# Legge 10, progettazione isolante e casi particolari (tetti verdi e ventilati)

Ph.D. Ing. Alessandro Cavalletti
Professore a contratto Scuola Politecnica Genova

Email: alecavalletti@libero.it;
alessandro.cavalletti@edu.unige.it

# LE DEFINIZIONI

## NUOVA COSTRUZIONE ED ASSIMILATI

Nuovi, Demolizione e ricostruzione

Qualsiasi titolo abilitativo e dimensione

Ampliamento:
- connesso
- nuova unità

New !! recupero di volumi precedentemente non climatizzati

Ampliamento e sopraelevazione

$V_{new} > 15\%\ V_{old}$

Oppure

$V_{new} > 500\ m^3$

Verifica solo su nuova porzione

Prestazione impianti: dati tecnici degli impianti comuni risultanti

## RISTRUTTURAZIONI IMPORTANTI DI 1 LIVELLO

$S_{coinvolta} > 50\% S_{disp.\ lorda}$

+

Ristrutturazione impianto

**Requisiti applicati all'intero edificio ed impianti interessati**

**Esempio:**
**Ristrutturazione appartamento, Intonaci, coloriture, rifacimento impianto autonomo**

## OBBLIGATORIA LA COESISTENZA DEI DUE

**ristrutturazione dell'impianto** (DLgs 192, all A ulteriori definizioni punto 43)

- "l'insieme di opere che comportano la **modifica sostanziale** sia dei sistemi di **produzione** che di **distribuzione** E/O **emissione** del calore; rientrano in questa categoria anche la **trasformazione** di un impianto termico **centralizzato** in impianti termici individuali, nonché la **risistemazione impiantistica** nelle singole unità immobiliari o parti di edificio in caso di installazione di un impianto termico individuale previo distacco dall'impianto termico centralizzato"

i.e. cambio vettore energetico, nuovo servizio (es. raffrescamento) cambio tipo emissione, cambio organico di materiali e layout distribuzione

## RISTRUTTURAZIONI IMPORTANTI DI 2 LIVELLO

$S_{coinv} > 50\% S_{disp.lorda}$

$S_{coinv}$ da 25 a 50% $S_{disp.lorda}$

Eventuale coinvolgimento impianto

* Invernale
* Estivo

Requisiti applicati solo dove si è intervenuti.

## RIQUALIFICAZIONI ENERGETICHE

$S_{coinvolta} < 25\% S_{disp.}$

nuova installazione, ristrutturazione di un impianto termico/ raffr / acs

altri interventi parziali, ivi compresa la sostituzione del generatore

Requisiti applicati solo dove si è intervenuti.

Principali requisiti minimi (riferiti all'involucro) per le principali destinazioni d'uso

Nuova costruzione ed assimilati e ristrutturazione importante di 1° livello – lato involucro

- Indice di prestazione termica utile per i vari servizi (risc, raffr, globale);
- coefficiente medio globale di scambio termico per trasmissione per unità di superficie disperdente [$W/m^2K$] – $H'_T$;
- verifiche igrotermiche (formazione muffe e condense interstiziali)
- inerzia involucro opaco
- rapporto area solare equivalente estiva e quella della superficie utile dell'edificio ($A_{sol,est}/A_{sup,u}$)
- Schermature solari ($g_{tot}$)
- sistemi schermanti
- Controllo estivo coperture (riflettanza O climatizzazione passiva – tetto ventilato o verde)

Principali requisiti minimi (riferiti all'involucro) per le principali destinazioni d'uso

Ristrutturazione importante di 2° livello – lato involucro

- Trasmittanza in sezione corrente e/o dei serramenti
- Trasmittanza media con i ponti termici
- verifiche igrotermiche (formazione muffe e condense interstiziali)
- Schermature solari ($g_{tot}$)
- Controllo estivo coperture (riflettanza O climatizzazione passiva – tetto ventilato o verde)

Riqualificazione energetica – lato involucro

- Trasmittanza in sezione corrente e/o dei serramenti
- verifiche igrotermiche (formazione muffe e condense interstiziali)
- Schermature solari ($g_{tot}$)
- Controllo estivo coperture (riflettanza O climatizzazione passiva – tetto ventilato o verde)

# Zoom – Trasmittanza sezione corrente

- con misure esterne lorde
- Solo strutture oggetto di intervento
- Se parete con diverse stratigrafie (es. sottofinestra) è mediata (geometrica? Pesata?)
- Si considerano i btr in caso di confine con ambienti non climatizzati
- Verifica condotta raggruppando le strutture in opache verticali, orizzontali e pavimento → non contano gli orientamenti o le stanze o la tipologia

## DM 28/10/2025

**TABELLA 1** (Appendice B)
Trasmittanza termica U limite massima delle **strutture opache verticali**, verso l'esterno soggette a riqualificazione

| Zona climatica | $U_{limite}$ [W/m²K] |
|---|---|
| A-B | 0,40 |
| C | 0,36 |
| D | 0,32 |
| E | 0,28 |
| F | 0,26 |

**TABELLA 2** (Appendice B)
Trasmittanza termica U limite delle strutture opache orizzontali o inclinate di **copertura**, verso l'esterno soggette a riqualificazione

| Zona climatica | $U_{limite}$ [W/m²K] |
|---|---|
| A-B | 0,32 |
| C | 0,32 |
| D | 0,26 |
| E | 0,24 |
| F | 0,22 |

**TABELLA 3** (Appendice B)
Trasmittanza termica U limite delle strutture opache orizzontali di **pavimento**, verso l'esterno soggette a riqualificazione

| Zona climatica | $U_{limite}$ [W/m²K] |
|---|---|
| A-B | 0,42 |
| C | 0,38 |
| D | 0,32 |
| E | 0,29 |
| F | 0,28 |

**TABELLA 4** (Appendice B)
Trasmittanza termica U limite delle **chiusure tecniche trasparenti** e opache e dei cassonetti (*), comprensivi degli infissi, verso l'esterno e verso ambienti non climatiz. soggette a riqualificazione

| Zona climatica | $U_{limite}$ [W/m²K] |
|---|---|
| A-B | 3,00 |
| C | 2,00 |
| D | 1,80 |
| E | 1,40 |
| F | 1,00 |

## DM 16/06/2015

**TABELLA 1** (Appendice B)
Trasmittanza termica U massima delle **strutture opache verticali**, verso l'esterno soggette a riqualificazione

| Zona climatica | $U_{limite}$ [W/m²K] | |
|---|---|---|
| | Dal 1° ottobre 2015 | Dal 1° gennaio 2021 |
| A-B | 0,45 | 0,40 |
| C | 0,40 | 0,36 |
| D | 0,36 | 0,32 |
| E | 0,30 | 0,28 |
| F | 0,28 | 0,26 |

**TABELLA 2** (Appendice B)
Trasmittanza termica U massima delle strutture opache orizzontali o inclinate di **copertura**, verso l'esterno soggette a riqualificazione

| Zona climatica | $U_{limite}$ [W/m²K] | |
|---|---|---|
| | Dal 1° ottobre 2015 | Dal 1° gennaio 2021 |
| A-B | 0,34 | 0,32 |
| C | 0,34 | 0,32 |
| D | 0,28 | 0,26 |
| E | 0,26 | 0,24 |
| F | 0,24 | 0,22 |

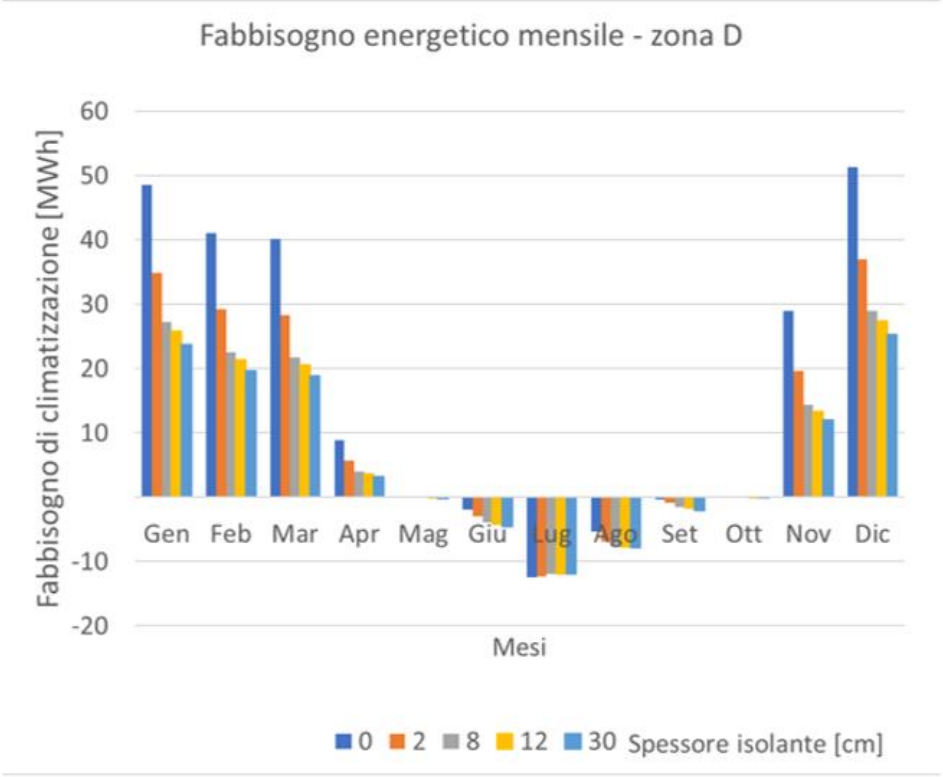
**TABELLA 3** (Appendice B)
Trasmittanza termica U massima delle strutture opache orizzontali di **pavimento**, verso l'esterno soggette a riqualificazione

| Zona climatica | $U_{limite}$ [W/m²K] | |
|---|---|---|
| | Dal 1° ottobre 2015 | Dal 1° gennaio 2021 |
| A-B | 0,48 | 0,42 |
| C | 0,42 | 0,38 |
| D | 0,36 | 0,32 |
| E | 0,31 | 0,29 |
| F | 0,30 | 0,28 |

**TABELLA 4** (Appendice B)
Trasmittanza termica U massima delle **chiusure tecniche trasparenti** e opache e dei cassonetti, comprensivi degli infissi, verso l'esterno e verso ambienti non climatiz. soggette a riqualificazione

| Zona climatica | $U_{limite}$ [W/m²K] | |
|---|---|---|
| | Dal 1° ottobre 2015 | Dal 1° gennaio 2021 |
| A-B | 3,20 | 3,00 |
| C | 2,40 | 2,00 |
| D | 2,10 | 1,80 |
| E | 1,90 | 1,40 |
| F | 1,70 | 1,00 |

Differenze?? Nella nuova versione tengono conto di tutti i PT non riportati nella tabella dedicata..




In assenza di isolamento molte dispersioni in periodo invernale, pochi picchi concentrati di fabbisogno estivo

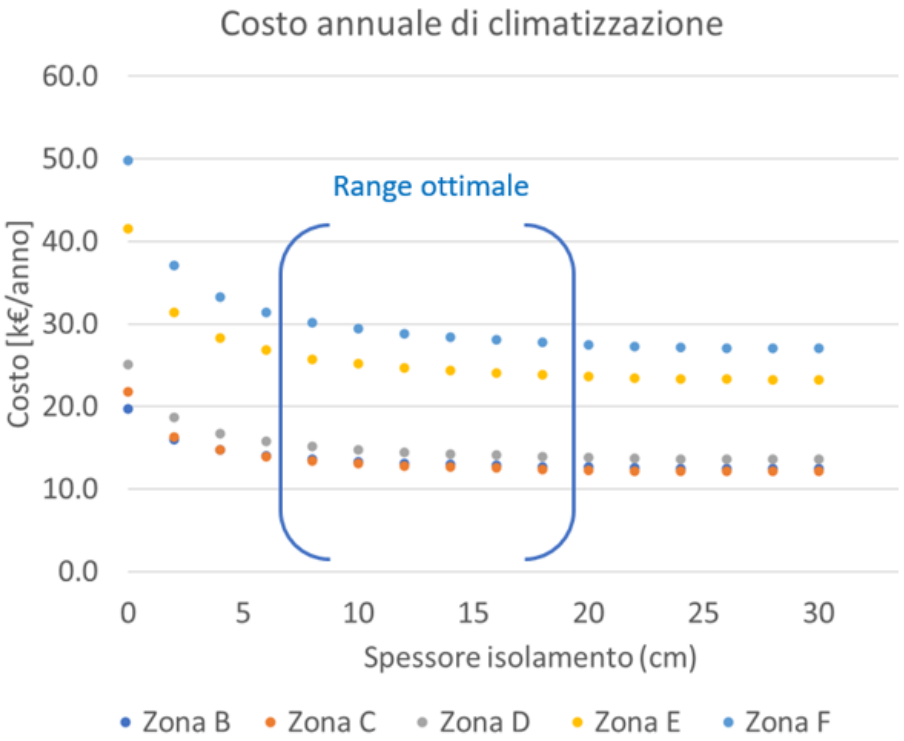
Aumentando l'isolamento riduzione dei picchi invernali e aumento del fabbisogno estivo

Gli aumenti di isolamento determinano miglioramenti via via meno significativi rispetto al caso precedente

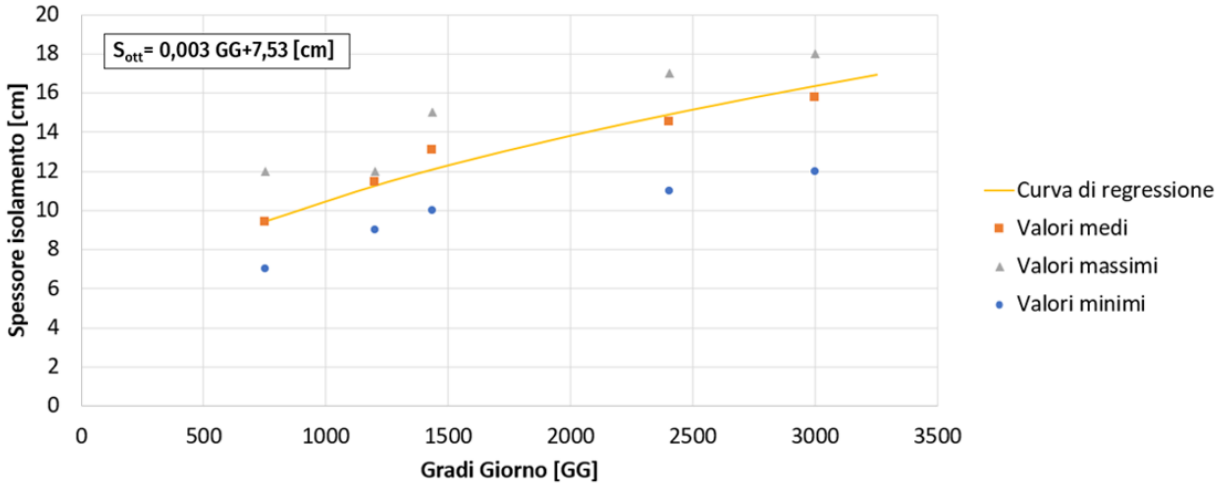
Analisi costi benefici?

Criterio di ottimizzazione: minimizzare il costo annuale di climatizzazione (i.e., raffrescamento + riscaldamento)

La regione ottimale individuata dipende dalla zona climatica considerata




## Intervalli di isolamento ottimale

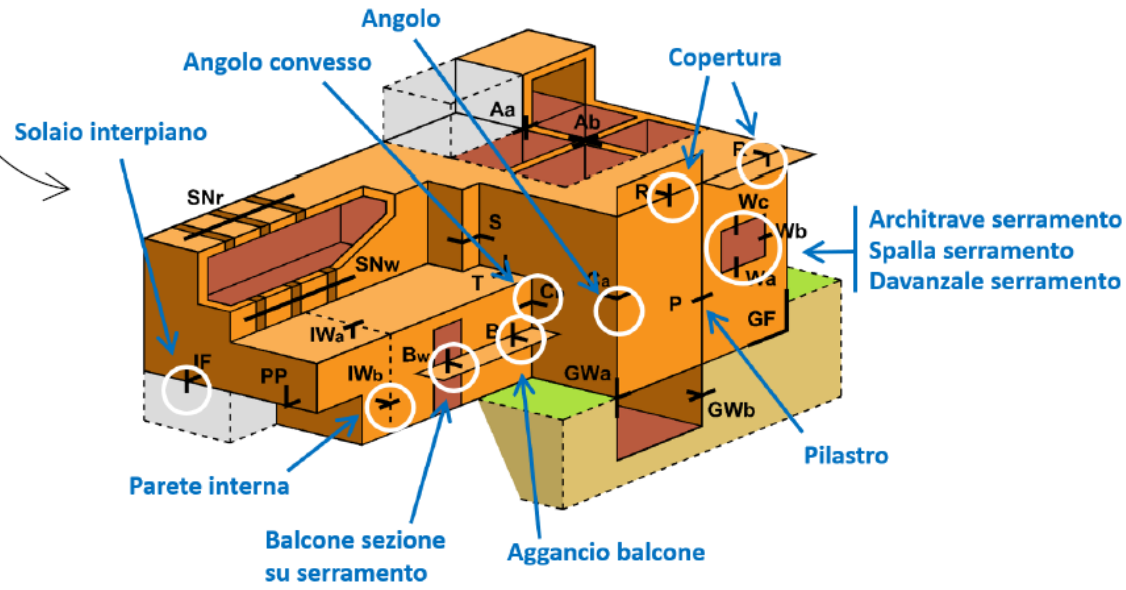


# Zoom – Trasmittanza media con ponti termici

$$\frac{\Sigma A \cdot U + \Sigma \Psi \cdot L}{\Sigma A} < \frac{\Sigma A \cdot U_{lim} + \Sigma \Psi_{tab} \cdot L}{\Sigma A}$$

- con misure esterne lorde sulla porzione di involucro interessata dai lavori
- Solo ponti termici ricompresi in tabella
- Attribuire equamente (50% FAQ) ciascun PT a ciascuna delle due strutture incidenti che lo collega

**Importante:** Sono considerati all'interno del calcolo unicamente i ponti termici presenti nelle tabelle da 5 a 7. Le tipologie di ponti termici ivi non comprese non devono essere conteggiate né per il calcolo della trasmittanza termica di progetto né per il calcolo della trasmittanza termica limite.
Con riferimento allo schema del software IRIS i ponti termici considerati nel calcolo sono i seguenti
Maggiori dettagli sul software IRIS su www.anit.it/iris



Comune di Genova – 30/07/2025



Buongiorno,

Considerato che il combinato disposto normativo (D.M.26/06/2009, abrogato) da cui si deduceva che il deposito dell'AQE con la fine lavori era necessario esclusivamente per Nuove Costruzioni, Demolizione e Riscostruzione e Sostituzione Edilizia non è più applicabile, l'**AQE deve essere depositato contestualmente alla Dichiarazione e Asseverazione di Fine Lavori per qualsiasi fattispecie di intervento di cui al DM 26 giugno 2015, ai sensi del d.lgs 192/2005 art. 8 comma 2.**

In particolare la norma prescrive che per ogni intervento per il quale è risultato necessario depositare la Legge 10, all'atto del deposito della dichiarazione di Fine Lavori, debba essere anche allegato l'AQE.

# Zoom – AQE

Attestato **Qualificazione** Energetica ≠ Attestato **Prestazione** Energetica

| AQE | APE |
|---|---|
| Si allega alla fine lavori (Comune), ma non ha deposito ufficiale (Regione) | Si deposita al catasto APE (Regione) |
| Può essere riferito all'intero edificio oggetto di efficientamento energetico | È riferito a una singola UI |
| Attesta la rispondenza dell'edificio alle normative in materia energetica a valle di un efficientamento<br>Classe solo proposta e anche riferita potenzialmente a più ui | Documento ufficiale che attesta il consumo standard e la classe di efficienza dell'immobile |
| Non può essere usato in sostituzione dell'APE per locazioni, compravendite etc | È il documento ufficiale per locazioni, compravendite etc |
| Legato alla chiusura del cantiere, non avendo veste ufficiale non ha durata | Validità decennale |

# Zoom – tipologia di isolante



## Materiali isolanti termici

Sfruttano la bassa conducibilità dell'aria (k = 0.026W/m K) che riempie materiali porosi o fibrosi.
Si deve parlare pertanto di conducibilità apparente

Origine

| Minerale | Vegetale | Petrolchimica |
|---|---|---|
| Pannelli e Feltri in:<br>Fibra di roccia<br>Fibra di vetro | Pannelli in:<br>Fibra di cellulosa<br>Fibra di legno<br>Fibra di lino<br><br>Sughero | Pannelli in:<br>Polistirene espanso ed estruso<br><br>Poliuretano (materassini) |
| $\lambda$ (tipico) = 0.03~0.045 W/mK | $\lambda$ (tipico) = 0.04~0.05 W/mK | $\lambda$ (tipico) = 0.030~0.038<br><br>Isolanti sottovuoto<br>$\lambda$ (tipico) = 0.010 W/mK |

## Isolanti sottovuoto





| | |
|---|---|
| Conducibilità termica | [W/mK] |
| Valore di calcolo | 0,008 |

## Isolanti vegetali

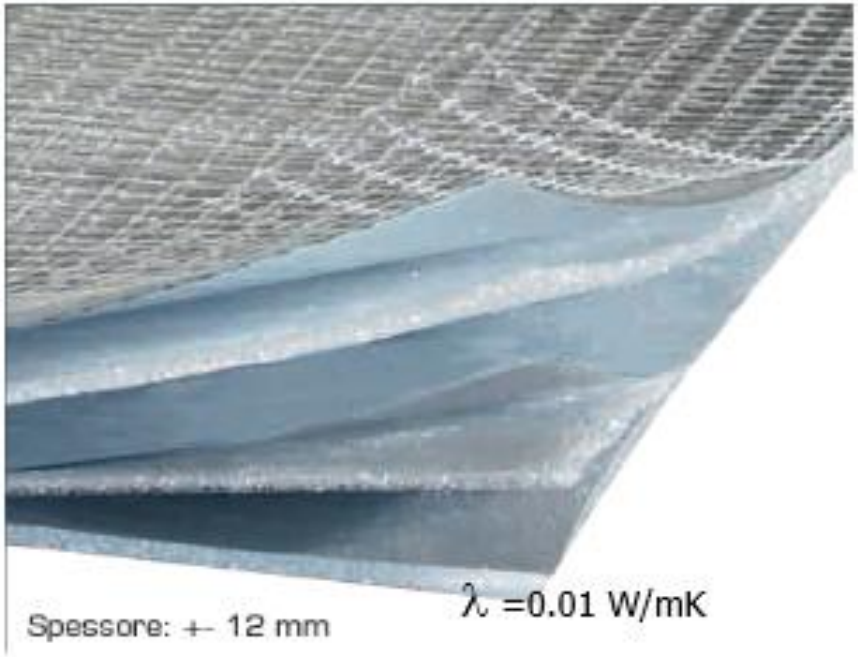


| | | |
|---|---|---|
| Massa volumica | [kg/m³] | 30 |
| Conduttività termica | [W/mK] | 0,040 |
| Calore specifico | [kJ/kgK] | 1,6 |



## Isolante gel silicio






Sono costituiti da molteplici strati di materiali a bassa emissività (sottili fogli metallici) con interposto materiale fibroso. Lo scopo è ridurre drasticamente la radiazione termica



Isolanti multilayer

Retrofit:
Isolamento a cappotto



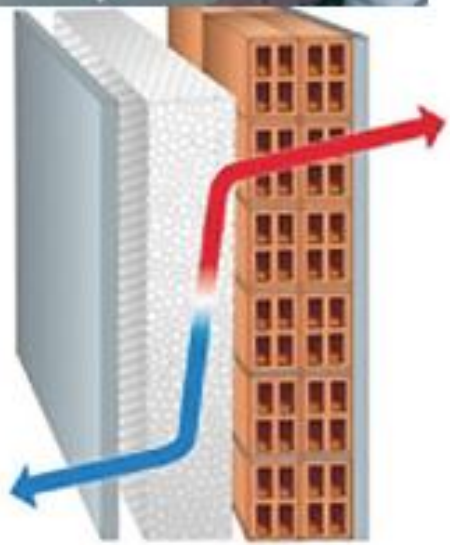






Applicazione Nuovi edifici



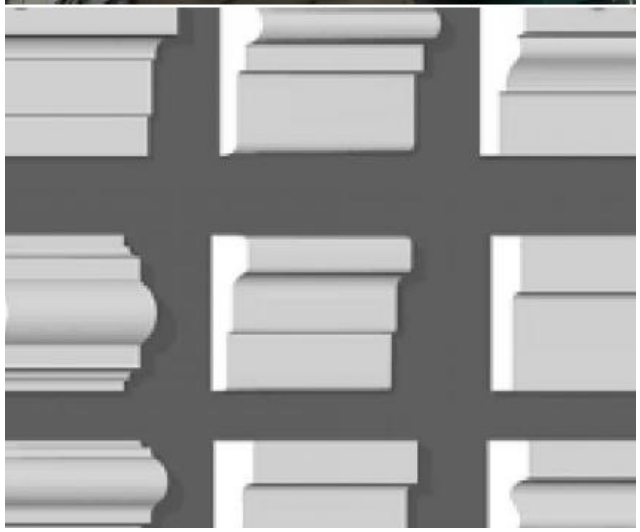


Comune di Genova – 07/05/2021
Buongiorno,

quanto da Lei chiesto, in tema di occupazione suolo pubblico connessa ad interventi di contenimento energetico degli edifici con apposizione dei cosiddetti "cappotti termici", non ha ancora trovato una univoca determinazione degli uffici comunali coinvolti.
Tuttavia, il mio Settore, più direttamente coinvolto dalla problematica, sta rilasciando pareri, sulla base di specifiche richieste, in cui l'orientamento è il seguente:
l'occupazione suolo pubblico **non è sempre possibile a causa della limitata larghezza dei marciapiedi,** quando presenti, o delle strade su cui gli edifici si affacciano, e deve essere valutata caso per caso.
nel caso sia possibile concederla, l'Amministratore del condominio dovrà sottoscrivere un atto concessorio che comporterà il pagamento di un canone annuo di occupazione suolo
nel caso non sia possibile realizzare il cappotto fino a terra, è possibile realizzarlo in elevazione e, in tal caso, è allo studio la possibilità di applicare un canone annuo di occupazione in soprasuolo
(omissisi) fino a ca 2-3 cm di spessore non sarà necessario sottoscrivere alcuna concessione e l'occupazione non darà luogo al pagamento di alcun canone.


SENSO







*Ministero della cultura*

DIREZIONE GENERALE ARCHEOLOGIA BELLE ARTI E PAESAGGIO
SOPRINTENDENZA ARCHEOLOGIA BELLE ARTI E PAESAGGIO PER LA CITTÀ METROPOLITANA DI GENOVA E LA PROVINCIA DI LA SPEZIA

SOPRINTENDENZA ARCHEOLOGIA BELLE ARTI E PAESAGGIO PER LA PROVICNIA DI IMPERIA E SAVONA

13.03.21

Linee di indirizzo per gli interventi su edifici sottoposti a tutela ai sensi del Codice dei Beni Culturali Parte II e III, e sull'edificato con valore storico e documentale ai fini dell'applicazione della Legge 27 dicembre 2019, n.160 (c.d. bonus facciate 90%) e Legge n.77 del 17 luglio 2020, art. 119 (c.d. superbonus 110%) - Precisazioni in merito alla nota 2310 del 17.02.2021

... In merito alla qualificazione degli interventi di isolamento termico che interessano l'involucro dell'edificio mediante la **realizzazione di un "cappotto"** esterno, deve evidenziarsi come, **pur confermando la possibilità di esentare** i medesimi interventi qualora ascrivibili alla categoria della manutenzione straordinaria a condizione *"che non alterino lo stato dei luoghi e l'aspetto esteriore degli edifici»* . le specifiche caratteristiche tecnico-costruttive, …. possono comportare **incrementi di spessore** anche **significativi** in funzione dello specifico materiale, della soluzione tecnica prescelta e del grado di efficientamento termico richiesto dall 'intervento.

Sulla base di tale considerazione appare quindi da **escludere** che tali interventi possano ritenersi *"nel rispetto delle caratteristiche architettoniche, morfotipologiche, dei materiali e delle finiture esistenti…. soprattutto se riferiti ad "immobili di interesse storico-architettonico o storico-testimoniale. ivi compresa l 'edilizia rurale, isolati o ricompresi nei centri o nuclei storici*

SOLUZIONE PROSPETTATA

**D.Lgs. 192/2005.**
Art. 4, lettera b, comma 1: *“I requisiti minimi rispettano le valutazioni tecniche ed economiche di convenienza, fondate sull’analisi costo benefici del ciclo di vita economico degli edifici”*

**Direttiva 2010/31/UE, modificata dalla Direttiva 844/2018/UE.**
Art. 4, par. 1: "*... omissis ... Gli Stati membri non sono tenuti a fissare requisiti minimi di prestazione energetica che non siano efficaci sotto il profilo dei costi rispetto al ciclo di vita economico stimato. ...*".
Art. 7. "*Edifici esistenti. Gli Stati membri adottano le misure necessarie per garantire che la prestazione energetica degli edifici o di loro parti destinati a subire ristrutturazioni importanti sia migliorato al fine di soddisfare i requisiti minimi di prestazione energetica fissati conformemente all’articolo 4 per quanto tecnicamente, funzionalmente ed economicamente fattibile. ...*".

