

## Nozioni di base di fisica delle costruzioni per il montaggio

### Flussi termici

Trasmissione termica .....	03.01.01.A
Trasmissione termica generale .....	03.01.02.A
L'assorbimento di umidità dell'aria .....	03.01.03.A
L'assorbimento di umidità dell'aria .....	03.01.04.A
Formazione della condensa .....	03.01.05.A
Riscaldamento, aerazione, umidità .....	03.01.06.A
La temperatura del punto di rugiada .....	03.01.07.A
Il carico di umidità dell'aria negli ambienti interni .....	03.01.08.A
Esempio di formazione di condensa .....	03.01.09.A

### Isoterma

Che cosa è un'isoterma? .....	03.01.10.A
Le curve isoterme a seconda del posizionamento dell'infisso .....	03.01.11.B
10° isoterma .....	03.01.12.B
L'isoterma dei 10° C .....	03.01.13.A
Le curve isoterme a seconda del posizionamento dell'infisso .....	03.01.14.A
Le curve isoterme del passato .....	03.01.15.B
Le curve isoterme nella sostituzione .....	03.01.16.A
Le curve isoterme nella sostituzione con isolamento .....	03.01.17.A
Tipologie di isolamento e formazione di condensa .....	03.01.18.A

### Livelli dell'elemento montato

Il modello dei tre livelli .....	03.01.19.A
La conformazione della fughe interne .....	03.01.20.A
Riassunto: posizionamento dell'infisso e conformazione della fuga .....	03.01.21.A

### L'aerazione

L'aerazione .....	03.01.22.A
L'aerazione corretta .....	03.01.23.A
riduzione dell'umidità relativa dell'aria .....	03.01.24.A
La formazione di muffa .....	03.01.25.A
L'impianto di aerazione automatica .....	03.01.26.A

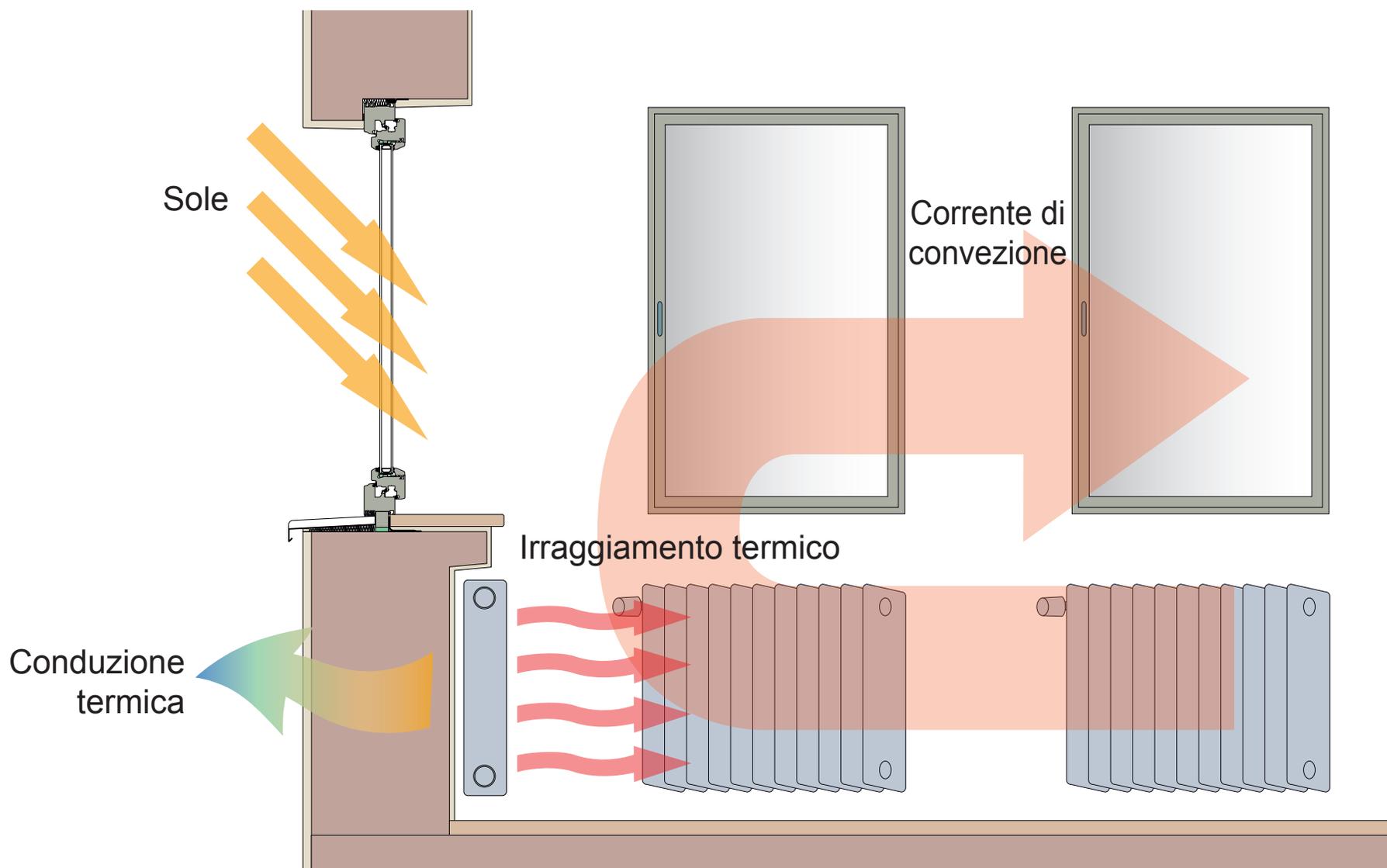
### Antirumore

Isolamento acustico delle fughe .....	03.01.27.A
Gli effetti di una fuga incompleta .....	03.01.28.A
Cos'è la frequenza, quanti sono x dB? .....	03.01.29.A
Misure per migliorare l'isolamento acustico nella zona delle fughe .....	03.01.30.A

### Isolamento termico in zona di attacco

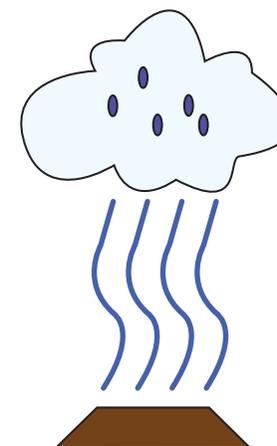
Materiali di riempimento .....	03.01.31.A
--------------------------------	------------

# **Nozioni di base di fisica delle costruzioni e formazione sulla tecnica di montaggio**



**L'energia termica passa dagli ambienti a temperatura più alta agli ambienti a temperatura più bassa.**

**(Il calore passa dal „caldo“ al „freddo“)**



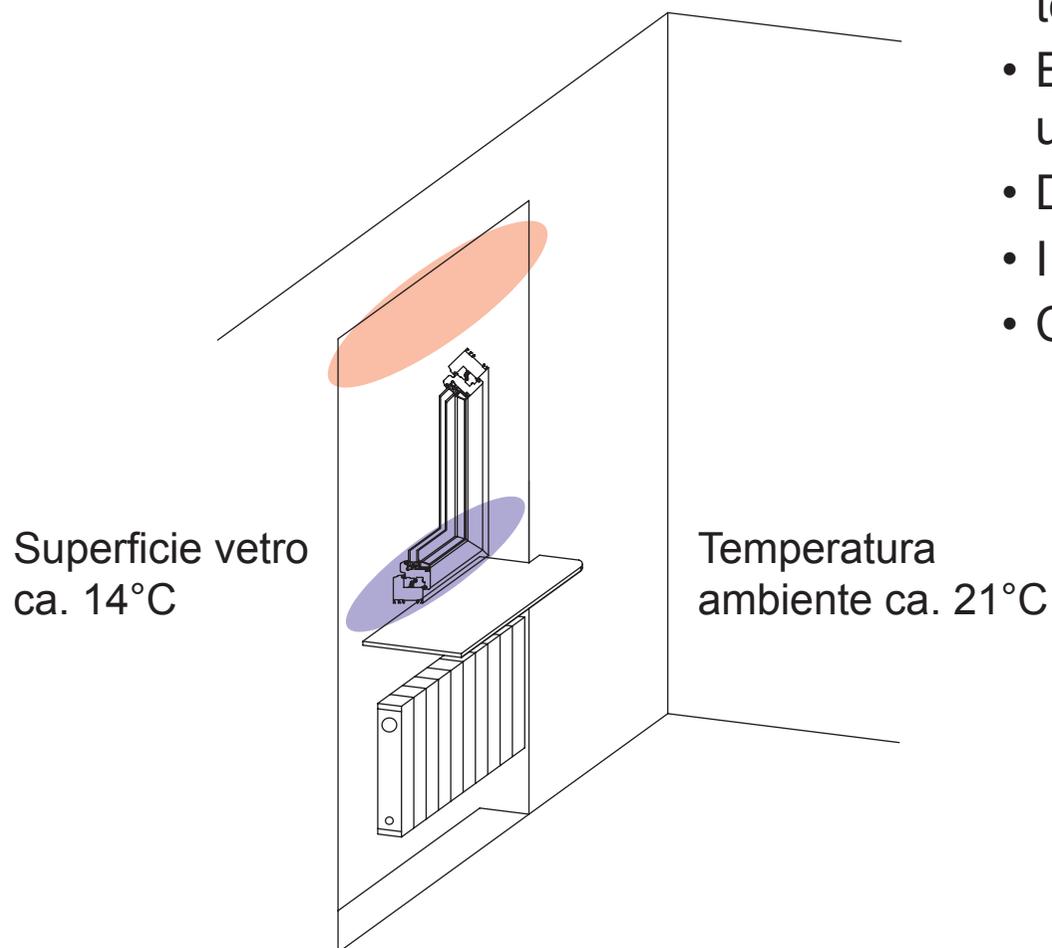
Temperatura  
bassa

Temperatura  
alta

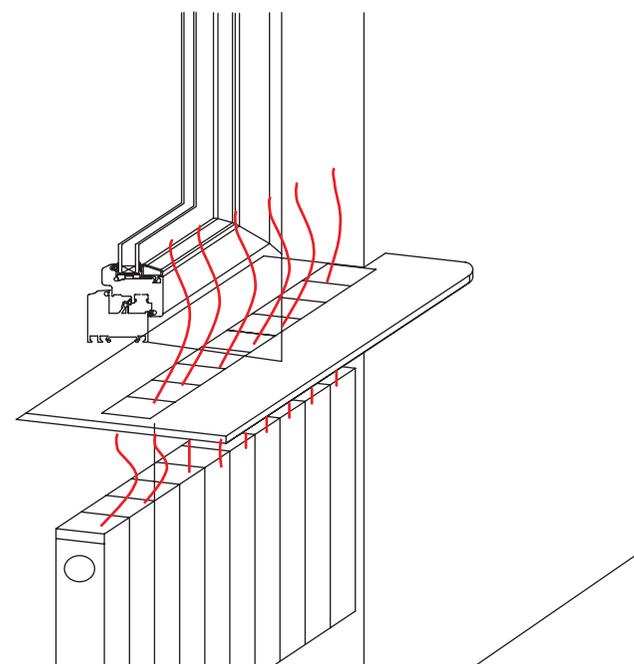
La fisica definisce come trasmissione termica, chiamata anche diffusione termica oppure conduzione, lo spostamento del calore (in forma solida o fluida) in seguito ad una differenza di temperatura. In base al secondo principio della termodinamica il calore si sposta autonomamente sempre e solo in direzione della temperatura più bassa.

