



LATERIZIO
SAIE 2022 *Italiano*

**Incontri sul LATERIZIO che piace:
bello, sostenibile e inclusivo!**

promossi da



RISPARMIARE ENERGIA SIA IN ESTATE CHE D'INVERNO

**Normative e metodi di calcolo per il raffrescamento e riscaldamento
degli edifici**

Prof.Ing. Costanzo Di Perna – Università Politecnica delle Marche

PhD.Ing. Serena Summa – Università Politecnica delle Marche



RISPARMIO ENERGETICO e COMFORT



RISPARMIO ENERGETICO E COMFORT VANNO DI PARI PASSO.

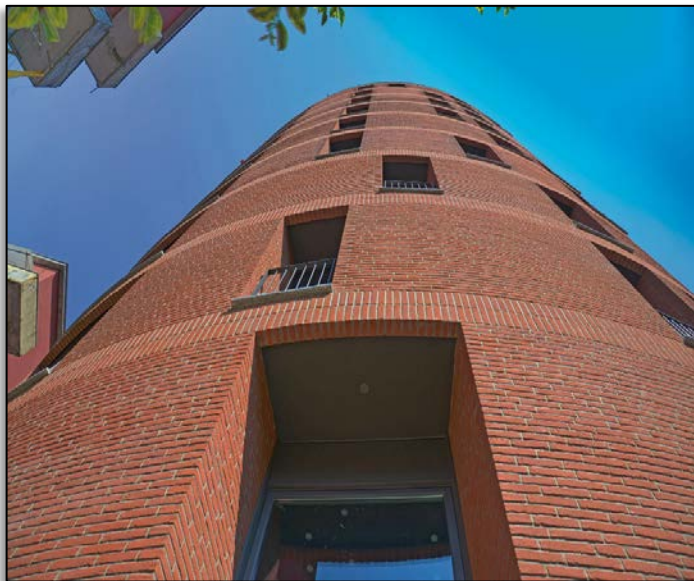


Normative e metodi di calcolo per il raffrescamento e riscaldamento degli edifici

Prof. Ing. Costanzo Di Perna - Ph.D. Ing. Serena Summa



COMPORTAMENTO INVERNALE



COMPORTAMENTO ESTIVO



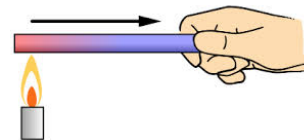
Parametri che influenzano il raffrescamento e riscaldamento degli edifici (1)

λ



Conducibilità termica [W/(m·K)]:

Esprime l'attitudine di un materiale a condurre il calore.



ρc_p



Capacità termica specifica:

Esprime l'attitudine di un materiale ad accumulare energia termica.

c_p [J/(kg·K)] la esprime per unità di massa;

ρc_p [J/(m³·K)] la esprime per unità di volume.



Parametri che influenzano il raffrescamento e riscaldamento degli edifici (2)

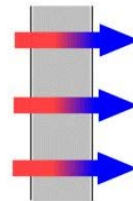
α



Diffusività termica [m²/s]:

Un alto valore di diffusività termica indica una veloce propagazione del calore, mentre un valore basso indica che il calore è prevalentemente accumulato.

$$\alpha = \frac{\lambda}{\rho c_p} = \frac{\text{calore trasmesso per conduzione}}{\text{calore immagazzinato}} = \text{diffusività termica}$$



La diffusività termica è importante nello studio della conduzione termica in regime variabile nel tempo.