COMUNE DI GENOVA

28/04/22

**OGGETTO: Linee guida per interventi edilizi su facciate di edifici non sottoposti a tutela ai sensi delle Parti II e III del Codice dei Beni Culturali, anche ai fini dell'applicazione della Legge 77 del 17 luglio 2020, art. 119 (c.d. Superbonus 110 %) e ss. mm. ii.**

Premessa – decoro urbano: «*Negli interventi sui prospetti degli edifici esistenti non è consentito modificare, semplificare o eliminare le modanature architettoniche e le cornici in rilievo che ornano le facciate* (omissis)» art 90 c.2 REC

Anche in assenza di vincoli di ogni tipo!

non significa che, ad esempio, un cappotto esterno non possa essere realizzato, ma che il progettista, nel suo intervento di riqualificazione energetica, dovrà porre la massima attenzione alle situazioni suesposte per salvaguardare (omissis) quelle caratteristiche esterne dell'immobile connotanti l'immagine della città

LINEE GUIDA PER TUTTI GLI AMBITI DI PUC  Escluso centro storico

## Cappotto termico esterno

A Manufatti rurali con valore testimoniale indicati con colore rosso e qualificati "elemento storico artistico ed emergenza esteticamente rilevante" nel Livello Paesaggistico Puntuale del PUC, che presentino tessitura muraria in pietra

- rischio perdita di valori testimoniali
- più adeguato orientare la progettazione verso soluzioni alternative
- potranno comunque essere valutate **proposte progettuali con cappotto, previo studi specifici**
- se centro storico (edifici non vincolati) si valutano solo interventi su parti non visibili da spazi pubblici



Canate di Marsiglia - GE

B Edifici storici prebellici che presentano tessitura muraria in pietra
Linee guida **identiche** al caso A

C

Edifici di pregio risalenti al primo novecento che presentano prospetto principale con bugnati e portali, modanature in aggetto quali cornici, marcapiani e marcadavanzali, poggioli con balaustrini in marmo sorretti da mensoloni decorati, paletti capochiave, bolzoni, archetti pensili, fasce cantonali, fasce sottocornicione e cornicioni.

In tali edifici non è consentita la realizzazione di un rivestimento a cappotto se comporta la demolizione dell'apparato decorativo e la sua eventuale ricostruzione con materiali sintetici. Potranno essere valutate dall'ufficio proposte progettuali diversificate in base alla qualità ed alla quantità e/o complessità di decorazioni presenti sui prospetti.

Se centro storico (edifici non vincolati) servono studi specifici





*d) Edifici con facciate decorate o dipinte*

Potranno essere valutate dall'ufficio proposte progettuali coerenti con le preesistenze, nel rispetto di quanto stabilito all'art. 90 del vigente Regolamento Edilizio Comunale.

*e) Case a schiera ed edifici facenti parte di una cortina stradale continua*

Ove l'intervento riguardi solo alcuni degli edifici della schiera o cortina continua, al fine di salvaguardare l'immagine della città, potranno essere valutate dall'ufficio proposte progettuali che potranno prevedere l'utilizzo di materiali isolanti associati a soluzioni di mascheramento dei punti di innesto e stacco dello strato isolante (ad esempio pluviali) tali da mitigare i salti di quota.

*f) Edifici moderni in c.a. con struttura (travi e pilastri) a vista*

Non è consentito realizzare cappotti termici che ricoprano completamente l'edificio occultando la struttura in travi e pilastri che si ritiene parte integrante del disegno architettonico; eventuali proposte progettuali, coerenti con le preesistenze, potranno essere valutate dall'ufficio qualora mantengano inalterata la proporzione formale tra pieni e vuoti della struttura.

*g)Edifici moderni con rivestimento in piastrelle o altri materiali*

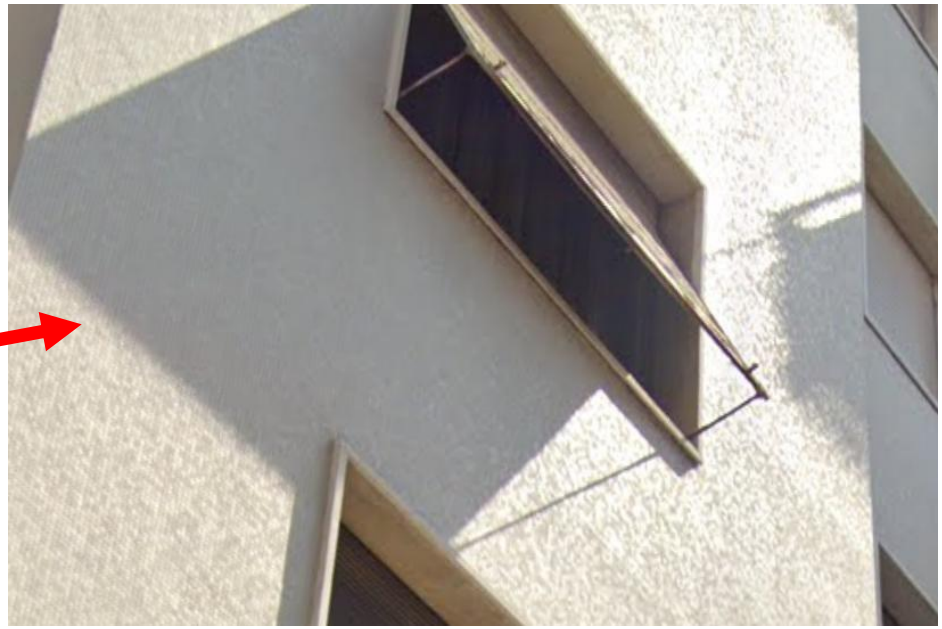
Non è consentita la demolizione di paramenti in piastrelle, mosaici, lastre che fanno parte del disegno architettonico dell'edificio.

Nel caso in cui il paramento si presenti così ammalorato da essere ormai irrecuperabile, potranno essere valutate dall'ufficio proposte progettuali che ripropongano tali paramenti anche con soluzioni materiche o cromatiche alternative.

*h) Edifici post 1945 privi di valenza storico documentale ovvero di nuova progettazione.*

Il cappotto termico è consentito.



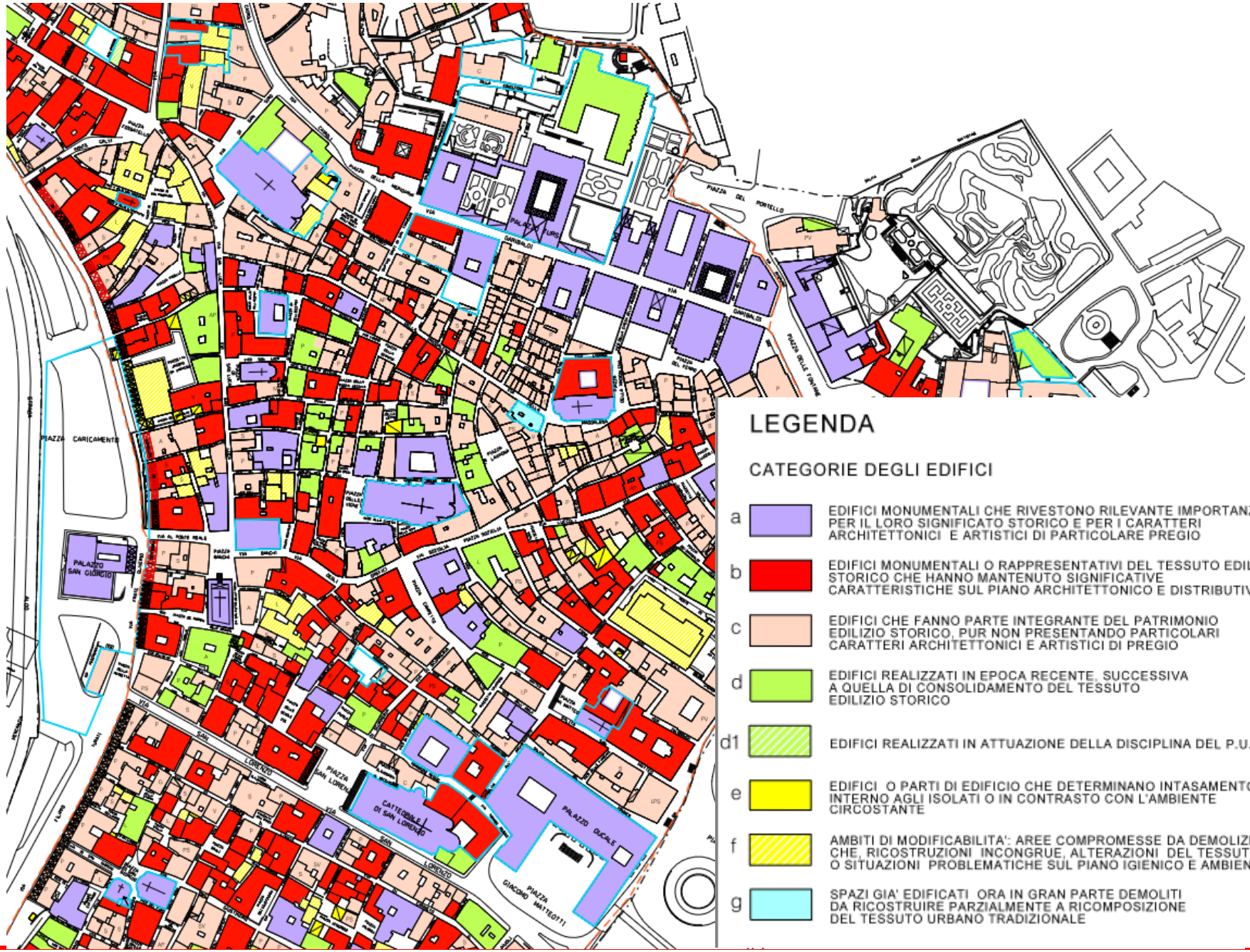
Se centro storico

**4.1 Rivestimento esterno a cappotto termico**

- Edifici soggetti a vincolo monumentale da valutare con la Soprintendenza.
- Edifici di categoria **a.** rivestimento esterno a cappotto non realizzabile. Nel caso di edifici di categoria "a", non vincolati sotto il profilo monumentale, l'ufficio potrà valutare soluzioni progettuali redatte sulla base di approfonditi studi specifici e relative alle sole parti dell'edificio non visibili da spazi pubblici.
- Edifici di categoria **b.** rivestimento esterno a cappotto non realizzabile. Nel caso di edifici di categoria "b", non vincolati sotto il profilo monumentale, l'ufficio potrà valutare soluzioni progettuali redatte sulla base di approfonditi studi specifici e relative alle sole parti dell'edificio non visibili da spazi pubblici.
- Edifici di categoria **c**, non vincolati sotto il profilo monumentale, l'ufficio potrà valutare soluzioni progettuali redatte sulla base di approfonditi studi specifici.
- Edifici di categorie **d. d1 e. f. g.** consentito.

**4.2 Intonaci termo isolanti - nanotecnologia**

Per gli edifici di categoria **c. d. d1. e. f. g.** potranno essere valutate dall'ufficio soluzioni progettuali che propongano metodi di efficientamento e isolamento termico alternativi al cappotto termico quali intonaci termoisolanti, pannelli isolanti "nanotecnologici" a basso spessore ed alte prestazioni, etc. etc.




## LEGENDA

### CATEGORIE DEGLI EDIFICI

- a — EDIFICI MONUMENTALI CHE RIVESTONO RILEVANTE IMPORTANZA PER IL LORO SIGNIFICATO STORICO E PER I CARATTERI ARCHITETTONICI E ARTISTICI DI PARTICOLARE PREGIO
- b — EDIFICI MONUMENTALI O RAPPRESENTATIVI DEL TESSUTO EDILIZIO STORICO CHE HANNO MANTENUTO SIGNIFICATIVE CARATTERISTICHE SUL PIANO ARCHITETTONICO E DISTRIBUTIVO
- c — EDIFICI CHE FANNO PARTE INTEGRANTE DEL PATRIMONIO EDILIZIO STORICO, PUR NON PRESENTANDO PARTICOLARI CARATTERI ARCHITETTONICI E ARTISTICI DI PREGIO
- d — EDIFICI REALIZZATI IN EPOCA RECENTE, SUCCESSIVA A QUELLA DI CONSOLIDAMENTO DEL TESSUTO EDILIZIO STORICO
- d1 — EDIFICI REALIZZATI IN ATTUAZIONE DELLA DISCIPLINA DEL P.U.C. 2000
- e — EDIFICI O PARTI DI EDIFICIO CHE DETERMINANO INTASAMENTO INTERNO AGLI ISOLATI O IN CONTRASTO CON L'AMBIENTE CIRCOSTANTE
- f — AMBITI DI MODIFICABILITA': AREE COMPROMESSE DA DEMOLIZIONI BELLI CHE, RICOSTRUZIONI INCONGRUE, ALTERAZIONI DEL TESSUTO STORICO O SITUAZIONI PROBLEMATICHE SUL PIANO IGIENICO E AMBIENTALE
- g — SPAZI GIA' EDIFICATI ORA IN GRAN PARTE DEMOLITI DA RICOSTRUIRE PARZIALMENTE A RICOMPOSIZIONE DEL TESSUTO URBANO TRADIZIONALE

## Isolanti termici

*Materiali capaci di opporre resistenza al passaggio del calore*

## Conducibilità termica

*Misura dell'attitudine di un materiale a trasmettere il calore*

*Definizioni dal manuale «Isolanti Termici» di ANIT*

### Parzialmente isolanti

$0{,}065\ W/mK \leq \lambda \leq 0{,}090\ W/mK$

### Isolanti tradizionali

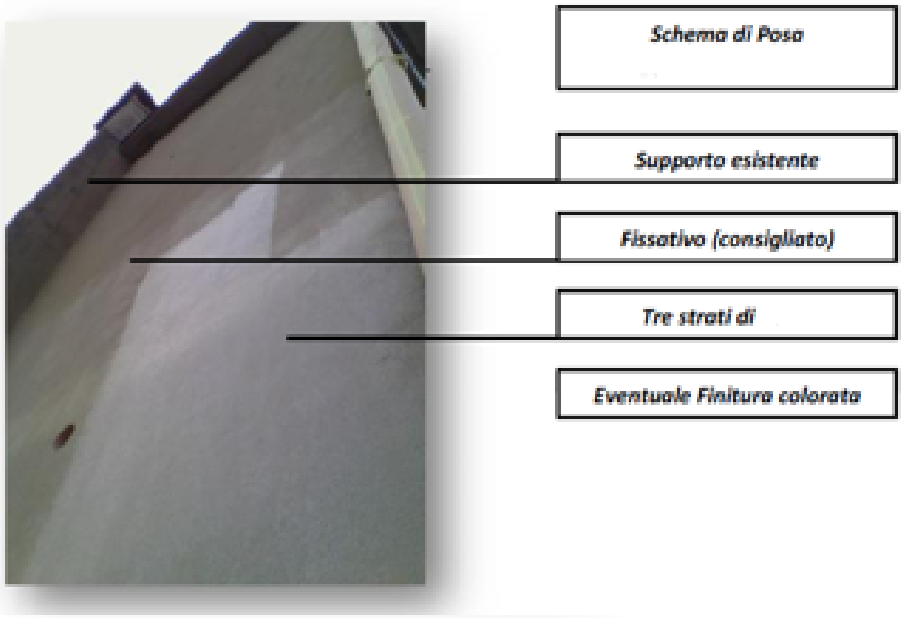
$0{,}020\ W/mK \leq \lambda \leq 0{,}065\ W/mK$

### Superisolanti

$\lambda \leq 0{,}020\ W/mK$

**EFFICACIA**

3 strati a rullo equivalente a circa 7 cm di isolamento tradizionale




# Materiali Iper Performanti

## Prodotti innovativi:



- Da poco sul mercato
- Senza certificazioni

**Caratteristiche**

| | |
|---|---|
| Confezione | 5-10-15 lt |
| Resa | 1 lt = 3 ÷ 4 mq * |
| Spessore | 1 ÷ 2 mm ca. |
| Conducibilità termica | $\lambda_0$ (10°C) = 0,0026 W/mk |

**10 VOLTE UN XPS**

# UNI/TR 11936

Nota 2 Nella UNI EN 1745 non sono presenti valori tabulati per malte con densità inferiore a 200 kg/m$^3$.
La UNI EN 1745 precisa inoltre che per le malte di tipo T (malte termiche) si possa fare riferimento alla documentazione presentata dal fabbricante purché rispetti quanto previsto nei punti successivi. È utile precisare che, alla data di pubblicazione del presente rapporto tecnico, all'Organo Tecnico competente non risultano evidenze circa la presenza in commercio di finiture che abbiano valori di conduttività termica inferiori a 0,025 W/(mK) (conduttività termica dell'aria ferma) con tale prestazione verificata in laboratori accreditati secondo metodologie standardizzate applicabili.
Eventuali evidenze portate all'attenzione dell'Organo Tecnico competente successivamente alla pubblicazione del presente rapporto tecnico saranno prese in considerazione per una eventuale revisione dello stesso.

La UNI EN ISO 10456:2008 tuttora in vigore – "Materiali e prodotti per edilizia – Proprietà igrometriche - Valori tabulati di progetto e procedimenti per la determinazione dei valori termici dichiarati e di progetto" espressamente citata nell'allegato 2 del decreto 28/10/2025 "requisiti minimi", indica i procedimenti per la determinazione dei valori tecnici dichiarati e richiama le pertinenti norme per l'esecuzione delle misure. La norma UNI EN ISO 10456:2008 per valori di conduttività **$\lambda \leq 0{,}08$ W/(mK)** prevede **l'arrotondamento per eccesso alla terza cifra decimale**. I valori riportati nelle schede tecniche sono anche difformi rispetto alle indicazioni sopra richiamate, in quanto i valori sono riportati con quattro cifre decimali, ben oltre il livello di precisione concesso dalle misure

# Isolanti in commercio

Quadro legislativo

Materiali coperti da norme armonizzate

Materiali non coperti da norme armonizzate

CE obbligatoria

CE +DoP

CE volontaria

ETA + CEvol + DoP

Materiali in commercio senza marcatura CE

CPR 305/2011

CPR(regolamento prodotti da costruzione) ETA European tecnichal assessemt

# Prestazioni da dichiarare

Senza CE



Obblighi di legge:

Prove di laboratorio

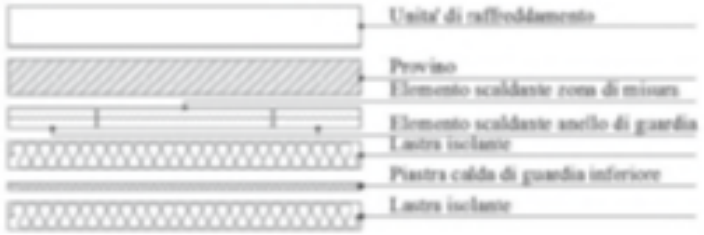
EN 12667

Valori

da dichiarare

# Disposizioni per la determinazione della conducibilità termica

- Con la piastra calda con anello di guardia




- Con il termoflussimetro




- Conducibilità termica da dichiarare secondo la UNI EN ISO 10456
- Prove da laboratori notificati

Forschungsinstitut für Wärmeschutz e.V. München

[redacted] 12667:2001

Test report No.: F2-18-1702-01

**Applicant:**
**Name of product:** [redacted]
**Nominal thickness:**
**Description:**
(as given by applicant)

Dimensions: 500 mm x 500 mm x 26 mm

**Sampling:** Sent by applicant.
**Sample receipt:** WE18-4336 on Oct 02, 2018 (internal no. 1)
**Test equipment:** Two specimen guarded hot plate apparatus (App. 3) according to EN 12667:2001 in horizontal specimen configuration
Metering section 300 mm x 300 mm with guard section 500 mm x 500 mm
All values of measured properties are mean values of two specimens.

**Mounting:**
Tested thickness: 26.0 mm
Tested density: 325 kg/m³
Start of testing: Oct 04, 2018
Tested mass: 2.121 kg
Specimen area: 0.2513 m²

**Remark:** The specimens were built into the test apparatus without further conditioning.

**Measured values:** Test protocol No: F2-18-1702-0001.1

| Test No. | Heat flow W | Temperature of the Warm side °C | Cold side °C | Temperature-difference of the specimen K | Mean temperature of the specimen °C | Thermal conductivity W/(m·K) |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 01 | 0.1696 | 18.9 | 1.8 | 17.1 | 10.3 | 0.0014 |

Uncertainty: < 3 %

**Dismounting:** Properties of the material after measurement up to 18.9°C on warm side:
Thickness: 26.0 mm
Density: 325 kg/m³
End of testing: Oct 09, 2018
Mass: 2.121 kg
Change in mass: 0.0 %

**Remark:** ---

**Evaluation:**

| | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Mean temperature $\vartheta_m$ in °C | 10 | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Thermal conductivity $\lambda$ in W/(m·K) | 0.0014 | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |

**Remark:** The test results are only valid for the tested specimen under the test conditions at the time of measurement.
The stated values represent no declared values of the thermal conductivity according to European standards or design values of the thermal conductivity according to EN 10456:2010 or German regulations. The result is the measured value of the thermal conductivity without any ageing or safety increments, which is valid for the tested product at the time of measurement and may change over time due to permeation processes.

Gröbelfing, Oct 26, 2018 Department Specialist: Dipl.-Ing. (FH) C. Karrer Tester: A. Bergler

Results relate only to the items tested.
The test report shall not be reproduced except in full, without written approval of FIW München.

la norma richiede che

a)la temperatura media del test del provino sia prossima a quella della stanza ( e così non è $T_{mean}$ 10.3 °C)

b)al punto p) del test report è richiesto un grafico (quando rilevante e qui penso lo sia) proprietà termiche – temperatura

c)un solo campione non basta per dare informazioni sull'incertezza di misura dei dati (la griglia è predisposta per 10 campioni…)

# L'ente di certificazione della FIW Monaco di Baviera

FIW Munich è un ente di certificazione per materiali e componenti isolanti.

La certificazione si estende a

- Materiali isolanti secondo le norme DIN, EN o ISO e omologazioni generali degli ispettorati edili nonché omologazioni tecniche europee (ETA)
- Sistemi compositi di isolamento termico secondo ETAG 004
- schemi volontari

A seconda della base di monitoraggio, la FIW di Monaco emette certificati di costanza delle prestazioni in conformità al regolamento edilizio dell'UE, certificati di conformità o sigilli di qualità per i materiali e i componenti testati.

# Avvertenza contro il rapporto di prova forgiato n. F2-18-1702-01

La FIW di Monaco ha dovuto affrontare diverse volte un falso rapporto di prova F2-18-1702-01 più volte negli ultimi mesi. Questo rapporto documenta la determinazione della conducibilità termica di un pannello isolante sotto vuoto (VIP) con un rivestimento.
Nella versione contraffatta, il VIP è stato eliminato dalla descrizione del prodotto, dando l'impressione che il valore misurato della conducibilità termica si riferisca al rivestimento sottile e applicato in aggiunta. Questo non è il caso!

Nonostante diverse richieste al cliente di test e al distributore di vernici di astenersi dall'utilizzare il rapporto falso, continuiamo a ricevere richieste. Poiché entrambe le società hanno sede in Italia, l'accesso legale è estremamente difficile. Pertanto avvertiamo di non falsificare questo rapporto in questo modo.

# Termoflussimetro



*Strumento impiegato per misurare il flusso di calore nei componenti opachi*

Misure effettuate secondo la ISO 9869

- Misura della conduttanza termica
- Determinazione della resistenza termica
- Calcolo della conducibilità termica considerando gli spessori dell'elemento

## Funzionamento:



## ANALOGIA ELETTRICA

Legge di Ohm

$$I = V/R$$

legge di Fourier

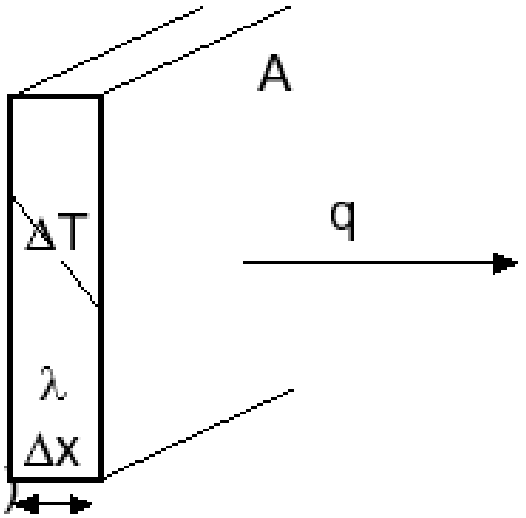
$$q = - \frac{T_2 - T_1}{\frac{\Delta x}{\lambda A}} = \frac{T_1 - T_2}{R}$$

al flusso termico q →, l'intensità di corrente I ( flusso di cariche elettriche);

alla differenza di potenziale V, → la differenza di temperatura $\Delta T$

si definisce **resistenza termica per conduzione**

$$R^*_{geom.piana} = \frac{\Delta x}{\lambda A}$$

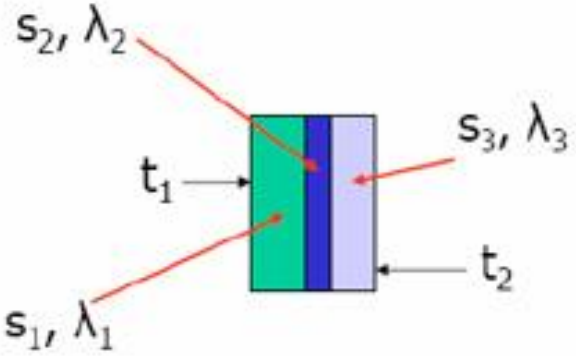


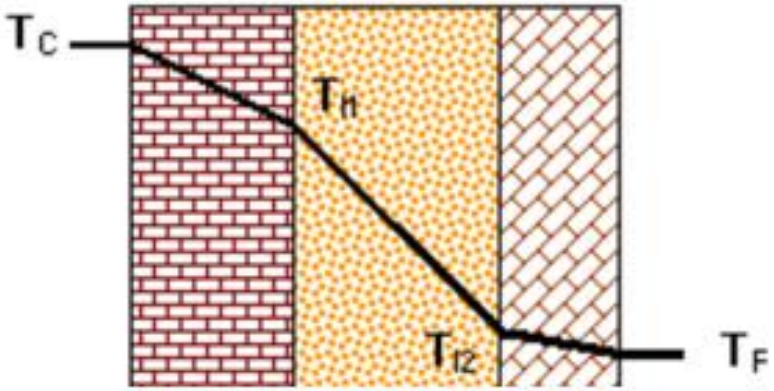

e il flusso si può calcolare come:

$$q_k = \Delta T / R^*$$

(nella direzione della diminuzione di temperatura)

## CONDUZIONE: PARETE MULTISTRATO



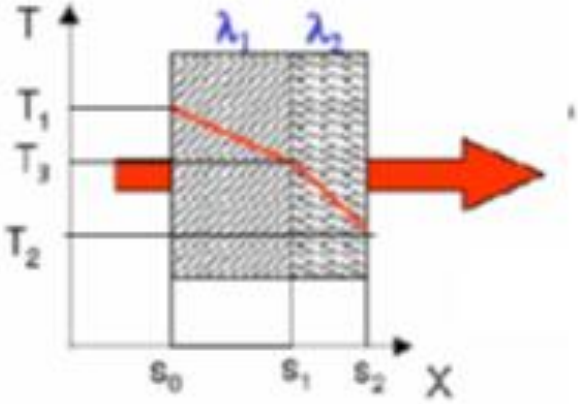




$$R_{cond,tot} = R_1 + R_2 + R_3 = \frac{S_1}{\lambda_1} + \frac{S_2}{\lambda_2} + \frac{S_3}{\lambda_3}$$

$$\dot{Q}_{cond} = \frac{1}{R_{cond,tot}} A(T_1 - T_2)$$

Le resistenze in serie (elettriche o termiche) sono attraversate da un medesimo flusso (di carica o termico).

