



UNIVERSITÀ  
DEGLI STUDI  
FIRENZE

**DIDA**  
DIPARTIMENTO DI  
ARCHITETTURA



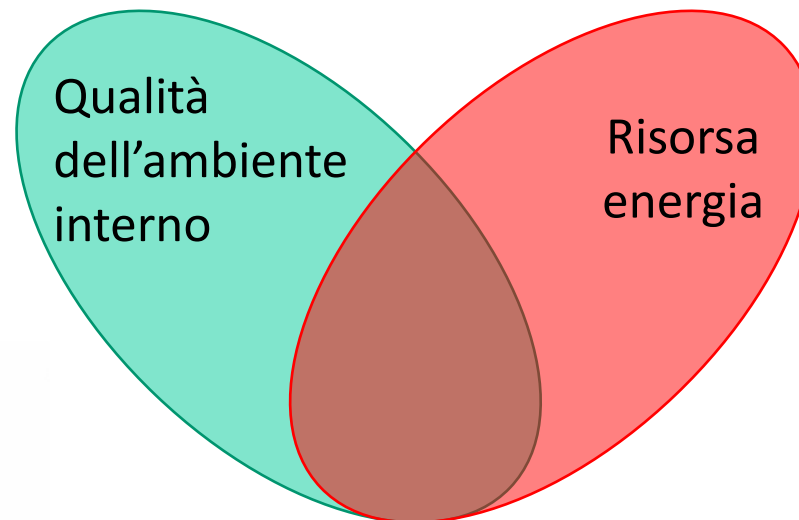
# Qualità dell'ambiente interno, Risorsa energia e Componente umana: una sfida anche per le Università

**Fabio Sciarpi**

Referente RUS – Gruppo di Lavoro Energia  
Laboratorio di Fisica Ambientale per la Qualità Edilizia  
Dipartimento di Architettura (DIDA)  
Università degli Studi di Firenze

Gli edifici esistenti sono fra le principali cause di emissioni in atmosfera di gas climalteranti, a causa della loro scarsa efficienza dal punto di vista energetico (RAPPORTO ANNUALE EFFICIENZA ENERGETICA - ENEA).

È importante quindi che qualsiasi intervento che preveda la riqualificazione degli edifici esistenti, così come la realizzazione di nuovi, venga attuato tenendo in considerazione due aspetti fondamentali: la qualità dell'ambiente interno, finalizzata alla massimizzazione del comfort degli occupanti, e l'uso delle risorse, in particolare della risorsa energia, finalizzato alla riduzione dei consumi energetici.



La Qualità dell'ambiente interno (IEQ) è un aspetto fondamentale ed è uno degli obiettivi dell'Agenda 2030, ed è caratterizzato da 4 aspetti:



La sensazione di *comfort termico* di un individuo all'interno di un ambiente è influenzata da diversi parametri:

**parametri riferiti all'individuo**  
(utenza)

**parametri riferiti all'ambiente**  
(progettista involucro e impianto)



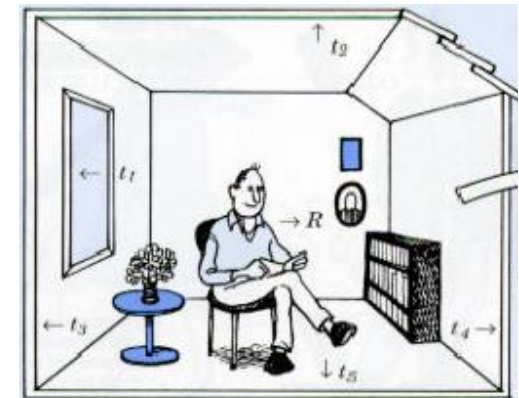
**attività fisica e abbigliamento**  
( $M \cong 1,2 \text{ Met} = 70 \text{ W/m}^2$ ) ( $0,5 < I_{cl} < 1,0$ )

Tipo di abbigliamento	Resistenza termica [clo]
Vestiario leggero estivo	0.5
Vestiario leggero da lavoro	0.7
Vestiario invernale da interno	1.0

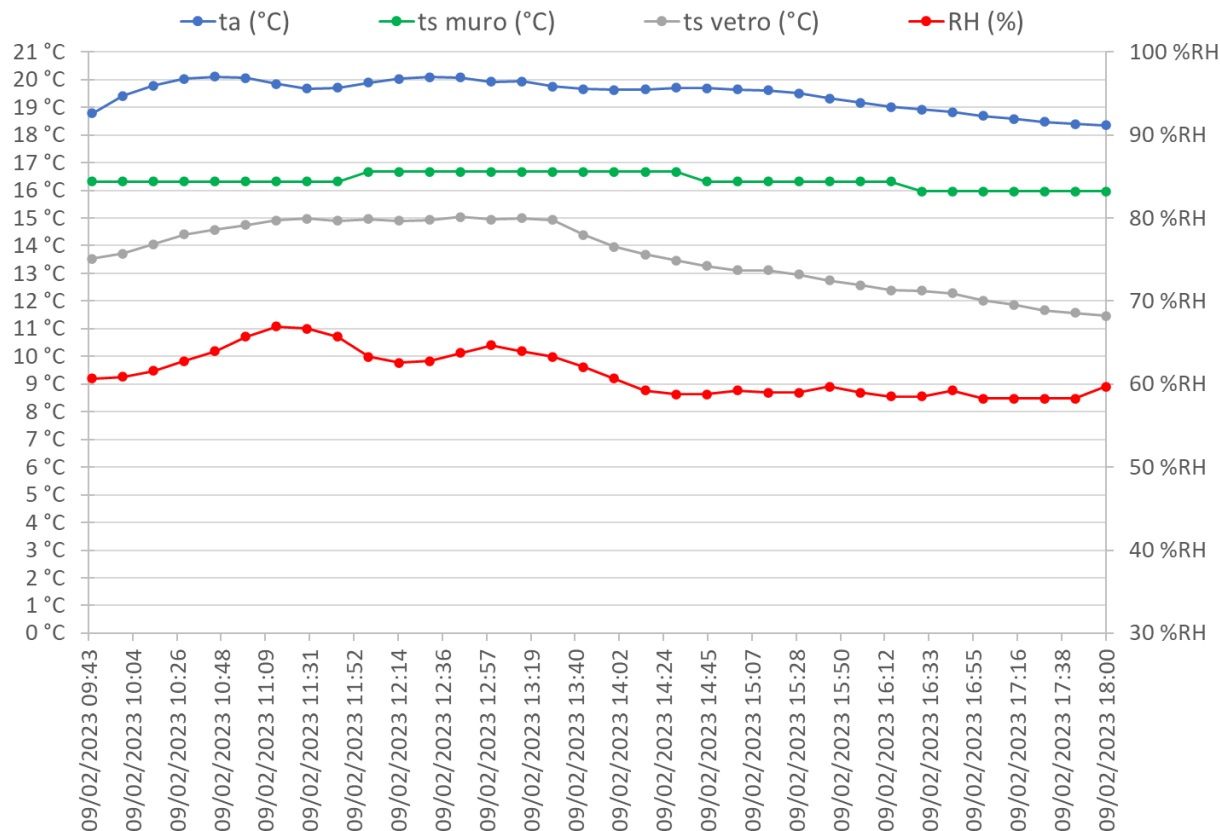
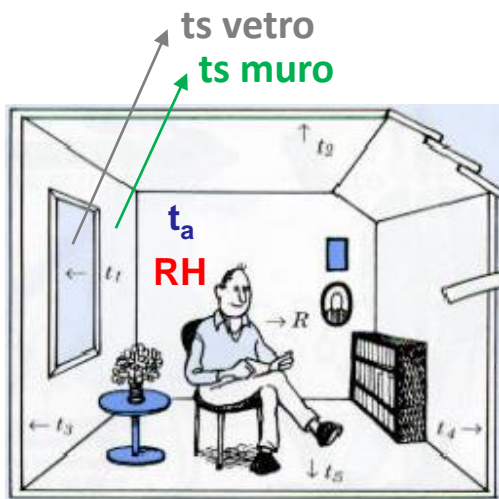
- temperatura dell'aria  $t_a$
- temperatura media radiante  $t_{mr}$
- temperatura operativa  $t_o$
- velocità dell'aria  $v_{ar}$
- umidità relativa dell'aria RH



