

This project receives funding from the European Union's Horizon 2020 Research and Innovation Programme under Grant Agreement No 957128



# La riqualificazione energetica degli edifici

Milano, v. San Bernardo 29A:  
Edilizia Residenziale Pubblica e  
progetto SATO

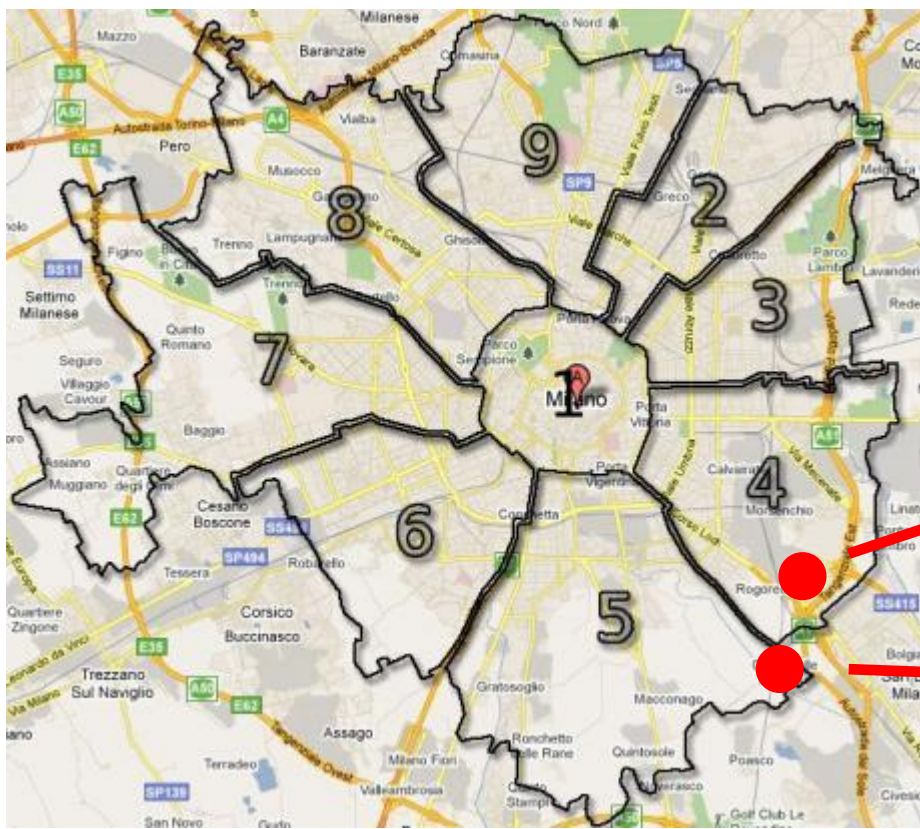
Pagliano,  
Sangalli,  
Erba,  
Bardeschi,  
Manzoni,  
Del Prete

# Riduzione del «fabbisogno di energia per riscaldamento e raffrescamento» attraverso interventi su involucro e ventilazione



Edifici di Edilizia Residenziale Popolare del Comune di Milano

1. San Bernardo 48-50
2. Feltrinelli 16
3. Feltrinelli 11



# SATO (2020-2024)



## San Bernardo 29a

Sharing Cities: interventi di involucro e recupero di calore sulla ventilazione

**SATO** aggiunge: ottimizzazione controlli e sfruttamento flessibilità domanda





Isolamento a cappotto, 24 cm di spessore, montaggio a secco



Lana minerale:

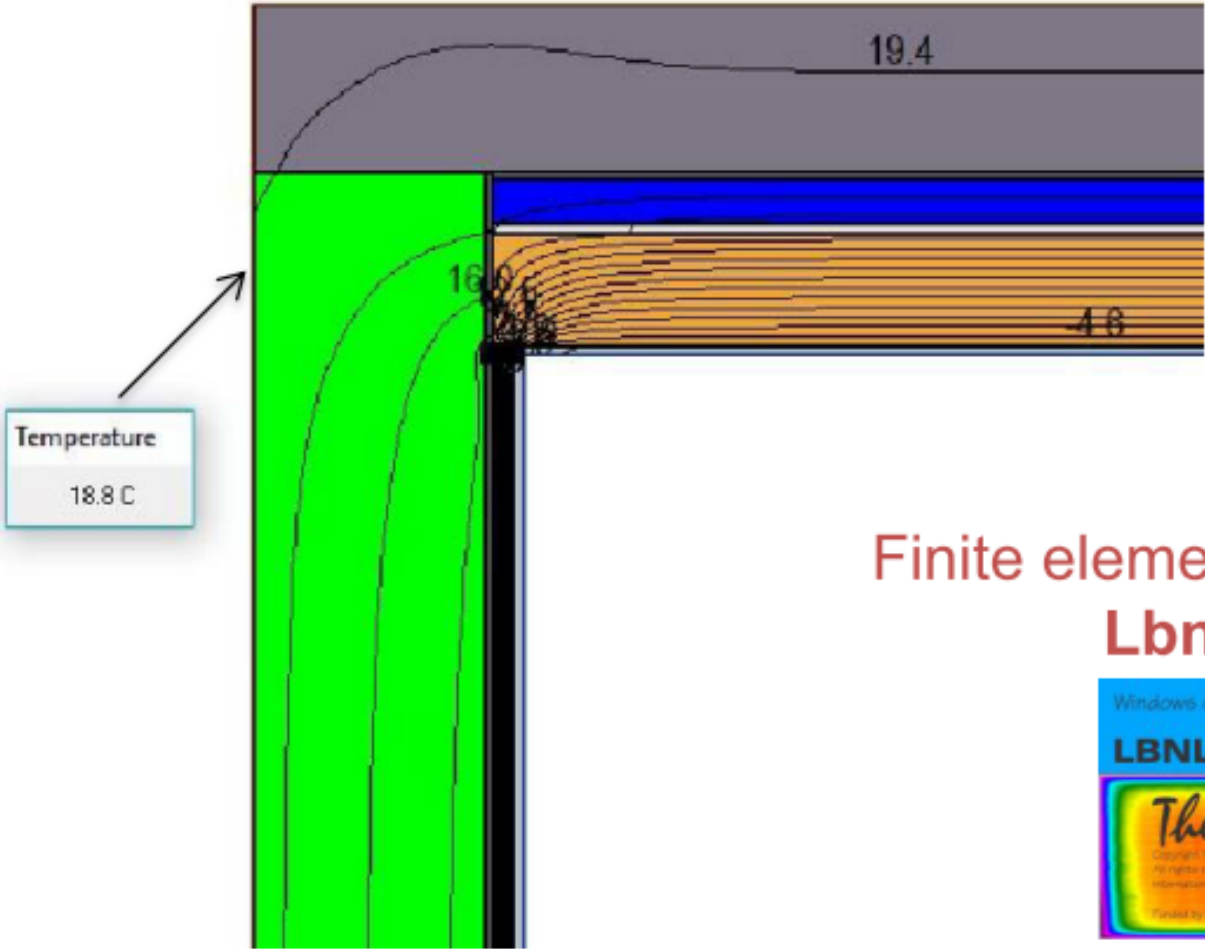
- tempo di ritorno energetico pochi mesi,
- Incombustibile (euroclasse A1)

Anche isolanti da fibre vegetali sono possibili, analizzati in:

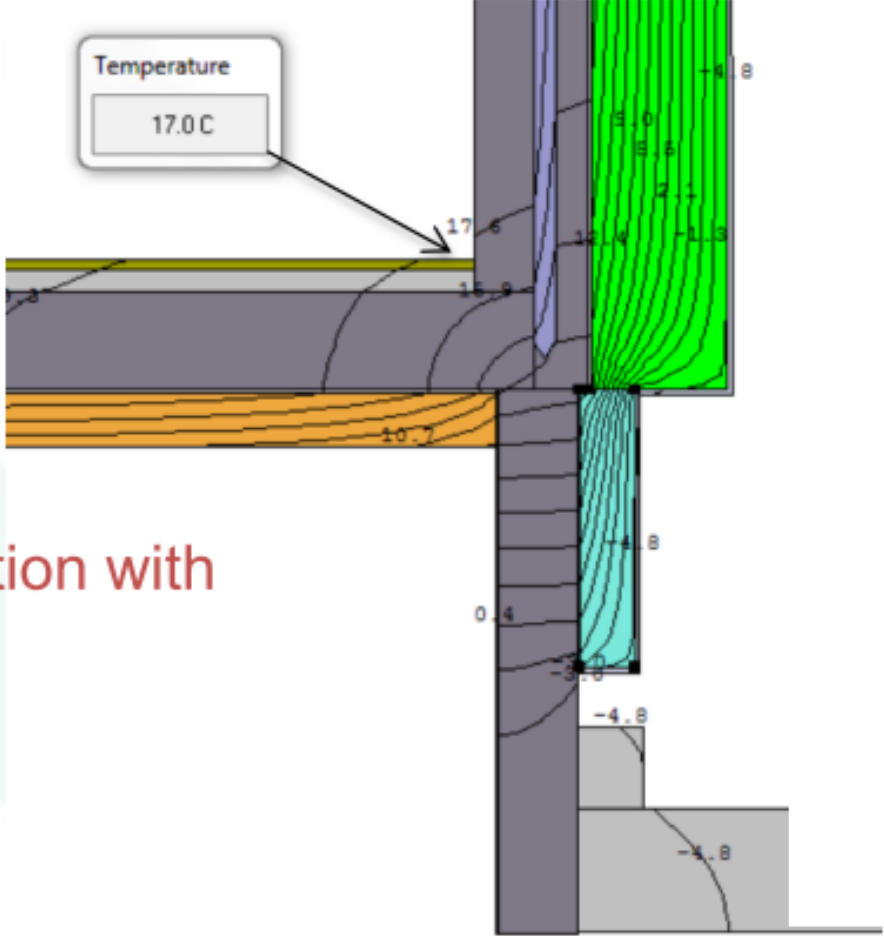
[www.abc21.eu](http://www.abc21.eu)

Team analyzed more than 20 details both in section and in plan to estimate the transmission losses of nodes.

Plan of the balcony's corner



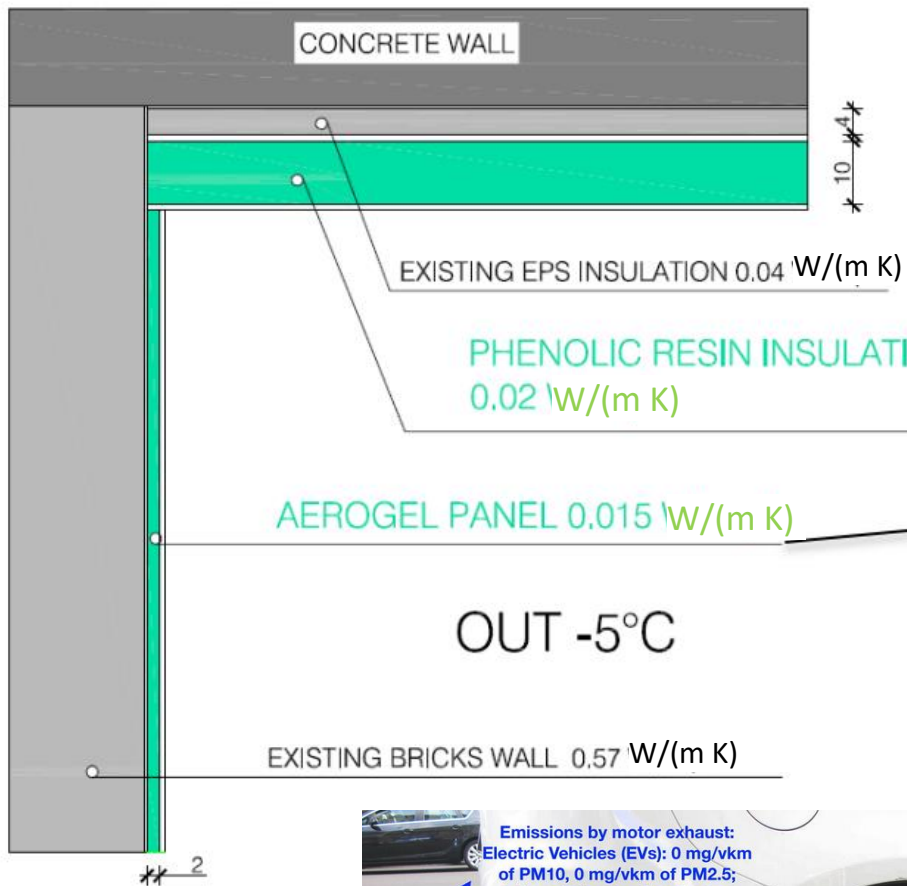
Section between ground floor and cell



Finite element calculation with  
**Lbnl THERM**



IN 20°C



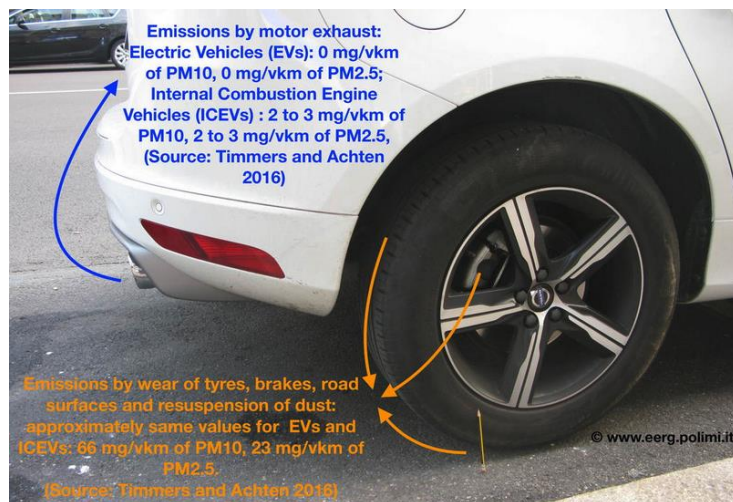
AEROGEL	0,015
RESINE FENOLICHE	0,02
LANA DI VETRO	0,034

Conduktivität (W/(m K))



IN 20°C

OUT -5°C



Timmers, V. R. J. H., & Achten, P. A. J. (2016). Non-exhaust PM emissions from electric vehicles. *Atmospheric Environment*, 134, 10–17.  
<https://doi.org/10.1016/j.atmosenv.2016.03.017>

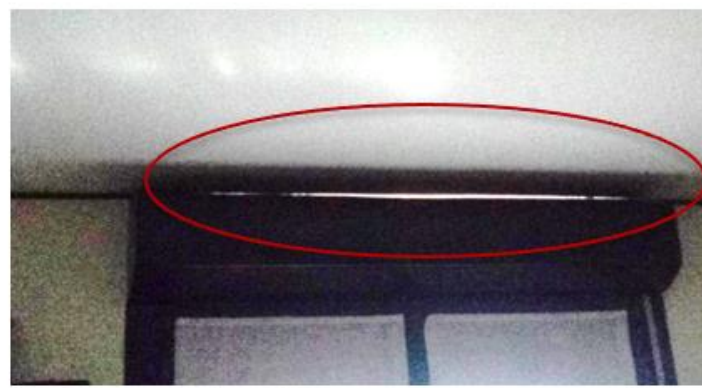
- Zanzariere scorrevoli alle finestre e balconi
- Ventilazione naturale notturna
- realizzare un quartiere silenzioso e con aria pulita
- ridurre numero e peso veicoli motorizzati (con qualsiasi motore)

