

# Acqua – Energia - Ambiente

## Il bilancio termico di una piscina: criticità e possibili rimedi



**A. Muraca<sup>1</sup>, F. Laini<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>Dipartimento di Ingegneria Civile, Architettura,  
Territorio, Ambiente e Matematica  
Università degli Studi di Brescia  
alessandro.muraca@unibs.it



Riscaldamento dell'acqua da 16 °C (acquedotto) a 24 °C come prescritto dalla normativa (26° in caso di vasche per bambini):

Problema:



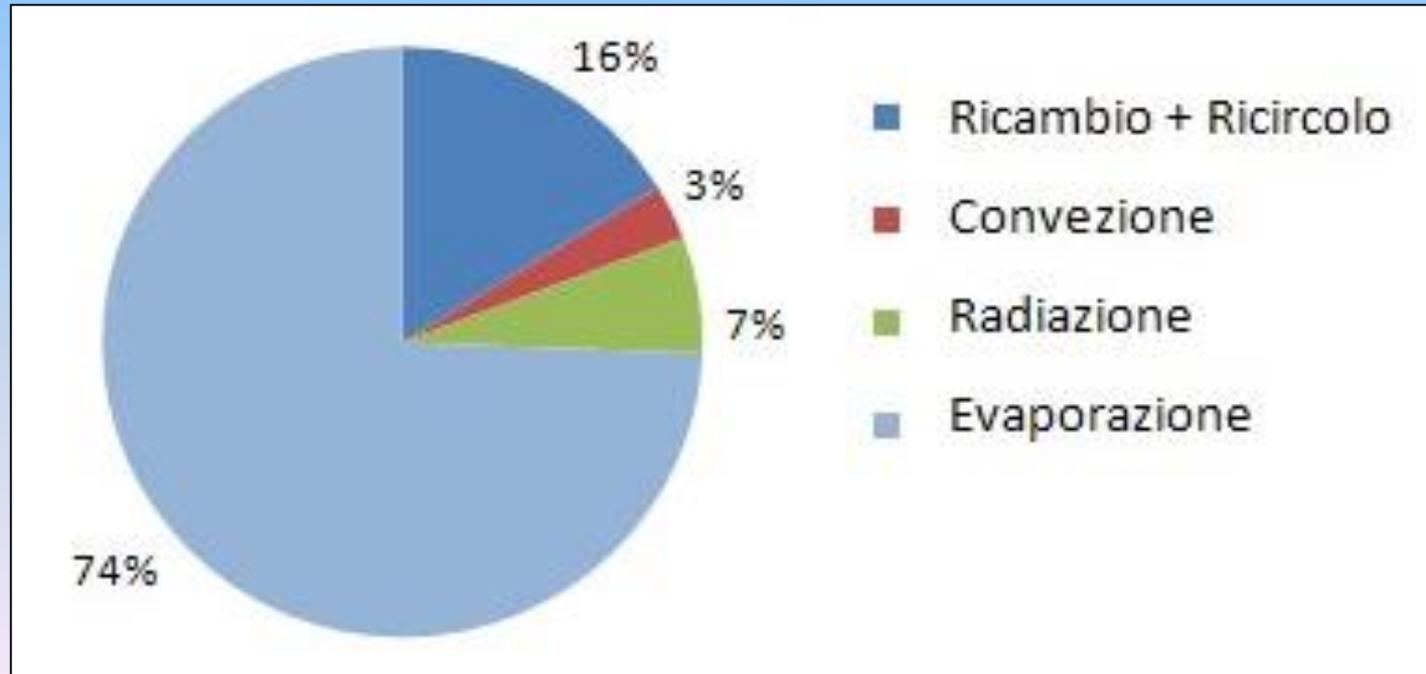
Energetico



Economico

# Principali tipologie di perdite termiche di una piscina:

1. Evaporazione;
2. Radiazione;
3. Convezione;
4. Immissione acqua fredda;
5. Ricambio di acqua.



(Dati elaborati dalle misure effettuate presso la piscina di Sassabanek dal 6/8 al 16/9 2012)

