



Aggiornamento Certificazione Energetica



Lezione: 27 febbraio 2019

Relatore:

Ing. Colaci de Vitis Giuseppe

Green Buildings Studio



Cosa faremo?

Oggi giorno

La legislazione per l'efficienza energetica degli edifici

- Quadro temporale e cronologia degli obblighi di legge in materia di efficienza energetica
- I Decreti del 26 giugno 2015:
- Requisiti Minimi
- Ambiti di applicazione: Nuove costruzioni, demolizioni e ricostruzioni, ampliamenti, Ristrutturazioni importanti di 1° e 2° livello, Riqualficazione energetica dell'involucro e degli impianti

Le procedure di certificazione

- Linee guida nazionali per la certificazione energetica degli edifici
- L'Attestato di Prestazione Energetica:
- Perché redigere l'APE?
- Campo di applicazione e casi di esclusione
- La scala delle classi energetiche e i valori limite di riferimento
- L'APE: dal sopralluogo alla stampa e alla Trasmissione

Obblighi e responsabilità del certificatore



Domani giorno

La normativa tecnica

- Le norme UNI 11300 per il calcolo energetico
- La norma UNI EN 15193 e il calcolo dell'energia per l'illuminazione

Il bilancio energetico del sistema edificio impianto

- Analisi del **bilancio energetico dell'involucro** termico in regime semistazionario e cenni al regime dinamico

Analisi di sensibilità per le principali variabili che ne influenzano la determinazione

- **Caratteristiche termofisiche dell'involucro** edilizio e principali parametri richiesti dai software di calcolo
- I **ponti termici** e la valutazione del rischio condensa e muffa

Il calcolo della prestazione energetica degli edifici

- Analisi del sistema edificio/impiantistico e definizione dei parametri da inserire nei software di calcolo
- Decreto 28/2011: gli obblighi delle rinnovabili alla luce dei Decreti del 26/06/2015
- Redazione della relazione: Schemi e modalita' di riferimento per la compilazione della relazione tecnica prevista dai Decreti del 26/06/2015

Prima di cominciare

Chi sa fare...fa !



Chi non sa fare...insegna !



...Io cercherò di raccontarvi come faccio alcune cose, senza la presunzione di insegnare.....

Quadro temporale e cronologia degli obblighi di legge in materia di efficienza energetica

Perché tanta attenzione all'ENERGIA ?



Bilancio Energetico Nazionale

Nel 2016 la domanda di energia primaria è stata di 154,7 Mtep, in calo di 1,1% rispetto al 2015 (156,2 Mtep).

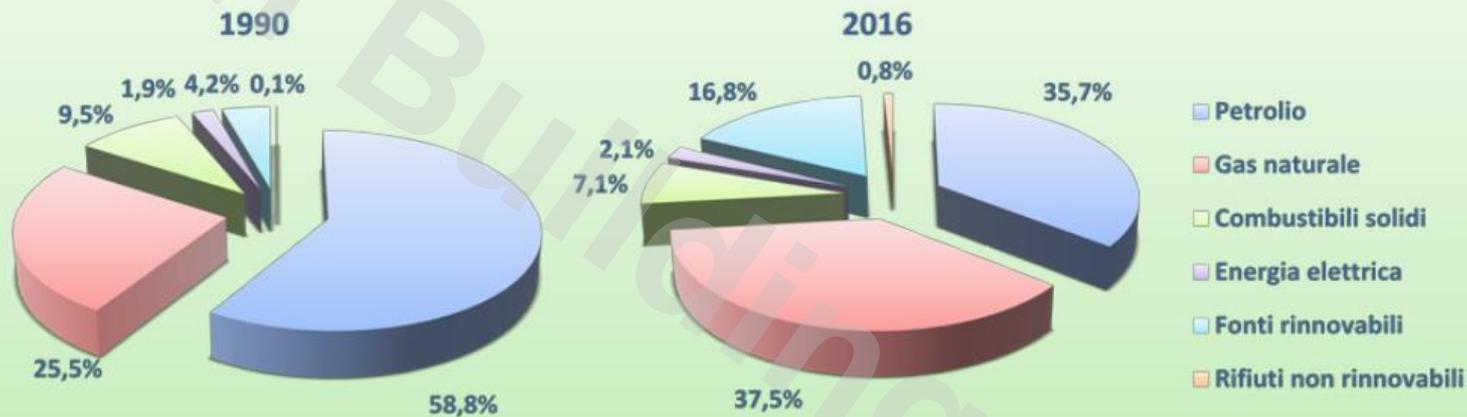
Tabella 2.1 - Bilancio Energetico Nazionale (Mtep), anni 2015 e 2016

Disponibilità e impieghi	Solidi	Petrolio e prodotti petroliferi	Gas	Rinnovabili	Rifiuti non rinnovabili	Calore	Energia elettrica	Totale
2016								
Produzione primaria	0,000	4,056	4,738	23,820	1,183	0,000	0,000	33,797
Importazioni	10,967	82,213	53,468	2,428	0,000	0,000	3,713	152,789
Esportazioni	0,255	29,897	0,174	0,228	0,000	0,000	0,529	31,082
Variazioni delle scorte	0,273	1,139	0,048	-0,003	0,000	0,000	0,000	1,457
Bunker		2,213						2,213
Consumo interno lordo	10,985	55,298	58,080	26,018	1,183	0,000	3,184	154,748
Input in trasformazione	10,396	76,869	23,502	10,913	0,907	0,000	0,000	122,586
Output di trasformazione	1,244	72,538	1,006	0,007	0,000	5,347	17,689	97,830
Scambi, trasferimenti, ritorni		-0,057		-7,070			7,070	-0,057
Consumi settore energetico	0,000	2,601	1,182	0,000	0,000	1,373	1,736	6,892
Perdite di distribuzione			0,276			0,024	1,612	1,913
Impieghi finali	1,833	48,309	34,124	8,043	0,276	3,950	24,594	121,130
Consumi finali non-energetici	0,065	5,589	0,653	0,000	0,000	0,000	0,000	6,306
Consumi finali	1,768	43,827	33,472	8,043	0,276	3,950	24,594	115,931
Industria*	1,768	2,661	8,597	0,393	0,276	2,736	9,212	25,643
Trasporti	0,000	36,004	1,106	1,041	0,000	0,000	0,960	39,110
Altri settori	0,000	5,162	23,769	6,609	0,000	1,214	14,422	51,177
Agricoltura e pesca	0,000	2,169	0,130	0,082	0,000	0,011	0,479	2,871
Usi civili*	0,000	2,850	23,640	6,527	0,000	1,192	13,943	48,151
Altri settori	0,000	0,144	0,000	0,000	0,000	0,011	0,000	0,155
Differenza statistica	0,000	-1,107	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	-1,107

Quadro temporale e cronologia degli obblighi di legge in materia di efficienza energetica

Perché tanta attenzione all'ENERGIA ?

Figura 2.2 – Domanda di energia primaria per fonte (%), anni 1990 e 2016



Fonte: EUROSTAT

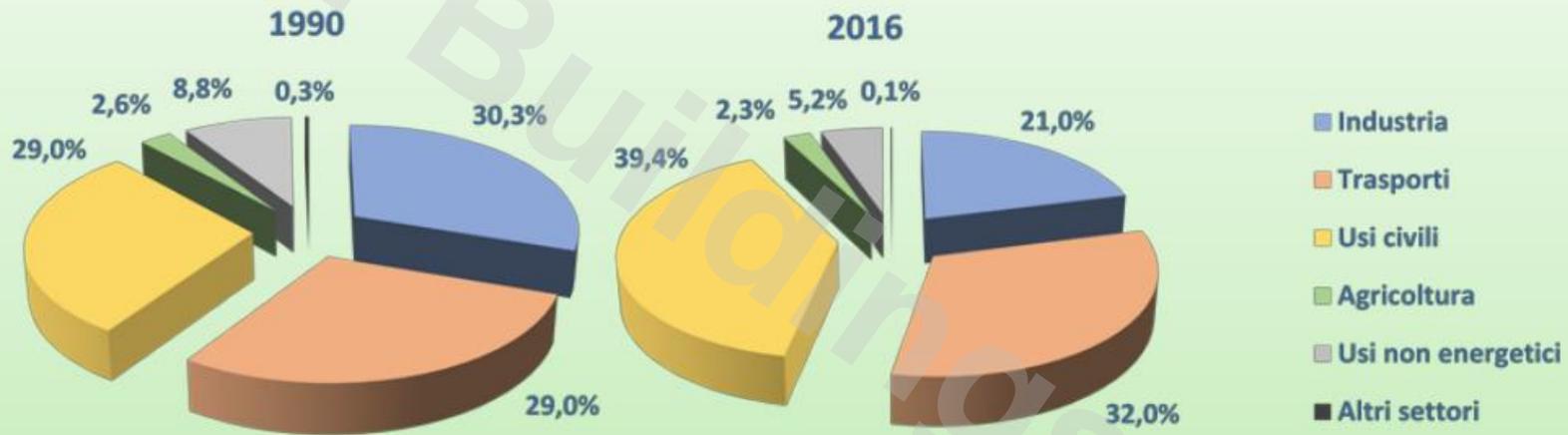
...tanto petrolio e gas



Quadro temporale e cronologia degli obblighi di legge in materia di efficienza energetica

Dove consumiamo maggiormente l'ENERGIA ?