L'aria calda assorbe **più** umidità dell'aria fredda

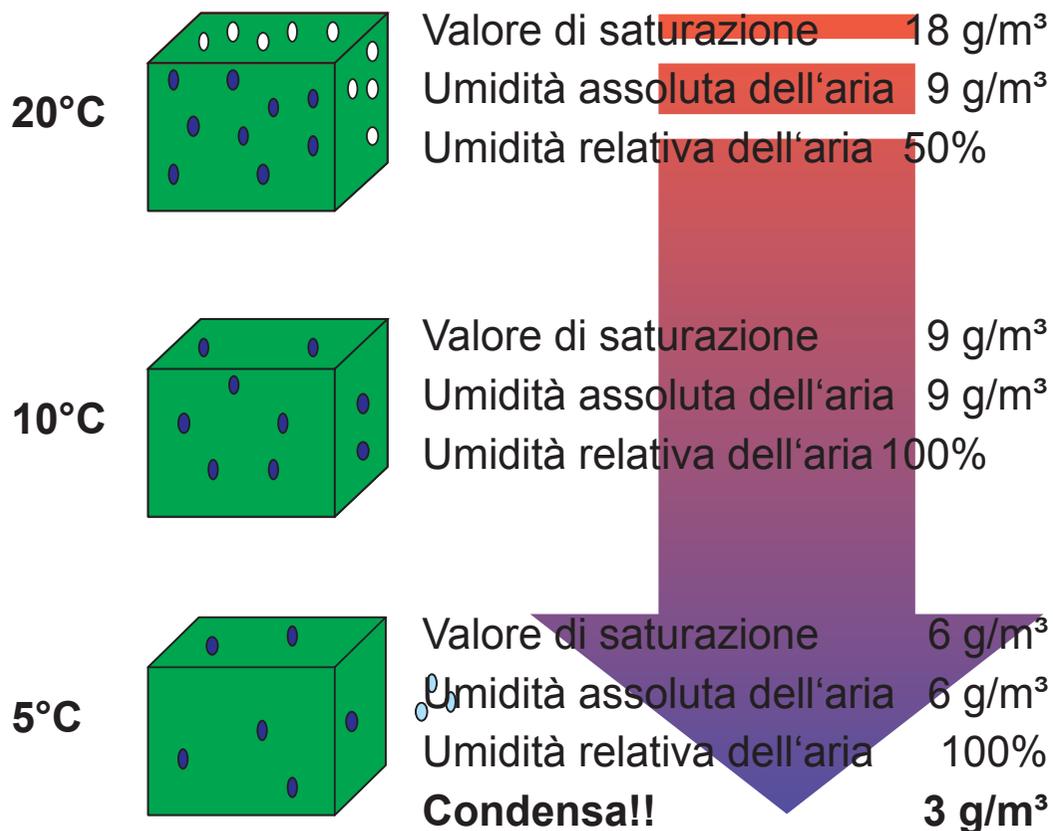
Quando si raffredda, l'umidità dell'aria può generare condensa.  
(importanza della temperatura del punto di rugiada)



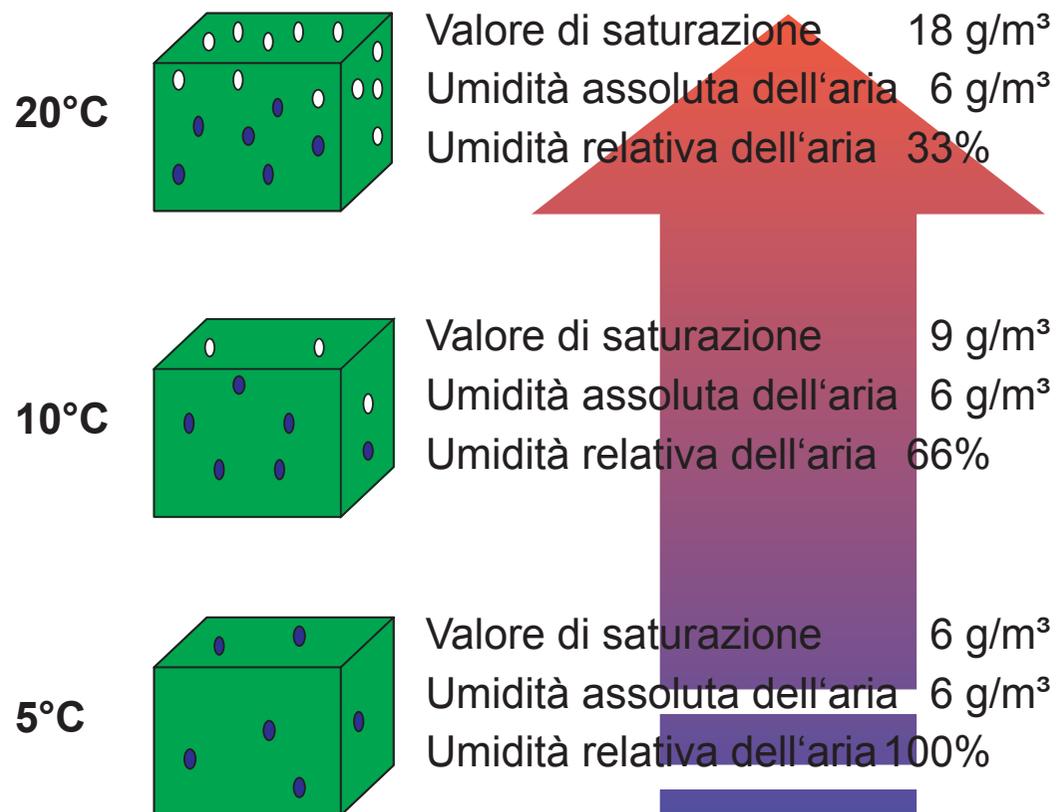
- Nella zona delle finestre la differenza di temperatura dovrebbe essere ridotta al minimo
- Esporre le finestre ad un irraggiamento termico uniforme
- Dotare di fessure i bancali
- I radiatori vanno posizionati in una nicchia
- Chiudere le tende solo se strettamente necessario



## Raffreddamento di aria calda



## Riscaldamento di aria fredda



**Con una aerazione regolata si abbassa l'umidità relativa dell'aria**

## Riscaldamento, aerazione, umidità

### **L'ambiente non viene aerato**

l'aria si consuma in seguito alla fruizione umana dell'ambiente (abitare, respirare, ...), l'umidità relativa dell'aria aumenta e forma condensa sulle superfici più fredde

### **L'ambiente non viene riscaldato**

l'aria fredda assorbe meno umidità, le superfici sono fredde, l'umidità si forma più velocemente

### **L'ambiente presenta un'elevata umidità dell'aria**

l'aria non è più in grado di assorbire umidità, l'aria umida fa condensa sulle superfici più fredde

## La temperatura del punto di rugiada a seconda della temperatura e dell'umidità relativa

Tabella 1

Temperatura del punto di rugiada dell'aria variabile a seconda della temperatura e dell'umidità relativa dell'aria

Temperatura dell'aria in °C	Temperatura del punto di rugiada in °C ad un'umidità relativa dell'aria di													
	30%	35%	40%	45%	50%	55%	60%	65%	70%	75%	80%	85%	90%	95%
30	10,5	12,9	14,9	16,8	18,4	20,0	21,4	22,7	23,9	25,1	26,2	27,2	28,2	29,1
29	9,7	12,0	14,0	15,9	17,5	19,0	20,4	21,7	23,0	24,1	25,2	26,2	27,2	28,1
28	8,8	11,1	13,1	15,0	16,5	18,1	19,5	20,8	22,0	23,2	24,2	25,2	26,2	27,1
27	8,0	10,2	12,2	14,1	15,7	17,2	18,6	19,9	21,1	22,2	23,3	24,3	25,2	26,1
26	7,1	9,4	11,4	13,2	14,8	16,3	17,6	18,9	20,1	21,2	22,3	23,3	24,2	25,1
25	6,2	8,5	10,5	12,2	13,9	15,3	16,7	18,0	19,1	20,3	21,3	22,3	23,2	24,1
24	5,4	7,6	9,6	11,3	12,9	14,4	15,8	17,0	18,2	19,3	20,3	21,3	22,3	23,1
23	4,5	6,7	8,7	10,4	12,0	13,5	14,8	16,1	17,2	18,3	19,4	20,3	21,3	22,2
22	3,6	5,9	7,8	9,5	11,1	12,5	13,9	15,1	16,3	17,4	18,4	19,4	20,3	21,2
21	2,8	5,0	6,9	8,6	10,2	11,6	12,9	14,2	15,3	16,4	17,4	18,4	19,3	20,2
20	1,9	4,1	6,0	7,7	9,3	10,7	12,0	13,2	14,4	15,4	16,4	17,4	18,3	19,2
19	1,0	3,2	5,1	6,8	8,5	9,8	11,1	12,3	13,4	14,5	15,5	16,4	17,3	18,2
18	0,2	2,3	4,2	5,9	7,4	8,8	10,1	11,3	12,5	13,5	14,5	15,4	16,3	17,2
17	-0,6	1,4	3,3	5,0	6,5	7,9	9,2	10,4	11,5	12,5	13,5	14,5	15,3	16,2
16	-1,4	0,5	2,4	4,1	5,6	7,0	8,2	9,4	10,5	11,6	12,6	13,5	14,4	15,2
15	-2,2	-0,3	1,5	3,2	4,7	6,1	7,3	8,5	9,6	10,6	11,6	12,5	13,4	14,2
14	-2,9	-1,0	0,6	2,3	3,7	5,1	6,4	7,5	8,6	9,6	10,6	11,5	12,4	13,2
13	-3,7	-1,9	-0,1	1,3	2,8	4,2	5,5	6,6	7,7	8,7	9,6	10,5	11,4	12,2
12	-4,5	-2,6	-1,0	0,4	1,9	3,2	4,5	5,7	6,7	7,7	8,7	9,6	10,4	11,2
11	-5,2	-3,4	-1,8	-0,4	1,0	2,3	3,5	4,7	5,8	6,7	7,7	8,6	9,4	10,2
10	-6,0	-4,2	-2,6	-1,2	0,1	1,4	2,6	3,7	4,8	5,8	6,7	7,6	8,4	9,2

1) Näherungsweise darf gradlinig interpoliert werden

**Esempio:****Ad una temperatura dell'aria di 20 °C ed un'umidità relativa del 50% la temperatura del punto di rugiada è di 9,3 °C.**

La formazione di condensa sulle superfici può essere evitata solo aumentando la temperatura superficiale oppure riducendo la temperatura del punto di rugiada.