# Studio Sperimentale: Impianto di Sassabanek, Iseo (BS)



# Impianto di riscaldamento Sassabanek:

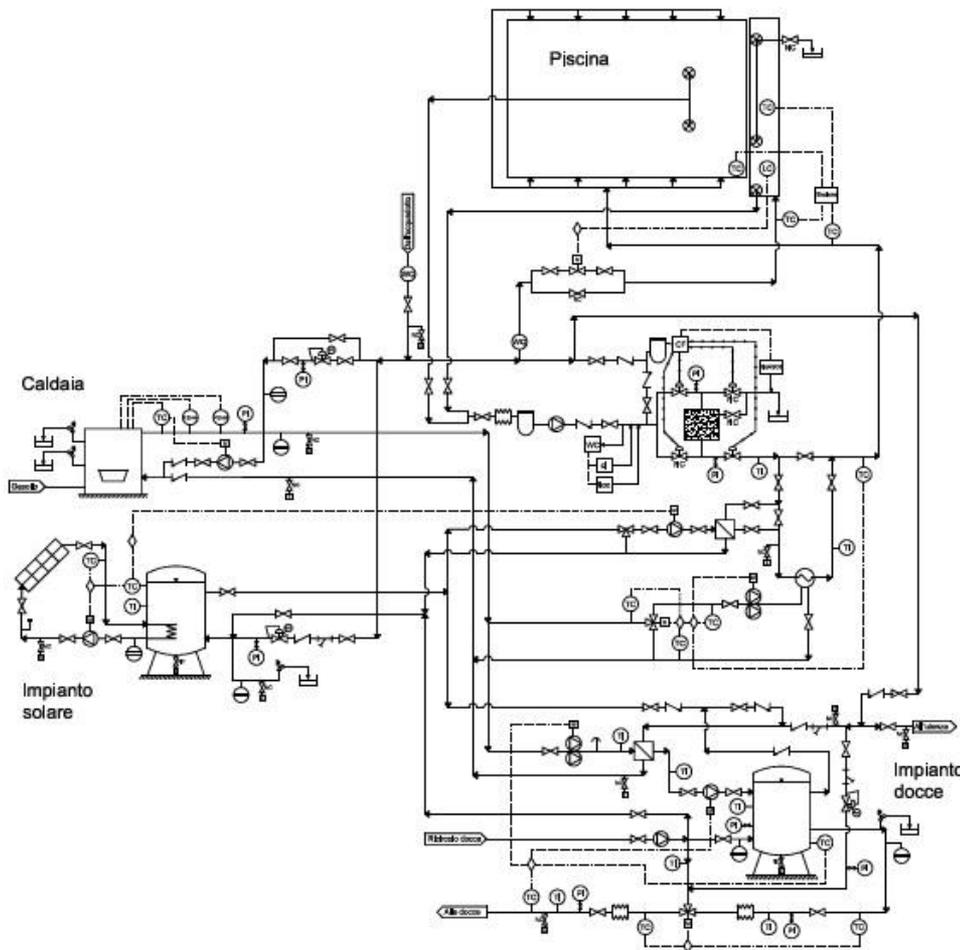