Figura 2.6 – Impieghi finali di energia per settore (%), anni 1990 e 2016

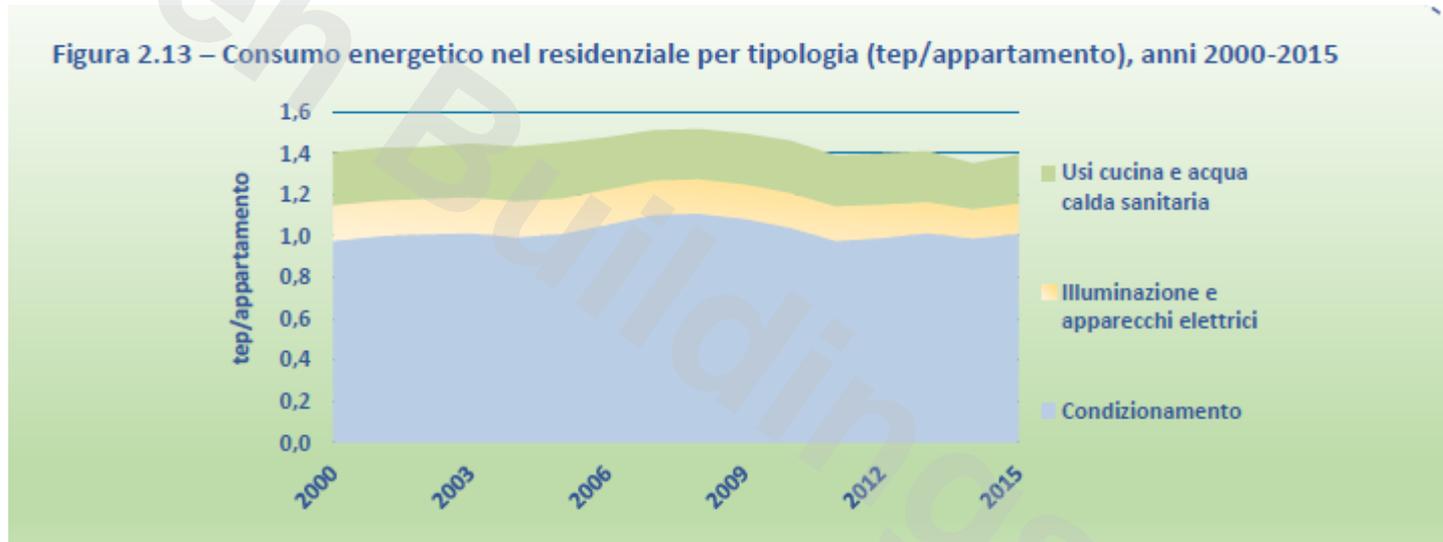


Fonte: EUROSTAT

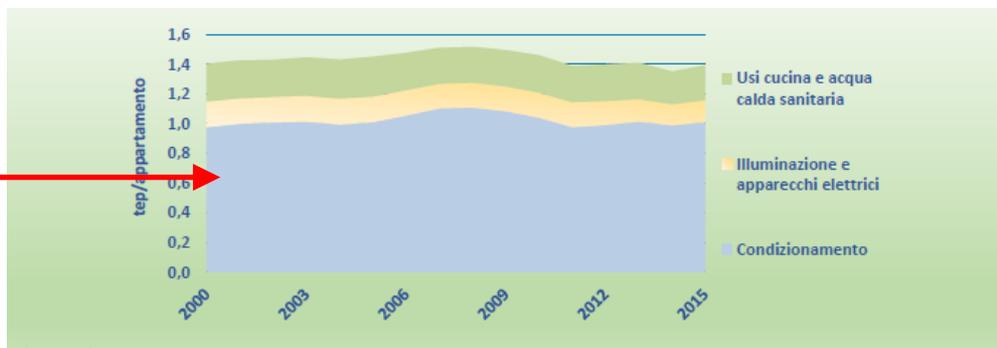
...usi CIVILI...40% circa

Quadro temporale e cronologia degli obblighi di legge in materia di efficienza energetica

Dove consumiamo maggiormente l'ENERGIA ?



Il consumo per la climatizzazione (riscaldamento e raffrescamento) assorbe tra **il 70% e il 75%**, dipendente dall'andamento delle temperature. In particolare nel 2016 il consumo energetico per la climatizzazione è aumentato di 2,1% rispetto al 2015, che si è caratterizzato per un anno di flessione. In crescita anche il consumo per illuminazione e apparecchi elettrici, +5,0%, ed usi cucina e acqua calda sanitaria, +6,9%.



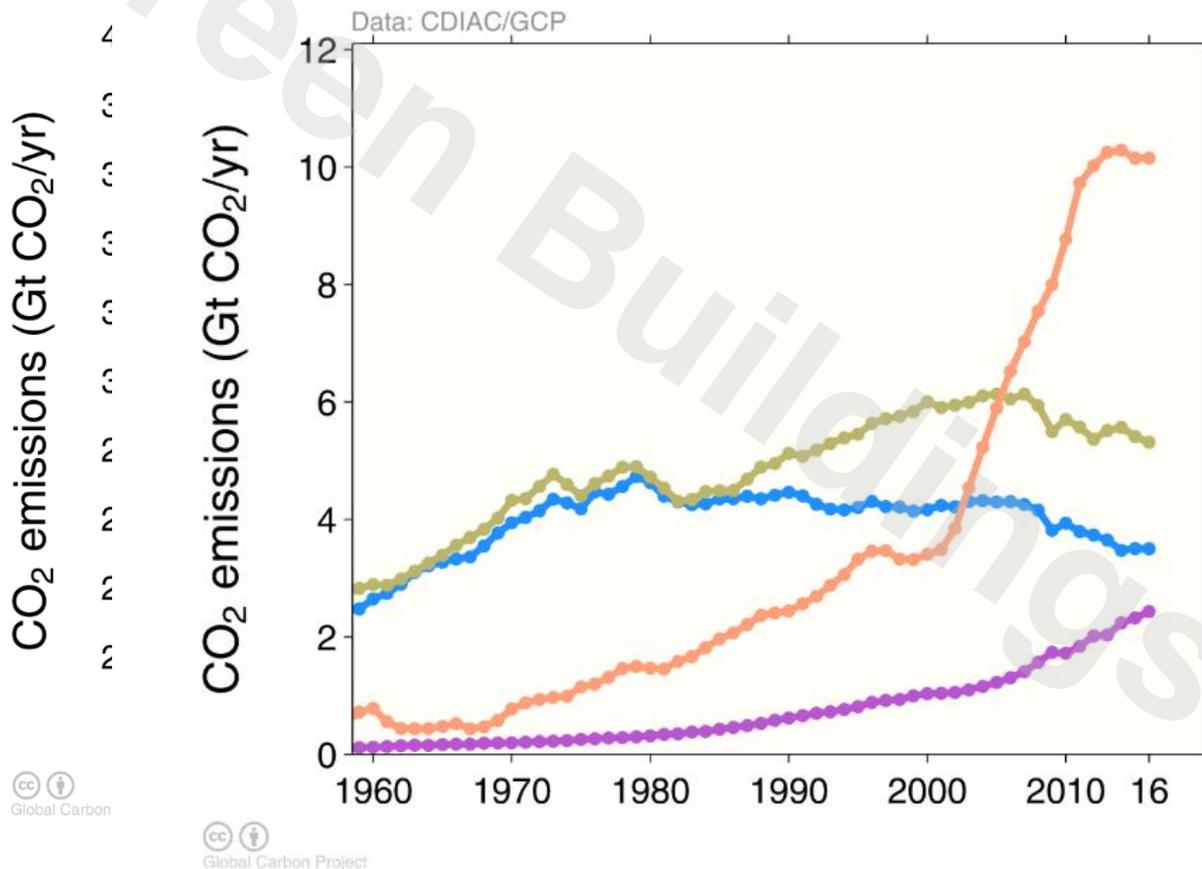
$39\% \times 75\% = 29\% \rightarrow$ In Italia circa 1/3 dei consumi energetici totali è assorbito dagli impianti di riscaldamento \rightarrow circa 35 Mtep/anno



1 Mtep = 1.000.000 t = 40.000 autobotti da 25 t

$35 \times 40.000 \times 15 \text{ m} = 21.000 \text{ km}$
di autobotti in fila !

