

## WORKSHOP

**LA GEOTERMIA A BASSA ENTALPIA:  
SITUAZIONE ATTUALE E PROSPETTIVE**

**LOW ENTHALPY GEOTHERMAL ENERGY:  
CURRENT SITUATION AND PROSPECTS**



**BOLOGNA, 10 GIUGNO 2014 - 9.00/13.30**  
**Terza Torre - Viale della Fiera 8, Sala Poggioli**

# **Prospettive della geotermia a bassa entalpia in Emilia-Romagna**

## **Progettazione, impianti ed efficienza**

*Giorgio Pagliarini – Dipartimento di Ingegneria Industriale dell'Università di Parma*



# Prospettive della geotermia a bassa entalpia in Emilia-Romagna

## *Progettazione, impianti ed efficienza*

**Energia da fonti rinnovabili:** energia ... aerotermica, geotermica, idrotermica.

- **energia aerotermica:** l'energia estraibile dall'aria ambiente sotto forma di flusso di calore;
- **energia geotermica:** l'energia estraibile dal terreno sotto forma di flusso di calore;
- **energia idrotermica:** l'energia estraibile dalle acque sotto forma di flusso di calore.

---

*Giorgio Pagliarini – Dipartimento di Ingegneria Industriale – Università degli Studi di Parma*

