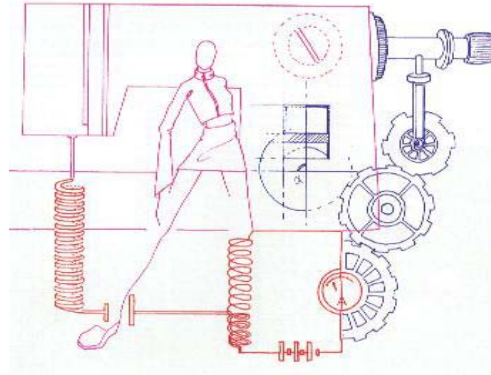


IPIA C.A. DALLA CHIESA – OMEGNA
PROGETTO ALTERNANZA SCUOLA – LAVORO
classi 4° e 5° TIEL – TIM a.s. 2011/2012



PRODUZIONE DI ENERGIA DA
FONTI RINNOVABILI

RISPARMIO ENERGETICO

prof. Massimo M. Bonini

ISOLAMENTO TERMICO DEGLI EDIFICI



Isolamento termico degli edifici

- perdite di calore dagli edifici
- metodi per la riduzione delle perdite
- classi energetiche degli edifici
- certificazione energetica
- generatori di calore ad alto rendimento

CLIMATIZZAZIONE DEGLI AMBIENTI

Con il termine “climatizzazione” si intende normalmente indicare quell’insieme di tecniche che vengono utilizzate per mantenere la temperatura dell’aria negli ambienti interni a valori ottimali, detti valori di comfort.

Tali valori sono di solito compresi tra 18 e 21 °C in inverno e tra 22 e 25 °C in estate, per cui bisogna procedere a fornire calore (riscaldamento) nel primo caso e a sottrarlo (raffrescamento) nel secondo.

L’effetto “caldo” è legato non solo alla temperatura dell’aria ambiente, ma anche al suo contenuto di vapore acqueo (umidità relativa) per cui all’effetto raffrescamento viene comunemente associato quello di disidratazione (condizionamento).

Entrambe i processi prevedono di “spendere” energia per contrastare il naturale trasferimento del calore dagli ambienti più caldi a quelli più freddi. Se le strutture esterne degli edifici si oppongono efficacemente a questo fenomeno (isolamento termico) occorre meno energia per mantenere le temperature di comfort, quindi un buon isolamento costituisce una misura efficace per il risparmio energetico.

Questo aspetto è estremamente importante, tanto che il livello di isolamento termico per ogni tipo di edificio è prescritto per legge e l'impiego di tali tecniche è normato, in Italia, fino dagli anni '70 del secolo scorso (Legge n. 373/1976).

Tale disposizione è stata poi sostituita dalla Legge n. 10 del 1990 e da tutta una serie di provvedimenti, sia nazionali che regionali, emanati negli anni successivi.

PERDITE DI CALORE NEGLI EDIFICI RISCALDATI

Quando l'ambiente interno di un edificio viene riscaldato, il calore tende a passare all'aria esterna che si trova a temperatura inferiore.

Tale fenomeno avviene principalmente per conduzione / convezione, attraverso le strutture perimetrali (pareti, coperture, pavimenti, serramenti) e per sottrazione diretta dovuta al ricambio d'aria (ventilazione).



BILANCIO TERMICO

Apporti di calore

- Riscaldamento
- Irraggiamento solare
- Perdite di edifici circostanti

Perdite di calore

- Dalle pareti
- Dai pavimenti
- Dalle coperture (tetti, terrazzi)
- Dai ponti termici
- Dai serramenti
 - Per conduzione
 - Per scarsa tenuta
- Per ventilazione
- Attraverso i fumi prodotti dai generatori

CALCOLO DELLE DISPERSIONI

Il passaggio di calore da un ambiente all'altro è funzione innanzitutto della differenza di temperatura (salto termico) tra i due.

Detta T_i la temperatura interna all'edificio e T_e quella dell'aria esterna il salto termico è indicato con

$$\Delta T = T_i - T_e \quad (^\circ\text{C} \text{ oppure } ^\circ\text{K})$$

Il calcolo viene normalmente eseguito tenendo conto delle condizioni peggiori, cioè del valore minimo che T_e può arrivare ad assumere e che è fissato, per ogni comune del territorio nazionale, da apposite tabelle allegate alle vigenti disposizioni normative. La legge fissa anche - in modo geograficamente univoco, ma diverso con la destinazione d'uso degli ambienti - il massimo valore di T_i applicabile nel calcolo.

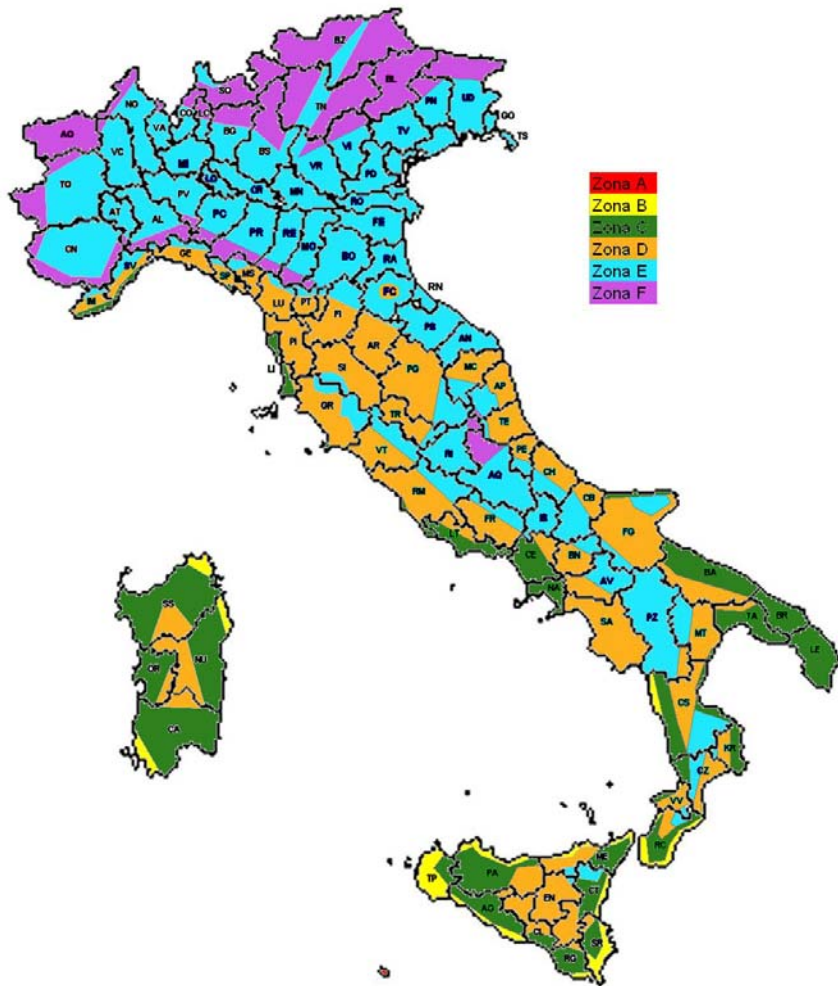
Ad esempio per locali d'abitazione situati a Omegna i valori prescritti sono

$$T_i = 20 \text{ } ^\circ\text{C} \text{ (293 } ^\circ\text{K)} \quad T_e = -5 \text{ } ^\circ\text{C} \text{ (-268 } ^\circ\text{K)}$$