# CONDUZIONE: PARETE MULTISTRATO (solo conduzione)




## ESEMPIO:

A: 20 $m^2$
$T_1$: 20 °C
$T_2$: 0°C
$\lambda_1$: 1W/mK
$S_1$: 0,4 m
$\lambda_2$: 0,04W/mK
$S_2$: 0,1 m

$$R_{Totale} = \frac{s_1}{\lambda_1} + \frac{s_2}{\lambda_2} = \frac{0,4}{1} + \frac{0,1}{0,04} = 0,4 + 2,5 = 2,9\left[\frac{m^2K}{W}\right]$$

$$\dot{Q}_{cond} = \frac{1}{2,9} * 20 * (20 - 0) = 138[W]$$

$$q'_{cond} = \frac{\phi_{cond}}{A} = \frac{138}{20} = 6,9\left[\frac{W}{m^2}\right]$$

Per diminuire il flusso di calore è necessario aumentare la resistenza termica della parete

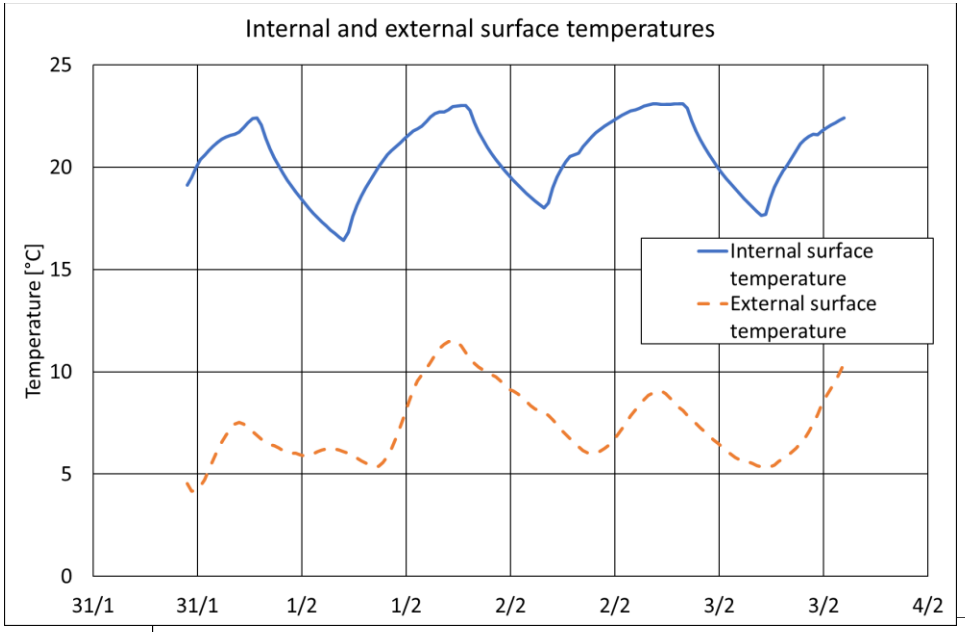
Test termoflussimetro – materiali standard – muro mattoni debolmente coibentato – data costruzione 1995

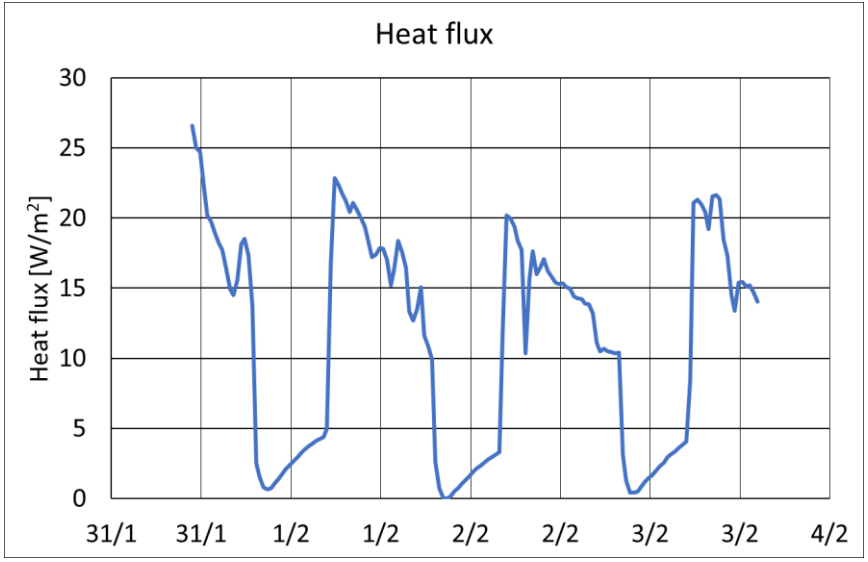
| Strato | Conducibilità λ [W/(m K)] | Spessore s [m] |
|---|---|---|
| Intonaco esterno | 1.4 | 0.05 |
| Mattone | 0.72 | 0.14 |
| Polistirene | 0.045 | 0.04 |
| Mattone | 0.72 | 0.07 |
| Intonaco interno | 0.35 | 0.03 |

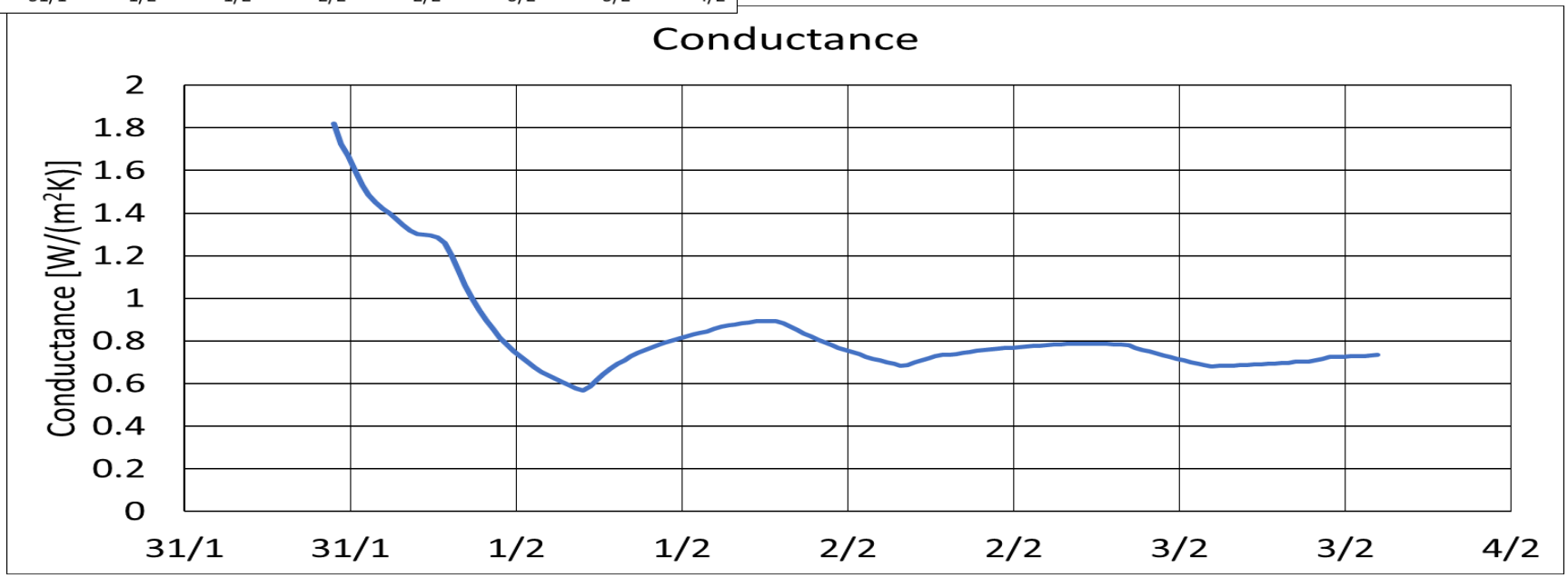


$$\Lambda_{theo} = \left[\sum_i \left(s_i / \lambda_i\right)\right]^{-1}$$

$$\Lambda_{theo} = 0{,}768 \text{ W/(m}^2 \text{ K)}$$



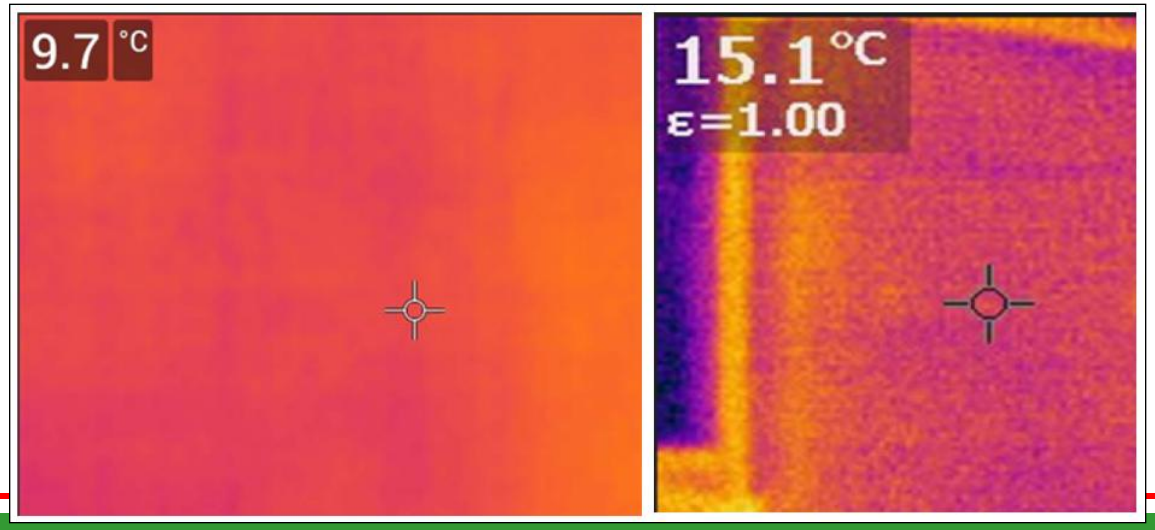



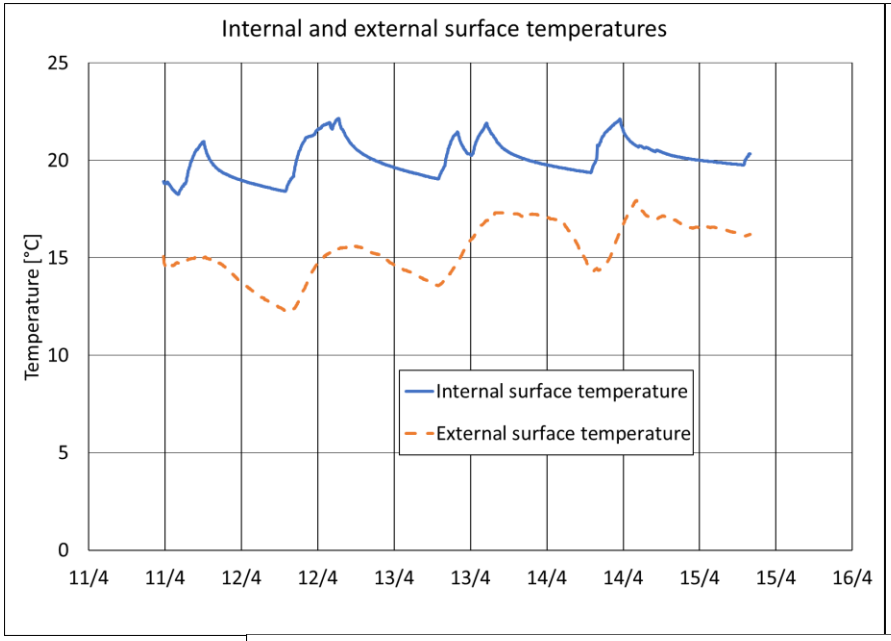



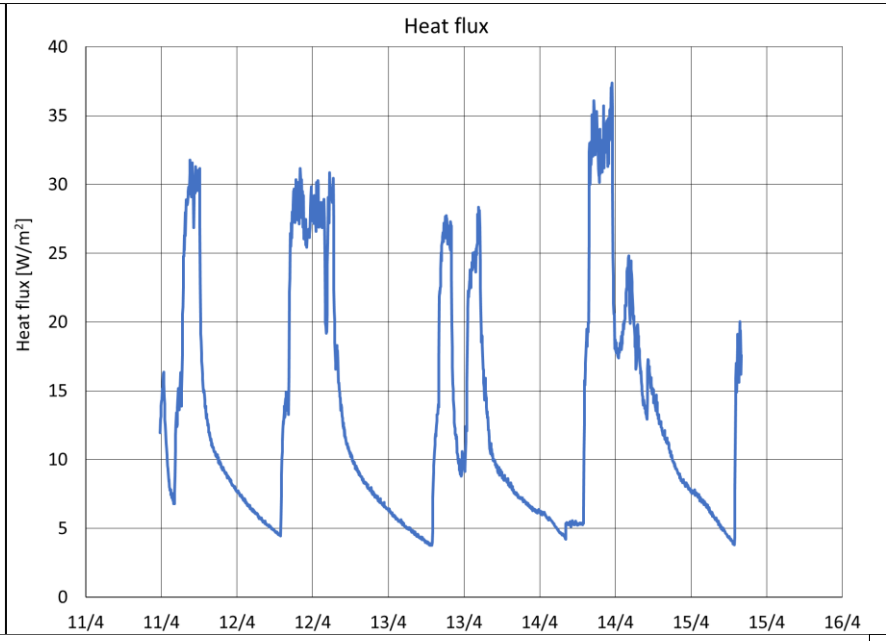

| $\Lambda_{meas}$ [W/(m²K)] | $\Lambda_{theo}$ [W/(m²K)] | Difference [%] |
|---|---|---|
| 0,734 | 0,738 | 4% |

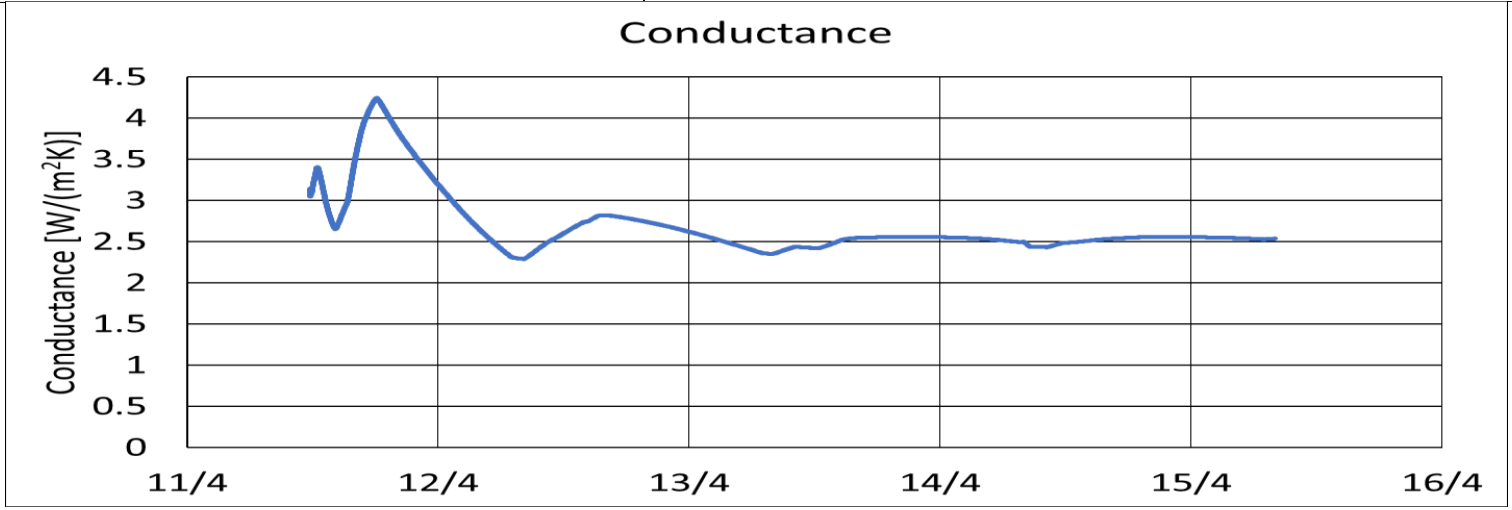
Test termoflussimetro – materiali standard – muro in pietra non coibentato





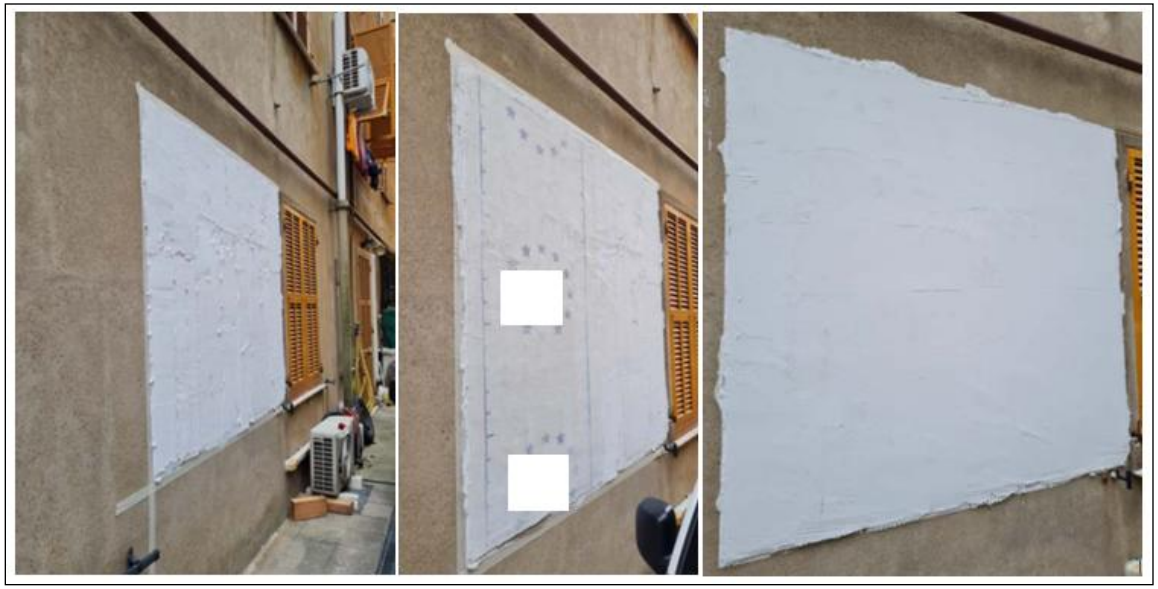



| $\Lambda_{meas}$ [W/(m²K)] | $\Lambda_{UNITR\ 11552}$ [W/(m²K)] | Variation [%] |
|---|---|---|
| 2,536 | 2,593 | 2,2 |

# Test termoflussimetro – materiali standard – muro in pietra non coibentato + malta nanotecnologica



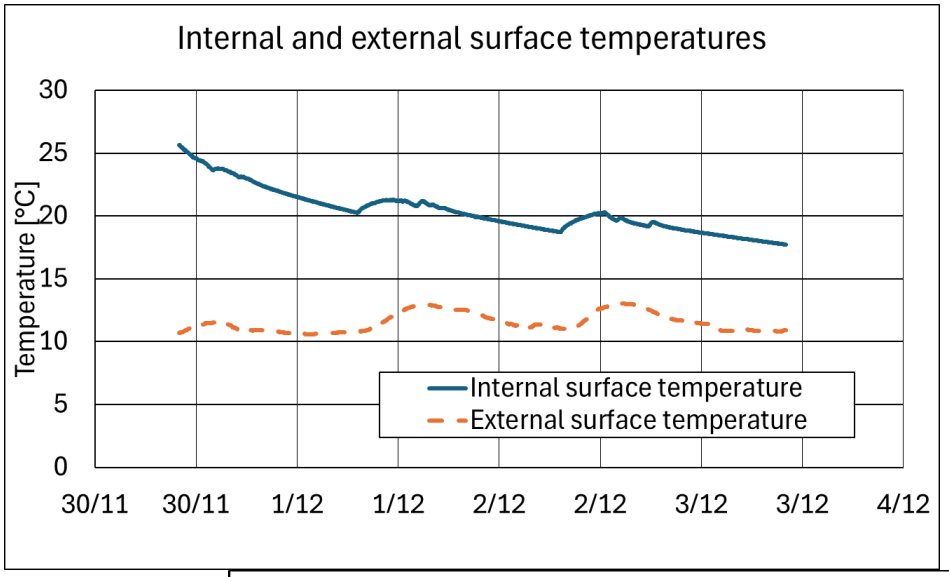


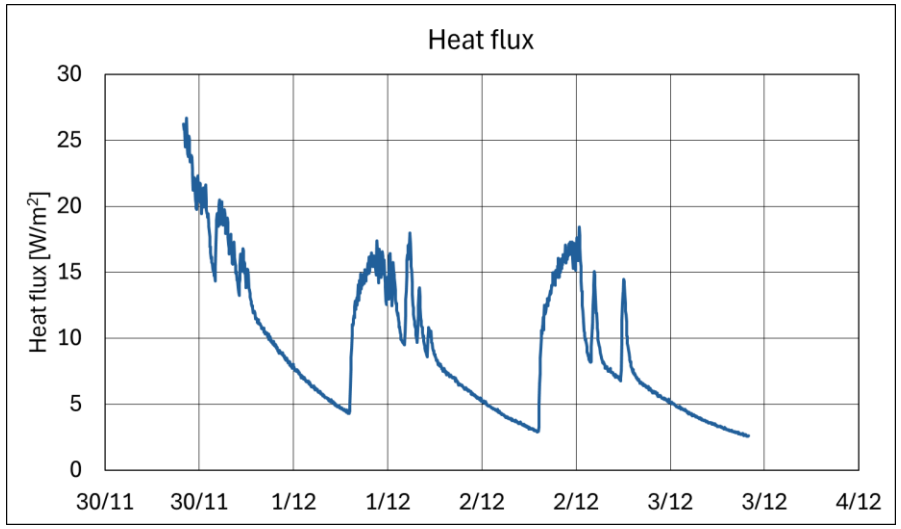
| Strato | λ [W/(m K)] | s [m] |
|---|---|---|
| Malta nanotecnologica | 0,0019 | 0.01 |

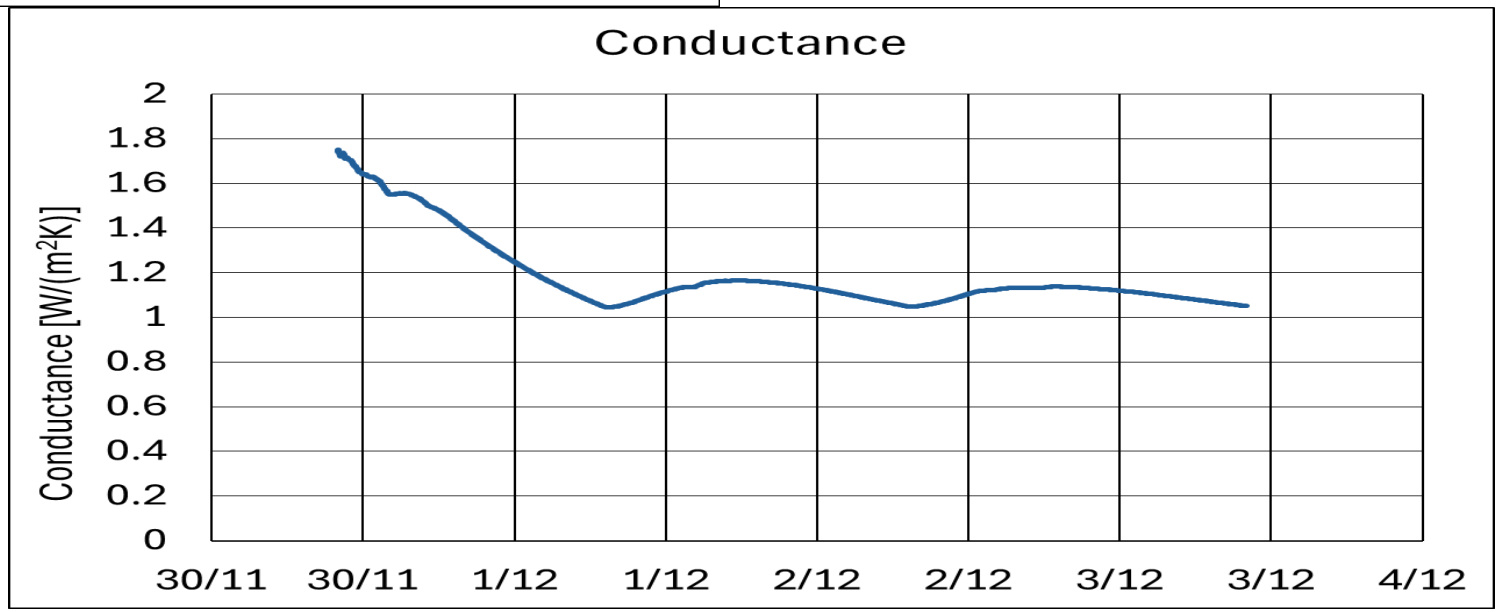


$$\Lambda_{theo} = \left(1 / \Lambda_{bare_wall} + s_{mortar} / \lambda_{mortar}\right)^{-1}$$

$$\Lambda_{theo} = 0{,}177 \text{ W/(m}^2 \text{ K)}$$

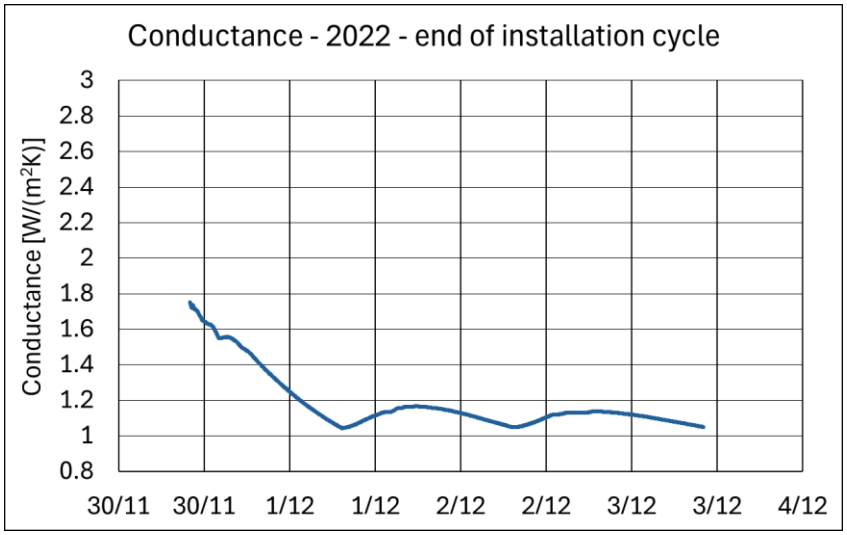


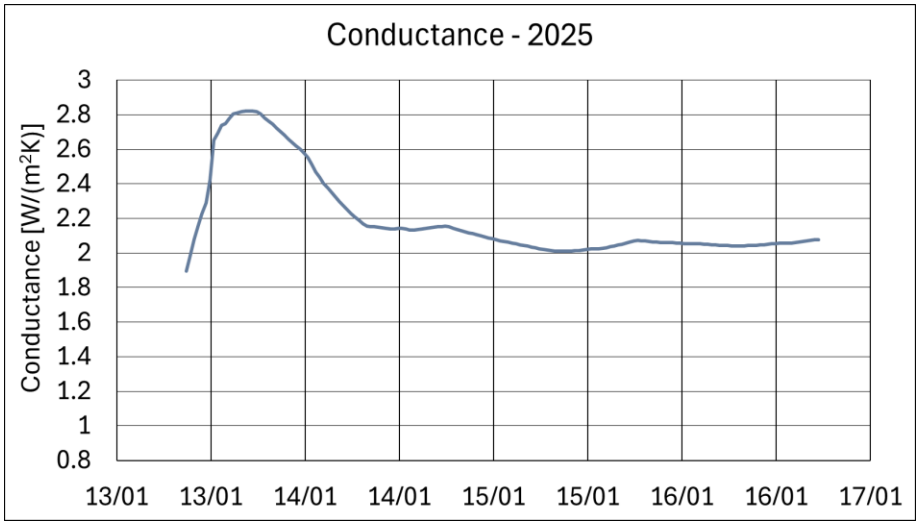




| $\Lambda_{meas}$ [W/(m²K)] | $\Lambda_{theo}$ [W/(m²K)] | Difference [%] |
|---|---|---|
| 1,051 | 0,177 | 494% |

# Test termoflussimetro – materiali standard – muro in pietra non coibentato + malta nanotecnologica – durabilità?




| Period | Λ [W/(m²K)] | Variation [%] |
|---|---|---|
| Previsional | 0.177 | - |
| Immediately after the installation | 1.051 | 494 |
| 2 years later | 2.08 | 1075 |



40 mm



12 mm



*Figura 1b, Sezione di prova nelle condizioni EP (a sinistra) e RAS (a destra)*

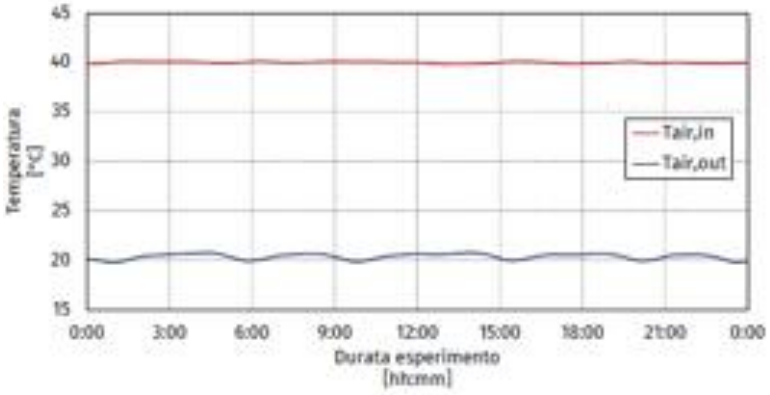



*Tabella 1, Risultati della campagna di misure*

| SEZIONE DI PROVA | Durata della prova [Ore] | Temperatura media dell'aria interna [°C], $T_{air,in,ave}$ | Temperatura media dell'aria esterna [°C], $T_{air,out,ave}$ | Energia termica conferita al volume di controllo $E_{tot}$, [KWh] | Indice di prestazione termica (trasmittanza globale) $K_{ave}$ [W/K] |
|---|---|---|---|---|---|
| REF | 24:00 | 38.1 | 19.4 | 5.610 | 12.53 |
| EP | 24:00 | 39.9 | 20.5 | 1.765 | 3.78 |
| RAS | 24:00 | 39.1 | 19.4 | 5.205 | 11.01 |

# Strategie di isolamento alternative al cappotto - insufflaggio





Quanta parte si riesce ad insufflare ?