# FELTRINELLI 16 – DURANTE L'INTERVENTO – IMPERMEABILIZZAZIONE e ISOLAMENTO CONTROTERRA



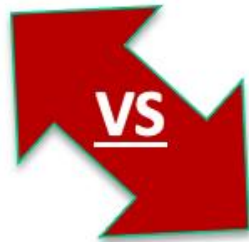
This project receives funding from the European Union's FP7 Energy Programme under Grant Agreement No 314632



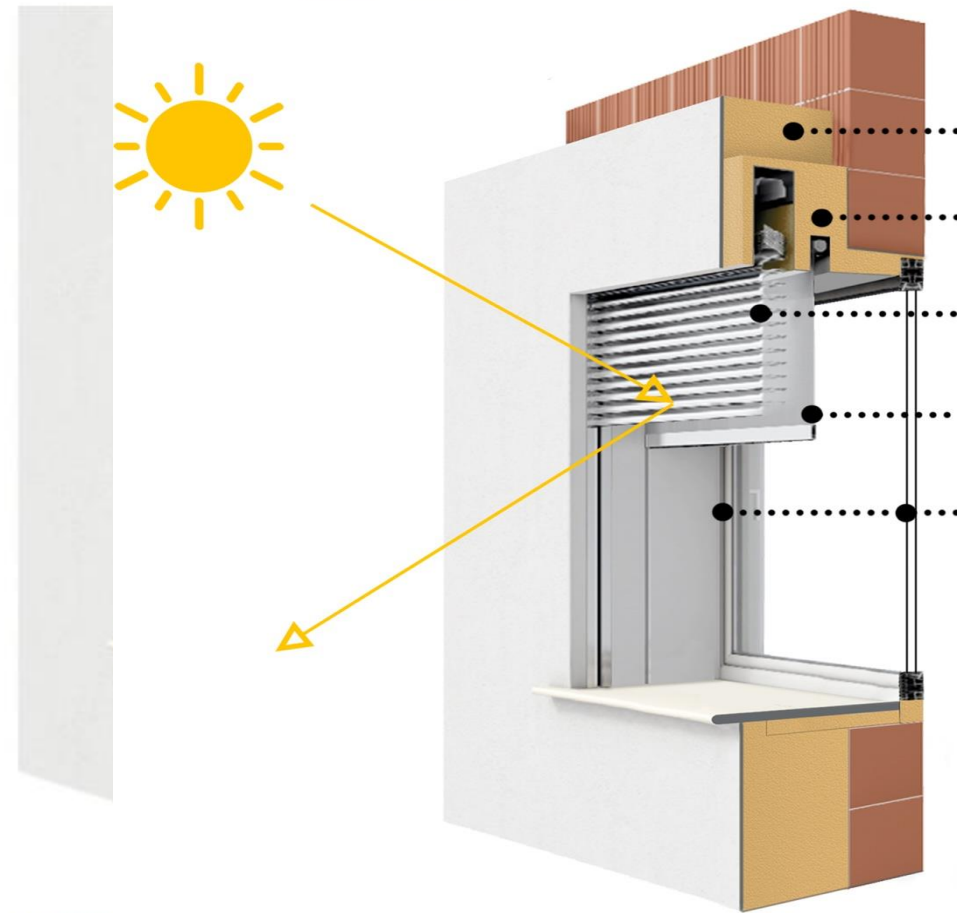


Draughts of cold air through air gaps between windows frame and slab/wall

Heat losses



Air tightness



*Illustrazione grafica:  
arch. Luca Erba*

Existing Windows:  
Windows combined with not insulated roller shutters box.

$U_w = 4,10 \text{ W/m}^2\text{K}$

New Windows:  
Windows with insulated venetian blinds box

$U_w \text{ max} = 1,25 \text{ W/m}^2\text{K}$

**Blower door test dopo ristrutturazione EFFETTUATO: tenuta all'aria come da progetto o migliore**

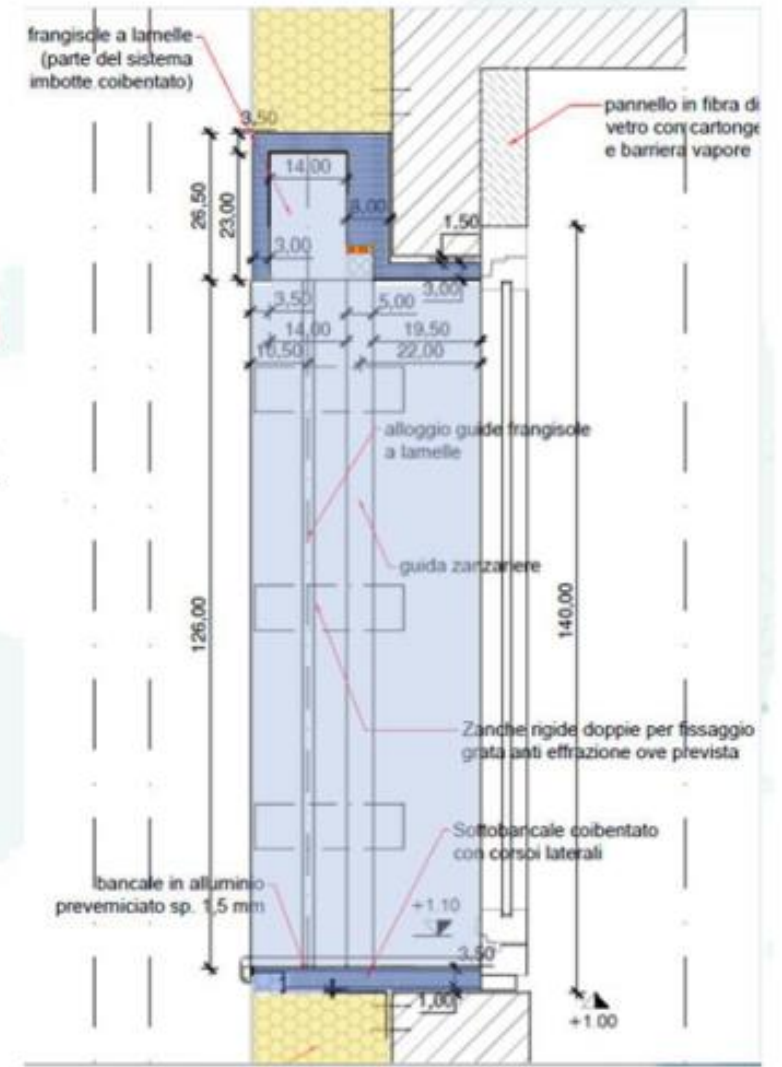


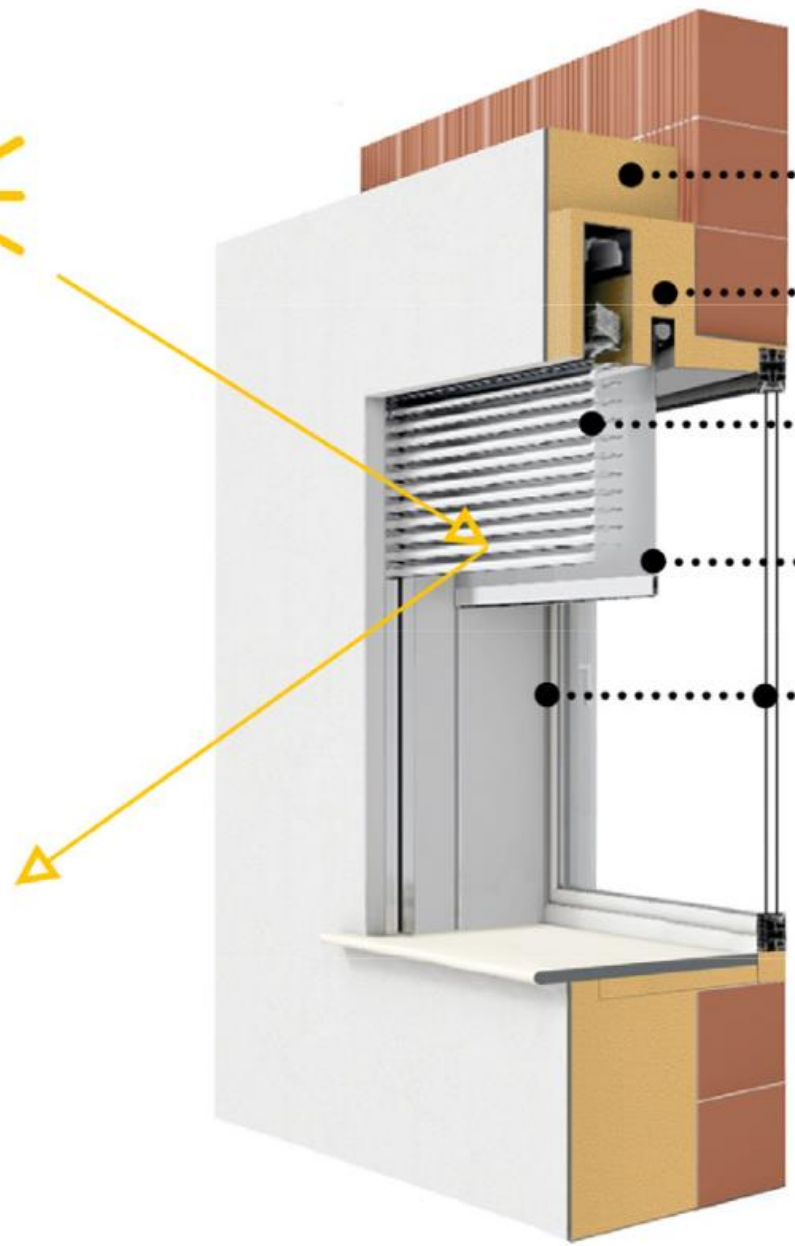


# venetian blinds box

**New Windows:**  
Windows with insulated  
venetian blinds box

$U_w \text{ max} = 1,25 \text{ W/m}^2\text{K}$





..... Insulating materials

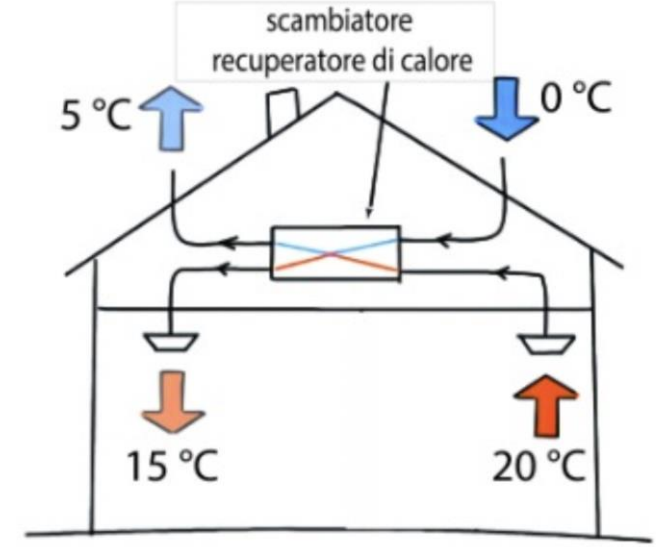
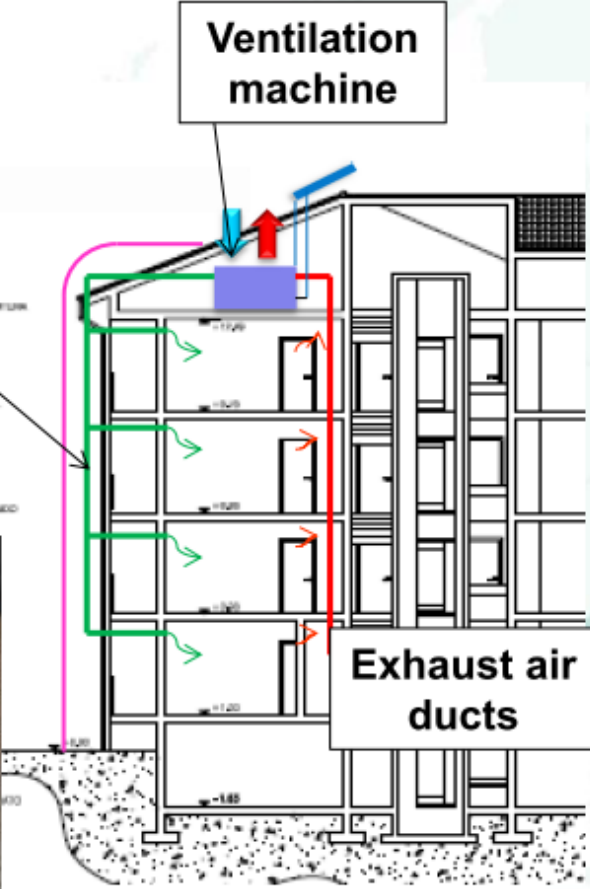
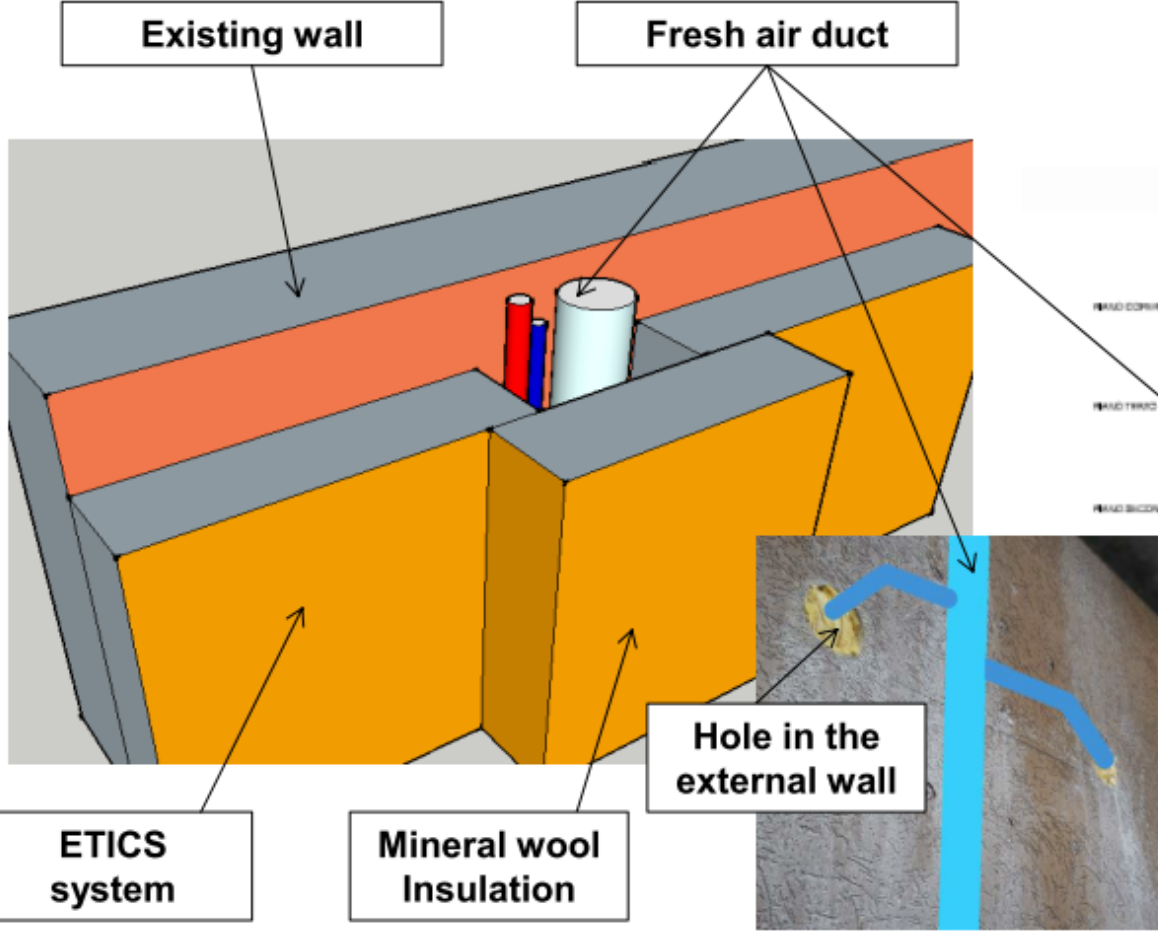
..... Solar shadings