Caldaia a gasolio



Solare termico



# Schema impiantistico:

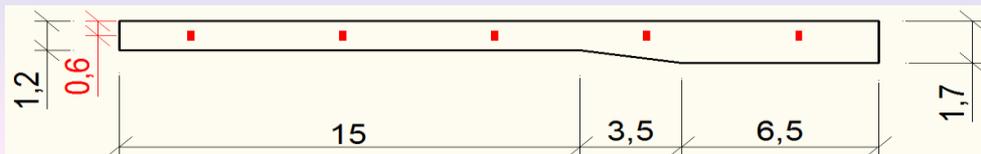
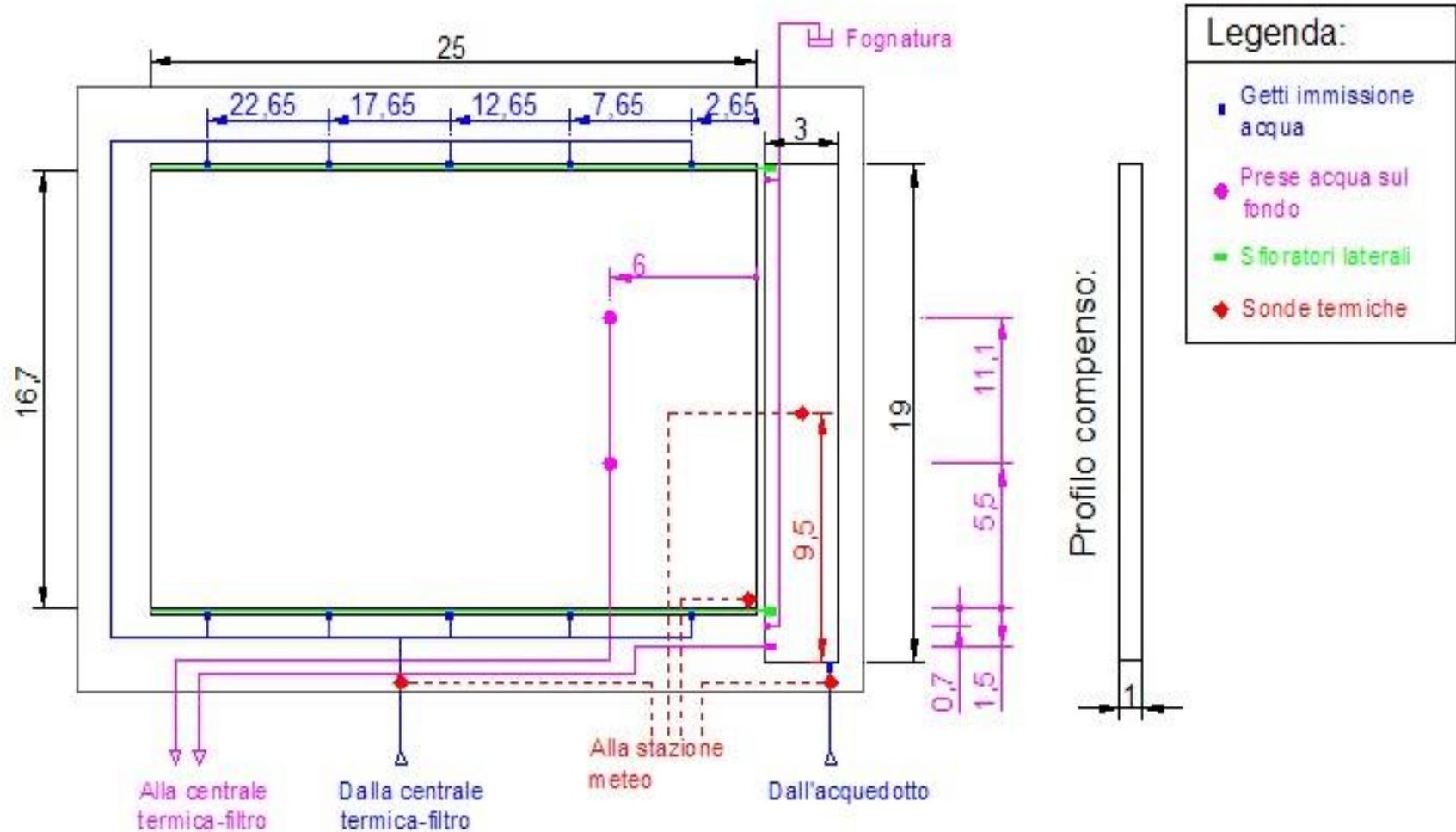