Dove consumiamo maggiormente l'ENERGIA ?



1 litro di gasolio
bruciato



China -0.3%
Growth over 2015

USA -2.1%

EU28 -0.3%

India +4.5%



a 3 kg di
prodotta



2017: EMISSIONI COMPARATIVE di CO₂ EUROPA, CINA, INDIA, USA

Dove consumiamo maggiormente l'ENERGIA ?

Prestazioni energetiche degli impianti e stima dei consumi di energia

	FONTI ENERGETICHE UTILIZZATE	Quantità annua consumata in uso standard (specificare unità di misura)	Indici di prestazione energetica globali ed emissioni
<input type="checkbox"/>	Energia elettrica da rete		Indice della prestazione energetica non rinnovabile EP _{gl,nren} kWh/m ² anno
<input type="checkbox"/>	Gas naturale		
<input type="checkbox"/>	GPL		
<input type="checkbox"/>	Carbone		
<input type="checkbox"/>	Gasolio e Olio combustibile		Indice della prestazione energetica rinnovabile EP _{gl,ren} kWh/m ² anno
<input type="checkbox"/>	Biomasse solide		
<input type="checkbox"/>	Biomasse liquide		
<input type="checkbox"/>	Biomasse gassose		
<input type="checkbox"/>	Solare fotovoltaico		Emissioni di CO ₂ kg/m ² anno
<input type="checkbox"/>	Solare termico		
<input type="checkbox"/>	Eolico		
<input type="checkbox"/>	Teleriscaldamento		
<input type="checkbox"/>	Teleraffrescamento		
<input type="checkbox"/>	Altro (specificare)		

FATTORI DI EMISSIONE DI CO₂ PER I DIVERSI COMBUSTIBILI UTILIZZATI:

Gas naturale	0,1998	kgCO ₂ /kWh
GPL	0,2254	kgCO ₂ /kWh
Gasolio	0,2642	kgCO ₂ /kWh
Olio combustibile	0,2704	kgCO ₂ /kWh
Biomasse	0,0	kgCO ₂ /kWh
Energia elettrica	0,4332	kgCO₂/kWh



Nel caso del teleriscaldamento verranno utilizzati i valori dichiarati dal fornitore

Fattori di emissione di CO₂ presenti nella **UNI/TS 11300-4**

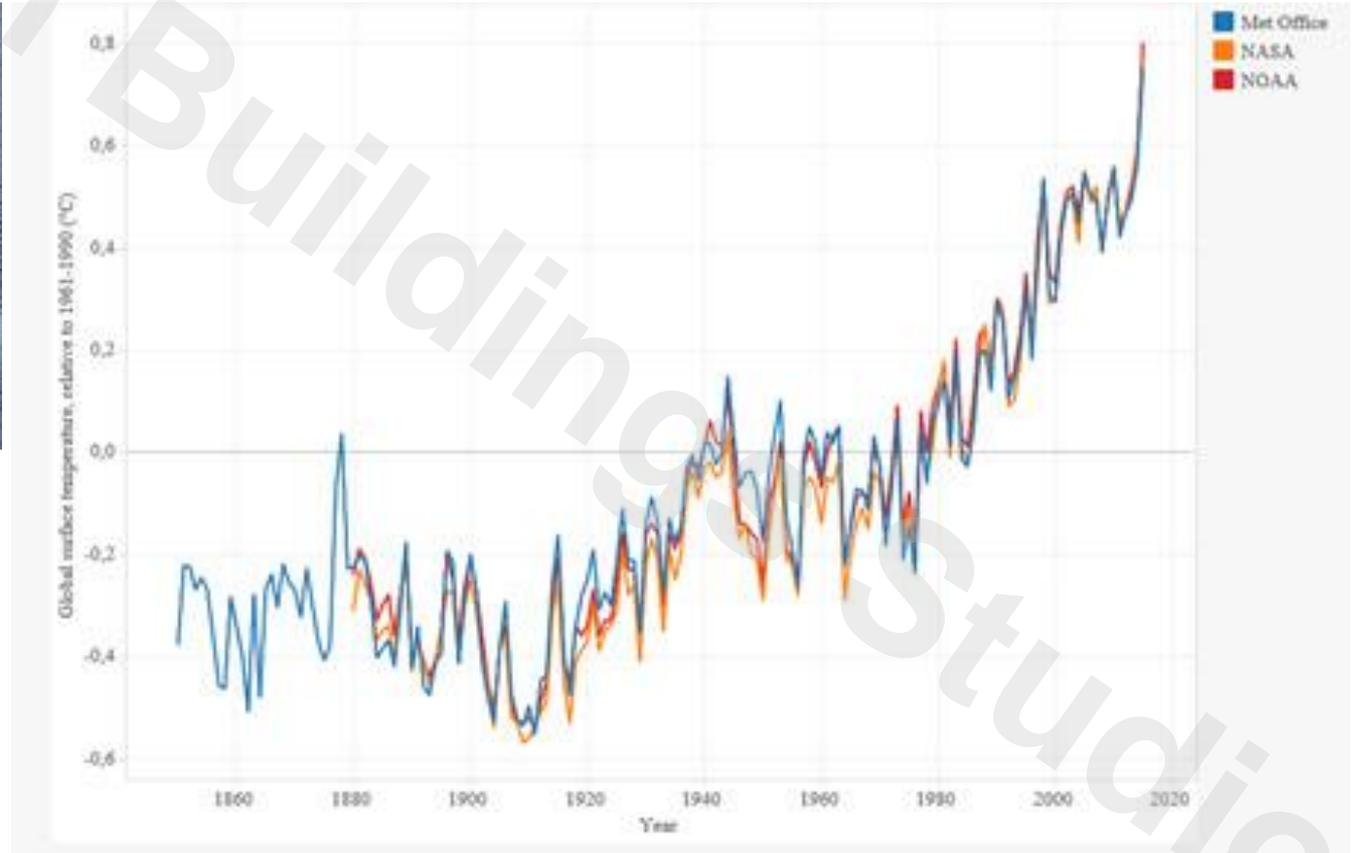
Il fattore di emissione di CO₂ misura la quantità di emissioni di un combustibile.

Ad un fattore più elevato corrisponde una maggiore emissione di CO₂ nell'ambiente durante la sua combustione e quindi un maggior inquinamento atmosferico.

Dove consumiamo maggiormente l'ENERGIA ?

CAMBIAMENTI CLIMATICI

La continuità dello scorrere del tempo non fa rendere conto che il clima è fortemente cambiato nell'ultimo secolo



Dove consumiamo maggiormente l'ENERGIA ?

Per gli scettici....



http://www.gletscherarchiv.de/en/fotovergleiche/gletscher_liste

Dove consumiamo maggiormente l'ENERGIA ?



Dove consumiamo maggiormente l'ENERGIA ?

Positive proof of global warming.



**18th
Century**

1900

1950

1970

1980

1990

2006

Quadro temporale e cronologia degli obblighi di legge in materia di efficienza energetica

Dalla Legge 373/76 ai Decreti del 26.06.2015

LA LEGGE 373/76 «Norme per il contenimento del consumo energetico per usi termici negli edifici.

