



ISOLAMENTO TERMICO ESTIVO

Il presente opuscolo è pensato per fornire delle pratiche linee guida per i progettisti che vogliono affrontare il tema dell'isolamento termico estivo in modo completo. Tratta il tema in modo approfondito sulla base dello studio Empa «Sommerlicher Wärmeschutz von Dachräumen – Analyse der Einflussfaktoren auf das Raumklima» (*Isolamento termico estivo per mansarde: analisi dei fattori d'impatto sul clima interno*) e fornisce una panoramica delle conoscenze e della procedura di progettazione.

Indice

1. Condizioni quadro climatiche
2. Comfort termico
3. Fondamenti dello studio Empa
4. Risultati dello studio Empa
5. Impatto del tipo di materiale isolante
6. Calcolo e analisi del rischio
7. Considerazione estesa dell'impatto potenziale
8. Costruire responsabilmente: conclusioni



1. Condizioni quadro climatiche

Le misurazioni meteorologiche in Svizzera lo confermano: nel periodo 1961–1990, gli anni dal 1980 presentano nel complesso delle temperature estive medie superiori. Nel 2003 l'aumento fu pari a ben 4,8 °C, mentre le estati torride del 2003 e del 2006 sono indimenticabili.

Il rapporto OcCC* *Il cambiamento climatico e la Svizzera nel 2050* («Klimaänderung und die Schweiz 2050») indica «le ondate di calore sempre più frequenti in futuro come il pericolo climatico più importante per la salute» e raccomanda che le costruzioni e le progettazioni urbanistiche vengano adeguate.

* OcCC: Organo consultivo sui cambiamenti climatici impiegato dal DFI/DATEC.

Scostamento medio delle temperature estive in Svizzera 1864–2020 dalla norma OMM 1961–2020

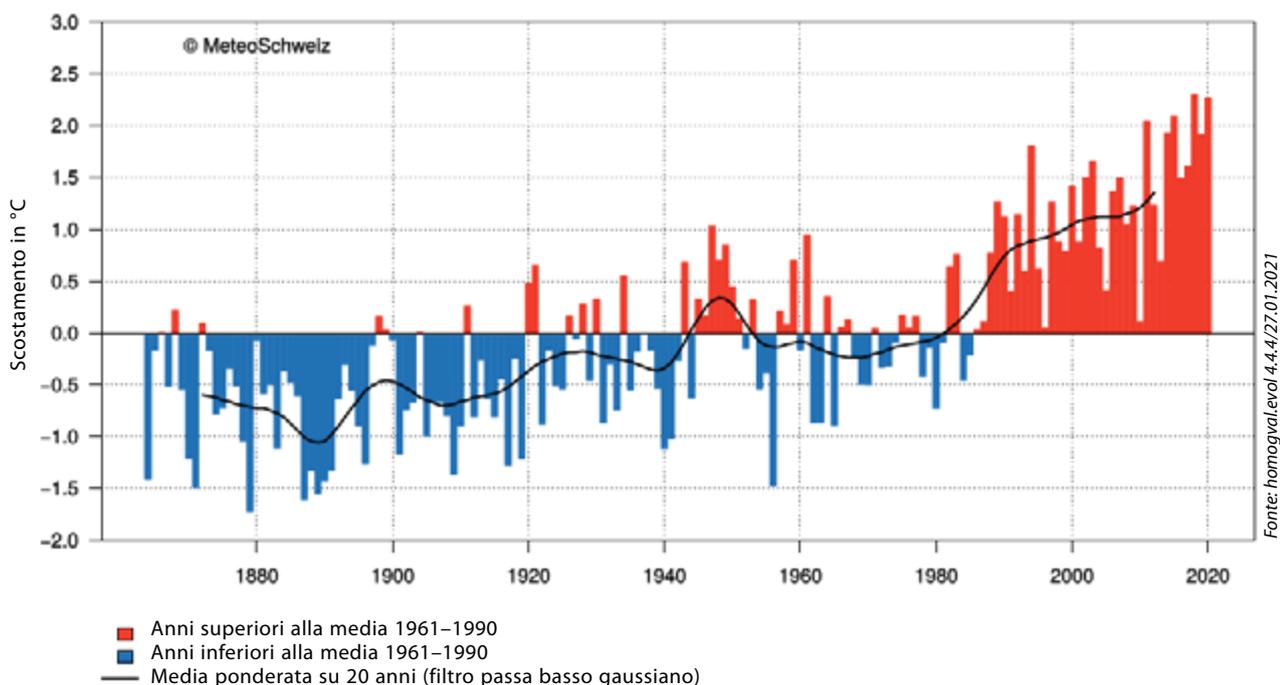


Fig. 1

Impatto del cambiamento climatico sulla frequenza delle temperature estreme

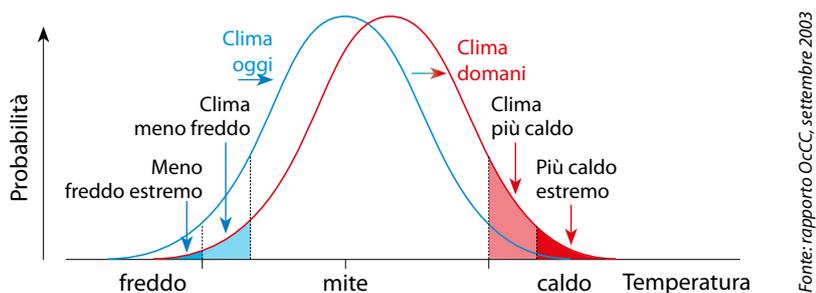


Fig. 2: il clima estremamente caldo diventa più frequente, il clima estremamente freddo più raro



2. Comfort termico

La temperatura ambiente ottimale in estate

dipende dall'attività, dall'isolamento termico del rivestimento, dalla temperatura media di irraggiamento, dalla velocità dell'aria e dall'umidità.

La fig. 3, tratta dalla norma SIA 180 «Isolamento termico e protezione contro l'umidità degli edifici», mostra le tolleranze di temperatura entro le quali «il 90 % delle persone che si trovano nella stanza sono soddisfatte del comfort termico».

