

## 1.3 Verifica dell'isolamento termico

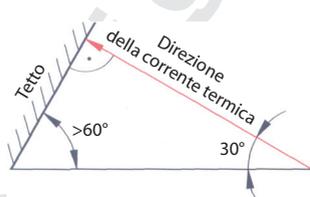
### 1.3.1 Verifica dell'isolamento termico

Il FEP (Fabbisogno di Energia Primaria) è l'indice che misura i consumi energetici di un edificio per la climatizzazione invernale (Epi o EPH), la climatizzazione estiva (Epe), la produzione di acqua calda sanitaria e l'illuminazione. Riguardo i singoli componenti costruttivi, è opportuno che i valori di resistenza alla conducibilità termica  $R$  non siano inferiori a quanto richiesto.

**Tabella 1: valori della convezione termica e della resistenza alla convezione termica**

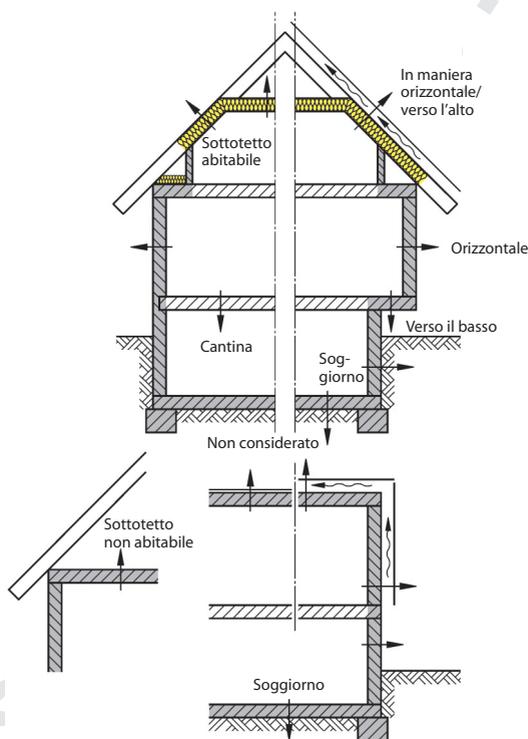
	Valori della convezione termica		Valori della resistenza alla convezione termica	
	W/m <sup>2</sup> K	W/m <sup>2</sup> K	m <sup>2</sup> K/W	m <sup>2</sup> K/W
<b>Nell'isolamento termico</b>				
Direzione della corrente termica				
Verso l'alto	10	23	0,10	0,043
Verso il basso	6	23	0,167	0,043
Orizzontale	8	23	0,125	0,043
Ventilazione sul lato posteriore	8	12	0,125	0,083
<b>Nella protezione dall'umidità</b>				
Normale	6	23	0,167	0,043
Con un mobilio addossato alle pareti	5	23	0,20	0,043
<b>Per evitare la muffa</b>				
In locali riscaldati	4	23	0,25	0,043
In locali non riscaldati	6	23	0,167	0,043

- Per il contatto con sostanze solide terreno  $h_e = \infty$  e/o  $R_{se} = 0$
- I valori sotto la voce "orizzontale" valgono per le direzioni della corrente termica da  $\pm 30^\circ$  a orizzontale. Ossia con un'inclinazione dell'elemento costruttivo di  $\alpha \geq 60$



**Tabella 3: condizioni di temperatura limite per il calcolo dei ponti termici.**

Elemento costruttivo nei diversi ambienti	Temperatura °C
Cantina	10
Pianterreno	10
Zone di transito non riscaldate	10
Sottotetti non riscaldati	-5



**Figura 1: direzione della corrente termica.**

**Tabella 2: isolamento termico delle condutture e delle apparecchiature di distribuzione del riscaldamento, dell'acqua e della rubinetteria calda**

Ri-ghe	Tipi di condutture e di rubinetteria	Spessore minimo dello strato isolante <sup>(1)</sup>
1	Diametro interno $d \leq 22$ mm	20 mm
2	Diametro interno $22 \text{ mm} < d \leq 35$ mm	30 mm
3	Diametro interno $35 \text{ mm} < d \leq 100$ mm	Come il diametro interno
4	Diametro interno $d > 100$ mm	100 mm
5	Condutture e apparecchiature come per le righe da 1 a 4 <ul style="list-style-type: none"> <li>• nei passanti di pareti e soffitti</li> <li>• nei punti d'incrocio tra le condutture nelle giunture tra le condutture nei punti di distribuzione della rete di condutture</li> </ul>	La metà dei valori richiesti nelle righe 1-4
6	Condutture di riscaldamenti centrali, come per le righe da 1 a 4, che sono state posate in elementi costruttivi tra locali di diversi utenti dopo l'entrata in vigore della norma ENV 2002	
7	Condutture nel pavimento (riscaldamento a pannelli)	6 mm

<sup>(1)</sup> riferito alla classe di conducibilità termica 035.