## Il carico di umidità dell'aria negli ambienti interni

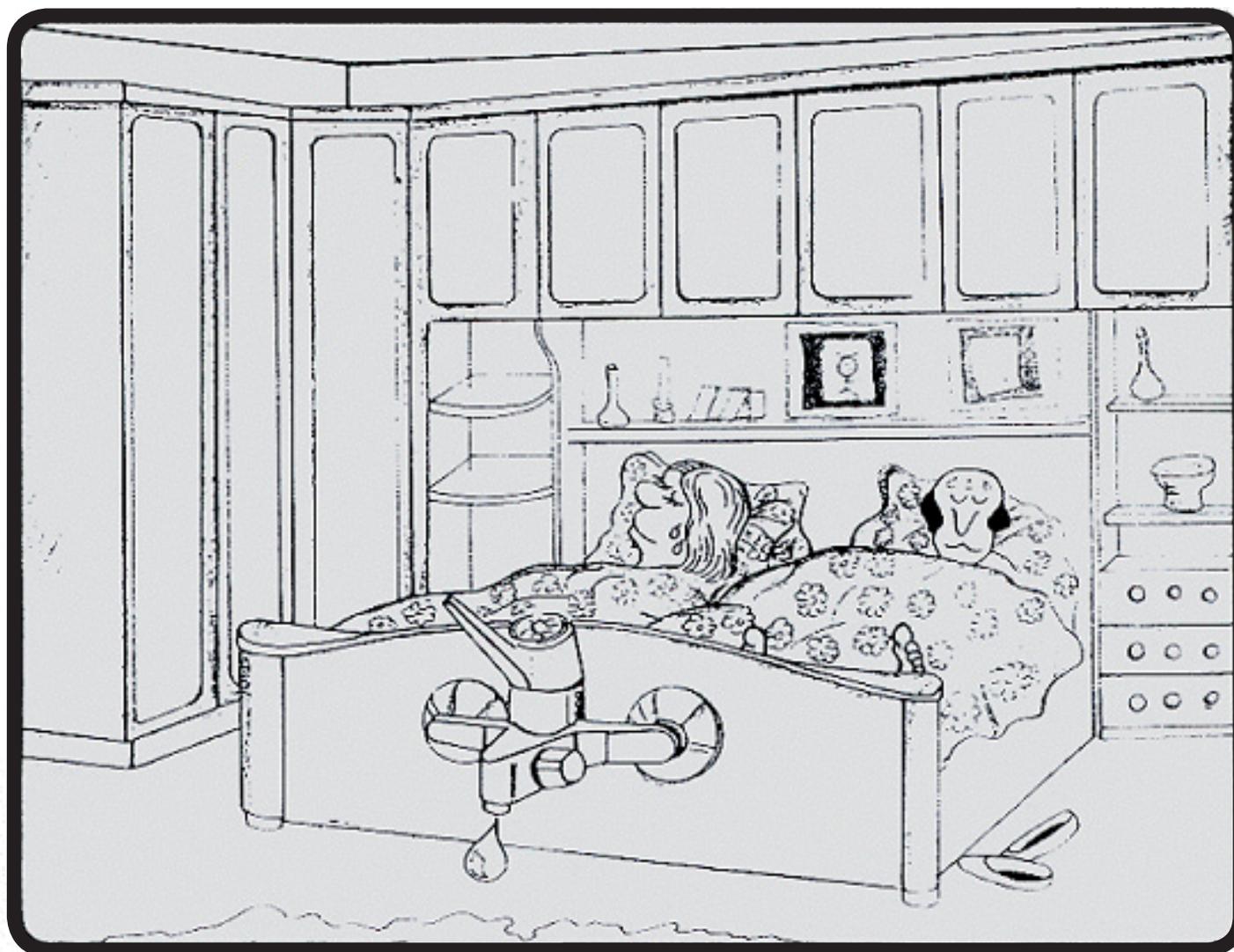
Un aumento dell'umidità dell'aria può ad esempio essere dovuto

- all'umidità residua di cantiere
- al vapore acqueo che si forma nei locali umidi (cucina, bagno)
- al rilascio di umidità da parte delle persone e di animali
- al rilascio di umidità delle piante

La produzione giornaliera di umidità a seconda delle persone che vivono in un'abitazione

	2 persone	3 persone	4 persone	Più di 4 persone
Produzione giornaliera di umidità in litri	8	12	14	15

## Esempio di formazione di condensa

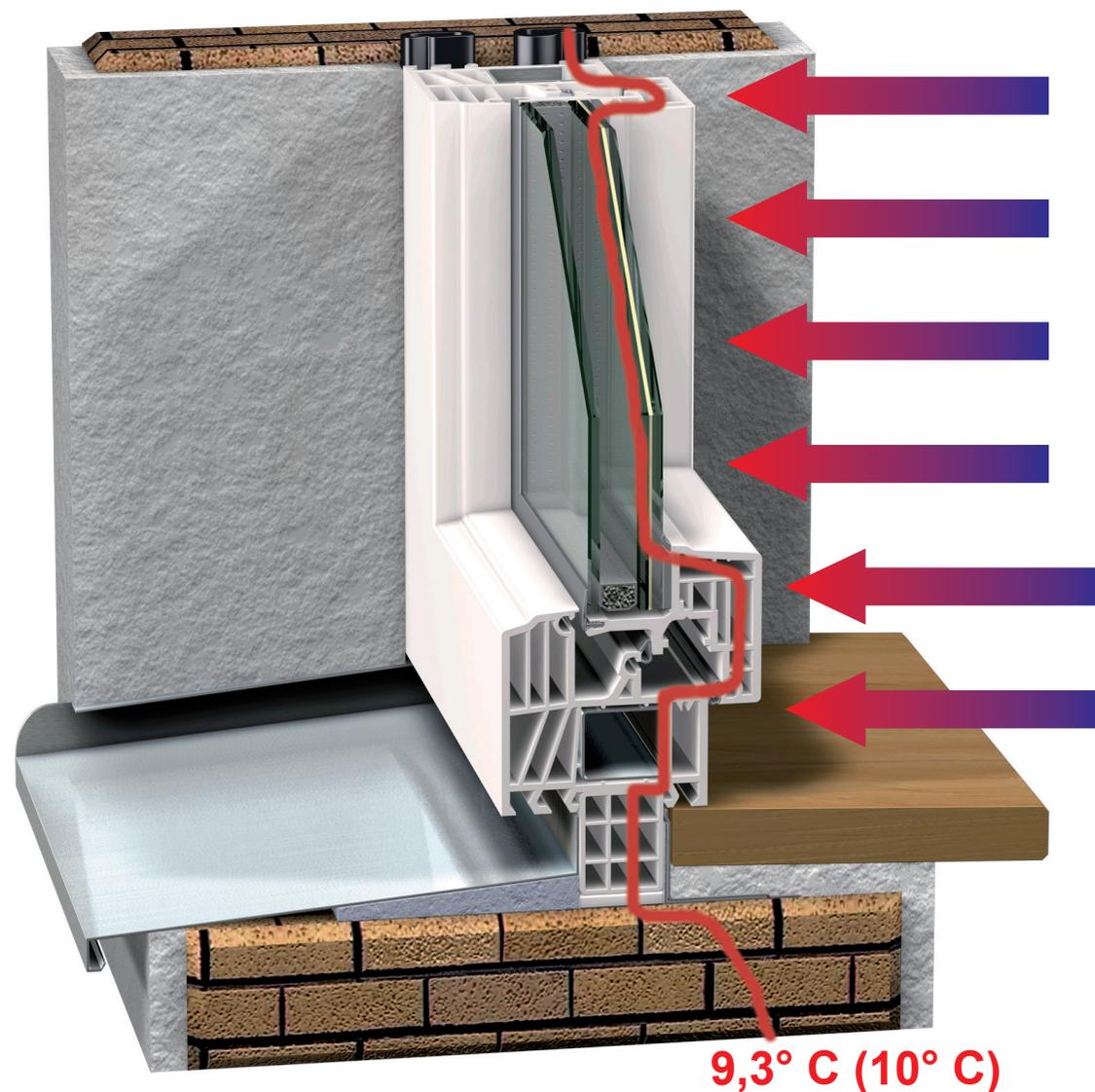


## Che cosa è un'isoterma?

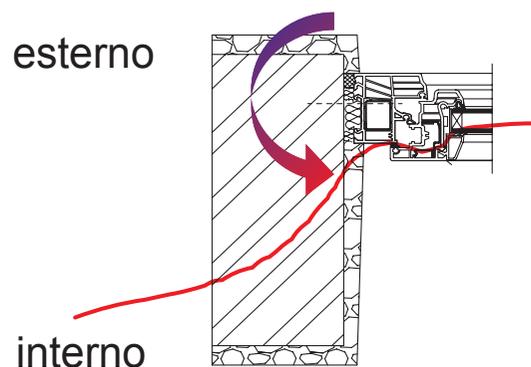
### Che cosa è un'isoterma?