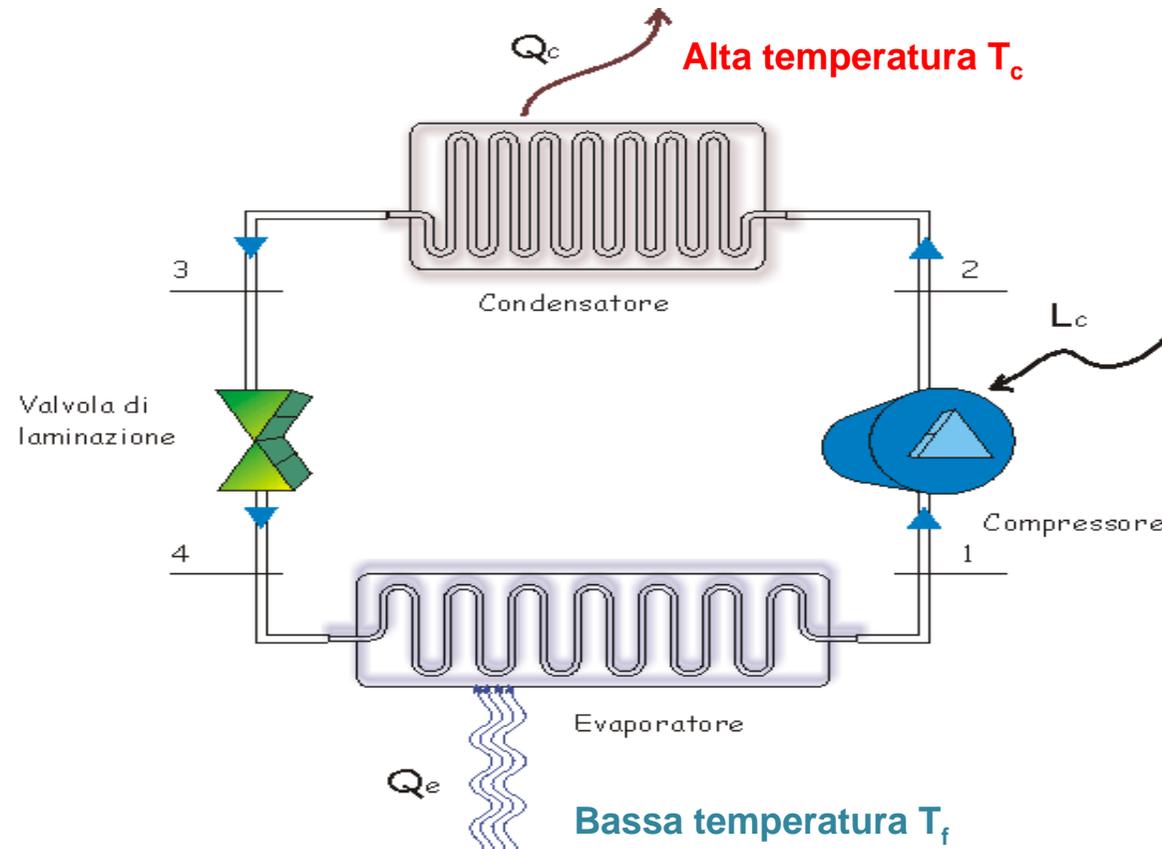
---



FROM EARTH TO PEOPLE



### Pompa di calore



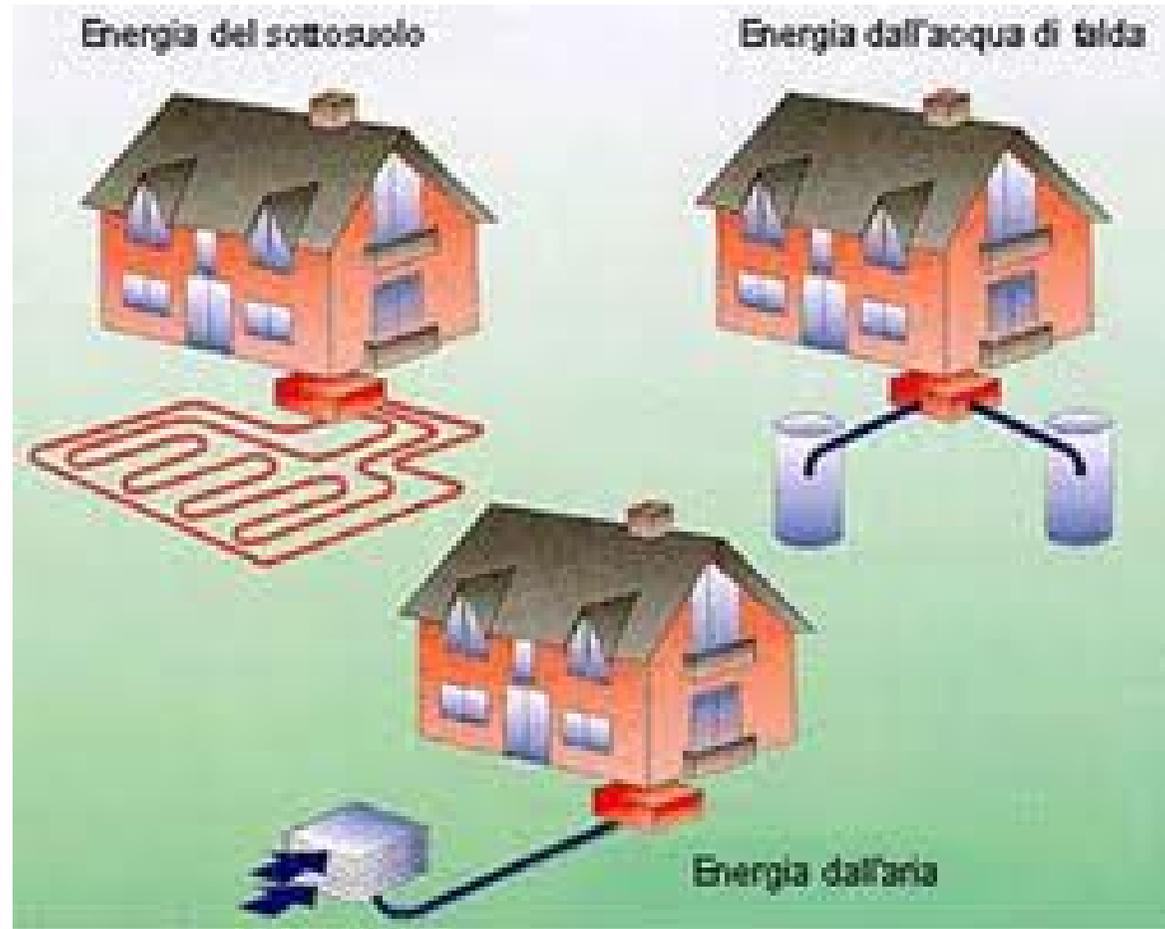
Giorgio Pagliarini – Dipartimento di Ingegneria Industriale – Università degli Studi di Parma



LEGEND  
LOW ENTHALPY GEOTHERMAL ENERGY DEMONSTRATION

# Prospettive della geotermia a bassa entalpia in Emilia-Romagna

## Progettazione, impianti ed efficienza



Giorgio Pagliarini – Dipartimento di Ingegneria Industriale – Università degli Studi di Parma

L'efficienza energetica di una pompa di calore elettrica è espressa dal coefficiente di prestazione (medio stagionale):

$$\text{COP}_{\text{medio stagionale}} = \frac{\text{Energia termica fornita dalla pompa di calore durante la stagione di riscaldamento}}{\text{Energia elettrica consumata dalla pompa di calore durante la stagione di riscaldamento}}$$

Giorgio Pagliarini – Dipartimento di Ingegneria Industriale – Università degli Studi di Parma

## Progettazione, impianti ed efficienza

Per la pompa di calore l'energia da fonte rinnovabile è:

$$E_{RES} = E_{pdc} [1 - (1/(SPF))]$$

Dove  $E_{pdc}$  è l'energia fornita dalla pompa di calore durante la stagione di riscaldamento e SPF è il **fattore di rendimento** che, nel caso di pompa di calore elettrica, è espresso come segue, in funzione del COP:

**Energia termica fornita dalla pompa di calore durante la stagione di riscaldamento**

$$SPF = 0,46 \text{ COP}_{\text{medio stagionale}} = \frac{\text{Energia primaria consumata dalla pompa di calore durante la stagione di riscaldamento}}{\text{Energia termica fornita dalla pompa di calore durante la stagione di riscaldamento}}$$

