



Environment & Corporate
Social Responsibility

Conoscere



Pianificare



Gestire



Comunicare



Certificazione energetica degli edifici: stato dell'arte della normativa e presentazione del progetto di audit energetico degli edifici del comune di Bresso

Indice

| | |
|---|---|
| | Premessa |
| 1 | La situazione energetica del settore edilizio |
| 2 | Caratteristiche ed esempi di un involucro edilizio energeticamente efficiente |
| 3 | Caratteristiche ed esempi di sistemi impiantistici energeticamente efficienti |
| 4 | Integrazione di sistemi impiantistici da fonti rinnovabili |
| 5 | Audit energetico degli edifici del Comune di Bresso |
| 6 | Cenni sulla metodologia di calcolo |
| 7 | Raccomandazioni per il risparmio ed analisi costi/benefici |

Gli obiettivi della presentazione sono:

- Fornire una *panoramica dello stato dell'arte a livello nazionale dei consumi finali di energia* per il settore civile (residenziale + terziario).
- Descrivere alcuni possibili interventi da attuare sul sistema edificio-impianto per fronteggiare una previsione di consumi in crescita nei prossimi anni, con particolare riferimento agli *adempimenti previsti dal D. Lgs. 311/2006* per il risparmio energetico in edilizia.
- Fornire alcuni cenni sull'integrazione di sistemi impiantistici alimentati da *fonti rinnovabili*, e sul loro contributo energetico fornito all'edificio.
- Introdurre l'approccio RGA al tema dell'efficienza energetica degli edifici, caratterizzato dalla:
 - ▣ Focalizzazione degli interventi per consentire la conformità normativa (richiamati come esempi all'interno del documento)
 - ▣ Evidenziazione del valore economico generato per l'immobile
 - ▣ Individuazione delle soluzioni che consentano la diminuzione di risorse utilizzate con conseguenti effetti positivi sull'ambiente
 - ▣ Utilizzazione di apposita metodologia di calcolo, presentata all'interno del documento

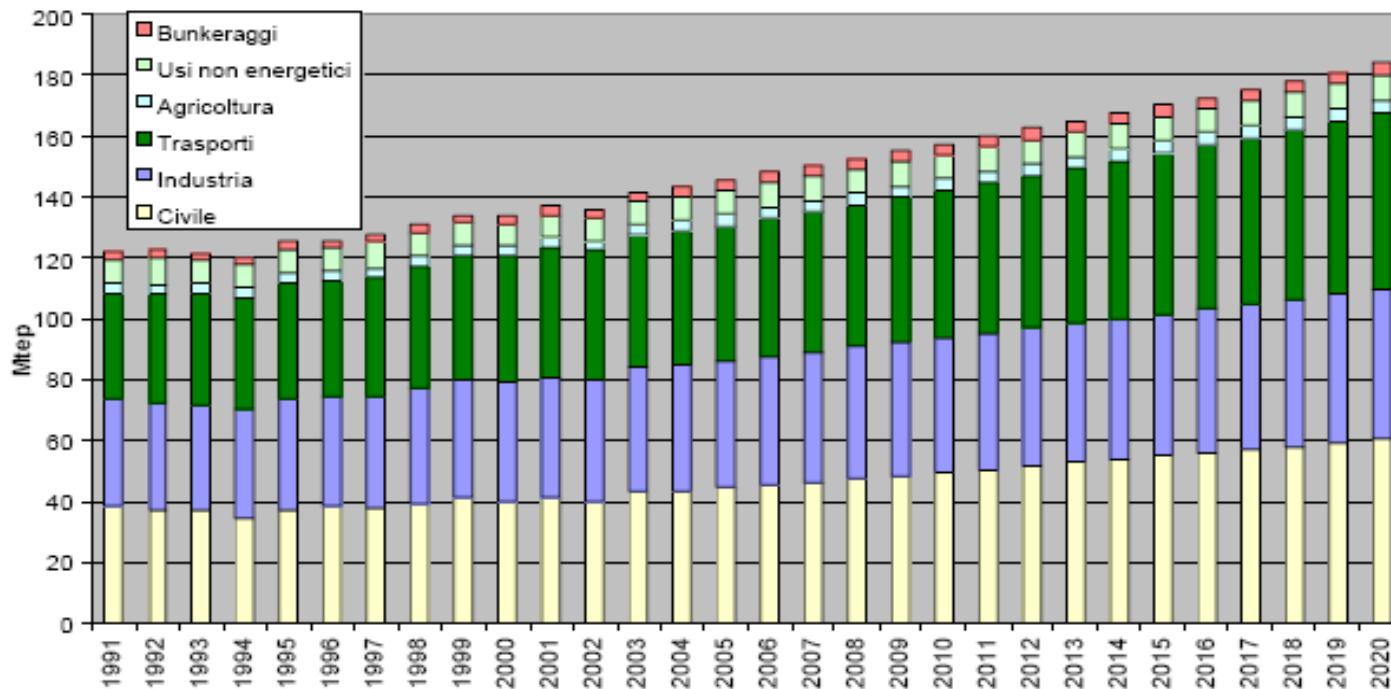
Indice

| | |
|---|---|
| | Premessa |
| 1 | La situazione energetica del settore edilizio |
| 2 | Caratteristiche ed esempi di un involucro edilizio energeticamente efficiente |
| 3 | Caratteristiche ed esempi di sistemi impiantistici energeticamente efficienti |
| 4 | Integrazione di sistemi impiantistici da fonti rinnovabili |
| 5 | Audit energetico degli edifici del Comune di Bresso |
| 6 | Cenni sulla metodologia di calcolo |
| 7 | Raccomandazioni per il risparmio ed analisi costi/benefici |

La situazione energetica nel settore edilizio

■ I consumi finali in Italia*

- Il consumo finale pari a **143,4** Mtep nel 2004, è stimato pari a **158** Mtep nel 2010, e a **184** Mtep nel 2020 (**+1,64 % medio annuo**)
- L'analisi settoriale della domanda mostra consumi in crescita in tutti i settori, in particolare:
 - Il settore civile: da 40,3 Mtep nel 2004 a 60,5 Mtep nel 2020 (**+40%**)



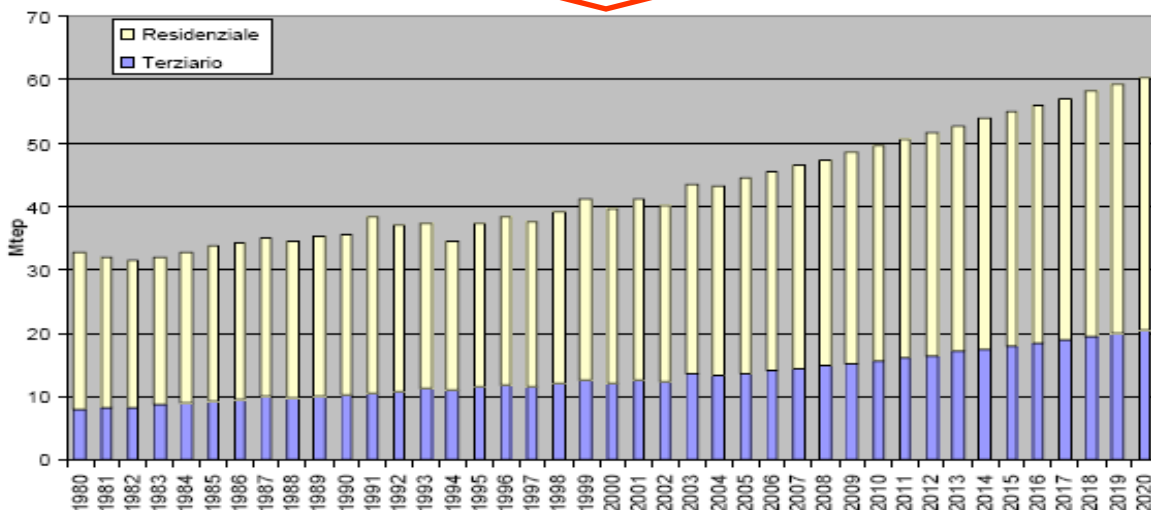
**Aumento
delle
emissioni di
CO₂**

*Fonte: Ministero dello Sviluppo Economico, dati maggio 2005

La situazione energetica nel settore edilizio

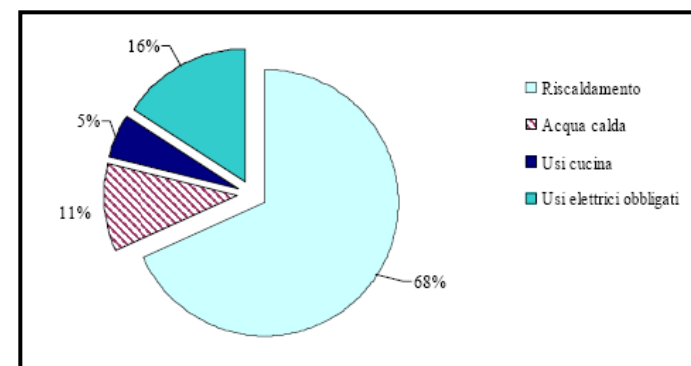
- Nel 2020 il totale dei consumi nel settore civile passerà dal 30 al 33%
- Nell'ambito di questo settore crescono i consumi sia per residenziale che per terziario, in particolare si osserva:
 - Il tasso medio annuo di crescita previsto per il terziario nel periodo 2005 – 2020 è del **2,6%** (2,2 % dal 1980 al 2004), mentre quello previsto per il residenziale è dell'**1,8%** (0,8 % dal 1980 al 2004).
 - Un continuo aumento del peso del terziario sul totale del civile, che nel 1980 era del 25%, nel 2004 del 31,3% e nel 2020 del 34%.

Consumi finali di energia nel **settore civile**
(dati 2005)



Fonte: Ministero dello Sviluppo Economico

Consumi finali di energia nel **settore residenziale** per categoria d'uso (dati 2003)

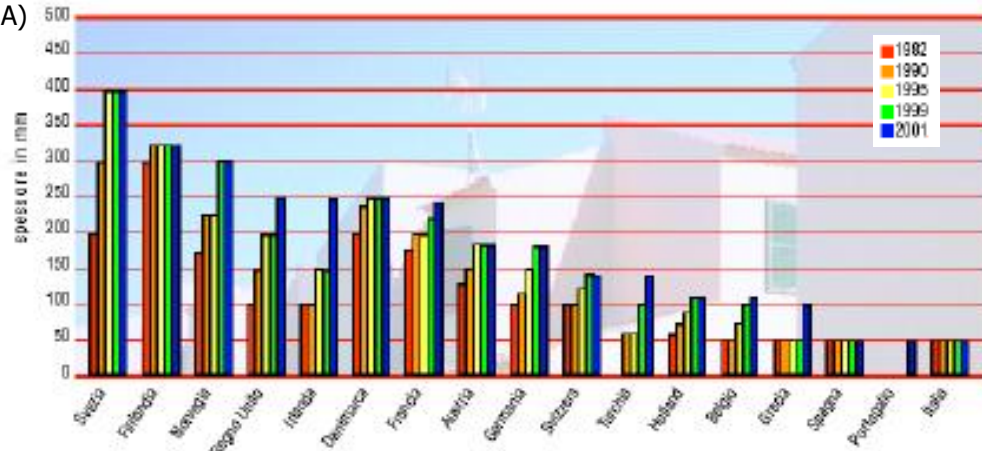
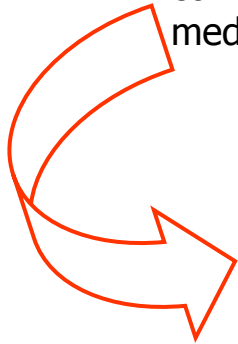


Fonte: Rapporto ENEA Energia e Ambiente 2005

Stato dell'arte dei consumi energetici nel settore civile

■ Perché, dunque, migliorare l'efficienza energetica degli edifici?