Le isoterme sono linee colleganti i punti che hanno la stessa temperatura ed esprimono pertanto a livello calcolatorio la distribuzione termica all'interno di un dato elemento costruttivo.

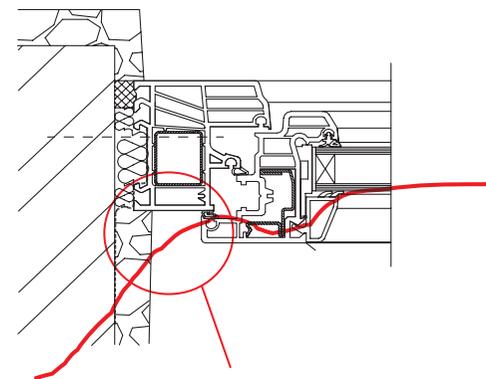
**Per valutare un eventuale rischio di formazione di condensa ci si basa sull'isoterma dei 10° C**



## Posizionamento dell'infisso a filo esterno

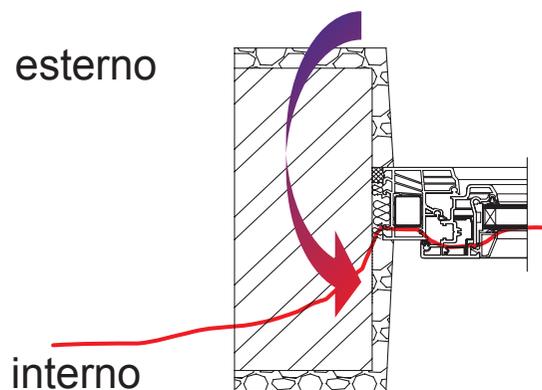


## Posizionamento sconsigliato

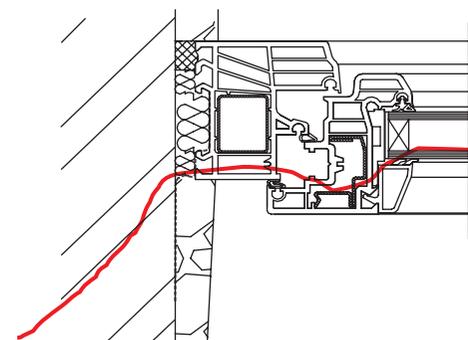


Condensa dovuta al fatto che l'isoterma dei 10° esce dal corpo costruttivo

## Posizionamento centrale dell'infisso

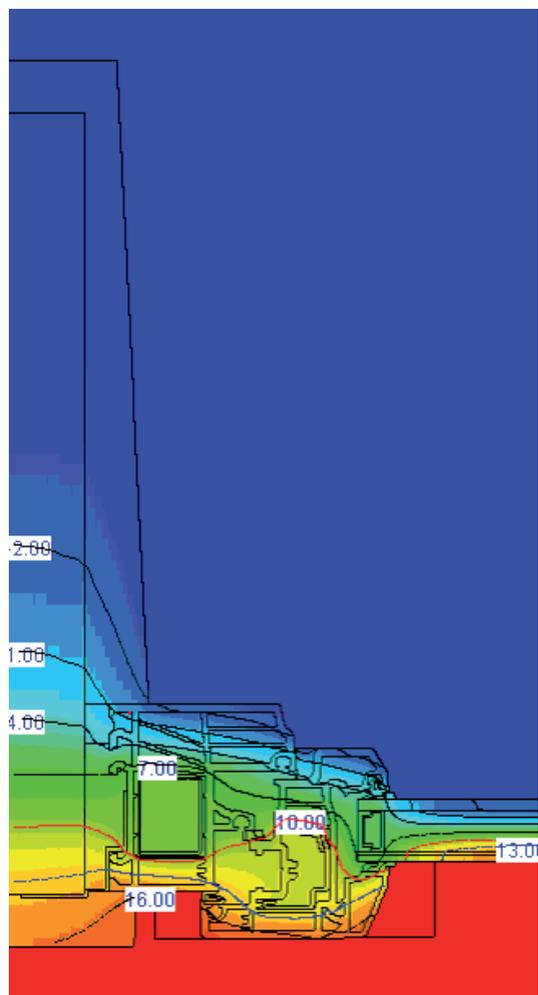


## Posizionamento consigliato

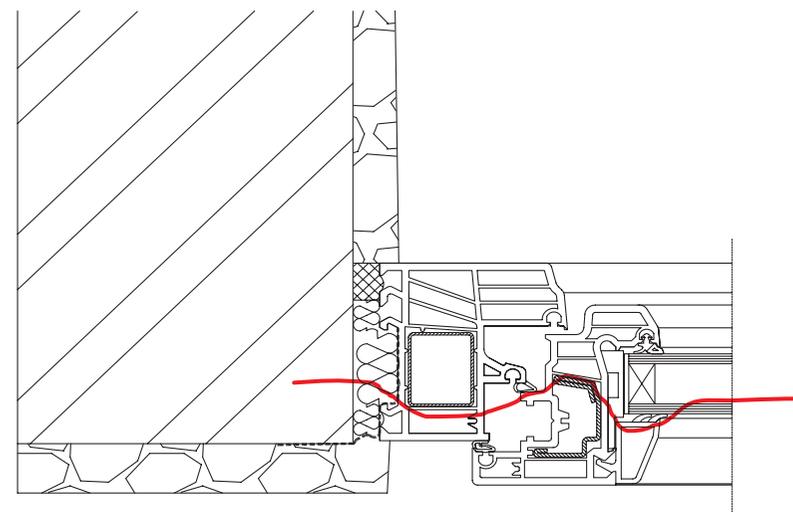
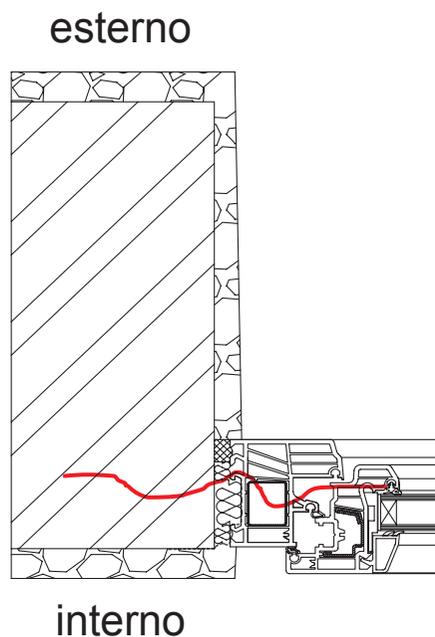


Nessuna condensa visto che l'isoterma dei 10° attraversa all'interno il corpo costruttivo.

## 10° isoterma



### Posizionamento dell'infisso a filo interno



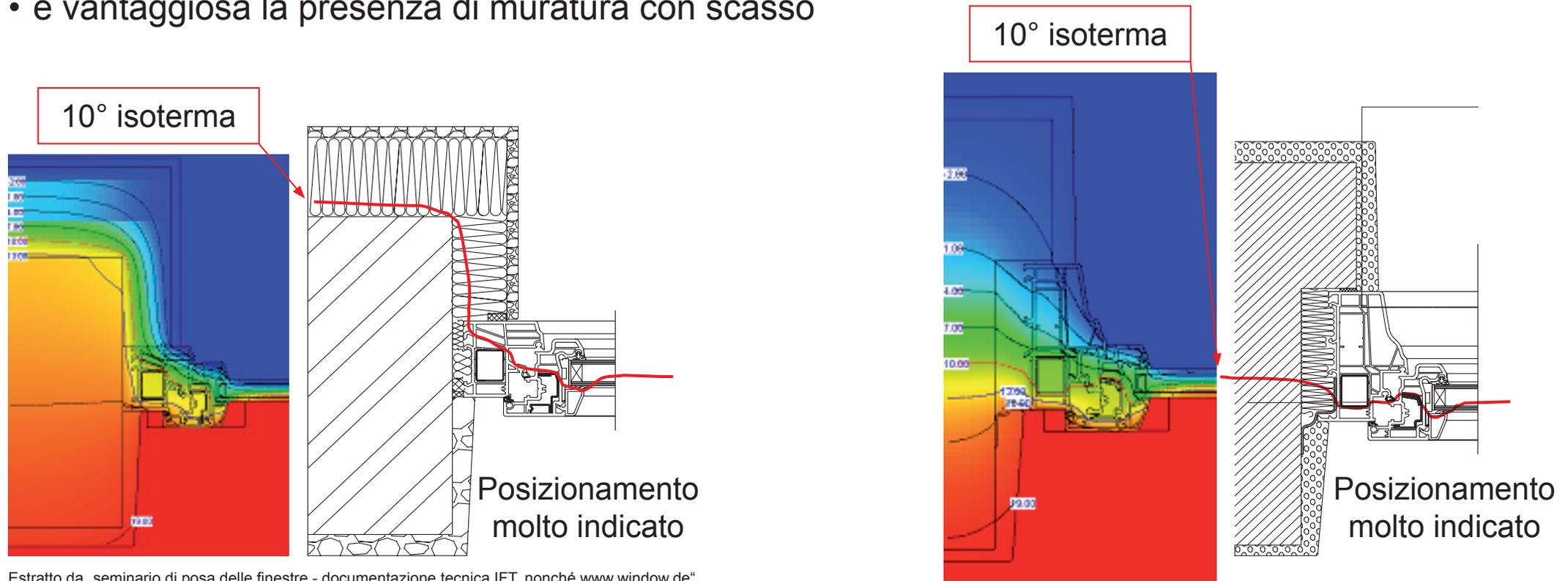
Nessuna condensa visto che l'isoterma dei 10° C attraversa per intero il corpo costruttivo.