Si procede al computo dell'energia da fonte rinnovabile solo se  $SPF > 1,15$   
(DGR 26 settembre 2011, N. 1366)

Giorgio Pagliarini – Dipartimento di Ingegneria Industriale – Università degli Studi di Parma

Il valore limite superiore del COP della pompa di calore è espresso dal ciclo di Carnot:

$$\text{COP}_{\text{Carnot}} = \frac{T_c}{T_c - T_f}$$

---

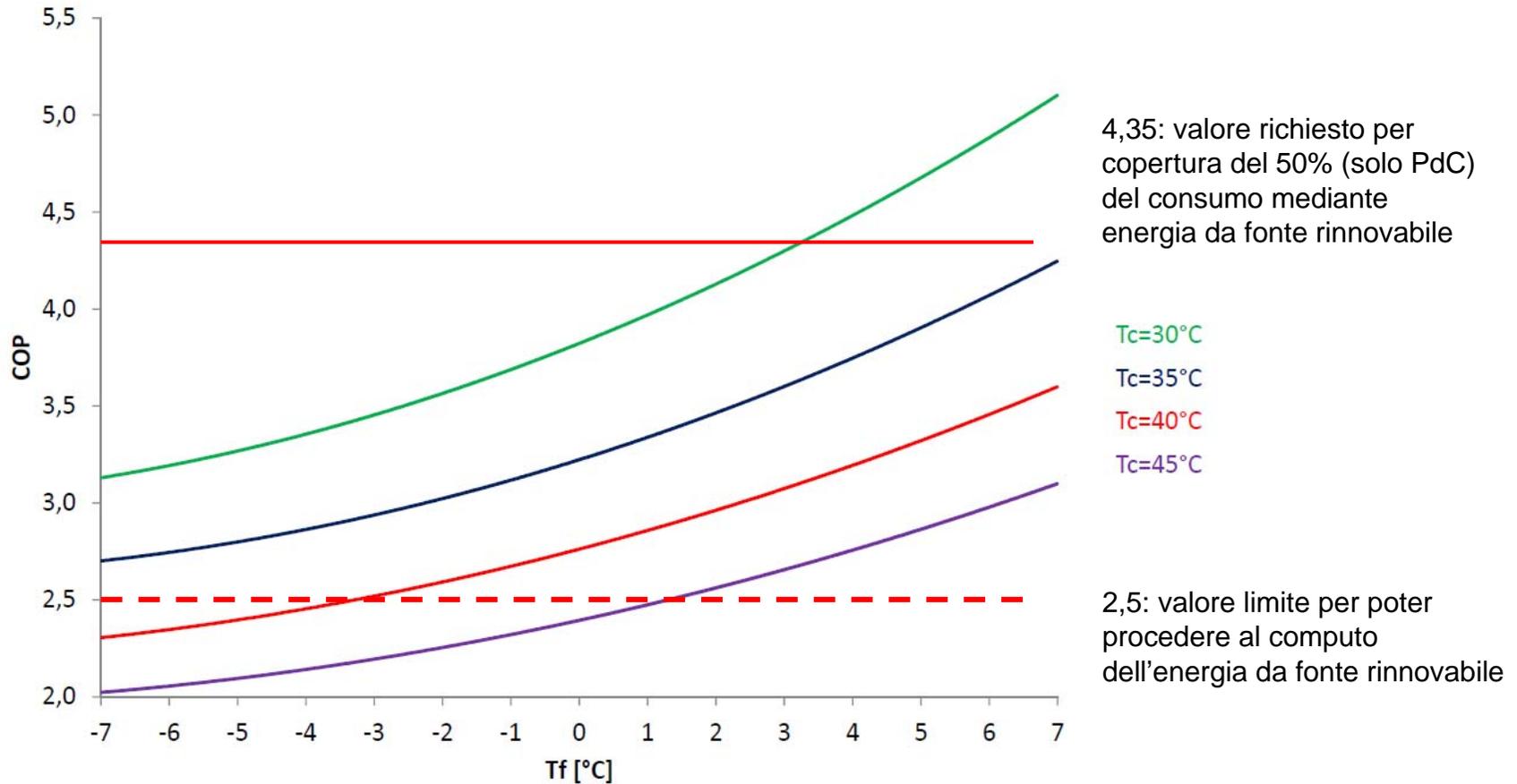
*Giorgio Pagliarini – Dipartimento di Ingegneria Industriale – Università degli Studi di Parma*