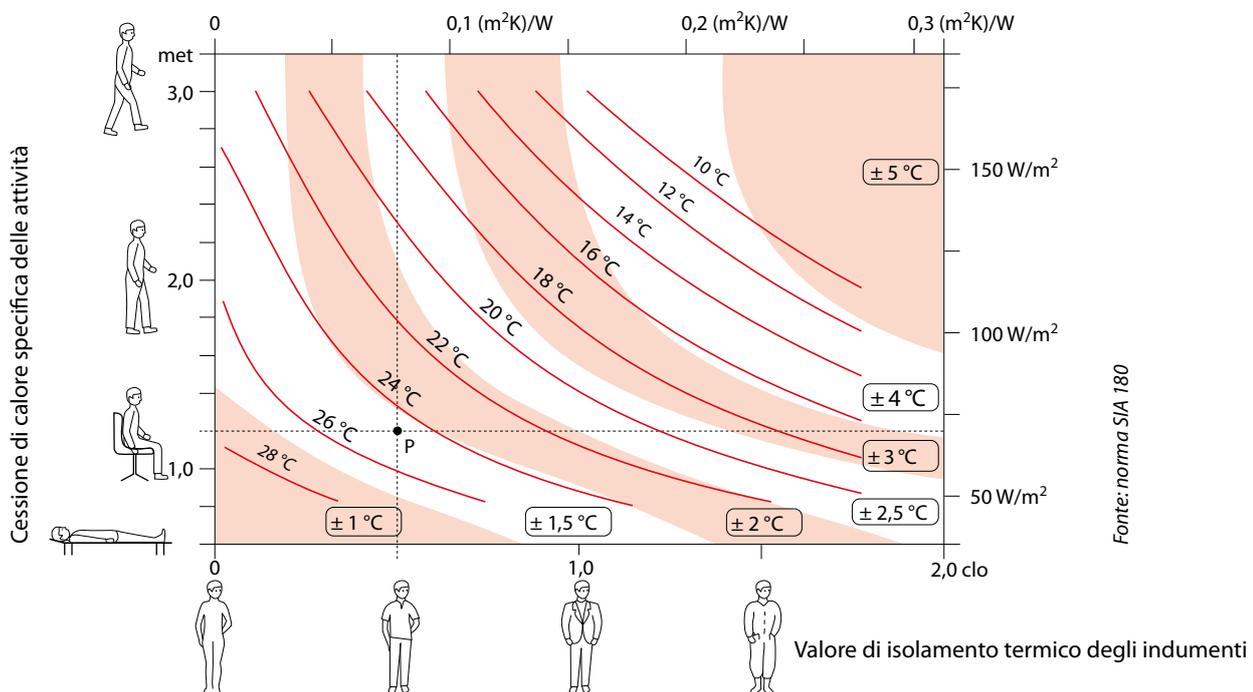


Fig. 3: temperature ambienti ottimali a seconda dell'attività e degli indumenti. Esempio di lettura (P): il lavoro d'ufficio leggero svolto in posizione seduta (cessione di calore specifica 70 W/m² o 1,2 met) con indumenti estivi (resistività termica 0,0775 (m²K)/W o 0,5 clo) ha come risultato una temperatura ambiente percepita ottimale di 24,5 °C con una gamma di tolleranza di +/- 1,5 °C.

Spiegazioni:

met = metabolic rate (cessione di calore di una persona per m² di superficie corporea, 1 met = 58 watt per m²)
clo = clothing (isolamento termico degli indumenti)

Comfort e clima ambiente

L'impatto sul clima ambiente

degli edifici in estate può essere influenzato positivamente attraverso diverse misure:

Il comportamento degli utilizzatori dell'edificio

caratterizza il clima interno in modo decisivo attraverso l'uso dei dispositivi di ombreggiatura e il comportamento di ventilazione. Questo vale per tutti i tipi di ambienti.

Le condizioni edili

sono un altro importante fattore d'impatto, oltre ai comportamenti degli utilizzatori indicati sopra. Questo riguarda tanto la costruzione quanto l'architettura.

Alla luce del tendenziale riscaldamento del clima

l'isolamento termico estivo in futuro acquisterà un'importanza sempre maggiore.



Fig. 4: il comportamento degli utilizzatori dell'edificio caratterizza in modo decisivo il clima interno.

3. Fondamenti dello studio Empa

Per poter analizzare in dettaglio i fattori d'impatto sul clima ambiente in estate, l'Empa, reparto Tecnologie edili, nel 2008 ha realizzato lo studio parametrico «Sommerlicher Wärmeschutz von Dachräumen – Analyse der Einflussfaktoren auf das Raumklima» (*Isolamento termico estivo per mansarde: analisi dei fattori d'impatto sul clima interno*) con il programma di simulazione degli edifici dinamico HELIOS.

Come menzionato nell'introduzione, la temperatura ambiente in estate viene influenzata da un gran numero di fattori edili e funzionali. Secondo lo studio Empa, le grandezze d'impatto in presenza di condizioni di trasmittanza termica definite e identiche possono essere suddivise come segue:

La mansarda esaminata e le condizioni quadro

Mansarda

Essendo le mansarde esposte a un intenso irraggiamento solare e, nelle costruzioni in legno, si pone la questione della sufficiente capacità di accumulo di calore, per lo studio parametrico è stata scelta una tipica mansarda con costruzione in legno.

Standard di isolamento delle parti edilizie

Per la struttura del tetto e delle pareti esterne è stato scelto un isolamento termico di 200 mm ovvero 200 + 60 mm.

Questo, a seconda della capacità performante dei materiali isolanti, produce dei valori U da 0,19 a 0,22 W/(m²K) ovvero da 0,15 a 0,18 W/(m²K). Un isolamento di 200 mm rientra tra gli attuali requisiti minimi energetici in termini di isolamento termico delle strutture delle pareti e dei tetti, 200 + 60 mm. La mansarda esaminata e le condizioni quadro ricadono nella gamma dei valori obiettivo delle disposizioni di legge a norma SIA 380/1: 2016

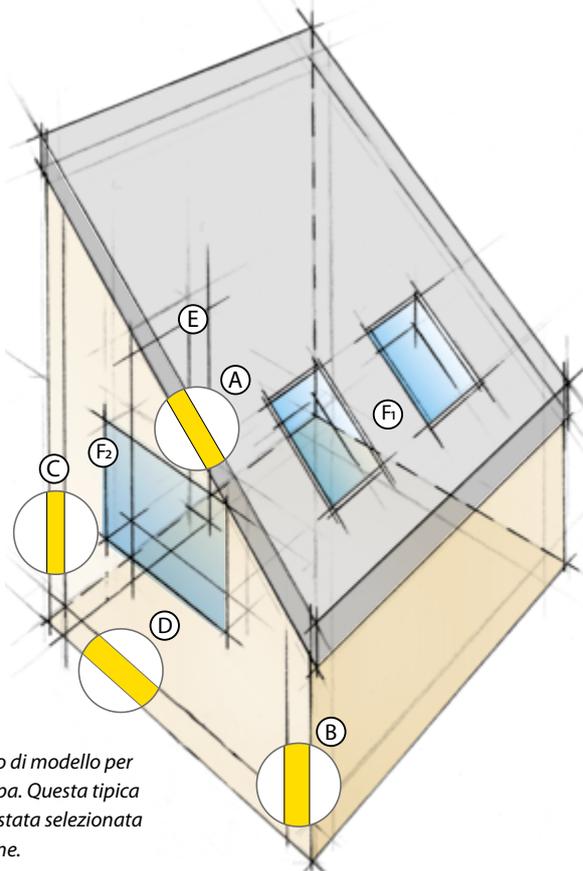
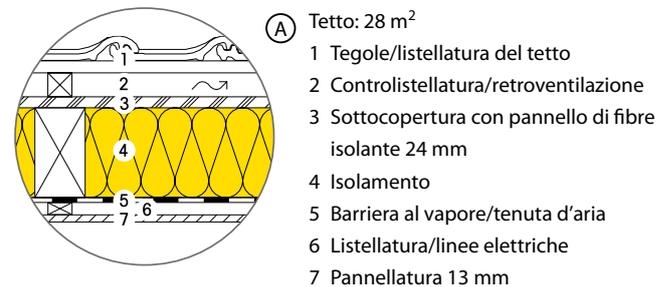
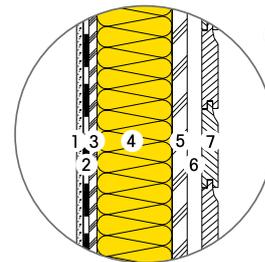


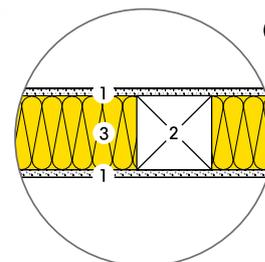
Fig. 5: schizzo di modello per lo studio Empa. Questa tipica mansarda è stata selezionata per questo fine.