<b>Tabella 1: valori minimi consigliati di resistenza alla conducibilità termica</b>				
Riga	Elemento costruttivo			Resistenza alla conducibilità termica R in m <sup>2</sup> K/W
		Righe		
1	Pareti esterne, pareti di locali di soggiorno vicini a soffitte, corridoi e passaggi esterni, garage, suolo.			1,2
2	Pareti tra locali di utenti diversi, pareti divisorie tra appartamenti			0,07
3	Pareti delle trombe delle scale	3.1	Per trombe delle scale con temperature molto basse ( $\Theta \leq 10\text{ }^\circ\text{C}$ )	0,25
		3.2	Per trombe delle scale con temperature $\Theta > 10\text{ }^\circ\text{C}$ come in palazzi della pubblica amministrazione, aziende commerciali, scuole, alberghi, ristoranti ed edifici abitativi	0,07
4	Solai di appartamenti e di locali di lavoro; solai sotto mansarde costruite tra le pendenze coibentate del tetto e il lato interno delle pareti	4.1	In generale	0,35
		4.2	In fabbricati adibiti a uffici con riscaldamento centrale	0,17
5	Pavimenti di locali di sosta nella parte inferiore di un edificio non dotato di cantine	5.1	Immediatamente attigui al terreno fino a una profondità di 5,0 m	0,90
		5.2	Confinanti con il terreno attraverso uno spazio vuoto non aerato	0,90
6	Solai di sottotetti rustici; solai sotto locali a mezza altezza d'uomo o anche più bassi; solai di sottotetti aerati costruiti tra le pendenze del tetto e il lato interno delle pareti, pendenze del tetto dotate di isolamento termico			0,90
7	Soffitti delle cantine; soffitti di corridoi chiusi e non riscaldati ecc.			0,90
8	Solette e tetti che proteggono locali di sosta contro l'aria esterna	8.1	Verso il basso sopra garage (anche riscaldati), passaggi e cantine basse aeree	1,75
		8.2	Verso l'alto: tetti, soffitti, solette sotto terrazze, tetti rovesci	1,2

I valori minimi di questa tabella valgono per tutti gli elementi costruttivi con una massa ricoperta da superfici di almeno 100 kg/m<sup>2</sup> e una temperatura ambiente di almeno 19 °C. I valori minimi valgono anche per i punti più svantaggiosi.

## Requisiti richiesti ai singoli componenti costruttivi (tab. 1, pag 15)

### Pareti

Un isolamento termico minimo dovrebbe essere presente ovunque. Questo vale soprattutto per le rientranze sotto le finestre, i davanzali e gli architravi delle finestre, mentre nell'ambito delle pareti vale per l'esterno delle rientranze dei termosifoni e dei canali delle tubature, in particolare quando in questi canali vengono poste eccezionalmente condutture di acqua calda. Nelle pareti esterne a due strati con intercapedine può essere considerato anche l'isolamento dell'intercapedine e dello strato esterno, se questo è spesso almeno 90 mm. Questo vale anche per le costruzioni in legno con muratura esterna e intercapedine. Se lo strato in muratura è spesso meno di 90 mm, vale solo come rivestimento esterno o muro di facciata e non deve essere considerato nel calcolo dell'isolamento, come pure non deve essere considerata, in questo caso, l'intercapedine.

### Elementi costruttivi leggeri

Per le pareti esterne, i soffitti sotto solai rustici e i tetti con una massa complessiva ricoperta da superfici inferiore a 100 kg/m<sup>2</sup> viene richiesto un isolamento termico più elevato. Nella struttura a telai questo vale soltanto per l'intelaiatura esterna, mentre nel complesso dell'elemento costruttivo deve essere mantenuto il valore medio corrispondente.