- **Basso livello di isolamento termico degli edifici italiani**, non solo se confrontato con i dati del nord Europa, ma anche rispetto agli altri dell'area mediterranea (Fonte: EURIMA)



- **Possibilità di riduzione del 50% dei consumi** a fronte di un aumento dei costi di costruzione degli edifici dell'ordine del 2-3% (Fonte: Comitato Termotecnico Italiano)
- **Possibilità di aumentare del 40% il rendimento medio stagionale** installando nuove tecnologie
- **Raggiungimento degli impegni presi dall'Italia nell'ambito del Protocollo di Kyoto** a cui è associato il recepimento della direttiva 2002/91/CE. L'abbattimento di emissioni associato alla riduzione dei consumi di energia nel settore civile (usi finali) ammonta per il periodo 2008-2012 a circa 6,3 MtonCO₂/anno pari al 12% del totale di riduzione nazionale stimato (circa 51,8 Mton) Fonte: Delibera CIPE n.123 del 2002

Indice

| | |
|---|--|
| | Premessa |
| 1 | La situazione energetica del settore edilizio |
| 2 | Caratteristiche ed esempi di un involucro edilizio energeticamente efficiente |
| 3 | Caratteristiche ed esempi di sistemi impiantistici energeticamente efficienti |
| 4 | Integrazione di sistemi impiantistici da fonti rinnovabili |
| 5 | Audit energetico degli edifici del Comune di Bresso |
| 6 | Cenni sulla metodologia di calcolo |
| 7 | Raccomandazioni per il risparmio ed analisi costi/benefici |

Caratteristiche ed esempi di un involucro edilizio energeticamente efficiente

- Uno dei principali parametri da tenere in considerazione nell'ambito di una diagnosi energetica degli edifici è la **trasmittanza** dell'involucro, definita come:
 - ▣ *Flusso di calore che passa attraverso una parete per m^2 di superficie della parete e per grado Kelvin (K) di differenza tra la temperatura interna ad un locale e la temperatura esterna o del locale contiguo. Si esprime in W/m^2K .*

- Il D.Lgs. 192/05 ed il successivo D.Lgs. 311/06, che lo integra e modifica, definiscono dei valori limite riguardo la trasmittanza delle strutture dell'involucro edilizio, distinguendo tra:
 - ▣ strutture trasparenti: serramenti vetrati
 - ▣ strutture opache: pareti perimetrali, solai di copertura, solai di terra.

Caratteristiche ed esempi di un involucro edilizio energeticamente efficiente – chiusure trasparenti

All C. D.Lgs. 311/06, **trasmissione delle chiusure trasparenti:**

CON INFISSI

Tabella 4a. Valori limite della trasmittanza termica U delle chiusure trasparenti comprensive degli infissi espressa in W/m^2K

| Zona climatica | Dall' 1 gennaio 2006 U (W/m^2K) | Dall' 1 gennaio 2008 U (W/m^2K) | Dall' 1 gennaio 2010 U (W/m^2K) |
|----------------|--|--|--|
| A | 5,5 | 5,0 | 4,6 |
| B | 4,0 | 3,6 | 3,0 |
| C | 3,3 | 3,0 | 2,6 |
| D | 3,1 | 2,8 | 2,4 |
| E | 2,8 | 2,4 | 2,2 |
| F | 2,4 | 2,2 | 2,0 |

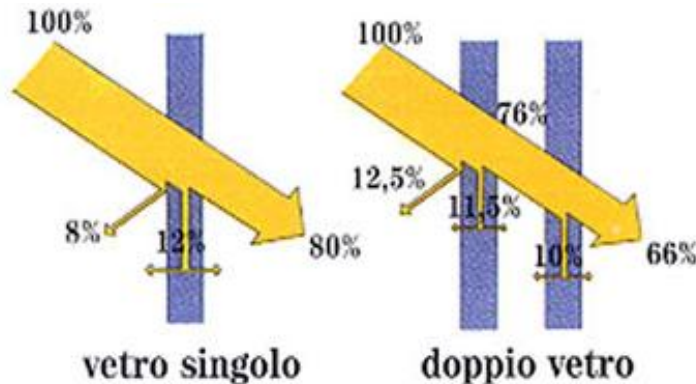
SENZA INFISSI

Tabella 4b. Valori limite della trasmittanza centrale termica U dei vetri espressa in W/m^2K

| Zona climatica | Dall' 1 gennaio 2006 U (W/m^2K) | Dall' 1 luglio 2008 U (W/m^2K) | Dall' 1 gennaio 2011 U (W/m^2K) |
|----------------|--|---|--|
| A | 5,0 | 4,5 | 3,7 |
| B | 4,0 | 3,4 | 2,7 |
| C | 3,0 | 2,3 | 2,1 |
| D | 2,6 | 2,1 | 1,9 |
| E | 2,4 | 1,9 | 1,7 |
| F | 2,3 | 1,7 | 1,3 |

Caratteristiche ed esempi di un involucro edilizio energeticamente efficiente - chiusure trasparenti

■ Il D.Lgs 311/06 definisce, quindi, i valori limite per la trasmittanza delle strutture trasparenti in base alla zona climatica in cui si trova l'edificio. Tali limiti possono essere rispettati utilizzando **soluzioni costruttive molto semplici** come per esempio l'adozione di **vetri doppi** in luogo di quelli singoli:



| VETRO SINGOLO | VALORE LIMITE D.Lgs 311/06 (1 Gennaio '06) | VETRO DOPPIO |
|------------------------------|--|------------------------------|
| 5,85 W/m²K | 2,30-5,00 W/m²K* | 3,00 W/m²K |

■ La soluzione del doppio vetro rappresenta solo un punto di partenza per ridurre la trasmittanza e rispettare il valore limite della normativa. Altri elementi che entrano in gioco sono, ad esempio: numero di vetri, spessore dei vetri, numero di intercapedini d'aria, spessore delle intercapedini d'aria, filtri selettivi, ecc.

Caratteristiche ed esempi di un involucro edilizio energeticamente efficiente - chiusure trasparenti

- Le strutture trasparenti rappresentano un punto debole in termini di scambio termico interno-esterno sia in inverno che in estate:
 - In **inverno** determinano una dispersione di calore verso l'esterno che comporta un consumo eccessivo di energia per riscaldamento per mantenere l'ambiente alla temperatura desiderata
 - In **estate** non filtrano la radiazione solare che determina, quindi, un aumento della temperatura interna, con conseguente necessità dell'utilizzo di climatizzatori

Riguardo l'ultimo punto, il D.Lgs. 311/06, al fine di limitare i fabbisogni energetici per la climatizzazione estiva e di contenere la temperatura interna degli ambienti, rende **obbligatoria l'installazione di "sistemi schermanti esterni"**:

schermature solari esterne: sistemi che, applicati all'esterno di una superficie vetrata trasparente, permettono una modulazione variabile e controllata dei parametri energetici e ottico luminosi in risposta alle sollecitazioni solari.

Caratteristiche ed esempi di un involucro edilizio energeticamente efficiente - chiusure trasparenti

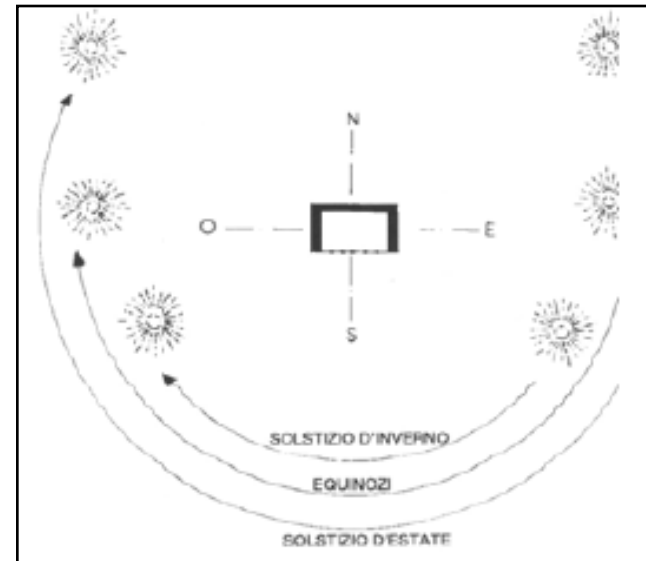
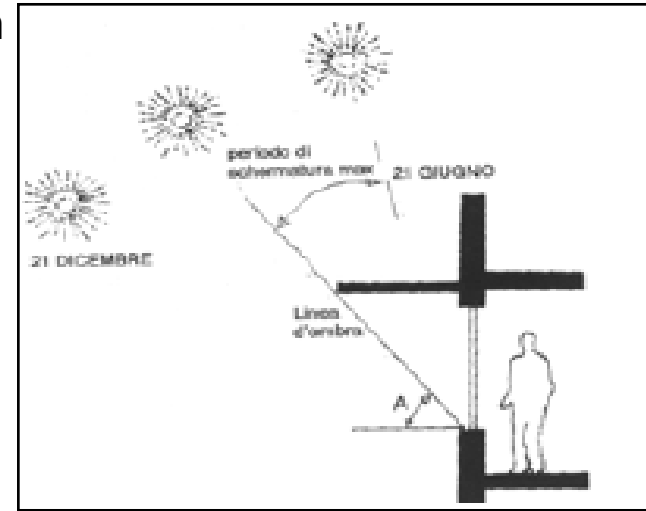
- E' opportuno che le schermature fisse siano congruenti con l'orientamento della facciata di riferimento.

Esempi di schermature solari



*Aggetti frangisole **orizzontali** per facciate esposte a **Sud**. Il sole si trova con un angolo piuttosto alto rispetto all'orizzonte e quindi un angolo d'incidenza sulla facciata praticamente irrilevante*

*Aggetti frangisole **verticali** per facciate esposte a **Est e Ovest**. Il sole si trova con un angolo più basso rispetto all'orizzonte e quindi un angolo d'incidenza sulla facciata maggiore*

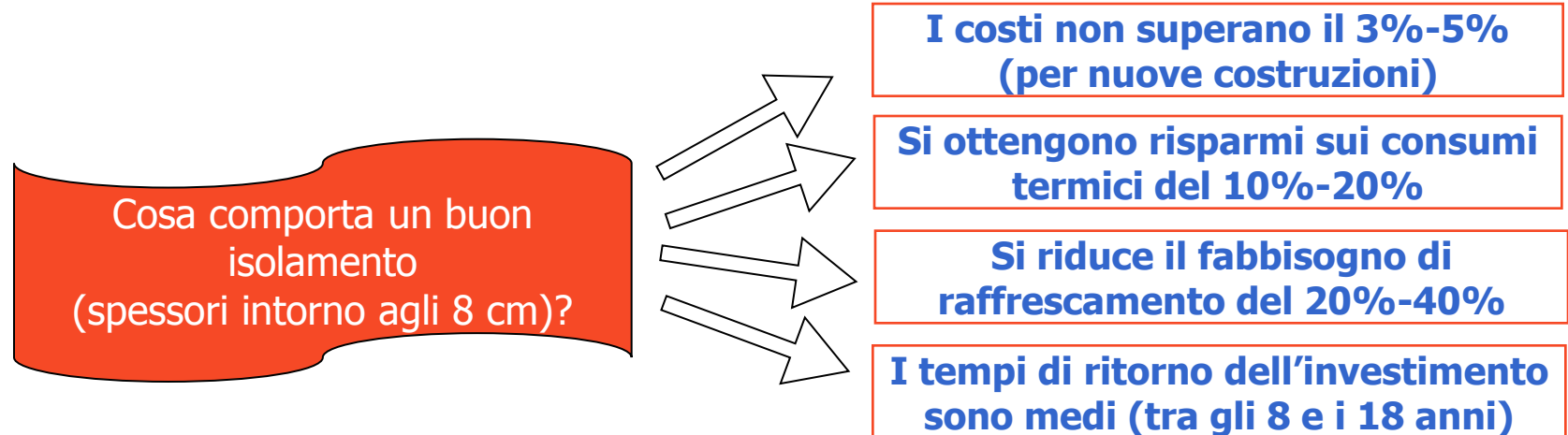


Fonte: manuale PREFER

Caratteristiche ed esempi di un involucro edilizio energeticamente efficiente – **strutture opache**

■ Sebbene gli interventi da applicare alle **strutture opache** per rispettare i limiti imposti dalla normativa possano essere differenti a seconda delle condizioni in cui ci si trova, in genere l'intervento più semplice da realizzare, ma che comporta notevoli benefici, è **l'aggiunta di materiali isolanti alle parti perimetrali (pareti, tetto, solaio di terra)**.

