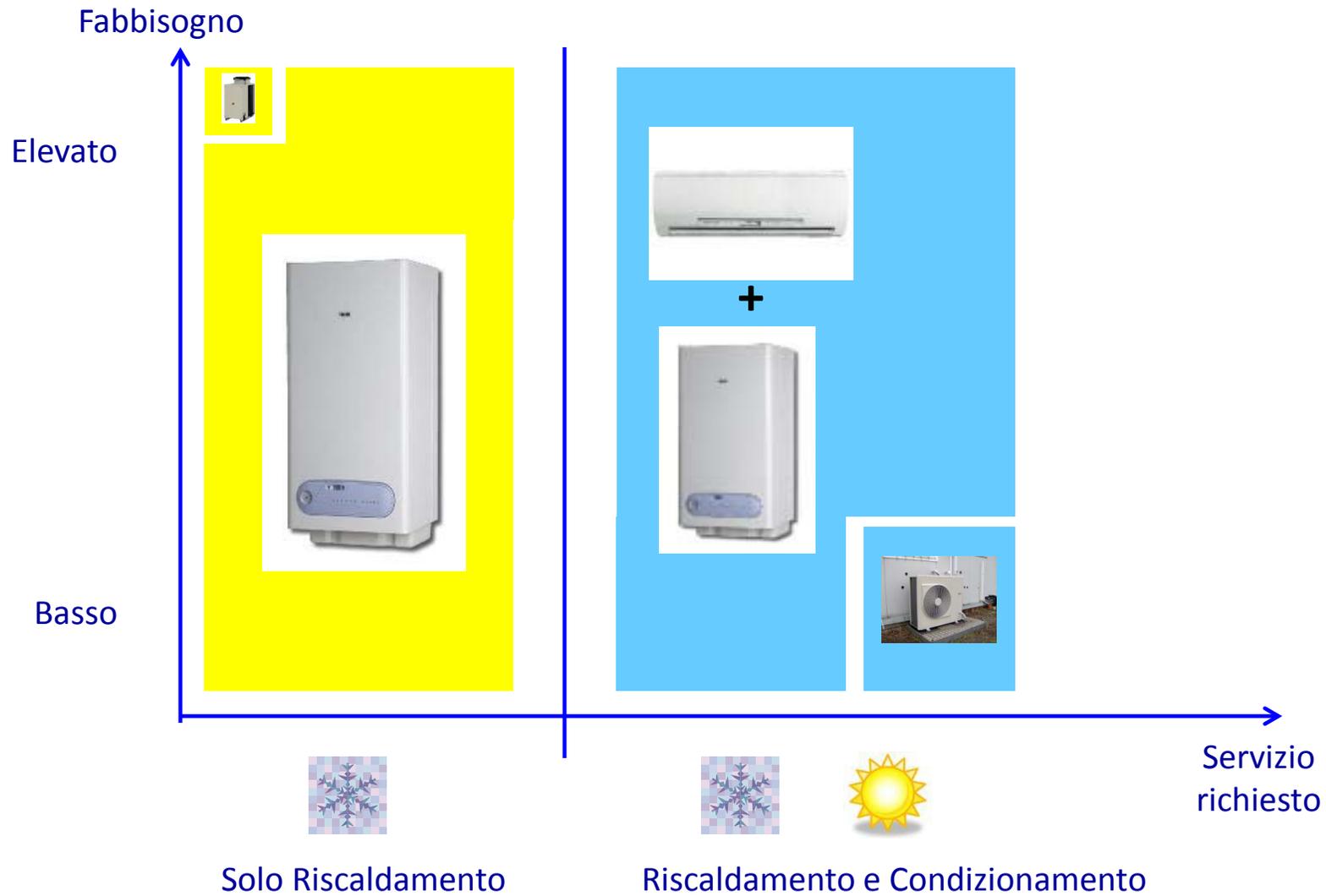
La convenienza economica dipende da più fattori:

- **Costo di installazione** (concorrenza, accesso ai mercati, capacità negoziale, volumi acquistati)
- **Costo dell'energia** (costante, progressivo, regressivo)
- **Fiscalità** (agevolazioni si/no)
- **Incentivi**