### Finestre, porte finestra e porte

Le finestre e le porte esterne di locali riscaldati devono essere realizzate almeno con doppi vetri o vetri isolanti. Se la parte di superficie costituita da elementi costruttivi non trasparenti supera il 50% dell'intera superficie, devono essere rispettati i valori riportati nella tabella. Se la percentuale è inferiore al 50%, la resistenza alla conducibilità termica deve essere  $R \geq 1,0 \text{ m}^2\text{K/W}$ .

### Riscaldamenti a pannelli radianti

Nei riscaldamenti a pannelli valgono per il calcolo dell'isolamento termico solo gli strati sotto l'impiantito.

### Tetto

Se i solai dei sottotetti rispettano i valori indicati nella riga 6 della tabella e se anche gli elementi costruttivi leggeri soddisfano le superiori esigenze di resistenza alla conducibilità termica, non è necessario che il tetto sia dotato di isolamento termico.

### Pareti laterali

Nelle mansarde con pareti verso l'interno l'isolamento termico deve interessare tutta la pendenza del tetto.

### Verande in vetro

Gli elementi costruttivi che delimitano le verande in vetro (serre, giardini d'inverno) devono soddisfare le esigenze di isolamento, come pure le pareti e i soffitti divisori vicino a corridoi non riscaldati, trombe delle scale e uscite verso le cantine.

### Cassoni delle tapparelle

Per il coperchio del cassone delle tapparelle bisogna mantenere un valore  $R \geq 0,55 \text{ m}^2\text{K/W}$  per l'intero cassone della tapparella  $R \geq 1,0 \text{ m}^2\text{K/W}$ .

Edifici con basse temperature interne:

per questi valgono i valori secondo la tabella a eccezione della riga 1, dove vale  $R \geq 0,55 \text{ m}^2\text{K/W}$ .

## 1.3.2 Valore medio $U$ /valore medio $R$

Spesso un elemento costruttivo è composto da più parti con differenti coefficienti di trasmissione termica. Parete: parete dritta – rientranza – pendenza

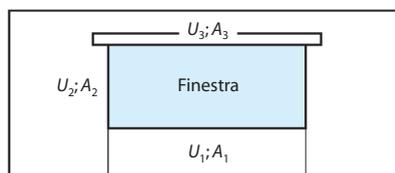


Figura 1: valore medio  $U$ /valore medio  $R$ .

Il valore medio  $U$  di tali elementi costruttivi si calcola: Per calcolare il valore  $U$  di soffitti a travi nelle zone piane possono essere considerate soltanto le larghezze delle travi perché le lunghezze sono uguali.

$$U_m = \frac{U_1 \cdot A_1 + U_2 \cdot A_2 + U_3 \cdot A_3 + \dots + U_n \cdot A_n}{\text{tot. } A}$$

$$R_m = \frac{\text{tot. } A}{\frac{A_1}{R_1} + \frac{A_2}{R_2} + \dots + \frac{A_n}{R_n}}$$

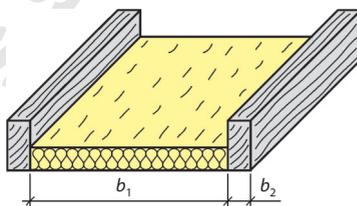


Figura 2: valore medio  $U$ /valore medio  $R$ .

Il valore medio  $U$  si calcola come segue:

$$U_m = \frac{U_1 \cdot b_1 + U_2 \cdot b_2}{b_1 + b_2} \quad R_m = \frac{b_1 + b_2}{\frac{b_1}{R_1} + \frac{b_2}{R_2}}$$

Nelle costruzioni di supporti con tamponamenti, i rapporti delle superfici di supporti e tamponamenti vengono espressi spesso in percentuale.

Il valore medio  $U$  si calcola come segue:

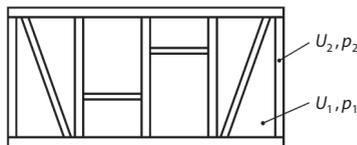


Figura 3: valore medio  $U$ /valore medio  $R$ .

$$U_m = \frac{U_1 \cdot p_1 + U_2 \cdot p_2}{100\%} \quad R_m = \frac{100\%}{\frac{p_1}{R_1} + \frac{p_2}{R_2}}$$

### 1.3.3 Fattore di trasmissione d'energia totale $g$

Finestre e porte finestra sono elementi costruttivi trasparenti, cioè che permettono alla luce di attraversarli. Poiché lasciano passare la luce, il calore, soprattutto in forma di irraggiamento termico, penetra attraverso questi elementi.