# *Ricerca di un algoritmo pre-valutativo per ottimizzare gli interventi all'involucro*

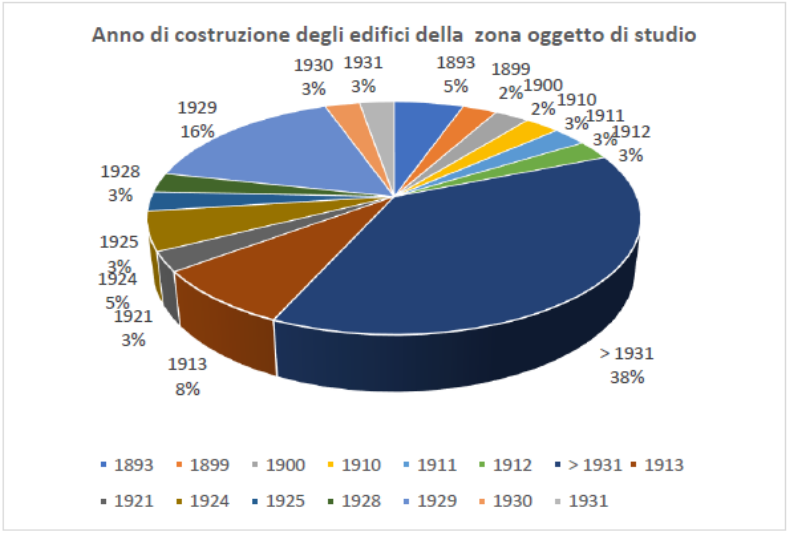
- Determinare un algoritmo che, al variare di determinati parametri geometrici caratterizzanti una specifica classe di edifici, indichi la soluzione più conveniente per l' efficientamento energetico dell'involucro

- Valutare quali interventi antisismici associare alle tecniche di isolamento dei tamponamenti esterni per migliorare la sicurezza strutturale preesistente



# QUARTIERE OGGETTO DI STUDIO



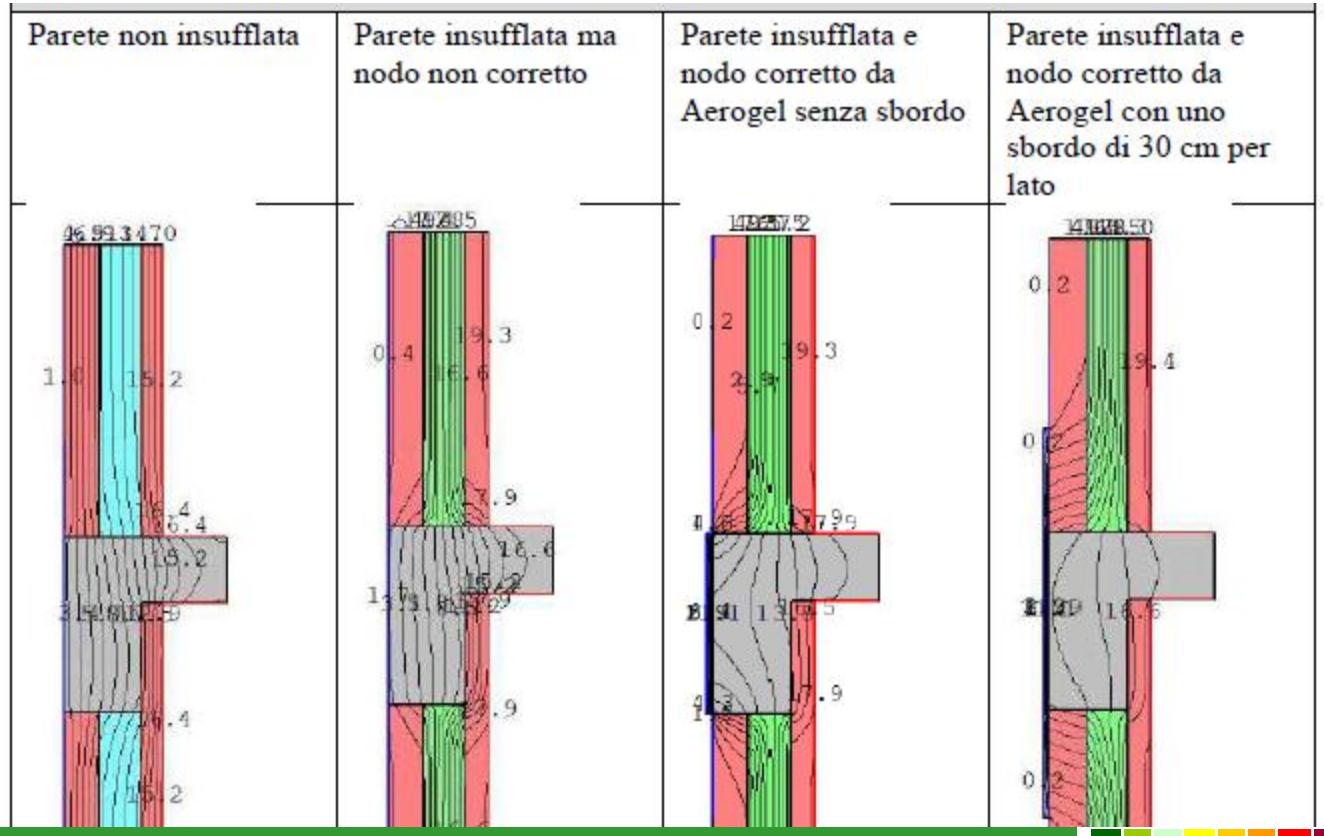



Al fine di valutare l'intervento di isolamento termico ottimale sulla base della struttura e geometria dell'edificio, sono stati determinati, per ogni prospetto degli edifici oggetto di studio, i parametri necessari per poter effettuare un confronto diretto tra la tecnica di isolamento in intercapedine tramite insufflaggio con relativa correzione dei ponti termici e l'isolamento esterno a cappotto

PARAMETRI ANALIZZATI

a) superficie verticale disperdente HxL
b) superficie vetrata
c) la superficie opaca disperdente
d) la superficie totale dell'intradosso dei balconi
e) la superficie totale dei bovindi presenti in facciata
f) la superficie delle travi
g) il numero dei pilastri in facciata

è stata così determinata la superficie totale dei ponti termici da correggere

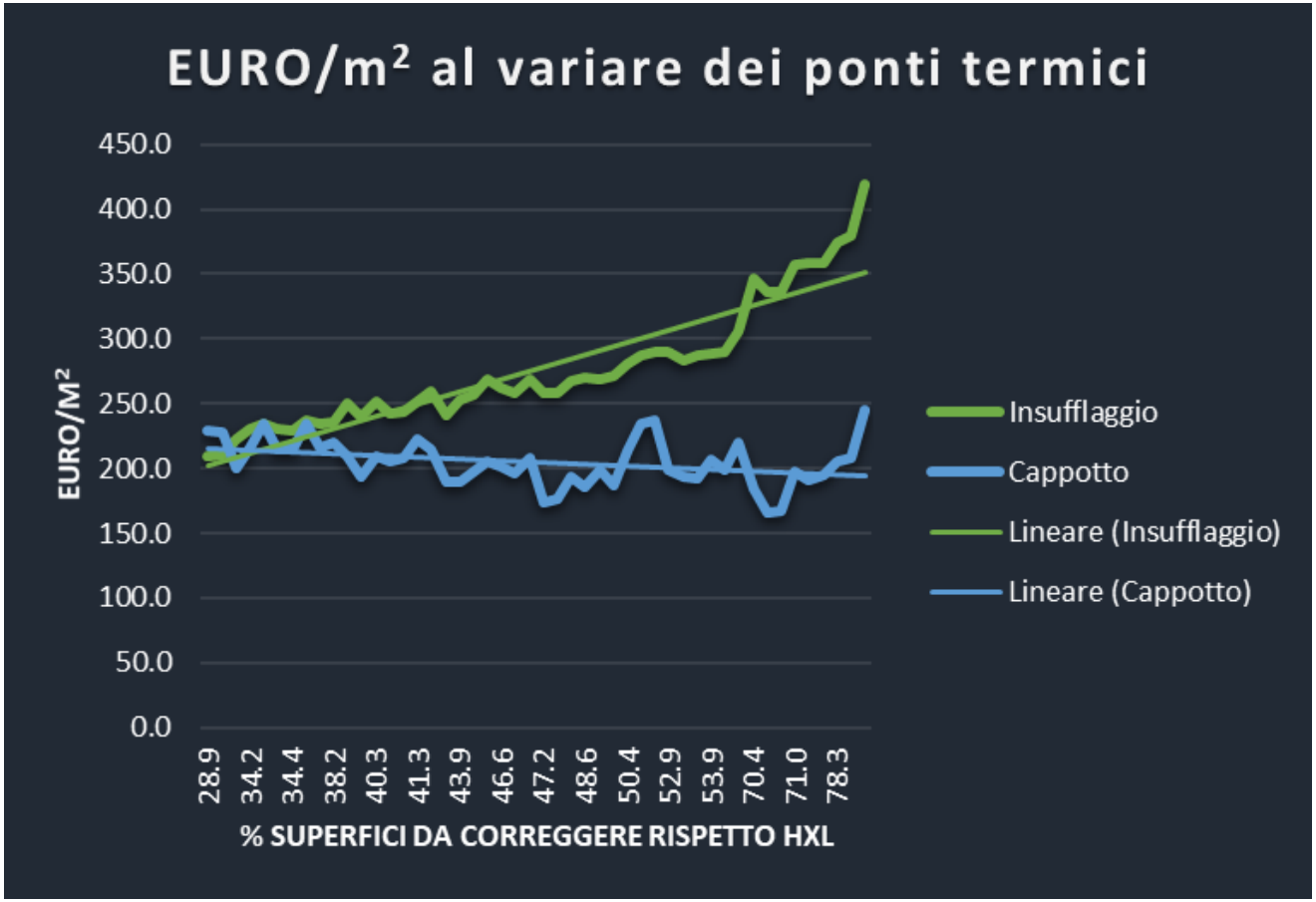


## Analisi dei costi

Sono state valutate le quotazioni riferite alle due distinte soluzioni di intervento differenti per la tecnica di isolamento e per le lavorazioni ad essa correlate: isolamento tramite insufflaggio e isolamento a cappotto. I prezzi sono stati ricavati dalla consultazione del prezzario 2021 della Regione Liguria.
Tale analisi è stata eseguita per ogni condominio preso in esame.

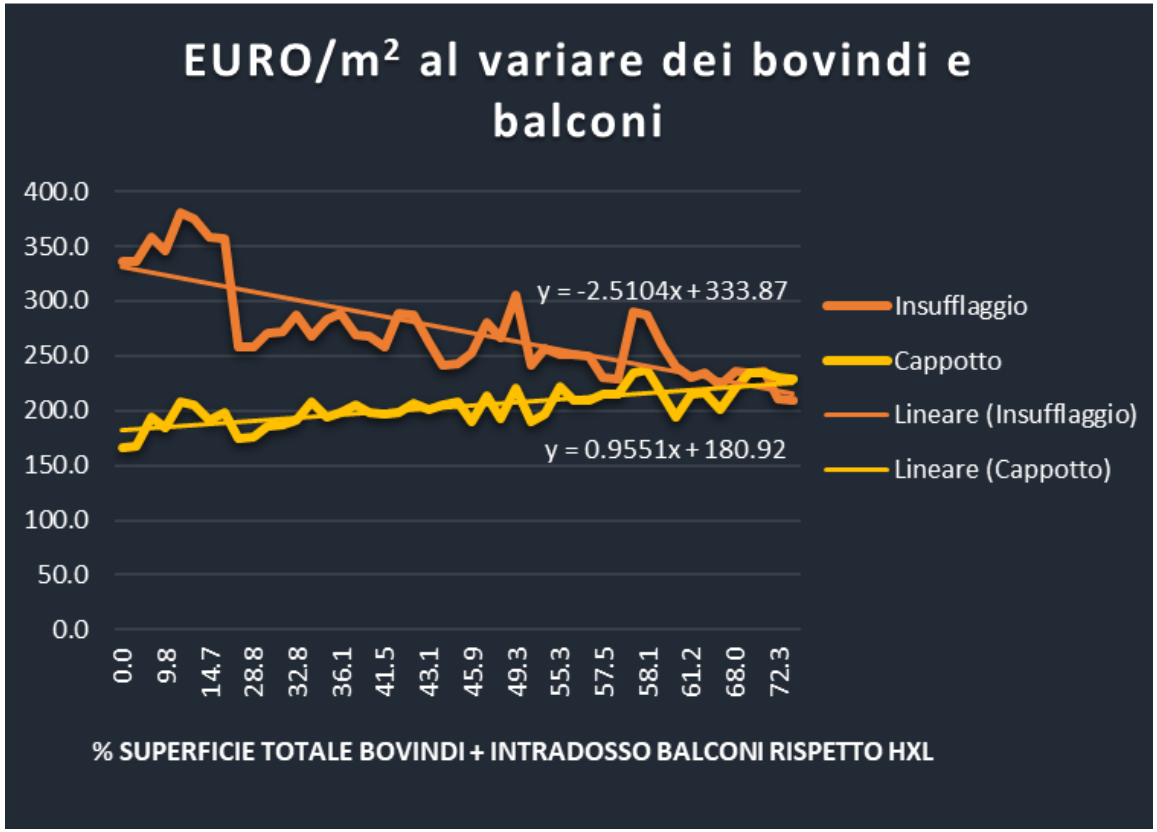
- ponteggi
- intonaci
- ripristino c.a.
- insufflaggio  con fibra di cellulosa o fibra di vetro (mediate)
- cappotto con xps
- correzione pt
- intonaco armato
- spostamento servizi ( tubi gas acqua ecc.)
- piane finestre e modifiche spalline o persiane
- coibentazione balconi
- coloriture

# Confronto costo interventi



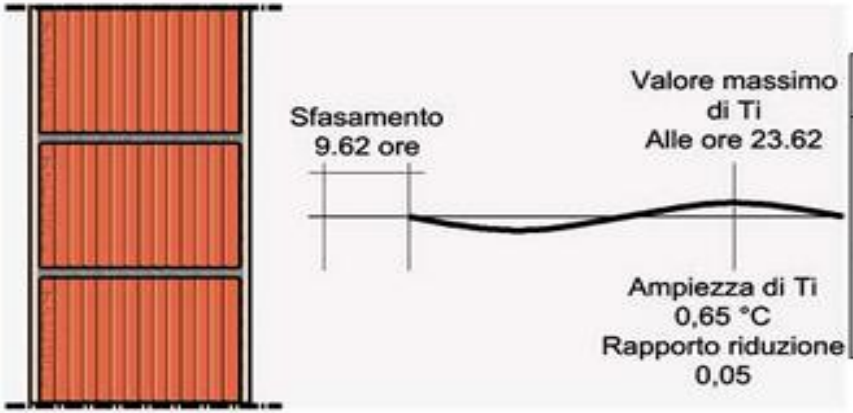

All’aumentare delle superfici dei ponti termici da correggere aumenta il divario tra il costo dei due interventi poiché il cappotto non ne risente l’influenza

# Confronto costo interventi

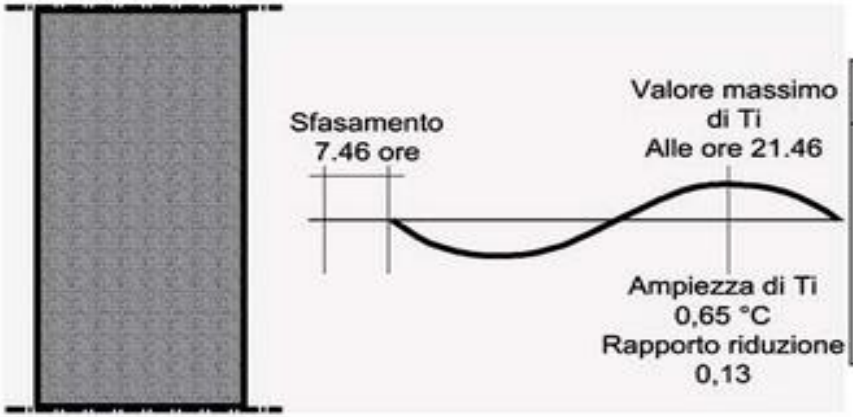



Al diminuire della somma della superficie dei bovindi e dell'intradosso dei balconi aumenta il divario tra il costo dei due interventi

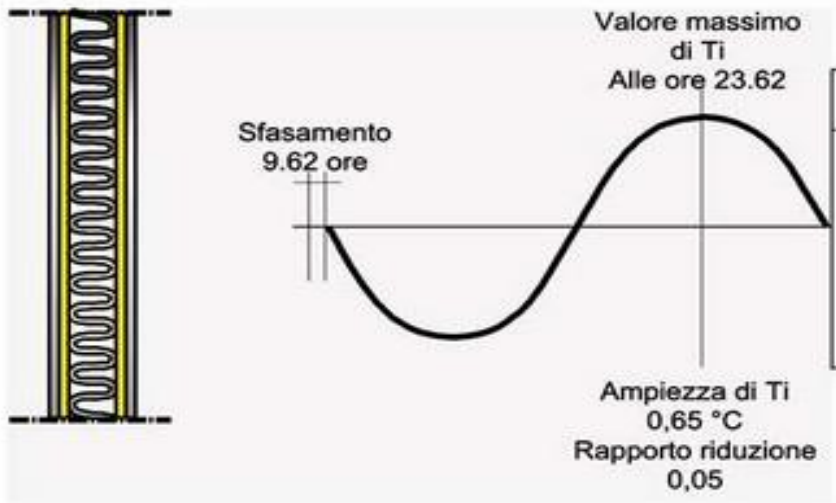
# Zoom inerzia termica muro




| Poroton 30 cm + intonaco |
|---|
| Trasmittanza 0,76 ($Wm^2$ °C) |
| Massa frontale 306 ($Kg/m^2$) |
| E (modulo 15,27 – fase 12,99 ore) |
| F (modulo 4,46 – 10,63 ore) |

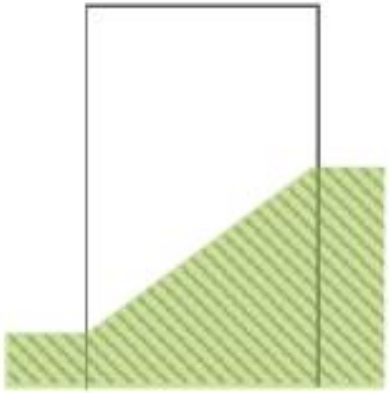



| Calcestruzzo 33 cm |
|---|
| Trasmittanza 2,96 ($Wm^2$ °C) |
| Massa frontale 792 ($Kg/m^2$) |
| E (modulo 6,64 – fase 9,30 ore) |
| F (modulo 1,13 – 8,38 ore) |



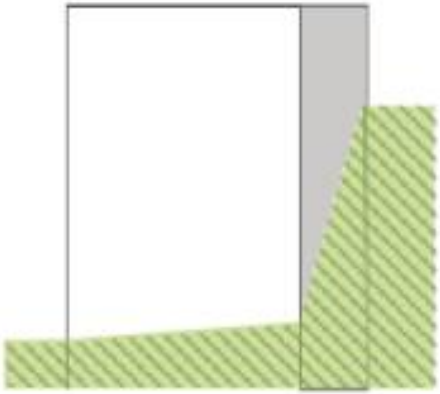

| Isolante + lamiera 8.2 |
|---|
| Trasmittanza 0,46 ($Wm^2$ °C) |
| Massa frontale 35,4 ($Kg/m^2$) |
| E (modulo 1,70 – fase 4,05 ore) |
| F (modulo 2,18 – 0,78 ore) |

Parete esterna



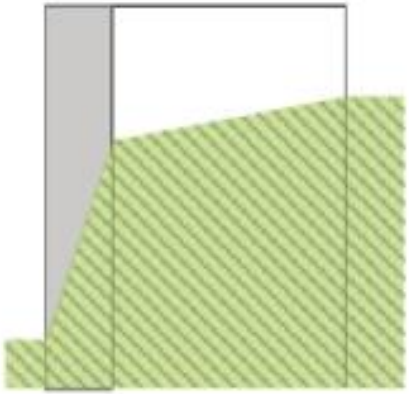
Inerzia effettiva
60%

Cappotto interno

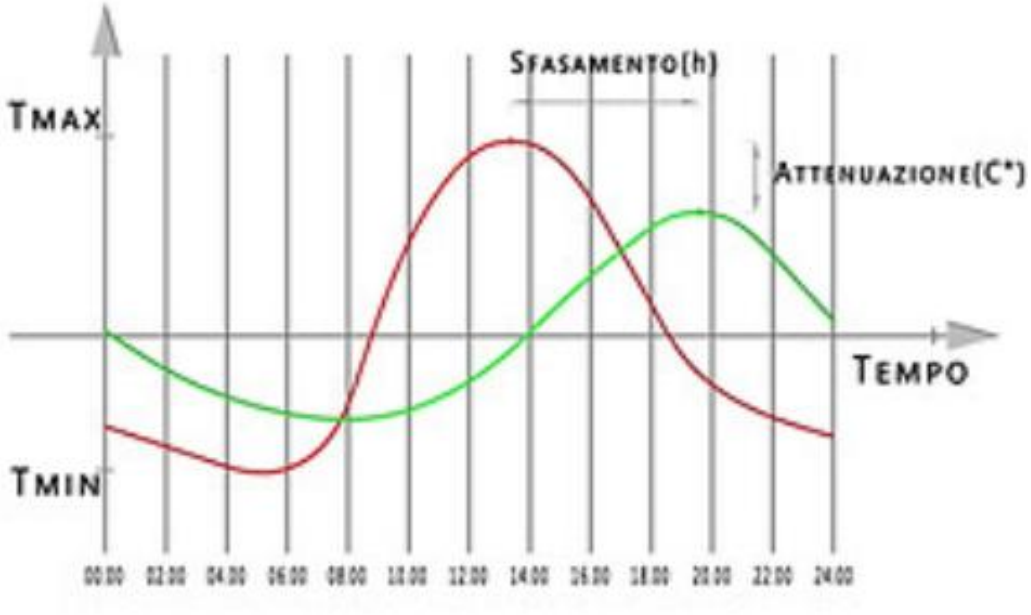


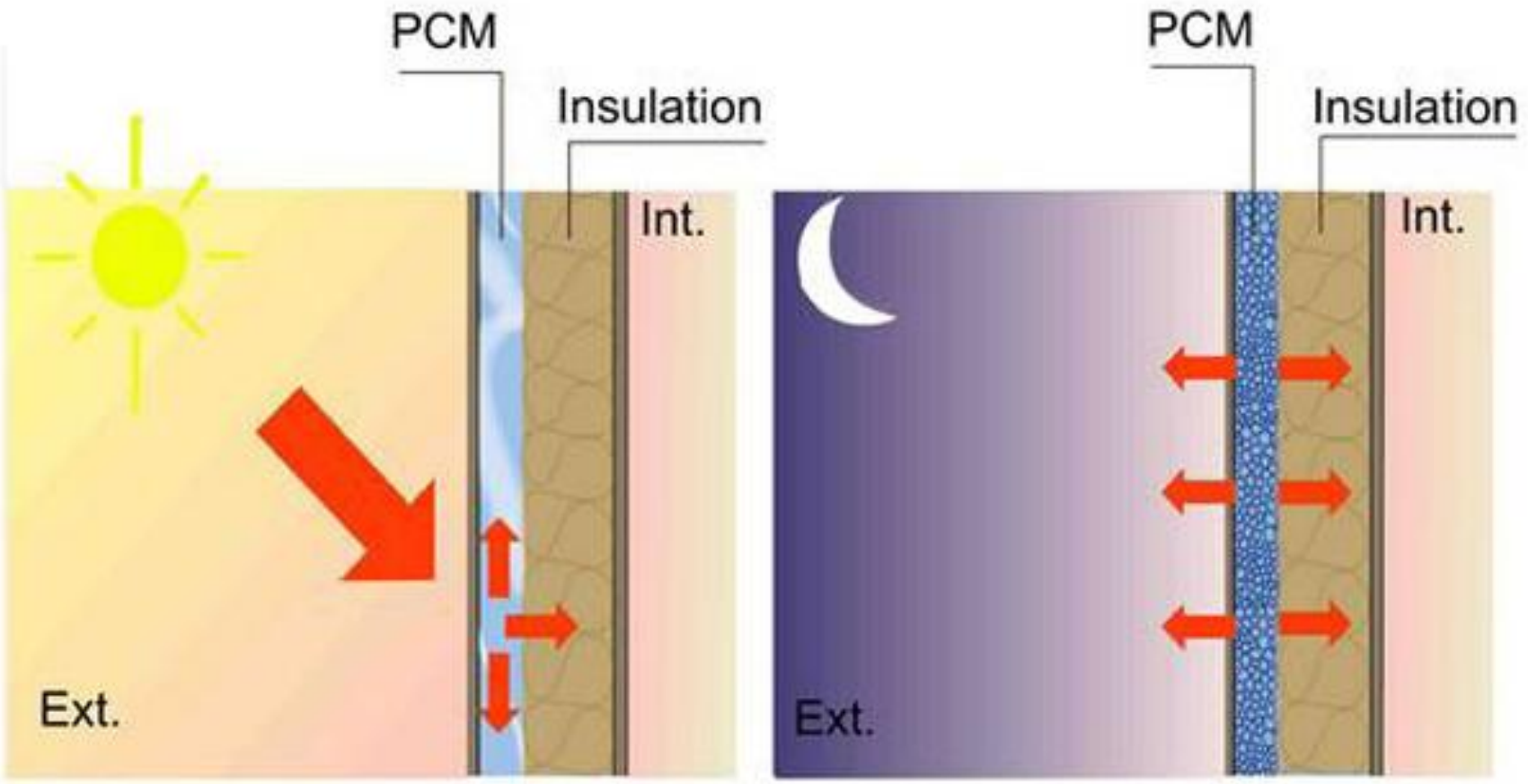
Inerzia effettiva
10%

Cappotto esterno



Inerzia effettiva
95%




PCM
Insulation
Int.
Ext.
PCM
Insulation
Int.
Ext.

# Muro di Trombe – Michel - 1964

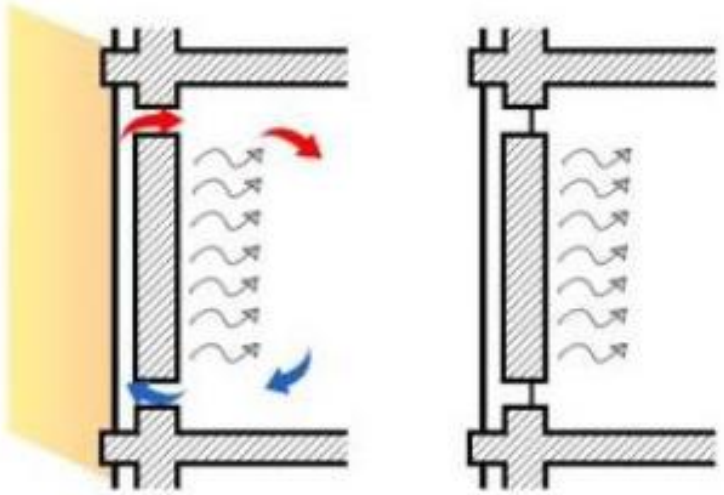


Sistema solare passivo ad accumulo di calore

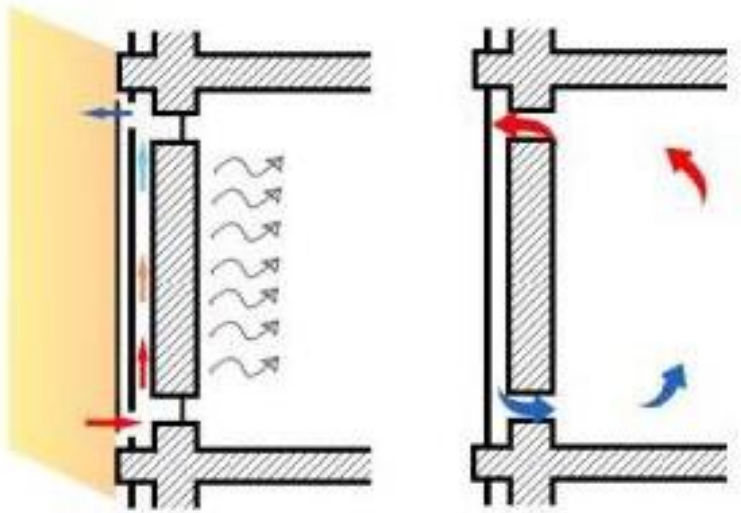
Realizzato a sud, vetro (captante) + muro di colore scuro (accumulo)

Serve sistema di oscuramento vetro per l'estate

# Muro di Trombe - Michel



Inverno, funzionamento diurno e notturno



Estivo, funzionamento diurno e notturno

# Zoom – riflettanza

## PRESCRIZIONI COMUNI PER TUTTI

**(NUOVA COSTRUZIONE, RISTRUTTURAZIONI IMPORTANTI, RIQUALIFICAZIONE ENERGETICA )**

ESTIVO ANCHE PER ISOLE DI CALORE

Per limitare i fabbisogni energetici estivi, contenere la temperatura interna degli ambienti, per limitare il surriscaldamento a scala urbana, per le copertura degli edifici è obbligatoria la verifica dell'efficacia, in termini di rapporto costi-benefici, dell'utilizzo di:

a) materiali a elevata riflettanza solare per le coperture (cool roof), valore non inferiore a:

- 0,65 nel caso di coperture piane;
- 0,30 nel caso di copertura a falde; (slate=ardesia)

Ardesia non va bene …..