# Utilizzo: come potrebbe essere



# .... e invece come è

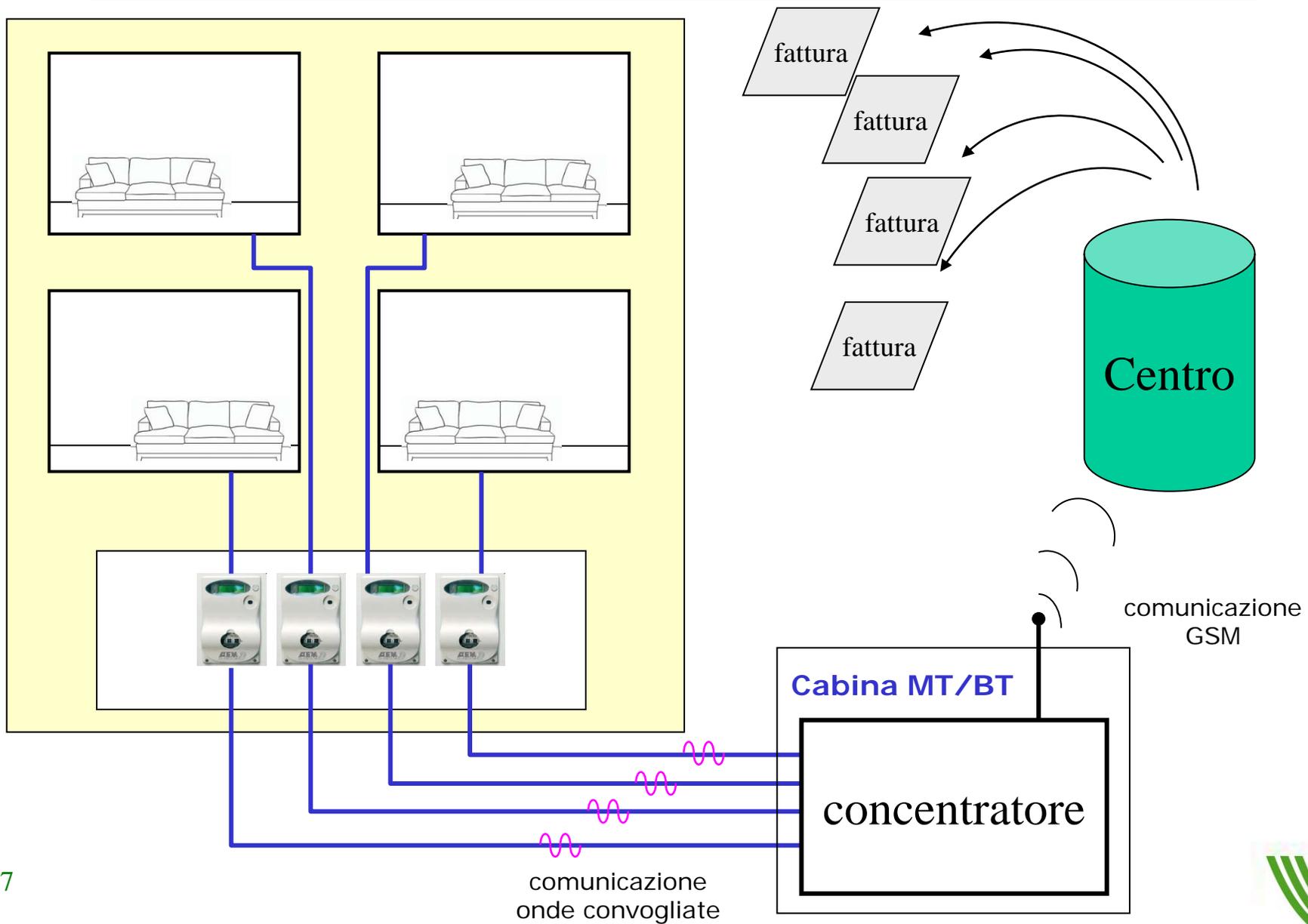


# Quali barriere alla diffusione?

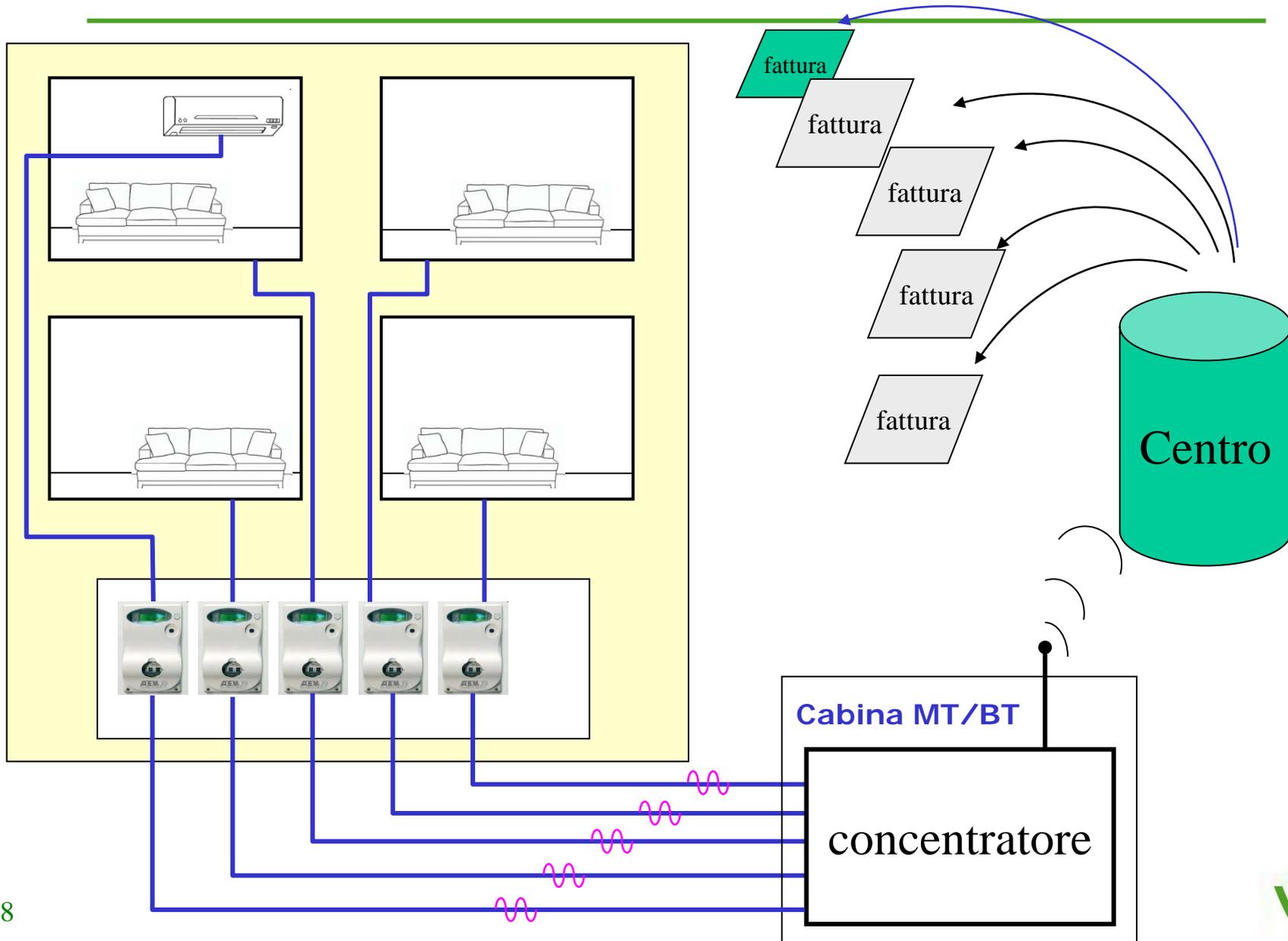
---

- Investimento iniziale più elevato
- Informazione limitata sulle prestazioni reali
- Tecnologia emergente: rischio temuto di insuccesso
- Tariffe elettriche poco favorevoli