LEGEND  
LOW ENTHALPY GEOTHERMAL ENERGY EDUCATION FORUM

# Prospettive della geotermia a bassa entalpia in Emilia-Romagna

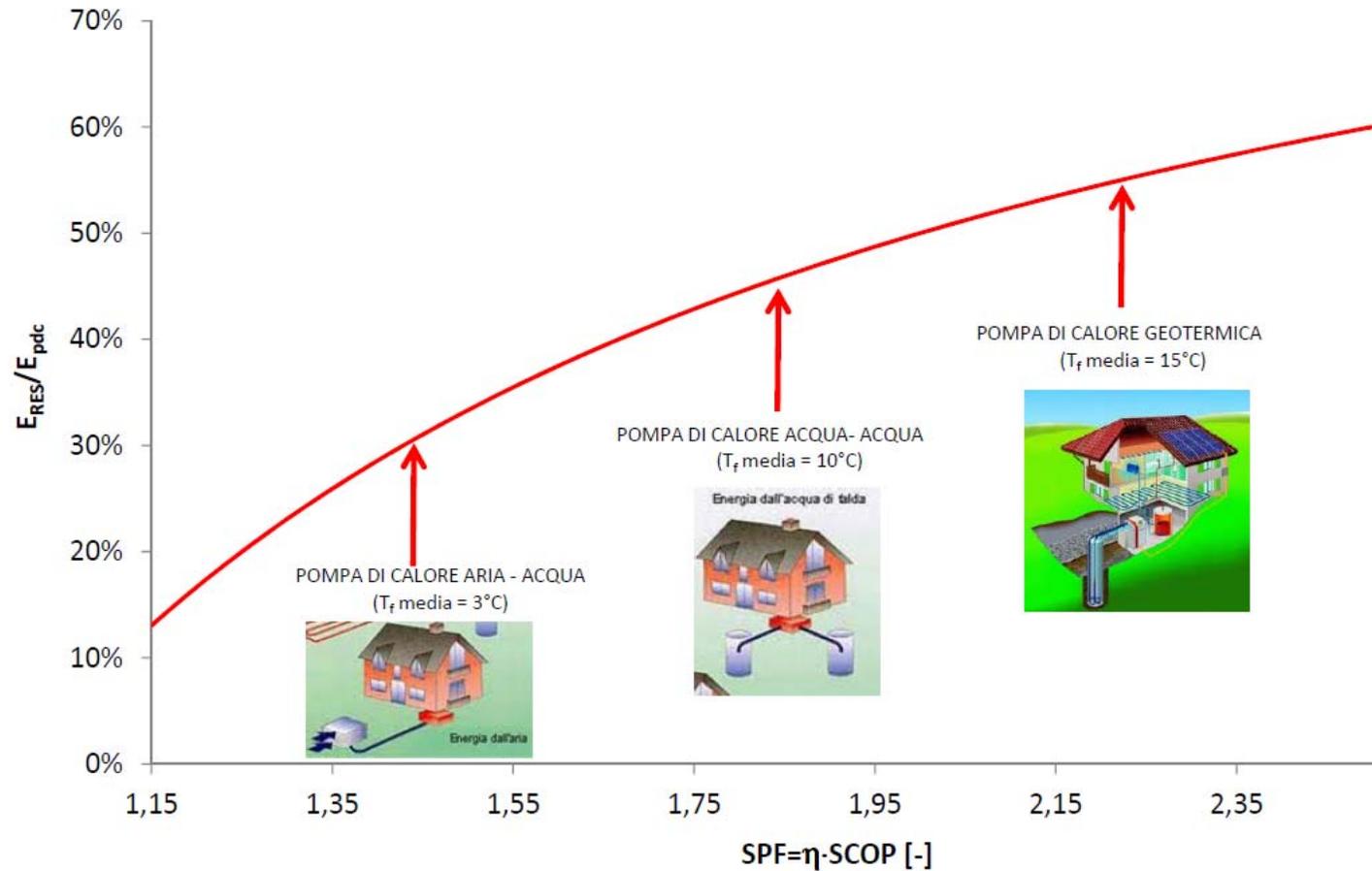
## Progettazione, impianti ed efficienza



Giorgio Pagliarini – Dipartimento di Ingegneria Industriale – Università degli Studi di Parma

# Prospettive della geotermia a bassa entalpia in Emilia-Romagna

## Progettazione, impianti ed efficienza



Giorgio Pagliarini – Dipartimento di Ingegneria Industriale – Università degli Studi di Parma



# Prospettive della geotermia a bassa entalpia in Emilia-Romagna

## *Progettazione, impianti ed efficienza*

# Caso studio

---

*Giorgio Pagliarini – Dipartimento di Ingegneria Industriale – Università degli Studi di Parma*