Questo vale soprattutto nei casi di ristrutturazioni, quando non si può intervenire nella scelta di materiali e soluzioni costruttive innovativi.



Fonte: manuale PREFER

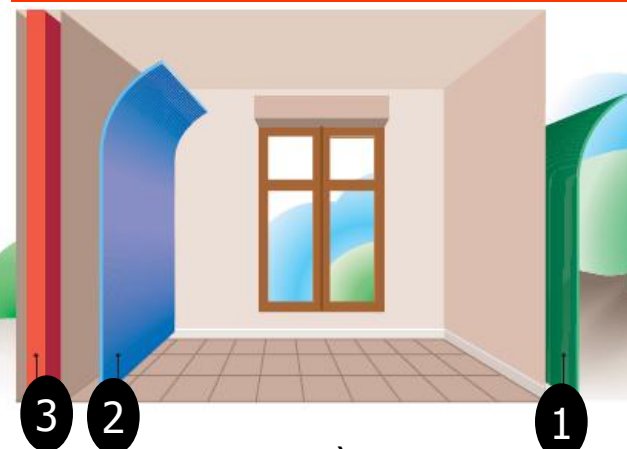
Caratteristiche ed esempi di un involucro edilizio energeticamente efficiente – pareti perimetrali

All. C. D.Lgs. 311/06 **strutture opache (PARETI VERTICALI)**

Tabella 2.1 Valori limite della trasmittanza termica U delle strutture opache verticali espressa in W/m^2K

| Zona climatica | Dall' 1 gennaio 2006 U (W/m^2K) | Dall' 1 gennaio 2008 U (W/m^2K) | Dall' 1 gennaio 2010 U (W/m^2K) |
|----------------|--|--|--|
| A | 0,85 | 0,72 | 0,62 |
| B | 0,64 | 0,54 | 0,48 |
| C | 0,57 | 0,46 | 0,40 |
| D | 0,50 | 0,40 | 0,36 |
| E | 0,46 | 0,37 | 0,34 |
| F | 0,44 | 0,35 | 0,33 |

Esempi di isolamenti delle pareti verticali



1 Isolamento dall'esterno È senza dubbio la *soluzione più efficace* per isolare bene un edificio. In particolare è molto conveniente quando è comunque previsto un rifacimento della facciata.

2 Isolamento dall'interno È un metodo non eccessivamente costoso. Provoca, però, una *leggera diminuzione dello spazio abitabile* e può necessitare della rimozione dei radiatori, delle prese e degli interruttori elettrici.

3 Isolamento nell'intercapedine Quando la parete contiene un'intercapedine è possibile riempirla con degli opportuni materiali isolanti. La spesa è modesta e l'intervento è conveniente. (Fonte: Enea)

VALORI DI TRASMITTANZA
PARETI VERTICALI
(Fonte: Raccomandazioni CTI)

Prospetto A.1: Trasmittanza termica delle pareti perimetrali verticali¹ [W/m^2K].

| Spessore [m] | Muratura di pietrame intonacata | Muratura di mattoni pieni intonacati sulle due facce | Pannello prefabbricato in cls | Parete a cassa vuota ⁶ con mattoni torati | Struttura isolata ⁷ |
|--------------|---------------------------------|--|-------------------------------|--|--------------------------------|
| 0,15 | - | 2,31 | 4,03 | - | 0,59 |
| 0,20 | - | 1,84 | 3,64 | - | 0,57 |
| 0,25 | 3,55 | 1,54 | 3,36 | 1,20 | 0,54 |
| 0,30 | 3,19 | 1,33 | 3,15 | 1,15 | 0,52 |
| 0,35 | 2,92 | 1,18 | 2,98 | 1,11 | 0,50 |
| 0,40 | 2,70 | 1,06 | 2,84 | 1,11 | 0,48 |
| 0,45 | 2,52 | 0,97 | 2,73 | 1,11 | 0,46 |
| 0,50 | 2,37 | 0,89 | 2,63 | 1,11 | 0,44 |
| 0,55 | 2,24 | 0,82 | 2,54 | 1,11 | 0,42 |
| 0,60 | 2,13 | 0,77 | 2,46 | 1,11 | 0,40 |

Caratteristiche ed esempi di un involucro edilizio energeticamente efficiente - coperture

All. C. D.Lgs. 311/06 **strutture opache** (COPERTURE)

Tabella 3.1 Valori limite della trasmittanza termica U delle strutture opache orizzontali o inclinate di copertura espressa in W/m^2K

| Zona climatica | Dall' 1 gennaio 2006 U (W/m^2K) | Dall' 1 gennaio 2008 U (W/m^2K) | Dall' 1 gennaio 2010 U (W/m^2K) |
|----------------|--|--|--|
| A | 0,80 | 0,42 | 0,38 |
| B | 0,60 | 0,42 | 0,38 |
| C | 0,55 | 0,42 | 0,38 |
| D | 0,46 | 0,35 | 0,32 |
| E | 0,43 | 0,32 | 0,30 |
| F | 0,41 | 0,31 | 0,29 |

Esempi di isolamenti delle coperture



VALORI DI TRASMITTANZA COPERTURE
(Fonte: Raccomandazioni CTI)

Prospetto A.4: Trasmittanza termica delle coperture piane e a falde [W/m^2K].

| Spessore [m] | Soletta piana non coibentata in laterocemento | Soletta piana coibentata | Tetto a falda in laterizio non coibentato | Tetto a falda in laterizio coibentato | Tetto in legno poco isolato | Tetto in legno mediamente isolato |
|--------------|---|--------------------------|---|---------------------------------------|-----------------------------|-----------------------------------|
| 0,15 | 2,00 | 0,77 | 2,77 | 0,87 | 1,31 | 0,72 |
| 0,20 | 1,76 | 0,72 | 2,39 | 0,81 | | |
| 0,25 | 1,53 | 0,67 | 2,02 | 0,75 | | |
| 0,30 | 1,30 | 0,61 | 1,65 | 0,68 | | |
| 0,35 | 1,06 | 0,56 | 1,28 | 0,62 | | |

1 Copertura piana È un intervento *estremamente delicato* perché necessita di un'accurata impermeabilizzazione

2 Sottotetto non praticabile Conviene *porre l'isolante sul pavimento del sottotetto*; isolare la parte inclinata porterebbe solo a riscaldare inutilmente il volume del sottotetto con il calore che sale dagli ambienti sottostanti.

3 Sottotetto praticabile Si deve fissare l'isolante *parallelamente alla pendenza del tetto*, se si vuole ottenere un ambiente confortevole ed abitabile. Se invece il sottotetto è usato solo come locale di sgombero conviene realizzare l'isolamento a pavimento.

4 Soffitto ultimo piano È un intervento di facile attuazione che, generalmente, non richiede decisioni condominiali. (Fonte: Enea)

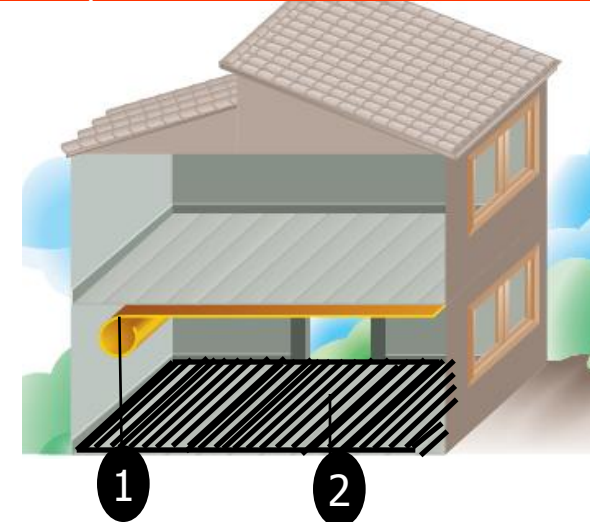
Caratteristiche ed esempi di un involucro edilizio energeticamente efficiente – solai a terra

Esempi di isolamenti dei solai a terra

All. C. D.Lgs. 311/06 **strutture opache** (SOLAI A TERRA)

Tabella 3.2 Valori limite della trasmittanza termica U delle strutture opache orizzontali di pavimento espressa in W/m^2K

| Zona climatica | Dall' 1 gennaio 2006 U (W/m^2K) | Dall' 1 gennaio 2008 U (W/m^2K) | Dall' 1 gennaio 2010 U (W/m^2K) |
|----------------|--|--|--|
| A | 0,80 | 0,74 | 0,65 |
| B | 0,60 | 0,55 | 0,49 |
| C | 0,55 | 0,49 | 0,42 |
| D | 0,46 | 0,41 | 0,36 |
| E | 0,43 | 0,38 | 0,33 |
| F | 0,41 | 0,36 | 0,32 |



VALORI DI TRASMITTANZA PAVIMENTI
(Fonte: Raccomandazioni CTI)

Prospetto A.6: Trasmittanza termica dei solai a terra, su spazi aperti o su ambienti non riscaldati [W/m^2K].

| Spessore [m] | Soletta in laterocemento su cantina | Soletta in laterocemento su vespaio o pilotis | Basamento in laterocemento su terreno | Basamento in cls su terreno | Soletta generica coibentata su cantina-vespaio-pilotis |
|--------------|-------------------------------------|---|---------------------------------------|-----------------------------|--|
| 0,20 | 1,54 | 1,76 | 1,37 | 1,35 | 0,71 |
| 0,25 | 1,35 | 1,53 | 1,24 | 1,31 | 0,66 |
| 0,30 | 1,16 | 1,30 | 1,11 | 1,27 | 0,61 |
| 0,35 | 0,97 | 1,06 | 0,98 | 1,23 | 0,55 |

Gli appartamenti siti sopra porticati sovente disperdono il loro calore attraverso il pavimento essendo a diretto contatto con l'ambiente esterno più freddo.

1 Sottotetto su garage e cantine Anche le cantine ed i garage beneficiano inutilmente degli apporti di calore provenienti dai locali superiori abitati e riscaldati. Per evitare questi inconvenienti basta isolare il soffitto dei locali non riscaldati e dei porticati.