- **Prima del 30/04/1976**, data di emanazione della Legge 373, **non esistevano obblighi**. Ad oggi le abitazioni costruite senza alcuna attenzione ai problemi energetici risultano essere **il 64 % circa del parco edilizio (17 milioni di abitazioni)**.
- La Legge 373/76 era costituita da tre parti: la prima riguardava gli **impianti di produzione del calore** e gli annessi sistemi di termoregolazione, la seconda trattava **l'isolamento termico degli edifici** e la terza **le sanzioni** previste per la mancata osservanza della Legge.
- Nel tempo la Legge 373 è stata integrata da tre documenti: il **DPR 1052/77** che definiva i criteri di applicazione della Legge e i termini di presentazione della Relazione Tecnica, il **DM 10/3/1977** che stabiliva le zone climatiche e i valori del coefficiente di dispersione del calore negli edifici e il **DM 30/7/1986** che aggiornava il **coefficiente di dispersione termica Cd, sulla base del rapporto di forma S/V** (superficie disperdente/volume riscaldato) dell'edificio e della fascia climatica di ubicazione.

Quadro temporale e cronologia degli obblighi di legge in materia di efficienza energetica

Dalla Legge 373/76 ai Decreti del 26.06.2015

LA LEGGE 10/1991 e DPR 412/93

- **La Legge 9 gennaio 1991 n.10** attuativa del Piano Energetico Nazionale è la prima legge quadro che regolava, ed in parte ancora regola, le modalità progettuali e la gestione del sistema edificio - impianto.
- **Art. 4 Legge 10/91: → DPR 26 agosto 1993 n. 412** "Regolamento recante norme per **la progettazione, l'installazione, l'esercizio e la manutenzione** degli impianti termici degli edifici ai fini del contenimento dei consumi di energia, in attuazione dell'art. 4 della legge 9 gennaio 1991, n. 10" (**Verifica del Fabbisogno Energetico Normalizzato in funzione dei GG della località e del rapporto S/V**). Modificato successivamente con il **DPR 551/99**
- **Art. 11 Legge 10/91:** norme per il risparmio dell'energia e l'utilizzazione di fonti rinnovabili di energia o assimilate
- **Art. 28 Legge 10/91:** relazione tecnica sul rispetto delle prescrizioni
- **Art. 30 Legge 10/91:** certificazione energetica degli edifici

Quadro temporale e cronologia degli obblighi di legge in materia di efficienza energetica

LA LEGGE 10/1991 e DPR 412/93

26. Progettazione, messa in opera ed esercizio di edifici e di impianti.

3. Gli edifici pubblici e privati, qualunque ne sia la destinazione d'uso, e gli impianti non di processo ad essi associati devono essere progettati e messi in opera in modo tale da contenere al massimo, in relazione al progresso della tecnica, i consumi di energia termica ed elettrica.

28. Relazione tecnica sul rispetto delle prescrizioni.

1. Il proprietario dell'edificio, o chi ne ha titolo, deve depositare in comune, in doppia copia insieme alla denuncia dell'inizio dei lavori relativi alle opere di cui agli articoli 25 e 26, il progetto delle opere stesse corredate da una relazione tecnica, sottoscritta dal progettista o dai progettisti, che ne attesti la rispondenza alle prescrizioni della presente legge.

2. Nel caso in cui la denuncia e la documentazione di cui al comma 1 non sono state presentate al comune prima dell'inizio dei lavori, il sindaco, fatta salva la sanzione amministrativa di cui all'articolo 34, ordina la sospensione dei lavori sino al compimento del suddetto adempimento.

30. Certificazione energetica degli edifici.

 1. Entro novanta giorni dalla data di entrata in vigore della presente legge con decreto del Presidente della Repubblica, adottato previa deliberazione del Consiglio dei ministri, sentito il parere del Consiglio di Stato, su proposta del Ministro dell'industria, del commercio e dell'artigianato, sentito il Ministro dei lavori pubblici e l'ENEA, sono emanate norme per la certificazione energetica degli edifici. Tale decreto individua tra l'altro i soggetti abilitati alla certificazione.

Quadro temporale e cronologia degli obblighi di legge in materia di efficienza energetica

Dalla Legge 373/76 ai Decreti del 26.06.2015



Dicembre 2002
Direttiva 2002/91/CE
Rendimento energetico edifici



Ottobre 2005
DLgs 192 – Recepimento Direttiva 02/91/CE

Febbraio 2007
DLgs 311 – Disposizioni correttive e integrative al DLgs192



**Decreti
attuativi**

- **DPR 59/09** – Nuove regole
- **DM 26/6/09** – Linee guida nazionali certif.
- **DLgs 28/11** – Fonti rinnovabili
- **DPR 75/13** – Soggetti certificatori

Fonte ANIT

Quadro temporale e cronologia degli obblighi di legge in materia di efficienza energetica

Dalla Legge 373/76 ai Decreti del 26.06.2015

Decreto Legislativo 192/2005

Art. 3 (**Ambito di intervento**)

- **a) Agli esistenti, delle opere di ristrutturazione degli edifici e degli impianti esistenti** con le modalità e le eccezioni previste ai commi 2 e 3; alla progettazione e realizzazione di edifici di **nuova costruzione** e degli impianti in essi installati, **di nuovi impianti installati in edifici**
- **b) all'esercizio, controllo, manutenzione e ispezione degli impianti termici** degli edifici, anche preesistenti, secondo quanto previsto agli articoli 7, 9 e 12;
- **c) alla certificazione energetica degli edifici**, secondo quanto previsto all'articolo 6.

b) edificio di nuova costruzione è un edificio per il quale la richiesta di permesso di costruire o denuncia di inizio attività, comunque denominato, sia stata presentata successivamente alla data di entrata in vigore del presente decreto;

Quadro temporale e cronologia degli obblighi di legge in materia di efficienza energetica

Dalla Legge 373/76 ai Decreti del 26.06.2015

Decreto Legislativo 192/2005

La **progettazione e realizzazione** di edifici di nuova costruzione e degli impianti in essi installati deve seguire:

- Rimodulazione dei **livelli minimi prestazionali** degli edifici dal punto di vista energetico:
 - trasmittanza termica dell'involucro edilizio (W/m²K) ;
 - rendimento globale medio stagionale dell'impianto;
 - fabbisogno annuo di energia primaria (kWh/m²anno);
- Obbligo del ricorso alle **fonti rinnovabili** (solare termico e fotovoltaico):

Il dettaglio delle modalità attuative di quanto sopra sarà pubblicato su decreti attuativi... mai emessi fino al Dlgs 28/11

E' obbligatorio il ricorso sia per la produzione di energia elettrica che termica alle fonti di energia rinnovabile. Questo obbligo è previsto per i nuovi edifici pubblici e privati, per le ristrutturazioni di impianti esistenti e per le nuove installazioni di impianti termici. In particolare deve essere coperta da fonti rinnovabili l'energia termica necessaria alla produzione del 50% di acqua calda sanitaria (il 20% nei centri storici). **L'impossibilità tecnica a realizzare tali interventi deve essere motivata nella relazione tecnica.**

Quadro temporale e cronologia degli obblighi di legge in materia di efficienza energetica

Dalla Legge 373/76 ai Decreti del 26.06.2015

La Direttiva 31/2010/UE



La Direttiva
31/2010/UE

→ **Revisione della direttiva 2002/91/CE**

→ rafforza il concetto che i requisiti minimi della prestazione energetica degli edifici **soddisfino l'analisi costi-benefici**;

→ prevede che i predetti requisiti siano confrontati con i corrispondenti valori calcolati con una **Metodologia comparativa** messa a punto dalla Commissione;

→ richiede l'adozione di metodologie di calcolo conformi al quadro di riferimento generale previsto all'allegato 1 alla direttiva

→ Prevede che entro il 31 DICEMBRE 2020 gli edifici di Nuova Costruzione (dal 31 dicembre 2018 per gli Edifici Pubblici) abbiano un'altissima PRESTAZIONE ENERGETICA ("**Edifici ad energia quasi zero**").

→ Determina un sistema di **METODOLOGIA DI CALCOLO COMPARATIVA** per la verifica dei parametri standard determinati dagli stati membri (**Edificio di riferimento**).