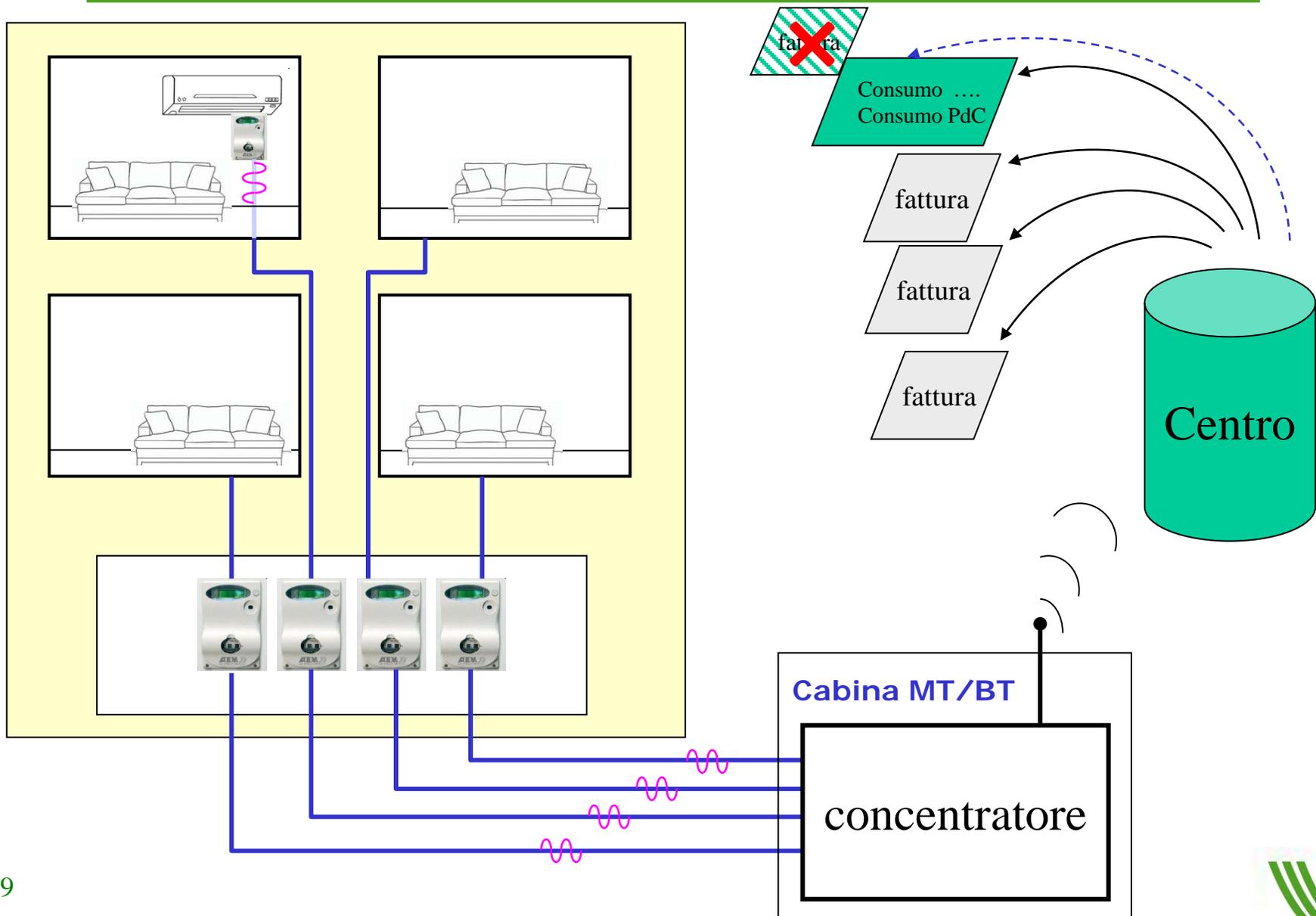
# Il servizio di misura e fatturazione oggi



# Il doppio contatore: soluzione o parte del problema ?



# Il servizio di misura e fatturazione domani ?



# Vettori energetici per la climatizzazione

---

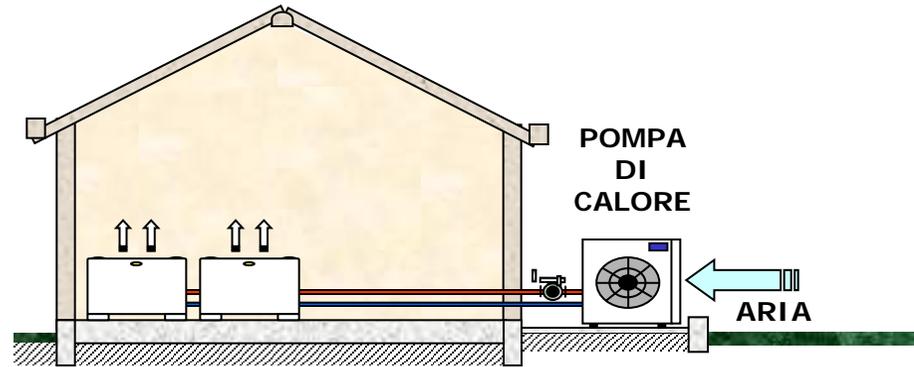
<b>Elettricità</b>	<ul style="list-style-type: none"><li>– disponibilità elevata</li><li>– assenza di emissioni in sito</li><li>– <b>impatto sul Sistema Elettrico</b></li><li>– <b>costo orario variabile</b></li><li>– <b>consumi reali</b></li></ul>
<b>GAS Naturale (calore residuo)</b>	<ul style="list-style-type: none"><li>– <b>disponibilità variabile</b></li><li>– <b>consumi complementari</b></li><li>– <b>emissioni in sito</b></li><li>– <b>consumi reali</b></li></ul>

# Caratteristiche delle sorgenti termiche

---

<b>ARIA</b>	<ul style="list-style-type: none"><li>– <b>Disponibilità elevata</b></li><li>– <b>Praticità d'uso</b></li><li>– <b>Prestazioni energetiche variabili</b></li><li>– <b>Rumore e ingombro</b></li></ul>
<b>ACQUA</b>	<ul style="list-style-type: none"><li>– <b>Temperatura più idonea e più costante dell'aria</b></li><li>– <b>Disponibilità variabile</b></li><li>– <b>Costo delle opere di prelievo e scarico</b></li><li>– <b>Vincoli normativi per prelievo e scarico</b></li></ul>
<b>TERRENO</b>	<ul style="list-style-type: none"><li>– <b>Temperatura più idonea dell'aria</b></li><li>– <b>Disponibilità elevata</b></li><li>– <b>Tecnologia poco diffusa</b></li><li>– <b>Costo di realizzazione del campo geotermico</b></li></ul>