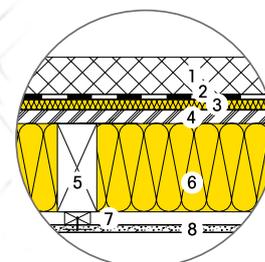
- (A) Tetto: 28 m²
- 1 Tegole/listellatura del tetto
 - 2 Controlistellatura/retroventilazione
 - 3 Sottocopertura con pannello di fibre isolante 24 mm
 - 4 Isolamento
 - 5 Barriera al vapore/tenuta d'aria
 - 6 Listellatura/linee elettriche
 - 7 Pannellatura 13 mm



- (B) Parete esterna: 7,5 + 13,8 m²
- 1 Pannello in cartongesso 12,5 mm
 - 2 Barriera al vapore
 - 3 Pannello a fibre orientate 15 mm
 - 4 Isolamento
 - 5 Pannello di fibre isolante 30 mm
 - 6 Spazio di ventilazione
 - 7 Assito 20 mm



- (C) Parete interna: 18,2 + 13,8 m²
- 1 Pannello in cartongesso 12,5 mm
 - 2 Supporti in legno
 - 3 Isolamento



- (D) Pavimento/solaio: 25 m²
- 1 Sottofondo di calcestruzzo
 - 2 Strato di rivestimento
 - 3 Isolamento
 - 4 Pannello a base di legno 25 mm
 - 5 Travatura 80 x 180 mm
 - 6 Isolamento
 - 7 Listellatura/linea elettrica
 - 8 Pannello in cartongesso 12,5 mm

Per i valori vedi gli elementi costruttivi e i dati tecnici a pagina 8

- (E) Porta: 1,8 m²
E Porta di collegamento verso l'interno
- (F) Finestre: F1: 2 m² + F2: 1,2 m²
F1 Lucernario
F2 Finestra sul lato occidentale



Temperatura esterna

La base è costituita dal periodo dal 25 luglio al 5 agosto 2003 del Design Referenz Year DRY della stazione climatica di Zurigo-Kloten, un periodo con 3 giorni torridi consecutivi e temperature fino a quasi 35 °C (vedi la fig. 7 e il rapporto Empa, pagina 3).

Temperatura interna

L'andamento della temperatura è stato determinato con il programma di simulazione degli edifici dinamico HELIOS, con variazioni dei parametri seguenti:

- Protezione solare
- Ventilazione notturna
- Tipo di materiale isolante
- Rivestimento del pavimento
- Carichi termici interni
- Rivestimento interno su pareti e soffitti
- Dimensioni e orientamento delle finestre

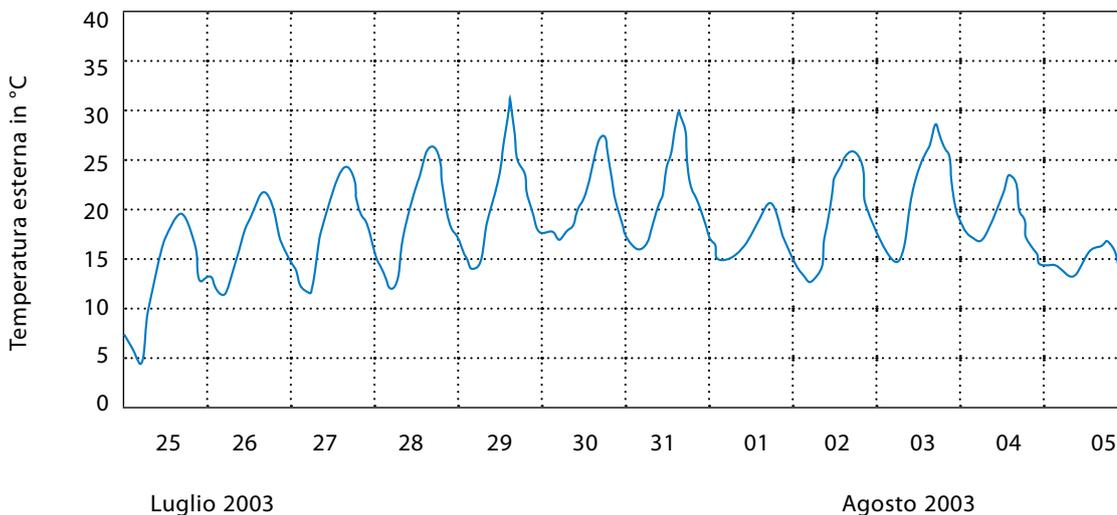


Fig. 6: curva della temperatura esterna a Zurigo-Kloten DRY luglio-agosto.

Elementi costruttivi e dati tecnici

A Tetto			
Isolamento termico $\lambda_D = 0,032 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$	d	mm 200	
Isolamento termico in inverno ed estate			
Trasmittanza termica:			
– inclusi ponti termici	U	$\text{W}/(\text{m}^2\text{K})$ 0,19	
– senza ponti termici	U_0	$\text{W}/(\text{m}^2\text{K})$ 0,14	
Isolamento termico in estate			
Trasmittanza termica dinamica	U_{24}	$\text{W}/(\text{m}^2\text{K})$ 0,10	
Capacità di accumulo di calore	k_i	$\text{Wh}/(\text{m}^2\text{K})$ 5	

B Parete esterna			
Isolamento termico $\lambda_D = 0,032 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$	d	mm 160	
Isolamento termico in inverno ed estate			
Trasmittanza termica:			
– inclusi ponti termici	U	$\text{W}/(\text{m}^2\text{K})$ 0,20	
– senza ponti termici	U_0	$\text{W}/(\text{m}^2\text{K})$ 0,16	
Isolamento termico in estate			
Capacità di accumulo di calore	k_i	$\text{Wh}/(\text{m}^2\text{K})$ 7	

C Parete interna			
Isolamento termico $0,035 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$	d	mm 60	
Isolamento termico in estate			
Capacità di accumulo di calore	k_i	$\text{Wh}/(\text{m}^2\text{K})$ 5	

D Pavimento/solaio			
Isolamento anticalpestio $\lambda_D = 0,032 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$	d	mm 20	
Isolamento termico $\lambda_D = 0,035 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$	d	mm 180	
Isolamento termico in estate			
Capacità di accumulo di calore	k_i sopra	$\text{Wh}/(\text{m}^2\text{K})$	15
Capacità di accumulo di calore	k_i sotto	$\text{Wh}/(\text{m}^2\text{K})$	3

E Porta	
Porta $1,8 \text{ m}^2$	Capacità di accumulo di calore k_i : $4 \text{ Wh}/(\text{m}^2 \text{K})$

F Vetrate e protezione solare					
	Protezione solare	Colore	$\tau_{e,B}$	τ_v	g
F1 Lucernario 2 m^2 Doppio vetro termoisolante	esterna	pastello	0,1	0,08	0,09
F2 Finestra sul lato occidentale $1,2 \text{ m}^2$ Doppio vetro normale	esterna	pastello	0,1	0,09	0,13



Fig. 7: le mansarde sono oggi particolarmente apprezzate quali locali abitabili e offrono anche un clima interno particolarmente gradevole, a patto che venga dedicata un'attenzione sufficiente all'isolamento termico.