Quadro temporale e cronologia degli obblighi di legge in materia di efficienza energetica

Dalla Legge 373/76 ai Decreti del 26.06.2015

La Direttiva 31/2010/UE

Direttiva 2018/844

EVOLUZIONE LEGISLATIVA



Dicembre 2002
Direttiva 2002/91/CE
Rendimento energetico edifici

Luglio 2010
Direttiva 2010/31/UE
EPBD2



Ottobre 2005
DLgs 192

Giugno 2013
DL63

Febbraio 2007
DLgs 311

Agosto 2013
Legge 90

Decreto Pubblicato in estrema urgenza per evitare l'infrazione

Decreti attuativi

- DPR 59/09 – Nuove regole
- DM 26/6/09 – Linee guida nazionali certif.
- DLgs 28/11 – Fonti rinnovabili
- DPR 75/13 – Soggetti certificatori

Nuovi decreti attuativi
DM 26/6/2015

Conversione in Legge del Decreto 63/13

- Nuovi requisiti minimi
- Nuove Linee Guida Nazionali
- Nuovi modelli di relazione tecnica

Fonte ANIT

Quadro temporale e cronologia degli obblighi di legge in materia di efficienza energetica

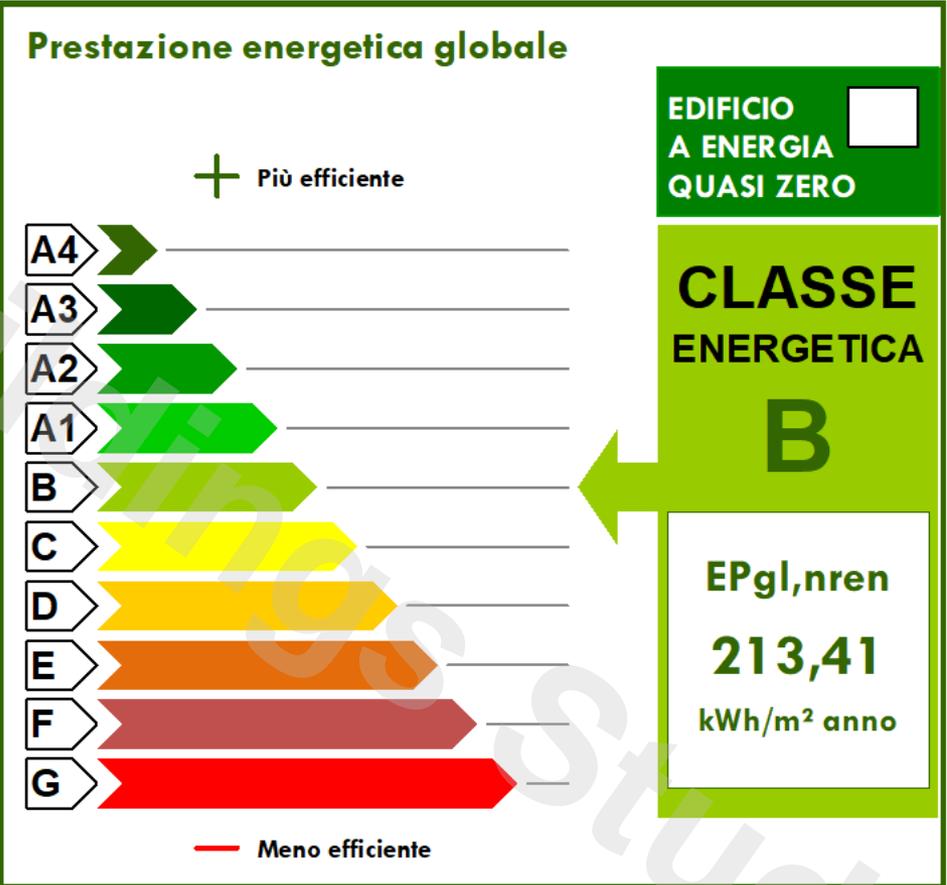
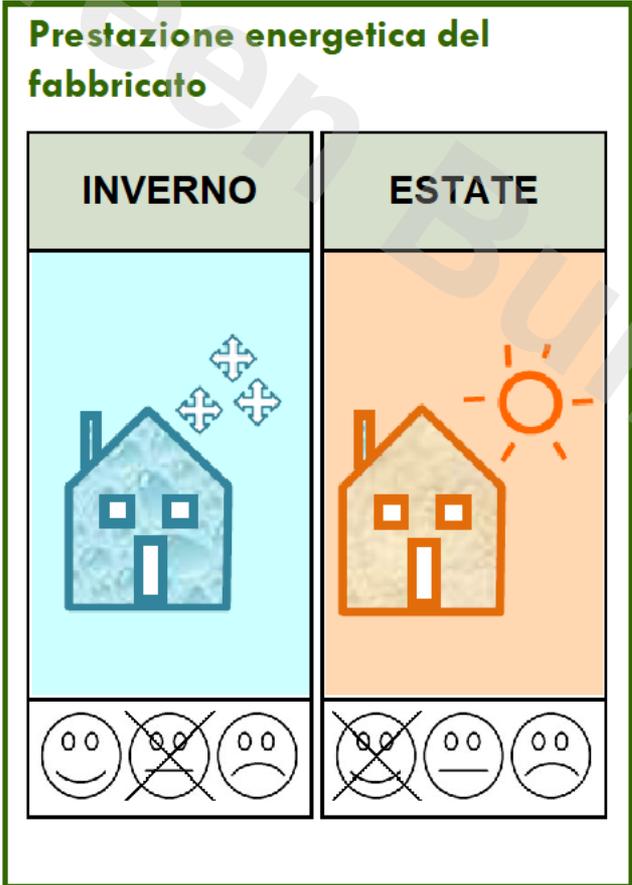
Dalla Legge 373/76 ai Decreti del 26.06.2015



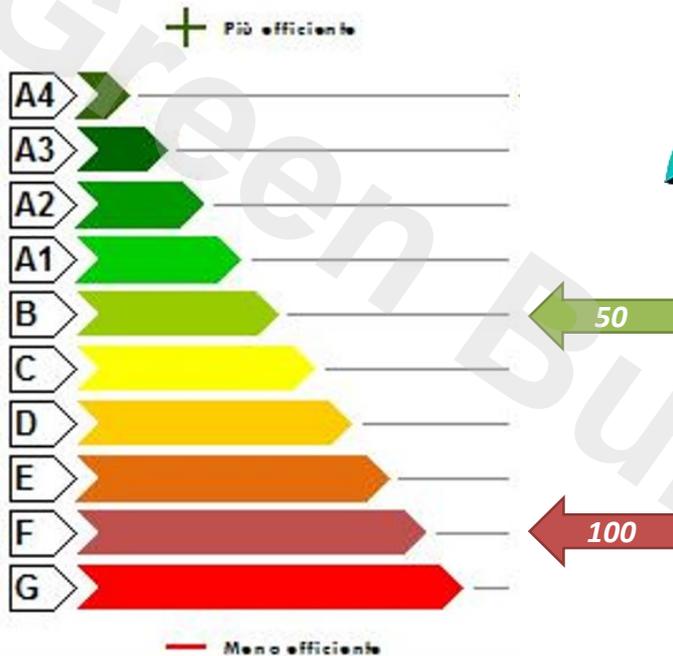
QUADRO TEMPORALE LEGISLATIVO

Da:	A:	In vigore:
17 gen 1991	16 ago 2005	L10/91 e decreti attuativi
17 ago 2005	7 ott 2005	L10/91 e decreti attuativi + DM 178/05
8 ott 2005	1 feb 2007	DLgs 192/05
2 feb 2007	24 giu 2009	DLgs192/05 + DLgs311/06
25 giu 2009	28 mar 2011	DLgs192/05 + DLgs311/06 + DPR 59/09
29 mar 2011	5 giu 2013	DLgs192/05 + DLgs311/06 + DPR 59/09 + DLgs 28/11
6 giu 2013	3 ago 2013	DLgs192/05 + DLgs311/06 + DPR 59/09 + DLgs 28/11 + DL63/13
4 ago 2013	30 set 2015	DLgs192/05 + DLgs311/06 + DPR 59/09 + DLgs 28/11 + DL63/13 + L90/13
1 ott 2015	-	DLgs192/05 + DLgs311/06 + DLgs 28/11 + DL63/13 + L90/13 + DM26/6/15

LA CERTIFICAZIONE ENERGETICA



Ma cosa si dichiara alla committenza ?