La conducibilità d'energia delle vetrazioni viene espressa con il fattore di trasmissione di energia  $g$ . Per esempio, un fattore di trasmissione d'energia di 0,7 significa che 70% dell'energia termica che raggiunge la finestra passa attraverso il vetro.

Le vetrazioni ottimali hanno un valore  $U_g$  di  $0,7 \text{ W/m}^2\text{K}$  e un valore  $g$  di 0,6. Lo spazio fra i vetri è riempito con un gas nobile, argo o cripto. Il materiale di rivestimento dipende dalla funzione di isolamento del vetro termico o solare.

**in estate:** dall'esterno all'interno per evitare un surriscaldamento dell'aria dell'ambiente;

**in inverno:** dall'interno all'esterno per evitare eccessive perdite di calore.

Questo viene ottenuto:

**in estate:**

- mediante elementi di protezione dal calore come marquise, gelosie, tettoie;
- con isolamento del vetro esterno dalla parte dell'intercapedine;

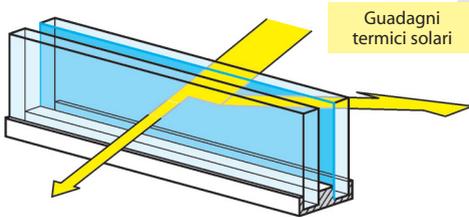


Figura 1: isolamento esterno.

**in inverno:**

- con isolamento del vetro interno dalla parte dell'intercapedine.

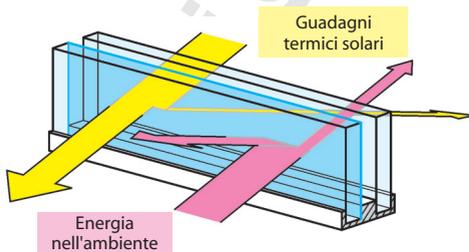


Figura 2: isolamento interno.

Mediante l'isolamento, una gran parte dell'energia termica che penetra nell'ambiente viene rimandata, ossia riflessa, nello stesso ambiente e rimane nell'aria.

Tabella 1: fattore di trasmissione di energia totale  $g$  di vetrazioni

Righe	Vetrazioni		$g$
1	1.1	Doppia vetratura di vetro chiaro	0,8
	1.2	Tripla vetratura di vetro chiaro	0,7
2	Elementi costruttivi in vetro		0,6
3	Vetratura a più strati con vetri speciali (vetri d'isolamento termico, vetri d'isolamento solare) <sup>(1)</sup>		da 0,2 fino a 0,8

<sup>(1)</sup> I fattori di trasmissione di energia totale  $g$  di vetri speciali, a motivo di colorazioni, rivestimenti e trattamenti superficiali, possono essere molto diversi. Il vetro viene isolato esternamente, quando si vuole ottenere una protezione dall'eccessivo irraggiamento solare, e internamente, quando si vuole far penetrare l'energia solare nell'ambiente e l'energia di irraggiamento termico restituita dall'ambiente deve essere riflessa nell'ambiente medesimo.

Tabella 2: fattori di riduzione  $F_C$  di elementi di protezione solare installati in modo fisso<sup>(1)</sup>

Righe	Natura della protezione solare	Fattore di riduzione $F_C$
1	Assenza di elementi protettivi	1,0
2	Protezione tra i vetri	
	2.1 Superfici bianche o riflettenti a bassa trasparenza <sup>(3)</sup>	0,75
	2.2 Superfici chiare a bassa trasparenza <sup>(3)</sup>	0,80
	2.3 Superfici scure a più elevata trasparenza <sup>(3)</sup>	0,90
3	Protezione esterna	
	3.1 Gelosie e materiali a bassa trasparenza <sup>(3)</sup>	0,25
	3.2 Gelosie e materiali a più elevata trasparenza <sup>(3)</sup>	0,40
4	Tettoie, loggiati	0,50
5	Marquise in generale <sup>(4)</sup>	0,50

<sup>(1)</sup> L'elemento di protezione solare deve essere installato in modo fisso. Tende decorative non valgono come protezione solare.