(Fonte: Enea)

2 Pavimento a terra Nei casi di pavimento a contatto con il suolo è opportuno prevedere un isolamento dello stesso per evitare le dispersioni di calore e le infiltrazioni di umidità

Indice

| | |
|---|--|
| | Premessa |
| 1 | La situazione energetica del settore edilizio |
| 2 | Caratteristiche ed esempi di un involucro edilizio energeticamente efficiente |
| 3 | Caratteristiche ed esempi di sistemi impiantistici energeticamente efficienti |
| 4 | Integrazione di sistemi impiantistici da fonti rinnovabili |
| 5 | Audit energetico degli edifici del Comune di Bresso |
| 6 | Cenni sulla metodologia di calcolo |
| 7 | Raccomandazioni per il risparmio ed analisi costi/benefici |

Caratteristiche ed esempi di sistemi impiantistici energeticamente efficienti

- E' noto che per mantenere in un locale (sia esso isolato o meno) la temperatura ambiente di progetto, il **fabbisogno di energia (Q_h) deve essere reintegrato dall'impianto di riscaldamento.**
- **Il corpo scaldante** dovrà fornire una quantità di energia maggiore di Q_h e la caldaia **dovrà bruciare una quantità di energia primaria ancora maggiore** di quella emessa dal corpo scaldante, in quanto i sistemi di riscaldamento reali non sono in grado di eliminare completamente alcune perdite di calore.
- Il miglioramento delle prestazioni termiche degli impianti di riscaldamento non può prescindere da un'attenta analisi dei **quattro rendimenti** che li caratterizzano:
 - ▣ η_e rendimento medio stagionale di **emissione**;
 - ▣ η_c rendimento medio stagionale di **regolazione**;
 - ▣ η_d rendimento medio stagionale di **distribuzione**;
 - ▣ η_p rendimento medio stagionale di **produzione**;

Caratteristiche ed esempi di sistemi impiantistici energeticamente efficienti

Rendimento di emissione: rapporto tra il fabbisogno energetico utile di riscaldamento degli ambienti con un sistema di emissione di riferimento in grado di fornire una temperatura perfettamente uniforme ed uguale nei vari ambienti ed il sistema di emissione reale nelle stesse condizioni di temperatura interna di riferimento e di temperatura esterna

Rendimento di regolazione: rapporto tra il fabbisogno energetico utile di riscaldamento degli ambienti con una regolazione teorica perfetta e quello richiesto per il riscaldamento degli stessi ambienti con l'impianto di regolazione reale

Rendimento di distribuzione: rapporto tra il fabbisogno energetico utile reale delle zone e l'energia termica fornita dal sistema di produzione

Rendimento di produzione: Rapporto tra l'energia termica fornita dal sistema di produzione e il fabbisogno di energia primaria

Rendimento globale medio stagionale

Rendimento globale medio stagionale

E' il rapporto tra il fabbisogno di energia termica utile per la climatizzazione invernale e l'energia primaria delle fonti energetiche, ivi compresa l'energia elettrica dei dispositivi ausiliari, calcolato con riferimento al periodo annuale di esercizio di cui all'art. 9 del D.P.R 26 agosto 1993, n. 412.

Il D.lgs 311/06 definisce la soglia minima per il rendimento globale medio stagionale (η_g), distinguendo tra due casi:

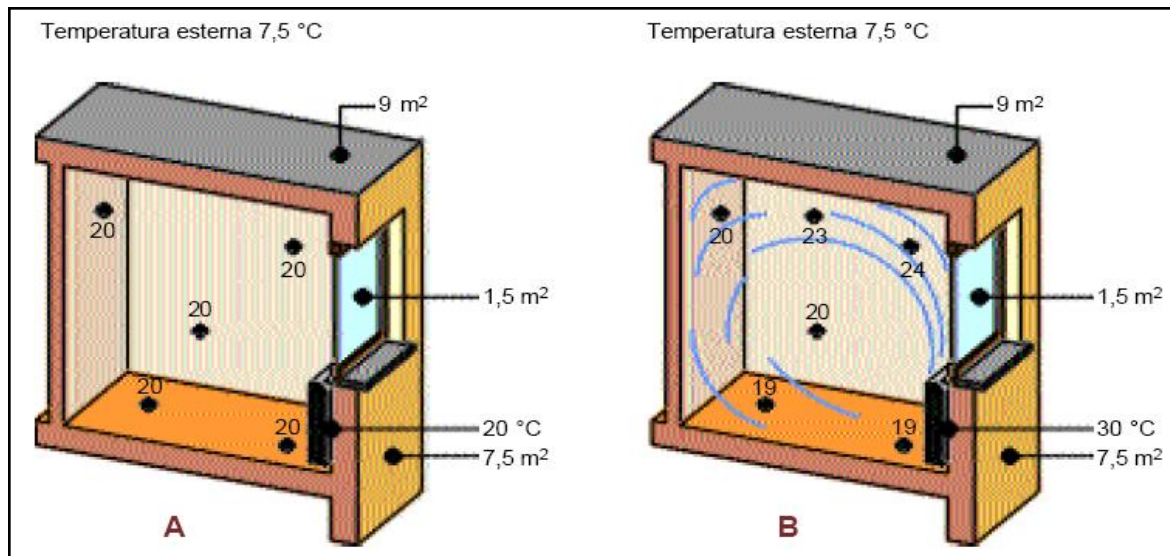
- potenza utile nominale del generatore (P_n) < 1000 kW:

$$\eta_g = (75 + 3 \log P_n) \%$$

- potenza utile nominale del generatore (P_n) > 1000 kW:

$$\eta_g = 84 \%$$

Caratteristiche ed esempi di sistemi impiantistici energeticamente efficienti (rendimento di emissione η_e)



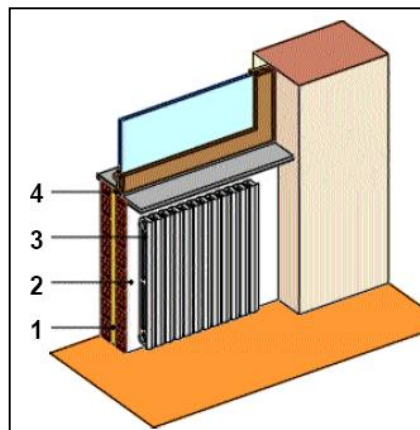
Distribuzione delle temperature con un sistema di emissione reale (B), confrontata con quella del sistema di emissione teorico di riferimento (A)

Rendimenti di emissione per diversi terminali di erogazione (fonte: UNI 10348)

Esempi di interventi per migliorare il rendimento di emissione



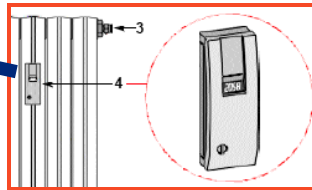
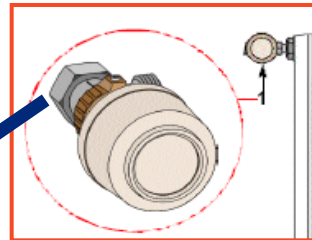
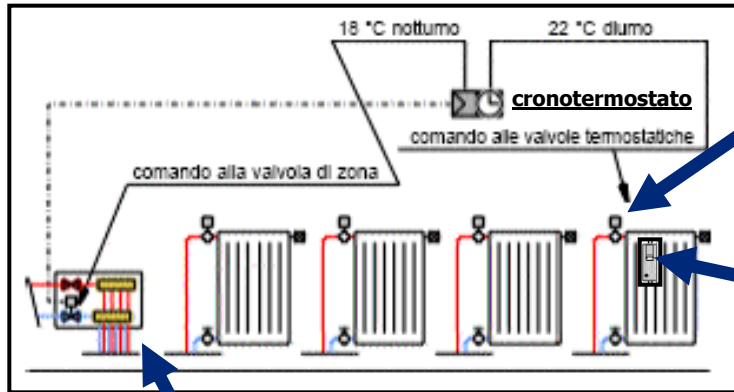
| TERMINALE DI EROGAZIONE | η_e |
|--|----------|
| termoconvettori | 0,99 |
| ventilconvettori | 0,98 |
| bochette aria calda | 0,97 |
| radiatori * | 0,96 |
| pannelli radianti isolati dalle strutture** | 0,97 |
| pannelli radianti annegati nella struttura** | 0,95 |



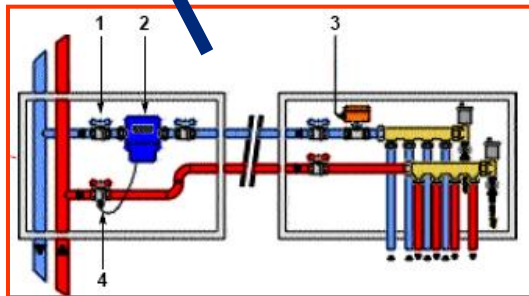
1. Isolamento termico con resistenza termica $> 1\text{m}^2\text{K/W}$.
2. Superficie riflettente.
3. Corretto posizionamento del corpo scaldante (almeno 2 cm dalla parete, 10 cm dal pavimento e 10 cm dalla mensola).
4. Mensola con taglio termico.

Fonte: Assotermica

Caratteristiche ed esempi di sistemi impiantistici energeticamente efficienti (rendimento di regolazione η_c)



Fonte: Assotermica



- 1 Valvola di intercettazione.
- 2 Contatore di calore.
- 3 Valvola di zona motorizzata.
- 4 Valvola di intercettazione con sonda di temperatura di andata.

Esempi di interventi per migliorare il rendimento di regolazione

L'applicazione delle valvole termostatiche e della contabilizzazione del calore indiretta consente di ottenere i seguenti vantaggi:

- ▣ *autonomia gestionale, con un risparmio medio di circa il 10%;*
- ▣ *aumento del rendimento di regolazione, da quello che compete ai sistemi 1 o 2, a quello che compete al sistema 4 (con un ulteriore 15% circa di risparmio).*

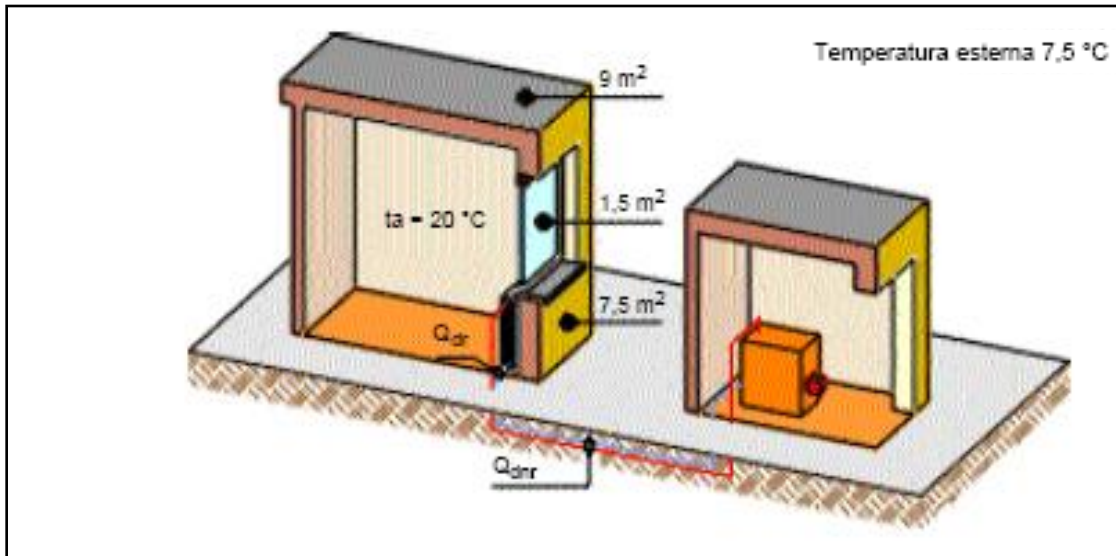
L'aggiunta di un cronotermostato agente sulla valvola di zona consente inoltre la regolazione su due livelli diurno (controllo valvole termostatiche) notturno (controllo valvole di zona).