Anche questo posizionamento risulta indicato, particolarmente in presenza di un clima mite (paesi mediterranei)

## L'isoterma dei 10° C

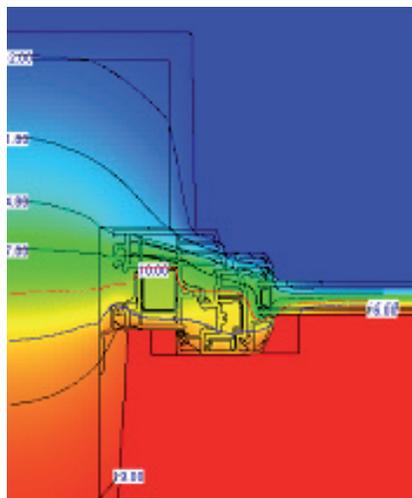
Per prevenire la formazione di condensa nella zona antistante ed all'interno dell'elemento e per ridurre la dispersione di calore, la finestra andrebbe così posizionata:

- in presenza di pareti esterne monolitiche: centro muro
- in presenza di pareti esterne termoisolate: in prossimità dello strato isolante
- in presenza di isolamento esterno: centro muro – il telaio va parzialmente rivestito con l'isolamento
- è vantaggiosa la presenza di muratura con scasso

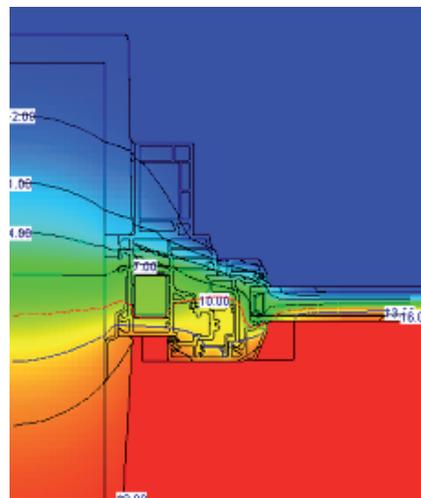
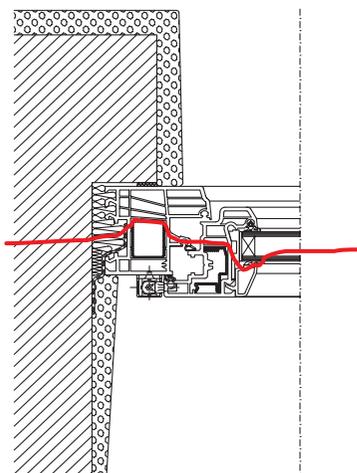


Estratto da „seminario di posa delle finestre - documentazione tecnica IFT, nonché [www.window.de](http://www.window.de)“

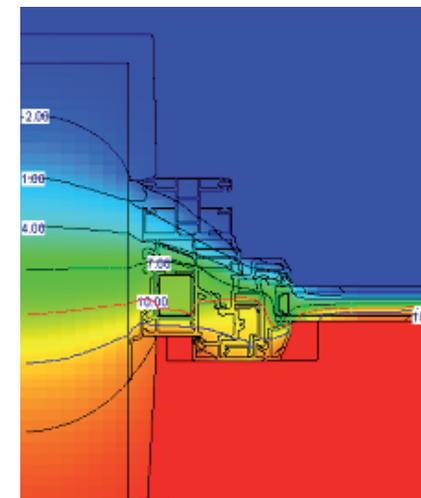
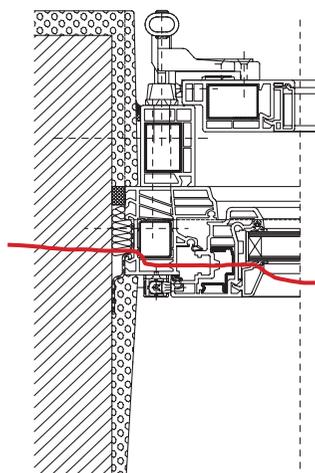
# Le curve isoterme a seconda del posizionamento dell'infisso



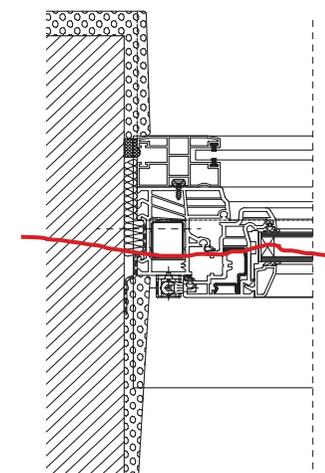
Top 72 in battuta  
su mazzetta

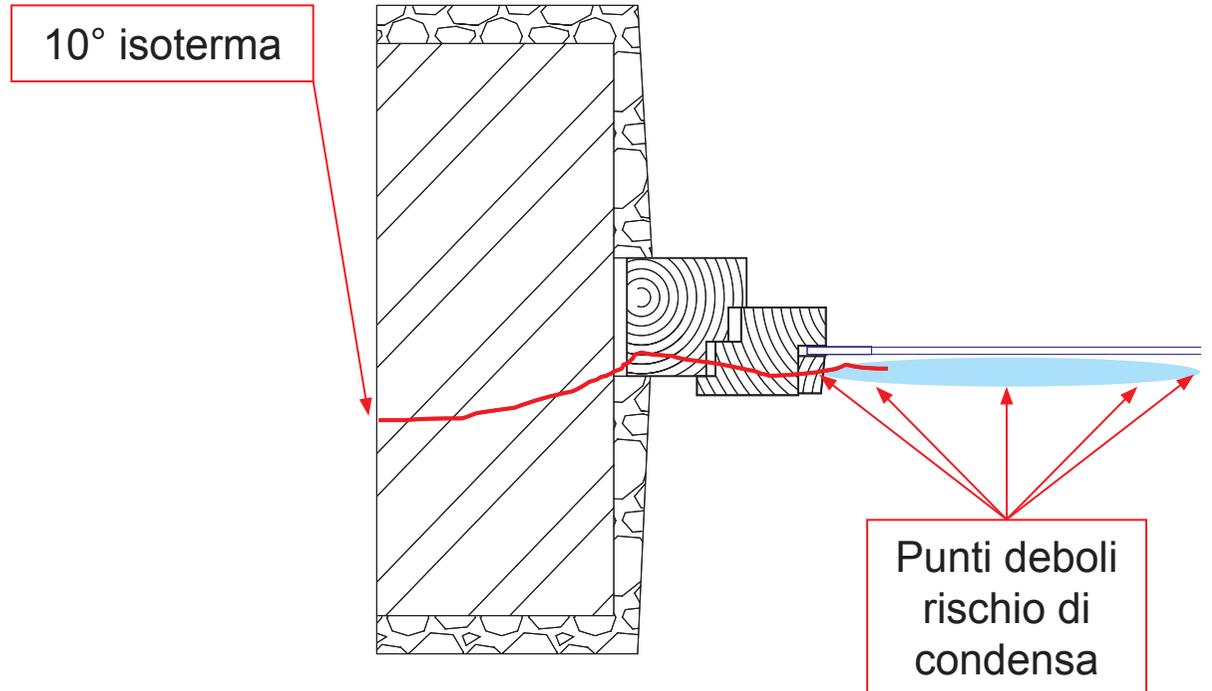
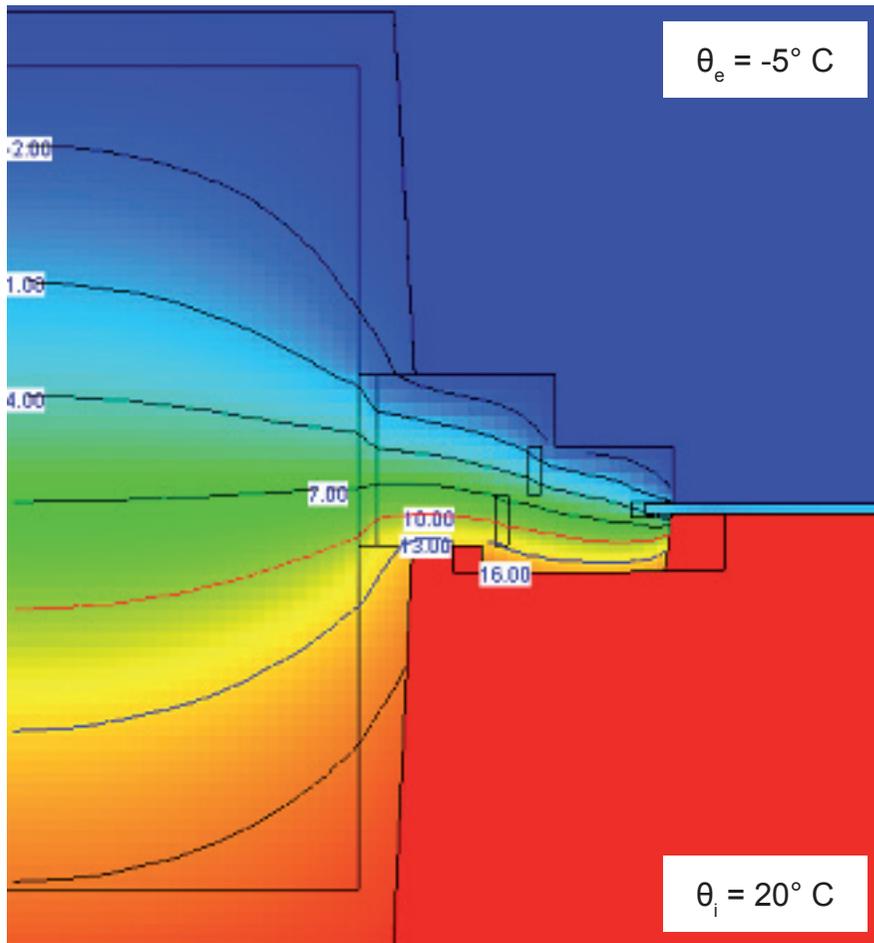