Attività	Energia metabolica	
	W/m <sup>2</sup>	met
Disteso	46	0,8
Seduto, rilassato	58	1,0
Attività sedentaria (ufficio, casa, scuola, laboratorio)	70	1,2
Attività leggera in piedi (compere, laboratorio, industria leggera)	93	1,6
Attività media in piedi (commesso, lavori domestici, lavori a macchina)	116	2,0

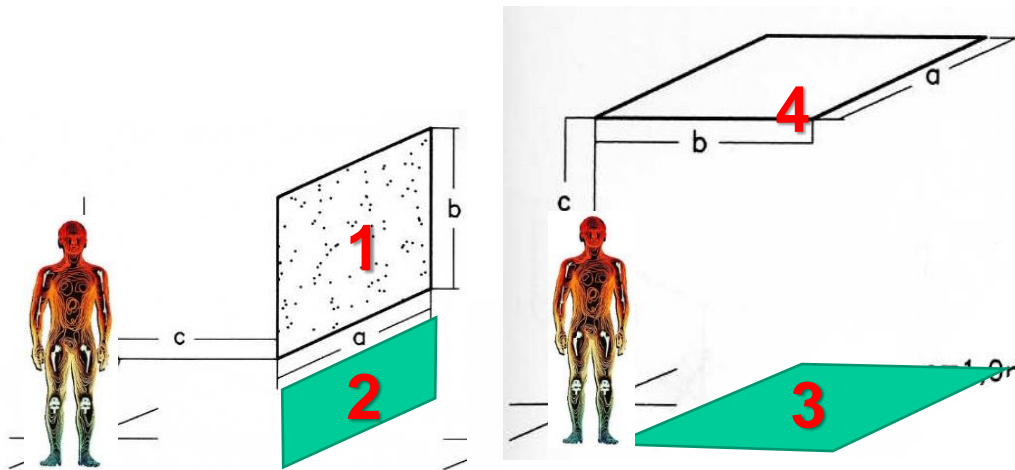
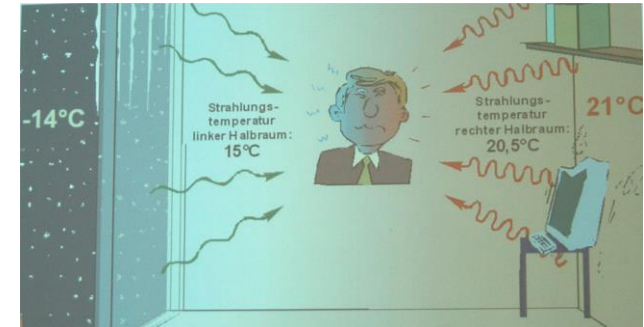


Poiché le persone scambiano calore con l'ambiente per convezione e irraggiamento, è importante, sia in inverno che in estate, il valore della  $t_o$ . A parità di  $t_o = (t_a + t_{mr})/2$  una  $t_{mr}$  più elevata consente di mantenere la  $t_a$  più bassa, con conseguente risparmio energetico; analogamente avviene in estate con superfici fredde.