Rendimenti di regolazione per diversi sistemi (fonte: UNI 10348)

| Sistema di regolazione | Tipologia di prodotto | Impianto di riscaldamento | | |
|------------------------------|-----------------------|------------------------------------|---|--|
| | | radiatori e convettori | pannelli radianti isolati dalla struttura | pannelli radianti annegati nella struttura |
| Regolazione manuale (1) | Termostato a caldaia | 0,96 - (0,6* η_u * γ) | 0,94 - (0,6* η_u * γ) | 0,90 - (0,6* η_u * γ) |
| Climatico centralizzato (2) | Regolatore | 1 - (0,6* η_u * γ) | 0,98 - (0,6* η_u * γ) | 0,94 - (0,6* η_u * γ) |
| Solo per singolo amb. (3) | Regolatore | 0,94 ÷ 0,98 | 0,92 ÷ 0,96 | 0,88 ÷ 0,92 |
| Climatico + singolo amb. (4) | Regolatore | 0,97 ÷ 0,99 | 0,95 ÷ 0,98 | 0,93 ÷ 0,96 |
| Solo di zona (5) | Regolatore | 0,93 ÷ 0,97 | 0,91 ÷ 0,96 | 0,87 ÷ 0,92 |
| Climatico + zona (6) | Regolatore | 0,96 ÷ 0,98 | 0,94 ÷ 0,97 | 0,92 ÷ 0,95 |

Risparmio energetico del 25 %

Caratteristiche ed esempi di sistemi impiantistici energeticamente efficienti (rendimento di distribuzione η_d)



Q_{dnr} : Energia termica dispersa dalla rete di distribuzione corrente all'esterno dell'involucro riscaldato e quindi non recuperata
 Q_{dr} : calore disperso recuperato

Valori
convenzionali di
 η_d : 0,88 ÷ 0,96
(Fonte: UNI 10348)

Esempi di interventi per migliorare il rendimento di distribuzione

■ Il calore Q_d disperso da una tubazione è **inversamente proporzionale alla resistenza termica del suo isolamento termico e direttamente proporzionale al diametro, alla lunghezza e alla differenza di temperatura fra fluido ed ambiente.**

▣ preferire tipologie impiantistiche che prevedano una **rete di distribuzione tutta interna all'involucro riscaldato** (recupero delle dispersioni);

▣ **per reti con percorsi esterni all'involucro riscaldato**, prevedere un congruo ed accurato **isolamento termico delle tubazioni**, (per i nuovi impianti, anche in edifici esistenti, e nella ristrutturazione degli impianti, basarsi sull'allegato B al DPR 412/93 - spessori minimi di materiale isolante);

▣ prevedere **reti di lunghezza il più possibile contenuta**, evitando percorsi tortuosi e non necessari;

▣ prevedere **temperature di progetto il più possibile basse**

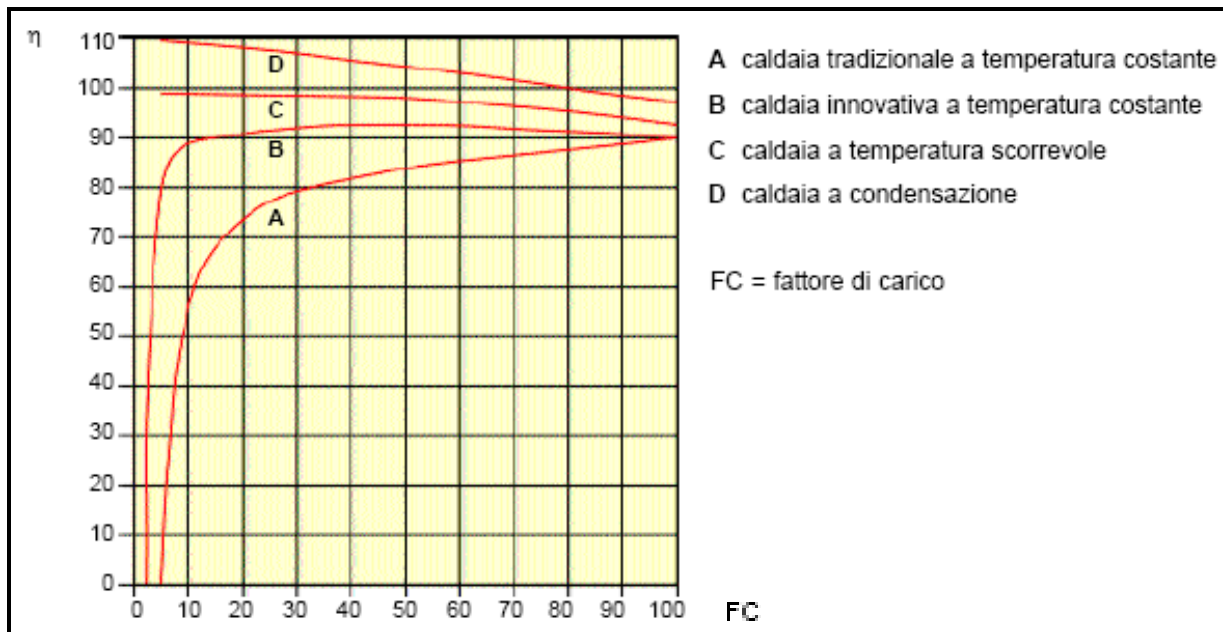
Fonte: Assotermica

Caratteristiche ed esempi di sistemi impiantistici energeticamente efficienti (rendimento di produzione η_p)

■ Le soluzioni impiantistiche attualmente utilizzabili sono:

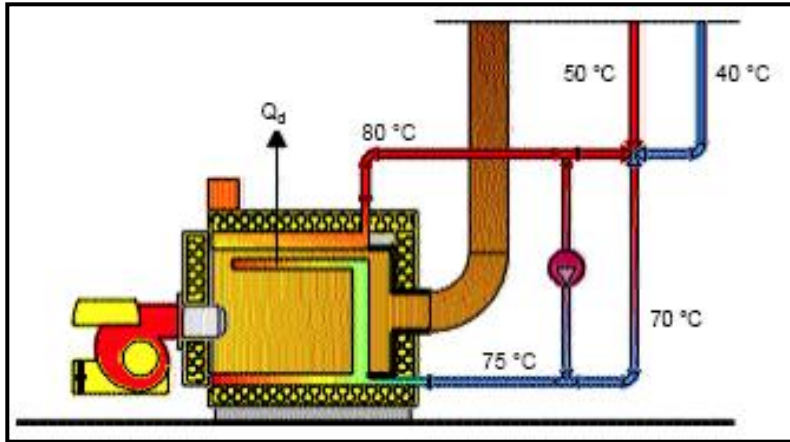
- Generatore di calore a temperatura costante;
- Generatore di calore a temperatura scorrevole;
- Generatore di calore a condensazione;

■ CONFRONTO INDICATIVO TRA I RENDIMENTI MEDIAMENTE OTTENIBILI CON DIVERSI TIPI DI GENERATORE IN FUNZIONE



Caratteristiche ed esempi di sistemi impiantistici energeticamente efficienti (rendimento di produzione η_p)

Generatore di calore a temperatura costante (tradizionalmente utilizzati negli ultimi anni)



■ SVANTAGGI:

- Mantenere una **temperatura costante piuttosto elevata**, per assicurare l'assenza di problemi di condensazione.
- La temperatura elevata è causa di notevoli dispersioni di calore dall'involucro e di **incremento delle perdite a bruciatore spento**.
- Il **rendimento di produzione** stagionale può risultare quindi molto **basso** pur in presenza di un buon rendimento di combustione, se è basso il fattore di carico, che indica il grado di utilizzo del generatore.

Caratteristiche di un generatore di calore a temperatura costante con elevato rendimento

Un generatore di calore a temperatura costante **può essere considerato innovativo** quando:

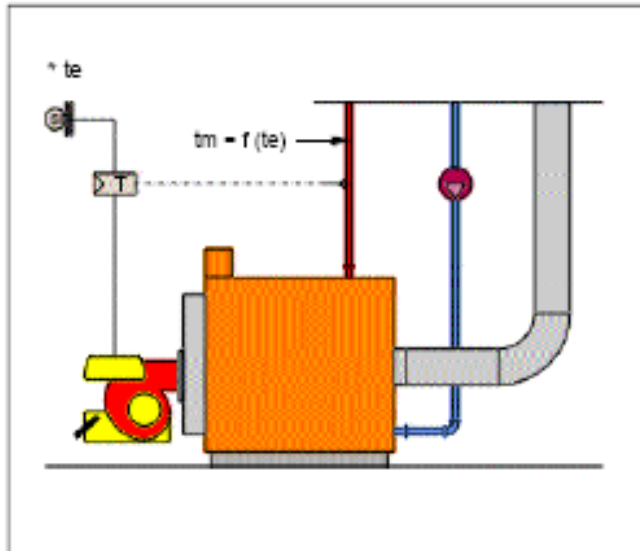
- E' provvisto di un **isolamento termico del mantello** molto efficiente (di spessore elevato), atto a limitare le perdite (Q_d);
- E' provvisto di un **bruciatore con serranda sull'aspirazione dell'aria comburente**, per una drastica riduzione delle perdite al camino a bruciatore spento (Q_{fbs});
- E' provvisto di un **bruciatore a più stadi, oppure modulante**, per un migliore rendimento di combustione.

Alle condizioni di cui sopra, il rendimento si mantiene molto elevato anche a carichi termici molto bassi.

Fonte: Assotermica

Caratteristiche ed esempi di sistemi impiantistici energeticamente efficienti (rendimento di produzione η_p)

Generatori a temperatura scorrevole



Caratteristiche di un generatore di calore a temperatura scorrevole

- ▣ Grazie al loro funzionamento che è caratterizzato da una **temperatura variabile**, in funzione della richiesta del carico dell'impianto e quindi rapportata alle condizioni climatiche, **consentono il raggiungimento di elevati valori del rendimento medio stagionale**
- ▣ **adeguamento automatico del carico alle condizioni** climatiche stagionali e giornaliere, che si realizza nel funzionamento del generatore a temperatura scorrevole, **copia** quanto più possibile, **la curva dell'energia richiesta dall'impianto**
- ▣ **abbassamento della temperatura media**, nell'arco di funzionamento del generatore, con una drastica **diminuzione delle perdite verso l'ambiente dall'involucro esterno ed al camino a bruciatore spento**;
- ▣ le **perdite al camino**, per calore sensibile, sono notevolmente **ridotte a vantaggio del rendimento di combustione**;
- ▣ il **rendimento istantaneo** risulta anch'esso sensibilmente **migliorato** grazie alla **riduzione di tutte le perdite di calore**

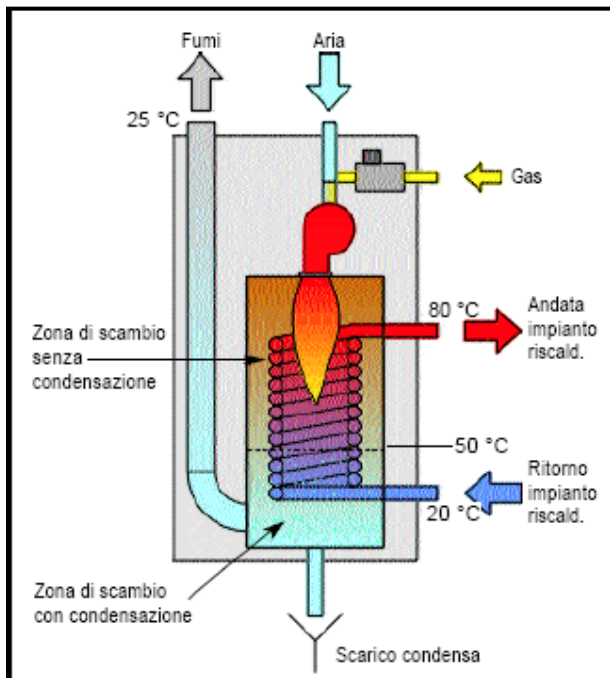
Fonte: Assotermica

Caratteristiche ed esempi di sistemi impiantistici energeticamente efficienti (rendimento di produzione η_p)