Top 72 con telaio  
persiana



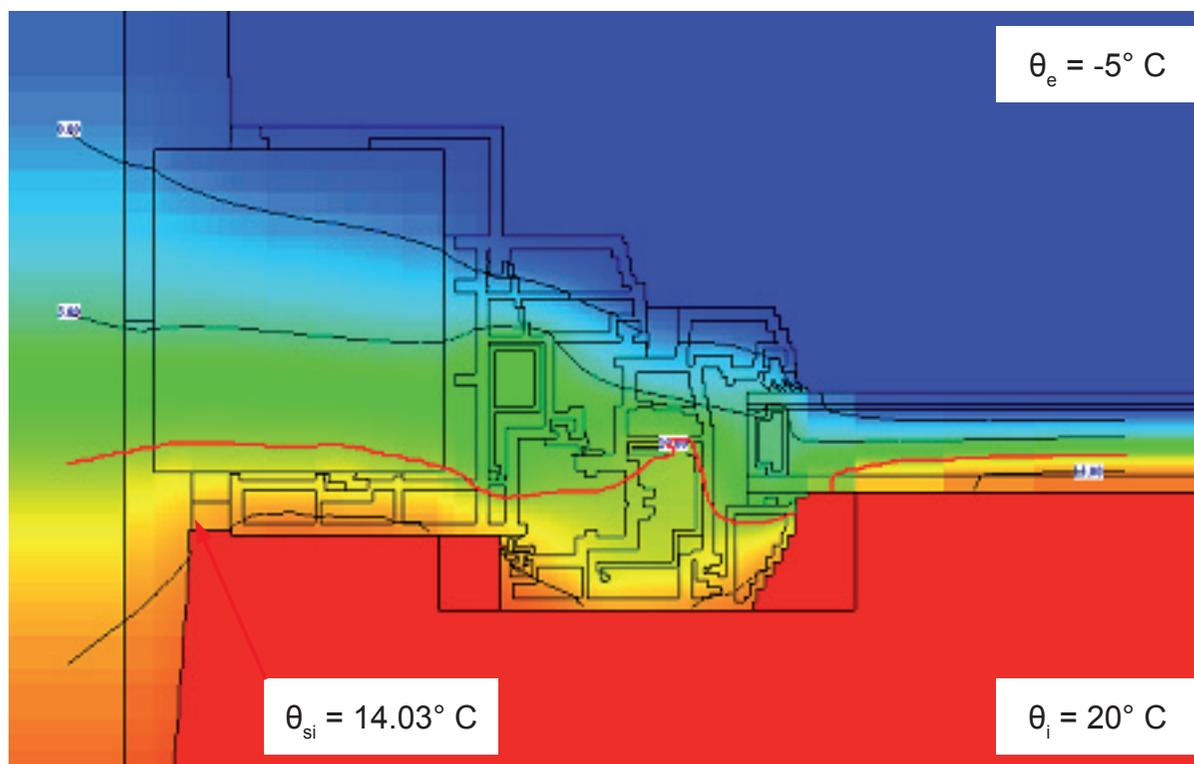
Top 72 con  
miniblocco





## Le curve isoterme nella sostituzione

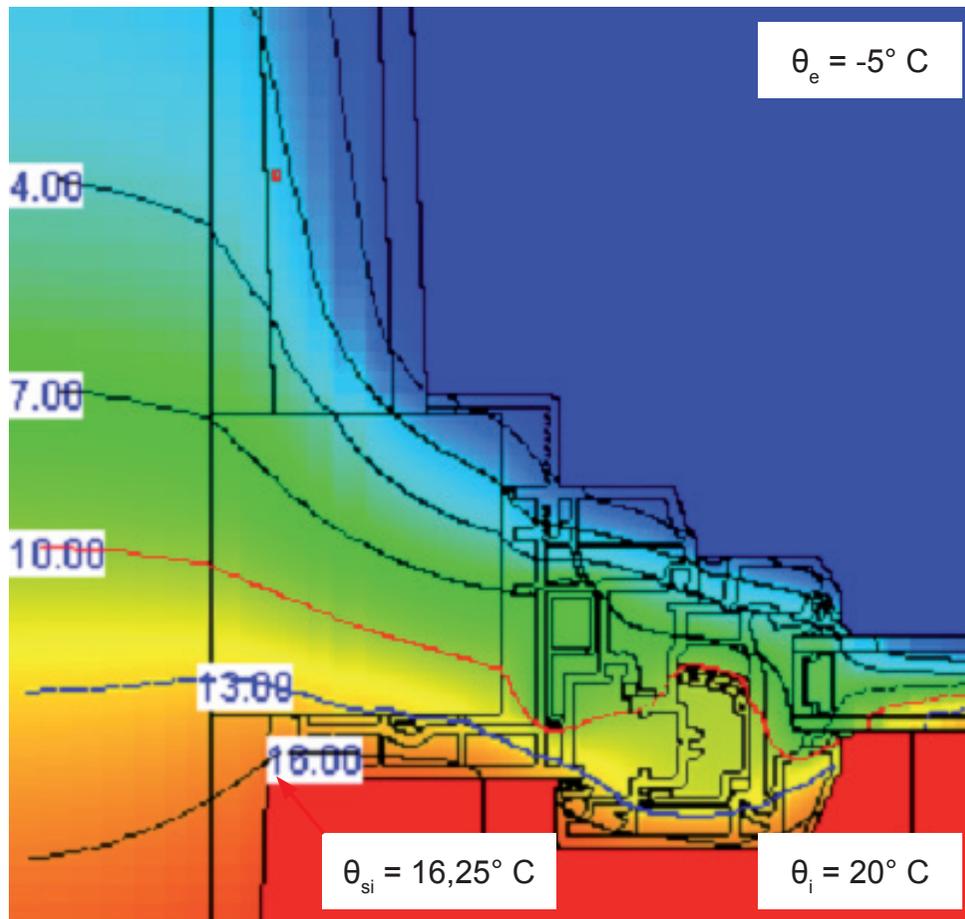
Senza isolamento della costruzione



## Le curve isoterme nella sostituzione con isolamento

Isolamento esterno 80 mm

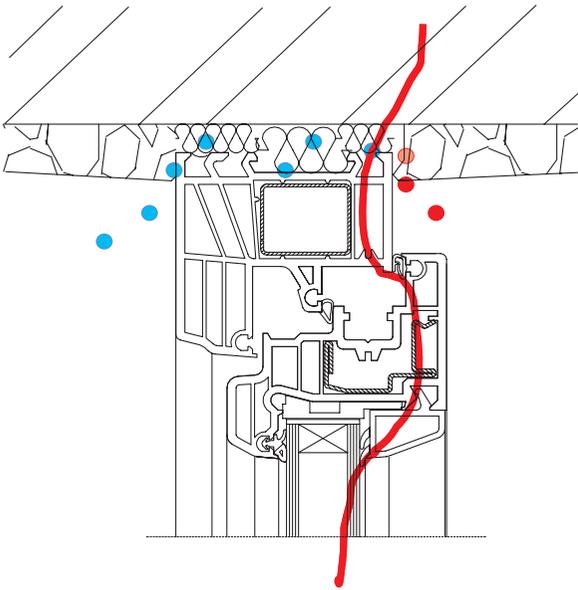
Isolamento nella spalletta 30 mm



Se in fase di sostituzione delle finestre viene isolata anche la muratura, l'isoterma si sposta **notevolmente** verso l'esterno.

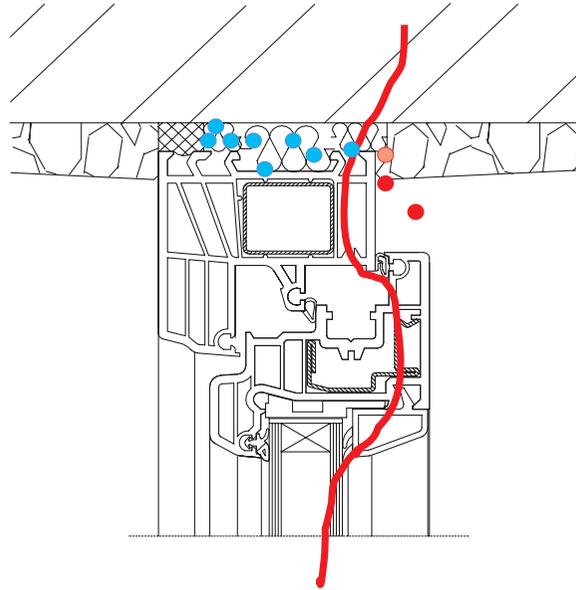
## Tipologie di isolamento e formazione di condensa

### Senza isolamento esterno ed interno



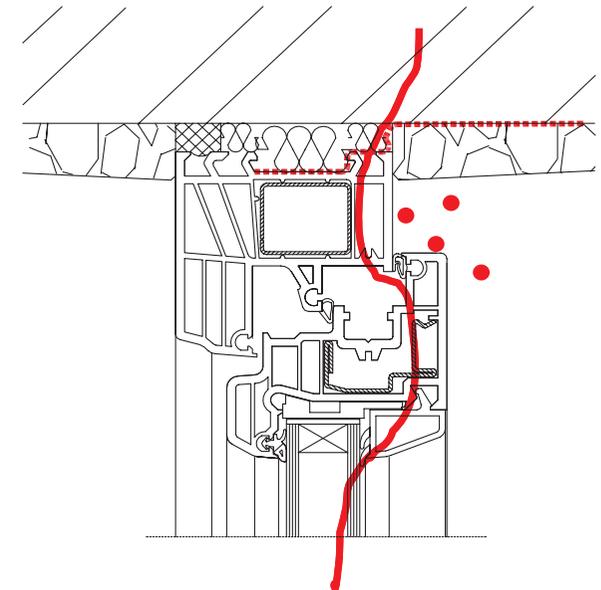
L'umidità che dall'interno penetra tra elemento e muratura forma condensa nella fuga di giunzione

### Senza isolamento interno



L'umidità che dall'interno penetra tra elemento e muratura forma condensa nella fuga di giunzione. L'isolamento esterno non fa altro che aumentare l'umidità assorbita dalle pareti

### Con isolamento esterno ed interno

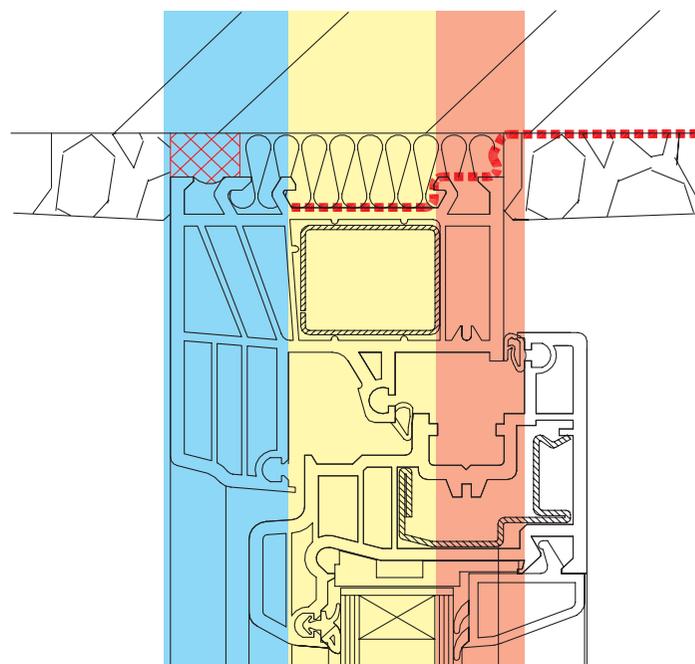


Si riduce l'ingresso di umidità e la fuga di giunzione rimane asciutta. Eventuali residui di umidità fuoriescono tramite la sigillatura esterna più aperta rispetto a quella interna.