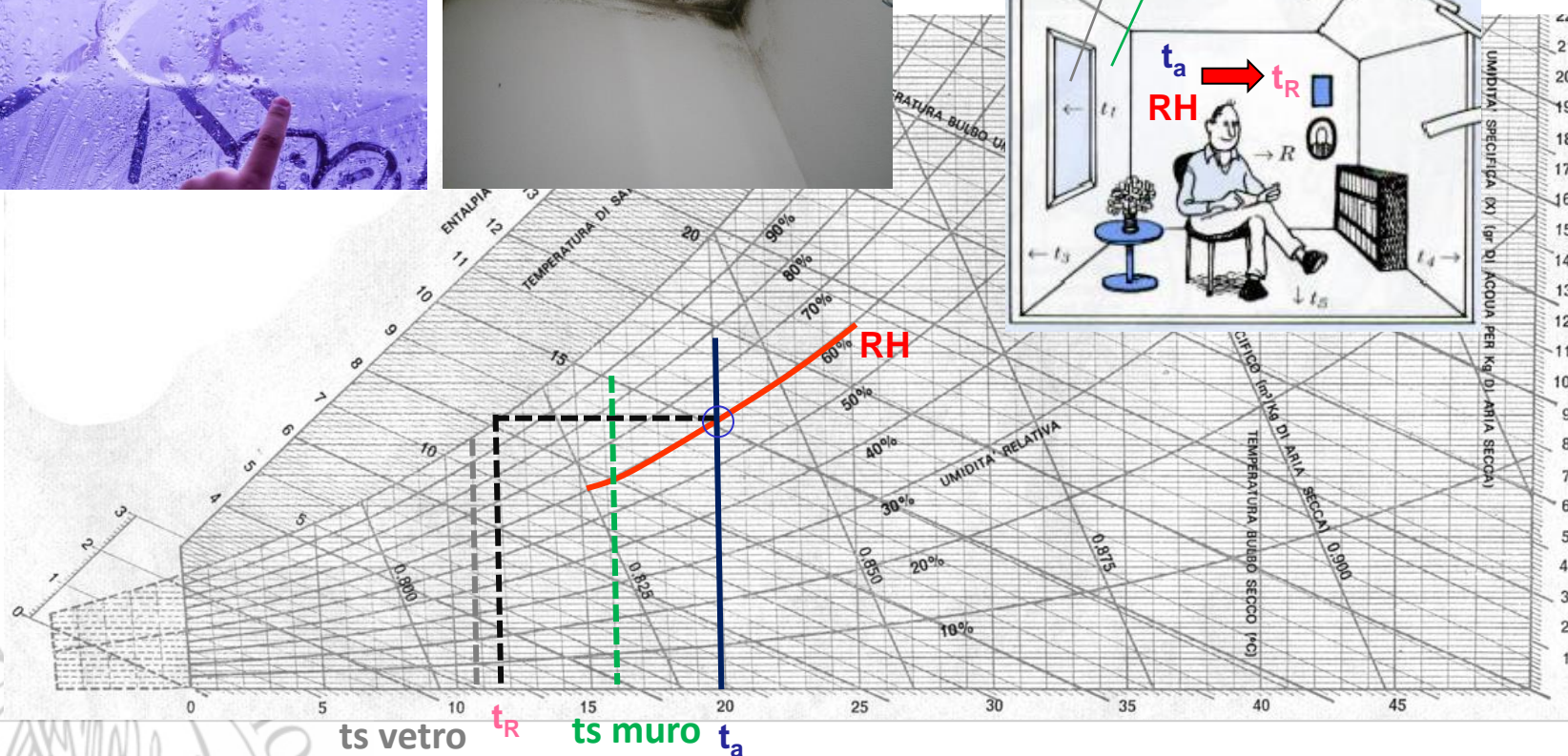
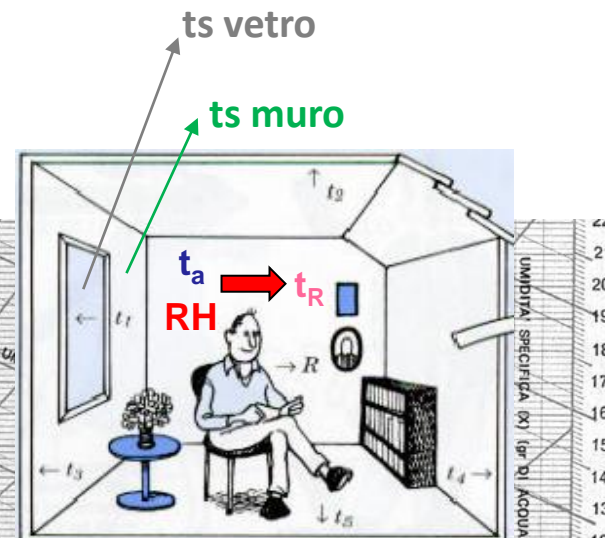


Le superfici con le quali le persone scambiano maggiori quantità di calore sono nell'ordine le pareti (1 e 2), il pavimento (3) ed in misura minore il soffitto (4); gli individui scambiano in assoluto maggiori quantità di calore con la parte superiore delle superfici verticali di solito occupata dalle finestre (1), anche per effetto della distribuzione della temperatura corporea.

Ampie superfici vetrate poco isolate aventi temperature superficiali basse abbassano la temperatura media radiante.

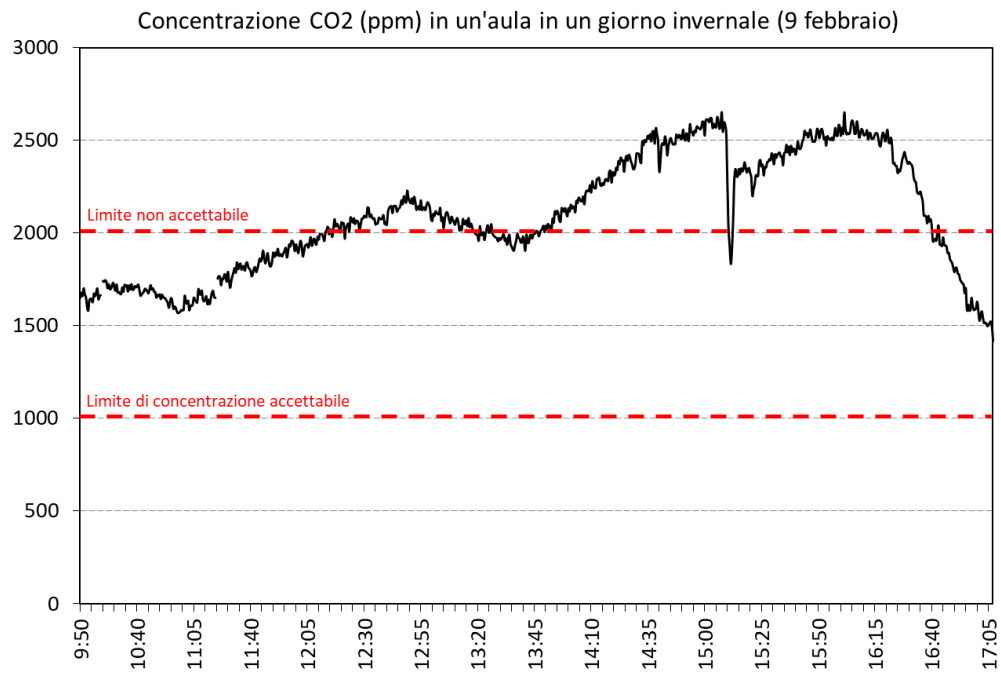


La presenza di ponti termici e lo scarso isolamento termico possono comportare temperature superficiali ( $t_s$ ) al di sotto della temperatura di rugiada dell'aria ( $t_R$ ) e quindi la formazione di condensa del vapore presente nell'aria.