..... Mosquito net

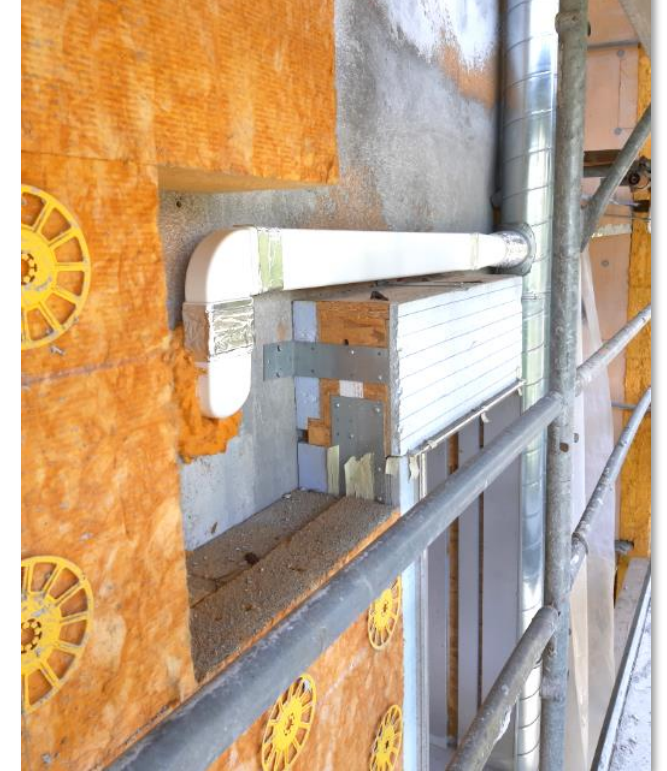
..... Highly insulating glass and frame

*Illustration: arch. Luca Erba*

# Mechanical ventilation with heat recovery









2 - RECUPERARE IL CALORE DALL'ARIA IN USCITA





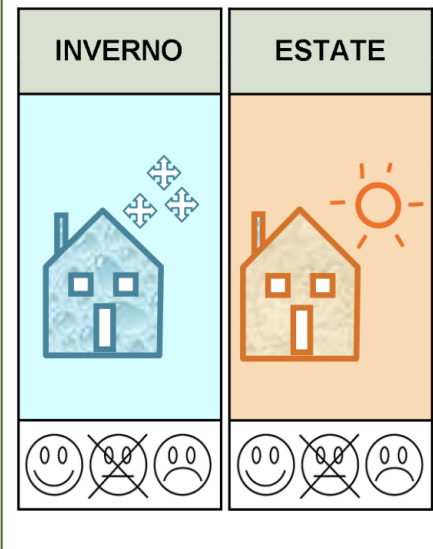
### Servizi energetici presenti

<input checked="" type="checkbox"/>  Climatizzazione invernale	<input type="checkbox"/>  Ventilazione meccanica	<input type="checkbox"/>  Illuminazione
<input checked="" type="checkbox"/>  Climatizzazione estiva	<input checked="" type="checkbox"/>  Prod. acqua calda sanitaria	<input type="checkbox"/>  Trasporto di persone o cose

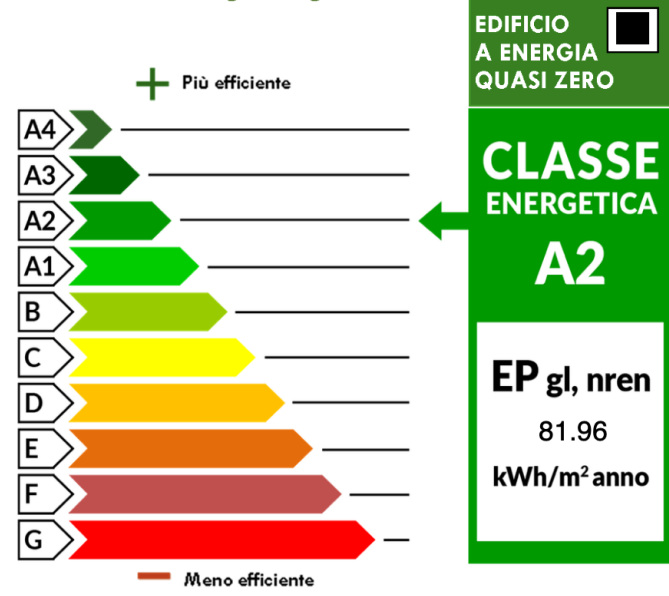
## PRESTAZIONE ENERGETICA GLOBALE E DEL FABBRICATO

La sezione riporta l'indice di prestazione energetica globale non rinnovabile in funzione del fabbricato e dei servizi energetici presenti, nonché la prestazione energetica del fabbricato, al netto del rendimento degli impianti presenti.

### Prestazione energetica del fabbricato



### Prestazione energetica globale



### Riferimenti

Gli immobili simili avrebbero in media la seguente classificazione:

Se nuovi:

**B(107,83)**

Se esistenti:

**B(107,83)**

Etichetta energetica: un esempio da un altro edificio

### Indice di prestazione termica utile per la climatizzazione invernale dell'edificio

Valore di progetto EP <sub>H,nd</sub>	<b>51,39</b> kWh/m <sup>2</sup>
Valore limite EP <sub>H,nd,limite</sub>	<b>53,48</b> kWh/m <sup>2</sup>
Verifica (positiva / negativa)	<b>Positiva</b>

### Indice di prestazione termica utile per la climatizzazione estiva dell'edificio

Valore di progetto EP <sub>C,nd</sub>	<b>19,98</b> kWh/m <sup>2</sup>
Valore limite EP <sub>C,nd,limite</sub>	<b>24,63</b> kWh/m <sup>2</sup>
Verifica (positiva / negativa)	<b>Positiva</b>

RELAZIONE TECNICA - L-248-2017\_  
Legge10-91\_R6

# POST RETROFIT:

valori di

«fabbisogno di energia termica per il riscaldamento»  $EP_{H,nd}$  (kWh/m<sup>2</sup>a)

secondo progetto (da EX «LEGGE 10»)

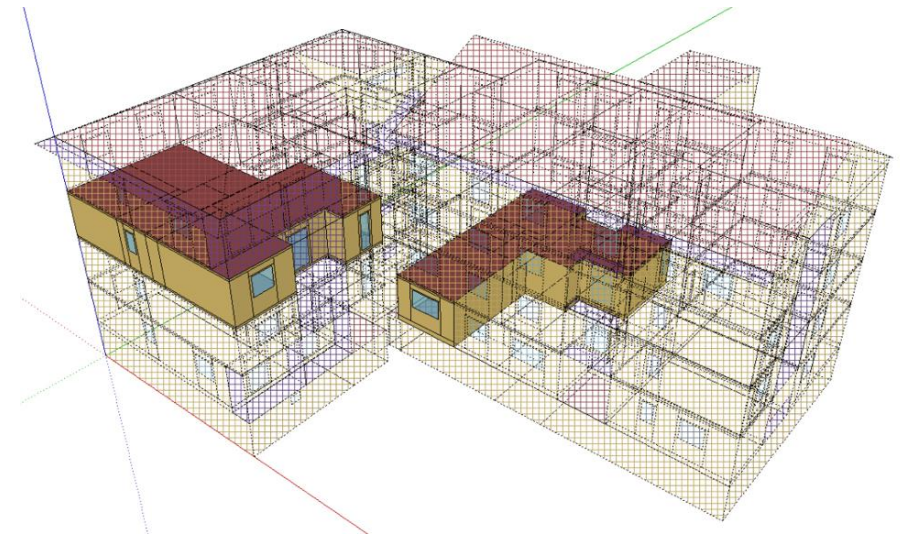
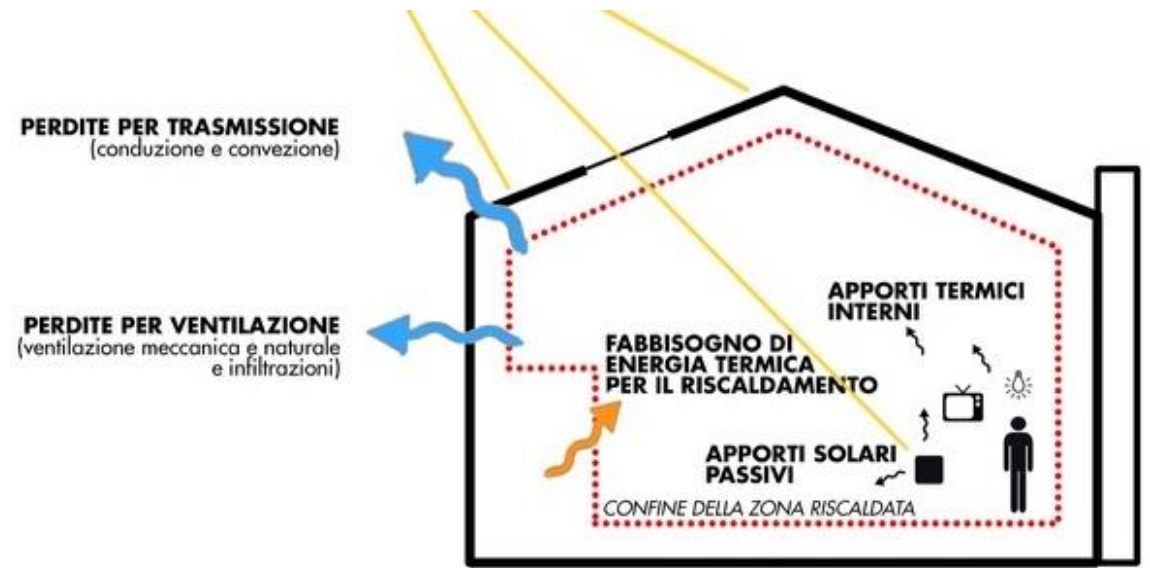
- San Bernardo 48 = **18,8** (kWh/m<sup>2</sup>a)
- San Bernardo 50 = **15,7** (kWh/m<sup>2</sup>a)
- San Bernardo 29A (Ed.1) = **14,2** (kWh/m<sup>2</sup>a)
- San Bernardo 29A (Ed.2) = **12,6** (kWh/m<sup>2</sup>a)

certificazione **PassivHaus**, che richiede fabbisogno energetico per riscaldamento di **15 kWh/m<sup>2</sup>a**

fabbisogno energetico per riscaldamento degli **edifici pre-retrofit**, dell'ordine di **150-200 kWh/m<sup>2</sup>a**

**Riduzione del FABBISOGNO dell'ordine dell'80-90%**

**Obiettivo EU-GUGLE & SATO : mostrare possibilità di copertura integrale da rinnovabili SENZA occupare un m<sup>2</sup> di terreno addizionale a quello già edificato**



Fonte del grafico : AZEB project; Silvia Erba and Lorenzo Pagliano




## Stato Italiano: “Conto termico”

finanziato da tariffe energia,  
NON da tassazione o debito



European Union: EU-GUGLE  
European Union: SHARING CITIES



		Superficie lorda	costo delle opere di retrofit relative a involucro e ventilazione con recupero	Costi unitari (€/m <sup>2</sup> lordo)	 <b>Conto termico</b> <i>schema finanziato con una piccola frazione delle tariffe elettricità e gas</i>	Costi unitari residui (€/m <sup>2</sup> lordo)
	via San Bernardo 48/50 (ERP)	5761 m <sup>2</sup>	€ 2 673 947	464 €/m <sup>2</sup>	€ 1 610 359 (hp)	185 €/m <sup>2</sup>
	via San Bernardo 29a (ERP)	4906 m <sup>2</sup>	€ 2 257 508	460 €/m <sup>2</sup>	€ 1 449 162 (hp)	165 €/m <sup>2</sup>

hp = hypothesis

Costo dell’Energia Risparmiata (su 30anni) tra 3 e 5 centesimi /kWh, da confrontare con 8 -15 centesimi /kWh per il gas

Tasso di Rendimento Interno tra 20% e 6% a seconda delle ipotesi su % incentivi e prezzo dell’energia

# Il quadro delle risorse impegnate per la sostenibilità nel 2016

- Le attività di promozione della sostenibilità gestite dal GSE si sono tradotte nell'ultimo anno in un investimento per la collettività di **16,1 miliardi di euro** (circa **1% del PIL nazionale**), finanziato tramite le bollette energetiche delle imprese e delle famiglie.
- Nel 2016 una **famiglia tipo** ha contribuito con **136 €** alla promozione delle rinnovabili e dell'efficienza energetica.

Incentivi GSE	Ambito supportato	Fabbisogno per meccanismo (Mld € nel 2016)	Copertura (Tariffe/prezzi)	Fabbisogno per bolletta energetica (Mld € nel 2016)	Spesa per la sostenibilità famiglia tipo (€ nel 2016)	
CIP 6	FER Elettriche	14,4	Tariffa <b>A3</b> (bolletta elettrica)	15,0 (Oneri in bolletta elettrica)	A3: 107 €	Oneri bolletta elettrica 112 €
Certificati Verdi / Incentivo ex CV						
Conti Energia FV						
Tariffe onnicomprensive						
DM 6/7/2012						
DM 23/6/2016						
Scambio sul posto	Efficienza Energetica , FER Termiche	1,05	Tariffa <b>UC7</b> (bolletta elettrica)	0,5 (Oneri in bolletta gas)	UC7 (CB): 6 €	Oneri bolletta gas 13 €
Ritiro dedicato			Tariffa <b>RE</b> (bolletta gas)		RE (CB): 12 €	
Certificati Bianchi	FER Termiche, Efficienza Energetica	0,03	Tariffa <b>RE</b> (bolletta Gas)	0,6 (oneri distributori carburanti)	RE (CT): 1 €	Carburanti 11 €
Conto Termico			Incremento <b>prezzo finale</b> carburanti		Sovrapprezzo: 11 €	
Biocarburanti	FER trasporti	0,6				
				<b>16,1 Mld €</b>	<b>136 €</b>	