<sup>(2)</sup> Secondo la struttura dell'elemento protettivo, si raccomanda di accertarne l'efficacia in modo preciso, in quanto potrebbero realizzarsi valori più vantaggiosi. Senza una dimostrazione esatta occorre prendere in considerazione il valore meno vantaggioso.

<sup>(3)</sup> È considerata bassa una trasparenza dell'elemento di protezione solare sotto il 10%, mentre è considerata elevata una trasparenza sotto il 30%.

<sup>(4)</sup> Deve essere assicurato approssimativamente che non ci sia una diretta insolazione delle finestre. Se questo avviene, vale: nell'orientamento a est e a ovest  $\beta \geq 85^\circ$ ;  $\gamma \geq 115^\circ$ , nell'orientamento a sud  $\beta \geq 50^\circ$ .

**Tabella 1: valori nominali dei coefficienti di trasmissione termica di finestre e porte finestra  $U_w$  dipendenti dal valore nominale dei coefficienti di trasmissione termica per i vetri  $U_g$  e dal valore di misurazione del coefficiente di trasmissione termica dei telai  $U_f$**

$U_{f,BW}$		$\frac{W}{(m^2 \cdot K)}$										
$\frac{W}{(m^2 \cdot K)}$		0,8	1,0	1,2	1,4	1,8	2,2	2,6	3,0	3,4	3,8	7,0
Tipo di vetro	$U_g$	$U_w$										
	$\frac{W}{(m^2 \cdot K)}$	$\frac{W}{(m^2 \cdot K)}$										
Doppio vetro	2,4	2,1	2,1	2,2	2,2	2,4	2,5	2,7	2,8	2,9	3,0	3,8
	2,3	2,0	2,1	2,1	2,2	2,3	2,4	2,6	2,7	2,8	2,9	3,8
	2,2	1,9	2,0	2,0	2,1	2,2	2,3	2,5	2,6	2,8	2,9	3,7
	2,1	1,9	1,9	2,0	2,0	2,2	2,3	2,4	2,5	2,7	2,8	3,6
	2,0	1,8	1,8	1,9	2,0	2,1	2,2	2,4	2,5	2,6	2,7	3,6
	1,9	1,7	1,8	1,8	1,9	2,0	2,1	2,3	2,4	2,5	2,7	3,5
	1,8	1,6	1,7	1,8	1,8	1,9	2,1	2,2	2,4	2,5	2,6	3,4
	1,7	1,6	1,6	1,7	1,8	1,9	2,0	2,2	2,3	2,4	2,5	3,3
	1,6	1,5	1,6	1,6	1,7	1,8	1,9	2,1	2,2	2,3	2,5	3,3
	1,5	1,4	1,5	1,6	1,6	1,7	1,9	2,0	2,1	2,3	2,4	3,2
	1,4	1,4	1,4	1,5	1,5	1,7	1,8	2,0	2,1	2,2	2,3	3,1
	1,3	1,3	1,4	1,4	1,5	1,6	1,7	1,9	2,0	2,1	2,2	3,1
	1,2	1,2	1,3	1,3	1,4	1,5	1,7	1,8	1,9	2,1	2,2	3,0
	1,1	1,2	1,2	1,3	1,3	1,5	1,6	1,7	1,9	2,0	2,1	2,9
1,0	1,1	1,1	1,2	1,3	1,4	1,5	1,7	1,8	1,9	2,0	2,9	
Triplo vetro	2,3	1,9	2,0	2,1	2,1	2,2	2,4	2,5	2,7	2,8	2,9	3,7
	2,2	1,9	1,9	2,0	2,1	2,2	2,3	2,5	2,6	2,7	2,8	3,6
	2,1	1,8	1,9	1,9	2,0	2,1	2,2	2,4	2,5	2,6	2,8	3,6
	2,0	1,7	1,8	1,9	1,9	2,0	2,2	2,3	2,5	2,6	2,7	3,5
	1,9	1,7	1,7	1,8	1,8	2,0	2,1	2,3	2,4	2,5	2,6	3,4
	1,8	1,6	1,7	1,8	1,8	1,9	2,1	2,2	2,4	2,5	2,6	3,4
	1,7	1,6	1,6	1,7	1,7	1,8	1,9	2,1	2,2	2,4	2,5	3,3
	1,6	1,5	1,6	1,6	1,7	1,8	1,9	2,1	2,2	2,3	2,5	3,3
	1,5	1,4	1,5	1,6	1,6	1,7	1,9	2,0	2,1	2,3	2,4	3,2
	1,4	1,4	1,4	1,5	1,5	1,7	1,8	2,0	2,1	2,2	2,3	3,1
	1,3	1,3	1,4	1,4	1,5	1,6	1,7	1,9	2,0	2,1	2,2	3,1
	1,2	1,2	1,3	1,3	1,4	1,5	1,7	1,8	1,9	2,1	2,2	3,0
	1,1	1,2	1,2	1,3	1,3	1,5	1,6	1,7	1,9	2,0	2,1	2,9
	1,0	1,1	1,1	1,2	1,3	1,4	1,5	1,7	1,8	1,9	2,0	2,9
	0,9	1,0	1,1	1,1	1,2	1,3	1,4	1,6	1,7	1,8	2,0	2,8
	0,8	0,9	1,0	1,1	1,1	1,3	1,4	1,5	1,7	1,8	1,9	2,7
0,7	0,9	0,9	1,0	1,1	1,2	1,3	1,5	1,6	1,7	1,8	2,6	
0,6	0,8	0,9	0,9	1,0	1,1	1,2	1,4	1,5	1,6	1,8	2,6	
0,5	0,7	0,8	0,9	0,9	1,0	1,2	1,3	1,4	1,6	1,7	2,5	