---



FROM EARTH TO PEOPLE



## Progettazione, impianti ed efficienza

### ✓ DATI GEOMETRICI

Volume lordo climatizzato: 1271.62 m<sup>3</sup>

Superficie utile energetica: 308 m<sup>2</sup>

Superficie disperdente: 846.68 m<sup>2</sup>

Rapporto S/V: 0.67 m<sup>-1</sup>

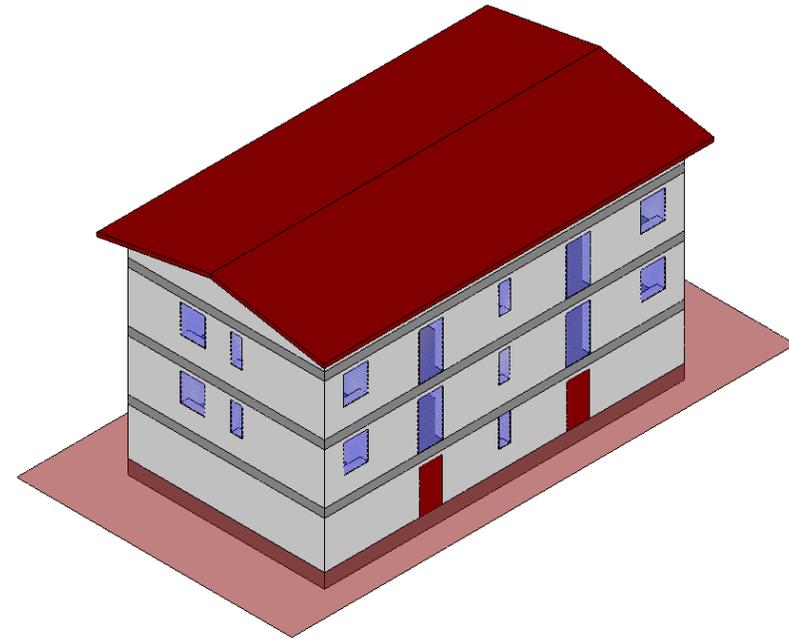
### ✓ DATI IMPIANTO

Tipologia: impianto centralizzato

Emissione: pannelli radianti a pavimento

Regolazione: climatica + ambiente On/Off

Distribuzione: potenza elettrica circolatore 300 W



*Giorgio Pagliarini – Dipartimento di Ingegneria Industriale – Università degli Studi di Parma*

## Progettazione, impianti ed efficienza

Fabbisogno di energia termica utile (kWh) che deve essere soddisfatto dal sottosistema di generazione:

	Ott	Nov	Dic	Gen	Feb	Mar	Apr
$Q_h$	541	2707	4616	5193	3616	1729	275
$Q_{l,H,e}$	11	55	94	106	74	35	6
$Q_{l,H,rg}$	29	145	248	279	194	93	15
$Q_{l,H,d}$	12	59	101	114	79	38	6
$Q_{H,gn,out}$	593	2967	5060	5691	3963	1895	302

20471 kWh

Giorgio Pagliarini – Dipartimento di Ingegneria Industriale – Università degli Studi di Parma

# Prospettive della geotermia a bassa entalpia in Emilia-Romagna

## Progettazione, impianti ed efficienza

**Pompa di calore elettrica aria-acqua  
+  
caldaia a gas a condensazione**

Dati di targa della pompa di calore (COP)

	$T_c$ [°C]			
$T_f$ [°C]	30	35	40	45
-7	3.117	2.692	2.297	2.016
-2	3.610	3.056	2.623	2.281
2	4.083	3.431	2.932	2.536
7	5.115	4.257	3.608	3.107

Giorgio Pagliarini – Dipartimento di Ingegneria Industriale – Università degli Studi di Parma



LEGEND  
LOW ENTHALPY GEOTHERMAL ENERGY EDUCATION

# Prospettive della geotermia a bassa entalpia in Emilia-Romagna

## Progettazione, impianti ed efficienza

Distribuzione dei BIN mensili per Parma

Mese	Temperatura [°C]																	
	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
Ott	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	10.00	16.00	24.00	33.00	42.00	48.00	51.00	49.00	43.00	35.00	26.00	18.00	11.00
Nov	19.00	36.00	59.00	85.00	105.00	113.00	105.00	85.00	59.00	36.00	19.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Dic	124.00	110.00	83.00	53.00	28.00	13.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Gen	85.00	58.00	34.00	17.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Feb	90.00	90.00	81.00	66.00	48.00	32.00	19.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Mar	25.00	36.00	49.00	61.00	72.00	79.00	81.00	78.00	70.00	59.00	46.00	34.00	23.00	15.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Apr	0.00	0.00	6.00	9.00	12.00	16.00	20.00	24.00	27.00	30.00	32.00	32.00	31.00	29.00	25.00	21.00	17.00	13.00