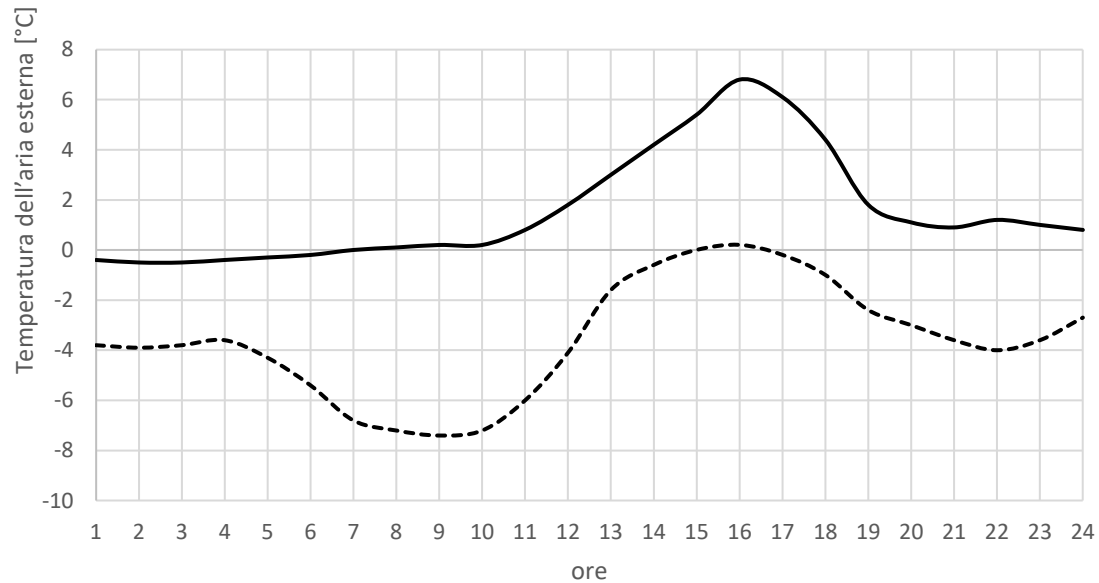


- Al fine di determinare la fascia di comfort, è stato fatto riferimento alla norma EN 16798 (CEN, 2019), selezionando la categoria II (per edifici nuovi, PMV tra -0,5 e +0,5) e adottando il modello di Fanger per edifici riscaldati, con
- vestiario tipico **invernale** in ambienti interni (1 clo)
- livello di attività metabolica corrispondente a lavoro da ufficio (1,2 met)
- velocità dell'aria 0,1 m/s e umidità relativa 40%
- Utilizzando il tool online per il calcolo del comfort termico dell'università di Berkeley California, <http://comfort.cbe.berkeley.edu>
- che incorpora gli algoritmi del modello di Fanger e il modello di comfort adattivo presenti in EN 16798 - 2019 e ASHRAE 55 -2017,
- Si ottiene una fascia di comfort dai 19,5 °c ai 24,1 °c in termini di temperatura operante UNI/TS o operativa UNI ISO 7730 (approssimata come media tra la temperatura dell'aria e la temperatura media radiante)

# GIORNO INVERNALE MEDIO E GIORNO INVERNALE SFAVOREVOLE

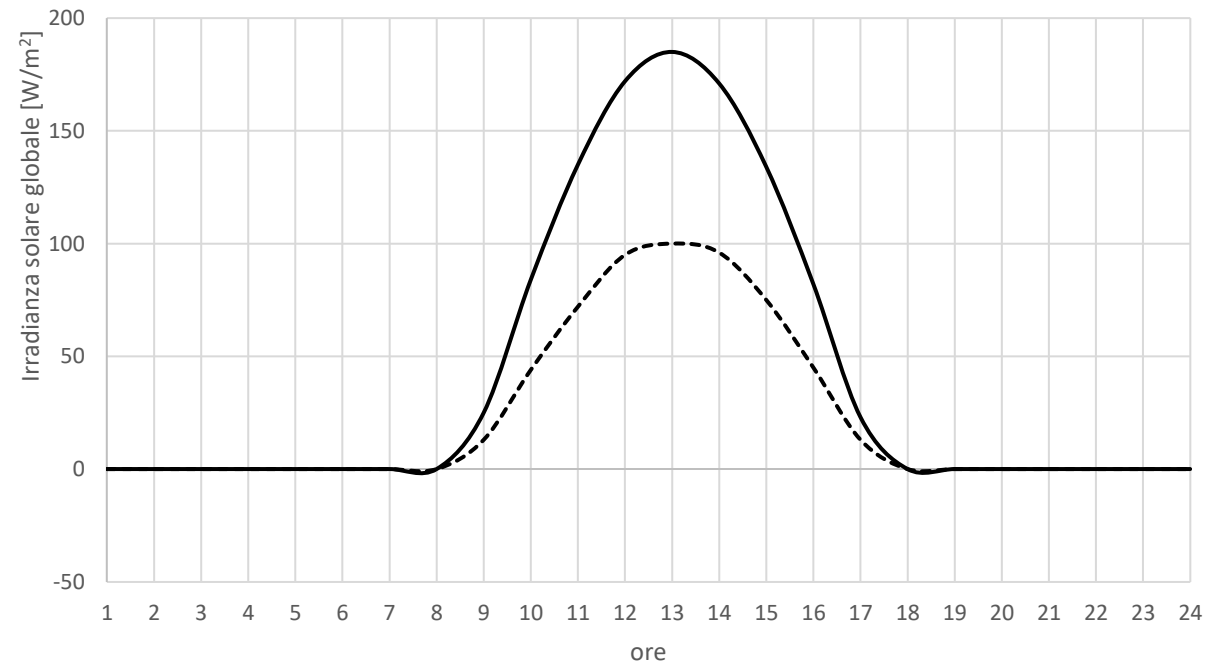
Temperatura dell'aria esterna (bulbo secco)

— giorno medio    - - - giorno sfavorevole



Irradianza solare globale su superficie orizzontale W/m<sup>2</sup>

— giorno medio    - - - giorno sfavorevole



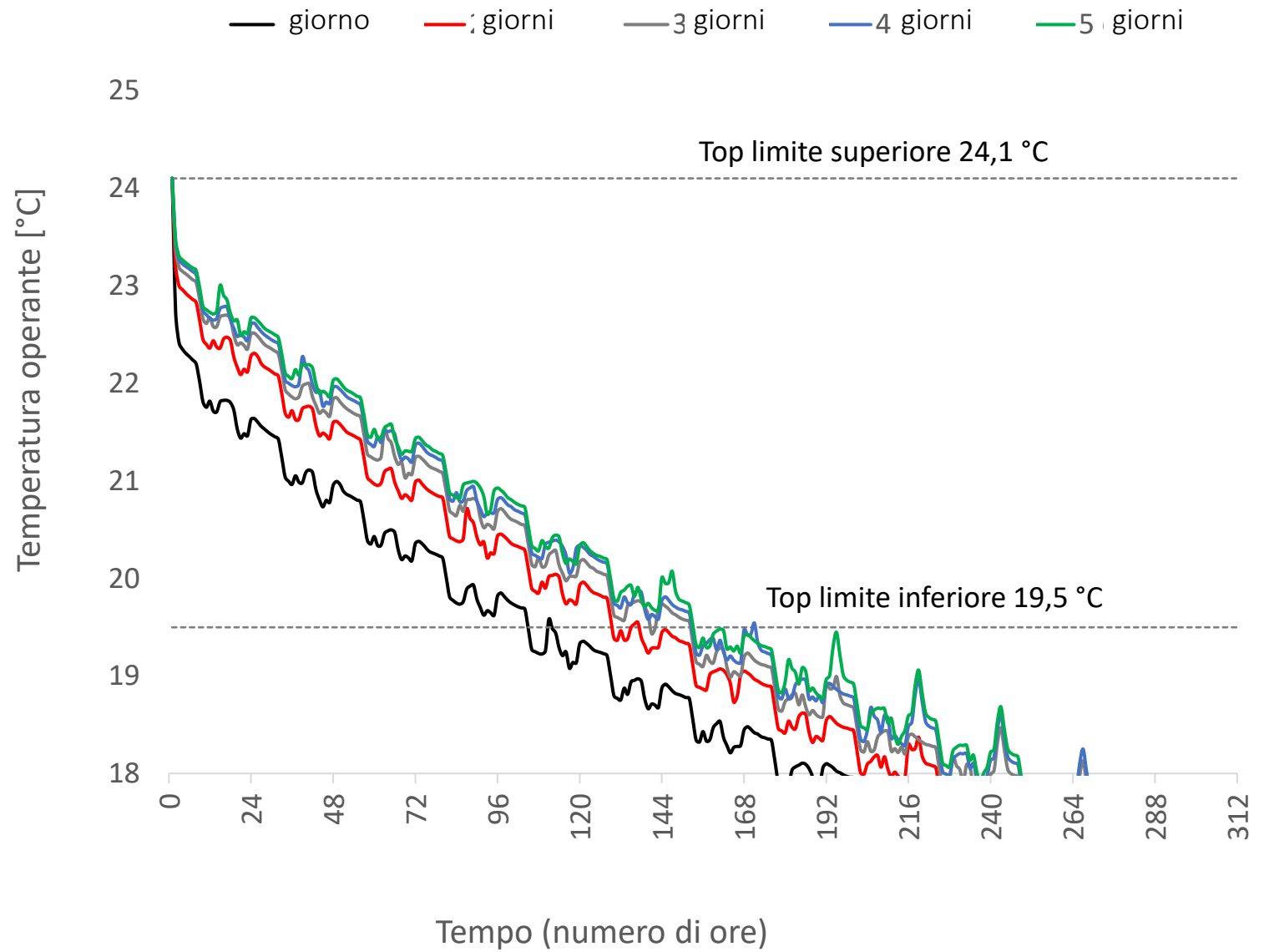
**PER QUANTO TEMPO UN EDIFICIO CHE È STATO SOTTOPOSTO A RIQUALIFICAZIONE PROFONDA**

**RIMANE NELLA FASCIA DI COMFORT,**

**DOPO CHE IL RISCALDAMENTO VIENE SPENTO?**

Temperatura operante (UNI TS) o operativa (ISO 7730) approssimata come media aritmetica della temperatura dell'aria e della temperatura media radiante al centro della zona considerata

**Temperatura operante**  
**Curva di decadimento in una zona di riferimento al variare del periodo di carica**

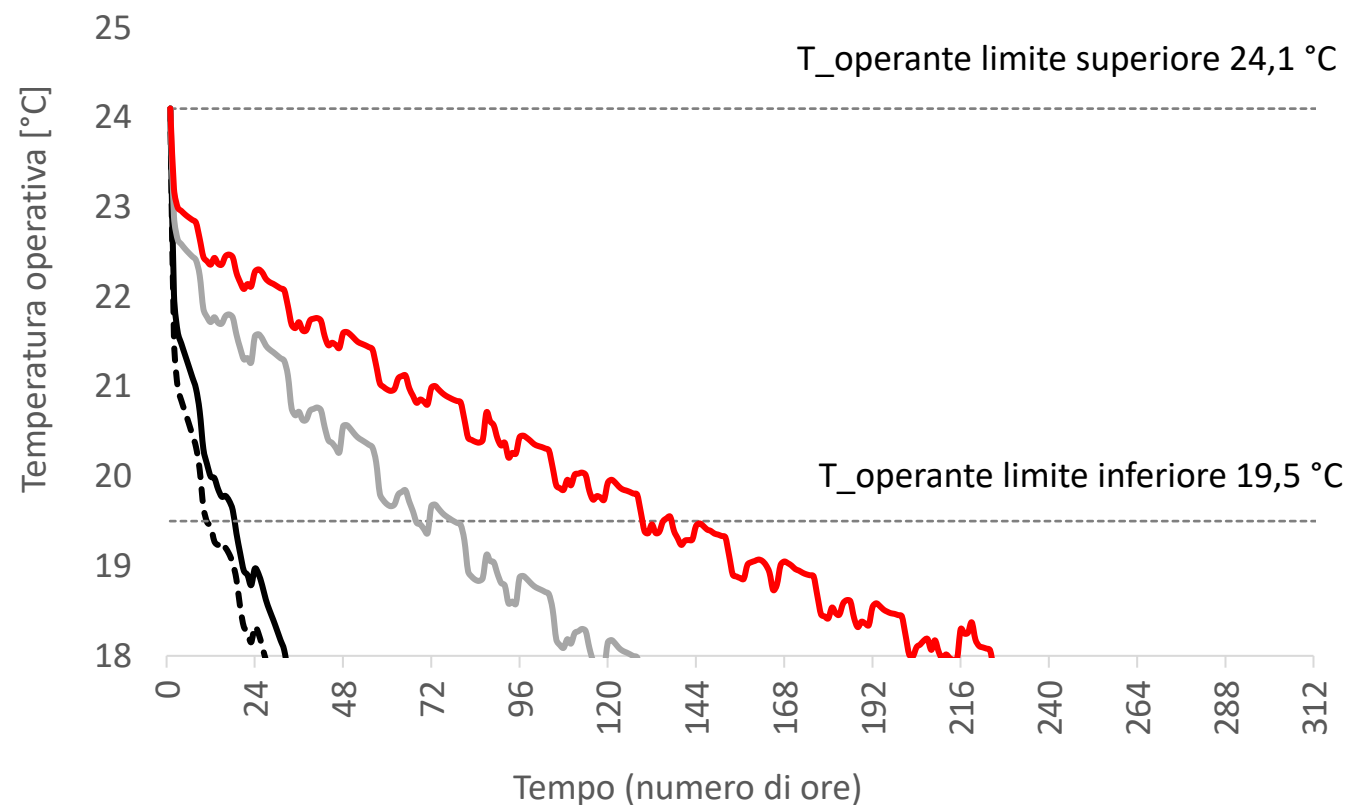


## QUANTO PROFONDA DEVE ESSERE LA RIQUALIFICAZIONE

PER INCREMENTARE SIGNIFICATIVAMENTE LA FLESSIBILITÀ DI UN EDIFICIO?

### Temperatura Operante curva di decadimento in una zona di riferimento al variare del livello tecnologico di ristrutturazione dopo 2 giorni di carica

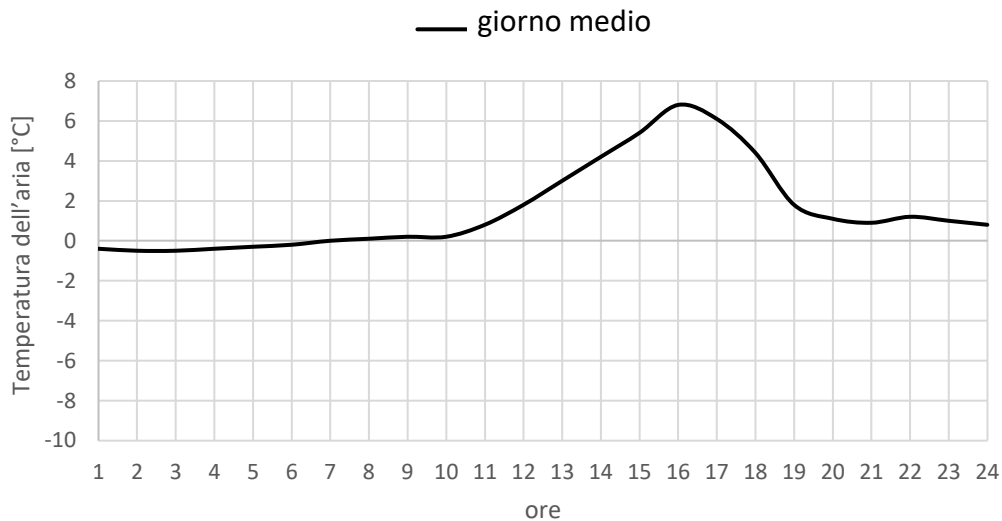
- stato di fatto
- sola sostituzione dei serramenti
- sostituzione dei serramenti + isolamento termico
- sostituzione dei serramenti + isolamento termico + VMC con recupero del calore



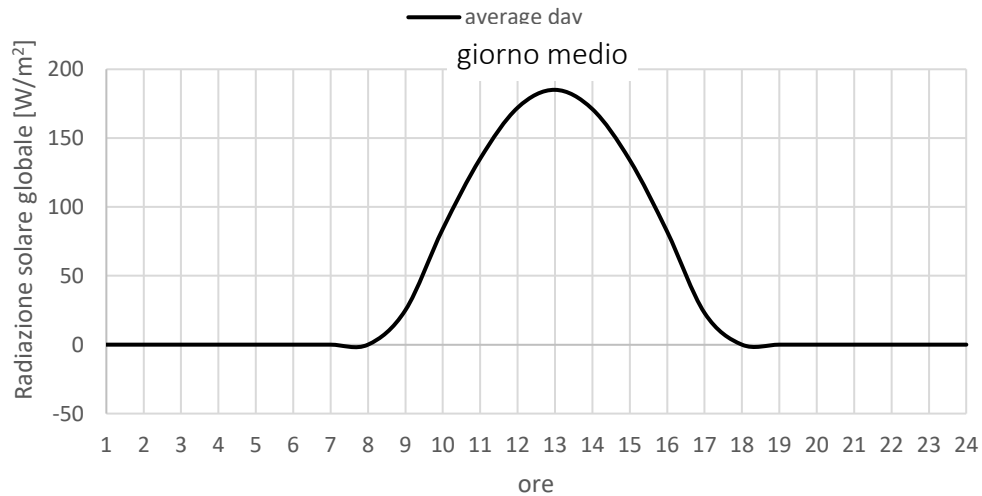
# CHE VARIABILITÀ CI SARÀ NELL'EDIFICIO?