Legenda:	
Simbolo	Componente
	Valvola
	Valvola pneumatica
	Valvola motorizzata
	Valvola a 3 vie
	Valvola a 3 vie motorizzata
	Valvola di ritegno
	Valvola di regolazione pressione (2 bar)
	Valvola sfilato aria (2,5 bar)
	Valvola per ricarica circuito
	Valvola di sicurezza (6 bar)
	Filtro a cestello
	Filtro ad Y
	Giunto antivibrante
	Vaso di espansione
	Pompa
	Presa di fondo

Legenda:	
Simbolo	Componente
	Filtro a sabbia
	Scambiatore a fascio tubiero
	Scambiatore a piastre
	Serbatoio di accumulo (3000 l)
	Serbatoio di accumulo (3000 l) con scambiatore di calore a fascio tubiero
	Caldaia a gasolio
	Pannelli solari
	Acqua
	Segnale elettrico
	Segnale pneumatico

Legenda:	
Simbolo	Componente
	Sonda controllo temperatura
	Sonda indicatore temperatura
	Sonda di livello
	Sonda indicatore pressione
	Termostato di altissima temperatura
	Pressostato di altissima pressione
	Contatore acqua
	Centralina controllo qualità acqua
	Centralina dosatrice cloro
	Centralina dosatrice flocculante
	Centralina dosatrice bisolfito
	Centralina controfiltraggio
	Centralina di comando
	Stazione raccolta dati
	Scarico in fognatura
	Scarico libero non collegato a tubazioni, normalmente chiuso

# Pianta e sezione della piscina:



# Gestione attuale:

Riempimento della piscina 4 giorni prima dell'apertura al pubblico a metà maggio e caldaia in funzione quando la temperatura dell'acqua scende sotto i 25 °C.

Consumo: 1500 litri di gasolio

Costo: 2200 €

# Comportamento attuale:

Consumo annuo (globale delle due piscine e delle docce): **11000 litri** di gasolio