Generatori a condensazione

■ I limiti all'aumento del rendimento medio stagionale nei sistemi tradizionali di generatori di calore sono:

- **la temperatura dei fumi non può scendere sotto determinati valori**, se deve essere garantito il corretto funzionamento del camino;
- **la temperatura dell'acqua non può scendere sotto determinati valori** indicati dal costruttore, **per evitare pericoli di condensazione**, al fine di evitare incrostazioni nel circuito dei fumi e corrosione dei materiali dovuti all'acidità delle condense stesse



Caratteristiche di un generatore di calore a condensazione

■ I generatori di calore a condensazione sono progettati per superare questi limiti, grazie alle seguenti particolarità:

- uno **scambiatore di calore fumi-acqua** molto abbondante abbassa la temperatura dei fumi fino a valori di poco superiori a quelli della temperatura dell'acqua di ritorno
- il **vapore d'acqua contenuto nei fumi condensa** abbondantemente, se pure in misura variabile con l'eccesso d'aria e con la temperatura dell'acqua di ritorno, **cedendo all'acqua del generatore il suo calore latente di vaporizzazione**

Fonte: Assotermica

Indice

| | |
|---|---|
| | Premessa |
| 1 | La situazione energetica del settore edilizio |
| 2 | Caratteristiche ed esempi di un involucro edilizio energeticamente efficiente |
| 3 | Caratteristiche ed esempi di sistemi impiantistici energeticamente efficienti |
| 4 | Integrazione di sistemi impiantistici da fonti rinnovabili |
| 5 | Audit energetico degli edifici del Comune di Bresso |
| 6 | Cenni sulla metodologia di calcolo |
| 7 | Raccomandazioni per il risparmio ed analisi costi/benefici |

■ Il D.Lgs 311/06 rende obbligatorio l'utilizzo di fonti rinnovabili per la produzione di energia termica ed elettrica, in particolare:

- Nel caso di **edifici di nuova costruzione** o in occasione di **nuova installazione di impianti termici** o di **ristrutturazione degli impianti termici esistenti**, l'**impianto di produzione** di energia termica **deve** essere progettato e realizzato in modo da **coprire almeno il 50%** del fabbisogno annuo di energia primaria richiesta **per la produzione di acqua calda sanitaria** con l'utilizzo delle predette fonti di energia. Tale limite è ridotto al **20%** per gli edifici situati nei centri storici
- Nel caso di **edifici di nuova costruzione, pubblici e privati, o di ristrutturazione degli stessi** conformemente all'articolo 3, comma 2, lettera a), è **obbligatoria** l'installazione di impianti **fotovoltaici per la produzione di energia elettrica**.

■ **L'obbligo di utilizzo di fonti rinnovabili**, nello specifico solare termico e fotovoltaico comporta notevoli **vantaggi**:

- **Risparmio economico** connesso al ridotto utilizzo di fonti di energia "tradizionali"
- **Riduzione delle emissioni di CO₂** per riscaldamento ed energia elettrica. Scelta ambientalmente "sostenibile".

Indice

| | |
|---|---|
| | Premessa |
| 1 | La situazione energetica del settore edilizio |
| 2 | Caratteristiche ed esempi di un involucro edilizio energeticamente efficiente |
| 3 | Caratteristiche ed esempi di sistemi impiantistici energeticamente efficienti |
| 4 | Integrazione di sistemi impiantistici da fonti rinnovabili |
| 5 | Audit energetico degli edifici del Comune di Bresso |
| 6 | Cenni sulla metodologia di calcolo |
| 7 | Raccomandazioni per il risparmio ed analisi costi/benefici |

Audit energetico degli edifici del Comune di Bresso

La diagnosi energetica che si effettuerà per gli edifici del Comune di Bresso sarà suddivisa nelle seguenti fasi:

- STEP 1 – AUDIT LEGGERO
- STEP 2 – AUDIT DI DETTAGLIO

Attraverso l'**audit leggero** sarà possibile individuare in modo semplice e rapido un gruppo di edifici campione, sui quali sarà successivamente effettuata la diagnosi approfondita, **audit di dettaglio**, che si articola nei seguenti step:

- Step 2.1 Analisi delle caratteristiche dimensionali, costruttive ed impiantistiche dell'edificio
- Step 2.2 Analisi delle condizioni climatiche ed occupazionali
- Step 2.3 Analisi dei consumi di combustibile e calcolo delle emissioni di CO2
- Step 2.4 Analisi degli usi finali di energia elettrica
- Step 2.5 Applicazione del Modello di Calcolo del Fabbisogno Energetico dell'edificio
- Step 2.6 Raffronto tra consumi reali e fabbisogno teorico
- Step 2.7 Individuazione delle principali criticità
- Step 2.8 Individuazione delle raccomandazioni per il risparmio energetico
- Step 2.9 Analisi costi-benefici

STEP 1 - AUDIT LEGGERO

L'audit leggero sarà effettuato applicando una metodologia elaborata da RGA secondo un approccio in parte analogo a quello sperimentato da ENEA e FIRE per un censimento energetico di edifici scolastici in Italia (1997-98); tale metodologia consente di identificare gli edifici comunali più energivori.

Il metodo di analisi utilizzato per individuare i consumi energetici e classificare gli edifici è di rapida e facile esecuzione, richiede pochi dati di base e tutti facilmente reperibili:

- Volumetria lorda riscaldata (V);
- Superficie lorda ai piani calpestabile (Ap);
- Superficie disperdente dell'edificio (S);
- Consumi annui di combustibile e di energia elettrica degli ultimi 3 anni (Ci);
- Località;
- Ore di funzionamento dell'edificio (H)
- Gradi-giorno* della località del Comune di ubicazione dell'edificio (GG)

*Per la definizione esatta di GG si rimanda al DPR 412/93.

STEP 1 - AUDIT LEGGERO

La valutazione di merito della qualità energetica degli edifici in esame avviene attraverso il confronto dei consumi energetici specifici di ciascun edificio, opportunamente "normalizzati" ed "indicizzati", con quelli di altri edifici appartenenti alle stesse categorie di edifici, così come definite all'art. 3 (Classificazione generale degli edifici per categorie) dal DPR 412/93.

La metodologia consiste nella determinazione di "*Indicatori Energetici*" univoci, che forniscono valori confrontabili all'interno di una stessa categoria di edifici. Gli indicatori di cui sopra vengono generati seguendo diverse fasi di seguito elencate:

1. rilevamento dei consumi di energia;
2. rilevamento delle caratteristiche tipologiche dell'edificio: volumetria lorda riscaldata, superficie lorda ai piani e superficie disperdente degli edifici;
3. individuazione dei Gradi-Giorno della località in cui è situato l'edificio;
4. individuazione del fattore di normalizzazione del consumo per riscaldamento per tenere conto della forma dell'edificio;
5. individuazione del fattore di normalizzazione per tener conto dell'orario di funzionamento dell'edificio;
6. calcolo degli Indicatori Energetici Normalizzati (IEN), per riscaldamento ed energia elettrica.

La verifica sarà effettuata seguendo due strade:

- Per le scuole si è fatto riferimento al calcolo dell' IEN_r e IEN_e secondo il metodo sviluppato dall'ENEA e dal FIRE individuando gli edifici più energetici.
- Per gli altri edifici, poiché il metodo di ENEA/FIRE è specifico per le scuole, è stato seguito un metodo che ne segue la stessa logica, definendo gli indici IEN_r e IEN_e sulla base di un confronto delle caratteristiche di forma (rapporto S/V) e delle ore di funzionamento degli edifici del parco comunale.

STEP 2 AUDIT DI DETTAGLIO

Step 2.1) Analisi delle caratteristiche dimensionali, costruttive ed impiantistiche dell'edificio

L'analisi in oggetto viene condotta sia attraverso **verifica documentale**, sia attraverso **sopralluoghi**

Verifica documentale - La verifica documentale condotta su un edificio si esegue presso la sede del Comune.

La fase di verifica documentale ha come obiettivo quello di effettuare un'analisi approfondita dei documenti relativi all'edificio, individuando tutti gli elementi del manufatto che possono risultare critici dal punto di vista energetico e sui quali verrà focalizzata l'attenzione ai fini dell'audit

Step 2.1) Analisi delle caratteristiche dimensionali, costruttive ed impiantistiche dell'edificio

Gli **elementi da analizzare durante la verifica documentale** sono:

dati sull'edificio:

- ubicazione dell'edificio;
- località di riferimento;
- tipologia dell'utenza;
- volume lordo riscaldato;
- superficie lorda abitabile

dati sui componenti architettonici:

- caratteristiche termiche dei componenti opachi (trasmittanza, resistenza, conducibilità)
- caratteristiche dei componenti trasparenti (trasmittanza, resistenza, conducibilità);
- elenco dei materiali e dei componenti previsti e loro caratteristiche tecniche

Step 2.1) Analisi delle caratteristiche dimensionali, costruttive ed impiantistiche dell'edificio

dati sugli impianti:

- tipo di impianto termico;
- caratteristiche impianto di ventilazione;
- caratteristiche impianto di produzione acqua calda;
- tipo di terminali (radiatori, ventilconvettori, pannelli radianti, bocchette, ecc.);
- tipo di regolazione (climatica, di zona, locale, ecc.);
- tipo di generatore (caldaia a gas, pompa di calore, ecc.);
- caratteristiche del sistema di ventilazione meccanica ove previsto (portata d'aria, efficienza dell'eventuale recuperatore di calore);
- caratteristiche degli eventuali sistemi bioclimatici;
- caratteristiche dell'eventuale impianto solare termico (superficie captante e tipologia del collettore);
- caratteristiche dell'eventuale impianto fotovoltaico (superficie captante e tipologia del pannello fotovoltaico);
- caratteristiche dell'impianto elettrico (apparecchiature elettriche per riscaldamento, climatizzazione e condizionamento, macchine per ufficio, illuminazione interna ed esterna)

Step 2.1) Analisi delle caratteristiche dimensionali, costruttive ed impiantistiche dell'edificio

Ai fini dell'indagine energetica vengono stimati:

- rendimenti di produzione
- rendimenti di distribuzione
- rendimenti di emissione
- rendimenti di regolazione

Il prodotto dei quattro rendimenti permette di ottenere il **rendimento globale medio stagionale**, parametro di riferimento il cui valore limite è definito dalla normativa (D.Lgs 311/06)

3 – Fasi del Progetto presentato alla Fondazione Cariplo

Step 2.1) Analisi delle caratteristiche dimensionali, costruttive ed impiantistiche dell'edificio

Sopralluoghi – I sopralluoghi consistono in visite presso l'edificio volte alla raccolta di elementi utili ai fini dell'indagine energetica. Nel corso di tali visite, vengono effettuati anche controlli/ispezioni sulle strutture e sugli impianti.

In funzione degli elementi individuati nel corso della fase di verifica documentale, vengono verificati alcuni elementi dell'edificio sui quali esaminare evidenze oggettive, in particolare vengono esaminati:

- le condizioni al contorno, al fine di rilevare eventuali elementi nelle vicinanze dell'edificio che causano ombreggiature sull'edificio in esame;
- la rispondenza tra lo stato effettivo dell'edificio al momento della verifica e quello rilevato dalla documentazione esaminata;
- lo stato reale di manutenzione dell'edificio (verifica dei serramenti, parti vetrate, tipologia di tendaggi, ecc.)

La fase di sopralluogo viene corredata da una serie di evidenze che possono comprendere documenti rilevati sul posto o fotografie di particolari elementi architettonici.

