

*Padova*  
*5 Dicembre 2012*

# **L'approccio di *calcolo semplificato*: le dimensioni del campo geotermico**

*Angelo Zarrella*



UNIVERSITÀ  
DEGLI STUDI  
DI PADOVA



Dipartimento  
di Ingegneria Industriale

# Sommario

- Dimensionamento di un impianto geotermico:
  - “Metodo” *standardizzato*:
    - Casi studio: edifici-tipo (settore residenziale), individuati per superficie, tipologia, zona climatica, vetustà.
    - **Primiissima valutazione (NON per progettare)**
- Fogli di Calcolo (gratuiti e di facile utilizzo).

## News:

UNI 11466: 2012: Sistemi geotermici a pompa di calore -  
Requisiti per il dimensionamento e la progettazione

UNI 11467: 2012: Requisiti per l'installazione

UNI 11468: 2012: Requisiti ambientali

disponibili da fine Novembre



## Premessa

Per dimensionare un impianto geotermico non è necessario avere doti particolari ...

Occorre documentarsi, studiare, capire i fenomeni fisici, ... come in ogni cosa.

*... non basta essere dotati di un buon ingegno;  
l'importante è applicarlo rettamente ... (Cartesio)*



# Caso Studio: Involucro Edilizio

## Edifici Residenziali

### Tipologia:

- Grande Condominio (GC): 24 unità abitative di 80 m<sup>2</sup> (**1920 m<sup>2</sup>**)
- Medio Condominio (MC): 12 unità abitative di 80 m<sup>2</sup> (**960 m<sup>2</sup>**)
- Piccolo Condominio (PC): 6 unità abitative di 80 m<sup>2</sup> (**480 m<sup>2</sup>**)
- Monofamiliare (MF): **90 m<sup>2</sup>**

### Vetustà:

- Classe V2: modalità costruttive degli anni 80 (**ante legge 10/91**)
- Classe V3: modalità costruttive degli anni 90 (**post legge 10/91**)
- Classe V4: edifici nuovi, **secondo DPR 59/09 per l'anno 2010**

I dettagli del calcolo sono riportati in:

Madonna F. Fabbisogno energetico per la climatizzazione di edifici-tipo situati in località di riferimento. Rapporto ERSE 09004836, 28-2-2010.



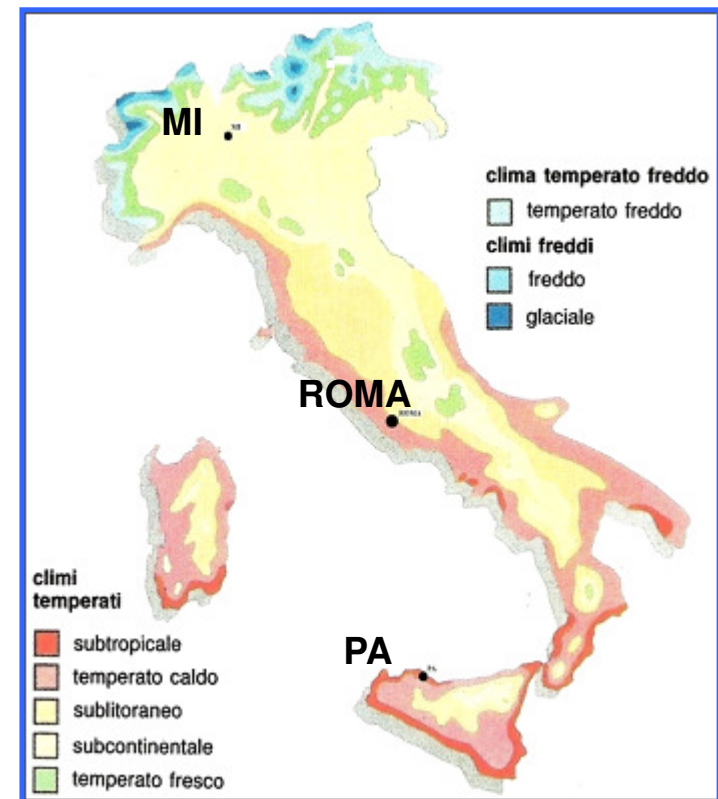
# Caso Studio: Contesto Climatico

I climi analizzati sono:

- ✓ Milano, zona climatica E
- ✓ Roma, zona climatica D
- ✓ Palermo, zona climatica B