4. Risultati dello studio Empa

Come da aspettative, il tipo di protezione solare e le misure di ventilazione per la dissipazione dei carichi termici hanno l'impatto maggiore sulla temperatura interna.

Impatto della protezione solare

La *fig. 8* mostra gli andamenti della temperatura ambiente in base alle diverse **misure di ombreggiatura** (nessuna protezione, tenda da sole all'esterno, avvolgibili frangisole a lamelle). Situazione di partenza: porte finestre sul balcone, rivestimento di fibra di gesso monostrato sulla parete e sul tetto, moquette, ventilazione notturna con ricambio d'aria triplo, uso normale e isolamento in lana di vetro.

Periodo 25-30 luglio DRY

Var. 1: avvolgibili frangisole a lamelle — Var. 2: tenda da sole —
Var. 3: nessuna protezione solare —

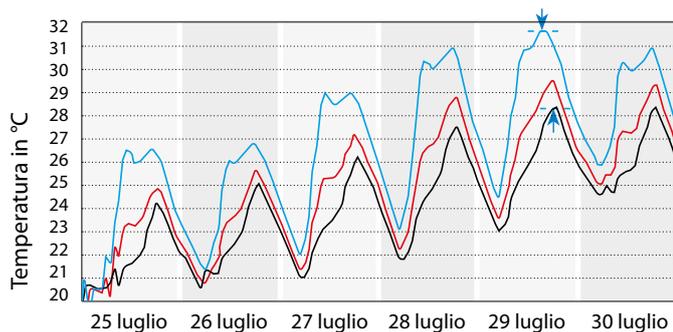


Fig. 8: già delle dimensioni delle finestre modeste (20% della superficie del pavimento, esposizione a est) producono delle differenze di temperatura fino a 3,5 °C. Delle superfici maggiori esposte a sud o dei lucernari producono delle differenze ancora maggiori.

Impatto della ventilazione notturna

La *fig. 9* mostra gli andamenti della temperatura ambiente in base ai diversi **scenari di ventilazione notturna** (nessun ricambio d'aria, ricambio d'aria semplice e triplo ogni ora). Situazione di partenza: porte finestre sul balcone con avvolgibili frangisole a lamelle, rivestimento in fibra di gesso monostrato su pareti e tetto, moquette, uso normale e isolamento termico.

Periodo 25-30 luglio DRY

Var. 1: 150 m³/h — Var. 2: 50 m³/h — Var. 3: 0 m³/h —

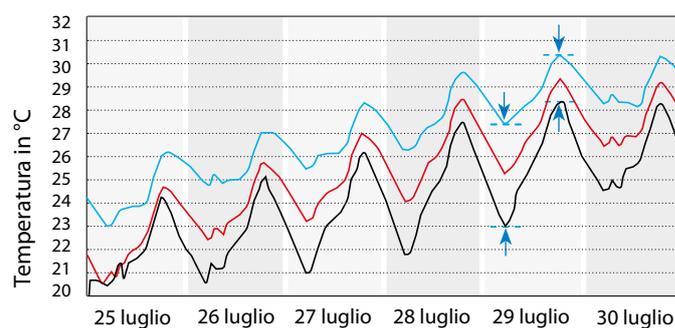


Fig. 9: come mostrano gli andamenti della temperatura nera e blu (ricambio d'aria triplo e assente), le differenze di temperatura raggiungono i 4,5 °C di notte e i 2 °C di giorno (vedi le frecce).

5. L'impatto del tipo di materiale isolante è trascurabile

Una differenza dovuta al materiale isolante di 1 °C al massimo in termini di temperatura ambiente è dimostrabile solo in presenza dei seguenti fattori d'impatto: ombreggiatura ottimale (avvolgibili frangisole a lamelle all'esterno), ventilazione notturna (ricambio d'aria triplo ogni ora), dimensioni delle finestre, capacità

di accumulo di calore e carichi termici interni minimi. Non appena uno o più dei fattori determinanti – come le dimensioni delle finestre, l'ombreggiatura, la ventilazione notturna, i carichi interni – risulta meno che ottimale o se si presume una capacità di accumulo di calore interna maggiore, l'importanza del tipo di materiale isolante si riduce ulteriormente.

Periodo 25–30 luglio DRY

Lana di vetro — Lana di roccia — Cellulosa —
Fibre di legno tenere — Fibre di legno —

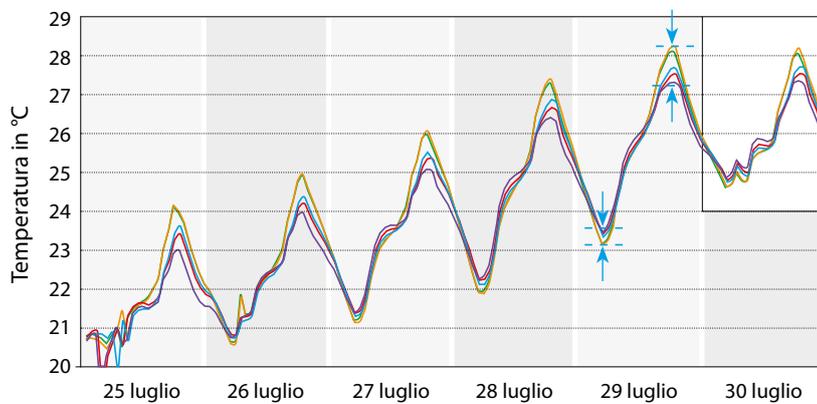


Fig. 10a: come dimostrano le curve di temperatura molto ravvicinate, la scelta del tipo di materiale isolante è irrilevante.

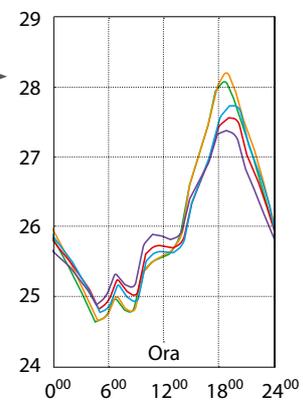


Fig. 10b: la sezione ingrandita mostra le curve di temperatura nel corso delle 24 ore il 30 luglio DRY.



© Shutterstock

Fig. 11: lana minerale: un materiale di isolamento termico universale e tuttavia efficiente. È leggera, ben lavorabile e incombustibile.



6. Calcolo e analisi del rischio

Per la verifica dell'isolamento termico estivo vigono la norma SIA 180 «Isolamento termico e protezione contro l'umidità degli edifici» e, secondariamente, anche le norme SIA 382/1, SIA 342 e SIA 416, oltre che le schede informative SIA 2024 e 2028.

La norma SIA 180 offre tre varianti di verifica, ove per gli edifici è normalmente sufficiente la **variante 1** con la «Valutazione globale dei casi standard». La **variante 2** si basa su di una verifica sistemica spaziale, nella quale vengono regolati i fattori principali quali superficie vetrata, capacità di accumulo di calore e protezione solare.

Analogamente al procedimento 3 della SIA 180, la variante 2 a norma Minergie permette un'ottimizzazione del sistema complessivo «Casa» in tutti gli ambiti, ad esempio compensando una bassa massa di accumulo dell'edificio con una migliore protezione solare o con un numero minore di superfici vetrate. La variante 2 a norma Minergie – come la variante 3 – valuta anche il comfort (carichi interni, raffreddamento notturno ecc.), in particolare le temperature ambienti superiori a 26,5 °C per meno di 100 ore.