- 450,00 €



Quanto ho speso?
In quanto tempo rientro dell'investimento?

Anni di rientro = Capitale investito / guadagno annuale ...attualizzato !

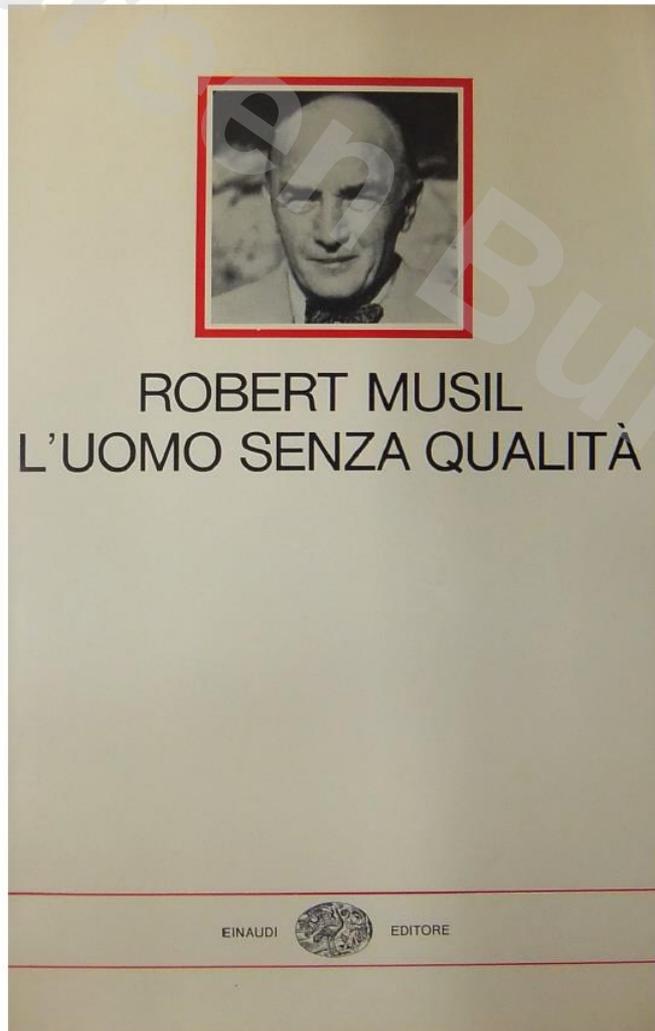
Valore dichiarato: 100 kWh/m²

Valore dichiarato: 50 kWh/m²

100 m² x 100 kWh/m² → 10.000 kWh
 10.000 kWh / 10 kWh/m³CH₄ → 1.000 m³CH₄
 1.000 m³CH₄ x 0,90 €/m³ → 900,00 €

100 m² x 50 kWh/m² → 5.000 kWh
 5.000 kWh / 10 kWh/m³CH₄ → 500 m³CH₄
 500 m³CH₄ x 0,90 €/m³ → 450,00 €

LA CERTIFICAZIONE ENERGETICA



Capitolo I

Dal quale, eccezionalmente, non si ricava nulla

Sull'Atlantico un minimo barometrico avanzava in direzione orientale incontro ad un massimo incombente sulla Russia, e non mostrava per il momento alcuna tendenza a schivarlo spostandosi verso nord. Le isoterme e le isotere si comportavano a dovere. La temperatura dell'aria era in rapporto normale con la temperatura media annua, con la temperatura del mese più caldo come con quella del mese più freddo, e con l'oscillazione mensile aperiodica. Il sorgere e il tramontare del sole e della luna, le fasi della luna, di Venere, dell'anello di Saturno e di molti altri importanti fenomeni si succedevano conformi alle previsioni degli annuari astronomici. Il vapore acqueo nell'aria aveva la tensione massima, e l'umidità atmosferica era scarsa.

Insomma, con una frase che quantunque un po' antiquata riassume benissimo i fatti: era una bella giornata d'agosto dell'anno 1913.

R. Musil *"L'uomo senza qualità"*

Definizione di energia primaria Ep

“Energia che non ha subito alcun processo di trasformazione”

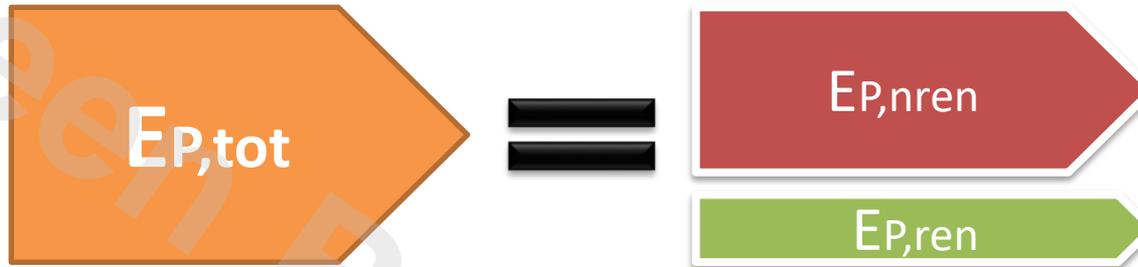
L'energia primaria totale comprende due componenti: rinnovabile e non rinnovabile, per cui si parla di.

- **Energia primaria totale** (somma di rinnovabile e non rinnovabile)
- **Energia primaria non rinnovabile**
- **Energia primaria rinnovabile**

L'energia primaria può comprendere o meno:

- le perdite di **trasporto**
- l'energia legata alla **costruzione delle infrastrutture** per la cattura e/o il trasporto

Energia Primaria



$$E_{P,tot} = E_{P,nren} + E_{P,ren}$$

$$f_{P,tot} = f_{P,nren} + f_{P,ren}$$

dove:

$f_{P,nren}$: fattore di conversione in energia primaria non rinnovabile

$f_{P,ren}$: fattore di conversione in energia primaria rinnovabile

$f_{P,tot}$: fattore di conversione in energia primaria totale (rinnovabile + non rinnovabile)

Vettore energetico	$f_{P,nren}$	$f_{P,ren}$	$f_{P,tot}$
Gas naturale ⁽¹⁾	1,05	0	1,05
GPL	1,05	0	1,05
Gasolio e Olio combustibile	1,07	0	1,07
Carbone	1,10	0	1,10
Biomasse solide ⁽²⁾	0,20	0,80	1,00
Biomasse liquide e gassose ⁽²⁾	0,40	0,60	1,00
Energia elettrica da rete ⁽³⁾	1,95	0,47	2,42
Teleriscaldamento ⁽⁴⁾	1,5	0	1,5
Rifiuti solidi urbani	0,2	0,2	0,4
Teleraffrescamento ⁽⁴⁾	0,5	0	0,5
Energia termica da collettori solari ⁽⁵⁾	0	1,00	1,00
Energia elettrica prodotta da fotovoltaico, mini-eolico e mini-idraulico ⁽⁵⁾	0	1,00	1,00
Energia termica dall'ambiente esterno – free cooling ⁽⁵⁾	0	1,00	1,00
Energia termica dall'ambiente esterno – pompa di calore ⁽⁵⁾	0	1,00	1,00

⁽¹⁾ I valori saranno aggiornati ogni due anni sulla base dei dati forniti da GSE.

⁽²⁾ Come definite dall'allegato X del decreto legislativo 3 aprile 2006, n. 152.