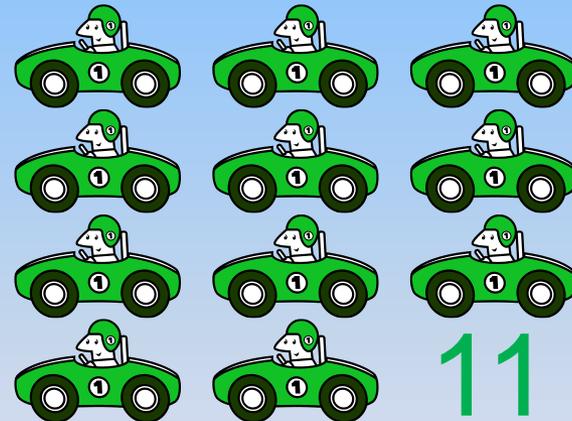
Costo totale: **16000 €**



15000 km/anno

**1000 litri** di gasolio

**1200 €**



**E' possibile risparmiare senza affrontare costose sostituzioni degli impianti?**

# Stazione Meteorologica Davis Vantage Pro 2

## Dati misurati:

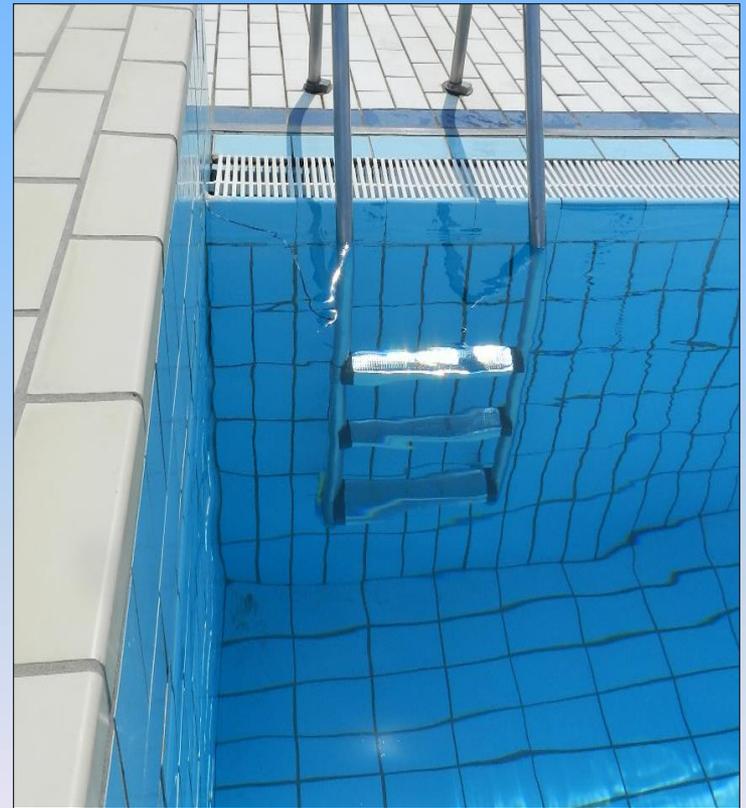
- temperatura ambientale;
- precipitazioni;
- temperatura di rugiada;
- umidità relativa;
- pressione atmosferica;
- radiazione solare;
- velocità e direzione del vento.



# Misura della temperatura della piscina:

## Sonde temperatura:

- in piscina;
- nella vasca di compenso;



# Misura della temperatura della piscina:

## Sonde temperatura:

- immissione dal ricircolo;
- in arrivo dall'acquedotto.



# Modello di simulazione:



- Acquisizione ed elaborazione dei dati ambientali;



- Calibrazione del modello di simulazione (in funzione delle caratteristiche idrauliche dell'impianto);



- Stima delle perdite energetiche dell'acqua in vasca;



- Simulazione del comportamento termico della piscina.

# Elaborazione dei Dati Ambientali:

(4)

**Apporto solare**

$$\dot{Q}_{sol} = \alpha \cdot A_p \cdot G \text{ [W]}$$

**Perdite per convezione**

$$\dot{Q}_{conv} = (3,1 + 4,1 \cdot v) \cdot A_p \cdot (T_p - T_a) \text{ [W]}$$

**Perdite per evaporazione**

$$\dot{Q}_{evap} = A_p \cdot h_{ev} \cdot [P_{vsat}(T_p) - P_{vamb}(T_a)] \text{ [W]}$$

**Perdite per radiazione**

$$\dot{Q}_{rad} = A_p \cdot \varepsilon_a \cdot \sigma \cdot (T_p^4 - T_{sky}^4) \text{ [W]}$$

**Perdite per apporti  
esterni o ricambio d'acqua**

$$\dot{Q}_{est} = \rho_a \cdot c_a \cdot v_i \cdot \frac{(T_i - T_p)}{dt} \text{ [W]}$$