La verifica avviene sulla base dello strumento di verifica della protezione termica estiva (SoWS), disponibile gratuitamente sul sito web di Minergie. La «Guida all'uso degli standard di costruzione» offre una guida per lo strumento di verifica della protezione termica estiva SoWS. Il procedimento di verifica è adatto anche quale strumento di progettazione. La variante 3 della verifica presuppone una simulazione termica dell'edificio. Questa variante è necessaria se è previsto un raffrescamento attivo per mezzo di una macchina frigorifera, oltre che nei casi speciali.

Importanza dei fattori d'impatto

Le analisi aritmetiche sull'isolamento termico estivo di una mansarda con una quantità moderata di superfici finestrate hanno dimostrato che ai singoli fattori d'impatto possono essere assegnate importanze molto diverse. Condizionatamente ai buoni standard di isolamento termico degli odierni involucri edilizi e alla loro struttura a tenuta d'aria, devono essere prese delle misure per mantenere ridotti al minimo i carichi termici nel locale e per dissiparli miratamente di notte per mezzo delle misure di ventilazione. La *fig. 12* mostra i diversi fattori d'impatto e i loro effetti sulle temperature massime dell'aria ambiente.

Importanza dei diversi fattori d'impatto

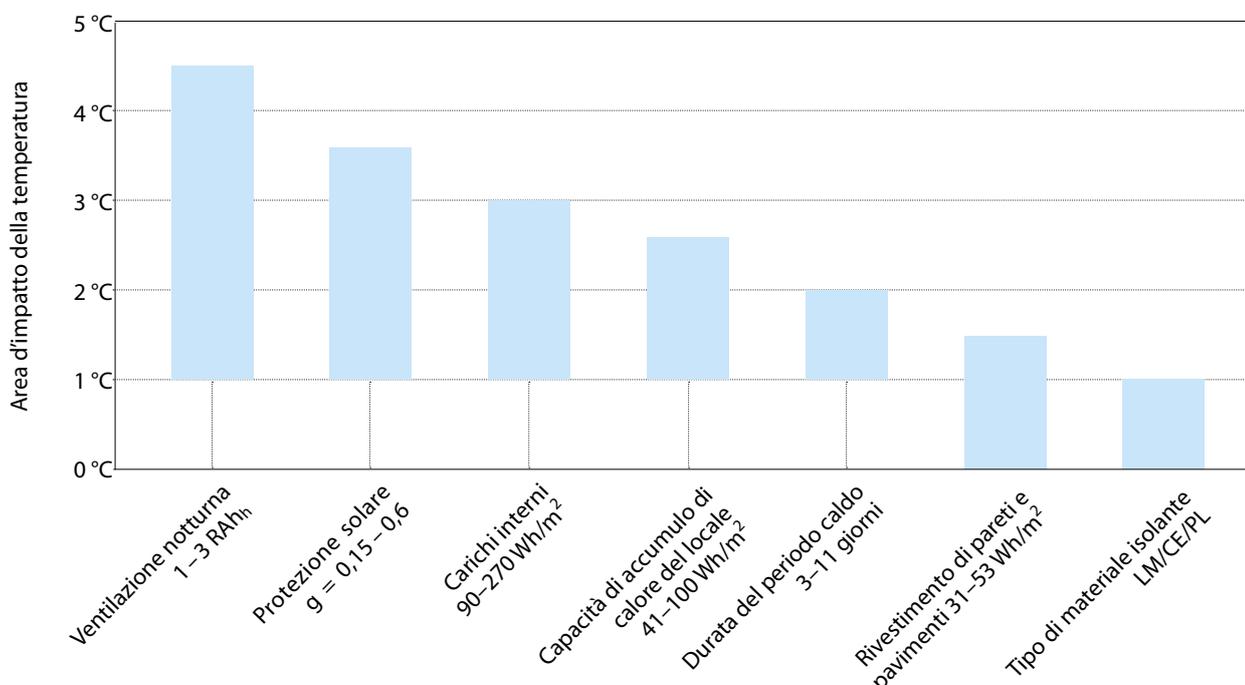


Fig. 12: importanza dei diversi fattori d'impatto. L'impatto del tipo di materiale isolante da 0 a max 1 °C è irrilevante.

LM = lana minerale

CE = cellulosa

PL = pannelli in fibra di legno

RA = numero di ricambi d'aria

g = valore g, verificare la denominazione esatta



CONSIDERAZIONE ESTESA DELL'IMPATTO POTENZIALE

7. Considerazione estesa dell'impatto potenziale

La valutazione di quindici altri calcoli di simulazione, riepilogata nella *fig. 14*, illustra inoltre come le variazioni delle percentuali di superfici finestrate e degli standard di isolamento influiscano sugli altri fattori d'impatto e quale sia la loro dipendenza reciproca.

La situazione di partenza è costituita dalla geometria della mansarda dello studio Empa; per i fattori d'impatto sono state

fatte delle ipotesi nelle quali, con una struttura comune, fosse possibile una valutazione consueta o «medie» (*fig. 14, colonna «medie»*). Per rappresentare l'impatto dei singoli fattori in dipendenza da tutti gli altri, sono stati scelti una volta i parametri «più favorevoli» e una volta quelli «meno favorevoli» (*fig. 9*). Per tutti gli altri fattori è stato mantenuto il valore di partenza. Le temperature ambiente massime così calcolate rappresentano la base per la valutazione dell'impatto potenziale.

Fattori d'impatto e ipotesi per i tre casi

Fattori d'impatto	Unità di misura	Ipotesi del caso		
		più favorevoli	medie	meno favorevoli
Dimensioni delle finestre (% della superficie netta del piano SNP)	%	10	20	30
Ombreggiatura (fattore di trasmissione energetica totale <i>g</i>)		0,12	0,30	0,60
Carichi termici interni	W/m ²	5	10	15
Ricambio d'aria notturno n_L , RA/h	RA/h	3	1,5	nessun RA
Standard isolante delle parti edilizie (trasmissione termica <i>U</i>)	W/(m ² K)	0,10	0,20	0,30
Capacità di accumulo di calore del locale	Wh/(m ² K)	65	52	31
Tipo di materiale isolante		Fibre di legno	Canapa	Lana minerale

Fig. 13: fattori d'impatto e ipotesi sono descritti nel dettaglio in allegato, fig. 14.