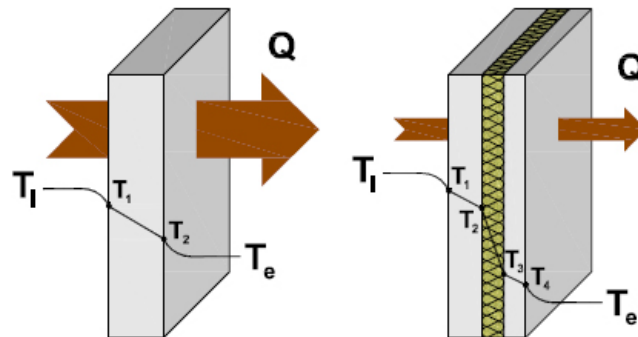
Parametri che influenzano il raffrescamento e riscaldamento degli edifici (3)

U  **Trasmittanza termica** $[W/(m^2 \cdot K)]$:
 Parametro più importante.

$$U = \frac{1}{R_T} = \frac{1}{R_{si} + \sum_{i=1}^n \frac{s_n}{\lambda_n} + R_{se}}$$

R_{si} : Resistenza superficiale interna

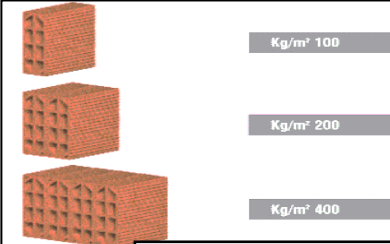
R_{se} : Resistenza superficiale esterna



Normative e metodi di calcolo per il raffrescamento e riscaldamento degli edifici

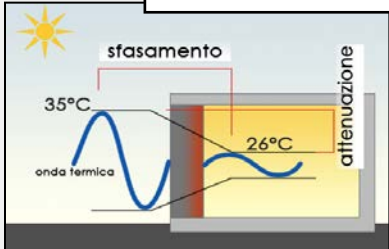
Prof. Ing. Costanzo Di Perna - Ph.D. Ing. Serena Summa

Parametri che influenzano il raffrescamento e riscaldamento degli edifici (4)



Massa superficiale
[kg/m²]

SEMPLICI DA COMPRENDERE



Sfasamento [h]
Attenuazione [°C]



Trasmittanza termica periodica
[W/m²K]

DIFFICILE DA ANALIZZARE

BUONI RISULTATI DA UN PUNTO DI
VISTA DEL FABBISOGNO

MA PER IL COMFORT?

NORMATIVE (1)

NORMA
EUROPEA

Prestazione energetica degli edifici - Ventilazione per gli edifici - Parte 1: Parametri di ingresso dell'ambiente interno per la progettazione e la valutazione della prestazione energetica degli edifici in relazione alla qualità dell'aria interna, all'ambiente termico, all'illuminazione e all'acustica - Modulo M1-6

UNI EN 16798-1

GIUGNO 2019

Principale riferimento normativo per residenziale e terziario:

**Qualità
dell'ambiente
interno (IEQ)**

• **Comfort termico**



Intervallo di valori accettabili della temperatura operativa

• **Qualità dell'aria**



Portate d'aria di progetto per un sistema di ventilazione ($\geq 14.4 \text{ m}^3/\text{h}$ a pers.)

• **Illuminazione**



Livelli di illuminazione in funzione delle attività svolte e della luce solare

• **Acustica**



Livello di pressione sonora equivalente normalizzata e tempo di riverbero

Normative e metodi di calcolo per il raffrescamento e riscaldamento degli edifici

Prof. Ing. Costanzo Di Perna - Ph.D. Ing. Serena Summa

NORMATIVE (2)

Prestazioni energetiche degli edifici

Parte 1: Determinazione del fabbisogno di energia termica dell'edificio per la climatizzazione estiva ed invernale

UNI/TS 11300-1



OTTOBRE 2014

+

Riscaldamento e raffrescamento degli edifici - Dati climatici
- Parte 1: Medie mensili per la valutazione della prestazione termo-energetica dell'edificio e metodi per ripartire l'irradianza solare nella frazione diretta e diffusa e per calcolare l'irradianza solare su di una superficie inclinata

UNI 10349-1



MARZO 2016

Il metodo di calcolo (UNI/TS 11300) prevede un calcolo semi-stazionario che comporta notevole approssimazione relativa al passo temporale scelto (1 mese). L'approssimazione diventa rilevante per impianti che necessitano di valutazioni orarie, come ad esempio impianti a pompa di calore, in cui è più opportuno utilizzare metodi dinamici con passo temporale almeno di un'ora.