(GIORNO INVERNALE MEDIO, RISCALDAMENTO PER 1 GIORNO)

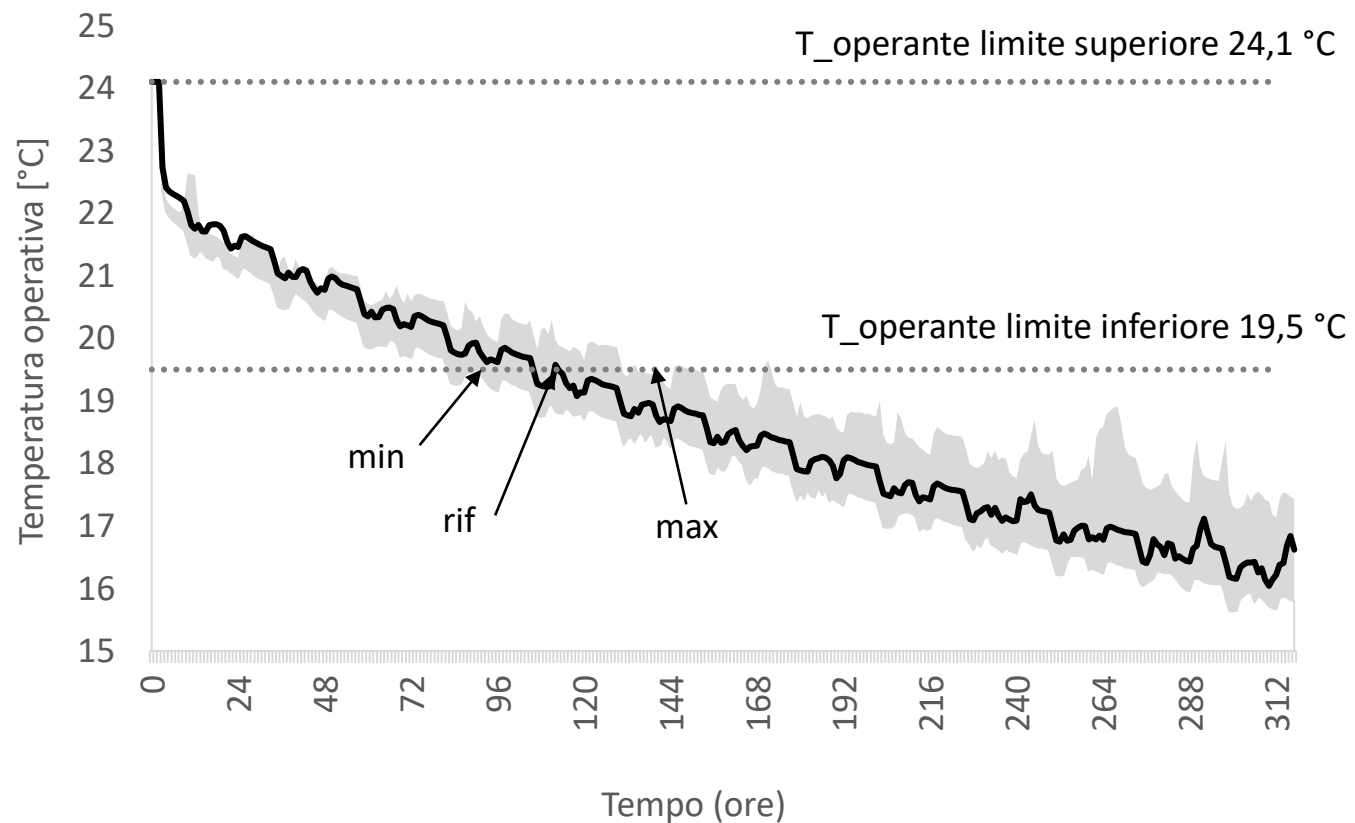
Temperatura dell'aria esterna (bulbo secco)



Radiazione solare globale su superficie orizzontale



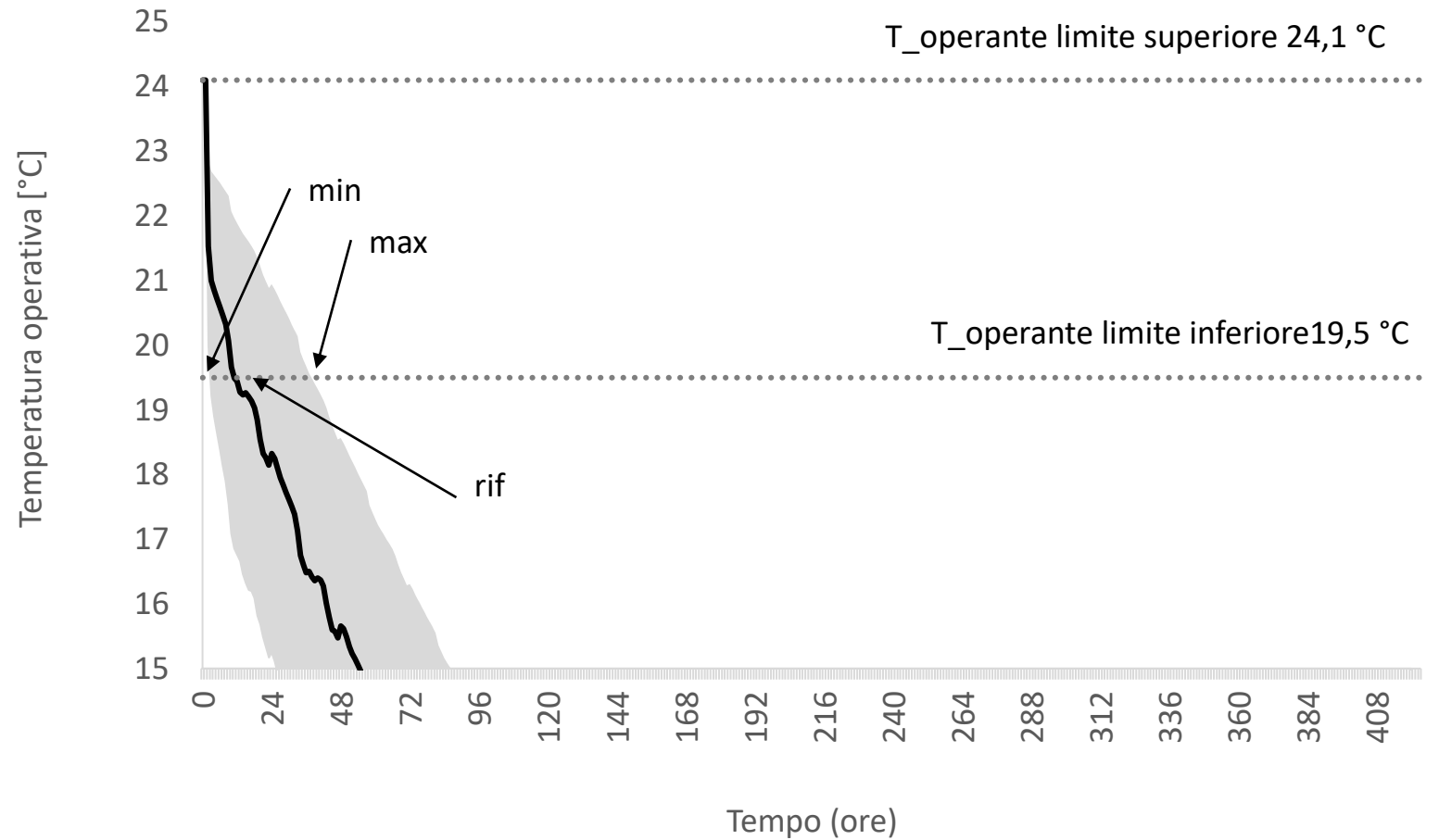
Temperatura Operante  
curva di decadimento – tutte le zone  
dopo un giorno di carica



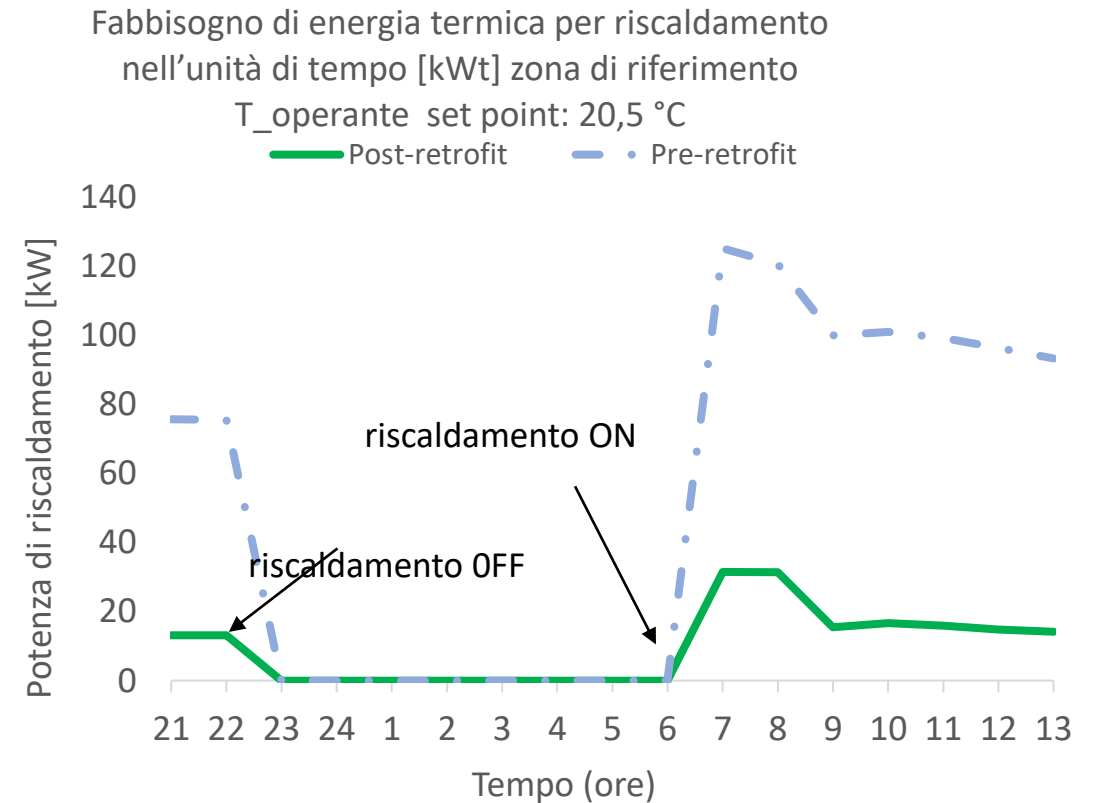
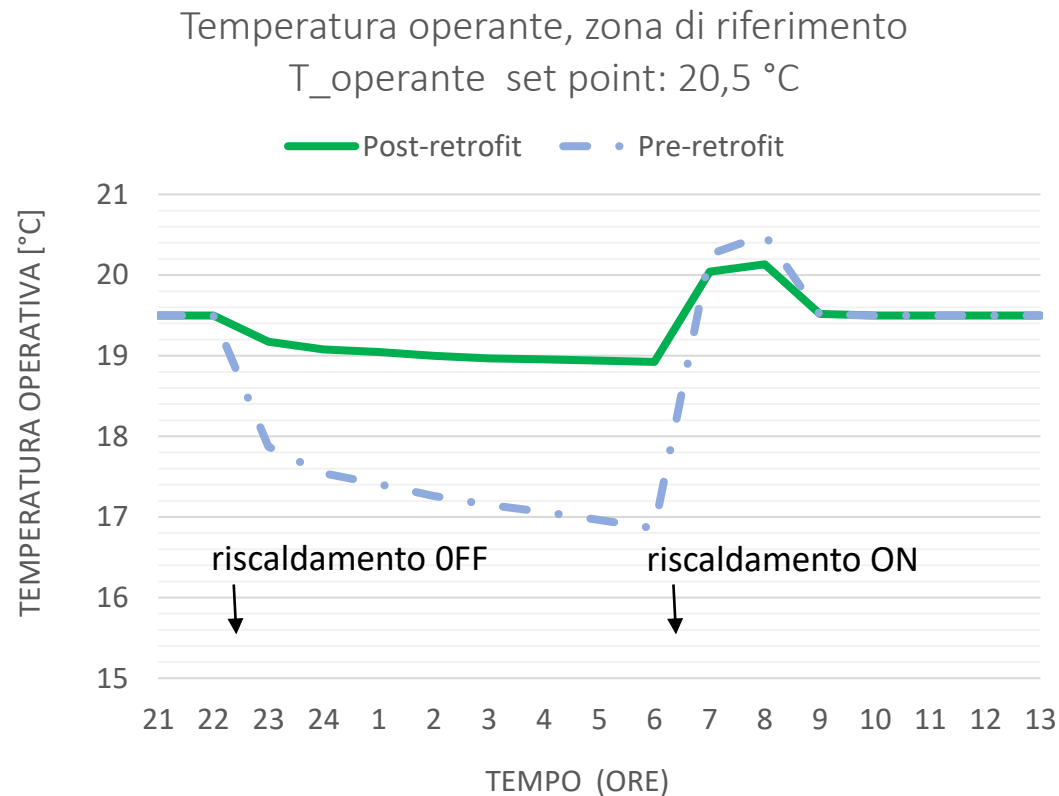
**PERCHÉ L'ATTUALE  
PARCO EDILIZIO**