La *qualità dell'aria interna* (Indoor Air Quality - IAQ) si riferisce all'aria che si respira all'interno degli ambienti confinati.

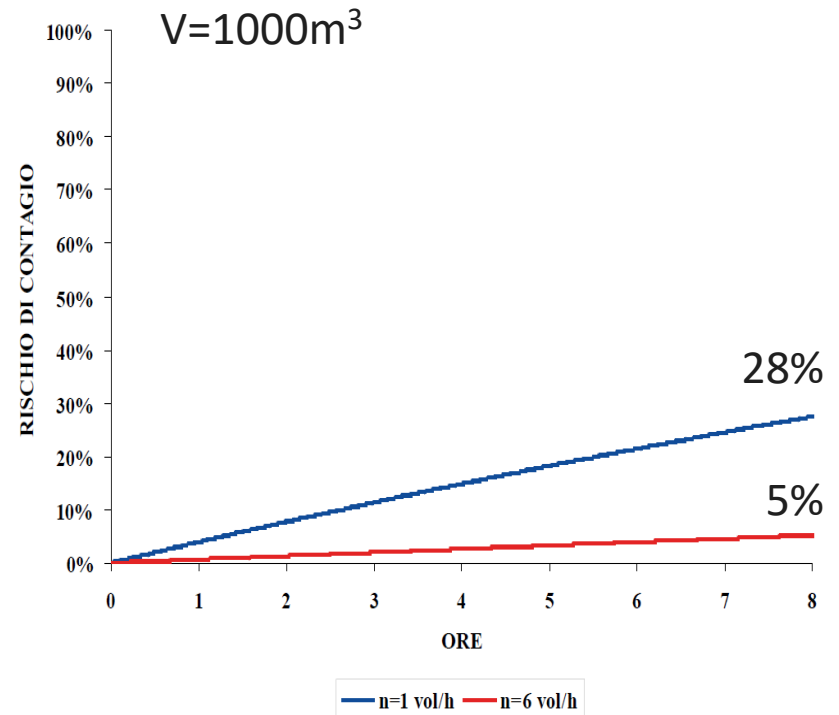
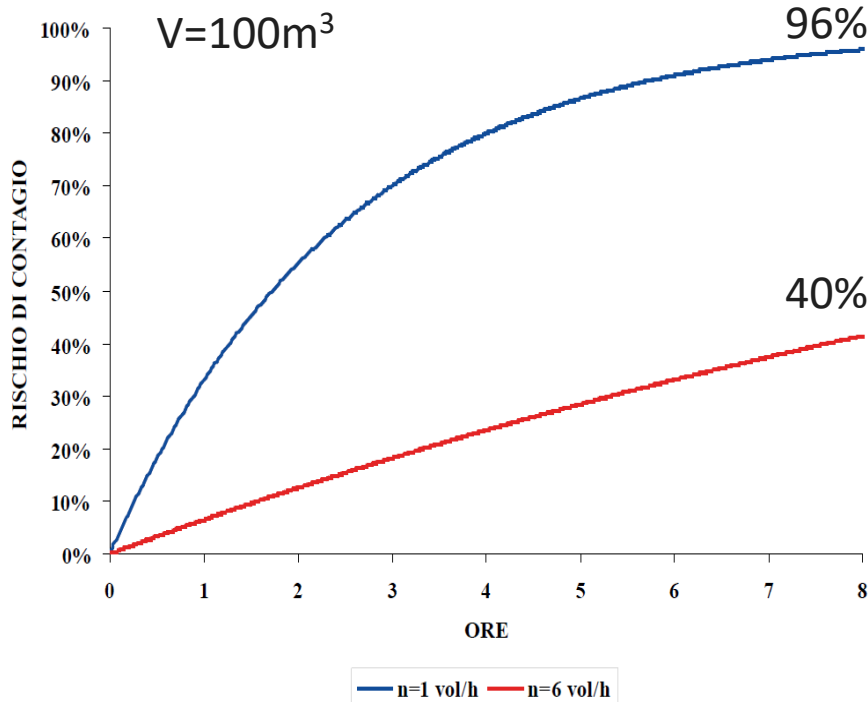
In assenza di adeguata ventilazione, sostanze inquinanti provenienti sia dall'esterno che dall'interno dell'ambiente (occupanti, materiali, prodotti, impianti, ecc.) possono alterare la salubrità dell'aria interna, rendendola dannosa per la salute e/o il benessere delle persone.