COP della pompa di calore nelle condizioni effettive di funzionamento

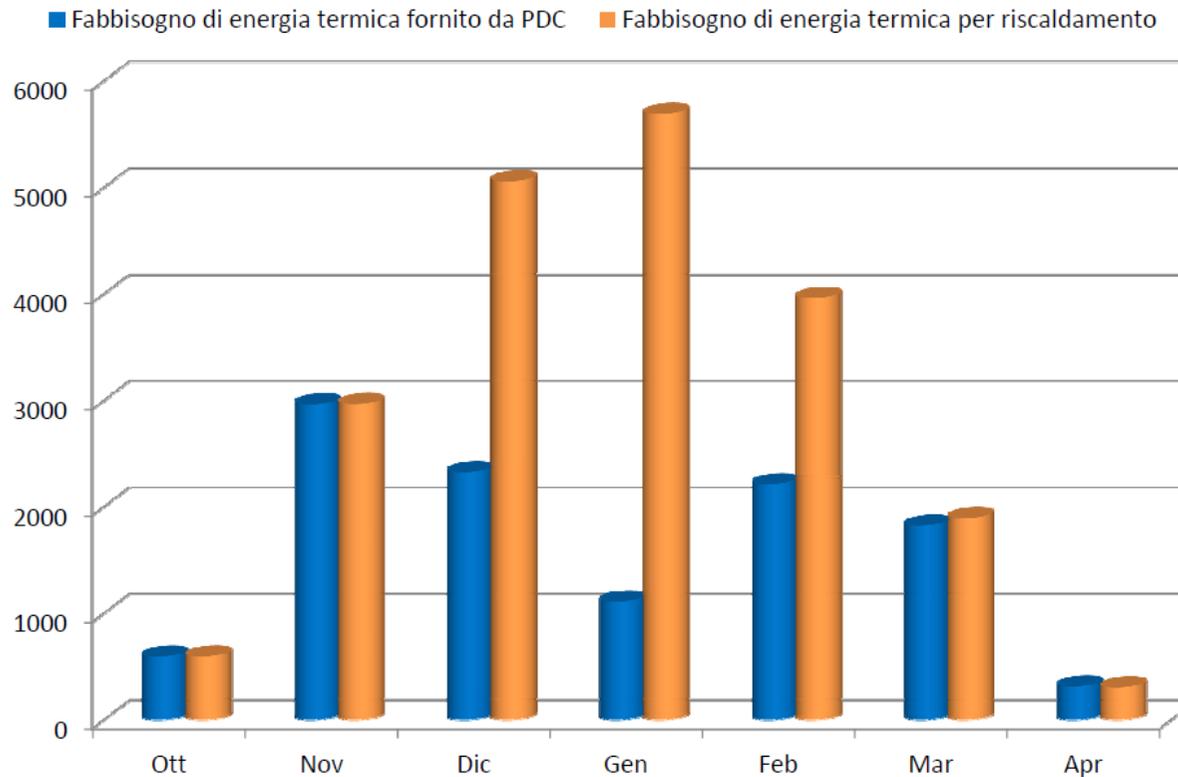
COP effettivi corretti per i BIN mensili

Mese	Temperatura [°C]																
	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19
Ott	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	3.72	3.84	3.97	4.11	3.39	3.38	3.33	3.24	3.08	2.80	2.33	1.52
Nov	3.05	3.18	3.31	3.46	3.61	3.72	3.84	3.97	4.11	4.25	4.41	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Dic	3.05	3.18	3.31	3.46	3.61	3.72	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Gen	3.05	3.18	3.31	3.46	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Feb	3.05	3.18	3.31	3.46	3.61	3.72	3.84	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Mar	3.05	3.18	3.31	3.46	3.61	3.72	3.84	3.97	3.31	3.32	3.30	3.25	3.15	2.98	0.00	0.00	0.00
Apr	0.00	0.00	3.31	2.75	2.77	2.78	2.79	2.78	2.77	2.73	2.67	2.58	2.44	2.24	1.95	1.53	0.92

Giorgio Pagliarini – Dipartimento di Ingegneria Industriale – Università degli Studi di Parma

## Progettazione, impianti ed efficienza

Fabbisogno di energia termica fornito dalla pompa di calore [kWh]



Giorgio Pagliarini – Dipartimento di Ingegneria Industriale – Università degli Studi di Parma

# Prospettive della geotermia a bassa entalpia in Emilia-Romagna

## Progettazione, impianti ed efficienza

Fabbisogno di energia termica fornito dalla pompa di calore

	Ott	Nov	Dic	Gen	Feb	Mar	Apr
Copertura fabbisogno	100%	100%	46%	19%	55%	96%	100%

**Copertura annuale: 55%**

Fabbisogno di energia termica richiesto al sistema di integrazione

	Ott	Nov	Dic	Gen	Feb	Mar	Apr
Integrazione [kWh]	0	0	2735	4580	1751	71	0

$$EP_i = \frac{19241 - 4023}{308} = 49.42 \quad [\text{kWh}/(\text{m}^2 \cdot \text{anno})]$$

Giorgio Pagliarini – Dipartimento di Ingegneria Industriale – Università degli Studi di Parma