Normative e metodi di calcolo per il raffrescamento e riscaldamento degli edifici

Prof. Ing. Costanzo Di Perna - Ph.D. Ing. Serena Summa

NORMATIVE (3)

Prestazione energetica degli edifici - Fabbisogni energetici per riscaldamento e raffrescamento, temperature interne e carichi termici sensibili e latenti - Parte 1: Procedure di calcolo



UNI EN ISO
52016-1

MARZO 2018

+ Prestazione energetica degli edifici - Condizioni climatiche esterne - Parte 1: Conversione dei dati climatici per i calcoli energetici



UNI EN ISO
52010-1

MARZO 2018

NOVITA'

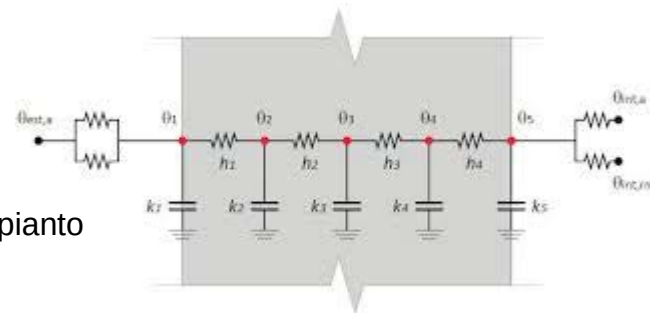
- Calcolo orario dinamico del fabbisogni di energia (sensibili e latenti)
- Calcolo della temperatura dell'aria, media radiante e operativa di ogni ztc

VANTAGGI

- Migliora la previsione del comportamento estivo dell'edificio
- Utile per individuare la potenza di picco dell'edificio per dimensionare l'impianto
- Possibilità di inserire profili di utenza e utilizzo
- Dati da inserire in input invariati rispetto al metodo mensile

SVANTAGGI

- Maggior tempo per l'elaborazione del calcolo



Normative e metodi di calcolo per il raffrescamento e riscaldamento degli edifici

Prof. Ing. Costanzo Di Perna - Ph.D. Ing. Serena Summa

NORMATIVE (3)

Prestazione energetica degli edifici - Fabbisogni energetici per riscaldamento e raffrescamento, temperature interne e carichi termici sensibili e latenti
- Parte 1: Procedure di calcolo



UNI EN ISO
52016-1

MARZO 2018

+
Prestazione energetica degli edifici - Condizioni climatiche esterne - Parte 1: Conversione dei dati climatici per i calcoli energetici



UNI EN ISO
52010-1

MARZO 2018

SVANTAGGI

- Maggior tempo per l'elaborazione del calcolo

PERCHÉ?