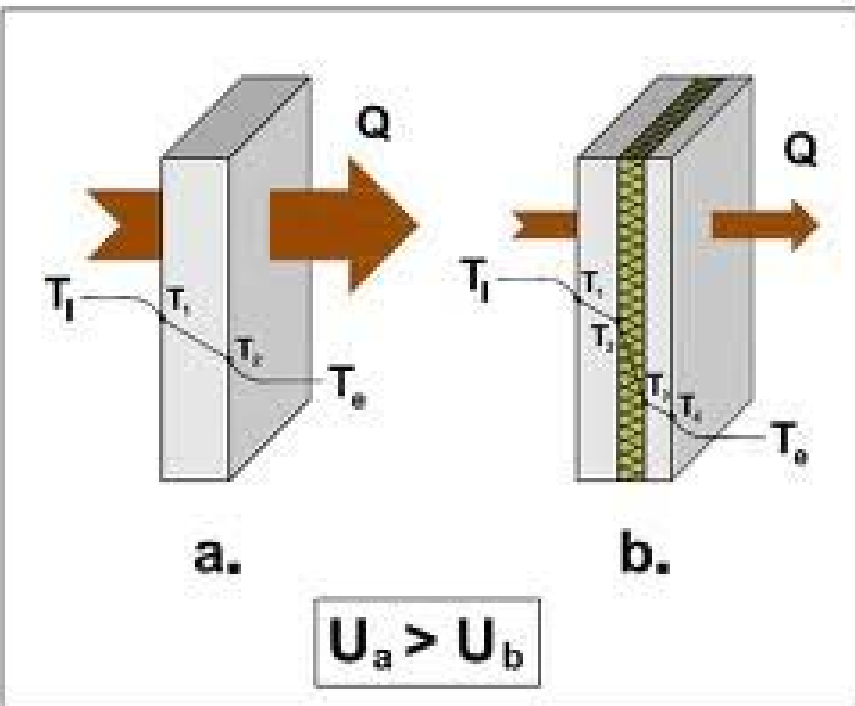
TEMPERATURE INTERNE DI ALCUNI LOCALI

Residenze di civile abitazione	°C	18÷20
Locali dove si indossano abiti leggeri ..	°C	18÷22
Uffici pubblici e privati	°C	18÷20
Corridoi e scalinate	°C	12÷14
Aule scolastiche	°C	18÷20
Palestre e sale giochi	°C	12÷16
Sale di riunione e di spettacolo	°C	16÷18
Magazzini e archivi	°C	14÷16
Mense e spogliatoi	°C	16÷18
Musei ed esposizioni	°C	12÷14
Docce, piscine e sale da bagno	°C	22÷24
Sale di degenza, corsie di ospedali	°C	22÷24
Infermerie e sale per visite mediche	°C	22÷24
Bar, cinema, teatri, pub, ristoranti	°C	18÷20
Sale di lettura, biblioteche, ecc.....	°C	17÷19
Sale operatorie (CONDIZIONAMENTO Integr.)	°C	24÷30
Edifici ecclesiali	°C	12÷16
Negozi e magazzini vendita	°C	14÷16
Case circondariali, Caserme militari	°C	18÷20

ZONE CLIMATICHE



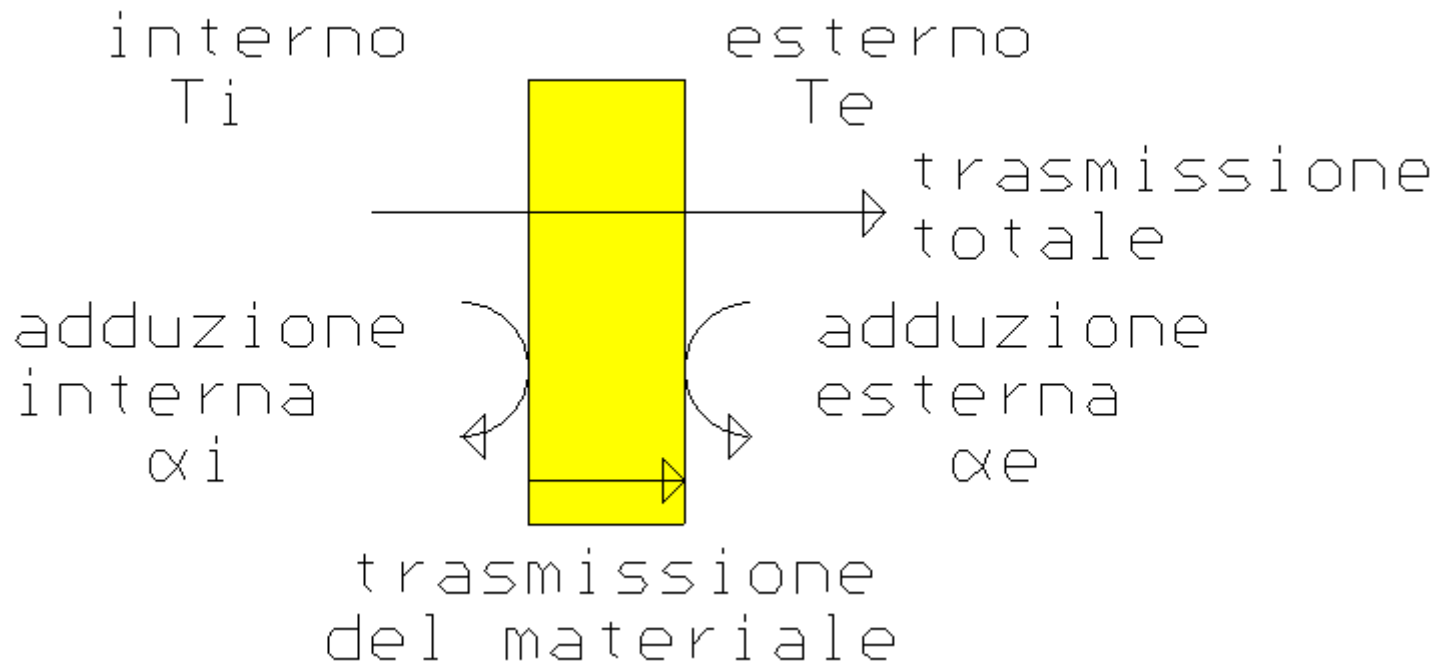
Passaggio di calore attraverso le strutture edilizie