g = vetro (glass in iglese)  
f = spazio (frame in iglese)

## 1.4 Verifica secondo il regolamento per il risparmio energetico

### 1.4.1 Il regolamento per il risparmio energetico

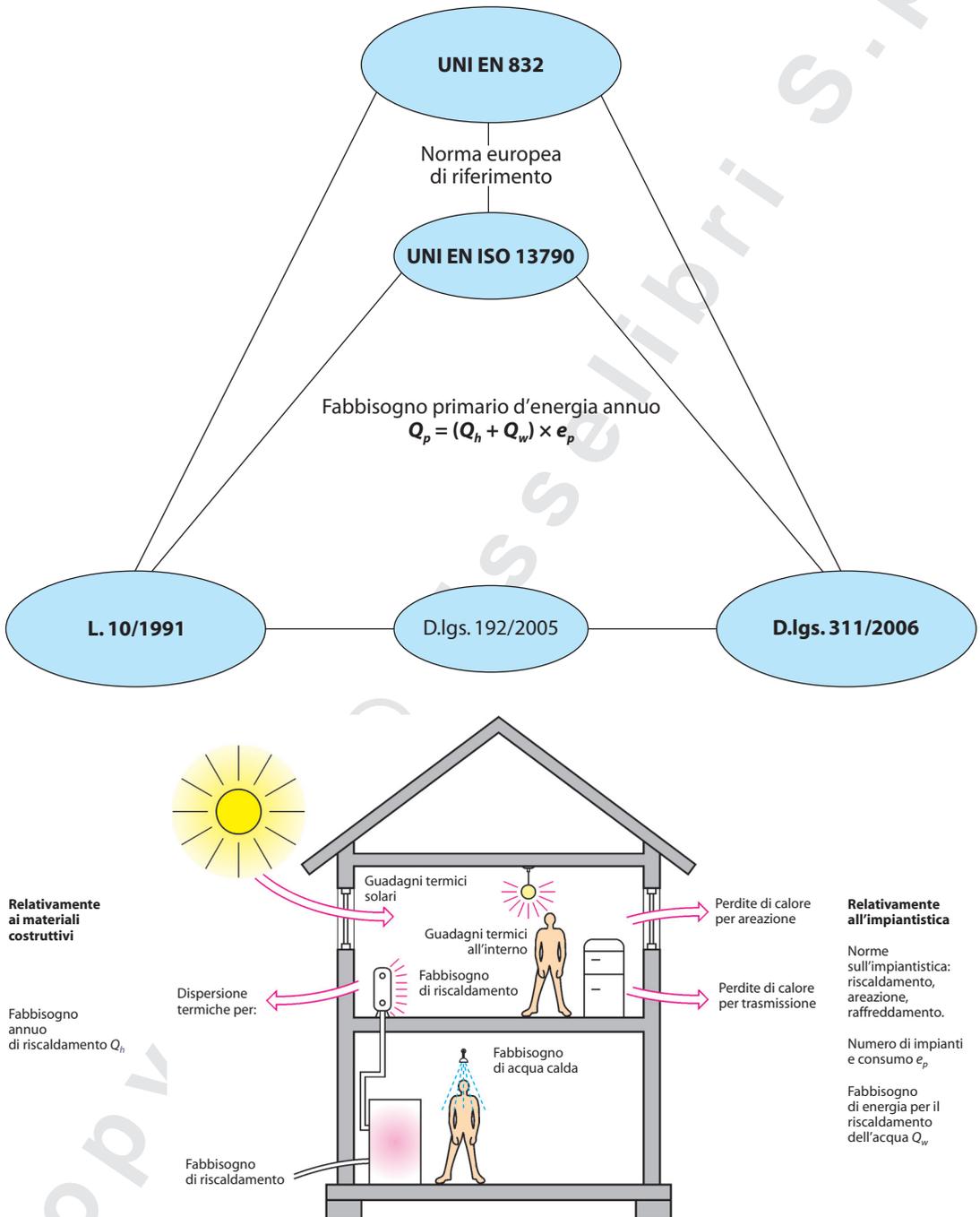
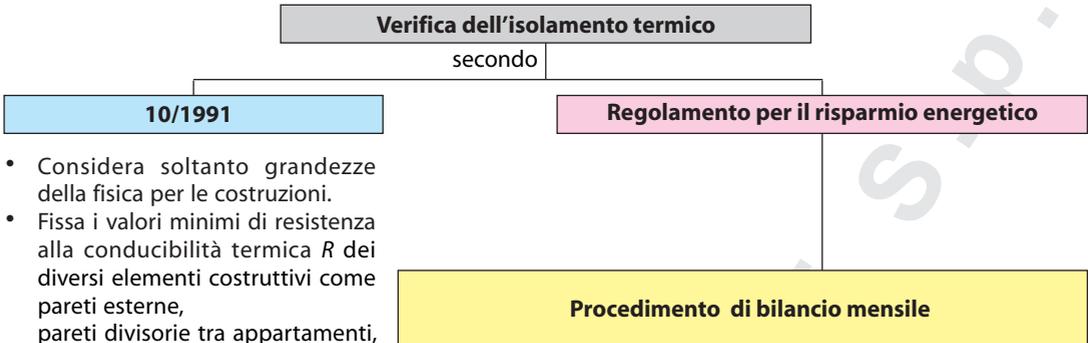