- Idem guaina ardesiata




Baker, M. C. *ROOFS -- Design, Application, and Maintenance*, sponsored by the National Research Council of Canada. Multiscience Publications, Limited. 1980.

**GENERAL SURFACES**

| Surface Color Or Material | Reflectance |
|---|---|
| (from Probert and Thirst, 1980) | |
| Black | 0.05 |
| Dark Grey | 0.15-.20 |
| Light Grey | 0.35 |
| White | 0.55 |
| Copper-tarnished | 0.20 |
| Copper-oxidized | 0.35 |
| (from Baker, 1980) | |
| Copper | 0.35 |
| Aluminum | 0.40 |
| Galvanized Iron | 0.10 |
| Asbestos-Cement | 0.20 |
| Smooth-surface Asphalt | 0.07 |
| Grey Gravel Slate | 0.25 |
| White Gravel | 0.50 |
| Concrete Paving | 0.35 |

**Guidelines for Selecting Cool Roofs 2010 :** Bryan Urban and Kurt Roth, Ph.D.

OAK RIDGE NATIONAL LABORATORY
U.S. DEPARTMENT OF ENERGY

**EVALUATING ENERGY COST SAVINGS FROM A CHANGE IN ROOF REFLECTANCE**

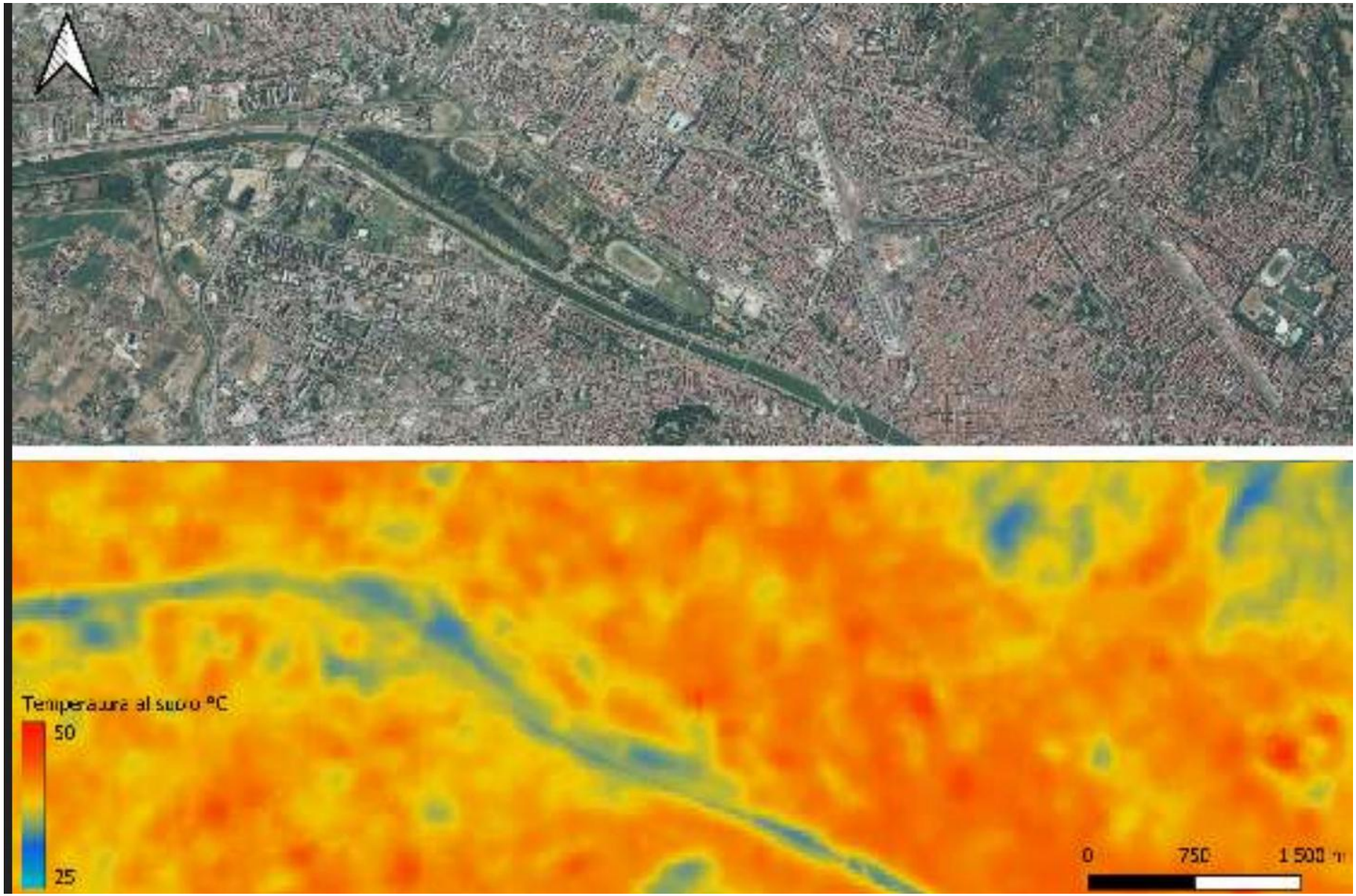
**Figure 5: Cool Dark Colors**




**A T ambiente**

**A T solari**

# Controllo estivo delle coperture

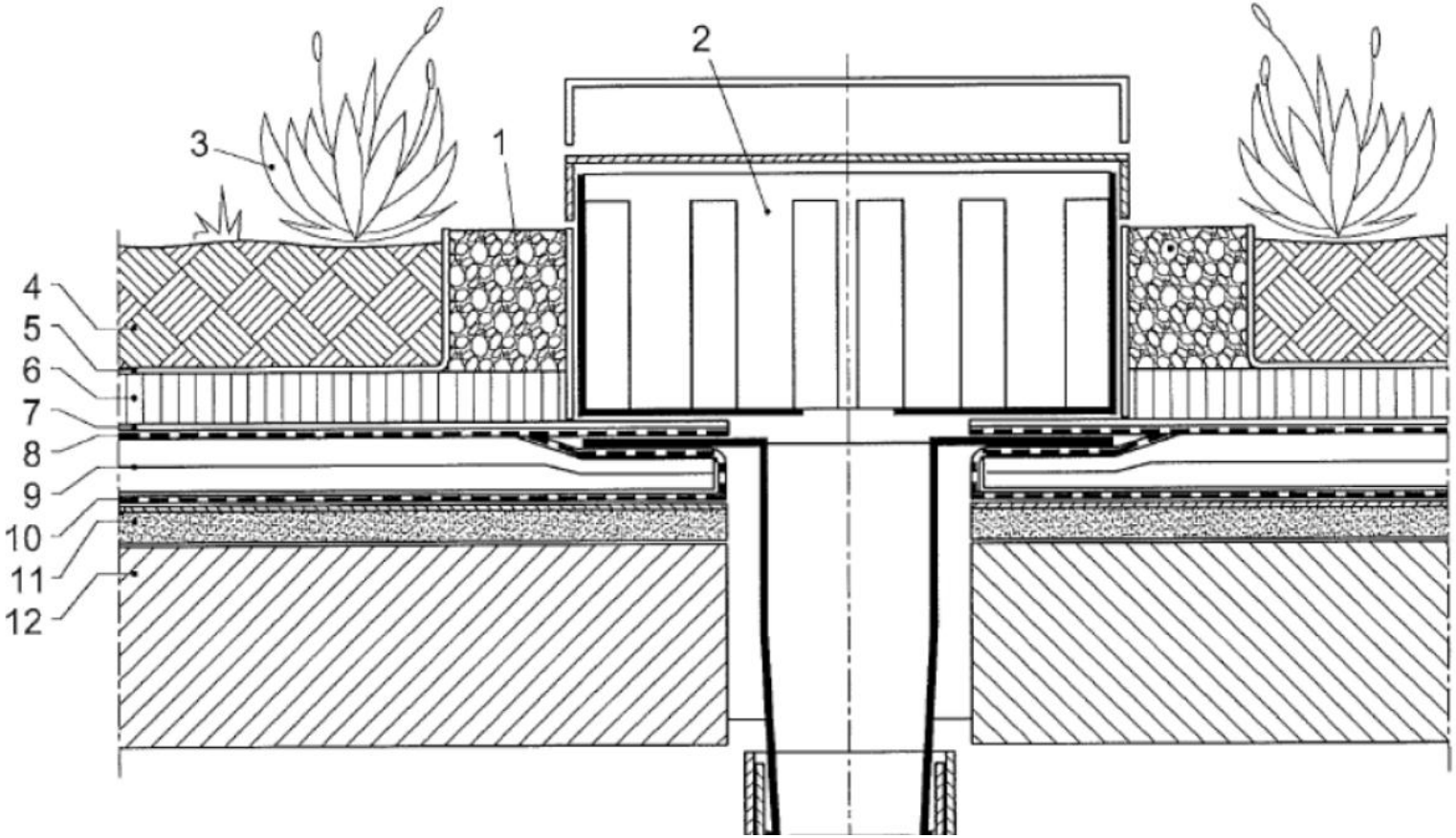


# Zoom – controllo estivo coperture - tetto verde



Non solo aspetti termici, ma anche controllo del pulviscolo e miglioramento (?) del decoro urbano

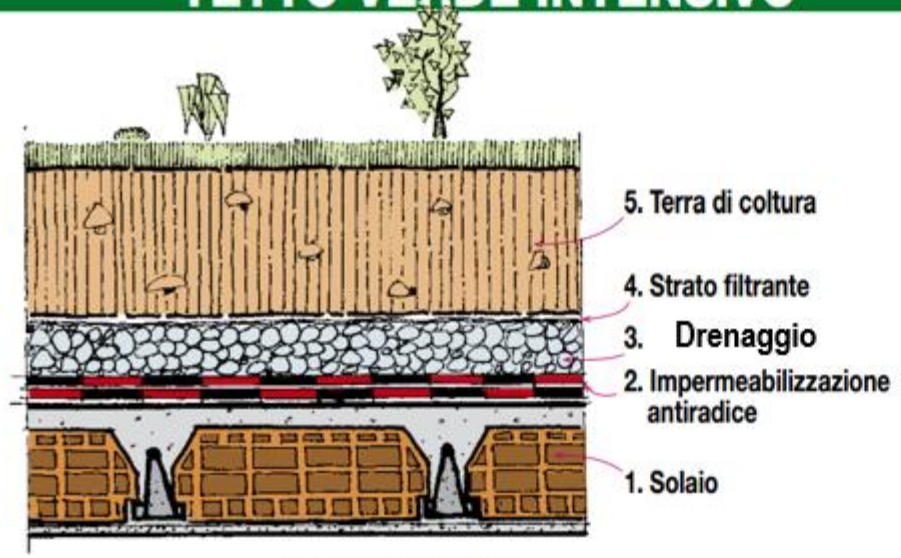
UNI 11235: 2015 → indicazioni tecniche su
- capacità agronomica (attitudine sistema a mantenere le condizioni di sviluppo della vegetazione)
- capacità drenante e gestione acque meteoriche
- adeguate condizioni di ossigenazione dello strato colturale
- manutenzione vegetazione




***Legenda:***

*1) fascia drenante perimetrale, 2) risvolto verticale dell'elemento di tenuta, 3) strato di vegetazione, 4) strato colturale, 5) elemento filtrante, 6) elemento drenante, 7) elemento di protezione dall'azione delle radici, 8) elemento di tenuta, 9) elemento termoisolante, 10) strato di barriera al vapore, 11) strato di pendenza, 12) elemento portante.*

## TETTO VERDE INTENSIVO




**STRATIGRAFIA**
1. Solaio
2. Impermeabilizzazione antiradice
3. Strato drenante
4. Strato filtrante
5. Terra di coltura

**Poco applicabile su esistente:**

**Grandi pesi**

25-50 cm

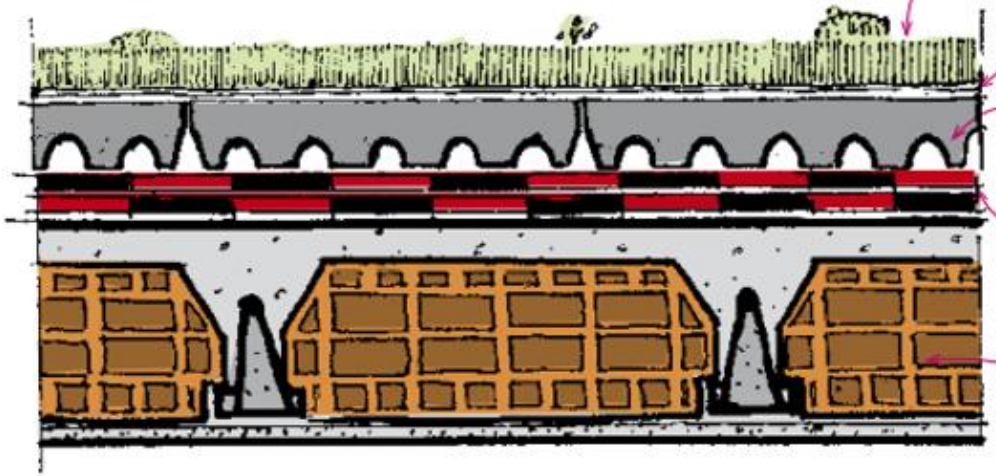
Manutenzione maggiore (ca 4-5 volte all'anno)

- con 0-5 cm: sedum e licheni;
- con 5-10 cm: erba da prato perenne;
- con 10-20 cm: erbe perenni medio basse, arbusti piccoli;
- con più di 20 cm: arbusti medio grandi.

Dipende dal clima!

**Se c'è poco spessore (meno di 30 cm ) e serve meno peso ( max 250 kg/m$^2$)**

# TETTO VERDE ESTENSIVO



5. Terra di coltura
4. Strato filtrante
3. Elemento di accumulo e drenagio acqua piovana
2. Impermeabilizzazione antiradice
1. Solaio

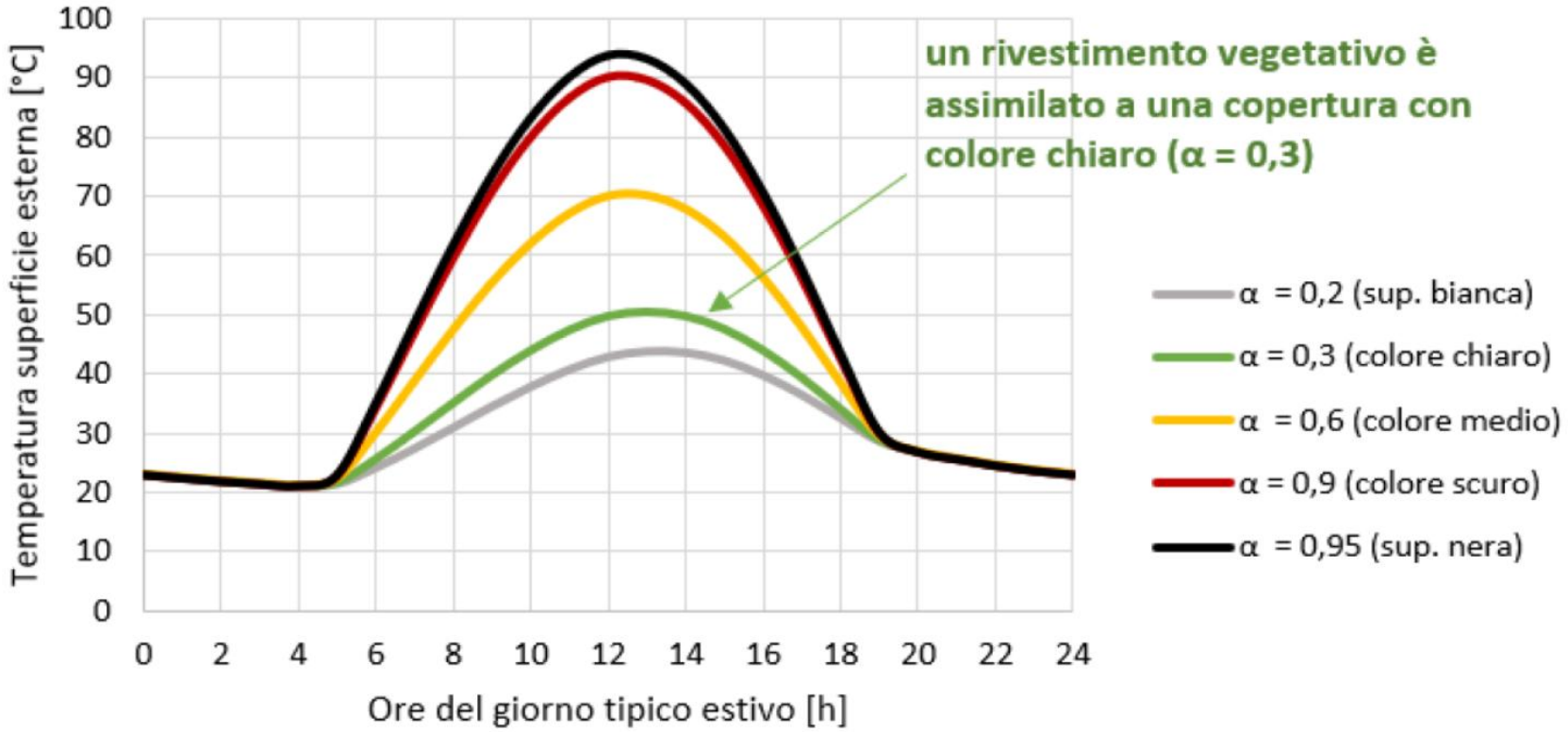
**STRATIGRAFIA**

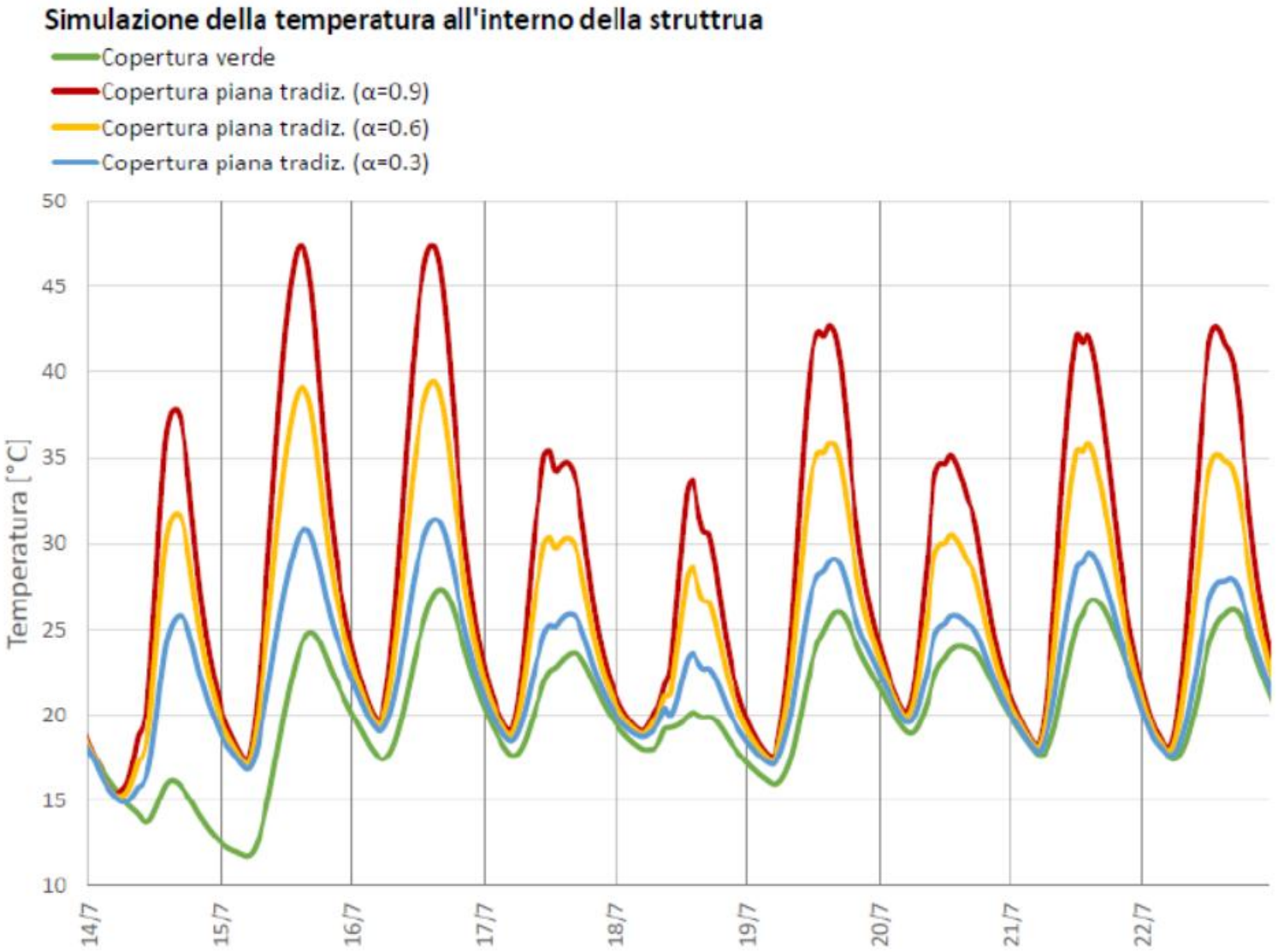
1. Solaio
2. Impermeabilizzazione antiradice
3. Elemento di accumulo e drenagio acqua piovana
4. Strato filtrante
5. Terra di coltura

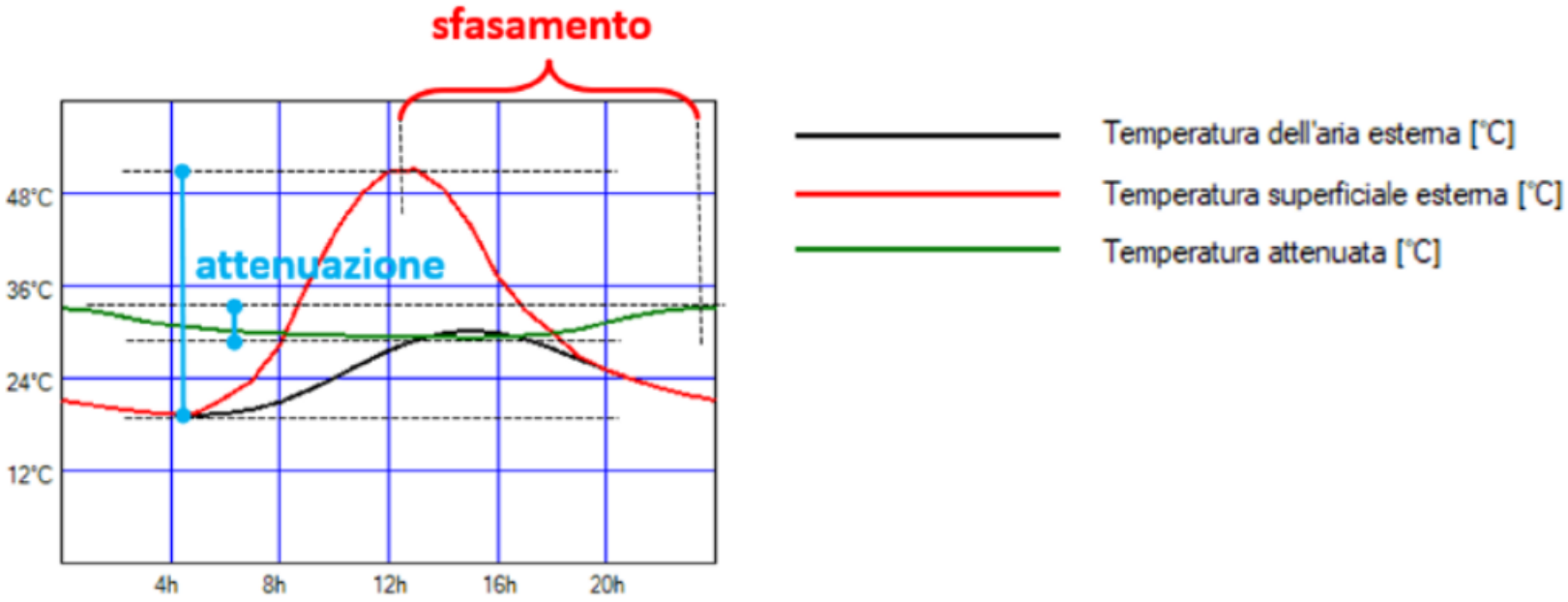
# Tetto verde – effetti

Controllo assorbimento solare

Funzione di
- orientamento della struttura → posizione
- fattore di assorbimento solare del rivestimento esterno → α (per tetti verdi ca 0.3 ≈ colore chiarissimo, quasi bianco)
- temperatura oraria dell'aria esterna
- irradianza oraria

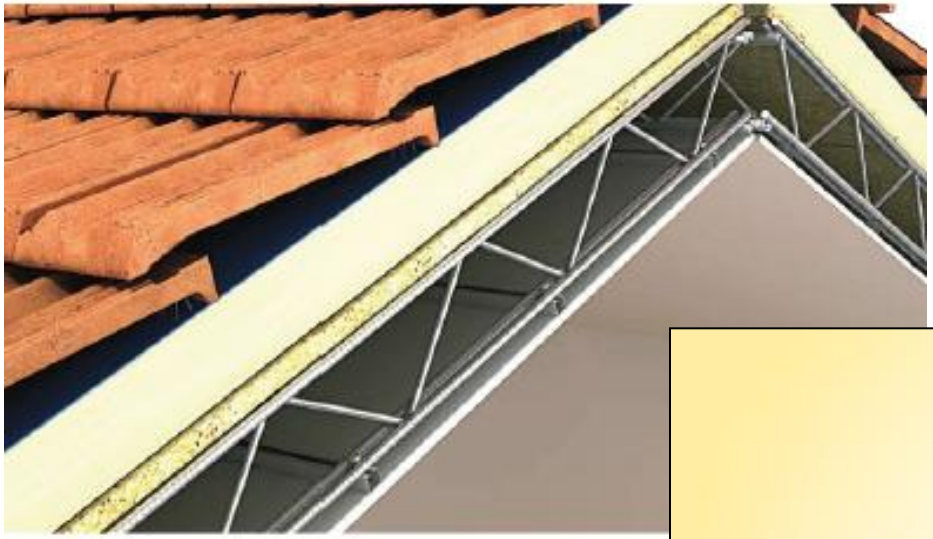


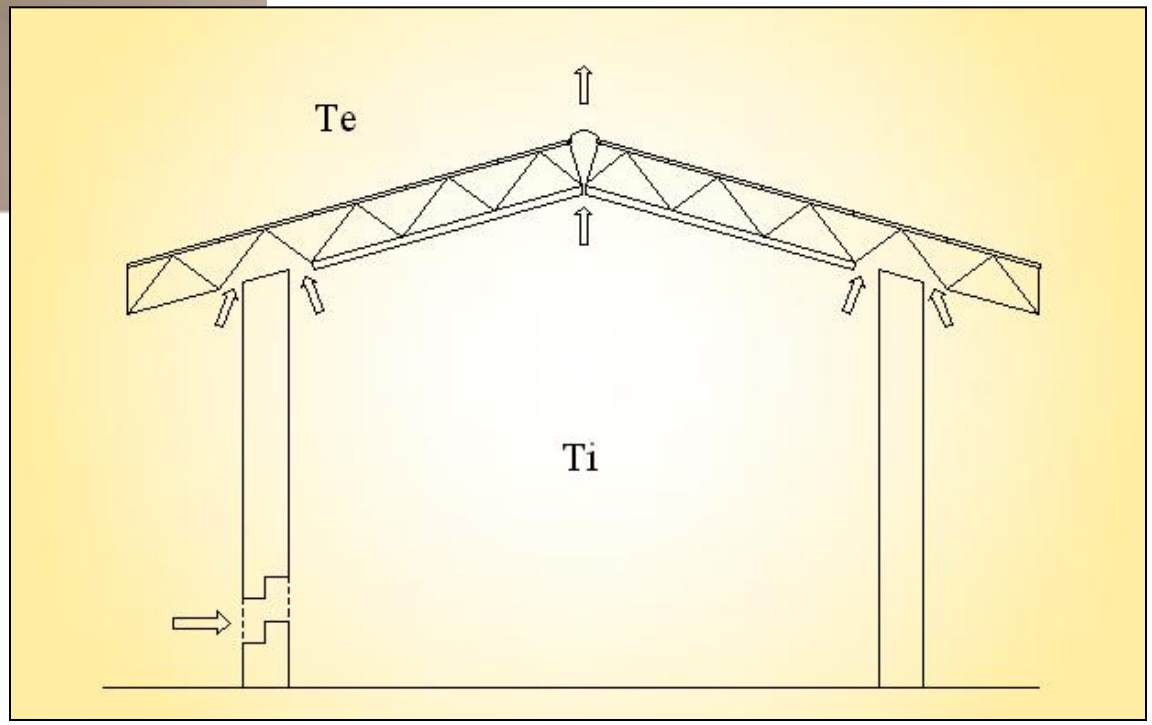

Simulazione della temperatura all'interno della struttrua
Copertura verde
Copertura piana tradiz. (α=0.9)
Copertura piana tradiz. (α=0.6)
Copertura piana tradiz. (α=0.3)
Temperatura [°C]
50
45
40
35
30
25
20
15
10
14/7
15/7
16/7
17/7
18/7
19/7
20/7
21/7
22/7