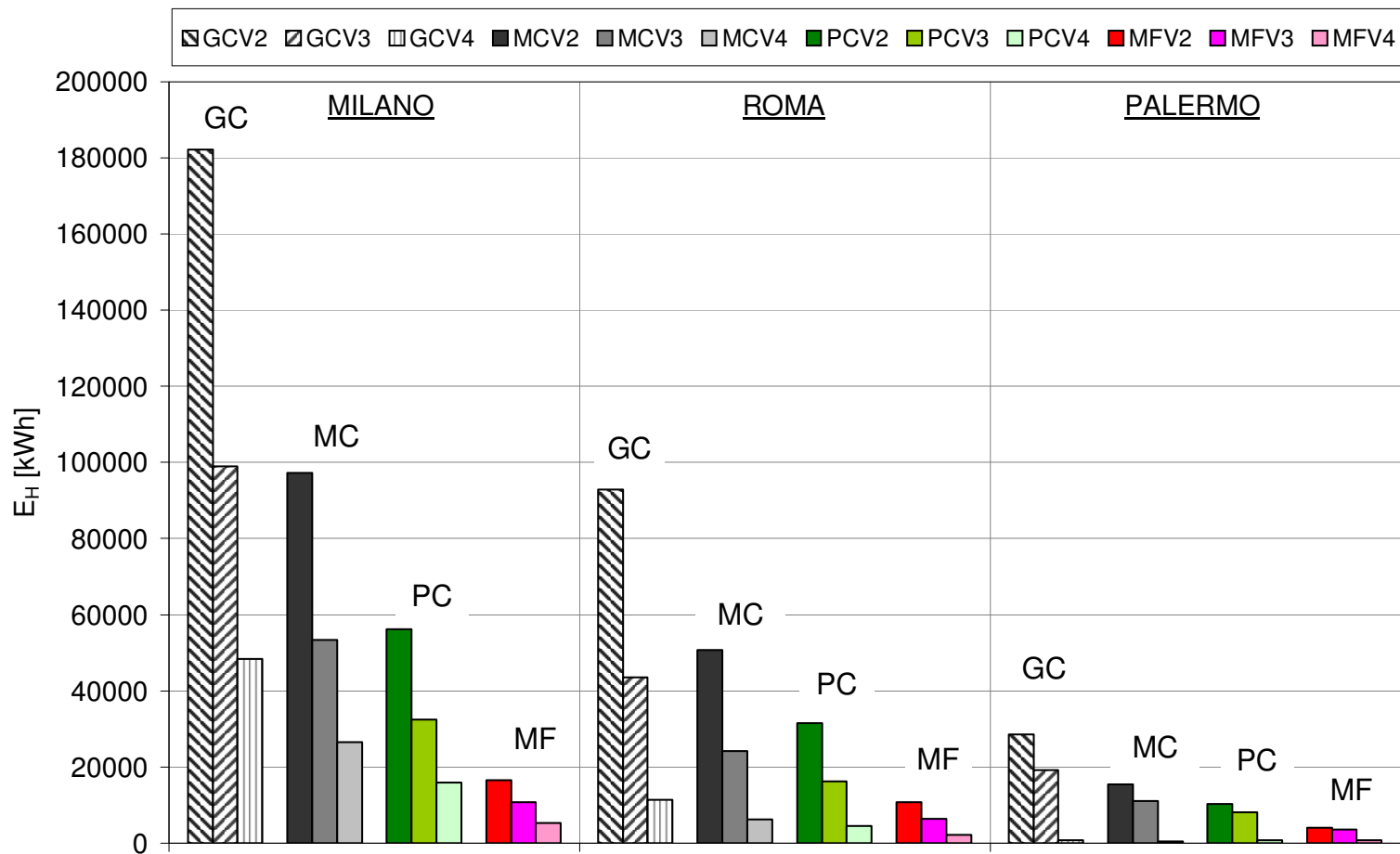
Temperatura media annuale:

- ✓ Milano, 12.4 °C
- ✓ Roma, 15.3 °C
- ✓ Palermo, 18.4 °C



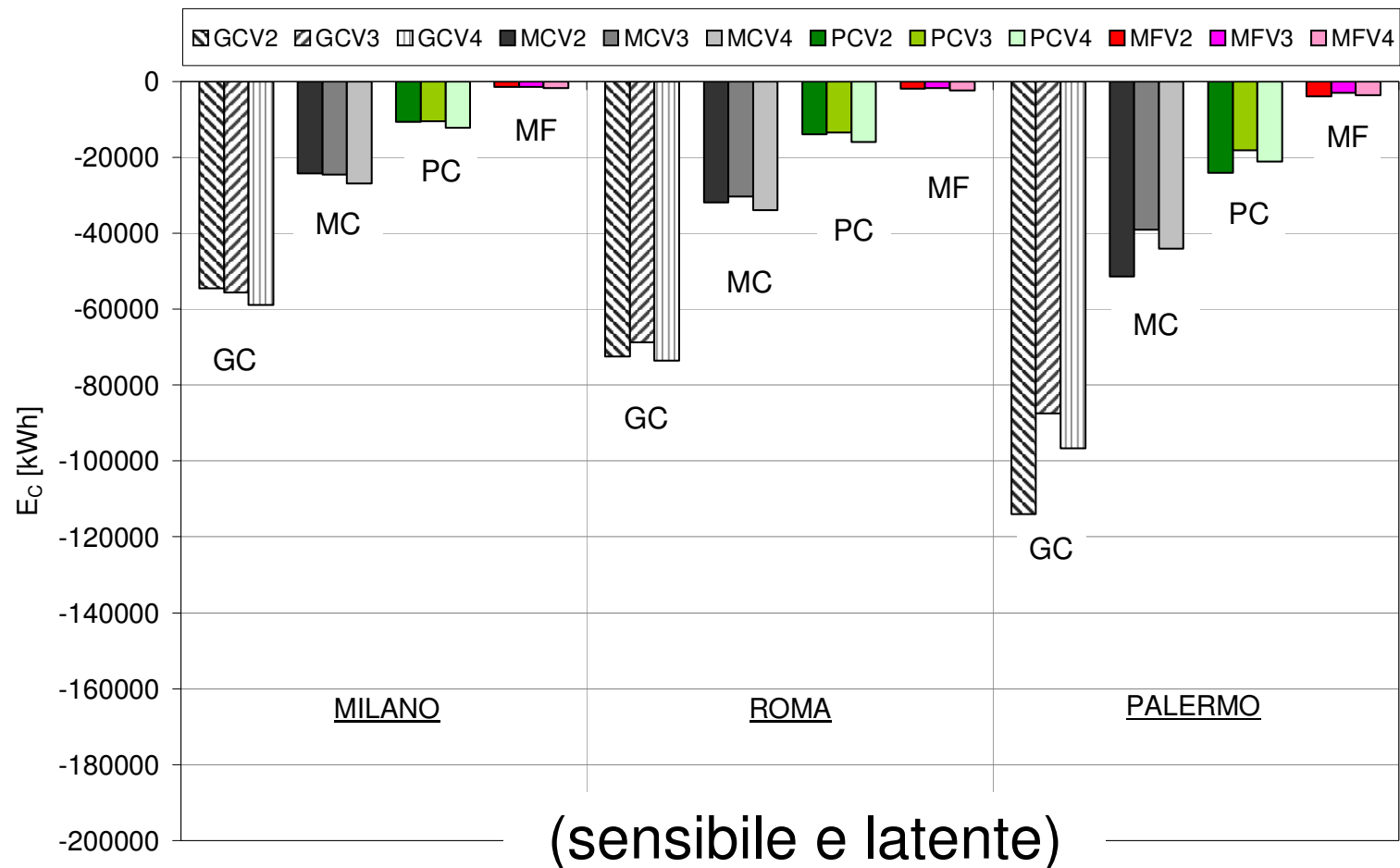
# Caso Studio: Fabbisogno Energetico 1/2