# Pompe di Calore Aerotermiche



## PdC Elettriche



Generalmente consigliate per climi non rigidi  
Modelli con inverter, anche di tipo idronico !  
Prestazione energetica in crescita, buona anche in condizioni climatiche severe  
Tutte le taglie (locale singolo, appartamento, edificio)



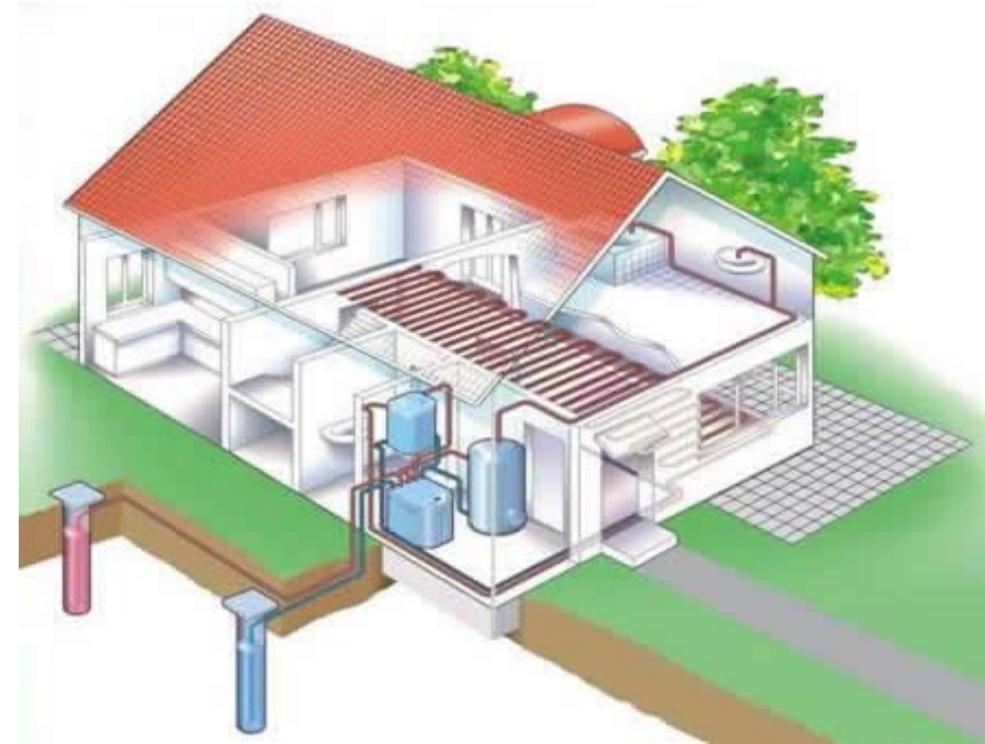
## PdC a gas

Prestazioni meno sensibili alla temperatura della sorgente  
Funzionamento anche con radiatori  
Installazioni in gruppi preassemblati e/o integrati da caldaia  
Atteso “scale down” delle taglie disponibili

# Pompe di Calore geotermiche ad acqua di falda

---

- **Idonee con ogni clima**
- **Taglia medio/grande**
- **Prestazione elevata, ma variabile con l'incidenza dei consumi ausiliari (dal 15 a oltre il 25 %)\* a causa di:**
  - **falda acquifera troppo profonda**
  - **circuiti di distribuzione dell'acqua emunta troppo estesi**
  - **conduzione impropria degli impianti di sollevamento**
- **Iter autorizzativo complesso**



*\* Dato relativo a PdC elettriche (incidenza probabilmente inferiore per PdC a gas a causa della minore dipendenza dalla sorgente)*

# Pompe di Calore Geotermiche a circuito chiuso

---

- **Idonee con ogni clima**
- **Taglia medio/grande**
- **Prestazione elevata, ma il carico termico influenza la temperatura della sorgente**  
(valori troppo bassi per lunghi periodi pregiudicano la resa energetica)
- **Attenzione alla persistenza nel tempo del potenziale geotermico**
- **Consumi degli ausiliari = 12 %\* ca.**  
(inferiori a quelli di impianti con “sollevamento d’acqua”)
- **Iter autorizzativo relativamente semplificato**  
(Regione Lombardia Deliberazione n. VIII/011383)