Il calore si disperde attraverso le strutture edilizie attraverso le strutture perimetrali. Ognuna di queste presenta al passaggio del calore un certo ostacolo, valutabile attraverso la cosiddetta resistenza termica (simbolo R). In sede di calcolo si utilizza però la trasmittanza termica, definita come il reciproco della resistenza e valutabile come quantità di calore che attraversa la struttura per ogni metro di spessore della medesima, per ogni ora di durata del processo e per ogni grado di gradiente termico

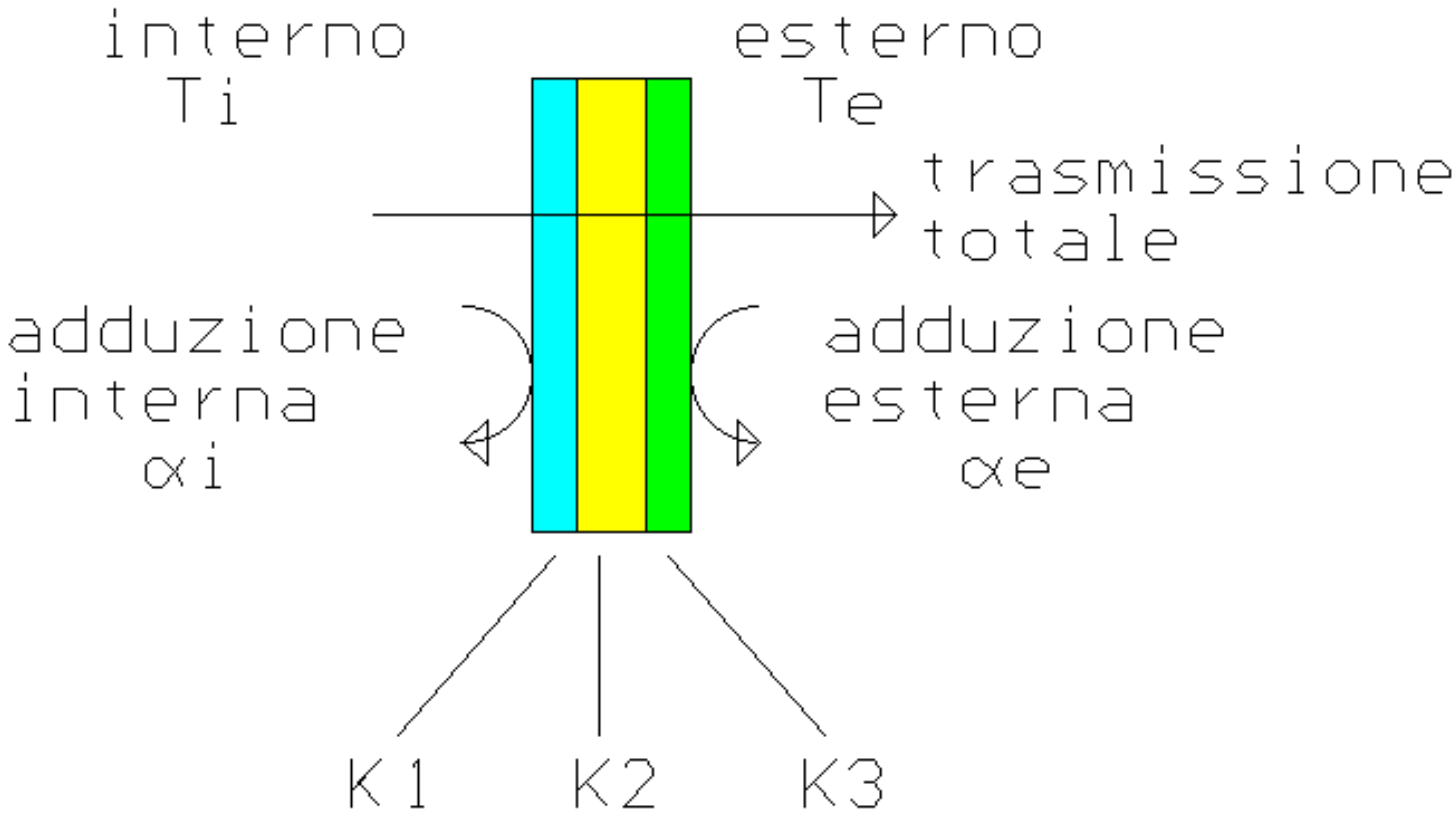
$$K \text{ (kcal/h m } ^\circ\text{C o W/m}^\circ\text{K)} = 1/R$$

I valori della trasmittanza K vengono determinati per ogni tipo di materiale, omogeneo o composito, con particolari prove di laboratorio; i costruttori sono tenuti a rendere noti tali valori per ogni tipo di materiale messo in commercio.



Nel calcolo si deve inoltre tenere conto della resistenza al passaggio di calore dall'aria interna alla facciata interna della struttura e dell'analogo fenomeno sulla superficie esterna; il parametro utilizzato si definisce adduttanza (simbolo α) ed ha le stesse unità di misura della trasmittanza.

Nelle strutture edilizie costituite da strati di materiali diversi la resistenza termica totale è pari alla somma delle resistenze di ogni singolo stato e la trasmittanza complessiva è il reciproco di tale valore.



**VALORI SPERIMENTATI DEI COEFFICIENTI GLOBALI DI
CONDUCIBILITÀ UNITARIA "K" in W/h m² °C
DELLE STRUTTURE OMOGENEE A FACCE PARALLELE.**

MURI IN PIETRA INTONACATI SULLE DUE FACCE

Spessore cm | 30 | 40 | 60 | 70 | 80 | 90

Esterno K = |2,67| 2,90| 2,20 | 2,09| 1,86| 1,51

MURI IN MATTONI PIENI INTONACATI SU DUE FACCE

Spessore cm | 25 | 38 | 50 | 65 | 80 | 90

Esterni K = |1,97| 1,51| 1,27 | 1,04| 0,93| 0,81

Interni K = |1,51| 1,16| 1,04 | 0,81| 0,69| 0,46

MURI IN MATTONI FORATI INTONACATI SU DUE FACCE

Spessore cm | 8 | 12 | 25 | 38 | 50 | 65

Esterni K = |3,02| 2,55| 1,72 | 1,16| 0,93| 0,86

Interni K = |2,20| 1,86| 1,27 | 0,93| 0,69| 0,58

SOLAI E PAVIMENTI

Solai in laterizio armato con pavim. piastrelle

STRUTTURE		Pavimento	Soffitto
Spessore	cm --- 8	K = 2,20	K = 2,55
	cm -- 12	K = 1,86	K = 2,32
	cm -- 16	K = 1,74	K = 2,09
	cm -- 20	K = 1,51	K = 1,74

FINESTRE E VETRATE

Semplice con telaio di ferro	-----	K = 6,97
Semplice con telaio di legno	-----	K = 5,81
Telaio di ferro e vetri doppi	-----	K = 4,06
Telaio di legno e vetri doppi	-----	K = 2,90
Doppio telaio ferro e doppi vetri	-----	K = 2,75
Doppio telaio legno e doppi vetri	-----	K = 2,32