Ipotesi per le 15 simulazioni e per le temperature massime calcolate nel periodo caldo

Fattore d'impatto	Ipotesi del caso	Dimensioni delle finestre	Ombreggiatura	Carichi interni	Ricambio d'aria notturno	Standard di isolamento	Capacità di accumulo di calore del locale	Tipo di materiale isolante	Temp. ambiente massima
		% per SNP	g	W/(m ² K)	RA/h	W/(m ² K)	W/(m ² K)		°C
Ombreggiatura	più favorevoli	20	0,12	10	1,5	0,20	52	Canapa	29,5
	meno favorevoli		0,60						35,0
Capacità di accumulo di calore del locale	più favorevoli	20	0,30	10	1,5	0,20	65	Canapa	28,6
	meno favorevoli						31		32,3
Ricambio d'aria notturno: RA [1/h]	più favorevoli	20	0,30	10	3	0,20	52	Canapa	30,3
	meno favorevoli				nessun RA				33,7
Carichi interni	più favorevoli	20	0,30	5	1,5	0,20	52	Canapa	30,0
	meno favorevoli			15					32,8
Dimensione delle finestre	più favorevoli	10	0,30	10	1,5	0,20	52	Canapa	30,0
	meno favorevoli	30							32,5
Standard di isolamento: valore U	più favorevoli	20	0,30	10	1,5	0,10	52	Canapa	31,0
	meno favorevoli					0,30			32,0
Tipo di materiale isolante	più favorevoli	20	0,30	10	1,5	0,19–0,21	52	Fibre di legno	31,2
	meno favorevoli							Lana minerale	31,4

Fig. 14: la temperatura ambiente massima sulla base dei valori medi è pari a 31,3 °C (prima riga). Le altre temperature ambienti massime elencate mostrano l'effetto della variazione dei fattori d'impatto mentre le altre condizioni sono invariate.



CONSIDERAZIONE ESTESA DELL'IMPATTO POTENZIALE

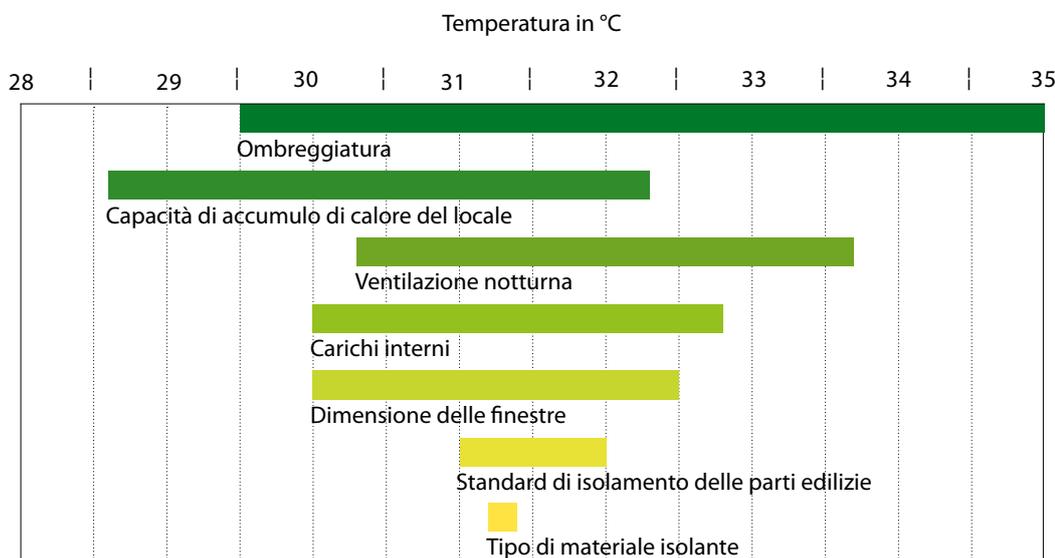


Fig. 14a: i singoli fattori e i loro impatti potenziali.

Impatto potenziale dei singoli fattori

Questo risulta dalle temperature massime calcolate nei periodi caldi nelle 15 simulazioni. Si trovano in questa gamma elevata perché per il clima esterno è stato presunto un periodo caldo con delle temperature massime fino a 35 °C. Questa situazione estrema mette particolarmente in luce l'importanza dei fattori d'impatto e permette pertanto di effettuare una valutazione precisa.

I diagrammi seguenti chiariscono e confermano l'alta importanza dell'ombreggiatura, della capacità di accumulo di calore della stanza, della ventilazione notturna, dei carichi termici interni e delle dimensioni delle finestre nel contesto dell'isolamento termico estivo. Inoltre, emerge molto chiaramente dove è utile intervenire per ottenere dei risultati. L'impatto del tipo di materiale isolante è irrilevante (vedi al riguardo anche le fig. 10a e 10b a pagina 8).

Gamme di temperatura ambiente massima/impatti potenziali dei singoli fattori

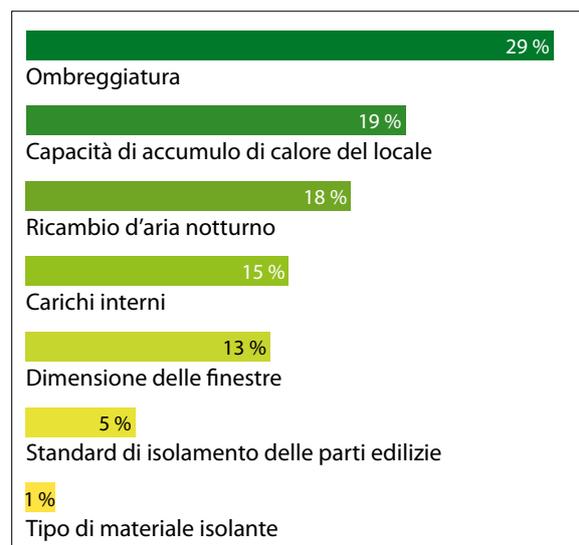


Fig. 14b: quota percentuale dei fattori sull'impatto potenziale.



COSTRUIRE RESPONSABILMENTE: CONCLUSIONI

Costruire responsabilmente. Vivere comodamente.

Le misure edili e un comportamento d'uso adeguato alla situazione permettono di godere nei locali di un piacevole calore d'inverno e di una gradevole frescura d'estate.

Quale rilevanza hanno i singoli fattori d'impatto?

Conclusioni

Lo studio Empa «Sommerlicher Wärmeschutz in Dachräumen – Analyse der Einflussfaktoren auf das Raumklima» (*Isolamento termico estivo per mansarde: analisi dei fattori d'impatto sul clima interno*), in combinazione con la considerazione estesa dell'impatto potenziale, ha fatto emergere dei risultati interessanti. I fondamenti di progettazione così derivati rendono possibile un'analisi del rischio rapida e semplice. Ecco un riepilogo delle conoscenze principali:

Clima

Alla luce del tendenziale riscaldamento del clima e dell'aumento marcato dei periodi caldi di più giorni, l'isolamento termico estivo in futuro acquisterà un'importanza sempre maggiore.

Comfort termico

La comodità termica dipende principalmente dai fattori seguenti: temperatura dell'aria ambiente, temperatura superficiale media delle superfici circostanti, velocità dell'aria, umidità, ma anche dalle persone stesse, dalle loro attività, dagli indumenti e dalle condizioni psicologiche.

Progettazione

Condizionatamente ai buoni standard di isolamento termico degli odierni involucri edilizi e alla loro struttura a tenuta d'aria, devono essere prese anche delle misure per mantenere i carichi termici nel locale ridotti al minimo e per dissiparli miratamente di notte per mezzo delle misure di ventilazione. Un'analisi del rischio consente di evitare brutte sorprese; i passi di progettazione «stimare i carichi, determinare la capacità di accumulo del locale e definire delle misure di ventilazione» consentono di effettuarla in modo semplice.



© Shutterstock



© Shutterstock



COSTRUIRE RESPONSABILMENTE: CONCLUSIONI

Utilizzatori dell'edificio

Oltre ai requisiti edili, anche il comportamento d'uso ha un ruolo importante. In un esercizio non automatizzato, questo significa usare intelligentemente i dispositivi di protezione solare durante il giorno e ventilare in modo mirato, soprattutto di notte. Al momento della scelta non va dimenticato l'impatto di apparecchi e illuminazioni efficienti, superfici delle parti edilizie come rivestimenti dei pavimenti, controsoffitti e rivestimenti acustici.