## Riscaldamento (no ACS)

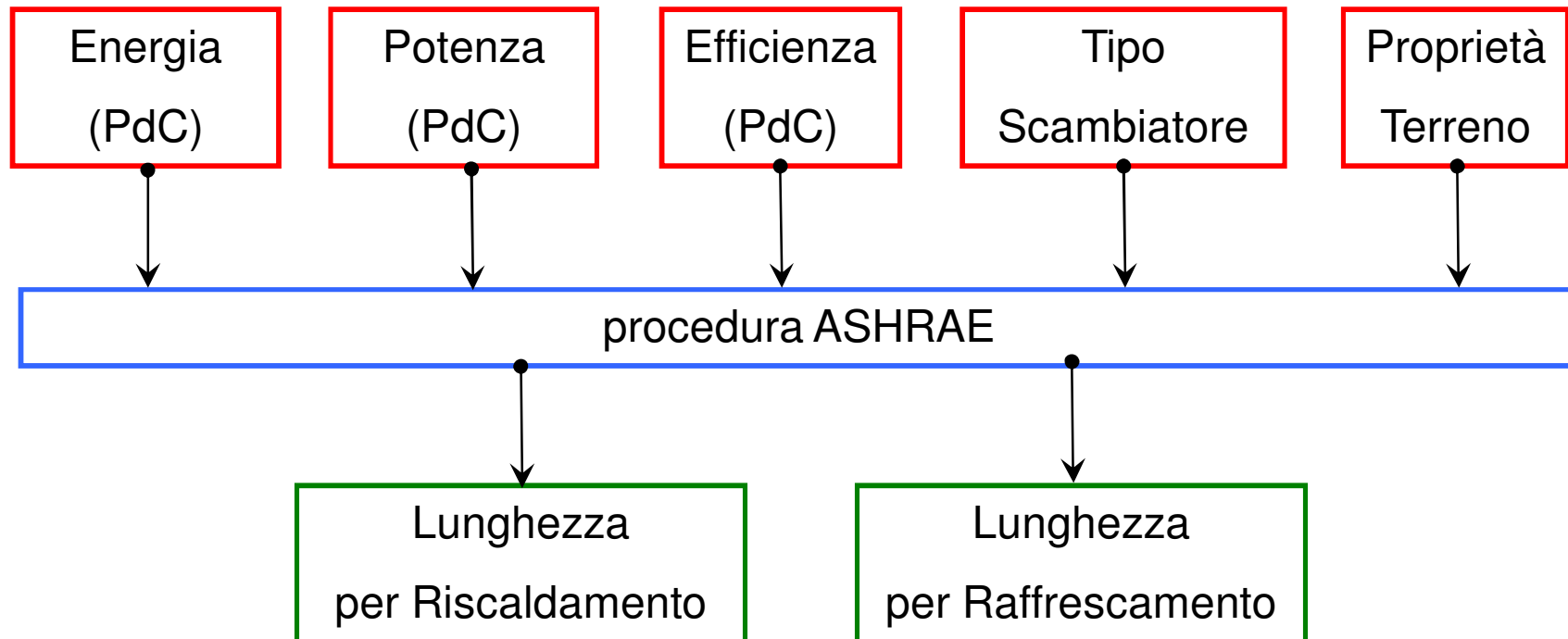


# Caso Studio: Fabbisogno Energetico 2/2

## Raffrescamento



# Caso Studio: Dimensionamento

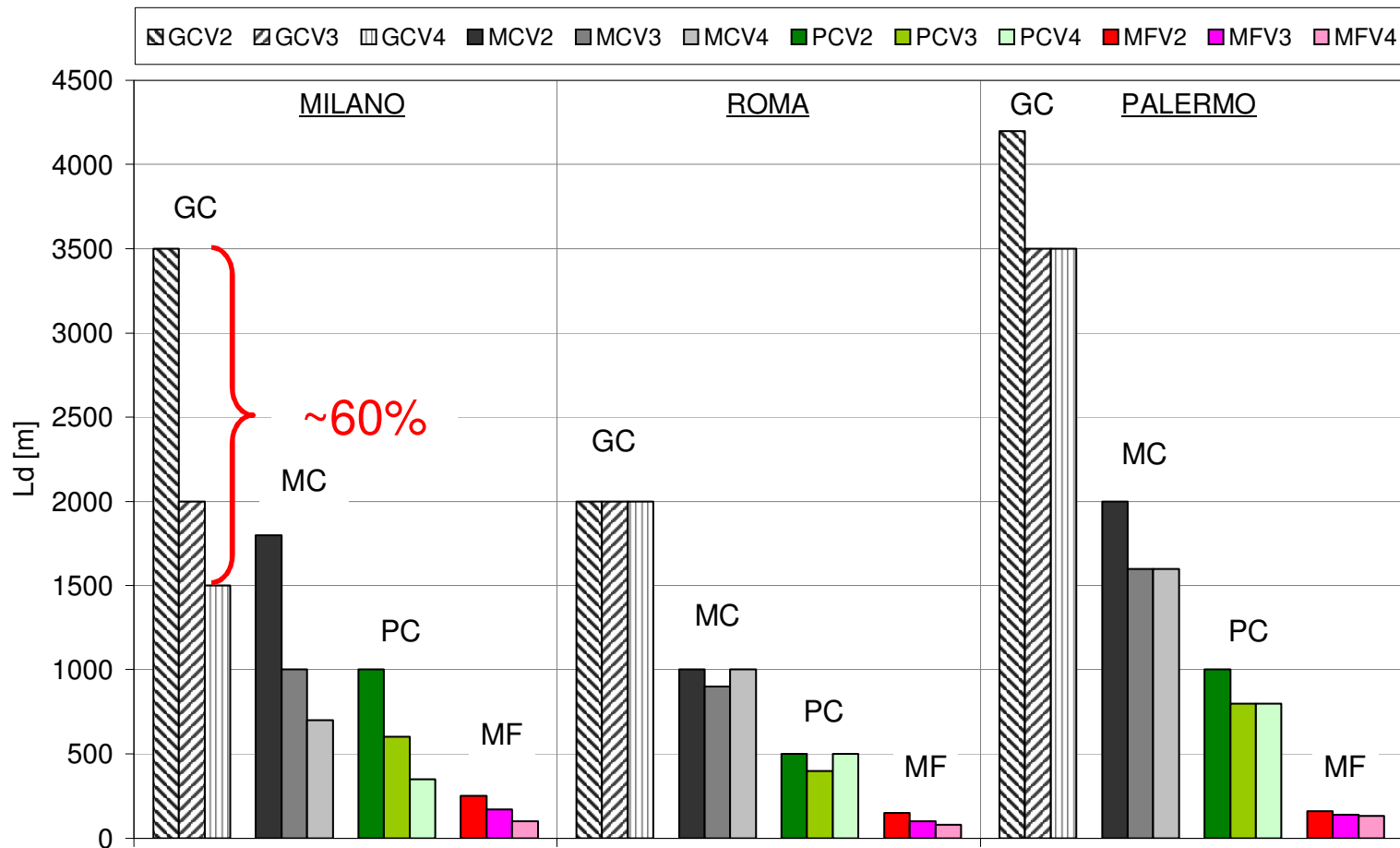


- Scambiatore a doppia U (32-26 mm; 150 mm)
- Materiale di riempimento: conduttività termica 1.7 W/(m K)
- Terreno: conduttività termica 1.7 W/(m K), capacità termica 2.5 MJ/(m<sup>3</sup> K)
- Distanza tra gli scambiatori: 7 m
- Layout: soluzione più compatta possibile
- Dimensionamento con SOLA ACQUA



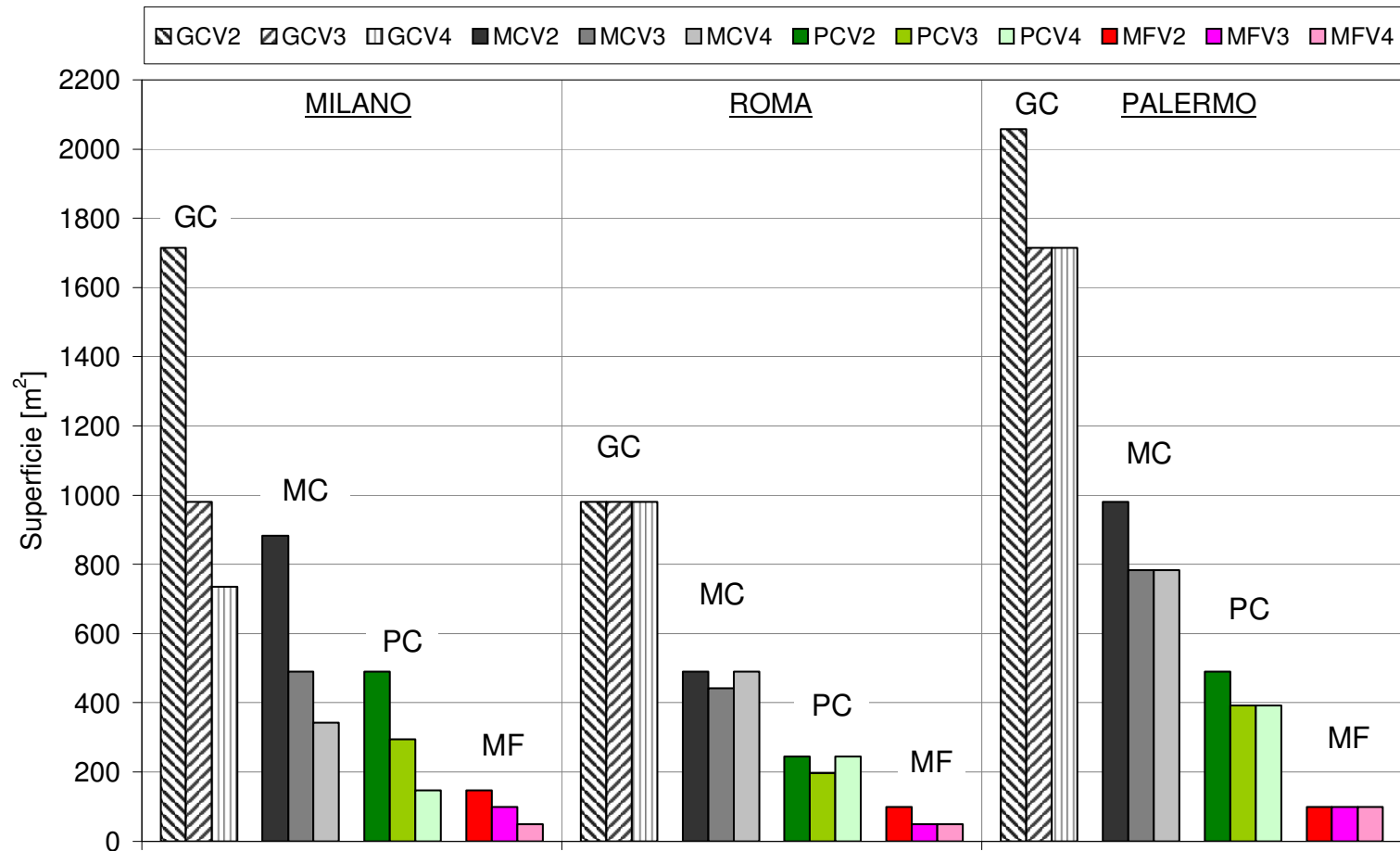
# Caso Studio: Risultati 1/2

## Scambiatori: Lunghezza totale (m)



# Caso Studio: Risultati 2/2

## Superficie totale di terreno (m<sup>2</sup>)



## Foglio di Calcolo: metodo ASHRAE

- La procedura ASHRAE è stata implementata in un foglio di calcolo in Microsoft Excel.
- Scopo: dimensionamento di scambiatori verticali a singola e doppia U.
- La procedura ASHRAE è stata inserita nella norma CTI-UNI 11466 (con alcune modifiche).
- Esiste anche un file analogo per gli scambiatori orizzontali (metodo IGSHPA, inserito nella norma CTI-UNI 11466).