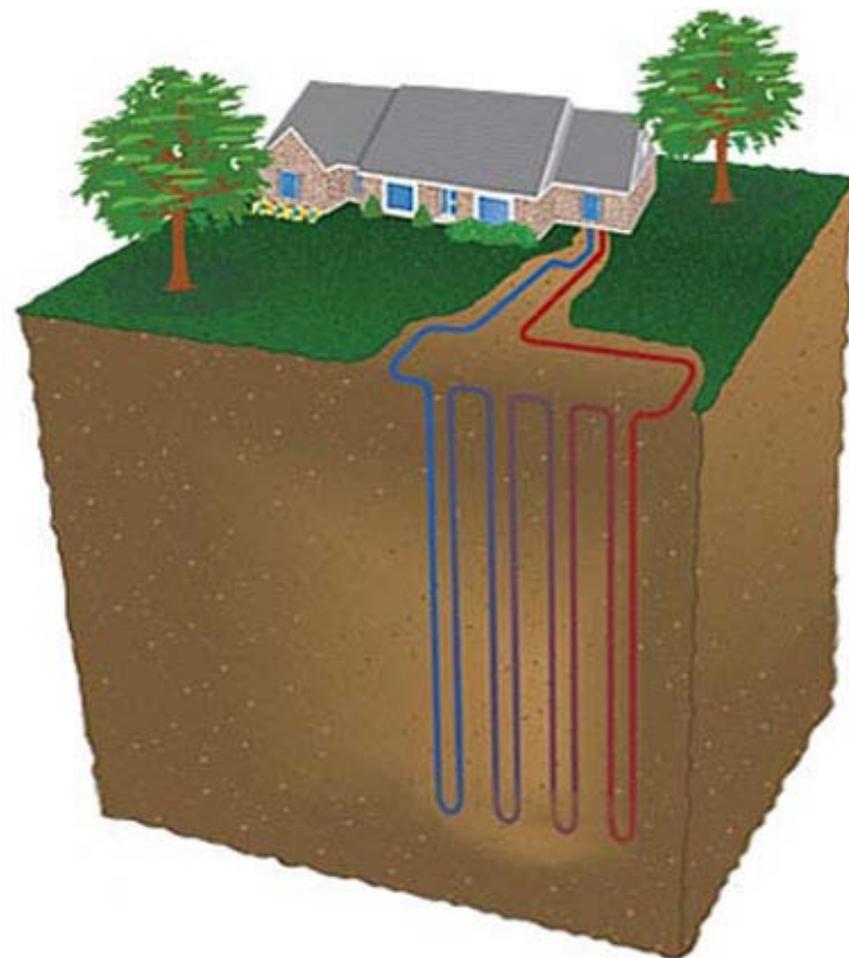


Image courtesy of ClimateMaster

\* Dato relativo a PdC elettriche

# La sorgente geotermica

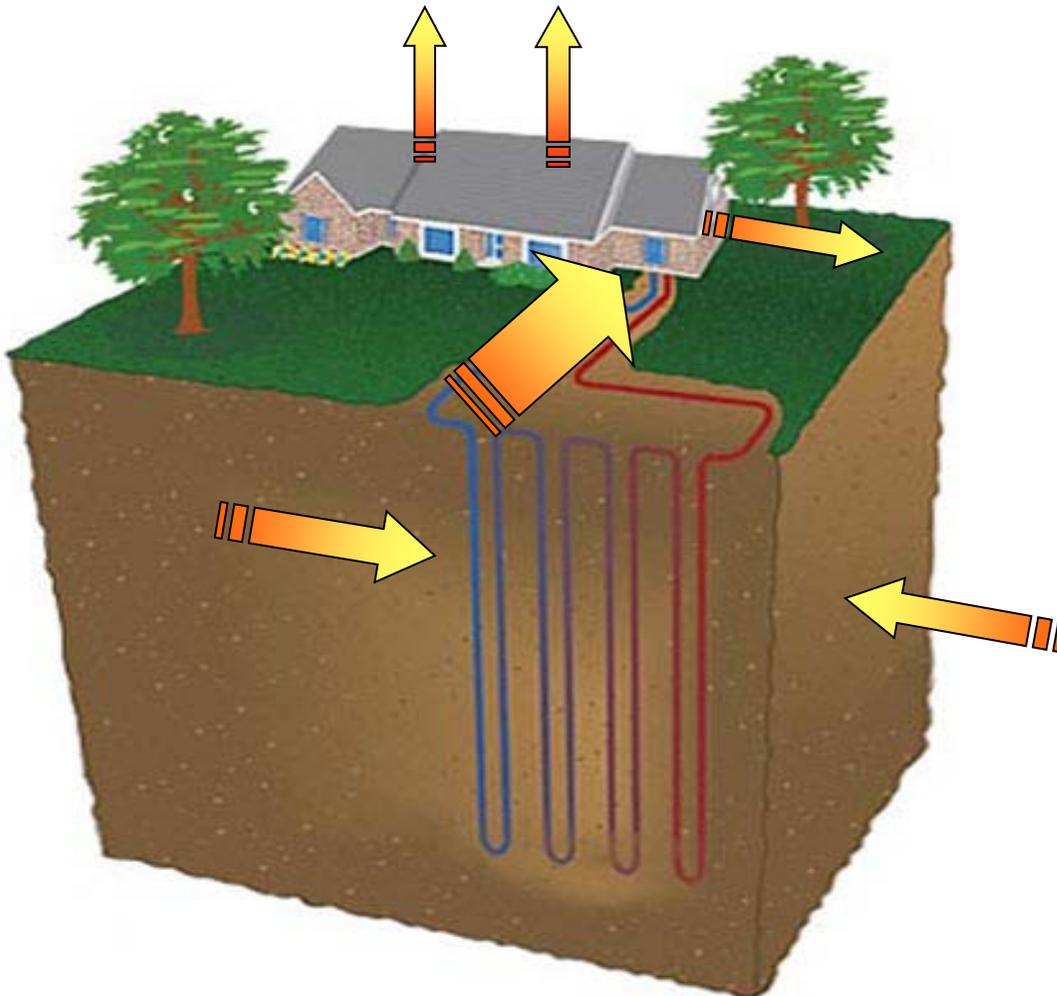


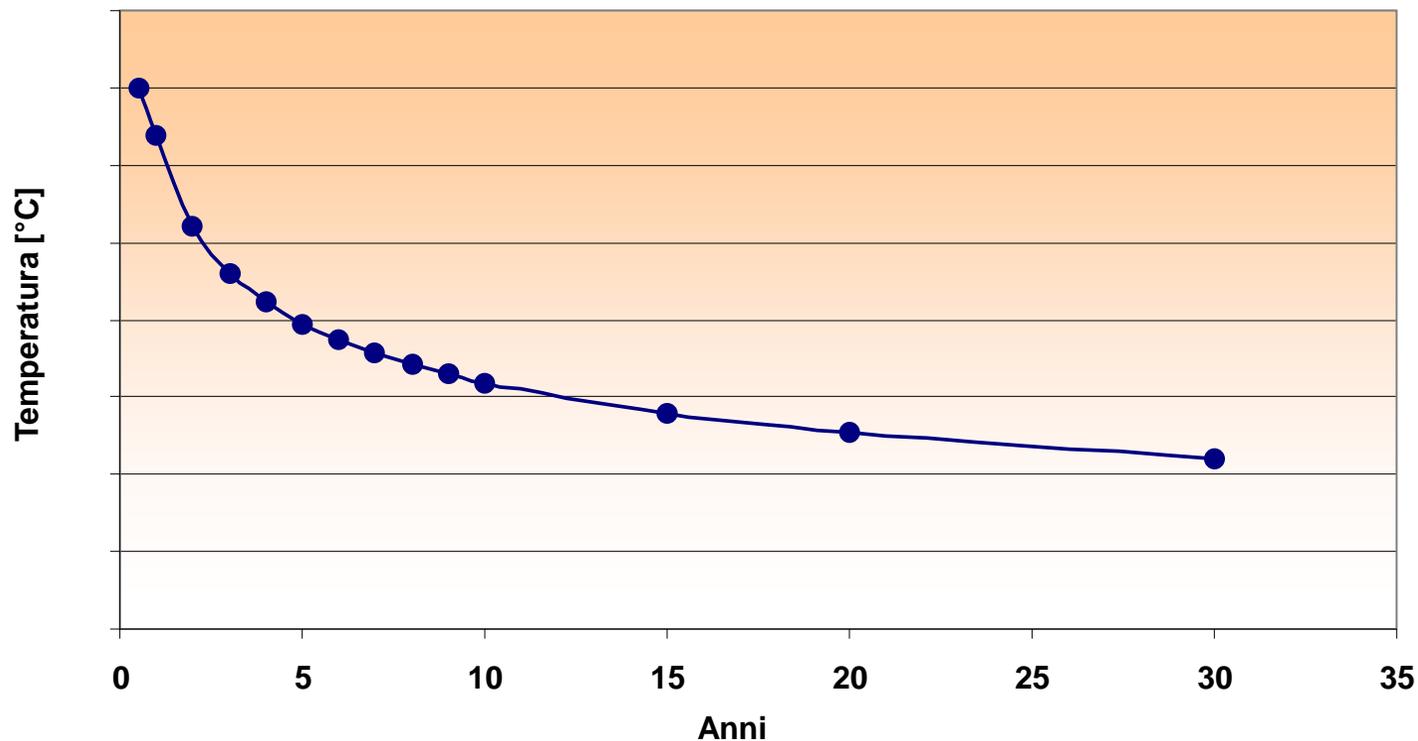
Image courtesy of ClimateMaster

## Attenzione !

- il terreno non è una sorgente illimitata di calore
- è cruciale tenere conto della “dinamica” di captazione del calore sotterraneo
- un campo geotermico inadeguato comporta la riduzione nel tempo della temperatura della sorgente
- indispensabile minimizzare il fabbisogno dell’edificio per limitare l’estensione (ed il costo!) del campo geotermico