M. MENSILE
(UNI/TS 11300)



1 equazione di bilancio termico sull'aria al mese =
12 equazioni

M. ORARIO DINAMICO
(UNI EN ISO 52016
Allegato Europeo)

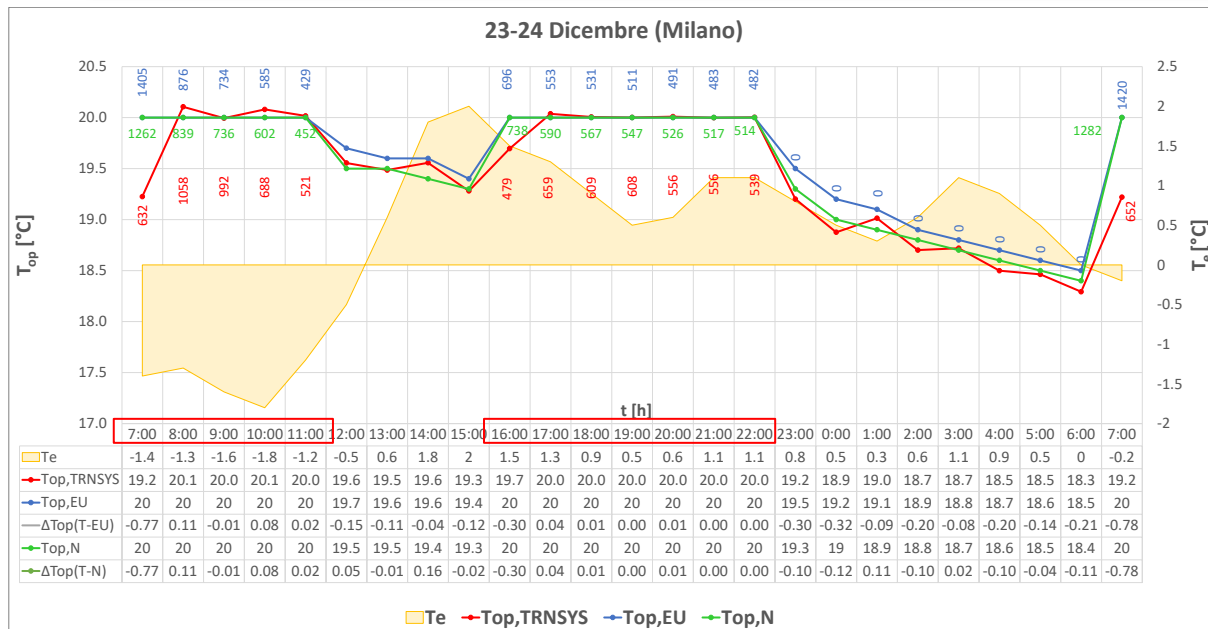


1 equazione di bilancio termico sull'aria +
5 x n° di superfici opache della ztc (6) +
2 x n° di superfici vetrate della ztc (1) =
33 equazioni x 8760 ore = 289 080 equazioni

SIMULAZIONE DINAMICA (BES: Building Energy Simulation)



Metodi Dinamici: Valutazione della Temperatura Operativa



Metodi di calcolo utilizzati:

1. TRNSYS
2. UNI EN ISO 52016-1
Allegato Europeo
3. UNI EN ISO 52016-1
Allegato Nazionale

- Ora di accensione dell'impianto
- Tempo di caduta della temperatura ad impianto spento
- Tempo di ripresa della temperatura
- Potenza necessaria all'impianto a mantenere il set-point

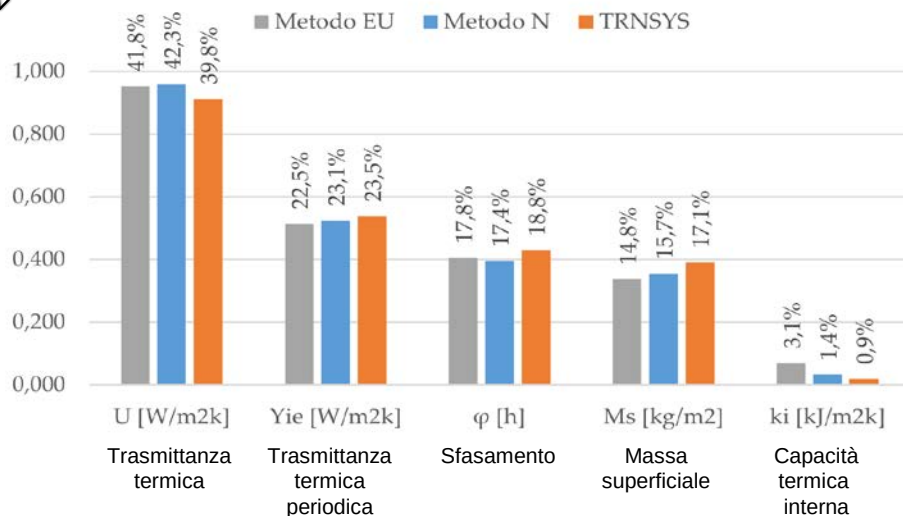
Normative e metodi di calcolo per il raffrescamento e riscaldamento degli edifici