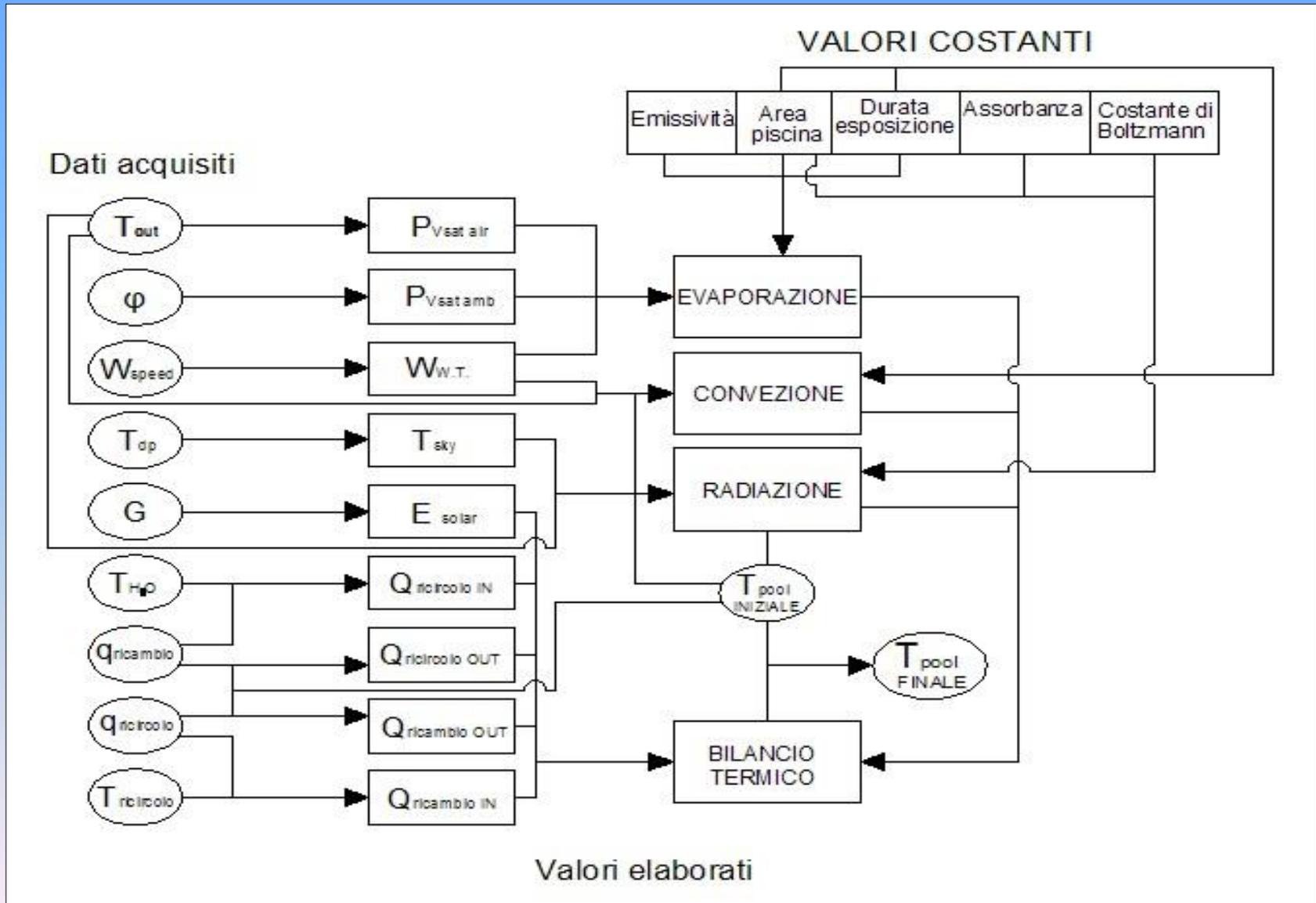
**Perdite totali**

$$\dot{Q}_{perd} = \dot{Q}_{evap} + \dot{Q}_{rad} + \dot{Q}_{conv} + \dot{Q}_{cond}$$