ADDUTTANZE UNITARIE α_i (interne) α_e (esterne)

SUPERFICI ESTERNE ORIZZONTALI

Flusso termico discendente -- $\alpha_e = 16,24 \text{ W/m}^2 \text{ } ^\circ\text{C}$

Flusso termico ascendente --- $\alpha_e = 23 \text{ W/m}^2 \text{ } ^\circ\text{C}$

SUPERFICI VERTICALI ----- $\alpha_e = 23 \text{ W/m}^2 \text{ } ^\circ\text{C}$

SUPERFICI INTERNE

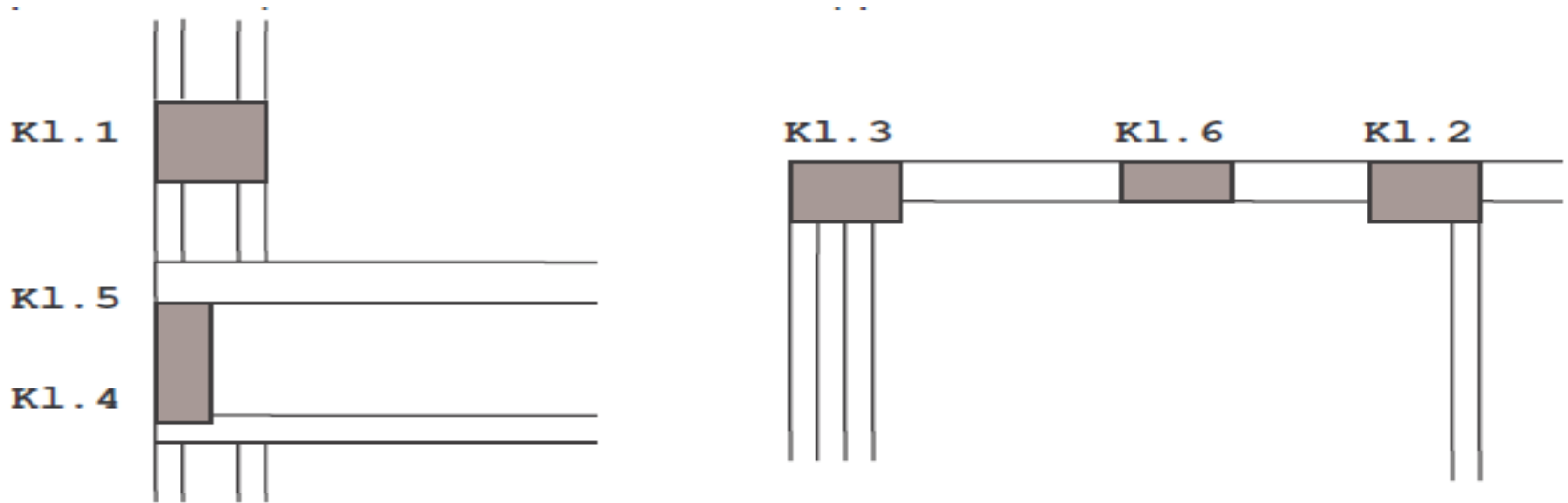
Superfici orizzontali con:

Flusso termico ascendente --- $\alpha_i = 9,28 \text{ W/m}^2 \text{ } ^\circ\text{C}$

Flusso termico discendente -- $\alpha_i = 6,50 \text{ W/m}^2 \text{ } ^\circ\text{C}$

Superfici verticali ----- $\alpha_i = 8,12 \text{ W/m}^2 \text{ } ^\circ\text{C}$

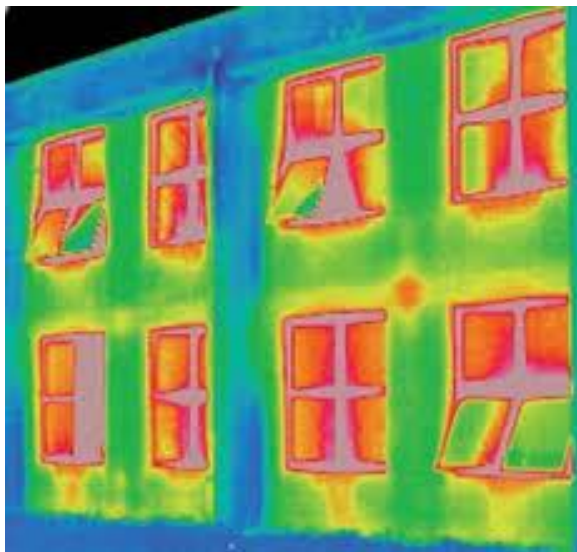
Ponti termici



Ponte termico è un elemento di discontinuità nella struttura edilizia, determinato dalla presenza di parti a conduttività diversa – in genere maggiore – rispetto alla struttura stessa. Tipici ponti termici sono gli spigoli, i giunti tra elementi diversi (sia verticali che orizzontali) i pilastri di sostegno, le soglie, i cassonetti per le tapparelle. La presenza di un ponte termico si caratterizza con una zona più fredda su cui il vapore acqueo tende a condensare producendo, alla lunga, la formazione di muffe.



Termografia di un edificio riscaldato



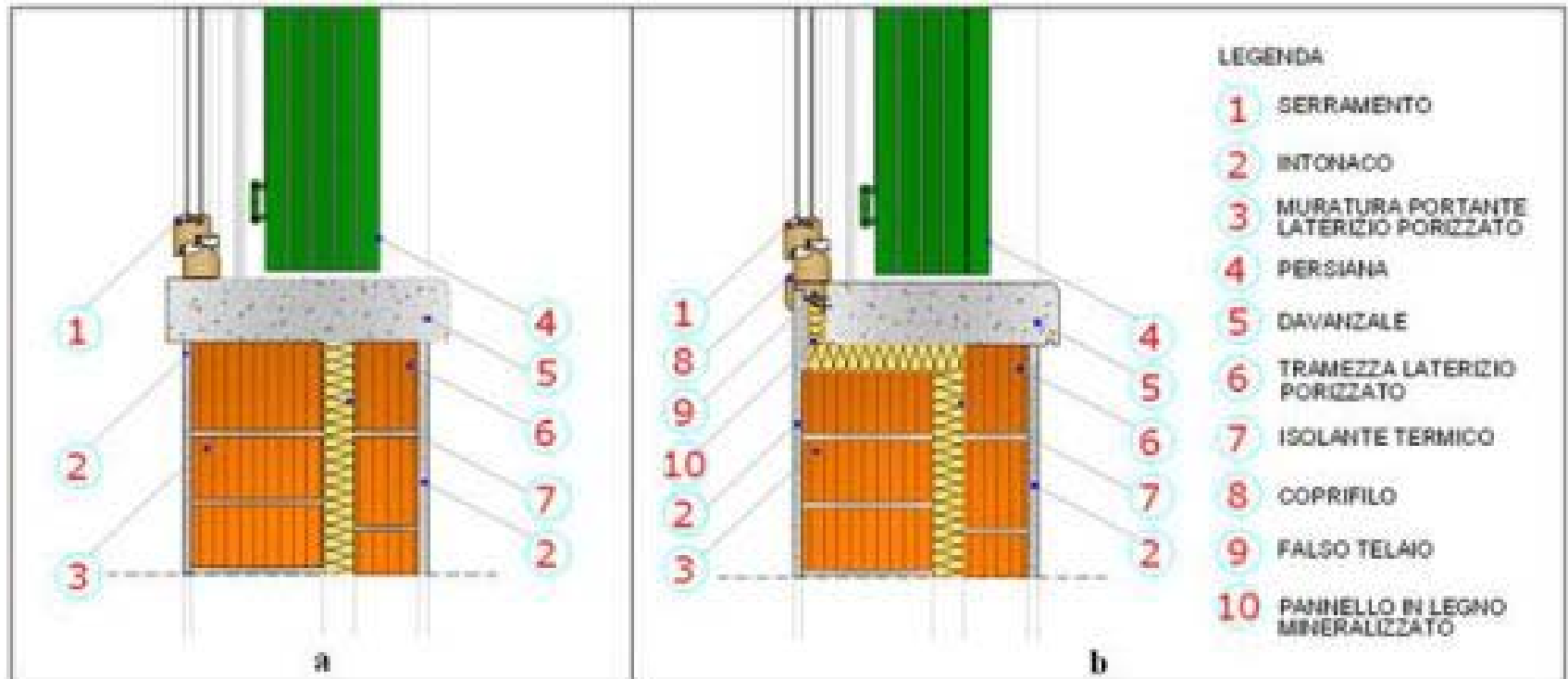
Il calore totale disperso da un edificio per conduzione si può calcolare sommando le dispersioni di ogni singola struttura.