Prof. Ing. Costanza Di Perna - Ph.D. Ing. Serena Summa

Analisi dei Pesi dei Parametri Termo-Fisici sui Fabbisogni di Energia

Studio
internazionale

VALORI MEDI - INVERNO



Metodi di calcolo utilizzati:

1. TRNSYS
2. UNI EN ISO 52016-1 Allegato Europeo
3. UNI EN ISO 52016-1 Allegato Nazionale

Il parametro termo-fisico con il maggior peso sui fabbisogni di energia è la **trasmittanza termica**.

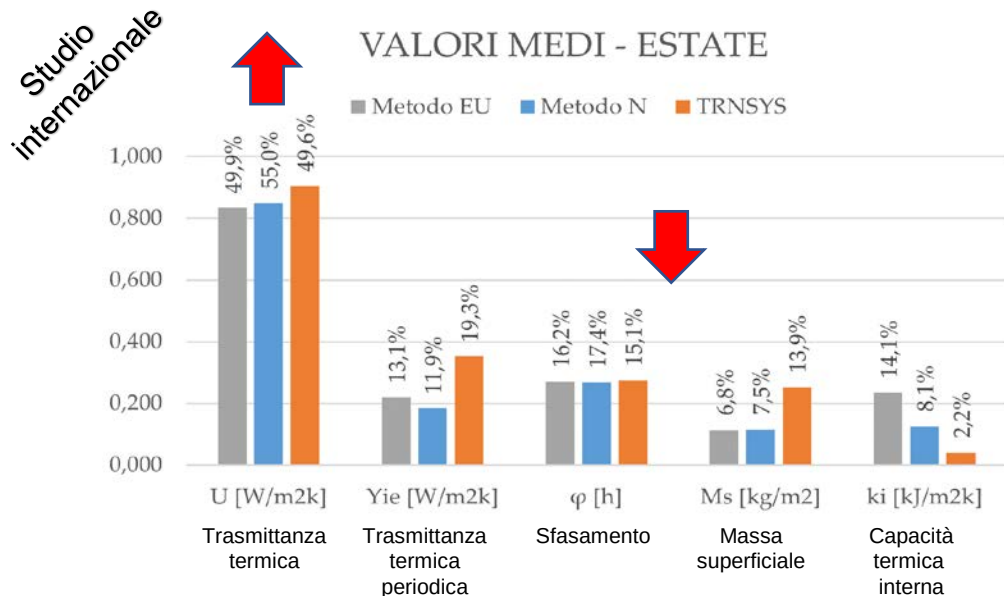
Gli altri parametri, tra cui massa superficiale e capacità termica interna, hanno un ruolo marginale.

C. Di Perna, S. Summa, G. Remia. Comparative and Sensitivity Analysis of Numerical Methods for the Discretization of Opaque Structures and Parameters of Glass Components for EN ISO 52016-1. Energies, 2022

Normative e metodi di calcolo per il raffrescamento e riscaldamento degli edifici

Prof. Ing. Costanzo Di Perna - Ph.D. Ing. Serena Summa

Analisi dei Pesi dei Parametri Termo-Fisici sui Fabbisogni di Energia



Metodi di calcolo utilizzati:

1. TRNSYS
2. UNI EN ISO 52016-1 Allegato Europeo
3. UNI EN ISO 52016-1 Allegato Nazionale

Il parametro termo-fisico con il maggior peso sui fabbisogni di energia è la **trasmittanza termica**.

Gli altri parametri, tra cui massa superficiale e capacità termica interna, hanno un ruolo marginale.