## Il modello dei tre livelli

**Livello (2)**  
zona funzionale  
Area di isolamento e fissaggio

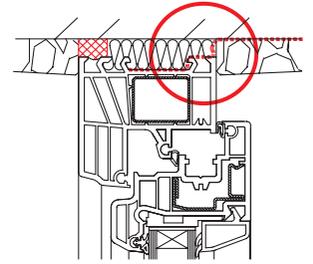
**Livello (3)**  
resistenza alle  
intemperie.  
Barriera all'acqua



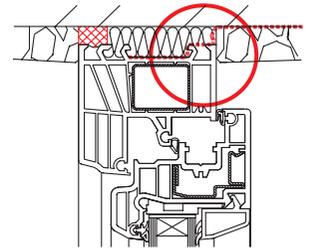
**Livello (1)**  
separazione tra  
ambiente interno e  
clima esterno.  
Barriera al vapore

## La conformazione della fughe interne

- Sul lato interno la costruzione deve garantire la **tenuta ermetica lungo tutto il perimetro**. La sigillatura deve essere eseguita ad un livello, la cui temperatura è superiore ad una temperatura ambiente favorevole all'insorgenza di muffe (umidità dell'aria pari al 80%). La sigillatura va effettuata - senza soluzione di continuità - perimetralmente allo stesso livello.

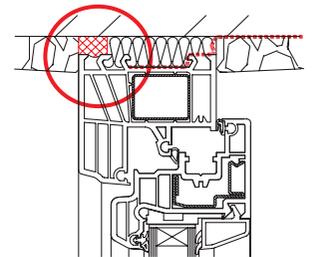


- La separazione tra temperatura ambiente e clima esterno deve garantire una **maggiore barriera al vapore** rispetto alla **protezione dalle intemperie**. La zona funzionale deve rimanere asciutta.



**L'isolamento più importante è quello sul lato ambiente interno.**

- Va garantita la **resistenza alla pioggia** del livello esterno (resistenza alle intemperie). L'umidità che dovesse eventualmente penetrare va deviata verso l'esterno in modo controllato.



La formazione di condensa costituirà nel prossimo futuro una delle principali problematiche relative alla parete esterna. Una soluzione efficace potrà essere garantita solo mediante un'ottimale combinazione tra

- **costruzione**
- **esecuzione**
- **posa** delle finestre nonché un'**aerazione funzionale**.

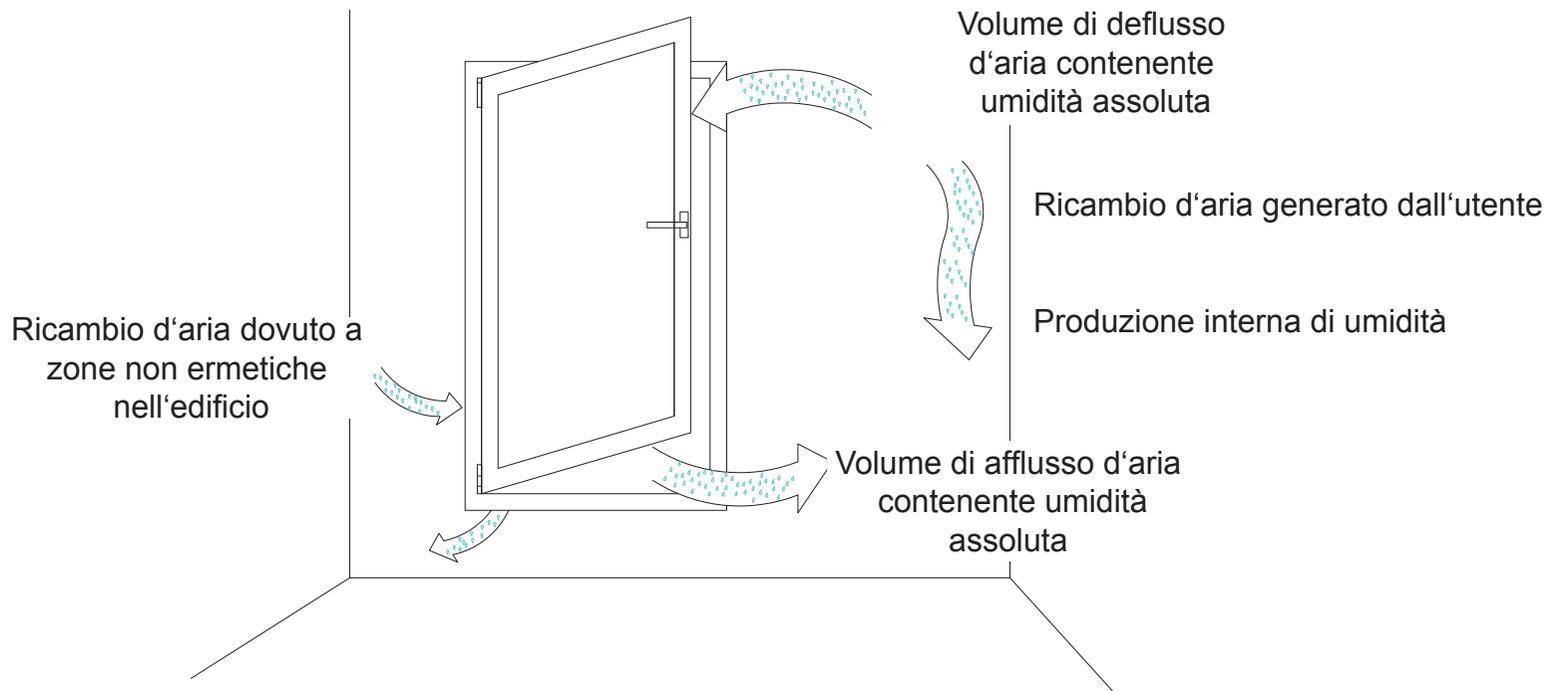
## Riassunto

Affinché finestre e facciata soddisfino i requisiti di funzionalità ed idoneità all'uso, l'applicazione deve essere eseguita nel rispetto dei seguenti criteri:

- Separazione netta dei livelli funzionali e dell'area funzionale,
- Protezione della fuga di giunzione da influssi esterni ed interni.
- L'elemento deve essere, *sul lato interno, a tenuta ermetica lungo tutto il perimetro* (livello 1).
- La separazione tra temperatura ambiente e clima esterno (livello 1) deve garantire una *maggiore barriera al vapore* rispetto alla protezione dalle intemperie (livello 3).
- Va garantita la *tenuta alla pioggia del livello* esterno (resistenza alle intemperie - livello 3) e l'umidità eventualmente presente va deviata verso l'esterno in modo controllato.

Questi requisiti vanno soddisfatti indipendentemente dal materiale del telaio, dalla situazione di cantiere e dalla tipologia di materiale con cui è stata realizzata la parete esterna.

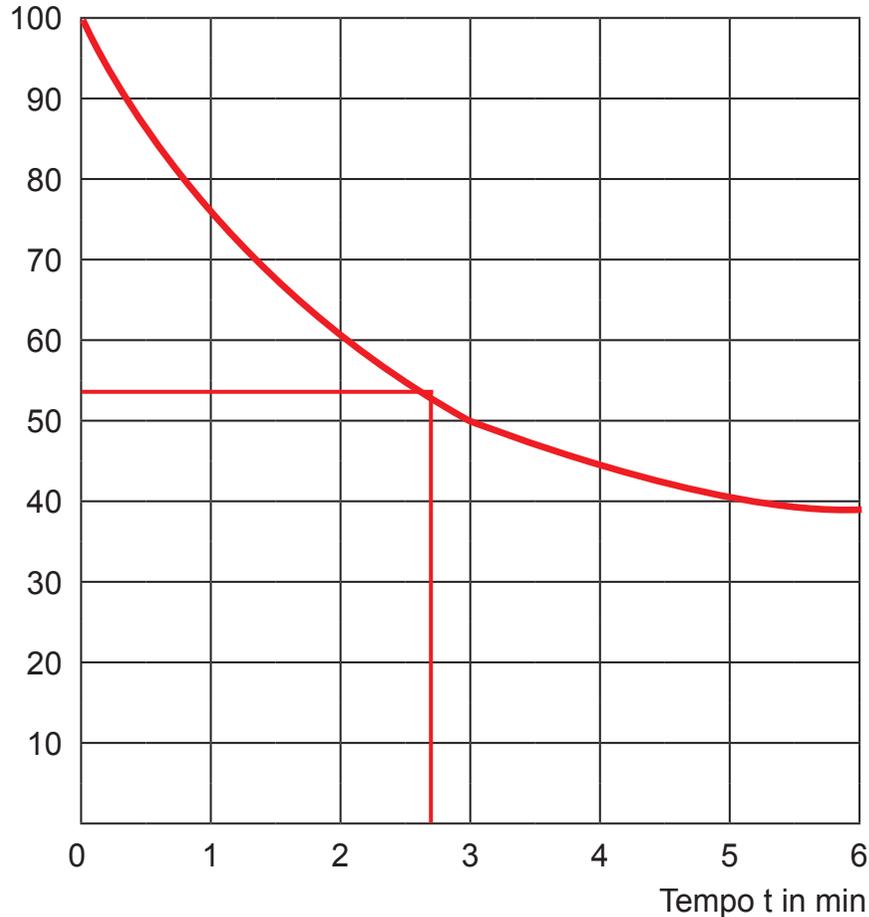
L'aerazione, la presenza di zone non perfettamente ermetiche nell'involucro dell'edificio e le aperture nella parete esterna consentono il deflusso di umidità verso l'esterno, riducendo l'umidità relativa dell'aria all'interno. Il coefficiente di ricambio d'aria  $n$  indica il volume d'aria ricambiato ogni ora. Esso è costituito dal ricambio d'aria generato dall'utente e da quello dovuto ad aree non ermetiche nell'involucro dell'edificio.



- Aerare correttamente significa aerare per brevi periodi **più volte al giorno**.  
Le finestre e porte-finestre vanno aperte completamente 3-4 volte al giorno e richiuse dopo ca. 2 - 5 minuti.
- L'aerazione è tanto più efficace quanto più bassa è la temperatura esterna. Anche se piove o c'è nebbia un'aerazione corretta contribuisce a ridurre l'umidità negli ambienti interni.