Protezione solare e ventilazione

Con il programma di simulazione degli edifici dinamico HELIOS è possibile variare e misurare tutti i parametri d'impatto principali. Emerge che, con una quota finestrata moderata, i fattori della protezione solare e della ventilazione notturna possono influenzare al meglio le temperature ambiente. Credo: «Ridurre al minimo i carichi termici d'estate e dissiparli di notte con delle misure di ventilazione.»

Clima interno gradevole grazie al raffreddamento libero

Nelle case con pompa di calore salamoia-acqua, questo è possibile in modo molto efficiente. L'impianto di sonde geotermiche viene usato quale fonte di freddo. Il fluido più fresco proveniente dal terreno attraverso il circuito di raffreddamento assorbe il calore nei locali e lo cede al terreno tramite uno scambiatore di calore e una sonda geotermica. A tale fine è necessaria solo una piccola pompa di circolazione, mentre la pompa di calore è fuori servizio. Pertanto, il raffredda-

mento libero aumenta il fabbisogno di elettricità solo molto modestamente.

Se la casa è dotata di un impianto fotovoltaico per la produzione di energia elettrica, soprattutto nei giorni di sole è disponibile una quantità di energia elettrica più che sufficiente per fare in modo che il piccolo fabbisogno della pompa di circolazione sia soddisfatto.

Soluzioni automatizzate (smart home)

Oggi è tecnicamente possibile controllare i due fattori d'impatto principali durante l'esercizio con delle soluzioni smart home intelligenti. I sensori misurano la temperatura ambiente e, se necessario, controllano l'abbassamento dell'ombreggiatura esterna. Di notte, le finestre vengono aperte automaticamente quando la temperatura esterna è inferiore alla temperatura interna. In questo modo, il clima ambiente viene controllato automaticamente, in modo che il riscaldamento sia ridotto al minimo. Queste misure dovrebbero essere previste già al momento della progettazione del nuovo edificio. Per gli edifici esistenti sono disponibili delle soluzioni che consentono l'installazione a posteriori di tali misure.

In inverno, le ombreggiature esterne non dovrebbero essere impiegate per la protezione antiabbagliamento. È più sensato usare una protezione antiabbagliamento interna. Questa supporta lo sfruttamento passivo dell'energia solare e aiuta a risparmiare l'energia del generatore di calore. Anche questo può essere regolato e comandato in modo intelligente. Semplicemente smart.



COSTRUIRE RESPONSABILMENTE: CONCLUSIONI

Proteggere le mansarde in modo ottimale dal calore estivo

A seconda dell'uso del locale sono possibili diverse soluzioni per la protezione dal calore. Gli appartamenti in mansarda hanno spesso la fama di essere particolarmente torridi d'estate. Tuttavia, con gli odierni tetti isolati e con la protezione dal calore giusta per i lucernari, non c'è motivo di preoccuparsi. Se si considerano i vantaggi delle diverse soluzioni, queste, oltre alla protezione efficace contro il calore estivo, possono contribuire anche all'oscuramento completo, alla protezione acustica supplementare e ad una maggiore qualità abitativa.

Con gli avvolgibili o con le tende per la protezione dal calore sono disponibili delle varianti per le diverse esigenze. Prima della decisione a favore di una soluzione, è utile valutare esattamente quali obiettivi si vogliono raggiungere: oltre alla protezione contro il calore, ad esempio, si desidera anche l'oscuramento o la protezione acustica?

Gli avvolgibili: migliorare il confort del sonno

Gli avvolgibili, oltre a essere efficacissimi contro il calore, oscurano completamente il locale anche in pieno giorno e proteggono dal rumore. Questo li rende la soluzione perfetta per la camera da letto. Gli avvolgibili elettrici o solari creano inoltre un notevole aumento del comfort, dato che la protezione contro il calore e l'oscurità possono essere ottenute premendo un pulsante. I residenti possono definire un'ora alla quale gli avvolgibili si aprono tramite il telecomando o un'app. In questo modo possono anche lasciarsi svegliare dai primi raggi del sole e sostenere il ritmo del sonno naturale. Tuttavia, gli abitanti delle mansarde non approfittano di questa soluzione versatile solo in estate: in presenza di temperature esterne fredde, gli avvolgibili aiutano a risparmiare energia, in quanto migliorano l'isolamento termico dei lucernari.



Tende per la protezione dal calore con oscuramento

Oltre agli avvolgibili, una tenda con tessuto oscurante rappresenta un'alternativa interessante, soprattutto nei mesi estivi caldi e luminosi. Il tessuto resistente agli agenti atmosferici e a tenuta di luce è posizionato discretamente all'esterno del vetro e respinge i raggi solari carichi di energia. Con la protezione dal calore e l'oscuramento dei locali, le tende per la protezione dal calore e l'oscuramento svolgono due funzioni molto importanti.



COSTRUIRE RESPONSABILMENTE: CONCLUSIONI

Misura	Fattore d'impatto	Rilevanza	Impatto potenziale		Principi per la progettazione e l'esercizio
			Progettisti	Residenti/ utilizzatori	
Minimizzazione dell'apporto di calore solare	Quota vetrata	✓	✓		Mantenere una quota vetrata ridotta, non superiore alle esigenze del locale.
	Orientamento delle finestre	✓	✓		Le superfici finestrate orizzontali, esposte a sud, est e ovest (in quest'ordine) hanno un impatto cruciale sulla temperatura ambiente in estate.
	Protezione solare	✓	✓	✓	Ombreggiatura esterna, valori g bassi (fattore di trasmissione energetica totale) per la vetrata/protezione solare. Uso corretto dei dispositivi di protezione solare.
	Standard di isolamento delle parti edilizie	✓	✓		Sono preferibili coefficienti di trasmittanza termica U e U_{24} - bassi.
Massimizzazione della capacità di accumulo del locale	Parti edilizie	✓	✓		Le parti edilizie massicce autonome all'interno e il sottofondo in calcestruzzo hanno un impatto positivo sulla capacità di accumulo del locale.
	Superfici delle parti edilizie	✓	✓		I materiali di rivestimento con alte capacità di accumulo del calore come i pannelli in cartongesso hanno un impatto positivo.
	Installazioni/rivestimenti	✓	✓	✓	Controsoffitti, moquette e misure acustiche riducono la capacità di accumulo del calore.
Massimizzazione del raffreddamento notturno	Tipo di ventilazione	✓	✓	✓	La ventilazione trasversale tramite l'apertura di finestre e lucernari è la più efficiente.
	Geometria della finestra	✓	✓		A parità di superficie finestrata, un'anta alta è più efficace di un'anta larga.
Minimizzazione dei carichi termici interni	Numero di persone	✓	✓		Minore è il numero di persone nel locale, minori e più favorevoli sono i carichi interni.
	Apparecchi tecnici	✓	✓	✓	Apparecchi e illuminazione efficienti mantengono basso il carico termico interno.