C. Di Perna, S. Summa, G. Remia. Comparative and Sensitivity Analysis of Numerical Methods for the Discretization of Opaque Structures and Parameters of Glass Components for EN ISO 52016-1. Energies, 2022

Normative e metodi di calcolo per il raffrescamento e riscaldamento degli edifici

Prof. Ing. Costanzo Di Perna - Ph.D. Ing. Serena Summa

I metodi dinamici (dai più ai meno complessi) descrivono perfettamente la realtà?

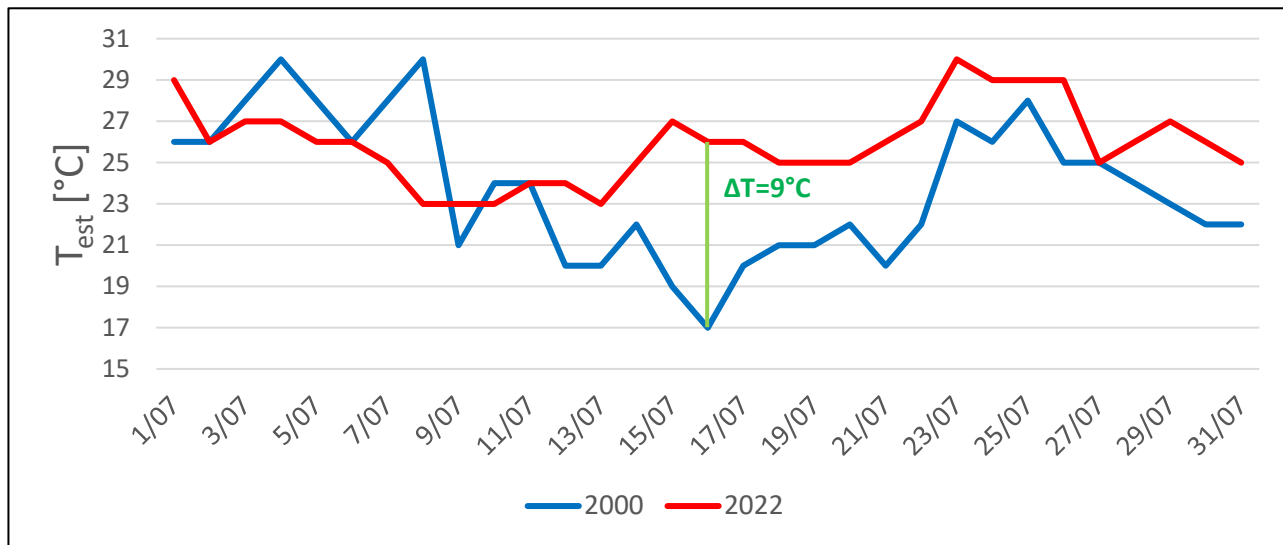
No!



**La maggiore problematica dei metodi dinamici è che vanno in CRISI
per edifici con elevata INERZIA TERMICA.**

Vantaggi delle Strutture Massive sul Comfort Termico in Fase Estiva Una sperimentazione condotta nell'estate caldissima 2022

Studio
sperimentale



Andamento della temperatura media esterna registrata nell'anno
2000 e 2022

Normative e metodi di calcolo per il raffrescamento e riscaldamento degli edifici
Prof. Ing. Costanzo Di Perna - Ph.D. Ing. Serena Summa

Pareti Esterne Utilizzate

Struttura	Spessore	U	M _s	Y _{IE}	f _a	φ	k _i
[-]	[m]	[W/m ² K]	[kg/m ²]	[W/m ² K]	[-]	[-]	[kJ/m ² K]
Massiva	0.49	0.192	445.50	0.001	0.004	31.08	45.43
Leggera	0.30	0.144	85.10	0.072	0.503	9.48	25.85

Caratteristiche blocco utilizzato

Conducibilità termica λ _{10,dry}	Densità ρ	Coeff. di Diffusione del Vapore μ
[W/mK]	[kg/m ³]	[-]
0.09	830	5/10