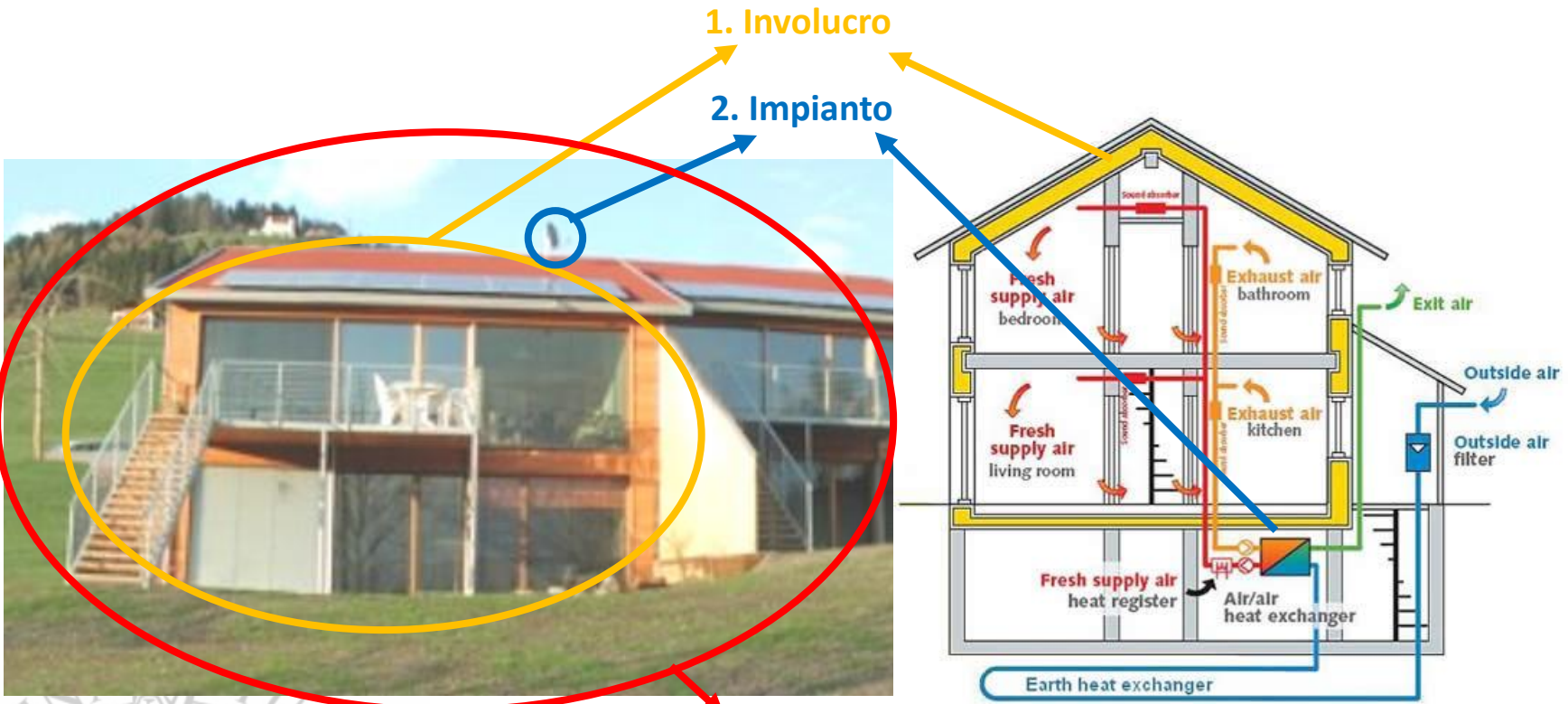
La ventilazione degli ambienti con aria esterna svolge un ruolo fondamentale nel garantire una buona qualità dell'aria interna, diluendo la concentrazione delle sostanze nocive prodotte da fonti interne ed eliminando anche il vapore acqueo in eccesso.

*Andamento nel tempo del rischio di contagio in ambiente confinato nelle 8 ore di permanenza di una persona infetta, in funzione del volume e del tasso di ventilazione  $n$  ( $n=1\text{vol/h}$  impianti ad aria primaria;  $n=6\text{vol/h}$  impianti a tutt'aria).*



Vio M. 2020. Gli impianti di climatizzazione e il rischio di contagio: ipotesi sul SARS-CoV2-19 partendo dal caso della comune influenza, AiCARR Journal N. 61.

L'uso efficiente della risorsa energia è strettamente legato ai due componenti che definiscono il sistema termodinamico edificio – impianto: *l'involucro* e *l'impianto*.



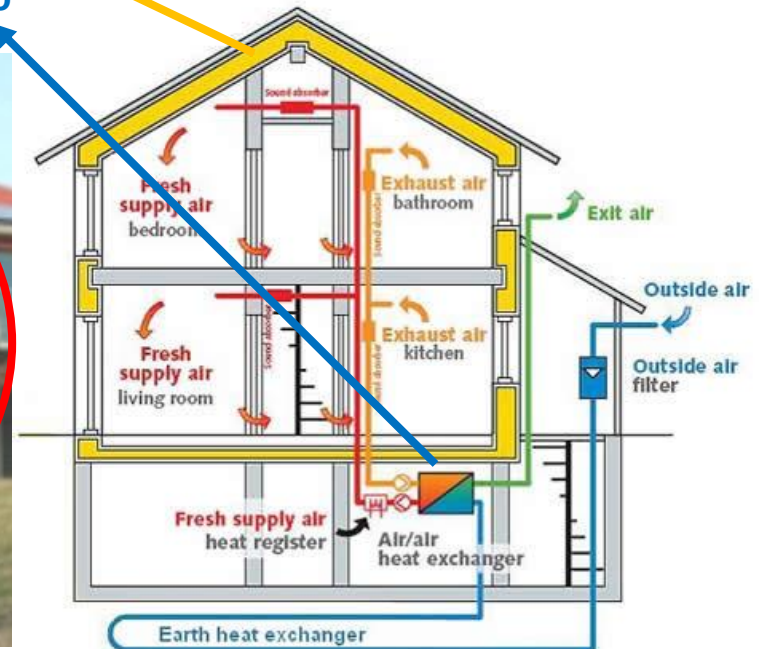
**SISTEMA EDIFICIO - IMPIANTO**

1\_Costituisce la superficie che delimita il sistema; ha la funzione di controllare i flussi di energia e massa e di mediare le condizioni climatiche esterne al fine di avvicinarsi alle condizioni di comfort negli ambienti confinati.

2\_Costituisce la parte attiva del sistema; ha l'obiettivo di raggiungere le condizioni di comfort negli ambienti confinati, limitando i consumi energetici e gli impatti sull'ambiente esterno.