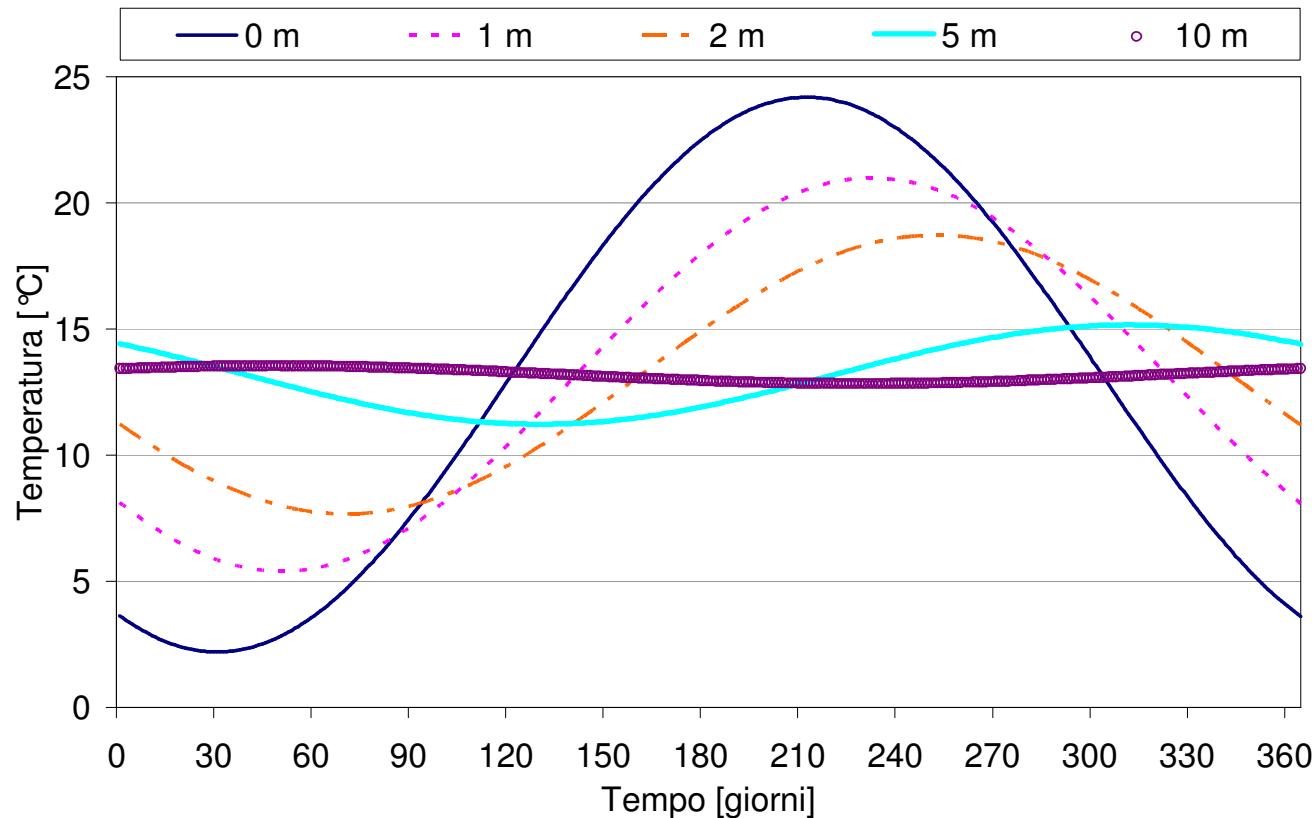
*Metodo\_ASHRAE*



*Metodo\_IGSHPA*

# Temperatura del Terreno: soluzione analitica

$$T_g(z, \tau) = T_M - A_{T,S} \cdot \text{Exp} \left[ -z \cdot \left( \frac{\pi}{365 \cdot a} \right)^{1/2} \right] \cdot \cos \left[ \frac{2\pi}{365} \cdot \left( \tau - \tau_0 - \frac{z}{2} \cdot \left( \frac{365}{\pi \cdot a} \right)^{1/2} \right) \right]$$