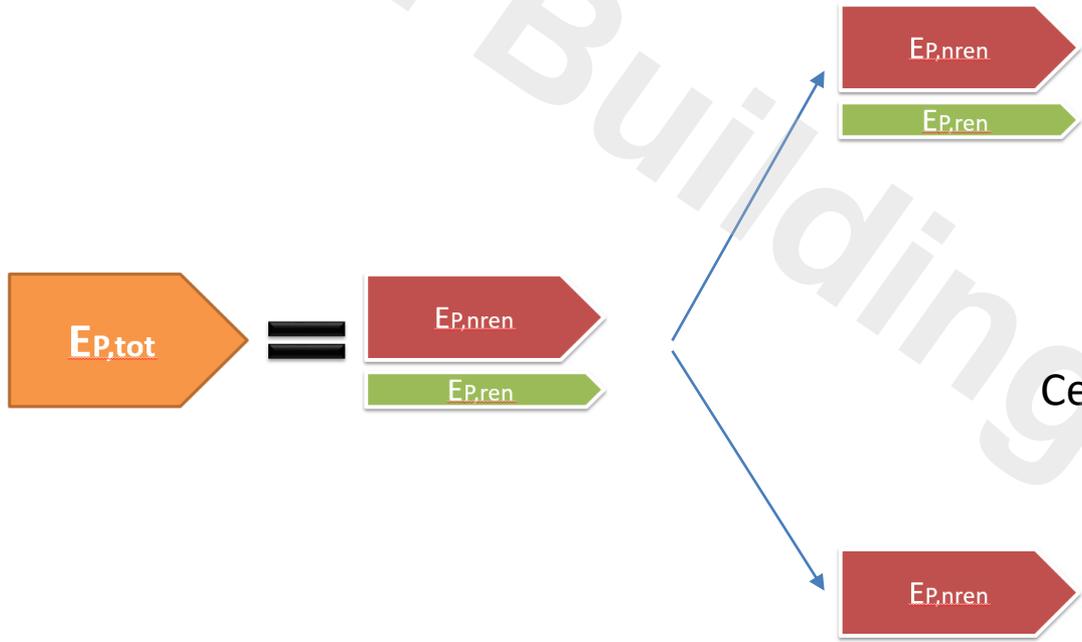
⁽³⁾ I valori saranno aggiornati ogni due anni sulla base dei dati forniti da GSE.

⁽⁴⁾ Fattore assunto in assenza di valori dichiarati dal fornitore e asseverati da parte terza, conformemente al quanto previsto al paragrafo 3.2.

⁽⁵⁾ Valori convenzionali funzionali al sistema di calcolo.

Energia Primaria: Verifiche Progettuali e Certificazione Energetica

Verifiche progettuali su $E_{p,tot}$



Certificazione solo su $E_{p,nren}$



Quadro temporale e cronologia degli obblighi di legge in materia di efficienza energetica

Decreti del 26.06.2015

Requisiti Minimi: Edificio di Riferimento

Definizione:

è un edificio identico in termini di geometria (sagoma, volumi, superficie calpestabile, superfici degli elementi costruttivi e dei componenti), orientamento, ubicazione territoriale, destinazione d'uso e condizioni al contorno e avente caratteristiche termiche e parametri energetici predeterminati e dotati di impianti tecnici di riferimento (Appendice A, Allegato 1).



Calcolo E_{pgi} di progetto



Calcolo $E_{pgi\ lim}$ - edificio di riferimento

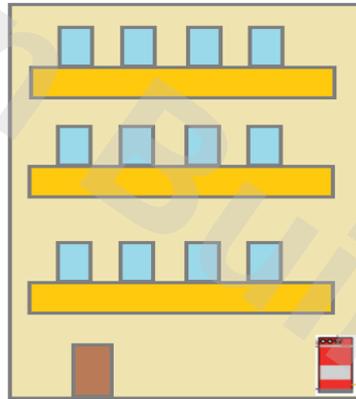
Fonte ANIT

Edificio di Riferimento

Differenza edifici di riferimento – Verifica vs Classificazione

**Edificio di riferimento
(verifica progettuale)**

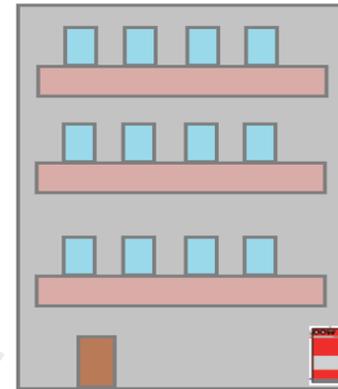
(Fabbricato di riferimento +
impianti di riferimento)



≠

**Edificio di riferimento
(classificazione)**

(Fabbricato di riferimento +
impianti di riferimento
“standard”)



Impianto di riferimento con la stessa tipologia dell'edificio
reale ma con efficienze prefissate dalla normativa

Impianto di riferimento con tipologie “standard” ed
efficienze prefissate dalla normativa

**Lasciare libertà di scelta al progettista
garantendo requisiti minimi di efficienza,
indipendentemente dalla tecnologia**

**Valorizzare l'utilizzo di tecnologie più efficienti
in termini energetici**

Edificio di Riferimento

Edificio di riferimento:

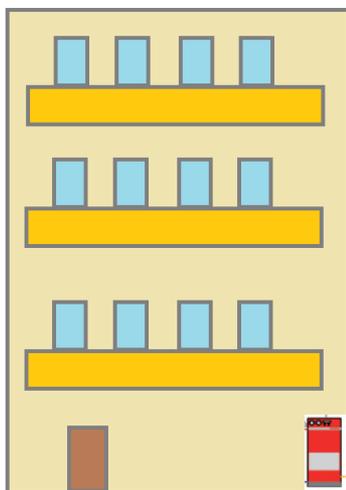
- stessa geometria
- stesso volume
- stessa superficie
- stesso orientamento
- stessa destinazione d'uso
- stessa situazione al contorno

- caratteristiche termofisiche predefinite

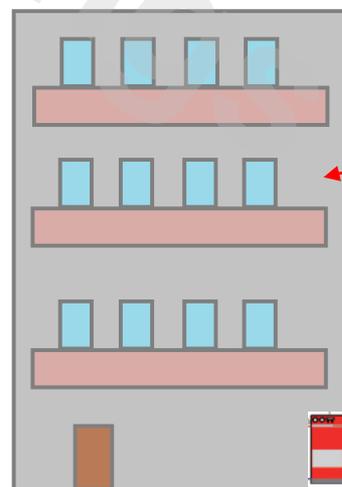


DM Requisiti - Appendice A

Edificio reale



Edificio di riferimento



Involucro di riferimento:
Trasmissione imposte da norma

Impianto di riferimento: Ugual
all'impianto di progetto
Efficienza di generazione ed
utilizzo da norma

Quadro temporale e cronologia degli obblighi di legge in materia di efficienza energetica

Decreti del 26.06.2015

Requisiti Minimi: Edificio di Riferimento



VALORI LIMITE DI TRASMITTANZA PER LE STRUTTURE OPACHE VERTICALI (W/m ² K)				
ZONA CLIMATICA	Nuove costruzioni		Riqualificazione energetica	
	2015	2019/2021*	2015	2019/2021*
A	0,45	0,43	0,45	0,40
B	0,45	0,43	0,45	0,40
C	0,38	0,34	0,40	0,36
D	0,34	0,29	0,36	0,32
E	0,30	0,26	0,30	0,28
F	0,28	0,24	0,28	0,26

* Dal 1 gennaio 2019 per gli edifici pubblici e dal 1 gennaio 2021 per tutti gli edifici

	Produzione di energia termica			Produzione di energia elettrica in situ
	H	C	W	
Sottosistemi di generazione:				
- Generatore a combustibile liquido	0,82	-	0,80	-
- Generatore a combustibile gassoso	0,95	-	0,85	-
- Generatore a combustibile solido	0,72	-	0,70	-
- Generatore a biomassa solida	0,72	-	0,65	-
- Generatore a biomassa liquida	0,82	-	0,75	-
- Pompa di calore a compressione di vapore con motore elettrico	3,00	(*)	2,50	-
- Macchina frigorifera a compressione di vapore a motore elettrico	-	2,50	-	-
- Pompa di calore ad assorbimento	1,20	(*)	1,10	-
- Macchina frigorifera a fiamma indiretta	-	0,60 x η_{gen} (**)	-	-
- Macchina frigorifera a fiamma diretta	-	0,60	-	-
- Pompa di calore a compressione di vapore a motore endotermico	1,15	1,00	1,05	-
- Cogeneratore	0,55	-	0,55	0,25
- Riscaldamento con resistenza elettrica	1,00	-	-	-
- Teleriscaldamento	0,97	-	-	-
- Teleraffrescamento	-	0,97	-	-
- Solare termico	0,3	-	0,3	-
- Solare fotovoltaico	-	-	-	0,1
- Mini eolico e mini idroelettrico	-	-	-	(**)

NOTA: Per i combustibili tutti i dati fanno riferimento al potere calorifico inferiore
 (*) Per pompe di calore che prevedono la funzione di raffrescamento di considera lo stesso valore delle macchine frigorifere della stessa tipologia
 (**) si assume l'efficienza media del sistema installato nell'edificio reale

Efficienza dei sottosistemi di utilizzazione η_U :	H	C	W
Distribuzione idronica	0,81	0,81	0,70
Distribuzione aerulica	0,83	0,83	-
Distribuzione mista	0,82	0,82	-

Edificio Standard



Climatizzazione invernale

Generatore a combustibile gassoso (gas naturale) nel rispetto dei requisiti di cui alla tabella 8 dell'Appendice A all'Allegato 1 del DM requisiti minimi e con relativa efficienza dei sottosistemi di utilizzazione di cui alla tabella 7 della stessa Appendice.