1. Involucro

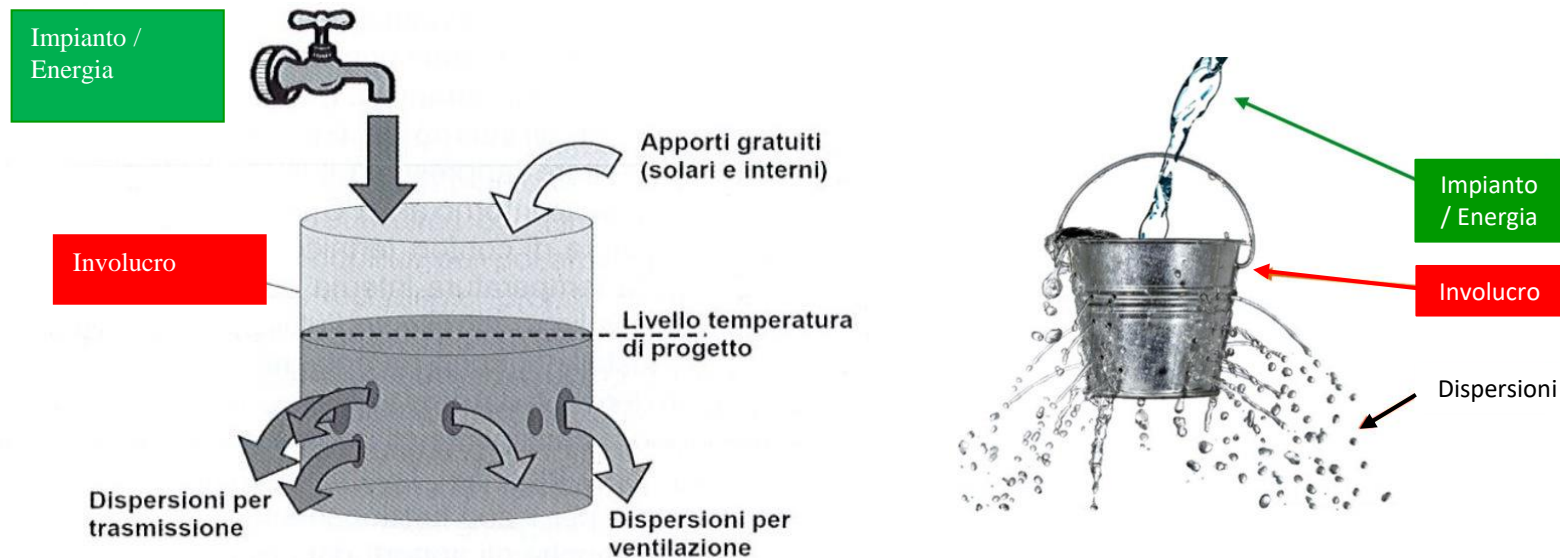
2. Impianto



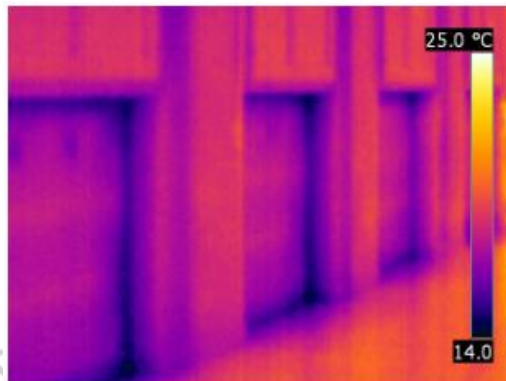
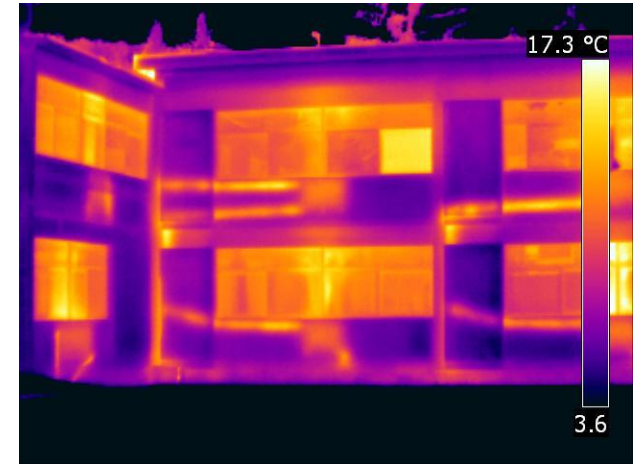
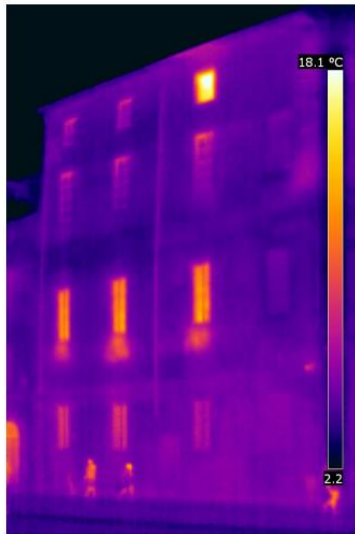
**SISTEMA EDIFICIO - IMPIANTO**

Un involucro efficiente è condizione necessaria per la riduzione dei consumi energetici.

«*Metafora del secchio bucato*»



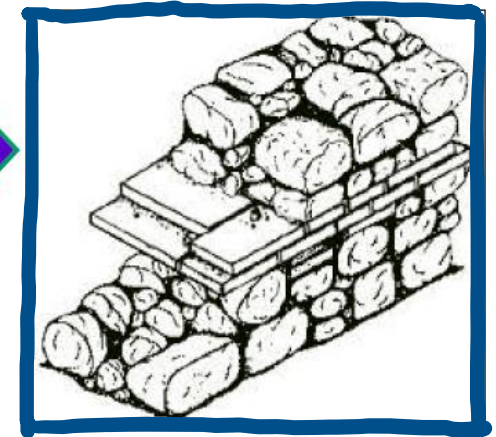
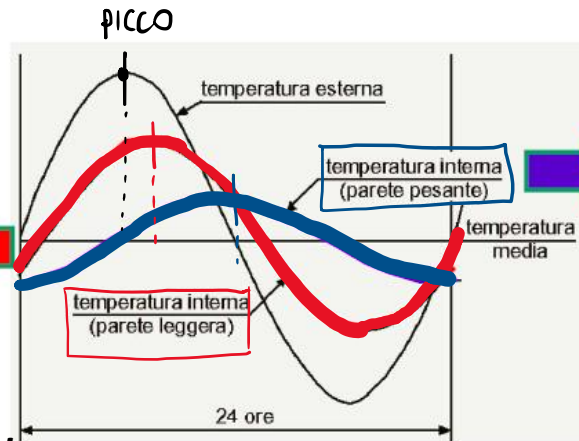
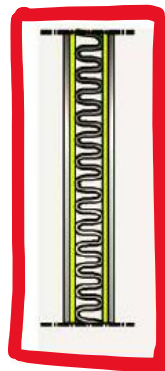
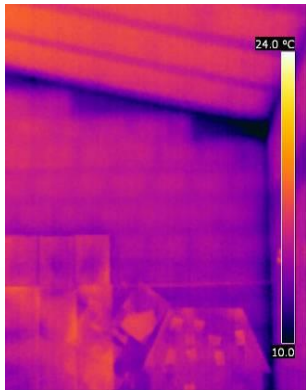
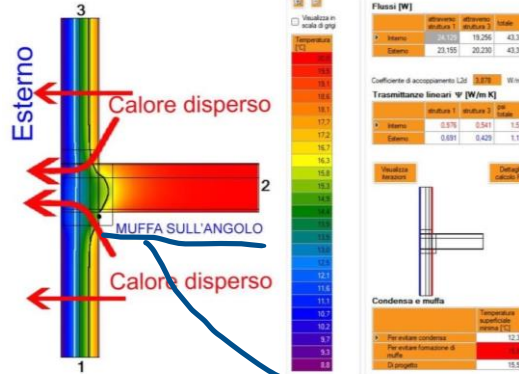
## Principali problematiche dell'involucro opaco: scarsa resistenza termica