Legenda: ✓ medio ✓ alto ✓ molto alto



6. Allegato

Requisiti del valore g delle finestre

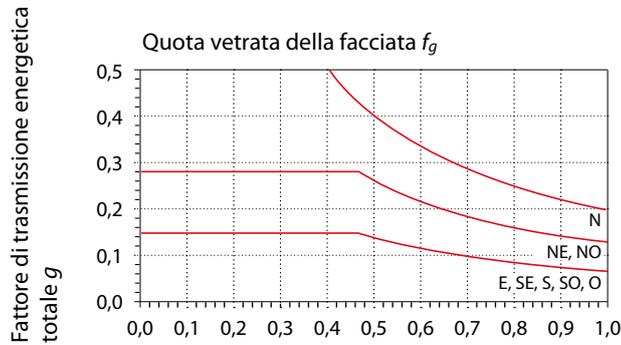


Fig. 16: requisiti a norma SIA 382/1 del valore g delle finestre sulle facciate (vetratura e protezione solare) in dipendenza della percentuale vetrata e dell'orientamento.



Fig. 17: requisiti a norma SIA 382/1 del valore g dei lucernari (vetratura e protezione solare) in dipendenza della quota vetrata.

Caratteristiche delle tipiche vetrature con protezione solare

Vetrata	Protezione solare	Colore	Grado di trasmissione solare della protezione solare $\tau_{e,B}$	Grado di trasmissione della luce τ_V	Fattore di trasmissione energetica totale g
Doppio vetro normale	esterna	pastello	0,1	0,09	0,13
Doppio vetro normale	interna	chiaro	0,1	0,09	0,37
Doppio vetro termoisolante	esterna	pastello	0,1	0,08	0,09
Doppio vetro termoisolante	interna	chiaro	0,2	0,16	0,40
Triplo vetro normale	esterna	pastello	0,1	0,08	0,11
Triplo vetro normale	interna	chiaro	0,1	0,09	0,37
Triplo vetro termoisolante	esterna	pastello	0,1	0,07	0,07
Triplo vetro termoisolante	interna	pastello	0,2	0,15	0,40
Triplo vetro termoisolante	interna	chiaro	0,2	0,15	0,36

Fig. 18: vetrature e protezione solare hanno un impatto notevole sui carichi termici solari.

Percentuali di ricambio d'aria in dipendenza del tipo di ventilazione delle finestre

Finestra aperta a ribalta, avvolgibili

0,3–1,5 ricambi d'aria/ora



Finestra completamente aperta

9–15 ricambi d'aria/ora



Finestra aperta a ribalta, nessun avvolgibile

0,8–4,0 ricambi d'aria/ora



2 finestre contrapposte

ca. 40 ricambi d'aria/ora



Finestra semiaperta

5,0–10,0 ricambi d'aria/ora



Abb. 19: varianti di ventilazione della finestra e loro efficienza, misurata in base al numero di ricambi d'aria all'ora.



ALLEGATO

Descrizione delle ipotesi effettuate per la considerazione estesa (da pagina 12)

Ipotesi	Descrizione
Dimensione delle finestre	
Superficie finestrata del 10 % della SNP	Lucernario 2 m ²
Superficie finestrata del 20 % della SNP	Lucernario 2 m ² + porta finestra sul balcone 2 m ² sulla parete esterna orientale
Superficie finestrata del 30 % della SNP	Lucernario 2 m ² + porta finestra sul balcone 4 m ² sulla parete esterna orientale
Ombreggiatura	
$g = 0,12$	Vetrata termoisolante 2 IV + avvolgibili lamellari esterni
$g = 0,30$	Vetrata termoisolante 2 IV + tende da sole esterne
$g = 0,60$	Vetrata termoisolante 2 IV senza ombreggiatura
Carichi termici interni	
$q_i = 5 \text{ W/m}^2$	Uso normale (1 persona, piccola TV/radio, illuminazione moderata)
$q_i = 10 \text{ W/m}^2$	Uso medio (1 persona, grande TV/radio, scrivania, portatile, illuminazione convenzionale)
$q_i = 15 \text{ W/m}^2$	Uso intenso (2 persone, grande TV/radio, posto di lavoro con PC e schermo, illuminazione alogena)
Ventilazione notturna	
3 ricambi d'aria/h	$n_{L,N} = 3 \text{ RA/h}$
1,5 ricambi d'aria/h	$n_{L,N} = 1,5 \text{ RA/h}$
Nessun ricambio d'aria	$n_{L,N} = 0 \text{ RA/h}$
Standard di isolamento delle parti edilizie	
Trasmittanza termica $U = 0,30 \text{ W/(m}^2\text{K)}$	Requisito minimo verifica parte edilizia singola a norma SIA 380/1:2016 «Energia termica nell'edilizia»
Trasmittanza termica $U = 0,20 \text{ W/(m}^2\text{K)}$	Requisito minimo verifica parte edilizia singola a norma SIA 380/1:2016 «Energia termica nell'edilizia»
Trasmittanza termica $U = 0,10 \text{ W/(m}^2\text{K)}$	Requisiti nell'ambito dello standard Minergie-P o casa passiva
Capacità di accumulo di calore del locale	
$C_R/A_{SNP} = 65 \text{ Wh/(m}^2\text{K)}$	Pareti interne ed esterne in muratura, parete esterna con isolamento esterno; soffitto e tetto a falde con costruzione in legno, tetto a falde con fibra di gesso 2 x 12,5 mm, pavimento in ceramica
$C_R/A_{SNP} = 52 \text{ Wh/(m}^2\text{K)}$	Pareti interne ed esterne, soffitto e tetto a falde con costruzione in legno; rivestimento interno con fibra di gesso 2 x 12,5 mm, pavimento in ceramica
$C_R/A_{SNP} = 31 \text{ Wh/(m}^2\text{K)}$	Pareti interne ed esterne, soffitto e tetto a falde con costruzione in legno; pareti con fibra di gesso 1 x 12,5 mm, tetto a falde: pannellatura, rivestimento del pavimento con moquette
Tipo di isolamento nelle costruzioni in legno	
Fibre di legno	Conducibilità termica $\lambda_D = 0,043 \text{ W/(m K)}$; capacità di accumulo di calore specifica $c = 1400 \text{ J/(kgK)}$; densità apparente $\rho_a = 150 \text{ kg/m}^3$
Canapa	Conducibilità termica $\lambda_D = 0,040 \text{ W/(m K)}$; capacità di accumulo di calore specifica $c = 1400 \text{ J/(kgK)}$; densità apparente $\rho_a = 40 \text{ kg/m}^3$
Lana minerale	Conducibilità termica $\lambda_D = 0,035 \text{ W/(m K)}$; capacità di accumulo di calore specifica $c = 1030 \text{ J/(kgK)}$; densità apparente $\rho_a = 20 \text{ kg/m}^3$

Fig. 20



COLOPHON

Colophon

Responsabile di progetto del gruppo di lavoro

Urs Hanselmann, Uzwil, responsabile di progetto Tecnica
Involucro edilizio Svizzera

Gruppo di lavoro della commissione tecnica per l'energia solare

Heim Manuel, Eschlikon (TG)
Nussbaumer Reto, Pfäffikon (SZ)
Bühler Urs, Hünenberg See (ZG)

Grafica

Staub Nicole, Uzwil, Involucro edilizio Svizzera

Editore

INVOLUCRO EDILIZIO SVIZZERA
Associazione aziende svizzere involucro edilizio
Commissione tecnica per l'energia | solare
Lindenstrasse 4
9240 Uzwil
T 071 955 70 30
F 071 955 70 40
info@involucro-edilizio.swiss
involucro-edilizio.swiss