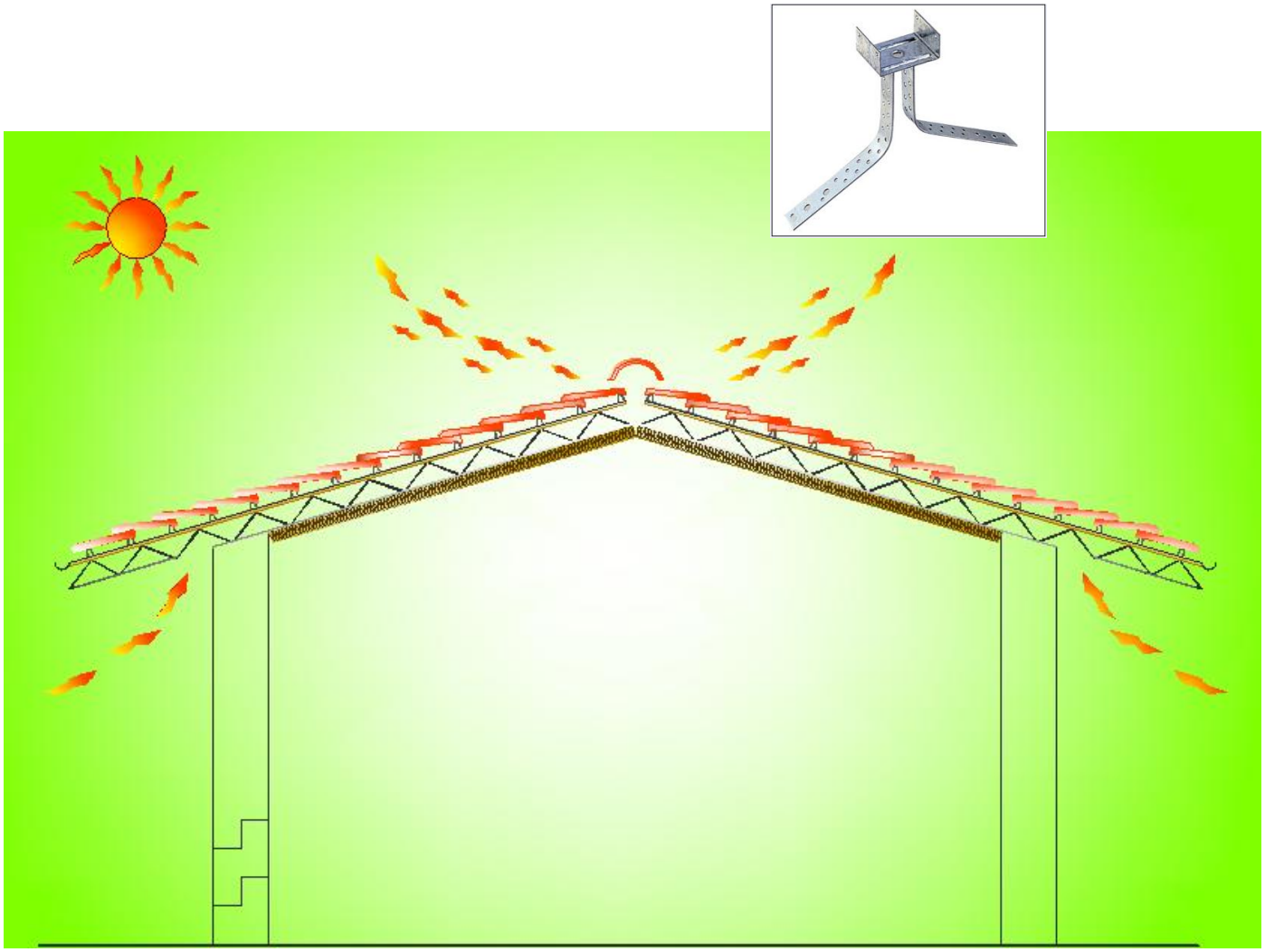



- lo sfasamento φ rappresenta il periodo di tempo tra il valore massimo della sollecitazione termica e il massimo del suo effetto (si misura in ore);
- l'attenuazione $f_a$ è il rapporto tra la trasmittanza termica periodica e la trasmittanza termica stazionaria (ovvero $f_a = Y_{IE}/U$) e può essere vista anche come il rapporto tra l'ampiezza (di flusso o temperatura) in condizioni dinamiche e quella corrispondente in condizioni stazionarie (il parametro è adimensionale).

# Zoom – controllo estivo coperture - tetto ventilato

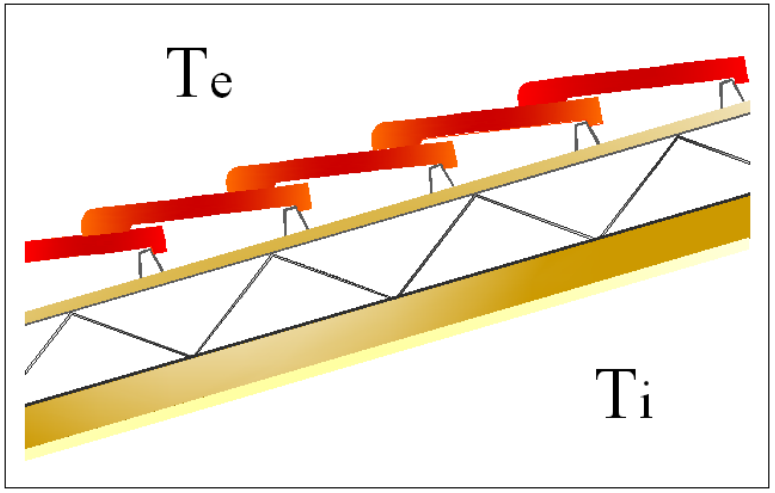


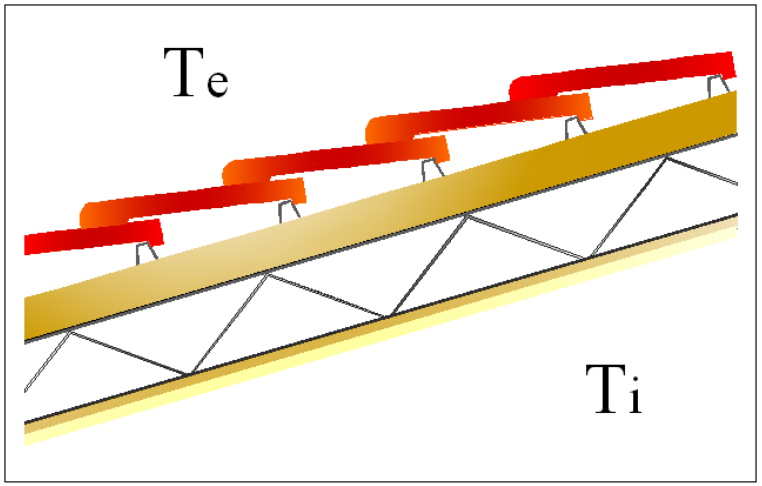




‘Motore’?
Cambia se metto i pannelli solari sopra?

Cambia se isolo sopra o sotto la struttura?



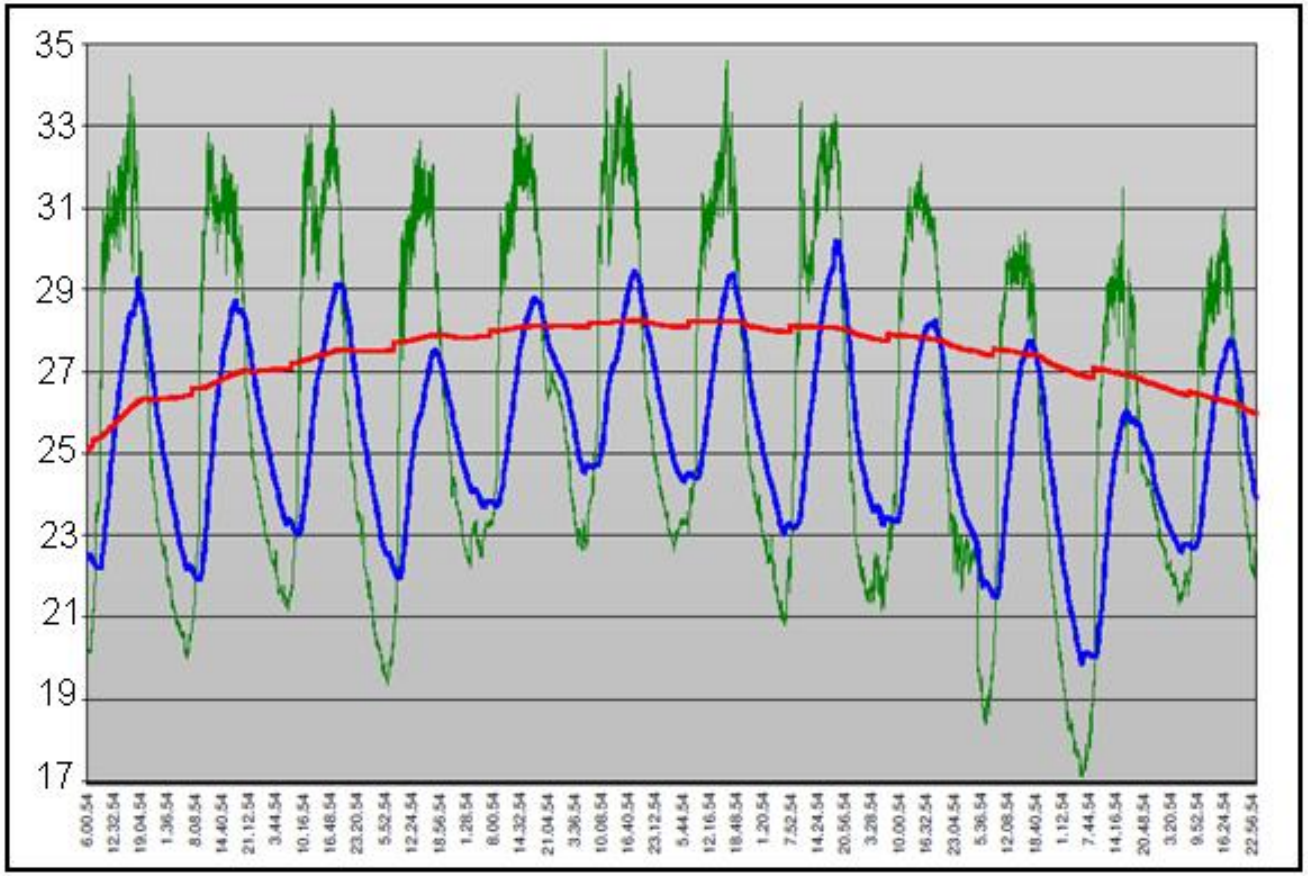




Azioni del vento?

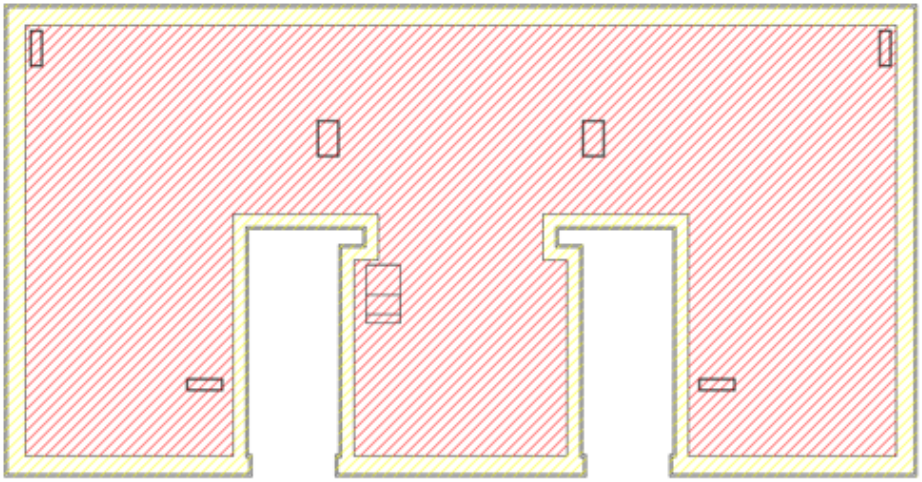
Peso tetto 70 kg/m$^2$ (es.. Coppe, tegole, embrici..)



| Zona | $V_{b0}$ [m/s] | $q_{minvento}$ [N/m$^2$] | $q_{minvento}$ [kgf/m$^2$] |
|---|---|---|---|
| Valle d'Aosta, Piemonte, Lombardia, Trentino, Veneto, Friuli, Emilia Romagna | 25 | 586 | 59 |
| Toscana, Marche, Umbria, Lazio, Abruzzo, Molise, Puglia, Campania, Basilicata, Calabria | 27 | 683 | 68 |
| Sicilia, RC, Liguria, Sardegna | 28 | 735 | 74 |
| Trieste | 30 | 844 | 84 |
| Isole restanti | 31 | 901 | 90 |


35
33
31
29
27
25
23
21
19
17
6.00.54
12.32.54
19.04.54
1.36.54
8.08.54
14.40.54
21.12.54
3.44.54
10.16.54
16.48.54
23.20.54
5.52.54
12.24.54
18.56.54
1.28.54
8.00.54
14.32.54
21.04.54
3.36.54
10.08.54
16.40.54
23.12.54
5.44.54
12.16.54
18.48.54
1.20.54
7.52.54
14.24.54
20.56.54
3.28.54
10.00.54
16.32.54
23.04.54
5.36.54
12.08.54
18.40.54
1.12.54
7.44.54
14.16.54
20.48.54
3.20.54
9.52.54
16.24.54
22.56.54
Temperatura esterna
Temperatura interna copertura ventilata
Temperatura interna copertura in C.A.

# Riqualificazione energetica copertura piana edificio



Copertura piana dell'edificio oggetto di intervento (494.80 mq) è pari al 10% circa della superficie disperdente lorda dell'edificio (4973.42 mq) si configura come intervento di **Riqualificazione Energetica**

## 1. COPERTURA A VERDE

Al fine di poter stimare i benefici energetici conseguenti all'intervento verrà calcolato:

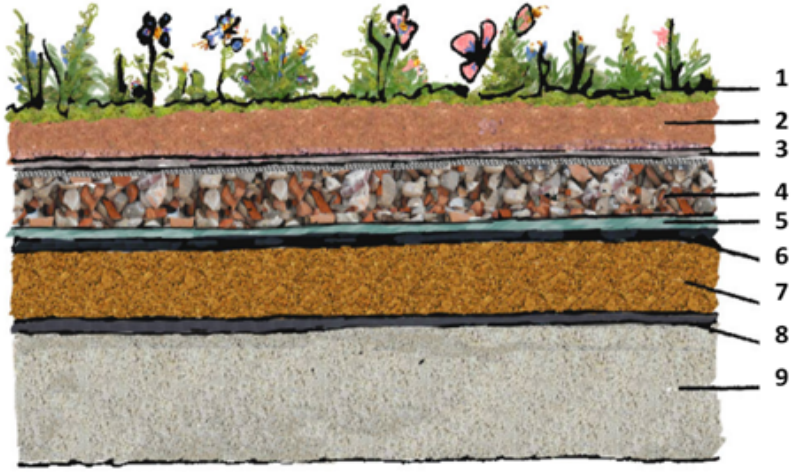
- il carico termico estivo degli immobili posti a confine con la copertura senza tecnologia passiva

- il carico termico estivo degli immobili posti a confine con la copertura supposta con rivestimento con tecnica a "tetto verde". Nel calcolo è stata considerata un nuova stratigrafia che tiene conto del coefficiente di assorbimento $\alpha=0.3$ della copertura verde, del maggiore contributo alla resistenza termica offerta dallo strato di terreno e della migliorata capacità termica della struttura.

- Confronto tra i risparmi annui conseguibili e i sovra-costi da sostenere è possibile valutare il tempo di rientro dell'investimento e quindi la convenienza economica dello stesso.

# Riqualificazione energetica copertura piana edificio

**Stratigrafia schematica tecnologia copertura a verde**




**1. Vegetazione**

**2. Substrato di vegetazione**

Terriccio naturale ad alta capacità di ritenzione idrica

**3. Telo di tessuto non tessuto**

La funzione principale del telo è permettere il passaggio della sola acqua tra due strati contigui, ostacolando il passaggio di altri elementi. A tale categoria appartiene la classe dei geo-tessili, materiali costituiti generalmente da tessuto di fibre di polietilene

**4. Strato drenante**

Le funzioni dello strato drenante sono: drenaggio delle acque piovane e di irrigazione in eccesso; accumulo e riserva di acqua per la vegetazione; aerazione degli apparati radicali; protezione aggiuntiva delle stratificazioni di impermeabilizzazione.

**5. Strato protettivo, primer**

**6. Strato impermeabilizzante**

Membrane bitume–polimero in rotoli che si dispongono sulle superfici orizzontali o inclinate delle coperture

**7. Pannello isolante**

**8. Telo polietilene**

**9. Solaio**

# Carico termico estivo copertura “tradizionale”



| Dati generali | |
|---|---|
| Sup. lorda disp. [m2] | 2140.8 |
| Volume lordo riscaldato [m3] | 1880.2 |
| Volume lordo raffrescato [m3] | 1880.2 |

| COPERTURA | | |
|---|---|---|
| | λ [W/mK] | Spessore [cm] |
| Intonaco interno | 0,9 | 2 |
| Cls Ordinario | 1,160 | 15 |
| Pannello isolante | 0,026 | 12 |
| Guaina bituminosa | 0,170 | 0,8 |
| Pavimentazione esterna | 1,0 | 1,5 |

| SUP. VERTICALI | |
|---|---|
| Parete esterna cassa vuota | MCV01 40 cm |
| Parete vano scala mattoni pieni | MLP01 18 cm |
| Finestra tipo 1<br>H=1.80, l=1.120,<br>Av=0.156,p=8.64 | Al, 2V |
| Sottofinestra h=0.90 m | MLP01 18 cm |

# Carico termico estivo “tradizionale”



| Superfici disperdenti - Int.: 50,51,52-32,33,34-15,16,17 | | | | |
|---|---|---|---|---|
| | **Parete esterna cassa vuota 40 cm** | **Finestre tipo 1** | **Copertura** | **Vano scala 18 cm** |
| **Nord** | 136 | 10 | | |
| **Sud** | 136 | 10 | | |
| **Est** | 136.8 | 6 | | |
| **Ovest** | 136.8 | 6 | | |
| **Orizzontale** | | | 422 | |
| **Verso non riscaldato** | | | | 150 |

# Carico termico estivo “tradizionale”

| | | Totale | Gen | Feb | Mar | Apr | Mag | Giu | Lug | Ago | Set | Ott | Nov | Dic |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Coefficiente globale di scambio termico per trasmissione, $H_{tr,adj}$ | W/K | | 1133.43 | 1133.43 | 1133.43 | 1133.43 | 1133.43 | 1133.43 | 1133.43 | 1133.43 | 1133.43 | 1133.43 | 1133.43 | 1133.43 |
| Coefficiente globale di scambio termico per ventilazione, $H_{ve,adj}$ | W/K | | 126.60 | 126.60 | 126.60 | 126.60 | 126.60 | 126.60 | 126.60 | 126.60 | 126.60 | 126.60 | 126.60 | 126.60 |
| Flusso termico per trasmissione con l'ambiente esterno, $Q_d$ | MJ | | 41083.56 | 36870.54 | 39245.37 | 27306.02 | 19287.87 | 9262.96 | 3794.55 | 6420.54 | 9771.21 | 20600.86 | 32388.58 | 42133.95 |
| Flusso termico per trasmissione con il terreno, $Q_g$ | MJ | | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| Flusso termico per trasmissione con ambienti non climatizzati, $Q_u$ | MJ | | 6411.25 | 5753.79 | 6124.39 | 4261.21 | 3009.95 | 1445.52 | 592.15 | 1001.95 | 1524.83 | 3214.84 | 5054.36 | 6575.16 |
| Flusso termico per trasmissione con zone climatizzate a temperatura diversa, $Q_a$ | MJ | | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| Flusso termico per ventilazione, $Q_{ve}$ | MJ | | 5304.99 | 4760.98 | 5067.63 | 3525.94 | 2490.58 | 1196.10 | 489.98 | 829.06 | 1261.73 | 2660.13 | 4182.24 | 5440.63 |
| Extra flusso termico per radiazione infrarossa verso la volta celeste (opachi) | MJ | | 2207.87 | 2705.32 | 2708.55 | 2552.96 | 2645.66 | 2498.60 | 2645.67 | 2748.81 | 2641.12 | 2683.96 | 2427.67 | 2518.78 |
| Extra flusso termico per radiazione infrarossa verso la volta celeste (trasparenti) | MJ | | 640.98 | 785.40 | 786.34 | 741.16 | 768.08 | 725.38 | 768.08 | 798.02 | 766.76 | 779.20 | 704.79 | 731.24 |
| Extra flusso termico per radiazione infrarossa verso la volta celeste (da NC) | MJ | | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| Flusso termico prodotto da sorgenti di calore interne, $Q_{int}$ | MJ | | 1205.28 | 1088.64 | 1205.28 | 1166.40 | 1205.28 | 1166.40 | 1205.28 | 1205.28 | 1166.40 | 1205.28 | 1166.40 | 1205.28 |
| Flusso termico prodotto da sorgenti di calore interne (da NC), $Q_{int,u}$ | MJ | | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| Apporti solari su componenti opachi, $Q_{sol,op}$ | MJ | | 1886.19 | 2957.58 | 3924.04 | 4447.68 | 5481.61 | 5910.03 | 6717.83 | 5883.36 | 4129.57 | 3367.24 | 2358.17 | 1985.97 |
| Apporti solari su componenti trasparenti, $Q_{sol,w}$ | MJ | | 4466.38 | 6556.60 | 8005.75 | 8389.38 | 9982.29 | 10460.48 | 11889.56 | 10686.03 | 8163.18 | 7172.02 | 5479.04 | 4765.89 |
| Apporti solari su componenti trasparenti (da NC), $Q_{sol,w,u}$ | MJ | | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| Capacità termica | kJ/K | 430'320 | | | | | | | | | | | | |
| Costante di tempo, $\tau$ | h | | 94.87 | 94.87 | 94.87 | 94.87 | 94.87 | 94.87 | 94.87 | 94.87 | 94.87 | 94.87 | 94.87 | 94.87 |
| Giorni attivazione | | | 0 | 0 | 0 | 0 | 11 | 30 | 31 | 31 | 28 | 0 | 0 | 0 |
| Totale guadagni, $Q_{gn}$ | MJ | | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 3969.78 | 11626.88 | 13094.84 | 11891.31 | 8707.60 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| Totale dispersioni, $Q_{ht}$ | MJ | | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 8062.12 | 9218.52 | 1572.59 | 5915.02 | 11047.01 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| Rapporto apporti/dispersioni, $\gamma$ | | | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.4924 | 1.2613 | 8.3269 | 2.0104 | 0.7882 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 |
| Fattore di utilizzazione delle dispersioni termiche, $\eta_{ls}$ | | | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.4923 | 0.9855 | 1.0000 | 0.9999 | 0.7774 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 |
| Fabbisogno ideale di energia termica, $Q_{nd}$ | MJ | | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.80 | 2542.03 | 11522.24 | 5976.88 | 119.66 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| **Fabbisogno ideale di energia termica utile, $Q_c$** | **Wh** | **5'600'446** | **0** | **0** | **0** | **0** | **222** | **706'119** | **3'200'623** | **1'660'243** | **33'239** | **0** | **0** | **0** |
| | kWh | 5'600 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 706 | 3'201 | 1'660 | 33 | 0 | 0 | 0 |

# Carico termico estivo con tetto verde



| Dati generali | |
|---|---|
| Sup. lorda disp. [m2] | 2140.8 |
| Volume lordo riscaldato [m3] | 1880.2 |
| Volume lordo raffrescato [m3] | 1880.2 |

| COPERTURA con tetto verde | | |
|---|---|---|
| | λ [W/mK] | Spessore [cm] |
| Intonaco interno | 0,9 | 2 |
| Cls Ordinario | 1,160 | 15 |
| Pannello isolante | 0,026 | 12 |
| Guaina bituminosa | 0,170 | 0,8 |
| Argilla espansa in granuli | 0,15 | 10 |

| SUP. VERTICALI | |
|---|---|
| Parete esterna cassa vuota | MCV01 40 cm |
| Parete vano scala mattoni pieni | MLP01 18 cm |
| Finestra tipo 1<br>H=1.80, l=1.120,<br>Av=0.156,p=8.64 | Al, 2V |
| Sottofinestra h=0.90 m | MLP01 18 cm |

# Carico termico estivo con tetto verde

| | | Totale | Gen | Feb | Mar | Apr | Mag | Giu | Lug | Ago | Set | Ott | Nov | Dic |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Coefficiente globale di scambio termico per trasmissione, $H_{tr,adj}$ | W/K | | 1119.93 | 1119.93 | 1119.93 | 1119.93 | 1119.93 | 1119.93 | 1119.93 | 1119.93 | 1119.93 | 1119.93 | 1119.93 | 1119.93 |
| Coefficiente globale di scambio termico per ventilazione, $H_{ve,adj}$ | W/K | | 126.60 | 126.60 | 126.60 | 126.60 | 126.60 | 126.60 | 126.60 | 126.60 | 126.60 | 126.60 | 126.60 | 126.60 |
| Flusso termico per trasmissione con l'ambiente esterno, $Q_d$ | MJ | | 40517.69 | 36362.71 | 38704.82 | 26929.92 | 19022.21 | 9135.37 | 3742.29 | 6332.10 | 9636.63 | 20317.12 | 31942.47 | 41553.62 |
| Flusso termico per trasmissione con il terreno, $Q_g$ | MJ | | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| Flusso termico per trasmissione con ambienti non climatizzati, $Q_u$ | MJ | | 6411.25 | 5753.79 | 6124.39 | 4261.21 | 3009.95 | 1445.52 | 592.15 | 1001.95 | 1524.83 | 3214.84 | 5054.36 | 6575.16 |
| Flusso termico per trasmissione con zone climatizzate a temperatura diversa, $Q_a$ | MJ | | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| Flusso termico per ventilazione, $Q_{ve}$ | MJ | | 5304.99 | 4760.98 | 5067.63 | 3525.94 | 2490.58 | 1196.10 | 489.98 | 829.06 | 1261.73 | 2660.13 | 4182.24 | 5440.63 |
| Extra flusso termico per radiazione infrarossa verso la volta celeste (opachi) | MJ | | 2127.79 | 2607.20 | 2610.31 | 2460.36 | 2549.70 | 2407.98 | 2549.71 | 2649.11 | 2545.33 | 2586.62 | 2339.62 | 2427.42 |
| Extra flusso termico per radiazione infrarossa verso la volta celeste (trasparenti) | MJ | | 640.98 | 785.40 | 786.34 | 741.16 | 768.08 | 725.38 | 768.08 | 798.02 | 766.76 | 779.20 | 704.79 | 731.24 |
| Extra flusso termico per radiazione infrarossa verso la volta celeste (da NC) | MJ | | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| Flusso termico prodotto da sorgenti di calore interne, $Q_{int}$ | MJ | | 1205.28 | 1088.64 | 1205.28 | 1166.40 | 1205.28 | 1166.40 | 1205.28 | 1205.28 | 1166.40 | 1205.28 | 1166.40 | 1205.28 |
| Flusso termico prodotto da sorgenti di calore interne (da NC), $Q_{int,u}$ | MJ | | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| Apporti solari su componenti opachi, $Q_{sol,op}$ | MJ | | 1712.41 | 2647.48 | 3440.84 | 3832.40 | 4693.24 | 5040.44 | 5726.01 | 5048.36 | 3584.03 | 2985.77 | 2132.57 | 1807.95 |
| Apporti solari su componenti trasparenti, $Q_{sol,w}$ | MJ | | 4466.38 | 6556.60 | 8005.75 | 8389.38 | 9982.29 | 10460.48 | 11889.56 | 10686.03 | 8163.18 | 7172.02 | 5479.04 | 4765.89 |
| Apporti solari su componenti trasparenti (da NC), $Q_{sol,w,u}$ | MJ | | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| Capacità termica | kJ/K | 430'320 | | | | | | | | | | | | |
| Costante di tempo, $\tau$ | h | | 95.89 | 95.89 | 95.89 | 95.89 | 95.89 | 95.89 | 95.89 | 95.89 | 95.89 | 95.89 | 95.89 | 95.89 |
| Giorni attivazione | | | 0 | 0 | 0 | 0 | 10 | 30 | 31 | 31 | 28 | 0 | 0 | 0 |
| Totale guadagni, $Q_{gn}$ | MJ | | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 3608.89 | 11626.88 | 13094.84 | 11891.31 | 8707.60 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| Totale dispersioni, $Q_{ht}$ | MJ | | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 7466.86 | 9869.91 | 2416.20 | 6561.89 | 11341.16 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| Rapporto apporti/dispersioni, $\gamma$ | | | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.4833 | 1.1780 | 5.4196 | 1.8122 | 0.7678 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 |
| Fattore di utilizzazione delle dispersioni termiche, $\eta_{ls}$ | | | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.4833 | 0.9749 | 1.0000 | 0.9996 | 0.7595 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 |
| Fabbisogno ideale di energia termica, $Q_{nd}$ | MJ | | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.16 | 2004.71 | 10678.64 | 5332.04 | 93.99 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| **Fabbisogno ideale di energia termica utile, Qc** | **Wh** | **5'030'430** | **0** | **0** | **0** | **0** | **44** | **556'865** | **2'966'289** | **1'481'123** | **26'109** | **0** | **0** | **0** |
| | kWh | 5'030 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 557 | 2'966 | 1'481 | 26 | 0 | 0 | 0 |