**Stima della variazione di  
temperatura dell'acqua**

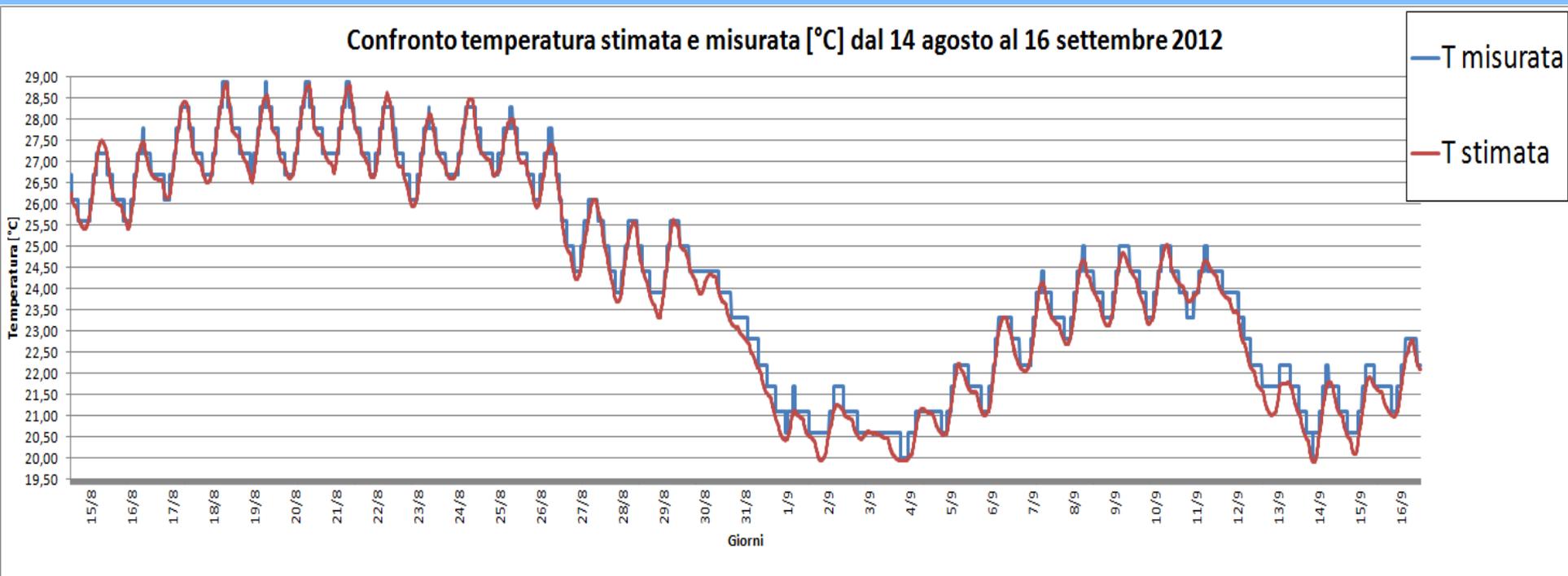
$$c_a \cdot \rho_a \cdot V_p \cdot \frac{dT_p}{dt} = \dot{Q}_p = \dot{Q}_{est} + \dot{Q}_{sol} - \dot{Q}_{perd}$$

# Modello di simulazione:



# Modello di simulazione:

## Confronto tra temperatura rilevata e simulata:



# Risultati del modello di simulazione:

Conferma dell'attendibilità del modello di simulazione (massima differenza nel periodo di simulazione di circa 0,6 °C).

Possibilità di poter valutare realmente l'efficacia di interventi migliorativi.