Figura 1: perdite e guadagni termici.

Sia sul lato costruttivo che su quello impiantistico vengono offerti procedimenti dettagliati e semplificati, che possono anche venire combinati tra loro.

### 1.4.2 Procedimenti di verifica



- Considera soltanto grandezze della fisica per le costruzioni.
- Fissa i valori minimi di resistenza alla conducibilità termica  $R$  dei diversi elementi costruttivi come pareti esterne, pareti divisorie tra appartamenti, pareti di trombe delle scale, soffitti di appartamenti, plinti di fondazione, solette di cantine, solette che riparano locali di soggiorno dall'aria esterna.
- Richiede che, per le nicchie, i davanzali delle finestre, le tapparelle, la resistenza alla conducibilità termica corrisponda al valore minimo richiesto dalla norma. Sarebbe preferibile se per questi elementi costruttivi fossero mantenuti almeno gli stessi valori che si hanno nelle altre parti della parete.
- Richiede che gli elementi divisorii tra gli edifici e le verande in vetro ottemperino alle esigenze di isolamento termico.
- Fissa i valori minimi di resistenza alla conducibilità termica di elementi costruttivi leggeri con una massa ricoperta da superfici inferiore a  $100 \text{ kg/m}^2$ .
- Fa riconoscere i punti deboli della fisica delle costruzioni.
- Protegge i materiali da costruzione e gli elementi costruttivi da eccessive tensioni termiche (= tensioni in seguito a variazioni di temperatura).
- Fissa i requisiti relativi alla tenuta all'aria degli elementi costruttivi esterni.
- Fissa i requisiti relativi all'isolamento termico estivo.
- Richiede un isolamento termico maggiore vicino a ponti termici, se sono alloggiati conduttore di acqua calda.
- Richiede un isolamento termico minimo anche per edifici con basse temperature.