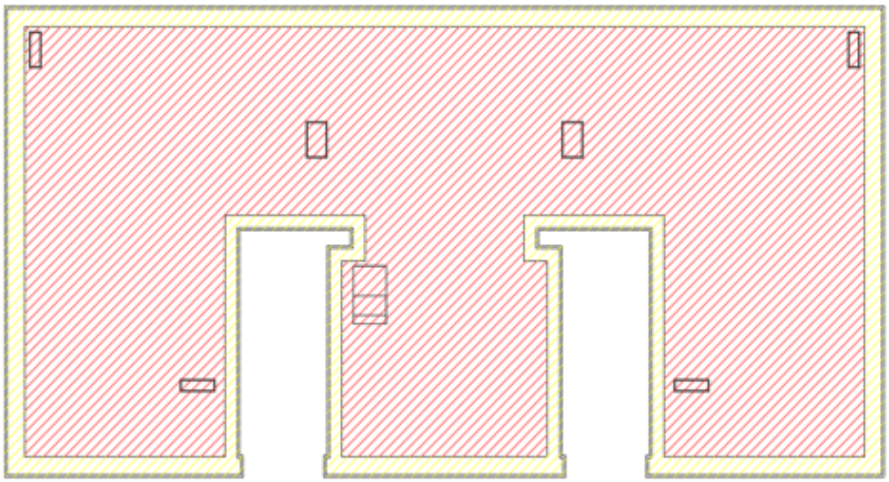
# STIMA TEMPO RIENTRO INVESTIMENTO

| STIMA TEMPO RIENTRO INVESTIMENTO | | |
|---|---|---|
| $Q_{c,nd\,trad}$ | 5600.4 | [$kWh_t$] |
| $Q_{c,nd\,verde}$ | 5030.4 | [$kWh_t$] |
| Risparmio | 570 | [$kWh_t$] |
| COP | 3 | [-] |
| Risparmio | 190 | [$kWh_e$] |
| Costo energia | 0.21 | [€/$kWh_e$] |
| Risparmio | 39.90 | [€/anno] |
| Sovra-costo iniziale | 30 | [€/$m^2$] |
| Costo totale | 13260 | [€/$m^2$] |
| TR semplice | 332 | [anni] |
| Vita stimata | 50 | [anni] |

Considerando un sovra-costo di circa 30 €/$m^2$ per la realizzazione della copertura verde emerge un tempo di rientro semplice dell'investimento pari a circa 332 anni, superiore alla vita utile dell'intervento stesso. **L'intervento non è pertanto conveniente e a favore di sicurezza non sono stati considerati i costi manutentivi e di rinforzo per sostenere i maggiori carichi statici e sismici conseguenti all'innovazione.**

# Riqualificazione energetica copertura piana ventilata

## 2. COPERTURA PIANA VENTILATA



Copertura piana dell'edificio oggetto di intervento (494.80 mq) è pari al 10% circa della superficie disperdente lorda dell'edificio ( 4973.42 mq) si configura come intervento di **Riqualificazione Energetica**

**DATI DI INPUT**

| | | | |
|---|---|---|---|
| α | 0,3 | [-] | Coefficiente di assorbimento |
| A | 442 | [$m^2$] | Area dell'elemento [mq] |
| L | 144 | [m] | Perimetro aerato [m] |

Una tecnologia passiva usualmente adottata per ridurre i carichi estivi di un'immobile è la realizzazione di un'intercapedine ventilata.
Al fine di poter stimare i benefici energetici conseguenti all'intervento verrà calcolato:

- il fabbisogno termico estivo degli immobili posti a confine con una copertura tradizionale isolata, basso riflettente $\alpha = 0,3$ ma non ventilata.

- fabbisogno degli stessi immobili posti a confine con una copertura analoga sulla quale sia stata realizzata un'intercapedine d'aria ventilata.

- Confronto degli apporti di energia termica dovuti alla radiazione solare ($Q_{sol}$) incidente attraverso la copertura nei due casi sopracitati.

# Riqualificazione energetica copertura piana ventilata
# Calcolo $Q_{sol}$

Gli apporti termici solari $Q_{sol}$, nel caso di componente opaco, vengono calcolati secondo la formula 11 e 12 della UNI 11300-1 nel seguente modo:

$$Q_{sol,op} = \left\{ \sum_{k} \phi_{sol,op,mn,k} \right\} \cdot t$$

$$\phi_{sol,op,k} = F_{sh,ob,k} \cdot A_{sol,op,k} \cdot I_{sol,k}$$

Dove:

$F_{sh,ob,k}$ è il fattore di riduzione per ombreggiatura relativo ed elementi esterni per l'area di captazione solare effettiva della superficie k-esima;

$A_{sol,op,k}$ è l'area di captazione solare effettiva della superficie opaca k-esima con dato orientamento e angolo d'inclinazione sul piano orizzontale, nella zona o ambiente considerato, espressa in $m^2$, determinata con l'equazione 14.

$I_{sol,k}$ è l'irradianza solare media del mese considerato o della frazione di mese, sulla superficie k-esima, con dato orientamento e angolo d'inclinazione sul piano orizzontale, espressa in $W/m^2$.

# Calcolo $A_{sol,op,k}$ - Area di captazione solare effettiva

Il fattore **$A_{sol,op,k}$ , area di captazione solare effettiva,** viene calcolato con metodo differente nel caso di :

a) copertura piana tradizionale (senza intercapedine d'aria ventilata)

b) copertura con intercapedine d'aria ventilata.

## a) Calcolo area di captazione solare tetto piano

Per il calcolo dell'area di captazione effettiva del tetto piano si segue la formula 14 della UNI 11300-1, dove

$$A_{sol,op} = \alpha_{sol,c} \cdot R_{se} \cdot U_{c,eq} \cdot A_c \qquad (14)$$

Dove

$\alpha_{sol,c}$ è il fattore di assorbimento solare del componente opaco

$R_{se}$ è la resistenza termica superficiale esterna del componente opaco, determinato secondo la UNI EN ISO 6946, espressa in $m^2K/W$

$A_c$ è l'area proiettata del componente opaco, espressa in $m^2$

$U_{c,eq}$ è la trasmittanza termica equivalente del componente opaco, espressa in $W/m^2K$

Per il calcolo dell'area di captazione effettiva del tetto piano **non ventilato** il termine $U_{c,eq} = U_{c,0}$ ossia la trasmittanza termica equivalente coincide con quella del componente opaco.

# Calcolo $A_{sol,op,k}$ - Area di captazione solare effettiva

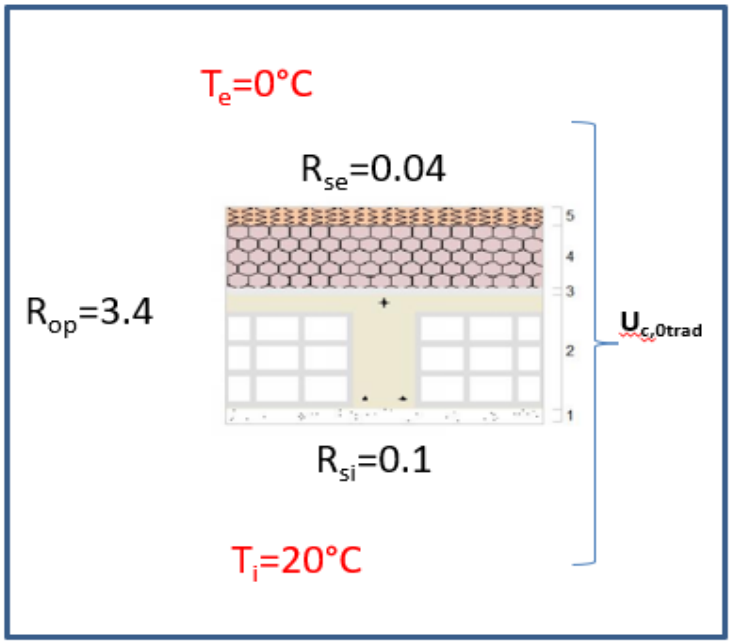
## a) Calcolo area di captazione solare tetto piano

$$A_{sol,op} = \alpha_{sol,c} \cdot R_{se} \cdot U_{c,eq} \cdot A_c$$

## $U_{c,eq}$ = $U_{c,0trad}$ tetto piano non ventilato

Struttura tetto piano isolato NON VENTILATO

| | | |
|---|---|---|
| Spessore | m | 0,34200 |
| Massa superficiale | kg/m² | 233,460 |
| Massa totale | kg/m² | 261,460 |
| Capacità termica interna | kJ/(m²·K) | 65,675 |
| Capacità termica esterna | kJ/(m²·K) | 59,834 |
| Resistenza termica dei materiali | m²·K/W | 3,400 |
| Resistenza termica totale | m²·K/W | 3,540 |
| Trasmittanza termica totale | W/(m²·K) | 0,282 |
| Trasmittanza termica periodica | W/(m²·K) | 0,102 |




**STRATIGRAFIA**

| | Codice materiale | Descrizione | d m | l W/(m·K) | C W/(m²·K) | ρ kg/m³ | $c_p$ J/(kg·K) | R m²·K/W |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | Resistenza superficiale interna | | | | | | 0,100 |
| 1 | INT507 | Intonaco di calce e gesso | 0,02000 | 0,700 | 0,000 | 1.400,000 | 1000 | 0,029 |
| 2 | MUR803 | Blocco da solaio 160 mm (2.1.03i - Pi - 160x495x250 - 72%O) | 0,18000 | 0,000 | 3,333 | 950,000 | 840 | 0,300 |
| 3 | CLS02 | Massetto sottofondo | 0,01200 | 1,060 | 0,000 | 80,000 | 920 | 0,011 |
| 4 | ISO03 | Capatec Dalmatiner | 0,10000 | 0,033 | 0,000 | 15,000 | 1.255 | 3,030 |
| 5 | PAV610 | Piastrelle interne gres | 0,03000 | 1,000 | 0,000 | 2.000,000 | 1000 | 0,030 |
| | | Resistenza superficiale esterna | | | | | | 0,040 |

**$U_{c,eq}$ = $U_{c,0trad}$ = 0.282 W/m²K**

UNI EN ISO 6946:2007 Tabella 1: Valori convenzionali di resistenza superficiale.

| Resistenza superficiale (m²K/W) | Direzione del flusso termico | | |
|---|---|---|---|
| | Ascendente | Orizzontale | Discendente |
| Rsi | 0,10 | 0,13 | 0,17 |
| Rse | 0,04 | 0,04 | 0,04 |

$$A_{sol,op} = \alpha_{sol,c} \cdot R_{se} \cdot U_{c,eq} \cdot A_c$$

**$A_{sol,op}$ = 0,3 · 0,04 · 0,282 · 422 = 1,50**

# Calcolo $A_{sol,op,k}$ - Area di captazione solare effettiva

## b) Calcolo area di captazione solare tetto piano ventilato

Per il calcolo dell'area di captazione effettiva del tetto piano **ventilato** si utilizza sempre la formula 14 della UNI 11300-1 ma, per il calcolo di $U_{c,eq}$ deve essere utilizzata la formula 15 della suddetta norma.

$$U_{c,eq} = f_v \cdot U_{c,0} + (1 - f_v) \cdot U_{c,v} \qquad (15)$$

Dove:

$f_v$ è il coefficiente di ventilazione ricavato secondo quanto riportato nella norma

$U_{c,0}$ è la trasmittanza termica equivalente del componente opaco per intercapedine non ventilata, espressa in W/(m²K)

$U_{c,v}$ è la trasmittanza termica equivalente del componente opaco per intercapedine fortemente ventilata, espressa in W/(m²K)

| Prospetto b1. uni 10375 | | | |
|---|---|---|---|
| | Ac/A<0.005 | tra 0.005 e 0.1 | >0.1 |
| **fv** | 0,8 | 0,5 | 0,2 |

$A_c$ = Area aperture ventilazione tetto
A = Area totale tetto

| DATI DI INPUT | | | |
|---|---|---|---|
| α | 0,3 | [-] | Coefficiente di assorbimento |
| A | 442 | [m²] | Area dell'elemento [mq] |
| L | 144 | [m] | Perimetro aerato [m] |
| Caratteristiche copertura "tradizionale": | | | |
| $R_{op}$ | 3,4 | [m²K/W] | Resistenza termica struttura "tradizionale isolata" |
| $R_{si}$ | 0,1 | [m²K/W] | Resistenza termica superficiale interna (UNI 6946) |
| $R_{se}$ | 0,04 | [m²K/W] | Resistenza termica superficiale esterna (UNI 6946) |
| Caratteristiche copertura ventilata: | | | |
| $R_i$ | 3,4 | [m²K/W] | Resistenza termica elemento opaco verso interno |
| $h_{int}$ | 0,1 | [m] | Altezza intercapedine [m] |
| $R_I$ | 0,16 | [m²K/W] | Resistenza intercapedine d'aria non ventilta (s>15mm) |
| $R_e$ | 0,094 | [m²K/W] | Resistenza termica elemento opaco verso esterno |

# Calcolo $A_{sol,op,k}$ - Area di captazione solare effettiva

## b) Calcolo area di captazione solare tetto piano VENTILATO

**$U_{c,0}$ = struttura tetto tradizionale + intercapedine NON ventilata + massetto**

$$A_{sol,op} = \alpha_{sol,c} \cdot R_{se} \cdot U_{c,eq} \cdot A_c$$

$$U_{c,eq} = f_v \cdot U_{c,0} + (1 - f_v) \cdot U_{c,v}$$

Struttura tetto piano isolato NON VENTILATO

| | | |
|---|---|---|
| Spessore | m | 0,34200 |
| Massa superficiale | kg/m² | 233,460 |
| Massa totale | kg/m² | 261,460 |
| Capacità termica interna | kJ/(m²·K) | 65,675 |
| Capacità termica esterna | kJ/(m²·K) | 59,834 |
| Resistenza termica dei materiali | m²·K/W | 3,400 |
| Resistenza termica totale | m²·K/W | 3,540 |
| Trasmittanza termica totale | W/(m²·K) | 0,282 |
| Trasmittanza termica periodica | W/(m²·K) | 0,102 |

**STRATIGRAFIA**

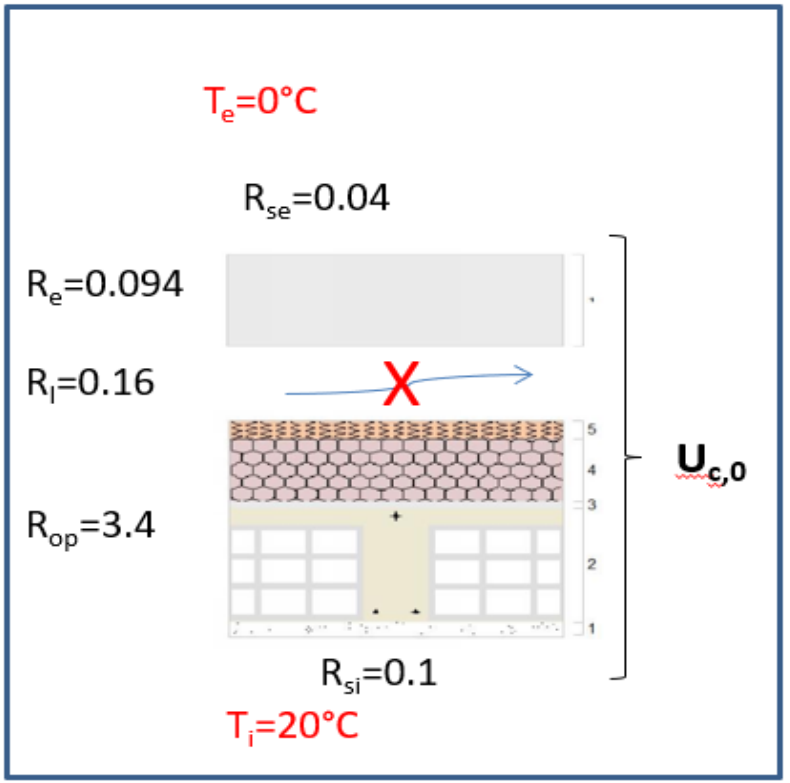
| | Codice materiale | Descrizione | d m | l W/(m·K) | C W/(m²·K) | ρ kg/m³ | $c_p$ J/(kg·K) | R m²·K/W |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | Resistenza superficiale interna | | | | | | 0,100 |
| 1 | INT507 | Intonaco di calce e gesso | 0,02000 | 0,700 | 0,000 | 1.400,000 | 1000 | 0,029 |
| 2 | MUR803 | Blocco da solaio 160 mm (2.1.03i - Pi - 160x495x250 - 72%O) | 0,18000 | 0,000 | 3,333 | 950,000 | 840 | 0,300 |
| 3 | CLS02 | Massetto sottofondo | 0,01200 | 1,060 | 0,000 | 80,000 | 920 | 0,011 |
| 4 | ISO03 | Capatec Dalmatiner | 0,10000 | 0,033 | 0,000 | 15,000 | 1.255 | 3,030 |
| 5 | PAV610 | Piastrelle interne gres | 0,03000 | 1,000 | 0,000 | 2.000,000 | 1000 | 0,030 |
| | | Resistenza superficiale esterna | | | | | | 0,040 |

Struttura copertura sopra intercapedine

| | | |
|---|---|---|
| Spessore | m | 0,10000 |
| Massa superficiale | kg/m² | 16,000 |
| Massa totale | kg/m² | 8,000 |
| Capacità termica interna | kJ/(m²·K) | 2,737 |
| Capacità termica esterna | kJ/(m²·K) | 4,621 |
| Resistenza termica dei materiali | m²·K/W | 0,094 |
| Resistenza termica totale | m²·K/W | 0,234 |
| Trasmittanza termica totale | W/(m²·K) | 4,267 |
| Trasmittanza termica periodica | W/(m²·K) | 4,266 |

**STRATIGRAFIA**

| | Codice materiale | Descrizione | d m | l W/(m·K) | C W/(m²·K) | ρ kg/m³ | $c_p$ J/(kg·K) | R m²·K/W |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | Resistenza superficiale interna | | | | | | 0,100 |
| 1 | CLS02 | Massetto sottofondo | 0,10000 | 1,060 | 0,000 | 80,000 | 920 | 0,094 |
| | | Resistenza superficiale esterna | | | | | | 0,040 |




**$U_{c,0}$ = 0.264 W/m²K**

# Calcolo $A_{sol,op,k}$ - Area di captazione solare effettiva

## b) Calcolo area di captazione solare tetto piano con intercapedine

$$A_{sol,op} = \alpha_{sol,c} \cdot R_{se} \cdot U_{c,eq} \cdot A_c$$

$$U_{c,eq} = f_v \cdot U_{c,0} + (1 - f_v) \cdot U_{c,v}$$

$$U_{c,v} = \frac{U_{c,e} \cdot U_{c,i}}{U_{c,e} + U_{c,i} + h'}$$

Dove:

$U_{c,e}$ è la trasmittanza termica tra l'ambiente esterno e l'intercapedine d'aria, espressa in W/m²K

$U_{c,i}$ è la trasmittanza termica tra l'ambiente interno e l'intercapedine d'aria, espressa in W/m²K

$h'$ è assunto pari a 15 W/m²K

$$U_{c,e} = \frac{1}{R_{s,e} + R_e + R_{s,e}}$$

Dove:

$R_{s,e}$ Resistenza superficiale esterna (UNI 6946)

$R_e$ Resistenza termica elemento opaco verso esterno

$$U_{c,i} = \frac{1}{R_{s,i} + R_i + R_{s,e}}$$

Dove:

$R_{s,e}$ Resistenza superficiale esterna (UNI 6946)

$R_i$ Resistenza termica elemento opaco verso interno

$R_{s,i}$ Resistenza superficiale interna (UNI 6946)

# Calcolo $A_{sol,op,k}$ - Area di captazione solare effettiva

## b) Calcolo area di captazione solare tetto piano con intercapedine

$$U_{c,e} = \frac{1}{R_{s,e} + R_e + R_{s,e}}$$

$$A_{sol,op} = \alpha_{sol,c} \cdot R_{se} \cdot U_{c,eq} \cdot A_c$$

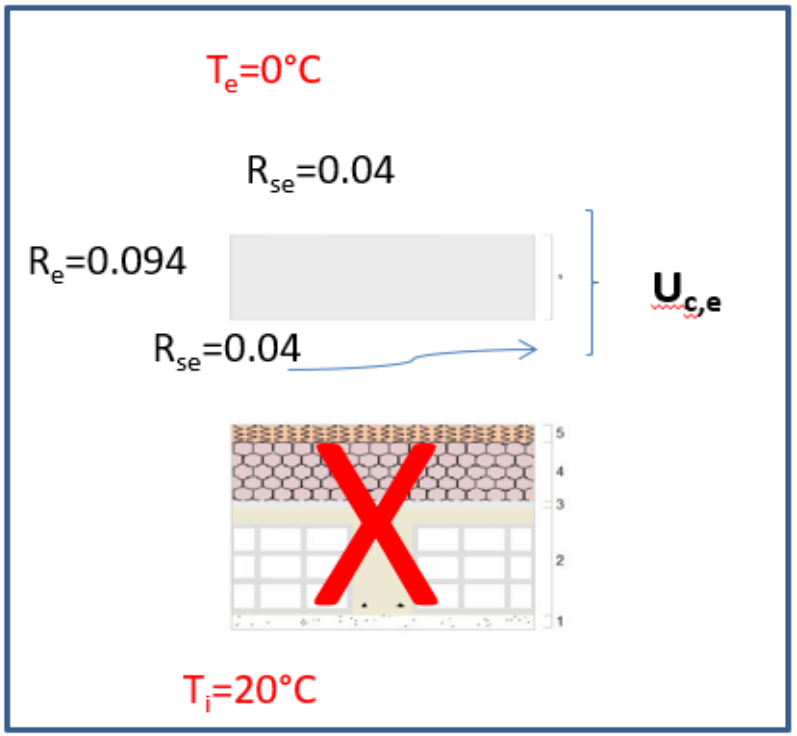
$$U_{c,eq} = f_v \cdot U_{c,0} + (1 - f_v) \cdot U_{c,v}$$

$$U_{c,v} = \frac{U_{c,e} \cdot U_{c,i}}{U_{c,e} + U_{c,i} + h'}$$

Dove:

$R_{s,e}$ Resistenza superficiale esterna (UNI 6946)

$R_e$ Resistenza termica elemento opaco verso esterno




**$U_{c,e}$ trasmittanza termica tra esterno e intercapedine fortemente ventilata**

**$U_{c,e}$ = 5,747 W/m²K**

# Calcolo $A_{sol,op,k}$ - Area di captazione solare effettiva

## b) Calcolo area di captazione solare tetto piano con intercapedine

Dove:

$R_{s,e}$ Resistenza superficiale esterna (UNI 6946)

$R_i$ Resistenza termica elemento opaco verso interno

$R_{s,i}$ Resistenza superficiale interna (UNI 6946)

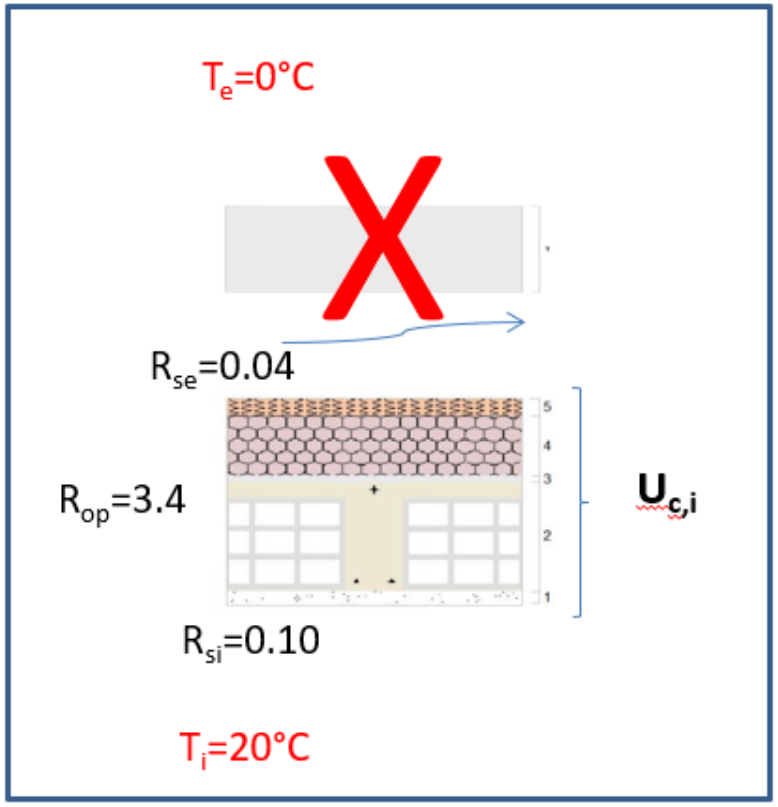
$$U_{c,i} = \frac{1}{R_{s,i} + R_i + R_{s,e}}$$

$$A_{sol,op} = \alpha_{sol,c} \cdot R_{se} \cdot U_{c,eq} \cdot A_c$$

$$U_{c,eq} = f_v \cdot U_{c,0} + (1 - f_v) \cdot U_{c,v}$$

$$U_{c,v} = \frac{U_{c,e} \cdot U_{c,i}}{U_{c,e} + U_{c,i} + h'}$$

**$U_{c,i}$ trasmittanza termica tra interno e intercapedine fortemente ventilata**




**$U_{c,i}$ = 0,282 W/m²K**

$$U_{c,v} = \frac{U_{c,e} \cdot U_{c,i}}{U_{c,e} + U_{c,i} + h'}$$

**$U_{c,v}$ = (5,747 · 0,282)/(5,747+0,282+15) = 0,077 W/m²K**

$$U_{c,eq} = f_v \cdot U_{c,0} + (1 - f_v) \cdot U_{c,v}$$

**$U_{c,eq}$ = 0,5 · 0,264 + (1 – 0,5) · 0,077 = 0,170 W/m²K**

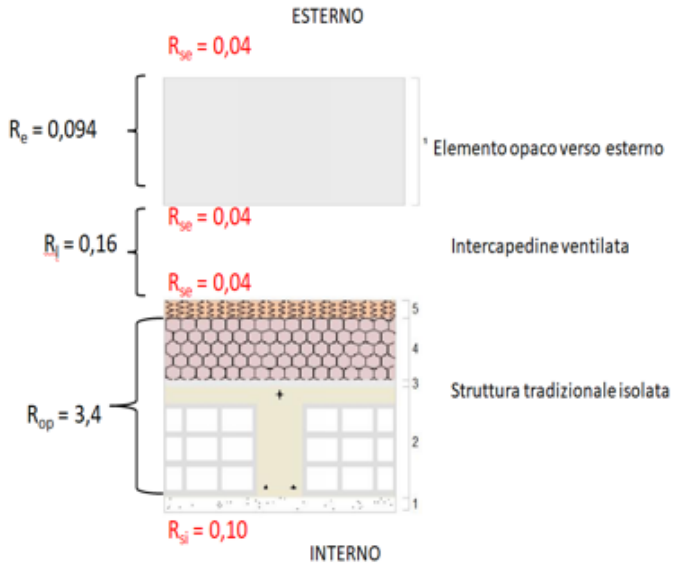
$$A_{sol,op} = \alpha_{sol,c} \cdot R_{se} \cdot U_{c,eq} \cdot A_c$$

**$A_{sol,op,VENT}$ = 0,3 · 0,04 · 0,170 · 442 = 0,90**

# Calcolo $A_{sol,op,k}$ - Area di captazione solare effettiva

## Dati di input

| | | | |
|---|---|---|---|
| α | 0,3 | [-] | Coefficiente di assorbimento |
| A | 442 | [$m^2$] | Area dell'elemento [mq] |
| L | 144 | [m] | Perimetro aerato [m] |
| Caratteristiche copertura "tradizionale": | | | |
| $R_{op}$ | 3,4 | [$m^2K/W$] | Resistenza termica struttura "tradizionale isolata" |
| $R_{si}$ | 0,1 | [$m^2K/W$] | Resistenza termica superficiale interna (UNI 6946) |
| $R_{se}$ | 0,04 | [$m^2K/W$] | Resistenza termica superficiale esterna (UNI 6946) |
| Caratteristiche copertura ventilata: | | | |
| $R_i$ | 3,4 | [$m^2K/W$] | Resistenza termica elemento opaco verso interno |
| $h_{int}$ | 0,1 | [m] | Altezza intercapedine [m] |
| $R_I$ | 0,16 | [$m^2K/W$] | Resistenza intercapedine d'aria non ventilta (s>15mm) |
| $R_e$ | 0,094 | [$m^2K/W$] | Resistenza termica elemento opaco verso esterno |



# Calcolo $A_{sol,op,k}$ - Area di captazione solare effettiva

## Coefficienti utilizzati nel calcolo

| | | | |
|---|---|---|---|
| $U_{c,0\,trad}$ | 0,282 | [W/m$^2$K] | Trasmittanza termica copertura tradizionale |
| $U_0$ | 0,264 | [W/m$^2$K] | Trasmittanza totale |
| $U_{ci}$ | 0,282 | [W/m$^2$K] | Trasmittanza termica tra interno e intercapedine |
| $U_{ce}$ | 5,747 | [W/m$^2$K] | Trasmittanza termica tra esterno e intercapedine |
| $U_{c0}$ | 0,264 | [W/m$^2$K] | Trasmittanza totale con intercap. non ventilata |
| $U_{cv}$ | 0,077 | [W/m$^2$K] | Trasmittanza equiv. con int. fortemente ventilata |
| $f_v$ | 0,5 | [-] | Coefficiente di ventilazione (Prospetto B.1 UNI 10375 ) |
| $U_{c\,eq}$ | 0,170 | [W/m$^2$K] | Trasmittanza termica equivalente |

## Risultati

| | | | |
|---|---|---|---|
| $A_{sol}$ trad. | 1,50 | [m$^2$] | $A_{sol}$ senza intercapedine ventilata |
| $A_{sol}$ vent. | 0,90 | [m$^2$] | $A_{sol}$ con int. Ventilata (formula 15 UNI 11300 -1 ) |
| Rapporto | 60% | [%] | Asol vent/ Asol trad |

**La realizzazione di una intercapedine ventilata consente di ridurre del 40% il valore di $A_{sol}$ e conseguente di ridurre della medesima quantità il valore di $Q_{sol}$ incidente sulla copertura piana.**

# Calcolo $Q_{sol,op}$ - Fabbisogno ideale di energia termica utile

Il valore dei carichi termici estivi è stato calcolato per mezzo della realizzazione di un modello dell'edificio oggetto di intervento, con particolare riferimento agli immobili dell'ultimo piano, direttamente confinanti con l'elemento edilizio (copertura) oggetto di ristrutturazione.