# Prospettive della geotermia a bassa entalpia in Emilia-Romagna

## Progettazione, impianti ed efficienza

Pompa di calore elettrica geotermica  
+  
caldaia a gas a condensazione

Dati di targa della pompa di calore

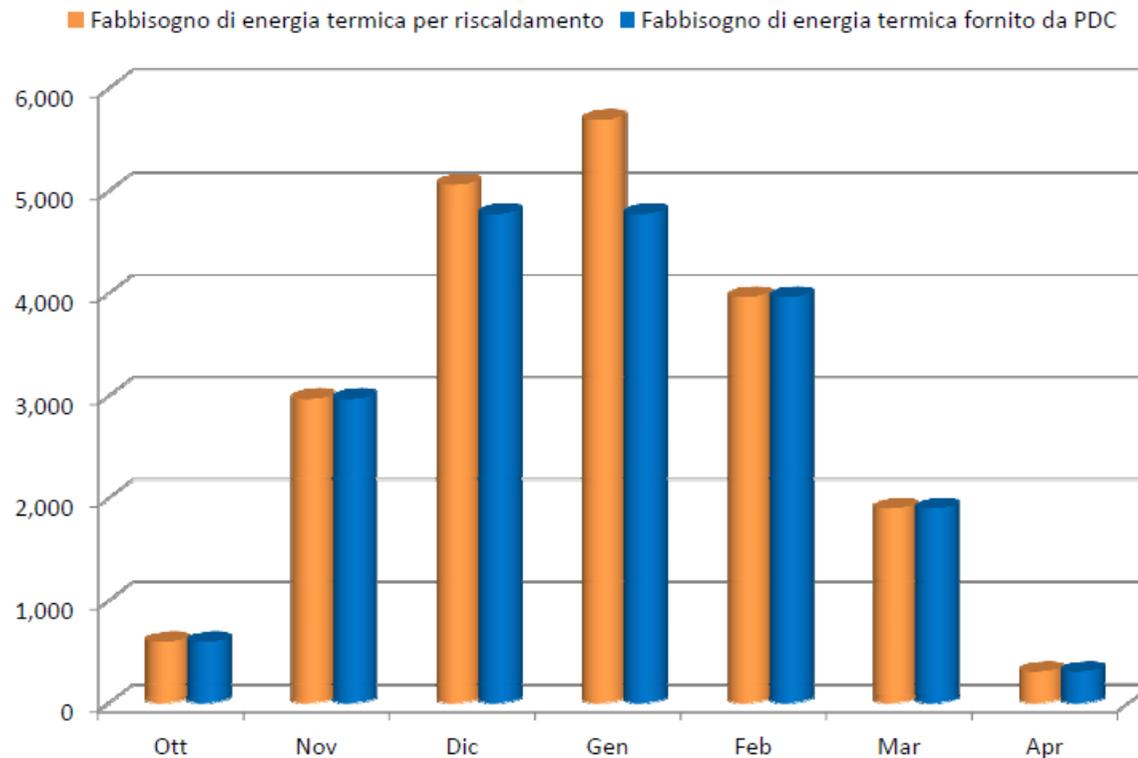
$T_c$ [°C]	35	40	45
COP	5.590	4.919	4.840
Potenza termica	7.29	6.415	7.97

$T_f = 10^\circ\text{C}$

Giorgio Pagliarini – Dipartimento di Ingegneria Industriale – Università degli Studi di Parma

## Progettazione, impianti ed efficienza

Fabbisogno di energia termica fornito dalla pompa di calore [kWh]



Giorgio Pagliarini – Dipartimento di Ingegneria Industriale – Università degli Studi di Parma

# Prospettive della geotermia a bassa entalpia in Emilia-Romagna

## Progettazione, impianti ed efficienza

Fabbisogno di energia termica fornito dalla pompa di calore

	Ott	Nov	Dic	Gen	Feb	Mar	Apr
Copertura fabbisogno	100%	100%	94%	84%	100%	100%	100%

**Copertura annuale: 94%**

Fabbisogno di energia termica richiesto al sistema di integrazione (caldaia)

	Ott	Nov	Dic	Gen	Feb	Mar	Apr
Integrazione [kWh]	0	0	287	918	0	0	0

$$EP_i = \frac{13012 - 10388}{308} = 8.52 \text{ [kWh/(m}^2 \cdot \text{anno)]}$$

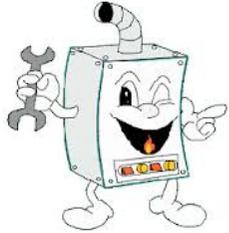
Giorgio Pagliarini – Dipartimento di Ingegneria Industriale – Università degli Studi di Parma



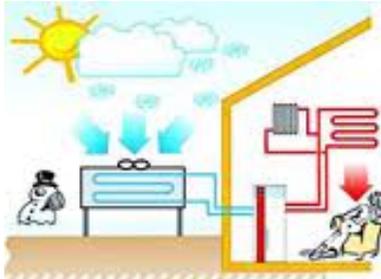
LEGEND  
LOW ENTHALPY GEOTHERMAL ENERGY DEMONSTRATION

# Prospettive della geotermia a bassa entalpia in Emilia-Romagna

## Progettazione, impianti ed efficienza



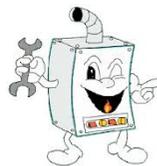
→  $EP_i = 75.11 \text{ [kWh/(m}^2 \cdot \text{anno)]}$