Tale valore deve essere contenuto entro precisi valori fissati per legge. Da qui la necessità di introdurre misure di contenimento mediante isolamento termico.

L'isolamento prescritto deve essere garantito sia per gli edifici di nuova costruzione che per quelli esistenti, nel caso vengano ristrutturati (anche parzialmente).

Isolamento termico delle strutture

Il miglior modo per diminuire la dispersione di calore attraverso una struttura edilizia è quello di aumentarne la resistenza totale, cioè di diminuirne la trasmittanza. Questo si può ottenere agendo sulle caratteristiche dei materiali o interponendo tra i materiali portanti, di solito ad alta trasmittanza, strati di altri materiali a bassa trasmittanza, detti appunto isolanti termici.



Cappottatura



esterna

interna



In edifici esistenti l'isolamento termico si può migliorare aggiungendo strati di isolante all'esterno o all'interno delle pareti.

La cappottatura esterna è da preferirsi in quanto agisce efficacemente anche sui ponti termici, ma non sempre è applicabile per problemi di dimensioni.

Ventilazione

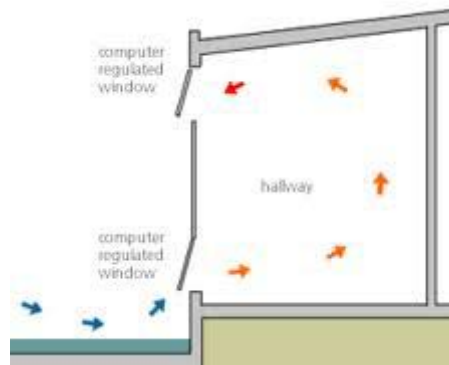
Il ricambio d'aria negli ambienti è indispensabile per garantirne l'igienicità asportando il vapore acqueo, l'anidride carbonica, le polveri e altre sostanze inquinanti prodotte dal normale vivere e operare nell'ambiente stesso.

Le normative tecniche fissano i valori dei ricambi d'aria (n) da garantire in ogni tipo di ambiente e per ogni ora. Per gli ambienti d'abitazione, ad esempio, viene prescritto $n = 0,5$ ricambi/ora.

Tenuto conto che il calore specifico dell'aria atmosferica è valutabile in

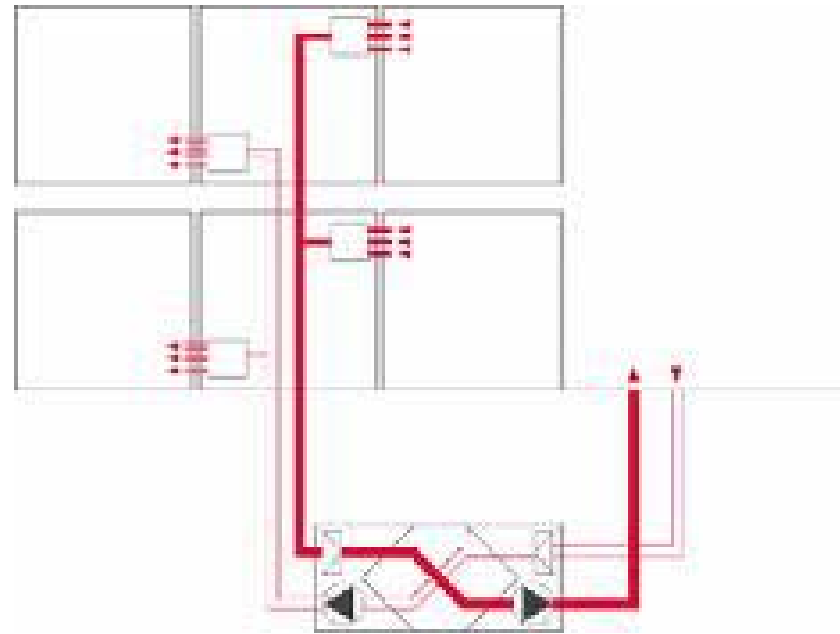
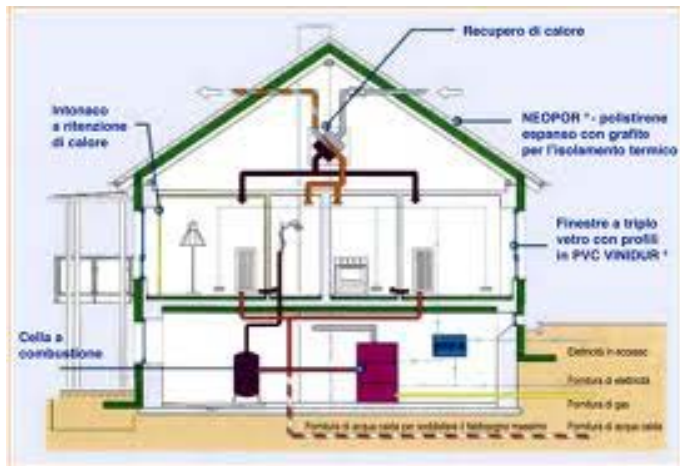
0,3 kcal/h mc °C

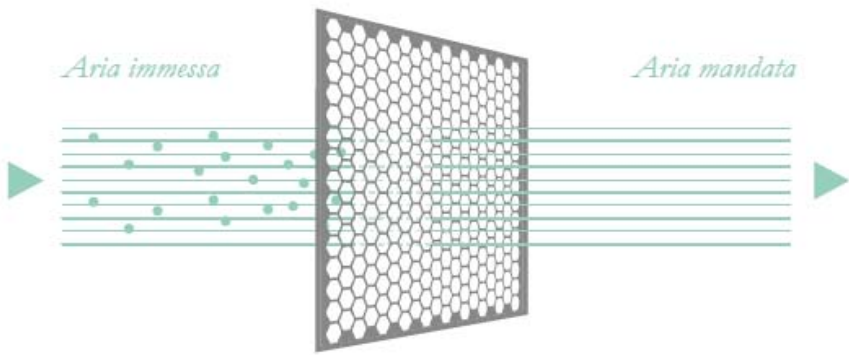
è così possibile calcolare la dispersione anche per questo tipo di fenomeno.