Come base occorre una tabella comprensiva di tutti i dati climatici, nella quale l'Italia è divisa in 6 zone climatiche, con relative tabelle nelle quali viene riportata l'offerta mensile d'irraggiamento solare in ciascuna zona, in rapporto ai punti cardinali e all'inclinazione delle superfici in vetro, secondo ulteriori tabelle e diagrammi. Inoltre sono indicati, in tabelle, le temperature medie esterne nelle diverse zone, come pure il numero dei giorni in cui viene acceso il riscaldamento e i gradi del riscaldamento nei vari giorni.

Secondo questo procedimento, tutti i dati necessari, quali perdite, guadagni e fabbisogni termici, vengono registrati mensilmente e addizionati durante l'anno.

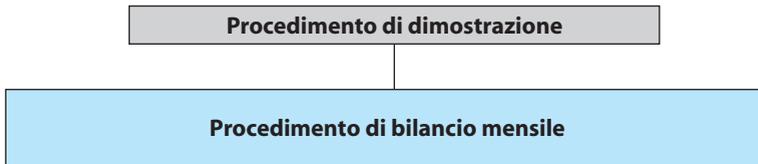
Con questo procedimento di bilancio mensile, il progettista può realizzare lo standard di isolamento termico conforme alle condizioni geografiche e climatiche.

Se elementi costruttivi quali:

- pareti esterne
- finestre, porte finestra, lucernari
- solai, tetti, falde del tetto
- tetti piani
- pareti e solai contro locali non riscaldati o il terreno

vengono sostituiti, realizzati per la prima volta o rinnovati, non può essere superato il coefficiente di trasmissione termica (valore  $U$ ) consentito.

Nel procedimento valido per gli elementi costruttivi, le dispersioni termiche non vengono ricavate dal rapporto tra la superficie d'involuppo che propaga il calore (rapporto  $A/V_e$ ) e il volume riscaldato dell'edificio, ma è determinante soltanto il coefficiente di trasmissione termica (valore  $U$ ) dell'elemento costruttivo di volta in volta da ristrutturare.



Il procedimento di bilancio mensile è un procedimento dettagliato nel quale vengono raccolti con la dovuta precisione tutti i dati necessari, come la posizione geografica, lo standard di isolamento termico, le caratteristiche tecniche, e altre condizioni più marginali.

Il procedimento di bilancio mensile fornisce valori più precisi, cioè più orientati alle esigenze dei consumatori e quindi più vantaggiosi, rispetto al procedimento di bilancio per la durata dell'intero periodo di riscaldamento, in quanto considera:

- diminuzione notturna del riscaldamento;
- interruzione del riscaldamento;
- esatta durata del riscaldamento;
- giardini d'inverno-serre;
- temperatura dell'aria esterna secondo la posizione geografica;
- sistemi di isolamento termico con elementi trasparenti;
- sistemi di recupero del calore;
- misure di utilizzo passivo dell'energia solare (collettori solari, impianti fotovoltaici);
- utilizzo del calore geotermico (pompe di calore);
- superfici riscaldanti integrate nelle pareti esterne (muri di Trombe);
- conducibilità termica del terreno;
- ponti termici, rilevati con esattezza;
- cause d'ombra;
- efficace capacità di immagazzinamento termico degli elementi costruttivi che delimitano l'ambiente;
- guadagni di calore solare attraverso elementi costruttivi opachi (= non trasparenti).

Il procedimento di bilancio mensile non è soltanto decisamente complicato, ma è anche molto vario ed

esteso, cosicché è opportuno affrontarlo soltanto con l'ausilio di un sistema informatico.

Tale procedimento esula dal campo della presente trattazione e quindi non è opportuno approfondirlo in questo contesto.

Se una facciata, per motivi estetici, non può essere dotata di isolamento termico, il regolamento per il risparmio energetico consente di adottare a compensazione un impianto di riscaldamento efficiente.

Architetto, progettista e impiantista devono collaborare strettamente tra loro fino dalla prima fase di progettazione.

I dettami delle norme per il risparmio energetico possono essere assolti:

- mediante un potenziato isolamento termico;
- mediante un'efficiente impiantistica;
- mediante l'impiego di energie rinnovabili;
- con sistemi di recupero del calore.

**Tabella 1: potere calorifico di diversi combustibili**

Combustibile	Potere calorifico kWh/kg
Carbone fossile	9,3
Lignite	5,8
Olio combustibile	11,7
Olio combustibile	10 kWh/l
Butano	12,9
Propano	12,8
Legno	4,8