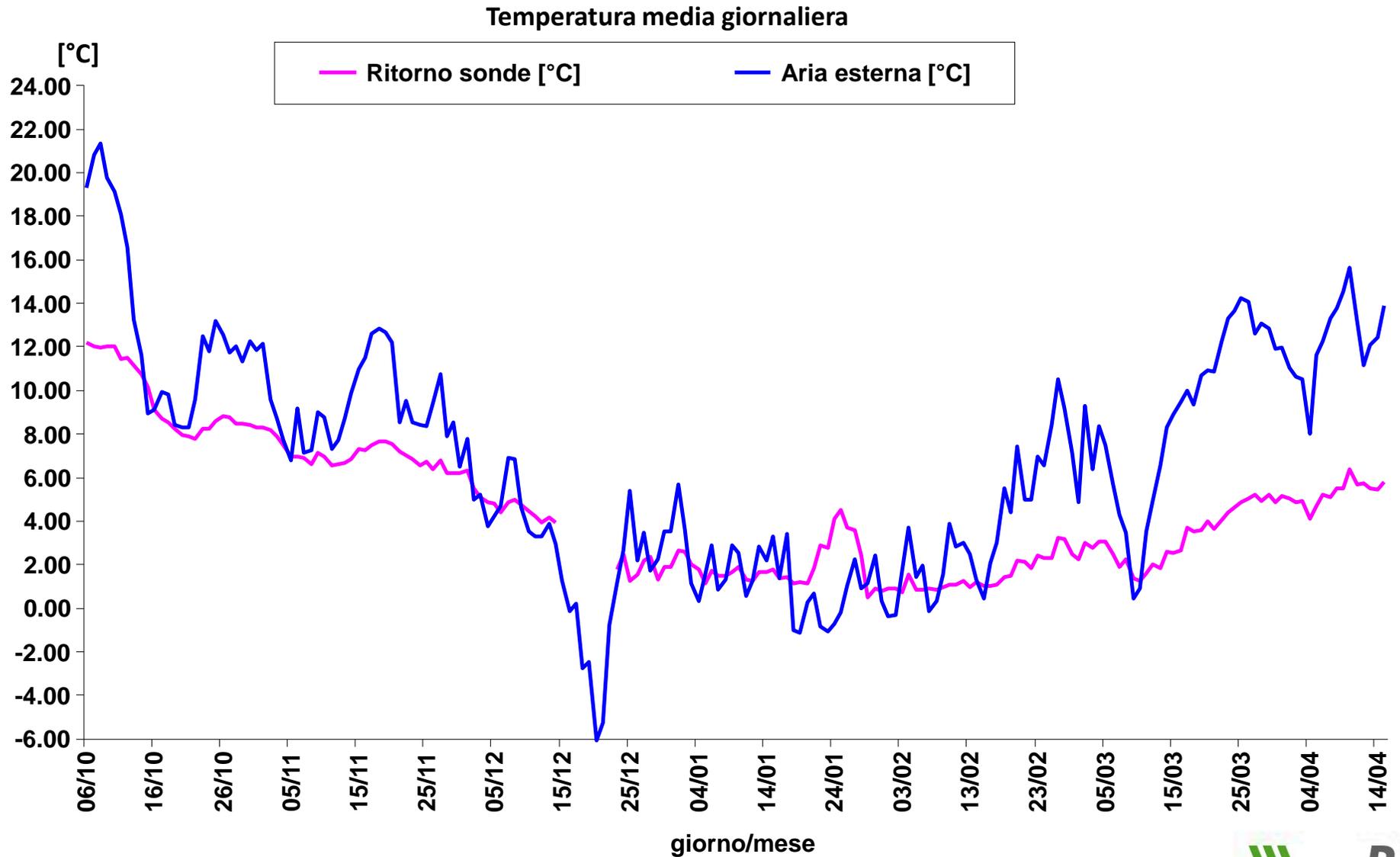
# Persistenza della sorgente geotermica

## Variazione della temperatura della sorgente nel corso degli anni



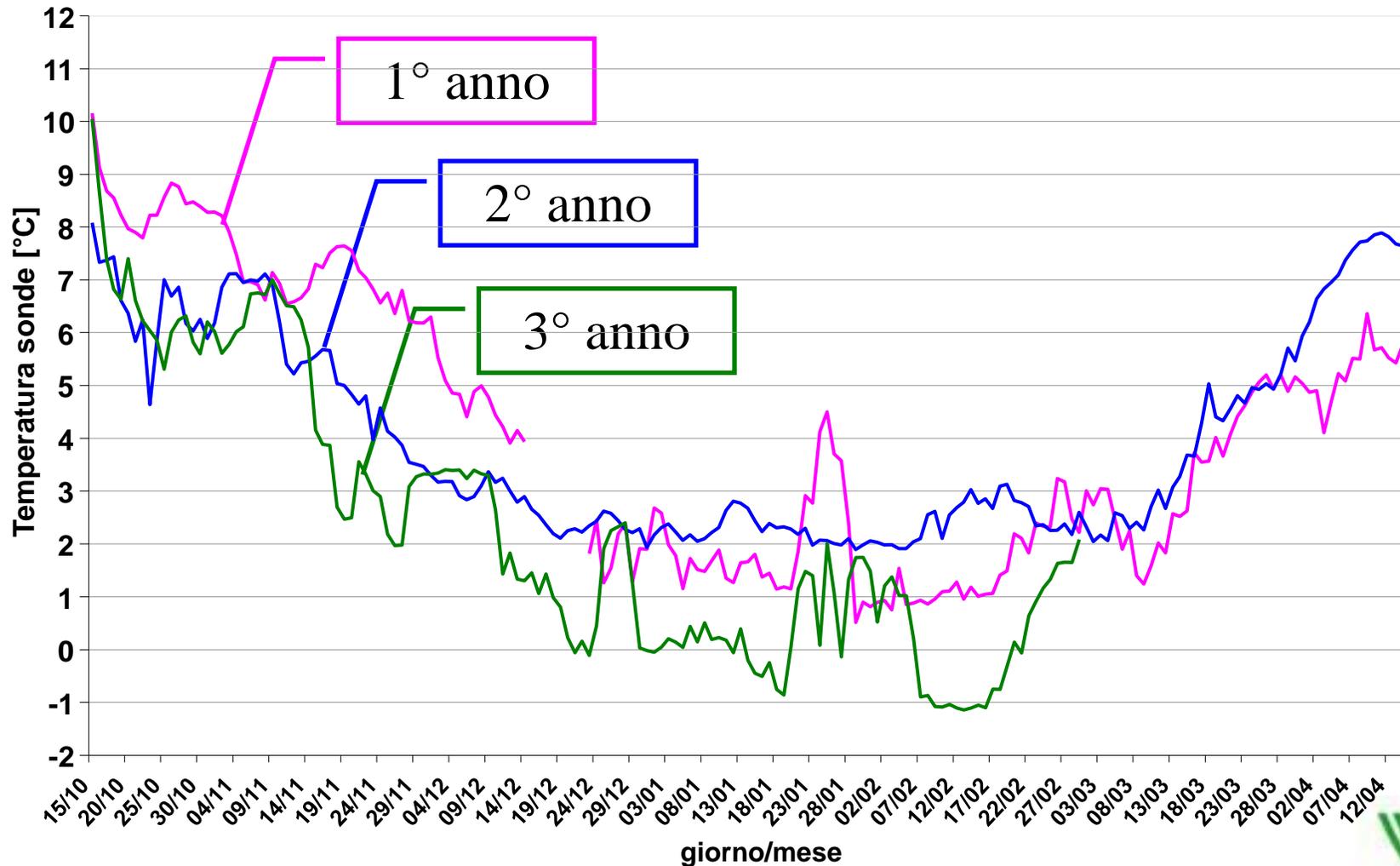
( “solo riscaldamento”, si trascura falda acquifera in movimento)