**NON PUÒ  
CONTRIBUIRE ALLA  
SMART CITY?**

**Temperatura Operante  
curva di decadimento – tutte le zone  
dopo un giorno di carica**

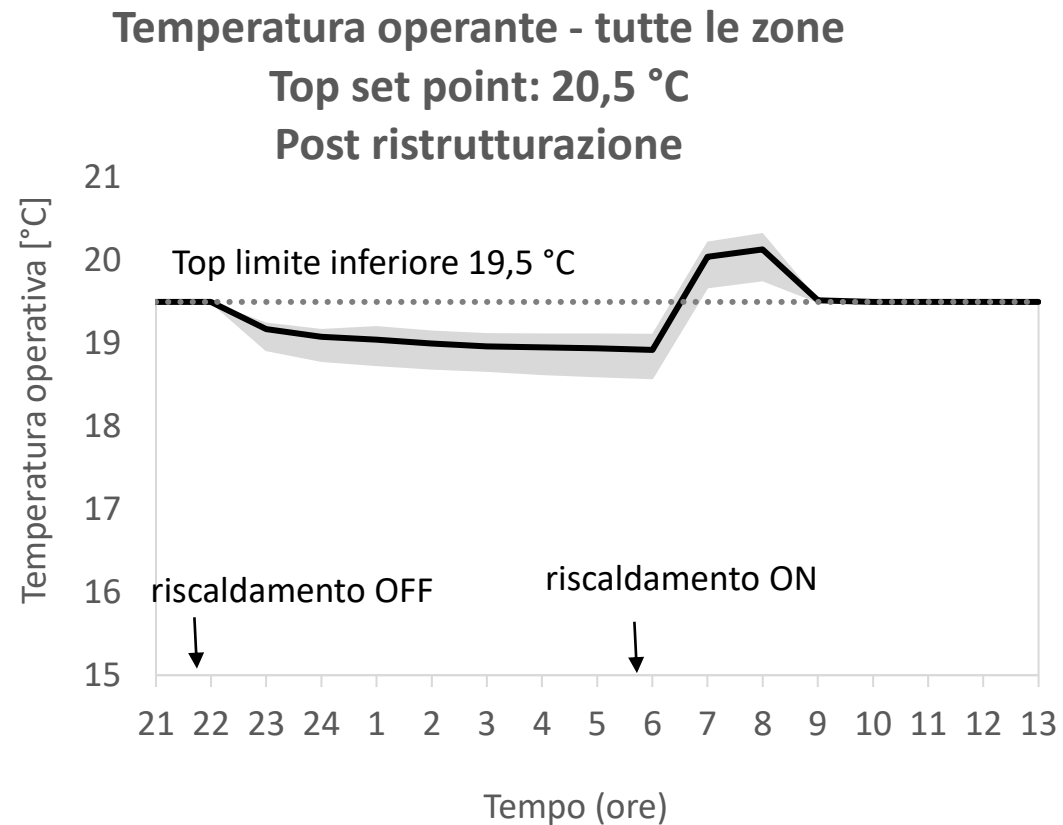
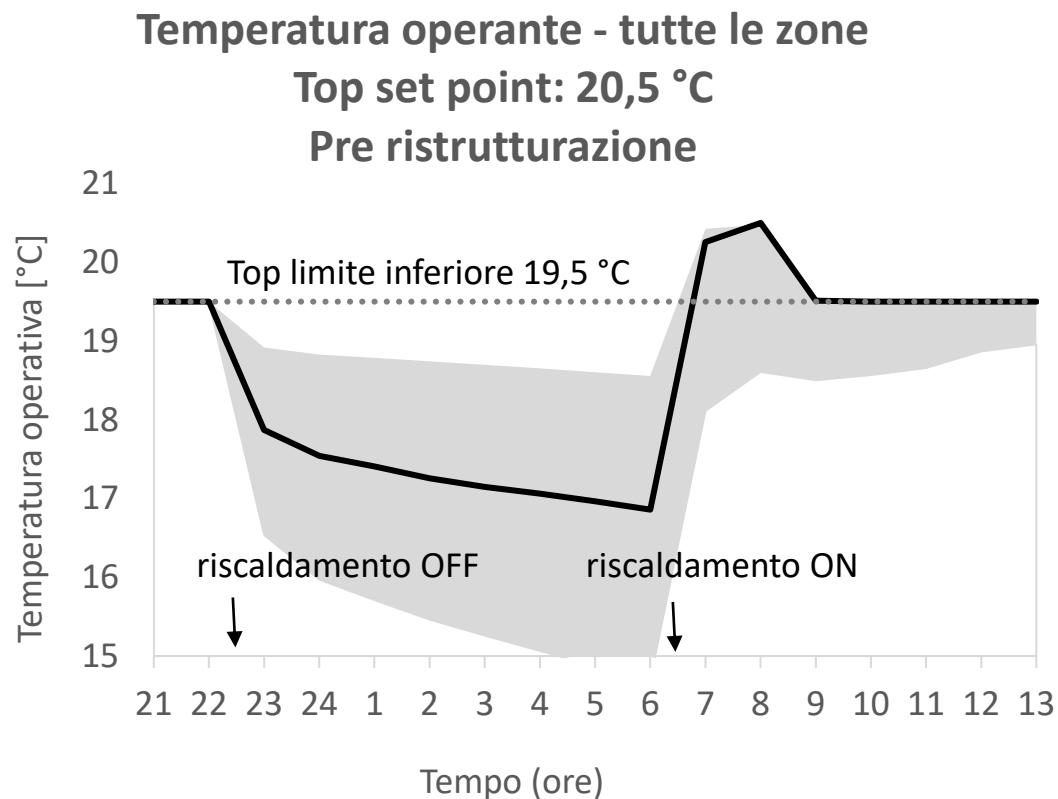


# QUANTA POTENZA TERMICA È STATA RISPARMIATA IN SEGUITO ALLA RIQUALIFICAZIONE PROFONDA?



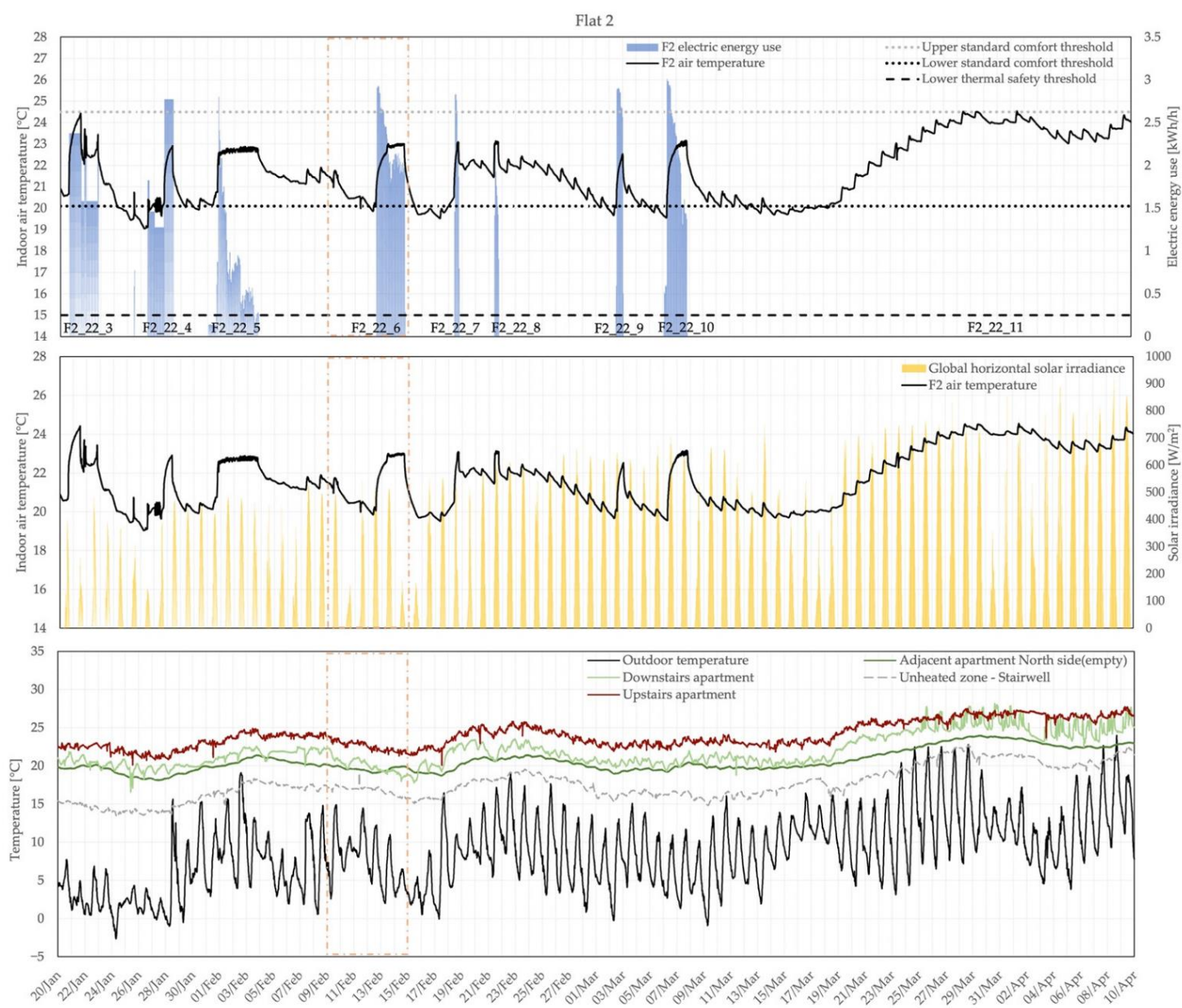
Il fabbisogno di energia termica per riscaldamento nell'unità di tempo pre-retrofit di 120 kW termici per l'intero edificio è ridotto a 30 kW termici dopo il retrofit, giornata media (i.e. circa 10 kW elettrici con una pompa di calore con COP=3, da confrontare con la potenza per la ricarica di una TESLA, 200 kW)

# IL COMFORT E' FORTEMENTE INFLUENZATO DALL'INVOLUCRO PIUTTOSTO CHE DALLA POTENZA DISPONIBILE (O DALLA FONTE DI ENERGIA)









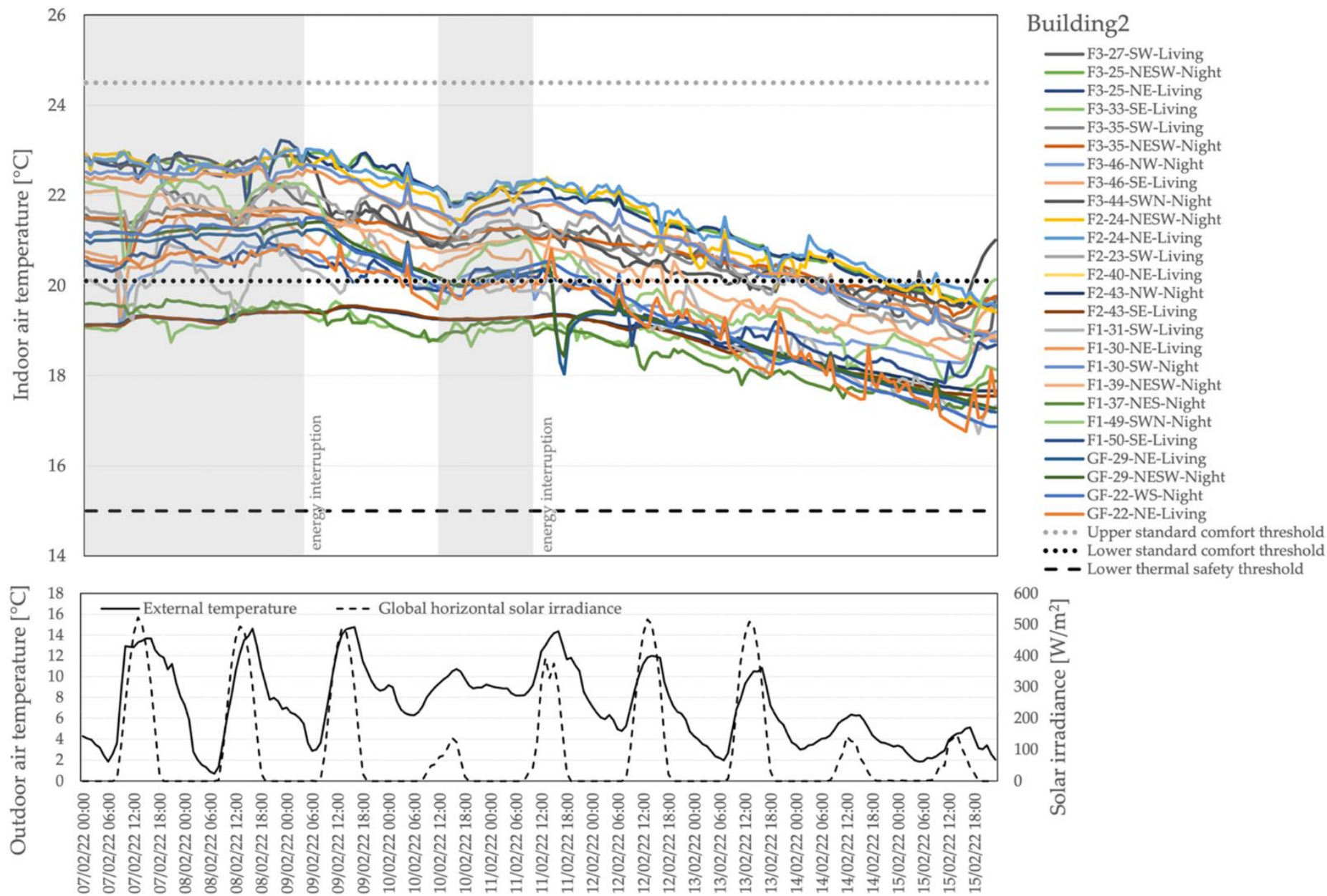
**Figure 9.** Representation of the indoor air temperature variation in the flat F2, located at the second floor and south-oriented during the tests performed from 20 January 2022 to 9 April 2022. The energy interruption occurred from 9 to 15 February in the entire building and is highlighted with orange, dashed lines.

Erba, Silvia, e Alessandra Barbieri.  
 «Retrofitting Buildings into Thermal Batteries for Demand-Side Flexibility and Thermal Safety during Power Outages in Winter». *Energies* 15, fasc. 12 (gennaio 2022): 4405.  
<https://doi.org/10.3390/en15124405>

Test realizzati dal laboratorio eERG,  
 responsabilità Andrea Sangalli

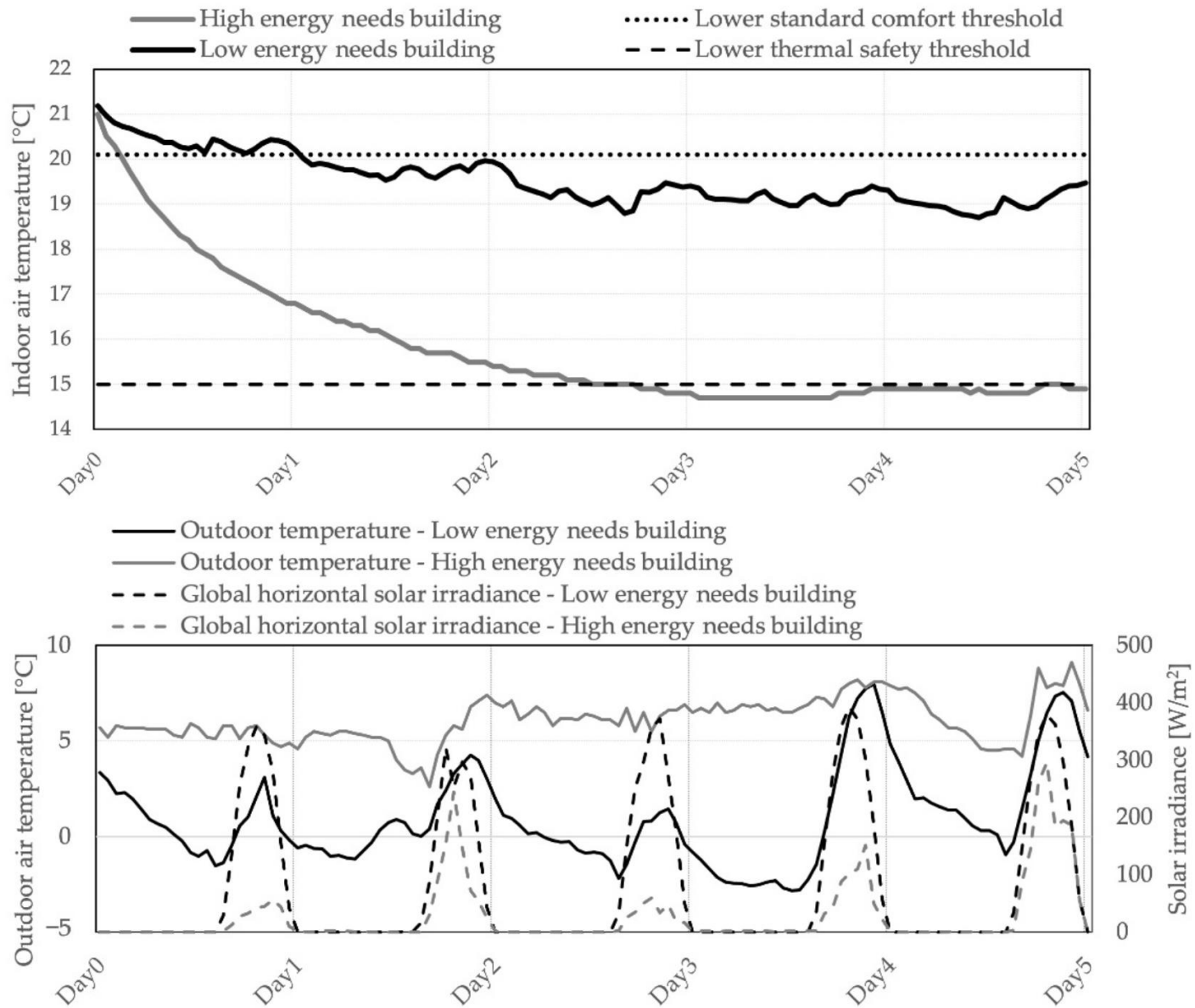


**Figure 4.** Air temperature sensors distribution in a floor type: one-bedroom apartments present one sensor, two or more room apartments present two sensors.