## Principali problematiche dell'involucro opaco: ponti termici, scarsa inerzia termica



Ponte termico parete solai NON isolato



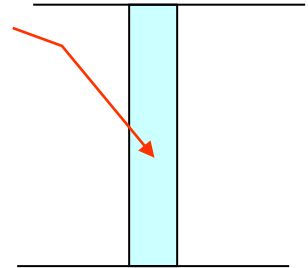
«Effetto roulotte»

Principali problematiche dell'involucro trasparente: scarsa resistenza termica, scarsa tenuta all'aria, infiltrazioni, assenza di sistemi schermanti



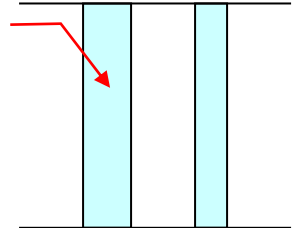
Vetro semplice

$$U_g = 6 \text{ W/m}^2\text{K}$$



Doppio vetro unito al perimetro (4-6-4)

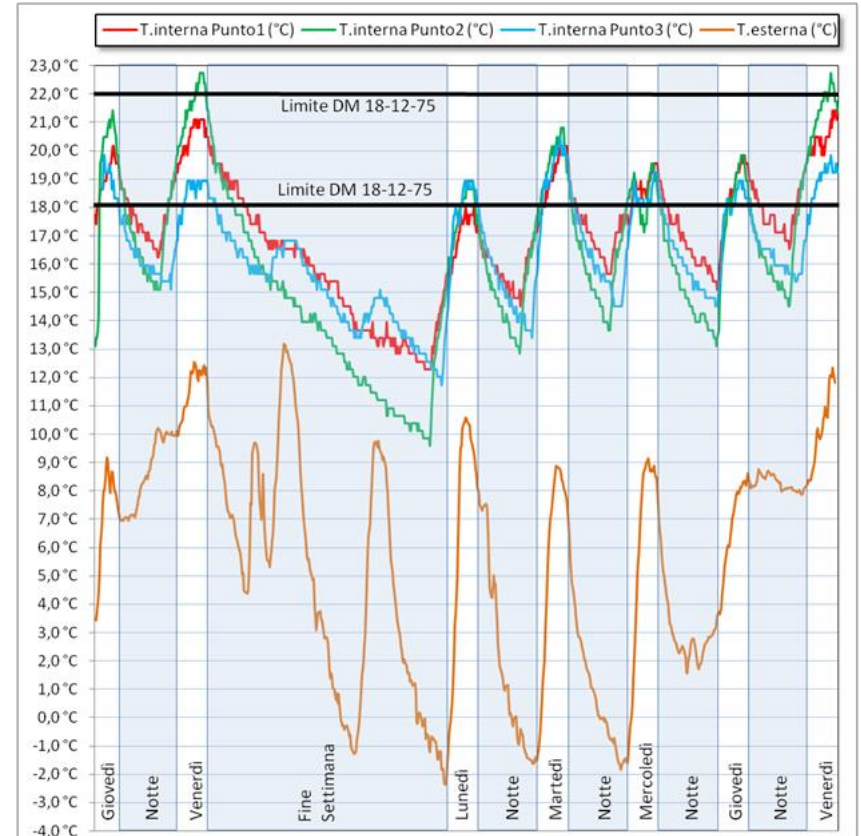
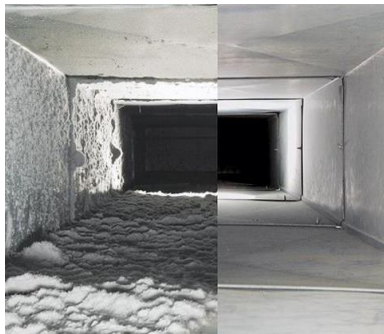
$$U_g = 3,3 \text{ W/m}^2\text{K}$$



## Principali problematiche dell'impianto HVAC: generazione, regolazione, manutenzione



In alcune occasioni, la temperatura dell'aria nelle aule raggiunge il massimo giornaliero in corrispondenza dell'orario di fine lezioni.