Recupero del calore disperso per ventilazione

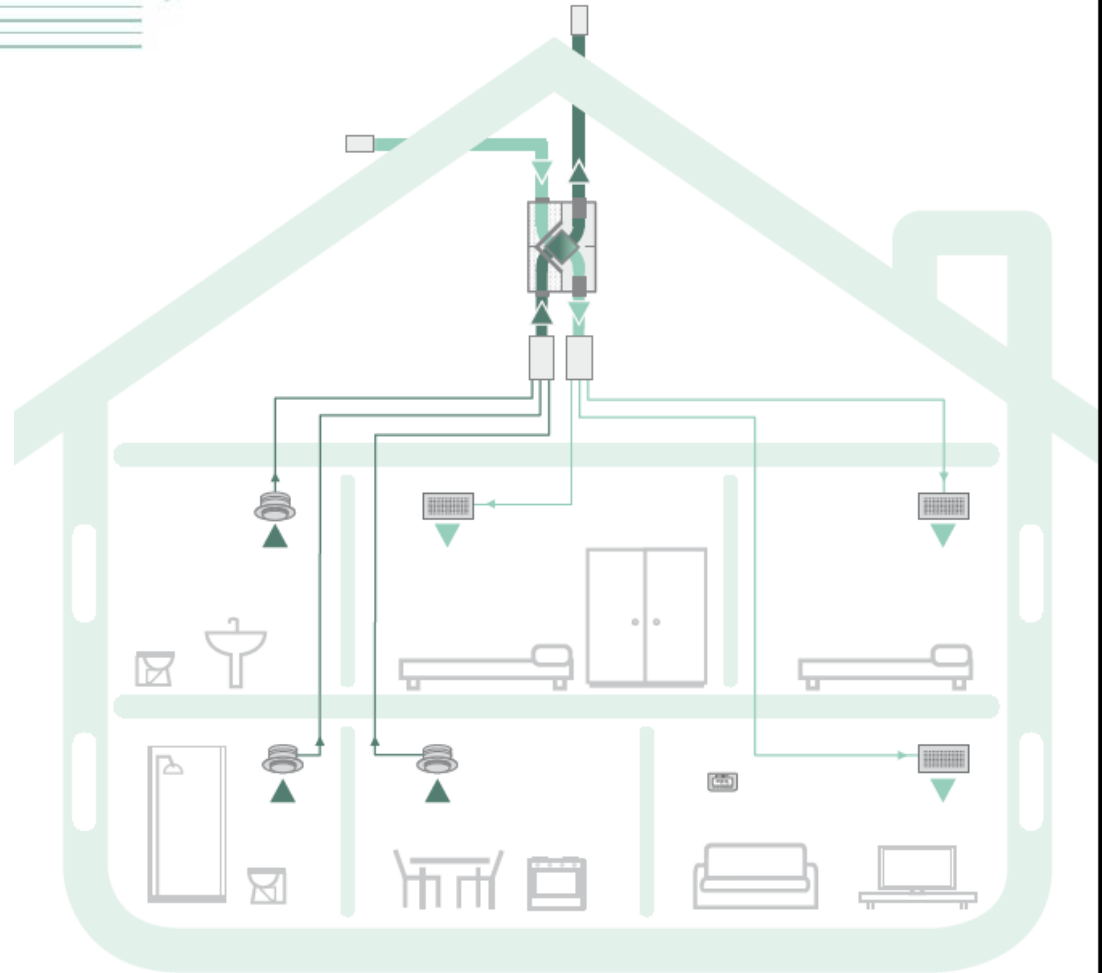
Anche nel caso della ventilazione è possibile ridurre il calore disperso curando particolarmente la tenuta delle strutture – soprattutto dei serramenti – al passaggio dell'aria e provvedendo allo scambio con l'esterno mediante impianti a circolazione forzata muniti di appositi scambiatori di calore.



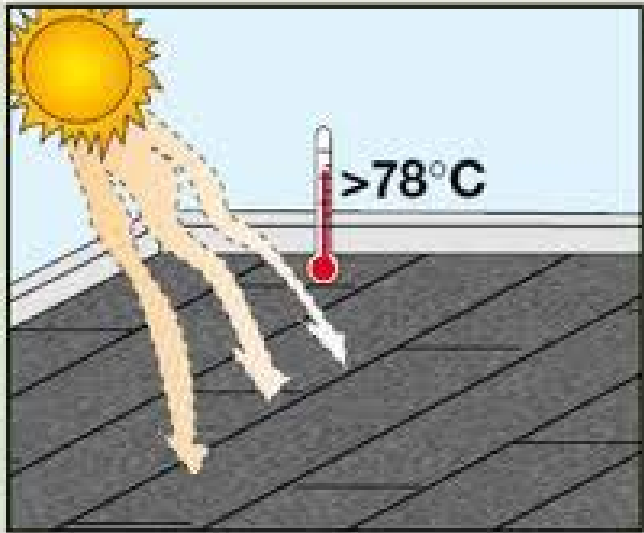


Particolare attenzione va dedicata al filtraggio dell'aria prelevata dall'esterno prima che venga immessa negli ambienti interni.

I filtri devono essere regolarmente puliti e disinfettati per evitare la formazione di colonie batteriche potenzialmente pericolose per la salute (legionella e simili).