Erba, Silvia, e Alessandra Barbieri. «Retrofitting Buildings into Thermal Batteries for Demand-Side Flexibility and Thermal Safety during Power Outages in Winter». *Energies* 15, fasc. 12 (gennaio 2022): 4405. <https://doi.org/10.3390/en15124405>

Test realizzati dal laboratorio eERG, responsabilità Andrea Sangalli



**Figure 13.** Thermal behavior after a power outage in a low-energy-needs building (northeast oriented flat (F1-03-NE) of the case study discussed in this paper) and in a high-energy-needs building (east oriented flat of a multiapartment building located in Milan).

Erba, Silvia, e Alessandra Barbieri. «Retrofitting Buildings into Thermal Batteries for Demand-Side Flexibility and Thermal Safety during Power Outages in Winter». *Energies* 15, fasc. 12 (gennaio 2022): 4405. <https://doi.org/10.3390/en15124405>

Test realizzati dal laboratorio eERG, responsabilità Andrea Sangalli



**Thermal sensation scale** offers a set of standard answers to the question: **‘how do you feel at this time?’**

- +3 hot
- +2 warm
- +1 slightly warm
- 0 neutral
- 1 slightly cool
- 2 cool
- 3 cold

Tens of thousands of interviews collected in ASHRAE Global Comfort **Database II** and in **Standards** (EN 16798 and ASHRAE 55: 2020)

**ABC21 will add new data from Africa, presently missing**

Földvary Licina, Veronika, Richard de Dear,, Edward Arens, et al. «Development of the ASHRAE Global Thermal Comfort Database II». *Building and Environment* 142 (1 settembre 2018): 502–12. <https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2018.06.022>.

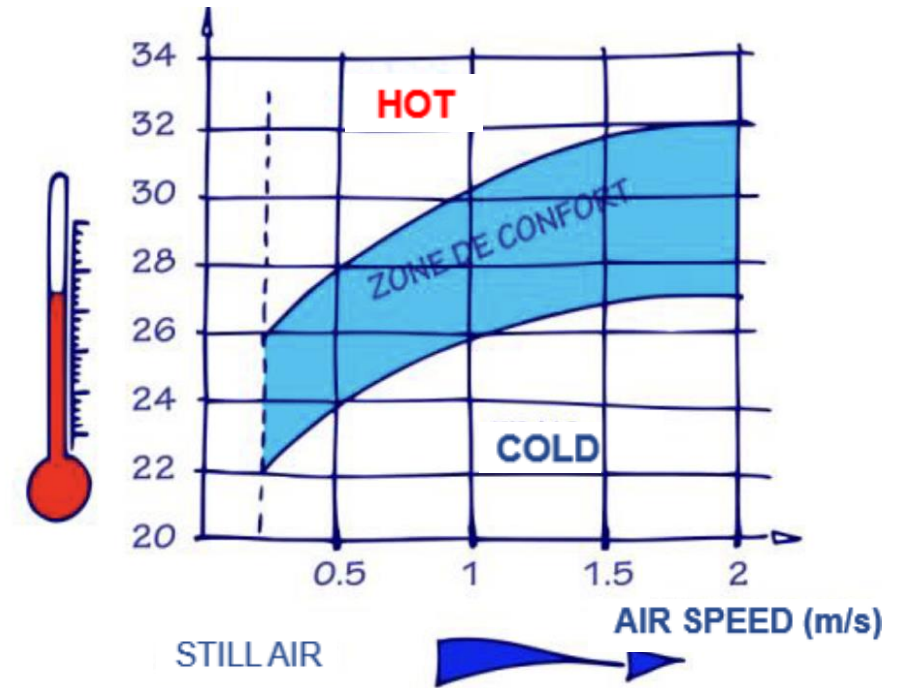
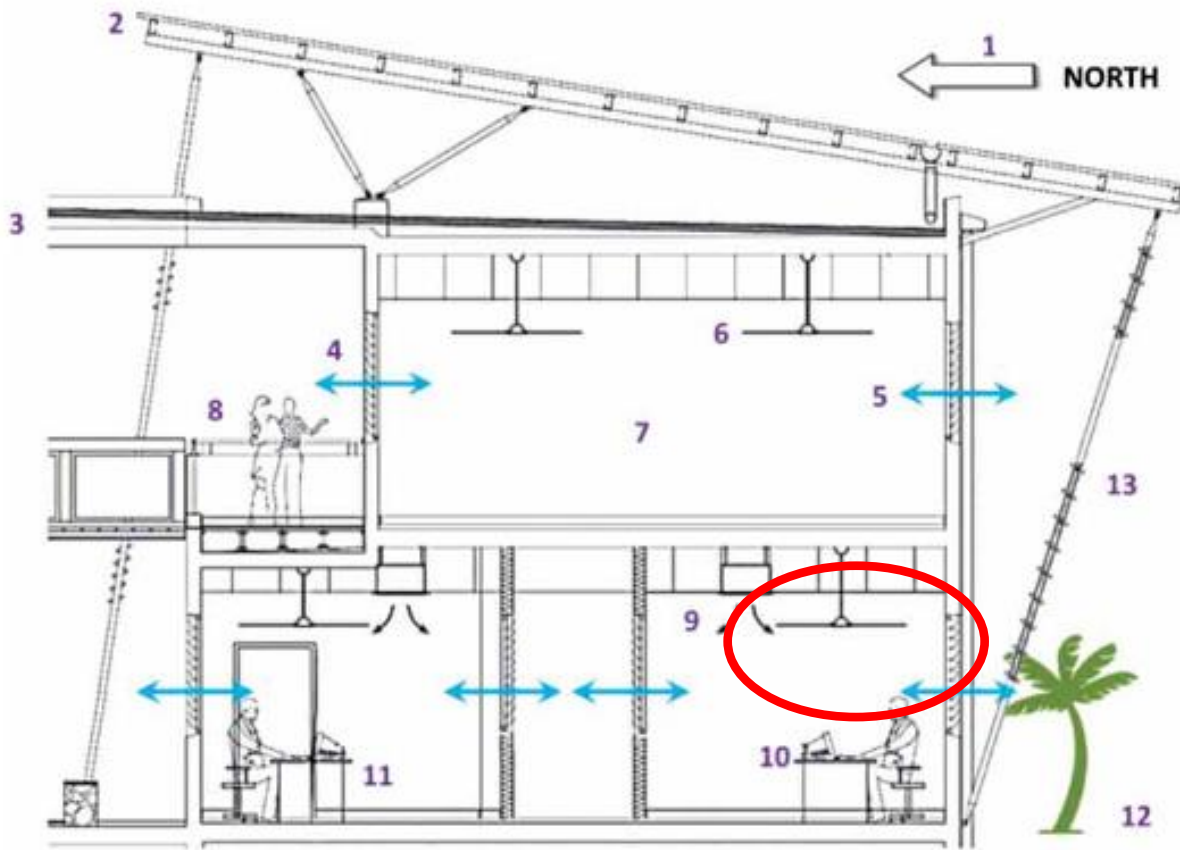
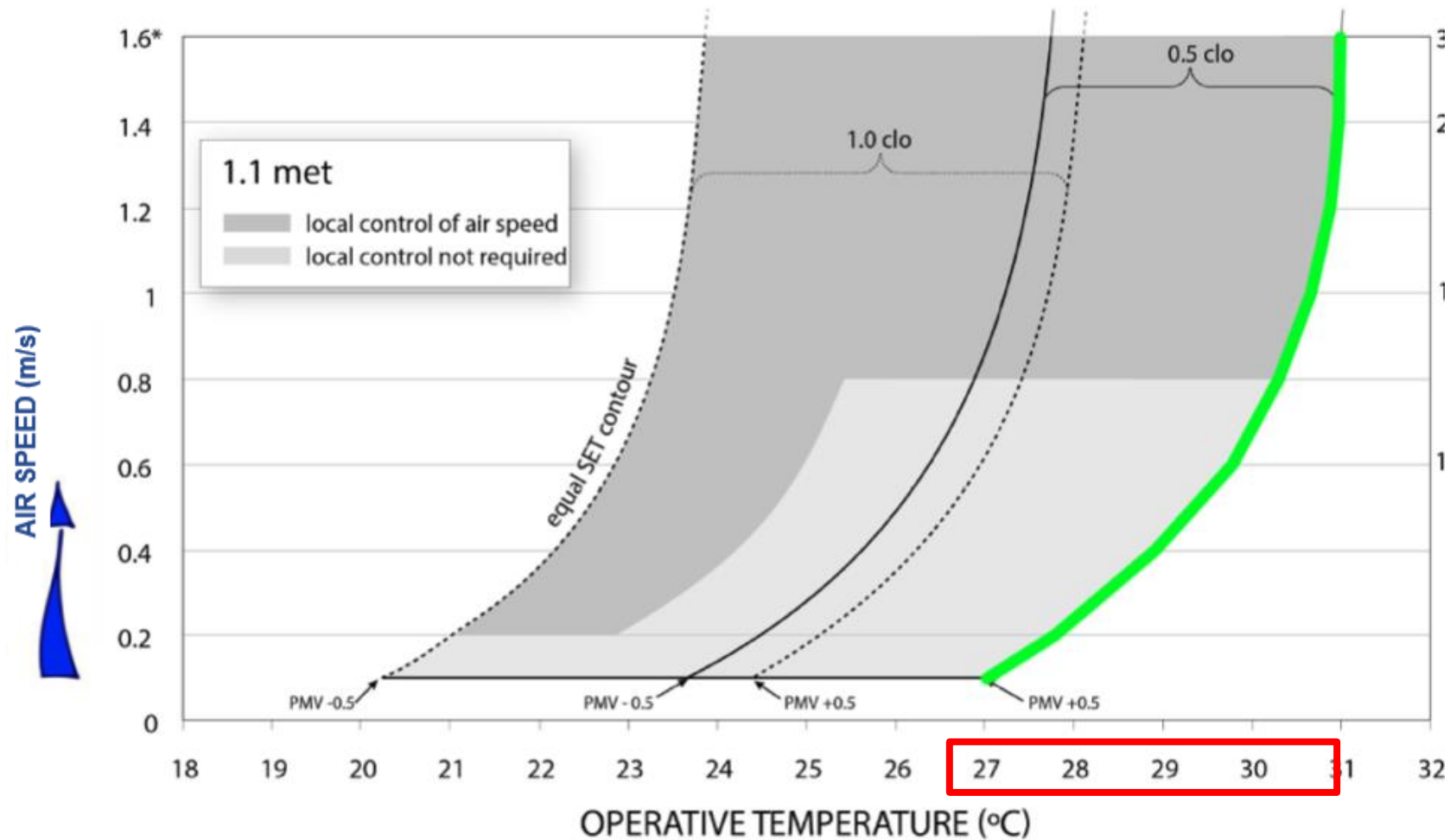


Figure 4. Passive principles of the ENERPOS building.



Lenoir, Aurélie, George Baird, e François Garde. «[Post-Occupancy Evaluation](https://doi.org/10.1080/00038628.2012.702449) and Experimental Feedback of a Net Zero-Energy Building in a Tropical Climate». *Architectural Science Review* 55, fasc. 3 (agosto 2012): 156–68. <https://doi.org/10.1080/00038628.2012.702449>.