3 – Fasi del Progetto presentato alla Fondazione Cariplo

Step 2.2) Analisi delle condizioni climatiche ed occupazionali

Per l'analisi dei consumi energetici e per il calcolo del fabbisogno energetico è fondamentale la raccolta di dati climatici e di dati relativi alle modalità di occupazione e di utilizzo dell'edificio.

dati climatici:

- zona climatica
- Gradi Giorno
- periodo di riscaldamento
- temperatura esterna
- radiazione solare
- fattori di ombreggiatura

modalità di occupazione e di utilizzo dell'edificio:

- temperatura interna
- numero di ricambi d'aria
- apporti di calore interni

3 – Fasi del Progetto presentato alla Fondazione Cariplo

Step 2.3) Analisi dei consumi di combustibile e calcolo delle emissioni di CO2

In questa fase vengono analizzati i consumi di combustibile per riscaldamento ed elettrici per almeno un triennio e viene effettuato il calcolo delle emissioni di CO2.

Calcolo delle emissioni di CO2 - Una volta determinati i consumi di combustibile delle strutture oggetto di audit, si può procedere al calcolo (ove possibile), o in alternativa alla stima, delle corrispondenti emissioni di CO2.

- In particolare, per la combustione diretta in caldaie ed impianti di gas, gasolio ed altri combustibili vengono determinate direttamente le rispettive emissioni di anidride carbonica, partendo dalle informazioni sui combustibili stessi (quantitativi bruciati, caratteristiche qualitative, fattori di emissione di CO2 per unità di combustibile e fattori di ossidazione), ottenute mediante analisi dirette, dati forniti dai fornitori o in alternativa tratte dai documenti e dalla normativa tecnica di settore.
- Per quanto riguarda le emissioni indirette di CO2, riconducibili ai consumi di energia elettrica, nel calcolo si fa riferimento a parametri e determinazioni di letteratura su mix energetici medi nazionali e tecnologie maggiormente utilizzate.

Tale calcolo va ovviamente ripetuto nell'ipotesi in cui si applicassero/adottassero tutte le soluzioni e gli interventi di miglioramento energetico, di ottimizzazione dei consumi, di gestione impiantistica e comportamentali individuati a valle degli audit condotti sugli immobili. In tal modo è possibile quantificare, accanto al risparmio energetico e quindi economico perseguibile, anche le emissioni di gas serra evitate adottando un'attenta politica di gestione energetica.

3 – Fasi del Progetto presentato alla Fondazione Cariplo

Step 2.4) Analisi degli usi finali di energia elettrica

Modalità operative - Una parte dell'analisi di dettaglio sarà dedicata alla rilevazione delle tipologie di uso dell'energia elettrica per comprendere a quali usi di energia elettrica siano associati i maggiori consumi e valutare, di conseguenza, le priorità di intervento ed ottimizzazione.

L'attività consisterà in sopralluoghi presso le unità selezionate per l'audit di dettaglio, nell'esame della documentazione e delle informazioni fornite dai referenti del Comune ed attraverso interviste e quant'altro ritenuto necessario ai fini dell'indagine.

Particolare attenzione verrà dedicata all'impiantistica ed alle apparecchiature adoperate negli edifici, senza tralasciare un'analisi dei comportamenti e delle prassi in uso da parte del personale operante negli edifici oggetto di analisi. Nella strutturazione e nella conduzione dell'audit sul lato elettrico si terrà conto delle indicazioni CESI e delle prassi di settore per questa specifica attività.

3 – Fasi del Progetto presentato alla Fondazione Cariplo

Step 2.4) Analisi degli usi finali di energia elettrica

L'analisi prenderà in considerazione i seguenti servizi energetici finali (dove applicabili):

- Apparecchiature per climatizzazione, riscaldamento, condizionamento, ecc.
- Macchine da ufficio (computer, stampanti, ecc.)
- Illuminazione di interni
- Illuminazione di esterni (spazi annessi agli edifici, ad esempio parcheggi)
- Altri servizi/processi

3 – Fasi del Progetto presentato alla Fondazione Cariplo

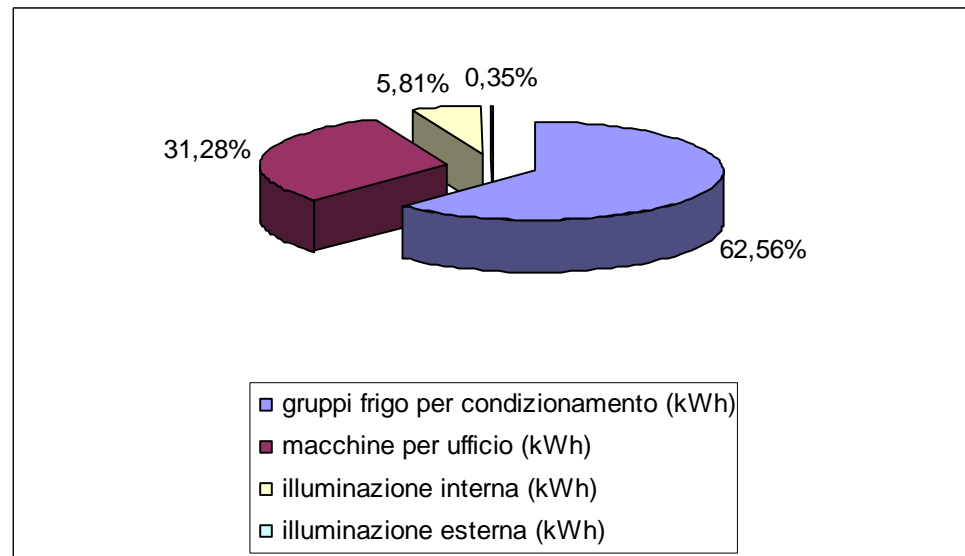
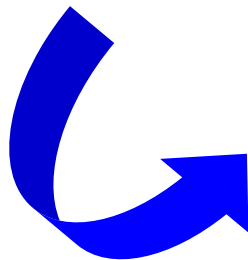
Step 2.4) Analisi degli usi finali di energia elettrica

Calcolo dei carichi elettrici

Per ogni utenza verrà elaborato un modello energetico elettrico.

Lo scopo è quello di individuare le potenze installate, le potenze assorbite, i coefficienti di utilizzo, le energie assorbite dalle aree, la **ripartizione** dei consumi (ad esempio tra illuminazione, forza motrice uffici, forza motrice per altri servizi, ascensori).

Rappresentazione della percentuale dei consumi per singola tipologia:



Indice

| | |
|---|---|
| | Premessa |
| 1 | La situazione energetica del settore edilizio |
| 2 | Caratteristiche ed esempi di un involucro edilizio energeticamente efficiente |
| 3 | Caratteristiche ed esempi di sistemi impiantistici energeticamente efficienti |
| 4 | Integrazione di sistemi impiantistici da fonti rinnovabili |
| 5 | Audit energetico degli edifici del Comune di Bresso |
| 6 | Cenni sulla metodologia di calcolo |
| 7 | Raccomandazioni per il risparmio ed analisi costi/benefici |

Come nasce il Modello messo a punto da RGA

Il Modello messo a punto da RGA è stato realizzato attraverso l'applicazione coordinata delle seguenti norme. UNI EN 832 – *Prestazione termica degli edifici – Calcolo del fabbisogno di energia per il riscaldamento – Edifici residenziali.*

- ▣ UNI EN ISO 13790 – *Prestazione termica degli edifici – Calcolo del fabbisogno di energia per il riscaldamento – Ogni tipologia di edificio.*
- ▣ UNI 10348 – *Riscaldamento degli edifici – Rendimenti dei sistemi di riscaldamento – Metodi di calcolo.*
- ▣ CTI R 03/3 – *Prestazioni energetiche degli edifici – Climatizzazione invernale e preparazione di acqua calda per usi igienico-sanitari.*

In questo modo è possibile formulare diagnosi e certificazione energetica di un sistema "edificio impianto" istituendo, quale parametro di giudizio energetico, il Fabbisogno Energetico Convenzionale.

Il risultato finale derivante dall'applicazione delle suddette norme è rappresentato dal fabbisogno annuo convenzionale di energia primaria. Tale valore, eventualmente corretto per tenere conto di un utilizzo non standard, rappresenta a tutti gli effetti, il consumo totale di combustibile ed energia elettrica espressi in MJ.

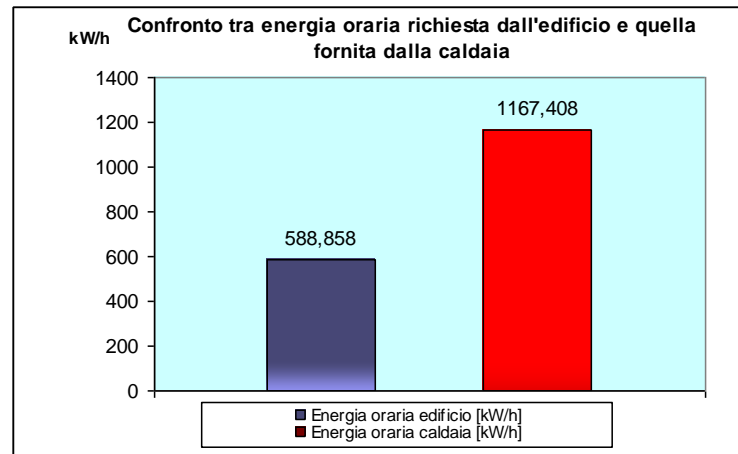
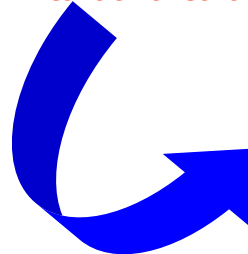
I consumi effettivi di combustibile possono essere utilizzati come dato informativo di confronto per comparazioni con i fabbisogni calcolati nello step 2.5 in condizioni standard di riferimento.

Condizione essenziale per il confronto è che i dati di consumo siano riferiti allo stesso periodo di tempo per il quale è stato effettuato il calcolo dei fabbisogni e che la conversione delle quantità di combustibile consumato espresse in volume o in peso siano correttamente effettuate con i valori standard specificati nella raccomandazione del Comitato Termotecnico Italiano CTI SC6 (utilizzata come riferimento per l'analisi dei consumi).

Ai fini dell'attribuzione dei consumi al sistema al quale si riferiscono, la raccomandazione del CTI precedentemente citata consiglia di distinguere tra:

- sistemi dedicati per riscaldamento o dedicati per produzione acqua calda sanitaria dotati di proprio misuratore o serbatoio per il rispettivo sistema
- sistemi promiscui dotati di unico misuratore o di unico serbatoio

Esempio di raffronto tra energia richiesta dall'edificio (teorica) e quella fornita dalla caldaia (reale)



Cenni sulla metodologia di calcolo

Le analisi condotte sulle caratteristiche dimensionali e costruttive degli elementi disperdenti dell'involucro edilizio, e le simulazioni condotte con l'ausilio del Modello di calcolo consentono di identificare i principali fattori di criticità degli edifici.

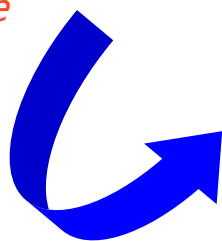
Tali criticità vengono classificate in:

- Criticità dell'involucro edilizio
- Criticità dell'impianto di riscaldamento
- Criticità dell'impianto elettrico e delle apparecchiature elettriche

Cenni sulla metodologia di calcolo

In relazione all'involucro edilizio vengono effettuati dei raffronti tra la trasmittanza termica degli elementi opachi e trasparenti e i valori limite di cui all'All. C del d. lgs. 192/05 e smi.