# Criticità riscontrate:

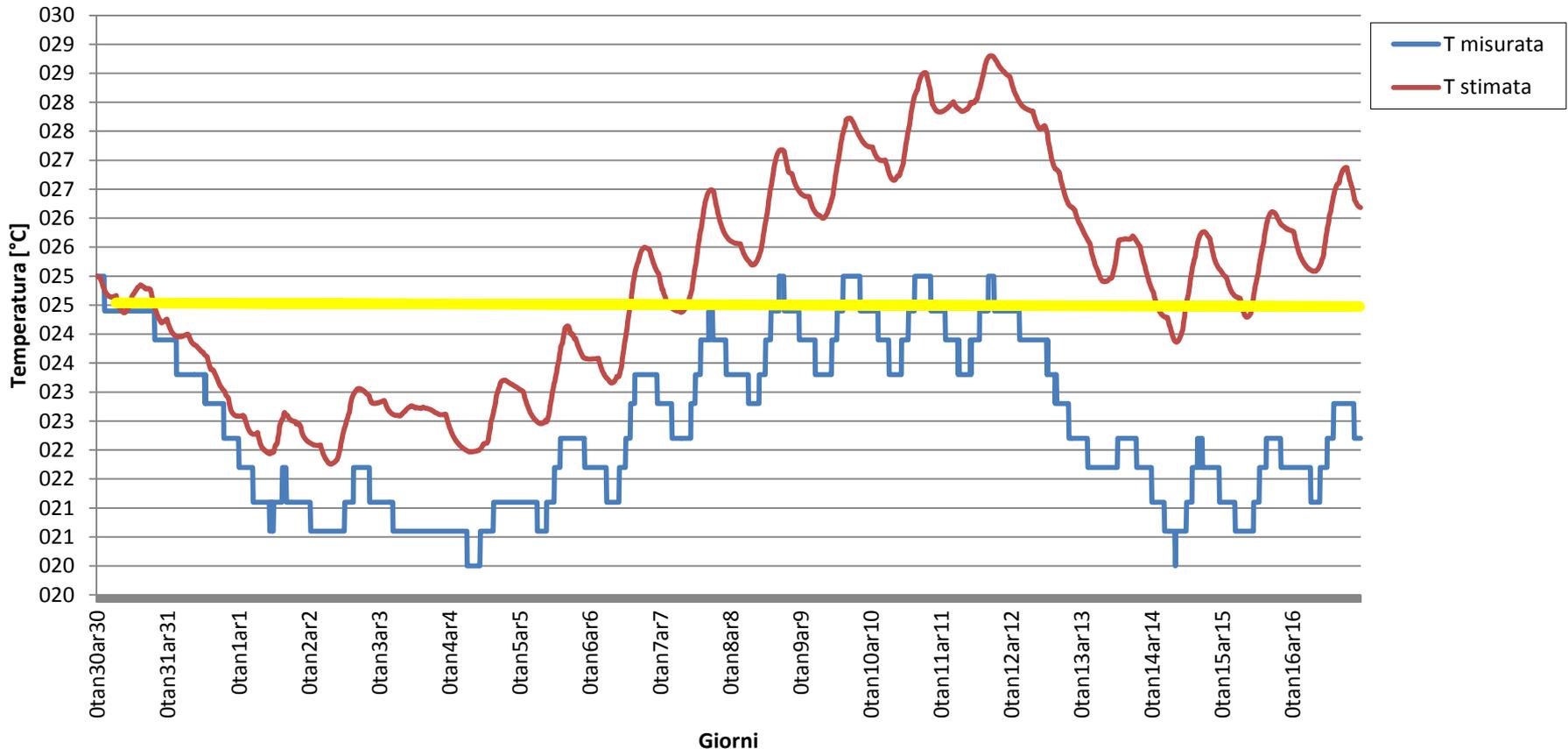
1. Impianto solare termico sottodimensionato;
2. Caldaia a gasolio energivora;
3. Funzionamento non ottimale della vasca di compenso;
4. Elevata esposizione al vento e conseguente dispersione termica localizzata nelle ore notturne.

# Possibili interventi di miglioramento:

1. Preriscaldamento dell'acqua utilizzando un serbatoio esistente e adiacente alla vasca;
- 2 . Revisioni della funzionalità della vasca di compenso;
3. Copertura della vasca durante la chiusura.

# Simulazione con copertura selettiva (applicata dalle 22 alle 8)

**Confronto tra temperatura stimata e temperatura misurata [°C] dal 30 agosto al 16 settembre 2012**



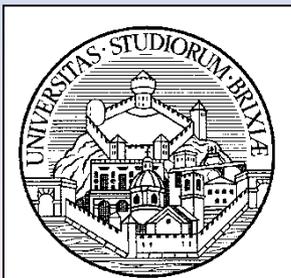
# CONCLUSIONI:

PROLUNGAMENTO DELLA FRUIBILITÀ  
DELL'IMPIANTO

INTERVENTI NON INVASIVI E PIÙ EFFICIENTI  
RISPETTO AL RISCALDAMENTO  
TRADIZIONALE

RISPARMIO ECONOMICO IMMEDIATO  
CON RIENTRO DELL'INVESTIMENTO  
ENTRO 2/3 ANNI.

## **GRAZIE PER L'ATTENZIONE**



**alessandro.muraca@unibs.it**

**federico.laini@unibs.it**