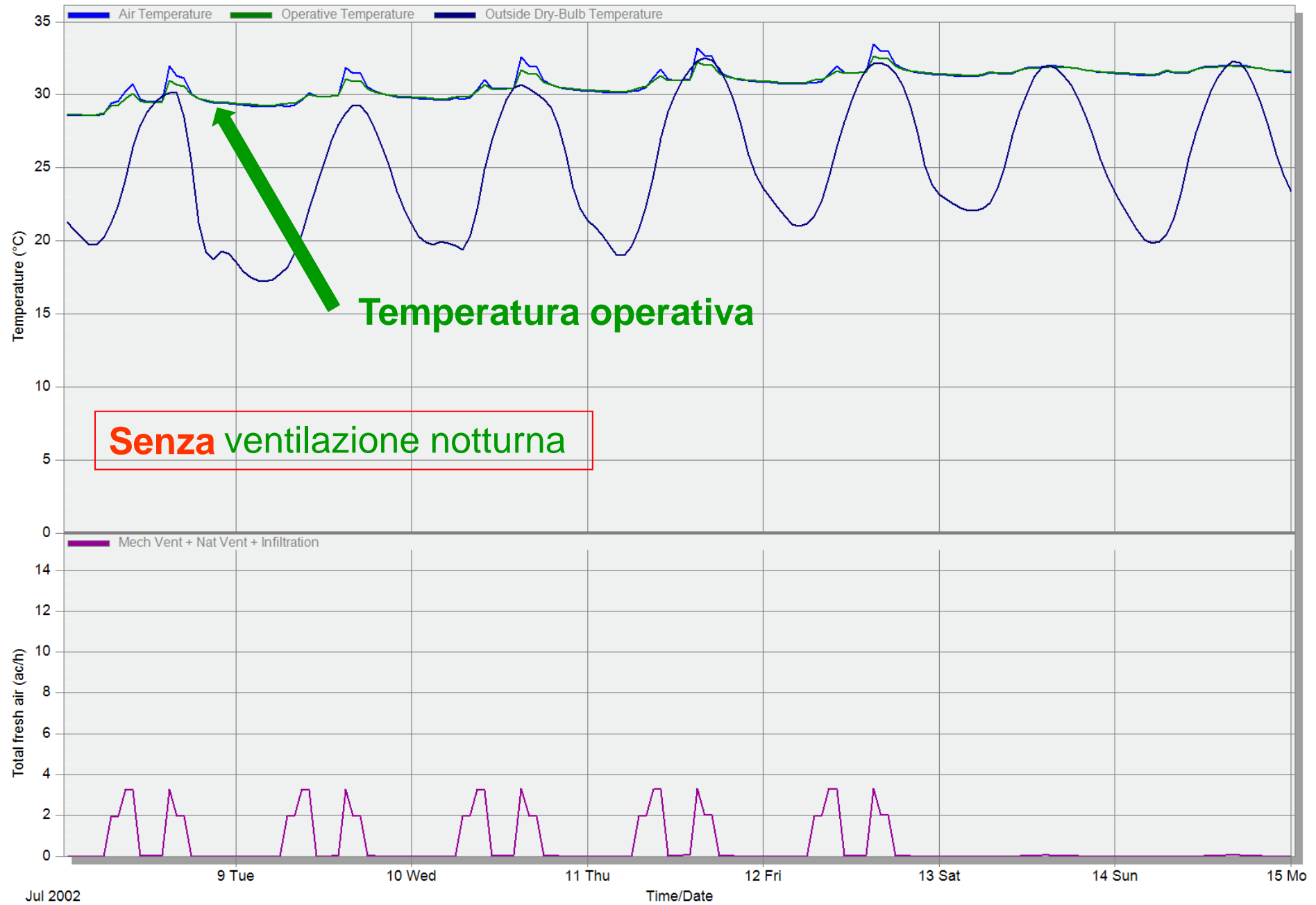


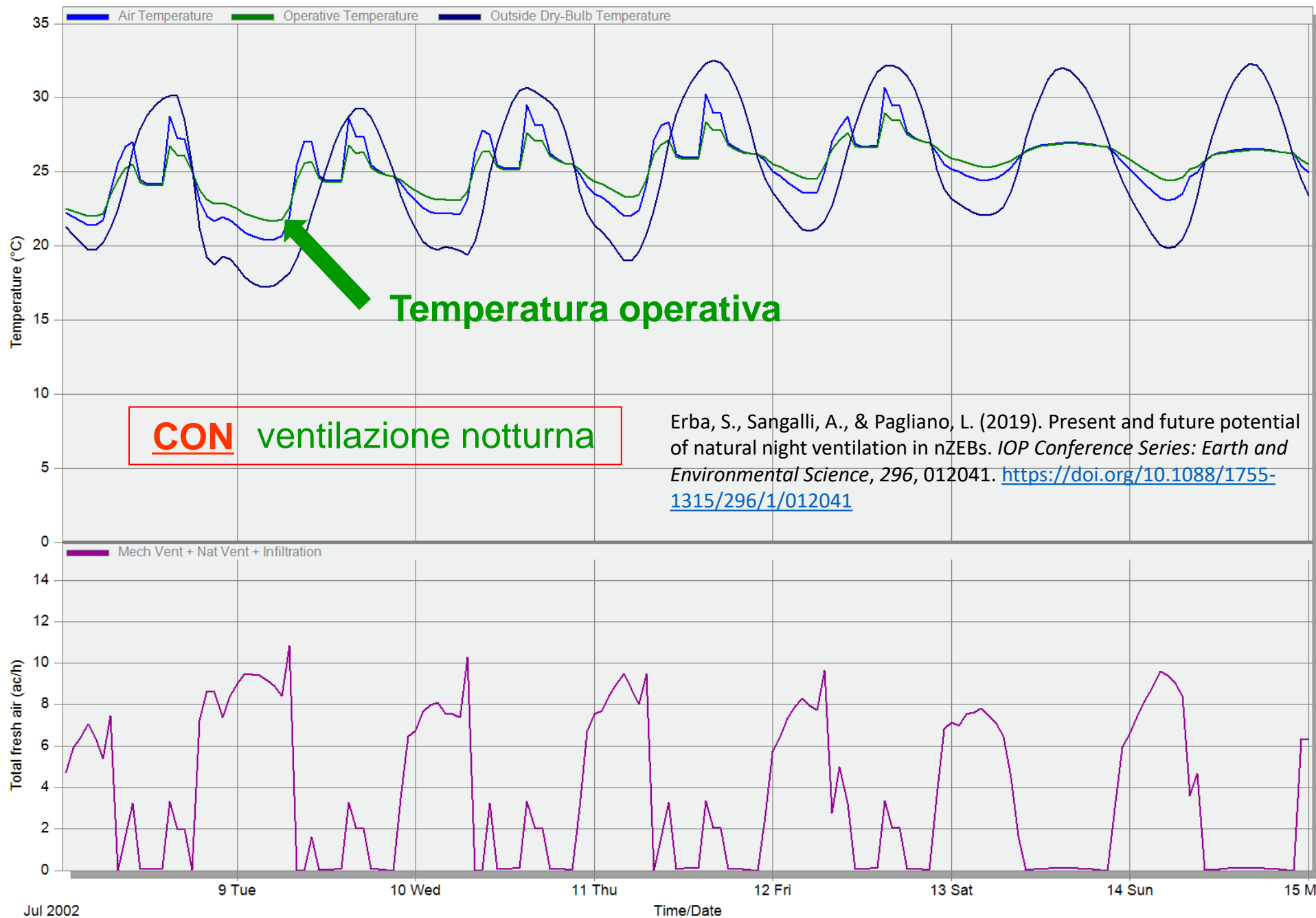
Elevated air speed comfort zone method in ASHRAE 55:2020

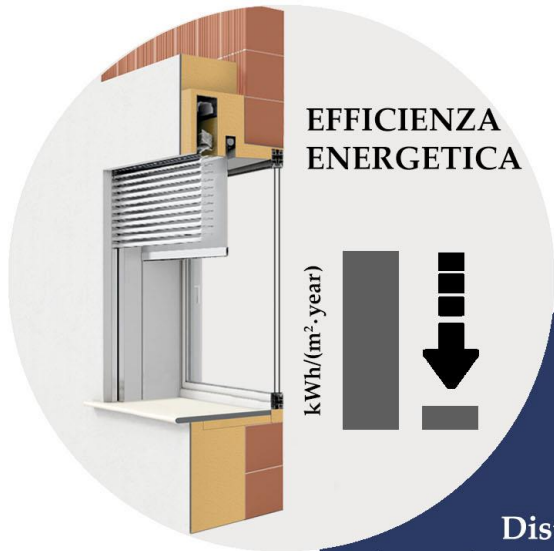
\* There is no upper limit to air speed when occupants have local control.



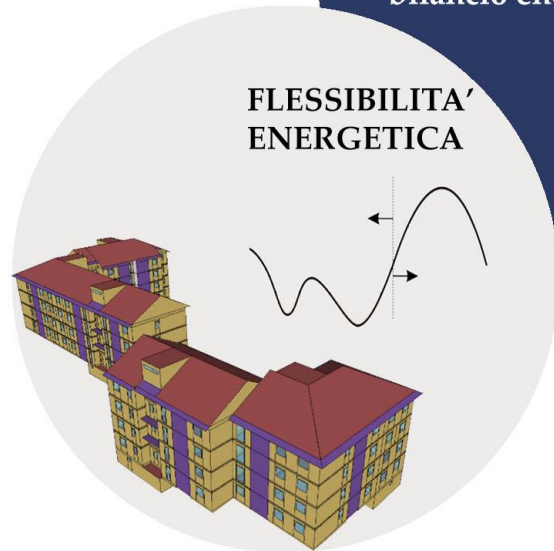








**Distretti con basso fabbisogno energetico e bilancio energetico positivo**



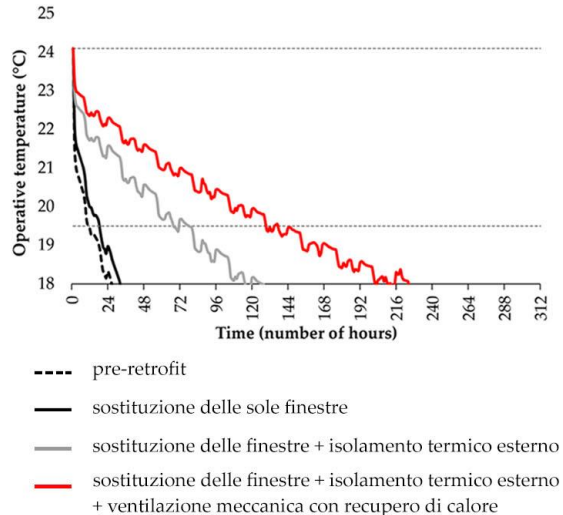
**Distretto a energia positiva con zero o basso consumo di suolo**

**EFFICIENZA ENERGETICA**  
 Riduzione del fabbisogno energetico per il riscaldamento e il raffrescamento.  
 Riduzione del consumo totale di energia primaria.  
 Parole chiave:  
 - retrofit energetico profondo  
 - edifici a energia zero a basso costo  
 - protocolli di misurazione e verifica

**FLESSIBILITA' ENERGETICA**  
 L'accumulo di energia termica nelle strutture degli edifici altamente isolati consente di spostare i carichi di riscaldamento e raffrescamento nei periodi in cui è disponibile la generazione da fonti rinnovabili.

**SUFFICIENZA ENERGETICA**  
 Sinergia tra azioni a livello di edificio e di distretto:  
 - ventilazione notturna estiva consentita da un quartiere silenzioso e pulito  
 - ventilatori a soffitto  
 - superfici bianche/fredde e ombreggiatura degli spazi pubblici  
 - superfici d'acqua e vegetazione urbana  
 - quartieri pedonali e ciclabili, spazi verdi, spazi comuni  
 - asciugatura in linea e risparmio di acqua/acqua calda

**PRODUZIONE DI ENERGIA**  
 Riduzione dell'uso di energia primaria non rinnovabile.  
 Generazione da fotovoltaico su tetti e facciate, pompe di calore.



Una combinazione di sufficienza, efficienza e flessibilità riduce di 6 volte la superficie necessaria per la produzione di FER.



# Sufficiency - Sobriété - Sufficienza

- **Abitudini di sufficienza** = Misure di sufficienza adottate dagli individui come cambiamenti permanenti dello stile di vita
- **infrastrutture per la Sufficienza** = Infrastrutture fisiche e non fisiche abilitanti **Abitudini di sufficienza**
- **Quadro sociale per la Sufficienza** = istituzioni, legislazione, norme abilitanti **Abitudini di sufficienza**



Speed	Calories	Time	Distance
18	144	00:22	6,9
km/h	kcal	h	km



(28) When applying the requirements for electromobility infrastructure provided for in the amendments to Directive 2010/31/EU, as set out in this Directive, Member States should consider the need for holistic and coherent urban planning as well as the promotion of alternative, safe and sustainable modes of transport and their supporting infrastructure, for example through dedicated parking infrastructure for electric bicycles and for the vehicles of people of reduced mobility.

# La Direttiva sul rendimento energetico nell'edilizia (EPBD)

- Preambolo 28 « ...gli Stati membri dovrebbero prendere in considerazione la necessità di una pianificazione urbana olistica e coerente, nonché la promozione di modalità di trasporto alternative, sicure e sostenibili e della loro infrastruttura di sostegno, per esempio tramite **infrastrutture dedicate per il parcheggio delle biciclette** elettriche e per i veicoli delle persone a mobilità ridotta. »
- Art 8. Gli Stati membri prendono in considerazione la necessità di **politiche coerenti per gli edifici, la mobilità dolce e verde e la pianificazione urbana.**



## Aim and benefits

The aim of this **credit** is to allow **residents** a **space** to dry clothes which is not **energy** intensive (tumble drying), and does not cause **damp** in the **home**.

This **issue** offers the following potential **benefits** to **end users** and **clients**:

- Reduced **energy consumption** / **energy bills**;
- In multi-**residential** accomodation, allows for **space** saving / **lifestyle** options in **dwelling**s through centralised **facilities**.

<https://fulfill-sufficiency.eu/>

Abilitare abitudini di Sufficienza negli edifici ( e nei quartieri)

## BREEAM Drying space



## The energy label for bathroom products



This label indicates whether shower heads, fittings and water-saving attachments are energy-efficient by classifying them in categories from A (high



# Risparmi nell'ordine del 50% etichettatura svizzera ed EU volontaria disponibili da anni.

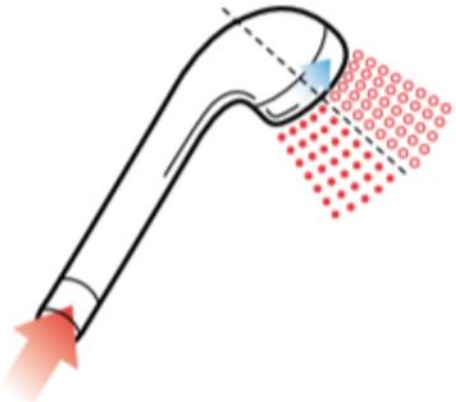
Erba, S., Pagliano, L., 2021. Combinare sufficienza, efficienza e flessibilità per raggiungere gli obiettivi dei distretti energetici positivi. *Energie* 14, 4697. <https://doi.org/10.3390/it14154697>

Erba, S., & Pagliano, L. (2020). *Manuale delle migliori pratiche AZEB per gli utenti*. [www.azeb.eu](http://www.azeb.eu)

Pagliano, L., Erba, S., & Peuporier, B. (2019). *Definizione di indicatori e metodi di valutazione - Un rapporto sui progetti AZEB (D.2.1)*. [www.azeb.eu](http://www.azeb.eu)

<https://www.bfe.admin.ch/bfe/it/home/efficienza/etichette-energetiche-e-requisiti-di-efficienza/etichette-volontarie/prodotti-bagno.html>

<https://www.ricambirubinetteria.com/it/docce-doccetta-doccetta-moderna-bagno/doccetta-fit-air-cromo/>







**CBE** **CBE Fan Tool** [About | FAQ | User Guide](#)

Show me an example

Unit system: Metric **Imperial**

\* Which fan type?

\* Which design air speed ranges?

\* Basic constraints

\* Advanced constraints

Buttons: **Search** **Save** **Restore** **Show**

Which solution to display?

Fan Type	#	# Fans	Min. airspeed (fpm)	Costing effect (% at max)	Avg. airspeed (fpm)	Max. airspeed (fpm)	Costing effect (% at max)	Uniformity
Example1	7.0	3	117	4.1	224	420	7.7	0.28
Example2	7.0	8	213	9.8	200	410	7.7	0.50
Example3	7.0	8	175	5.3	300	420	7.7	0.41

Display: **Floor plan** Cell plan Cell section Display settings

6 Example3 fans

Room dimensions: 60.0 x 40.0 x 10 ft high

Diagram showing fan placement and airflow patterns on a floor plan.

Legend for airflow speed ranges:

- Exceeded or below: 213 fpm (5.4 m/s)
- Exceeded or below: 117 fpm (2.9 m/s)
- Exceeded or below: 100 fpm (2.5 m/s)
- Exceeded or below: 75 fpm (1.9 m/s)
- Exceeded or below: 50 fpm (1.3 m/s)
- Exceeded or below: 25 fpm (0.6 m/s)

Room dimensions: 60.0 x 40.0 x 10 ft high





Potete inviarcì vostri commenti qui:



# Grazie dell'attenzione

**Prof. Lorenzo Pagliano**

(lorenzo.pagliano@polimi.it)

[www.sato-project.eu](http://www.sato-project.eu)



This project receives funding from the European Union's Horizon 2020 Research and Innovation Programme under Grant Agreement No 957128



**POLITECNICO MILANO**



**end-use Efficiency Research Group**