## Copertura piana "tradizionale" non ventilata

| | | Totale | Gen | Feb | Mar | Apr | Mag | Giu | Lug | Ago | Set | Ott | Nov | Dic |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Coefficiente globale di scambio termico per trasmissione, $H_{tr,adj}$ | W/K | | 1133.43 | 1133.43 | 1133.43 | 1133.43 | 1133.43 | 1133.43 | 1133.43 | 1133.43 | 1133.43 | 1133.43 | 1133.43 | 1133.43 |
| Coefficiente globale di scambio termico per ventilazione, $H_{ve,adj}$ | W/K | | 126.60 | 126.60 | 126.60 | 126.60 | 126.60 | 126.60 | 126.60 | 126.60 | 126.60 | 126.60 | 126.60 | 126.60 |
| Flusso termico per trasmissione con l'ambiente esterno, $Q_d$ | MJ | | 41083.56 | 36870.54 | 39245.37 | 27306.02 | 19287.87 | 9262.96 | 3794.55 | 6420.54 | 9771.21 | 20600.86 | 32388.58 | 42133.95 |
| Flusso termico per trasmissione con il terreno, $Q_g$ | MJ | | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| Flusso termico per trasmissione con ambienti non climatizzati, $Q_u$ | MJ | | 6411.25 | 5753.79 | 6124.39 | 4261.21 | 3009.95 | 1445.52 | 592.15 | 1001.95 | 1524.83 | 3214.84 | 5054.36 | 6575.16 |
| Flusso termico per trasmissione con zone climatizzate a temperatura diversa, $Q_a$ | MJ | | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| Flusso termico per ventilazione, $Q_{ve}$ | MJ | | 5304.99 | 4760.98 | 5067.63 | 3525.94 | 2490.58 | 1196.10 | 489.98 | 829.06 | 1261.73 | 2660.13 | 4182.24 | 5440.63 |
| Extra flusso termico per radiazione infrarossa verso la volta celeste (opachi) | MJ | | 2207.87 | 2705.32 | 2708.55 | 2552.96 | 2645.66 | 2498.60 | 2645.67 | 2748.81 | 2641.12 | 2683.96 | 2427.67 | 2518.78 |
| Extra flusso termico per radiazione infrarossa verso la volta celeste (trasparenti) | MJ | | 640.98 | 785.40 | 786.34 | 741.16 | 768.08 | 725.38 | 768.08 | 798.02 | 766.76 | 779.20 | 704.79 | 731.24 |
| Extra flusso termico per radiazione infrarossa verso la volta celeste (da NC) | MJ | | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| Flusso termico prodotto da sorgenti di calore interne, $Q_{int}$ | MJ | | 1205.28 | 1088.64 | 1205.28 | 1166.40 | 1205.28 | 1166.40 | 1205.28 | 1205.28 | 1166.40 | 1205.28 | 1166.40 | 1205.28 |
| Flusso termico prodotto da sorgenti di calore interne (da NC), $Q_{int,u}$ | MJ | | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| Apporti solari su componenti opachi, $Q_{sol,op}$ | MJ | | 1886.19 | 2957.58 | 3924.04 | 4447.68 | 5481.61 | 5910.03 | 6717.83 | 5883.36 | 4129.57 | 3367.24 | 2358.17 | 1985.97 |
| Apporti solari su componenti trasparenti, $Q_{sol,w}$ | MJ | | 4466.38 | 6556.60 | 8005.75 | 8389.38 | 9982.29 | 10460.48 | 11889.56 | 10686.03 | 8163.18 | 7172.02 | 5479.04 | 4765.89 |
| Apporti solari su componenti trasparenti (da NC), $Q_{sol,w,u}$ | MJ | | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| Capacità termica | kJ/K | 430'320 | | | | | | | | | | | | |
| Costante di tempo, $\tau$ | h | | 94.87 | 94.87 | 94.87 | 94.87 | 94.87 | 94.87 | 94.87 | 94.87 | 94.87 | 94.87 | 94.87 | 94.87 |
| Giorni attivazione | | | 0 | 0 | 0 | 0 | 11 | 30 | 31 | 31 | 28 | 0 | 0 | 0 |
| Totale guadagni, $Q_{gn}$ | MJ | | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 3969.78 | 11626.88 | 13094.84 | 11891.31 | 8707.60 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| Totale dispersioni, $Q_{ht}$ | MJ | | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 8062.12 | 9218.52 | 1572.59 | 5915.02 | 11047.01 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| Rapporto apporti/dispersioni, $\gamma$ | | | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.4924 | 1.2613 | 8.3269 | 2.0104 | 0.7882 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 |
| Fattore di utilizzazione delle dispersioni termiche, $\eta_{ls}$ | | | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.4923 | 0.9855 | 1.0000 | 0.9999 | 0.7774 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 |
| Fabbisogno ideale di energia termica, $Q_{nd}$ | MJ | | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.80 | 2542.03 | 11522.24 | 5976.88 | 119.66 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| **Fabbisogno ideale di energia termica utile, $Q_c$** | **Wh** | **5'600'446** | **0** | **0** | **0** | **0** | **222** | **706'119** | **3'200'623** | **1'660'243** | **33'239** | **0** | **0** | **0** |
| | kWh | 5'600 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 706 | 3'201 | 1'660 | 33 | 0 | 0 | 0 |

# Calcolo $Q_{sol,op}$ - Fabbisogno ideale di energia termica utile

Copertura piana con intercapedine non ventilata

| | | Totale | Gen | Feb | Mar | Apr | Mag | Giu | Lug | Ago | Set | Ott | Nov | Dic |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Coefficiente globale di scambio termico per trasmissione, $H_{tr,adj}$ | W/K | | 253.44 | 253.44 | 253.44 | 253.44 | 253.44 | 253.44 | 253.44 | 253.44 | 253.44 | 253.44 | 253.44 | 253.44 |
| Coefficiente globale di scambio termico per ventilazione, $H_{ve,adj}$ | W/K | | 126.60 | 126.60 | 126.60 | 126.60 | 126.60 | 126.60 | 126.60 | 126.60 | 126.60 | 126.60 | 126.60 | 126.60 |
| Flusso termico per trasmissione con l'ambiente esterno, $Q_d$ | MJ | | 4208.63 | 3777.04 | 4020.32 | 2797.25 | 1975.86 | 948.90 | 388.72 | 657.72 | 1000.97 | 2110.37 | 3317.91 | 4316.23 |
| Flusso termico per trasmissione con il terreno, $Q_g$ | MJ | | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| Flusso termico per trasmissione con ambienti non climatizzati, $Q_u$ | MJ | | 6411.25 | 5753.79 | 6124.39 | 4261.21 | 3009.95 | 1445.52 | 592.15 | 1001.95 | 1524.83 | 3214.84 | 5054.36 | 6575.16 |
| Flusso termico per trasmissione con zone climatizzate a temperatura diversa, $Q_a$ | MJ | | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| Flusso termico per ventilazione, $Q_{ve}$ | MJ | | 5304.99 | 4760.98 | 5067.63 | 3525.94 | 2490.58 | 1196.10 | 489.98 | 829.06 | 1261.73 | 2660.13 | 4182.24 | 5440.63 |
| Extra flusso termico per radiazione infrarossa verso la volta celeste (opachi) | MJ | | 595.59 | 729.78 | 730.65 | 688.68 | 713.69 | 674.01 | 713.69 | 741.51 | 712.46 | 724.02 | 654.88 | 679.46 |
| Extra flusso termico per radiazione infrarossa verso la volta celeste (trasparenti) | MJ | | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| Extra flusso termico per radiazione infrarossa verso la volta celeste (da NC) | MJ | | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| Flusso termico prodotto da sorgenti di calore interne, $Q_{int}$ | MJ | | 1205.28 | 1088.64 | 1205.28 | 1166.40 | 1205.28 | 1166.40 | 1205.28 | 1205.28 | 1166.40 | 1205.28 | 1166.40 | 1205.28 |
| Flusso termico prodotto da sorgenti di calore interne (da NC), $Q_{int,u}$ | MJ | | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| Apporti solari su componenti opachi, $Q_{sol,op}$ | MJ | | 306.37 | 546.69 | 851.86 | 1084.71 | 1389.87 | 1533.05 | 1748.55 | 1472.07 | 961.77 | 672.52 | 397.73 | 313.84 |
| Apporti solari su componenti trasparenti, $Q_{sol,w}$ | MJ | | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| Apporti solari su componenti trasparenti (da NC), $Q_{sol,w,u}$ | MJ | | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| Capacità termica | kJ/K | 430'320 | | | | | | | | | | | | |
| Costante di tempo, $\tau$ | h | | 314.53 | 314.53 | 314.53 | 314.53 | 314.53 | 314.53 | 314.53 | 314.53 | 314.53 | 314.53 | 314.53 | 314.53 |
| Giorni attivazione | | | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 20 | 31 | 31 | 15 | 0 | 0 | 0 |
| Totale guadagni, $Q_{gn}$ | MJ | | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 777.60 | 1205.28 | 1205.28 | 583.20 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| Totale dispersioni, $Q_{ht}$ | MJ | | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 1820.99 | 435.99 | 1758.18 | 1769.11 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| Rapporto apporti/dispersioni, $\gamma$ | | | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.4270 | 2.7645 | 0.6855 | 0.3297 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 |
| Fattore di utilizzazione delle dispersioni termiche, $\eta_{ls}$ | | | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.4270 | 1.0000 | 0.6855 | 0.3297 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 |
| Fabbisogno ideale di energia termica, $Q_{nd}$ | MJ | | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.04 | 769.29 | 0.05 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| **Fabbisogno ideale di energia termica utile, $Q_c$** | **Wh** | **213'716** | **0** | **0** | **0** | **0** | **0** | **11** | **213'692** | **13** | **0** | **0** | **0** | **0** |
| | kWh | 214 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 214 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |

# Calcolo $Q_{sol,op}$ - Fabbisogno ideale di energia termica utile

Gli apporti solari attraverso la copertura vengono ridotti sensibilmente per mezzo della realizzazione di una intercapedine ventilata.
Il minor apporto solare determina un conseguente minor fabbisogno energetico per la climatizzazione estiva limitatamente ai soli mesi di calcolo relativi a tale servizio. Il risparmio energetico è stato stimato nella tabella seguente.

| | | Gen | Feb | Mar | Apr | Mag | Giu | Lug | Ago | Set | Ott | Nov | Dic | TOTALE | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | [MJ] | [MJ] | [MJ] | [MJ] | [MJ] | [MJ] | [MJ] | [MJ] | [MJ] | [MJ] | [MJ] | [MJ] | [MJ] | [kWh] |
| A | Apporti solari su componenti opachi con copertura tradizionale Q sol,op tot | 1886 | 2958 | 3924 | 4448 | **5482** | **5910** | **6718** | **5883** | **4130** | 3367 | 2358 | 1986 | 28122 | 7812 |
| B | Apporti solari su copertura tradizionale Q sol,op cop trad | 306 | 547 | 852 | 1085 | **1390** | **1533** | **1749** | **1472** | **962** | 673 | 398 | 314 | 7105 | 1974 |
| C | Apporti solari su copertura ventilata Q sol,op cop vent | 184 | 329 | 513 | 653 | 836 | 922 | 1052 | 886 | 579 | 405 | 239 | 189 | 4276 | 1188 |
| D | Apporti solari totali con copertura ventilata Q sol,op vent TOT | 1764 | 2740 | 3585 | 4016 | 4928 | 5299 | 6021 | 5297 | 3747 | 3099 | 2200 | 1861 | 25293 | 7026 |
| | | | | | | | | | | | | | Risparmio | | **786** |

D = A+C-B  C = ca 60%B

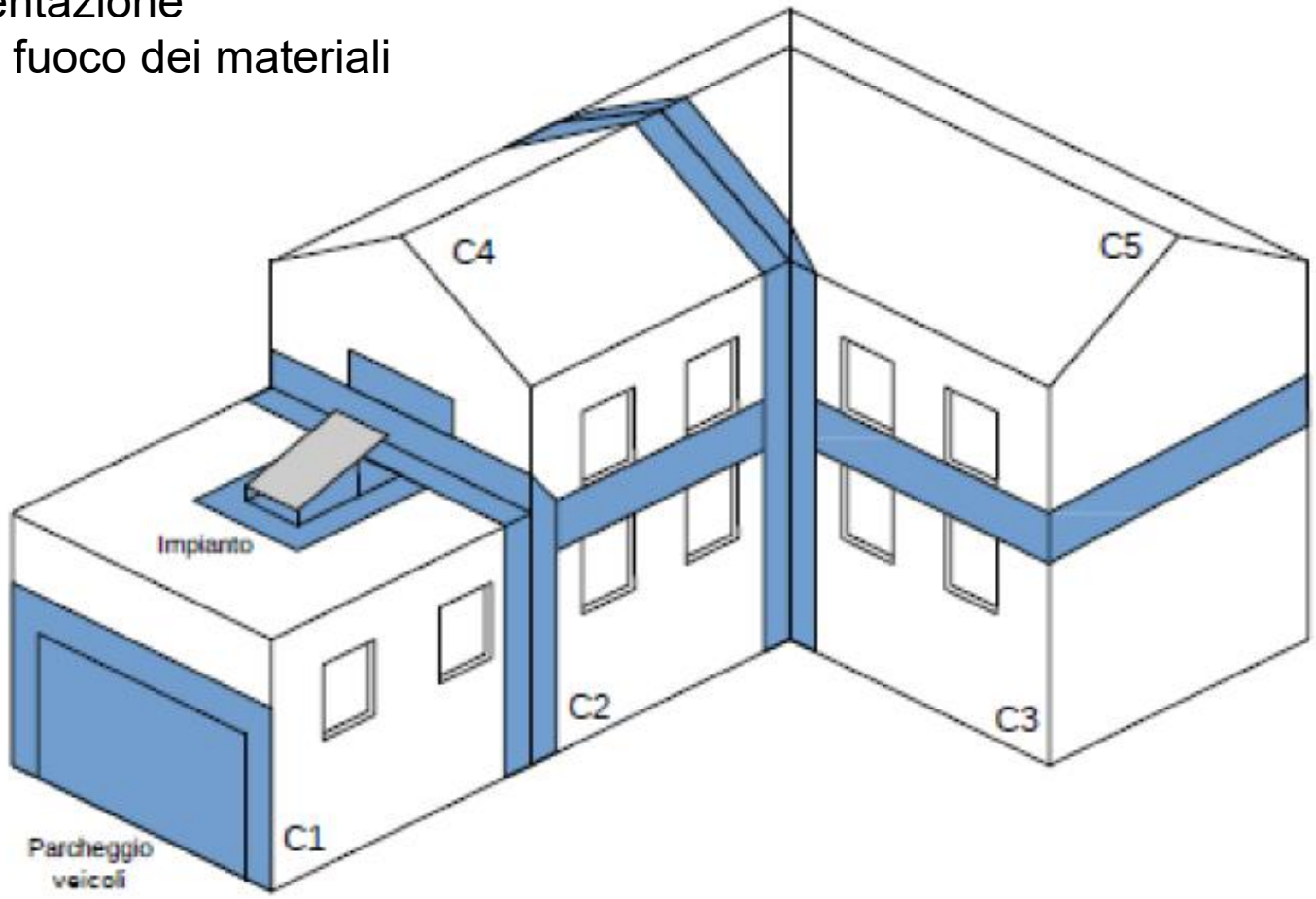
# Stima tempo di rientro investimento

| STIMA TEMPO RIENTRO INVESTIMENTO | | |
|---|---|---|
| $Q_{c,nd\ trad}$ | 5600.4 | [$kWh_t$] |
| Risparmio | 786.1 | [$kWh_t$] |
| $Q_{c,nd\ vent}$ | 4814.4 | [$kWh_t$] |
| COP | 3.0 | [-] |
| Risparmio | 262.0 | [$kWh_e$] |
| Costo energia | 0.210 | [€/$kWh_e$] |
| Risparmio | 55.0 | [€/anno] |
| Sovra-costo a $m^2$ | 40.0 | [€/$m^2$] |
| Costo totale | 17680.0 | [€] |
| TR semplice | **321** | [anni] |
| Vita stimata | 100 | [anni] |

Considerando un sovra-costo cautelativo di circa 40 €/$m^2$ per la realizzazione dell'intercapedine emerge un tempo di rientro semplice dell'investimento pari a circa 321 anni, superiore alla vita utile dell'intervento stesso che in accordo con l'appendice D della Uni en 15459 è stimabile variabile tra i 50-100 anni

# Zoom – Cappotti e antincendio

Compartimentazione
Reazione al fuoco dei materiali



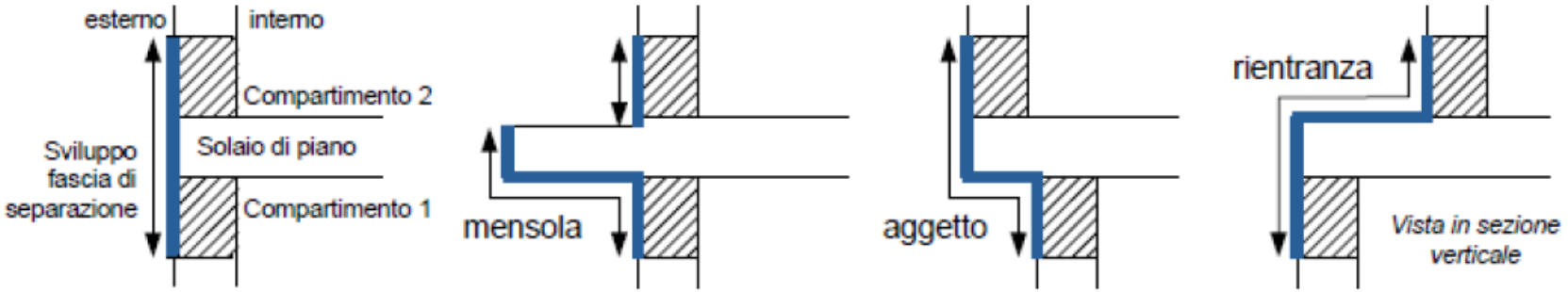
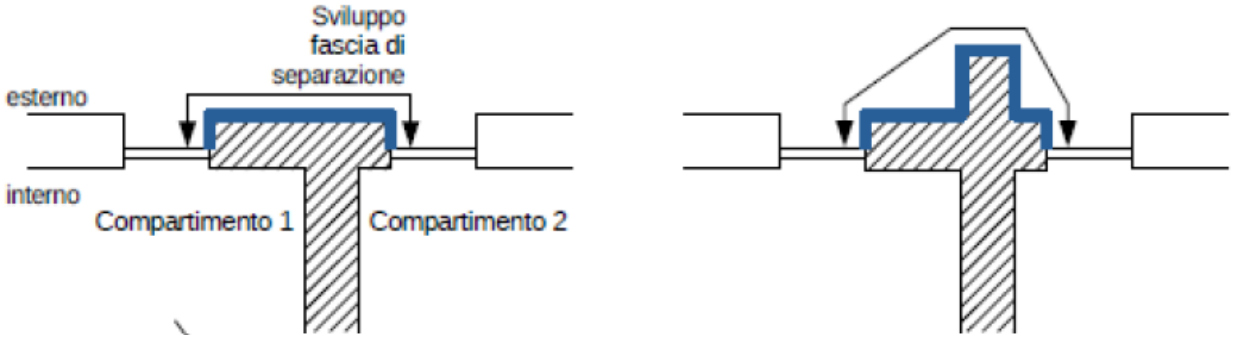



*Illustrazione V.13-2: Esempi di fascia di separazione orizzontale in facciata*



Grenfell tower 2017 – cause della propagazione dell'incendio



Pre intervento: struttura in cemento armato e finestre in alluminio

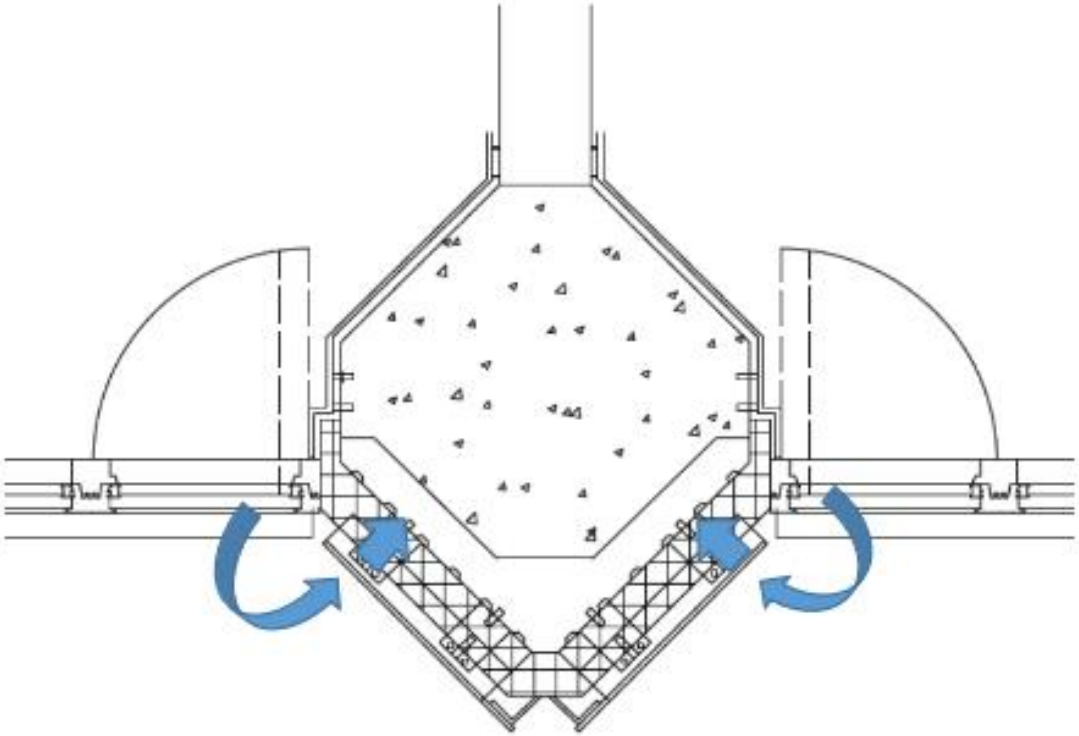


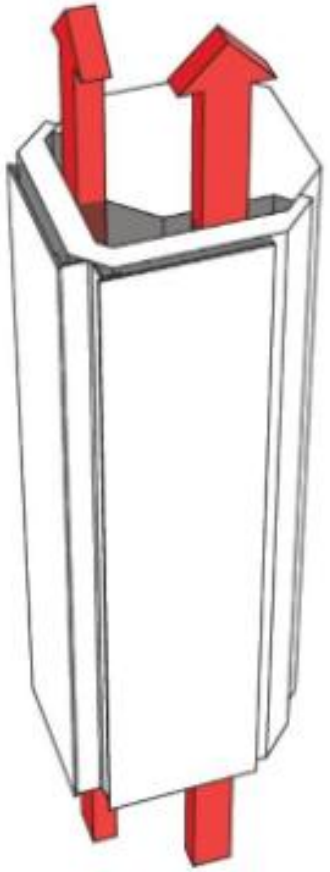
Post intervento: aggiunto isolamento con facciata ventilata di 50 mm e sostituzione delle finetsre

**Grenfell tower 2017**

- incendio originato da frigo int.16 – IV piano, spento poco dopo, ma la facciata era ormai in fiamme
- 15 minuti per propagarsi all'intero edificio
- caduta elementi di rivestimento incendiati
- zero visibilità
- sistemi di protezione attiva non sufficienti
- unica rampa di scale interna
- fumi tossici

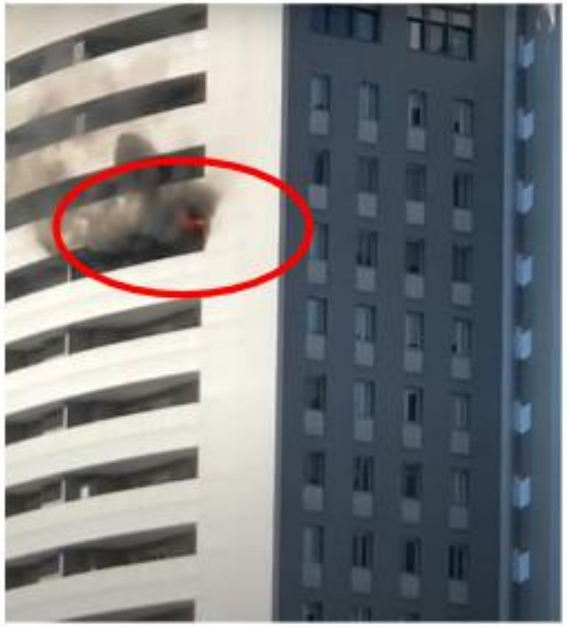






# Rogo Torre Moro, Milano Agosto 2021 - evoluzione





21 sec dopo – fiamme uscite dalla finestra



30 sec dopo – inizio combustione facciata

# Rogo Torre Moro, Milano Agosto 2021 - evoluzione



Meno di un minuto



Incendio della facciata

Accumulo di rifiuti plastici sul terrazzino?
Mozzicone di sigaretta?

https://youtu.be/VnWd65u--tA

# COMPORTAMENTO AL FUOCO.

| Nazione | Prova conforme a ... | Classificazione |
|---|---|---|
| UE | EN 13501-1 | classe B, s1, d0 |

| Prova conforme a ... | Classificazione |
|---|---|
| EN 13501-1 | classe A2, s1, d0 |







## Pannello PIR (schiuma polyso espansa rigida)

- **Reazione al fuoco**
  EN 13501-1, EN 11925-2, EN 13823
  **EUROCLASSE F**

## Fiocchi da insufflaggio

| | |
|---|---|
| Approvazione per fibre cellulosiche come | isolamento termico |
| Approvazione generale | Istituto edile tedesco Z-23,11-2.070 |
| Reazione al fuoco secondo la norma EN13501-1 | E |
| Coefficiente di conduttività termica λW/(m*K) | |
| 27–39 kg/m³ | 0,040 |
| 40–60 kg/m³ | 0,039 |
| Densità consigliata kg/m³ | |
| • inflazione aperta: | |
| controsoffitto all'ultimo piano..... | ca. 27 – 39 |

Kit protettivo
Durabilità? ripristini?



| | | Codice | Valore |
|---|---|---|---|
| + | Classe di reazione al fuoco | Euroclasse | A2-s1,d0 |

*Grazie per l'attenzione…*

*Prof. a contratto PhD Ing. Alessandro Cavalletti*
*alecavalletti@libero.it*
*alessandro.cavalletti@edu.unige.it*