Esempio di raffronto tra trasmittanza degli elementi dell'involucro dell'edificio in esame e riferimenti di legge

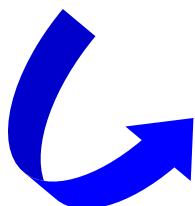


| | U (W/mq K) Edificio oggetto di studio | U (W/mq K) D.lgs.192/05 e smi |
|--|--|----------------------------------|
| Elementi perimetrali opachi (pannelli sandwich) | 1,63 | 0,50 |
| Elementi perimetrali opachi (pannelli sandwich solo piani 7 e 8) | 0,48 | 0,50 |
| Elementi perimetrali opachi (colonne) | 1,34 | 0,50 |
| Elementi su chiostrine opachi | 1,88 | 0,50 |
| Soletta di copertura | 0,77 | 0,46 |
| Solaio su box | 1,73 | 0,46 |
| Solaio su pilotis | 1,99 | 0,46 |
| Chiusure trasparenti perimetrali | 5,85 | 3,10 |
| Chiusure trasparenti su chiostrine | 5,85 | 3,10 |

Cenni sulla metodologia di calcolo

In base ai dati disponibili, è possibile calcolare la potenza di calore dispersa attraverso l'involucro dell'edificio e comprendere quali siano gli elementi dell'involucro maggiormente responsabili di tali dispersioni

Esempio di potenza di calore dispersa dall'involucro

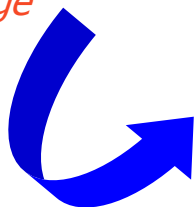


| Descrizione | U | Superficie totale | Temperatura esterna | Potenza dispersa | Frazione della potenza dispersa |
|---|---------|-------------------|---------------------|------------------|---------------------------------|
| | (W/mqK) | (mq) | (K) | (KW) | (%) |
| Elementi perimetrali opachi (pannelli sandwich) | 1,63 | 638,20 | 283,33 (10,33°C) | 12,12 | 2,74 |
| Elementi perimetrali opachi (pannelli sandwich piani 7-8) | 0,48 | 161,88 | 283,33 (10,33°C) | 0,91 | 0,20 |
| Elementi perimetrali opachi (colonne) | 1,34 | 2517,16 | 283,33 (10,33°C) | 39,25 | 8,87 |
| Elementi su chiostrine opachi | 1,82 | 1636,20 | 283,33 (10,33°C) | 34,82 | 7,87 |
| Soletta di copertura | 0,77 | 2511,00 | 283,33 (10,33°C) | 22,56 | 5,10 |
| Solaio su box | 1,73 | 1068,35 | 283,33 (10,33°C) | 21,56 | 4,87 |
| Solaio su pilotis | 1,99 | 1324,00 | 283,33 (10,33°C) | 30,74 | 6,95 |
| Chiusure trasparenti perimetrali | 5,85 | 2528,56 | 283,33 (10,33°C) | 172,57 | 39,00 |
| Chiusure trasparenti su chiostrine | 5,85 | 1582,20 | 283,33 (10,33°C) | 107,99 | 24,40 |
| Totale | | 13967,55 | | 442,51 | 100,00 |

Cenni sulla metodologia di calcolo

■ Dopo aver esaminato le caratteristiche dell'impianto di riscaldamento sarà possibile stimare i rendimenti di ciascun componente dell'impianto e raffrontare poi il rendimento globale stimato con il valore minimo indicato in All. C. al D.Lgs. 311/06.

Esempio di raffronto dei rendimenti dell'impianto di riscaldamento con i valori minimi di legge



| Rendimenti | Valore stimato (%) | Valore minimo da All. C D. lgs. 192/05 (%) |
|--|---------------------------|---|
| Rendimento medio stagionale di produzione | 88,00 | |
| Rendimento medio stagionale di distribuzione | 96,00 | |
| Rendimento medio stagionale di emissione | 97,50 | |
| Rendimento medio stagionale di regolazione | 86,10 | |
| Rendimento globale medio stagionale | 70,86 | 84,00% |
| Fattore di gestione autonoma | N.A. | N.A. |

Cenni sulla metodologia di calcolo

■ Per ciascuna criticità identificata alla fase precedente, si forniscono delle raccomandazioni, tenendo presente che gli obiettivi legati ad un uso razionale dell'energia devono portare al massimo risparmio energetico con i minori costi possibili di investimento, gestione e manutenzione.

Cenni sulla metodologia di calcolo

- Esempio di scheda rappresentativa della situazione attuale, raccomandazione proposta e benefici che derivano dalla sua applicazione

| Situazione attuale | Raccomandazione | Benefici |
|---|--|---|
| <p>Chiusure trasparenti perimetrali: vetri singoli con serramento in alluminio senza taglio termico.</p> <p><i>Il vetro singolo costituisce un elemento 'debole' nella struttura perimetrale dell'edificio dal punto di vista delle caratteristiche dell'isolamento. Anche il telaio in alluminio senza taglio termico non interrompe la continuità termica tra esterno ed interno, favorendo un elevato scambio termico.</i></p> | <p>Installazione di vetri doppi e serramenti metallici con taglio termico.</p> <p><i>Tale raccomandazione, sebbene comporti un intervento di rilevante importanza in termini economici (come si vedrà in modo più approfondito nel cap 3.10) si ritiene sia da considerare, in virtù dei notevoli benefici che può comportare non solo in termini di risparmio energetico, ma anche di comfort termoigrometrico per gli occupanti.</i></p> | <p>Riduzione del valore della trasmittanza con notevoli benefici in termini di riduzione della potenza termica dispersa.</p> <p>La trasmittanza passa dai valori compresi tra 5,85 W/m²K attuali a circa 2,8 W/m²K (come indicato nel D.lgs. 311/06).</p> <p><i>In conseguenza di un maggiore isolamento delle superfici trasparenti sulle pareti perimetrali, ne deriva la possibilità di ridurre l'apporto di calore da parte dei radiatori, ottenendo una riduzione dei consumi di combustibile all'impianto di riscaldamento ed un maggior comfort per gli occupanti (in virtù di una maggiore costanza della temperatura e minori moti convettivi negli ambienti).</i></p> |

Cenni sulla metodologia di calcolo

- Il ricorso al Modello di calcolo offre il vantaggio di poter effettuare delle simulazioni che supportano nella comprensione delle problematiche e nell'individuazione delle migliori soluzioni.
- Ad esempio, con il Modello è possibile simulare la variazione del fabbisogno energetico dell'edificio al variare della tipologia di vetri alle finestre (sostituzione vetri singoli con vetri doppi), oppure al variare della regolazione dell'impianto di riscaldamento.

| pre intervento | | post intervento | |
|----------------|---------|-----------------|---------|
| Vetro Singolo | | Vetro doppio | |
| W/(mq*K) | mq | W/(mq*K) | mq |
| 5,85 | 1582,20 | 3,20 | 2528,56 |
| - | | - | |
| - | | - | |
| - | | - | |
| - | | - | |

Cenni sulla metodologia di calcolo

pre intervento

| TABELLA DI RIEPILOGO | |
|--|-------------|
| FABBISOGNO ENERGETICO NEL PERIODO - Involucro | 1585187,948 |
| FABBISOGNO ENERGETICO NORMALIZZATO NEL PERIODO - Involucro | 28,959 |
| FABBISOGNO ENERGETICO ACQUA CALDA NEL PERIODO | 109430,746 |
| FABBISOGNO ENERGETICO NORMALIZZATO ACQUA CALDA NEL PERIODO | 1,999 |
| FABBISOGNO ENERGETICO NEL PERIODO PRIMARIO - Involucro | 2236578,271 |
| FABBISOGNO ENERGETICO NEL PERIODO PRIMARIO NORMALIZZATO | 40,859 |
| CONTRIBUTO ENERGETICO SPECIFICO DA FONTI RINNOVABILI | 0 |
| FABBISOGNO ENERGETICO NEL PERIODO TOTALE (Involucro + Acqua Calda) | 2346009,017 |
| FABBISOGNO ENERGETICO NEL PERIODO NORMALIZZATO TOTALE | 42,858 |

post intervento

| TABELLA DI RIEPILOGO | |
|--|-------------|
| FABBISOGNO ENERGETICO NEL PERIODO - Involucro | 1272331,192 |
| FABBISOGNO ENERGETICO NORMALIZZATO NEL PERIODO - Involucro | 23,244 |
| FABBISOGNO ENERGETICO ACQUA CALDA NEL PERIODO | 109430,746 |
| FABBISOGNO ENERGETICO NORMALIZZATO ACQUA CALDA NEL PERIODO | 1,999 |
| FABBISOGNO ENERGETICO NEL PERIODO PRIMARIO - Involucro | 1893324,259 |
| FABBISOGNO ENERGETICO NEL PERIODO PRIMARIO NORMALIZZATO | 34,588 |
| CONTRIBUTO ENERGETICO SPECIFICO DA FONTI RINNOVABILI | 0 |
| FABBISOGNO ENERGETICO NEL PERIODO TOTALE (Involucro + Acqua Calda) | 2002755,005 |
| FABBISOGNO ENERGETICO NEL PERIODO NORMALIZZATO TOTALE | 36,587 |

Indice

| | |
|----------|--|
| | Premessa |
| 1 | La situazione energetica del settore edilizio |
| 2 | Caratteristiche ed esempi di un involucro edilizio energeticamente efficiente |
| 3 | Caratteristiche ed esempi di sistemi impiantistici energeticamente efficienti |
| 4 | Integrazione di sistemi impiantistici da fonti rinnovabili |
| 5 | Audit energetico degli edifici del Comune di Bresso |
| 6 | Cenni sulla metodologia di calcolo |
| 7 | Raccomandazioni per il risparmio ed analisi costi/benefici |

Raccomandazioni per il risparmio e analisi costi/benefici

La valutazione economica legata all'attuazione degli interventi

- La valutazione economica di ciascuna soluzione proposta verrà effettuata sulla base dei flussi di cassa futuri riconducibili alla stessa.
- In particolare, dal lato dei **flussi in entrata**, saranno considerati per ciascun anno futuro i **risparmi derivanti dalla riduzione dei consumi di combustibile** per adozione di soluzioni sull'involucro o sull'impianto, o per l'adozione di prassi per il risparmio energetico
- Tali componenti di risparmio saranno considerate, ai fini dell'**analisi costi /benefici**, tenendo conto anche del momento temporale in cui essi si manifesteranno, al fine di disporre del relativo dato finanziario.
- Per quanto concerne i **costi**, **si terrà conto** di quanto dovrà essere eventualmente sostenuto per l'**acquisto di impianti, attrezzature e materiali** che, eventualmente, si suggerirà di acquisire (Raccomandazioni)

Raccomandazioni per il risparmio e analisi costi/benefici

Analisi costi/benefici

L'indicatore economico utilizzato nell'analisi costi-benefici è il seguente:

VAN (Valore Attuale Netto) = è il valore attuale della somma algebrica dei benefici e del valore dell'investimento.

Dall'analisi dei flussi di cassa in entrata (risparmi di combustibile) e in uscita (investimenti), riferibili a ciascun anno futuro, si trarranno elementi per valutare la convenienza di ciascuna soluzione. A tal fine, in via puramente indicativa, potrà quindi essere:

- ▣ sviluppata una somma complessiva dei valori netti di flusso di cassa (quale differenza fra entrate e uscite)
- ▣ effettuata un'attualizzazione alla data della valutazione di tale sommatoria di flussi di cassa
- ▣ stimato il tasso di attualizzazione che rende uguali, alla data dell'analisi stessa, i valore attuale dei flussi di cassa in entrata con quelli in uscita.

[CALCOLO FABB ENERGETICO.xls](#)