Apporti di calore dall'esterno

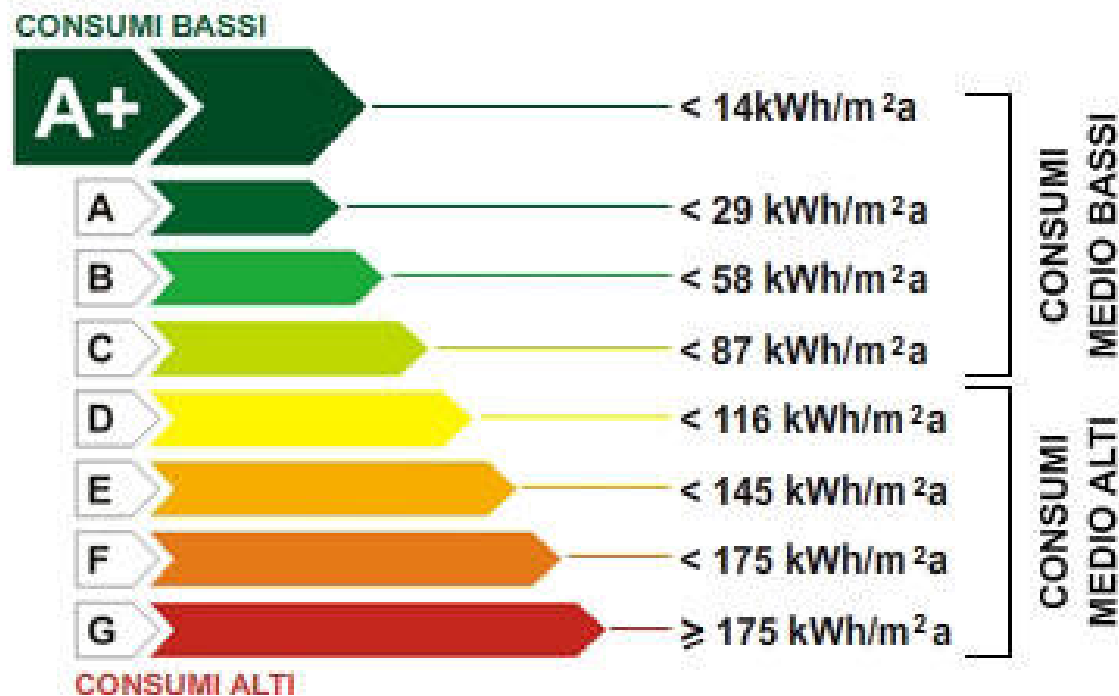


La radiazione solare diretta sulle strutture edilizie può apportare notevoli quantità di calore, soprattutto durante la stagione estiva e questo può produrre un forte aumento del calore da asportare mediante condizionamento.

Esistono materiali studiati appositamente per riflettere la radiazione, riducendo quindi il problema.

Inoltre la radiazione solare può essere efficacemente sfruttata mediante collettori termici per la produzione di acqua calda (sanitaria e/o per riscaldamento ambientale).

Classificazione energetica degli edifici



La legge ha recentemente istituito l'obbligo di ACE (Attestato di Certificazione Energetica) anche per gli edifici espresso con il metodo delle classi di consumo così come già esistente per gli elettrodomestici e le lampade elettriche.

Obbligo.

Dal 1° gennaio 2012 diventa obbligatorio riportare l'indice di prestazione energetica nelle "offerte di trasferimento a titolo oneroso di edifici o di singole unità immobiliari". In pratica, chi vuol vendere una casa o un qualsiasi altro fabbricato dovrà prima farsi fare la certificazione energetica da un tecnico abilitato, così da poter inserire il risultato negli annunci di vendita (affissi all'edificio o pubblicati su siti internet, riviste, giornali e altri mezzi di comunicazione).

Le regole e le sanzioni.

L'obbligo è stato dettato dal decreto rinnovabili (Dlgs 28/2011), che ha aggiunto il comma 2-quater nell'articolo 6 del Dlgs 192/2005, e alcuni annunci cominciano già a riportare i dati sulle prestazioni energetiche. Il grosso, però, pare ancora sprovvisto di indicazioni. E qui entra in gioco un punto delicato: cosa rischia chi non rispetta l'obbligo? La norma nazionale non prevede sanzioni, anche se alcune riviste specializzate e siti internet hanno iniziato ad avvisare gli inserzionisti dei nuovi obblighi, rifiutando in qualche caso le offerte senza pagella energetica. Il tutto a meno che qualcuno non decida di richiamare in gioco due vecchi articoli della legge 10/1991: cosa che, però, al momento, pare improbabile. Sono invece sicure le multe da 1.000 a 5.000 euro previste in Lombardia con una legge regionale.

Incentivi e disincentivi

Con il passare del tempo si tenderà sempre più ad imporre obblighi tendenti alla realizzazione di edifici con classi di rendimento “alte” mediante norme di legge (nazionali e regionali) e soprattutto incentivando gli interventi mediante sgravi fiscali o concessione di contributi.

Tale tendenza riguarderà sia le nuove costruzioni che gli edifici esistenti, per questi ultimi in caso di interventi di ampliamento, di ristrutturazione o di manutenzione straordinaria.

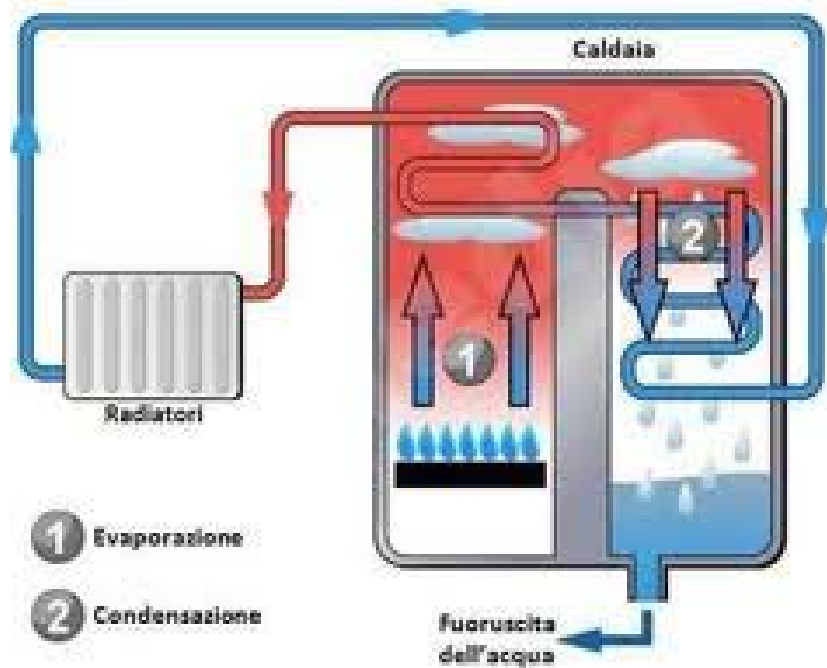
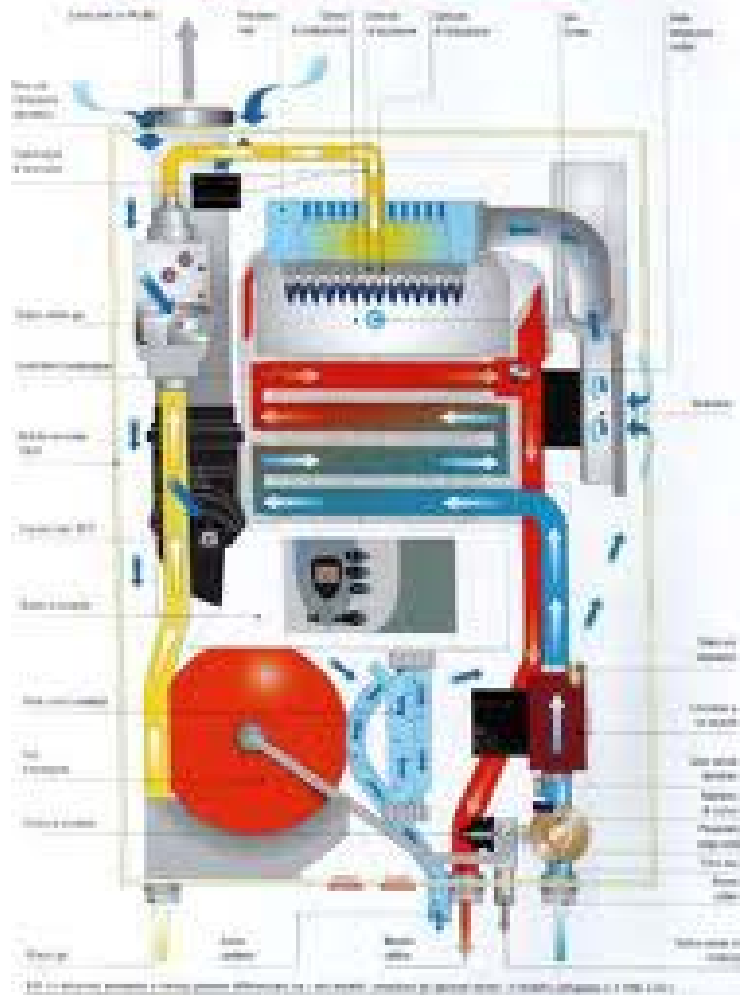
Per contro si tenderà a vietare la costruzione e a disincentivare il mantenimento di edifici con consumi elevati mediante appositi divieti, aggravii fiscali, maggior costo dei combustibili o altri simili provvedimenti.