## Esempio: riduzione dell'umidità relativa dell'aria

Umidità relativa dell'aria in %



Temperatura d'ambiente iniziale 16°C/100%  
 Clima esterno 3°C/80%  
 Volume del locale 40 m<sup>3</sup>  
 Apertura 1,00 m x 1,20 m

L'immagine 8 mostra che l'umidità dell'aria, passata dal 53% al 100%, viene riportata al valore iniziale del 53% in 2,8 minuti con una differenza termica di  $\Delta J = 13^\circ$  ed un'apertura completa del serramento di 1,00 m x 1,20 m.

**Immagine 8:** riduzione dell'umidità relativa dell'aria grazie ad un'aerazione „d'urto“ con battente completamente aperto

## La formazione di muffa

### Possibili cause per l'insorgenza di muffa:

1. Danni costruttivi
  - a) l'umidità penetra o sale capillarmente verso l'alto in seguito ad una scarsa isolamento verticale od orizzontale della parete esterna
  - b) l'acqua penetra dal tetto oppure presenza di tubazioni difettose
2. Errori costruttivi (mancata osservanza dei principi di fisica delle costruzioni)
  - a) utilizzo di materiali edili non igroscopici, ovvero non idonei ad assorbire l'umidità
  - b) formazione di condensa sul lato interno della muratura dovuta a ponti termici (balconi sporgenti, spigoli esterni dell'edificio, spallette di finestre, nicchie dei radiatori, ecc.)
  - c) isolamento interno non eseguita correttamente sul piano fisico-costruttivo
3. Comportamento delle persone che abitano l'edificio
  - a) scarsa aerazione
  - b) nei locali più freddi penetra l'aria umida e più calda di cucina o bagno
  - c) il tasso di umidità è elevato perché in casa ci si fa molte docce, molti bagni, si cucina e si lava molto, ci sono tante piante

**La misura principale volta ad impedire l'insorgenza di muffe è un'aerazione corretta ovvero un corretto ricambio d'aria.**

## L'aerazione

### L'impianto di aerazione automatica

Tutta l'aria presente in un'abitazione andrebbe ricambiata completamente ogni una o due ore. I vapori di cucina e bagno nonché gli odori del WC dovrebbero defluire verso l'esterno ad intervalli ancora più brevi. Un impianto di aerazione automatica (afflusso e deflusso d'aria) è una soluzione interessante a tale scopo, in quanto vi fa sentire come se foste all'aperto. Un filtro antipolvere migliora ulteriormente la qualità dell'aria. Per porre rimedio in caso di allergie ai pollini, si può inoltre installare un filtro antipolline.

# La trasmissione sonora delle fughe

## La trasmissione sonora delle fughe

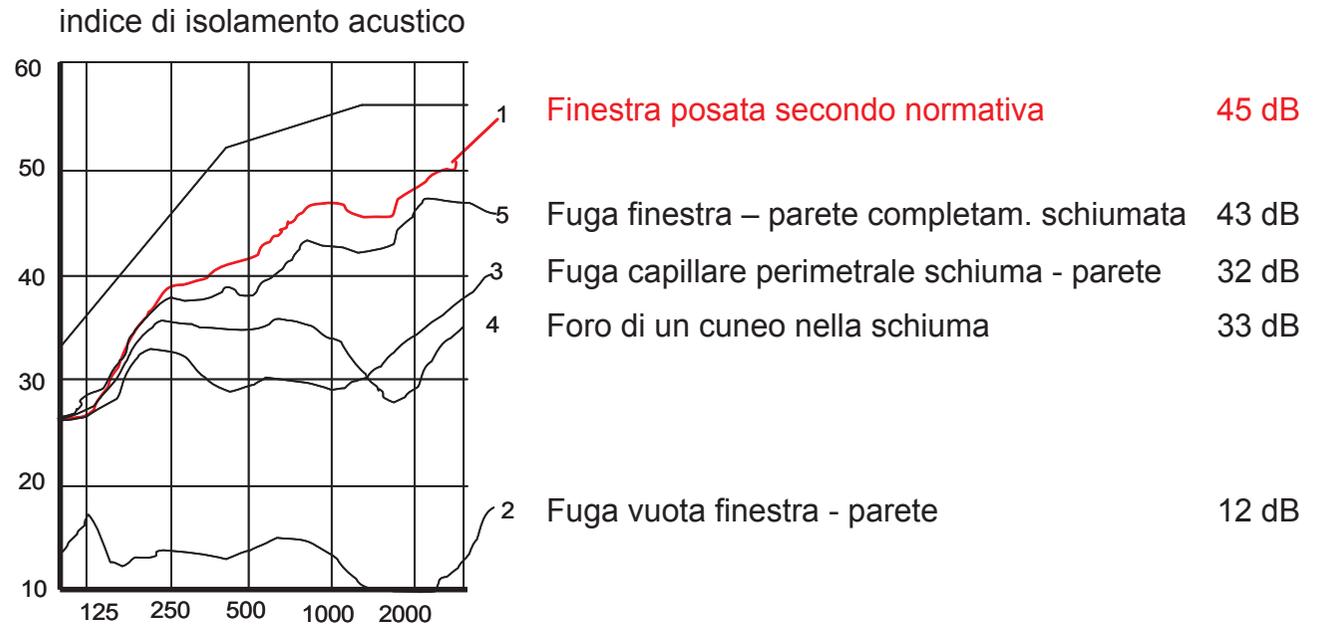
L'esecuzione della fuga di giunzione tra edificio e finestra o facciata si ripercuote su una serie di fattori, tra cui l'isolamento acustico dell'involucro dell'edificio.

L'introduzione dell'indice di isolamento acustico della fuga ha permesso di creare un metodo di valutazione per indicare l'influsso della fuga di giunzione sull'isolamento acustico complessivo. Per ridurre al minimo gli effetti della trasmissione sonora delle fughe, possono essere adottate le seguenti misure:

- isolamento della fuga: i materiali sigillanti quali la schiuma poliuretana, l'isolamento di sughero o la fibra minerale migliorano sia l'isolamento termico che quello acustico, ma solo se abbinati a sistemi isolanti quali nastri sigillanti precompressi.

## Gli effetti di una fuga incompleta

Le fughe devono essere progettate e realizzate in modo tale da mantenere invariato il valore di isolamento acustico  $R_w$  dell'elemento costruttivo. Fori di piccole dimensioni o fughe microscopiche nella zona di attacco sono in grado di peggiorare drasticamente il risultato complessivo (di oltre 10 dB secondo l'esempio illustrato nell'immagine 3.14). Una fuga di giunzione ermetica all'aria risulta indispensabile per garantire sia un'adeguata protezione dall'umidità sia un buon isolamento acustico.



I valori di isolamento acustico  $R_{w,p}$  di una finestra, variabili secondo la conformazione dell'attacco e la presenza di aree difettose tra finestra e parete

# Cos'è la frequenza, quanti sono x dB?

## Frequenza f

Numero di oscillazioni al secondo

La frequenza (f) determina l'altezza del suono e viene indicata in Hertz (Hz).

L'orecchio umano è in grado di percepire le frequenze nel raggio di 20 - 16.000 Hz.

Fonte sonora	Intensità sonora in dB
Fruscio delle foglie, sussurro	20
Sussurro, lieve rumore stradale	30
Conversazione, musica a basso volume	40
Musica a volume normale, conversazione	50
Automobile, aspirapolvere, macchina da scrivere	60
Traffico intenso, tram	70
Motorino, ferrovia, metropolitana, urlo	80
Clacson, moto, camion	90
Intenso rumore industriale, sega circolare	100
Jet al decollo, officina di costruzione caldaie	120

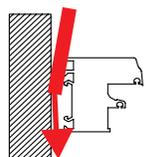
Attenzione:

Aumentare l'intensità sonora di 10 dB significa raddoppiare il livello del rumore, così come viene percepito dall'orecchio umano!

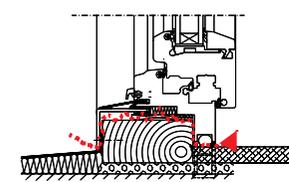
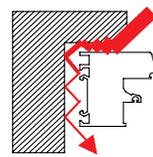
Ad es.: **80 dB** esprimono un rumore di intensità raddoppiata rispetto ai **70 dB**

## Negativo

## Positivo



Fuga complanarev



Versetzte Fuge

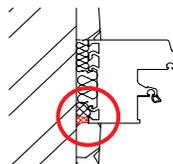
- Materiale ad elevato modulo E (a seconda della frequenza)  
ad esempio materiali sigillanti con valore del modulo  $E > 0,4 \text{ N/mm}^2$

- Materiale a basso modulo E (anche per frequenze elevate)  
ad esempio materiali sigillanti con valore del modulo  $E < 0,4 \text{ N/mm}^2$

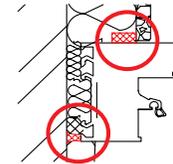
- Nastri sigillanti a compressione ridotta (ad es. 1:2 o 1:3)  
ad es. Kompriband 15/7-12 fuga ca. 10-12 mm, **scarsa** compressione

- Nastri sigillanti ad elevata compressione (ad es. 1:4 o 1:5)  
ad es. Kompriband 20/8-15 fuga ca. 10-12 mm, **buona** compressione

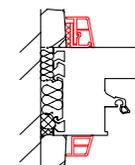
- Disposizione unilaterale di nastri sigillanti



- Disposizione bilaterale di nastri sigillanti



- Coprifilatura delle fughe



## „Materiali di riempimento“

Le fughe presenti tra il telaio della finestra e la parete esterna vanno sigillate a regola d'arte. L'isolamento acustico delle finestre viene influenzato in modo significativo dalla tenuta ermetica delle fughe. Le proprietà fonoassorbenti sono infatti tanto più scarse quanto più larghe e lunghe sono le fughe.

Se sono richieste proprietà particolarmente elevate in termini di isolamento acustico, non basta riempire per intero la zona delle fughe con un adeguato materiale isolante, ma potrebbe essere necessario adottare provvedimenti aggiuntivi.

Quali materiali isolanti potranno ad esempio essere utilizzati:

- lana minerale
- nastri schiumati,
- schiume e isolamenti di sughero,
- prodotti naturali (quali ad esempio lana di pecora, sisal, lino, sughero) che abbiano proprietà isolanti.