# Campo geotermico inadeguato (1° inverno)

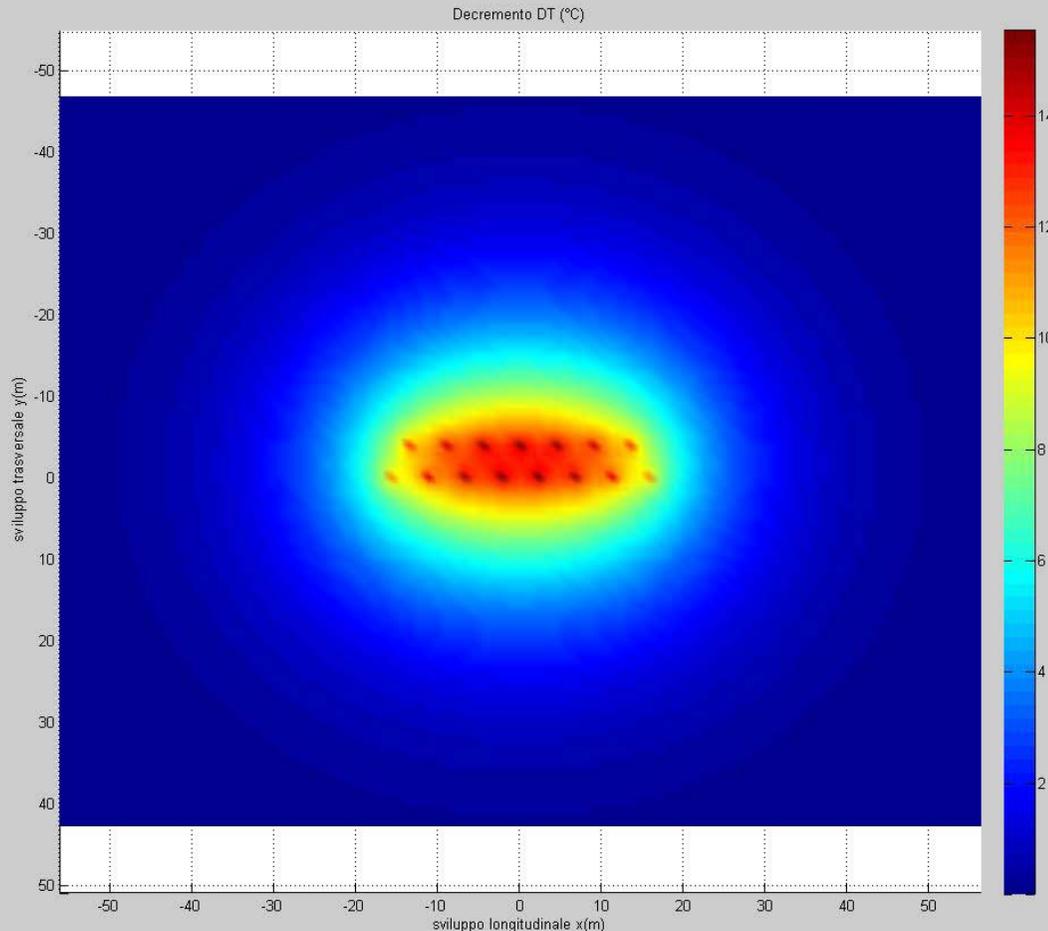


# Campo geotermico inadeguato (3 inverni successivi)

Temperatura dell'acqua proveniente dalle sonde geotermiche



# Perturbazione termica nel terreno dopo 10 anni di funzionamento (simulazione)

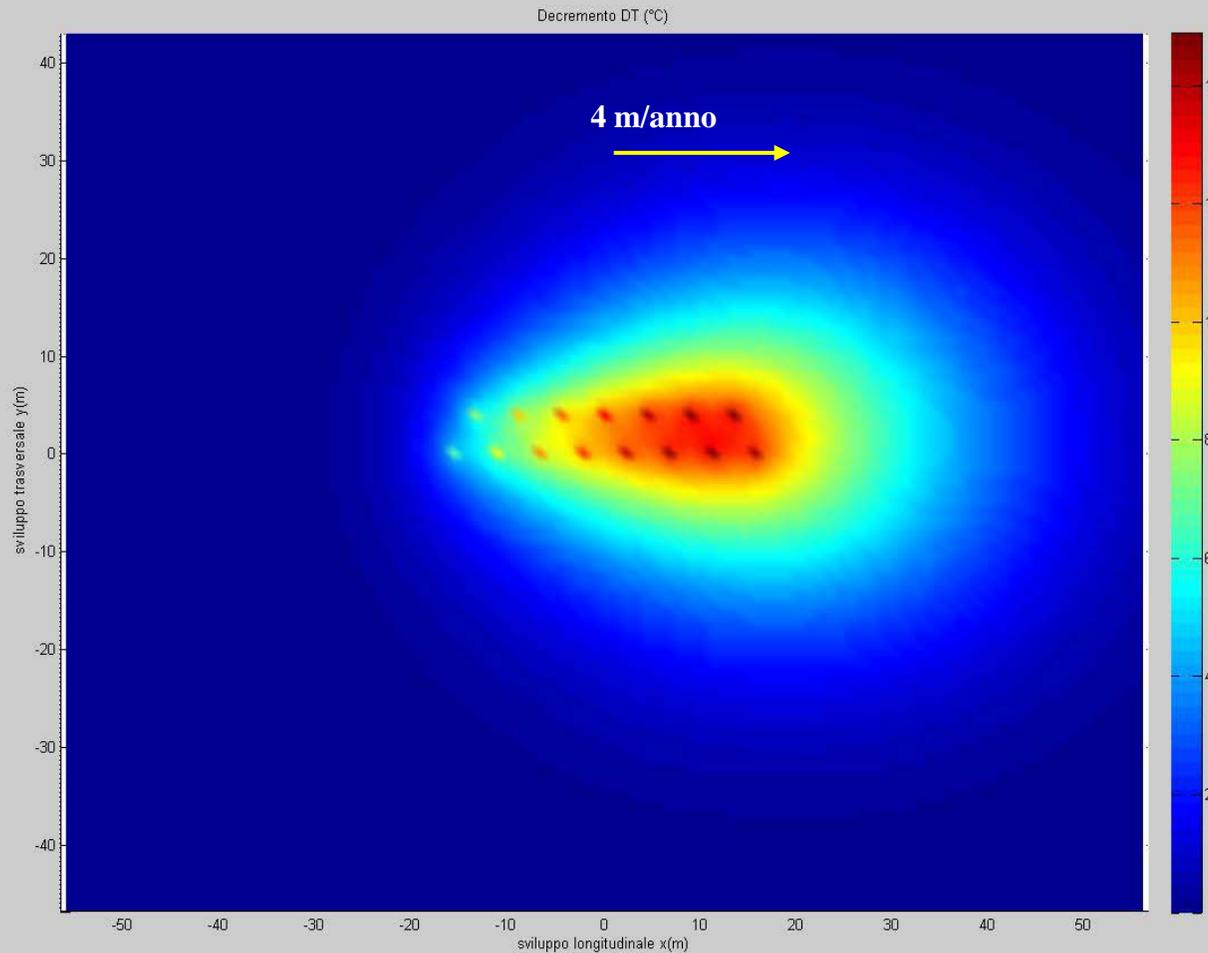


Falda in quiete

*Storage volume*: involucro dei cilindri di raggio pari alla semidistanza tra le sonde e centrati sulle sonde stesse

- Il decremento massimo di temperatura, al centro dello *storage volume*, è di circa 15,5 °C
- Il decremento medio di temperatura nello *storage volume* è di circa 11 °C

# Perturbazione termica nel terreno dopo 10 anni di funzionamento (simulazione)



Falda in moto

parallelamente alla direzione principale del campo sonde

- bassi valori di velocità
- le ultime sonde sono nella scia termica delle prime
- modesto miglioramento

*Grazie per l'attenzione!*

---

Walter Grattieri

R.S.E. S.p.A.

Sviluppo dei Sistemi Elettrici

Via Rubattino, 54

20134 Milano

Tel.: +39 02 3992 5714

[walter.grattieri@rse-web.it](mailto:walter.grattieri@rse-web.it)

[www.rse-web.it](http://www.rse-web.it)