## Principali problematiche dell'impianto ACS: generazione, regolazione

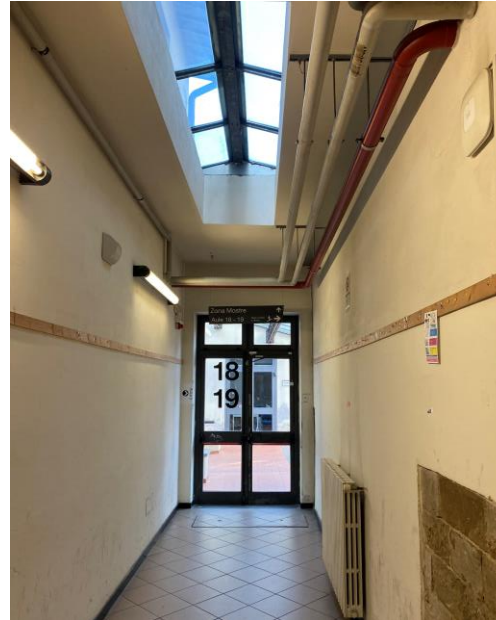


Scambiatori di calore  
(Boiler) a resistenza  
elettrica

## Principali problematiche dell'impianto **LUCE**: tipo di sorgenti, pulizia, regolazione



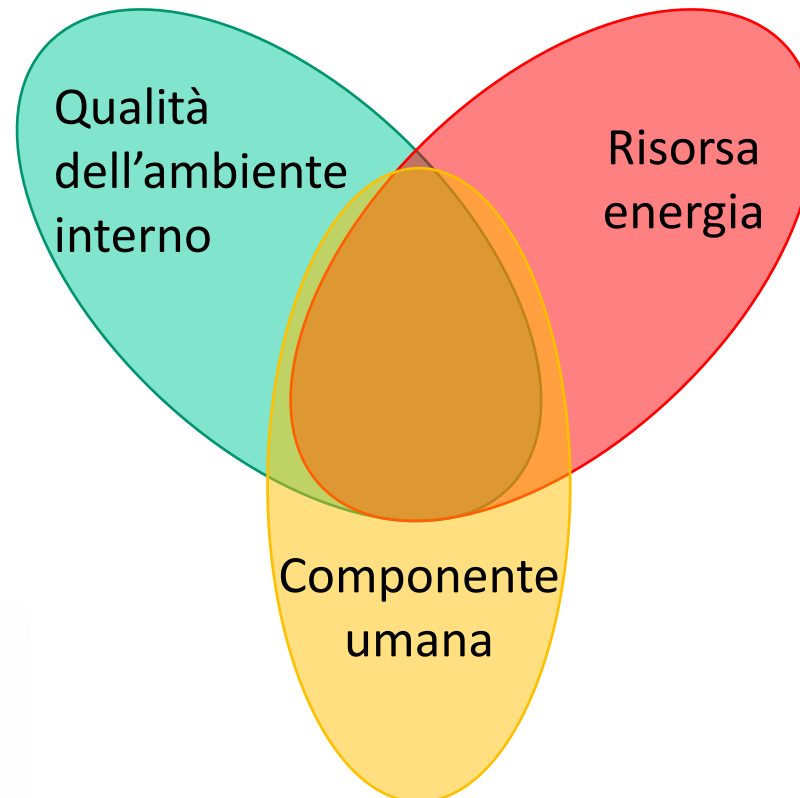
Tipo di sorgenti e pulizia



Manca di sistemi di regolazione (sensori crepuscolari) per temporizzare o parzializzare l'accensione degli apparecchi all'interno degli ambienti.



Per raggiungere questi due obiettivi, un terzo aspetto diventa fondamentale, la Componente umana, in tutte le fasi del processo edilizio, dalla definizione degli interventi, attraverso il *coinvolgimento*, fino alla fase d'uso, attraverso il *comportamento* virtuoso di tutta la comunità accademica.



## Coinvolgimento della comunità accademica

Energy Team (GREEN PAPER), struttura a supporto dell'EM:

- 1\_uffici tecnici x conoscenza del patrimonio,
- 2\_uffici acquisti x conoscenze economiche finanziarie,
- 3\_uffici informatici x supporto informatico/gestionale,
- 4\_utenza/stakeholder x conoscenza dei reali problemi negli edifici universitari, conoscenza dei comportamenti individuali nell'uso dell'energia («dimensione umana dell'energia»), nonché indicazioni su buone pratiche da mettere in atto x riduzione dei consumi.



RUS – Rete delle Università per lo Sviluppo sostenibile  
Gruppo di Lavoro Energia

**GREEN PAPER**  
Sustainable Energy Management



Questionario sul comfort percepito



Questionario sulla dimensione umana dell'energia, abitudini nella sede di lavoro

Comportamenti sostenibili dei singoli, finalizzati alla riduzione dei consumi energetici (e dei costi...) e degli sprechi, possono diventare molto significativi se applicati su una scala di comunità (buone pratiche quotidiane):

- Abilitare le opzioni di risparmio energetico dei dispositivi elettronici e disattivare lo screensaver del PC (riduzione consumo di oltre il 30%);
- Spegnerne dispositivi elettronici (staccare anche la spina) quando si lascia un ambiente/weekend (riduzione consumo di circa il 25%);
- Usare le scale al posto dell'ascensore (riduzione consumo fra il 20-75%);
- Spegnerne luci quando si lascia un ambiente (ufficio, bagno, spazi comuni, ecc.);
- Privilegiare la luce naturale (arredo e posizione scrivanie);
- Climatizzare solo gli ambienti che si usano con regolarità;
- Tenere porte e finestre chiuse quando l'impianto è in funzione;
- Non coprire i terminali degli impianti (libri, arredi, ecc.).



- Regolare la temperatura ambiente a valori adeguati sia in inverno che in estate, dando importanza all'abbigliamento, non affidando tutto il controllo all'impianto!

**INVERNO**

	Abbigliamento		Temperatura operativa
	clo	m <sup>2</sup> .°C/W	°C
	1,00	0,155	16 18 20 22 24 26 28 30
	↓		
	1,50	0,233	12 14 16 18 20 22 24

Aumentando la resistenza termica del vestiario, posso ottenere condizioni di benessere riducendo la temperatura operativa a **18 °C !!!**

**ESTATE**

	Abbigliamento		Temperatura operativa
	clo	m <sup>2</sup> .°C/W	°C
	0,25	0,039	23 24 25 26 27 28 29 30
	↑		
	0,50	0,078	18 20 22 24 26 28 30 32

Diminuendo la resistenza termica del vestiario posso ottenere il benessere aumentando la temperatura operativa a **28 °C !!!**



Grazie a tutt\*  
per  
l'attenzione!!!!

**Fabio Sciarpi**

Referente RUS – Gruppo di Lavoro Energia  
Laboratorio di Fisica Ambientale per la Qualità Edilizia  
Dipartimento di Architettura (DIDA)  
Università degli Studi di Firenze