- 34%



$EP_i = 49.42 \text{ [kWh/(m}^2 \cdot \text{anno)]}$



- 89%

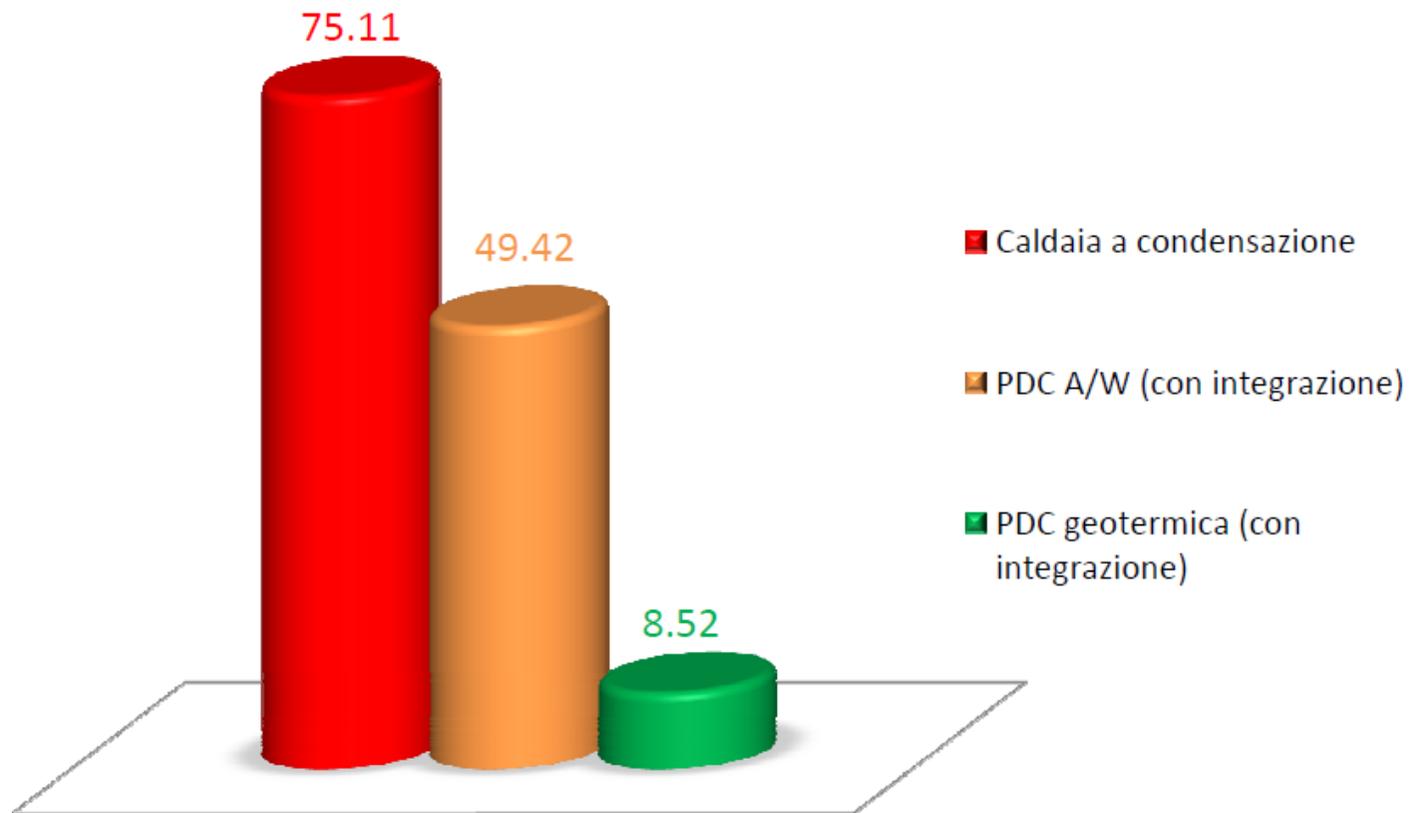


$EP_i = 8.52 \text{ [kWh/(m}^2 \cdot \text{anno)]}$

Giorgio Pagliarini – Dipartimento di Ingegneria Industriale – Università degli Studi di Parma

## Progettazione, impianti ed efficienza

Indice di prestazione energetica per la climatizzazione invernale  
EPI [kWh/(m<sup>2</sup>·anno)]



Giorgio Pagliarini – Dipartimento di Ingegneria Industriale – Università degli Studi di Parma



# Prospettive della geotermia a bassa entalpia in Emilia-Romagna

## *Progettazione, impianti ed efficienza*

# Grazie!

---

*Giorgio Pagliarini – Dipartimento di Ingegneria Industriale – Università degli Studi di Parma*

---



FROM EARTH TO PEOPLE