$T_M$ : 13.2 °C

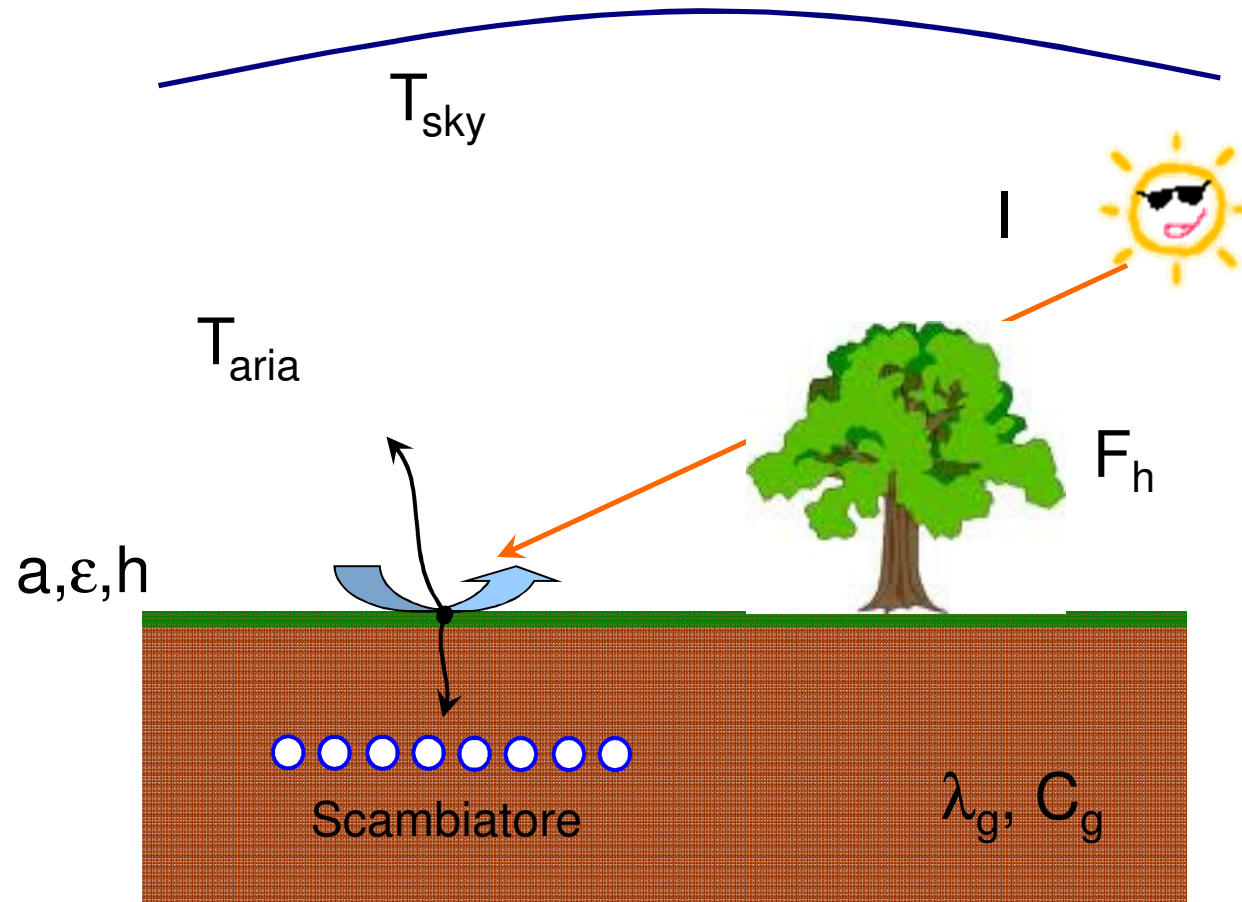
$A_{T,S}$ : 11 °C

$a$ :  $0.85 \times 10^{-6} \text{ m}^2/\text{s}$

$\tau_0$ : 31 giorni



# Lo Scambio Termico Superficiale

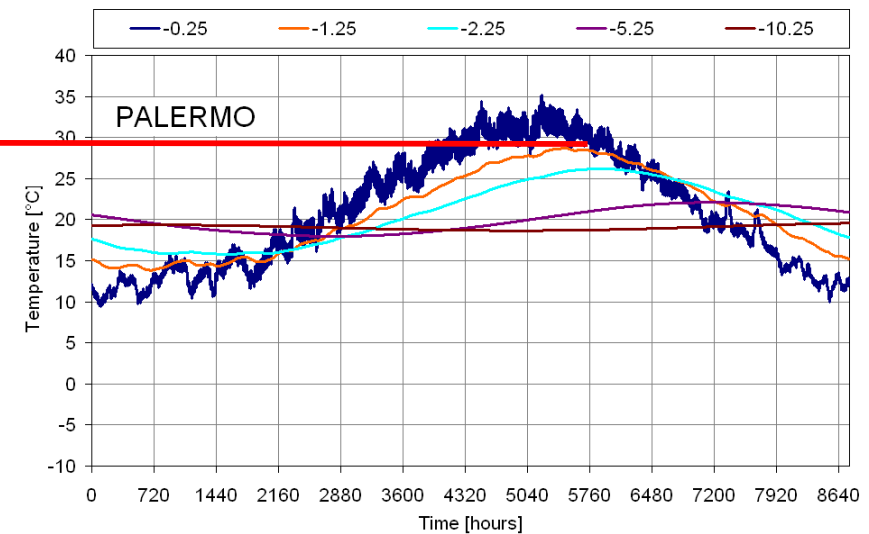
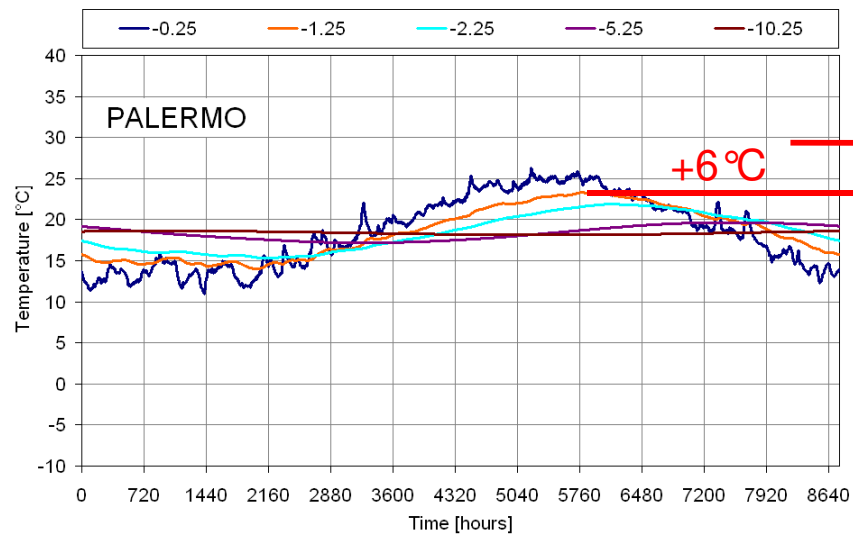
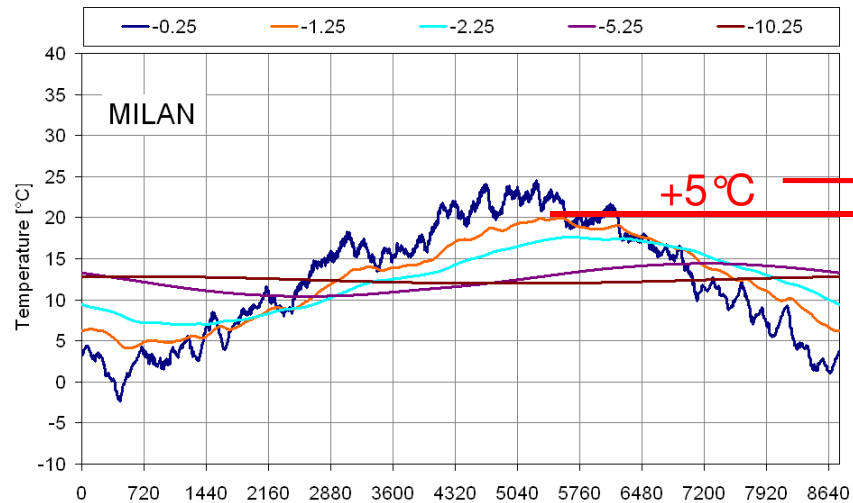


$a, \epsilon$ : radiazione

$h$ : convezione



# Temperatura del Terreno: approccio numerico



by TgCalc



## Effetto sul Dimensionamento

- Metodo IGSHPA

$$\frac{L_{c,p}^{CR}}{L_{c,p}^{SR}} = 1 + \frac{\Delta T_g}{T_w - (T_{g,C} + \Delta T_g)}$$

Carico di progetto      Tubo      Terreno      Fattore di carico

$$L_{c,p} = \frac{\dot{Q}_{g,c_D} \cdot (R_p + R_g \cdot P_m \cdot S_m \cdot F_c)}{T_{g,C} - \left( \frac{T_{wi} + T_{wo}}{2} \right)_{c_D}}$$

Temperatura del terreno      Temperatura media del fluido nello scambiatore

A parità di condizioni, con i dati precedenti, in raffrescamento:

MI ~ +70%

PA ~ doppia



*... La semplicità è l'estrema perfezione (Leonardo)*

***... Grazie dell'Attenzione***

*Angelo Zarrella*

*email: [angelo.zarrella@unipd.it](mailto:angelo.zarrella@unipd.it)*

*tel. 049 827 6871*