Generatori di calore ad alto rendimento

Le normali caldaie, anche quelle definite "ad alto rendimento" (91-93% alla potenza termica nominale), riescono a utilizzare solo una parte del calore sensibile dei fumi di combustione a causa della necessità di evitare la condensazione dei fumi che dà origine a fenomeni corrosivi. Il vapore acqueo generato dal processo di combustione (circa 1,6 kg per m³ di gas) viene quindi disperso in atmosfera attraverso il camino: la quantità di calore in esso contenuta, definito calore latente, rappresenta ben l'11% dell'energia liberata dalla combustione ma non riesce a essere recuperata.

Le **caldaie a condensazione** sono caldaie in grado di ottenere rendimento termodinamico superiore al 100% del potere calorifico inferiore del combustibile utilizzato anziché sul potere calorifico superiore alla potenza nominale grazie al recupero del calore latente di condensazione del vapore acqueo contenuto nei fumi della combustione. Vi è inoltre una conseguente riduzione delle emissioni di ossidi di azoto e di carbonio.

Principio Costruttivo e Funzionale.



La caldaia a condensazione, invece, può recuperare una gran parte del calore latente contenuto nei fumi espulsi attraverso il camino. La particolare tecnologia della condensazione consente infatti di raffreddare i fumi fino a farli tornare allo stato di liquido saturo (o in taluni casi a vapore umido), con un recupero di calore utilizzato per preriscaldare l'acqua di ritorno dall'impianto. In questo modo la temperatura dei fumi di uscita (che si abbassa fino a 40 °C) mantiene un valore molto basso prossimo al valore della temperatura di mandata dell'acqua (con scambiatori particolarmente performanti anche meno!), ben inferiore quindi ai 140~160 °C dei generatori ad alto rendimento e ai 200~250 °C dei generatori di tipo tradizionale. Naturalmente è possibile lavorare con temperature così basse dei fumi, quindi condensare, in quanto le caldaie a condensazione utilizzano scambiatori di calore realizzati con metalli particolarmente resistenti all'acidità delle condense.

I fumi scaricati a bassa temperatura non permettono il tiraggio naturale del camino e vanno espulsi grazie alla prevalenza del ventilatore inserito a monte del bruciatore della caldaia; abbiamo quindi una linea fumi in pressione che deve essere perfettamente a tenuta rendendo problematico lo scarico di più caldaie in un unico camino.

Bisogna inoltre aggiungere che nella maggior parte dei casi le caldaie a condensazione presentano un bruciatore di tipo PREMISCELATO che aggiunge il vantaggio di poter mantenere costante il valore di anidride carbonica presente nei fumi, al variare della potenza del bruciatore. Tale situazione permette di mantenere costante la temperatura di condensazione del vapore acqueo nei fumi indicato approssimativamente attorno ai 54°C. Nei (rari) casi in cui la caldaia a condensazione non abbia il bruciatore premiscelato il rischio è che al diminuire della potenza (modulazione di fiamma) diminuisca notevolmente il punto di condensazione del vapor d'acqua rendendo di fatto impossibile la condensazione dei fumi e di conseguenza il recupero del calore latente. All'atto pratico, una caldaia a condensazione è una caldaia che "può" condensare i vapori di combustione, ma che riesce a farlo solamente se le temperature dell'acqua erogata sono più basse delle temperature generalmente ottenute con le caldaie convenzionali. L'accoppiata economicamente più conveniente, risulta quella con un impianto di riscaldamento a bassa temperatura, che resta acceso per un periodo di tempo più lungo rispetto al tempo di accensione di una caldaia convenzionale che eroga acqua in mandata a temperature di circa 65/80°C.

Vantaggi economici

- Si raggiungono risparmi nell'ordine del 5-10% sulla fornitura di acqua calda a 80 °C, e del 15-20% a 60 °C.
- Accoppiata a vecchi impianti funzionanti a radiatori con acqua calda a 70-80°C, il risparmio energetico raggiunge il 5-7% appena.
- Le prestazioni migliori sono quelle a carico parziale, ovvero il riscaldamento di un edificio, dove con radiatori tradizionali consentono risparmi del 25~30%, a patto però di usare acqua a temperatura più bassa di quella convenzionale, quindi radiatori di dimensioni maggiori.
- Esprimono il massimo delle prestazioni (risparmi del 40% e oltre) quando vengono utilizzate con impianti che funzionano a bassa temperatura (30~50 °C), come ad esempio con impianti radianti (pannelli a soffitto, serpentino a pavimento o serpentino a parete).
- Quando si sostituisce una caldaia tradizionale con una a condensazione è possibile sceglierne una di potenza nominale minore.
- Se si completa il sistema con l'integrazione di pannelli solari, e si aggiunge il risparmio che proviene dall'utilizzo dell'energia solare (25~30% medio), è possibile notare che si ottengono risparmi sull'ordine del 50~60%, sempre che si usi per il riscaldamento acqua temperatura al di sotto dei 50-55°C.



Caldaia a condensazione integrata
con impianto solare termico

Per il suo principio di funzionamento la caldaia a condensazione produce una grande quantità di acqua di condensa, contenente sostanze corrosive e tossiche, che deve essere opportunamente trattata e smaltita.