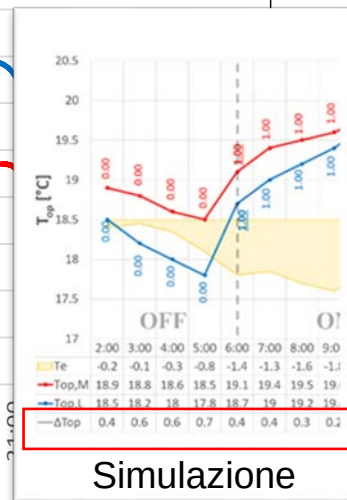
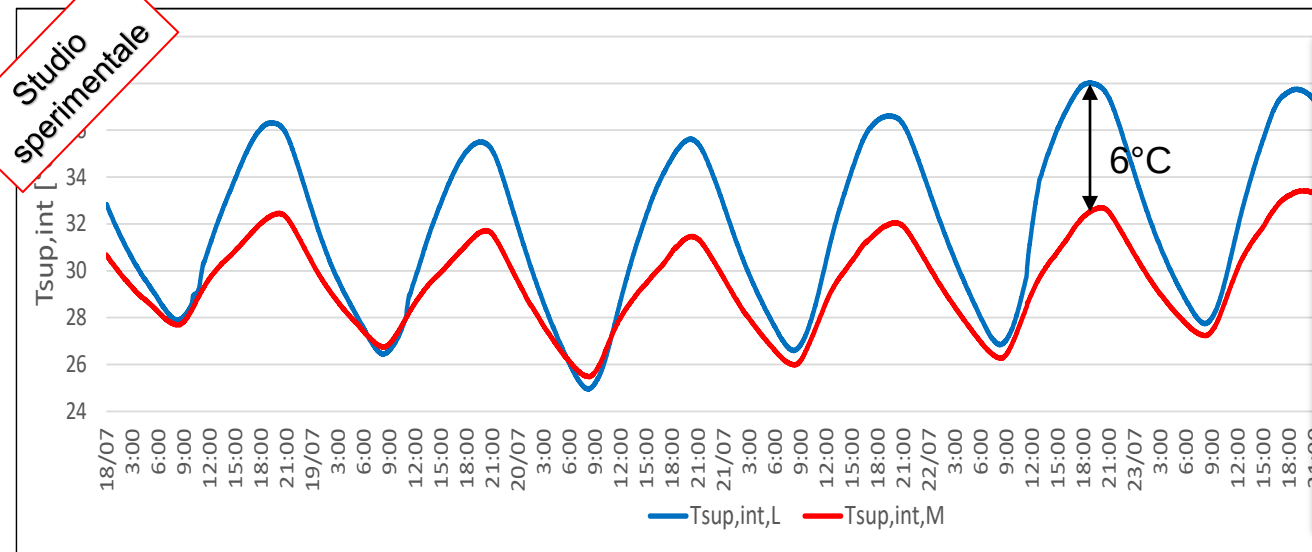
Massiva

Leggera

Normative e metodi di calcolo per il raffrescamento e riscaldamento degli edifici

Prof. Ing. Costanzo Di Perna - Ph.D. Ing. Serena Summa

Andamento della Temperatura Superficiale Interna



Andamento della temperatura superficiale interna della struttura leggera (L) e della struttura massiva (M) nel periodo 18-24 luglio

Normative e metodi di calcolo per il raffrescamento e riscaldamento degli edifici
Prof. Ing. Costanza Di Perna - Ph.D. Ing. Serena Summa

Conclusione

Sebbene regolamentare il settore dell'energia permetta in modo semplice ed economico di verificare i requisiti minimi di prestazione energetica degli edifici e quindi diminuire i consumi e i costi di riscaldamento e raffrescamento, spetta ai tecnici progettare in maniera consapevole, conoscendo e comprendendo le problematiche esistenti.

Grazie per l'attenzione!