Climatizzazione estiva

Macchina frigorifera a compressione di vapore a motore elettrico nel rispetto dei requisiti di cui alla tabella 8 dell'Appendice A all'Allegato 1 del DM requisiti minimi e con relativa efficienza dei sottosistemi di utilizzazione di cui alla tabella 7 della stessa Appendice.



Ventilazione

Ventilazione meccanica a semplice flusso per estrazione nel rispetto dei requisiti di cui alla tabella 9 dell'Appendice A all'Allegato 1 del DM requisiti minimi



Acqua calda sanitaria

Generatore a combustibile gassoso (gas naturale) nel rispetto dei requisiti di cui alla tabella 8 dell'Appendice A all'Allegato 1 del DM requisiti minimi e con relativa efficienza dei sottosistemi di utilizzazione di cui alla tabella 7 della stessa Appendice.



Illuminazione

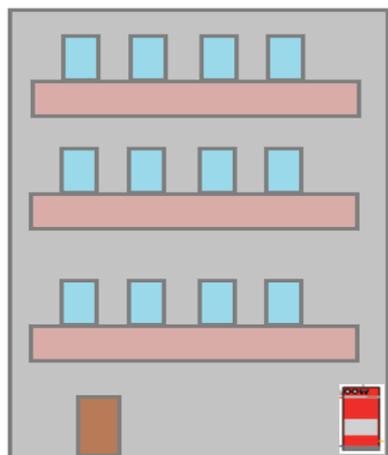
Rispetto dei requisiti di cui al paragrafo 1.2.2 dell'Appendice A all'Allegato 1 del DM requisiti minimi.



Trasporto persone o cose

Rispetto dei requisiti al DM requisiti minimi.

Edificio di Riferimento



Edificio di riferimento
(Fabbricato di riferimento + impianti di riferimento "standard")

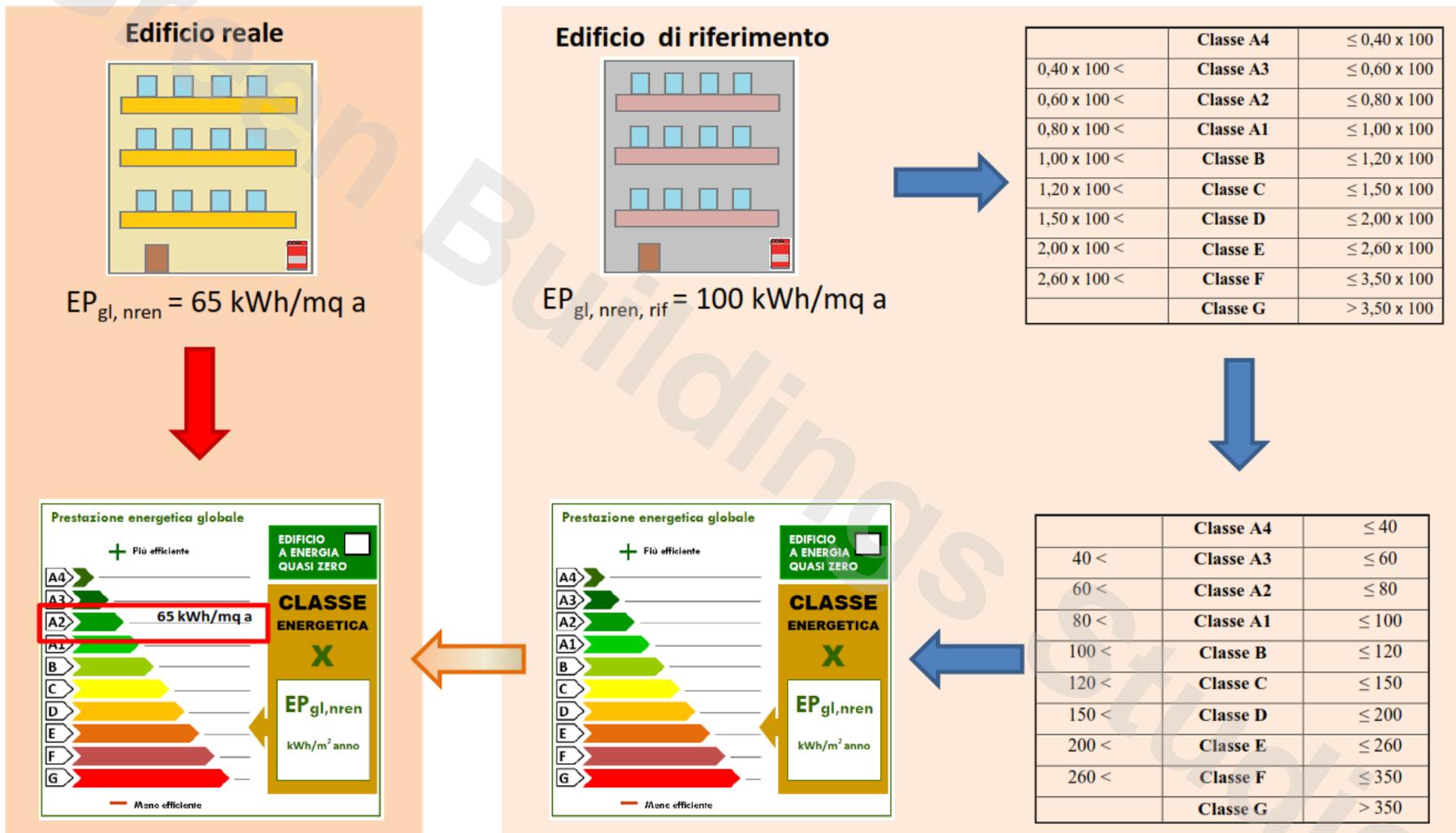
$EP_{gl, nren, rif}$



	Classe A4	$\leq 0,40 EP_{gl, nren, rif}$
$0,40 EP_{gl, nren, rif} <$	Classe A3	$\leq 0,60 EP_{gl, nren, rif}$
$0,60 EP_{gl, nren, rif} <$	Classe A2	$\leq 0,80 EP_{gl, nren, rif}$
$0,80 EP_{gl, nren, rif} <$	Classe A1	$\leq 1,00 EP_{gl, nren, rif}$
$1,00 EP_{gl, nren, rif} <$	Classe B	$\leq 1,20 EP_{gl, nren, rif}$
$1,20 EP_{gl, nren, rif} <$	Classe C	$\leq 1,50 EP_{gl, nren, rif}$
$1,50 EP_{gl, nren, rif} <$	Classe D	$\leq 2,00 EP_{gl, nren, rif}$
$2,00 EP_{gl, nren, rif} <$	Classe E	$\leq 2,60 EP_{gl, nren, rif}$
$2,60 EP_{gl, nren, rif} <$	Classe F	$\leq 3,50 EP_{gl, nren, rif}$
	Classe G	$> 3,50 EP_{gl, nren, rif}$



Edificio di Riferimento



Edificio di Riferimento

Prestazione invernale dell'involucro	Qualità	Indicatore
$EP_{H,nd} \leq 1 * EP_{H,nd,limite (2019/21)}$	alta	
$1 * EP_{H,nd,limite (2019/21)} < EP_{H,nd} \leq 1,7 * EP_{H,nd,limite (2019/21)}$	media	
$EP_{H,nd} > 1,7 * EP_{H,nd,limite (2019/21)}$	bassa	

Prestazione estiva dell'involucro		Qualità	Indicatore
$A_{sol,est}/A_{sup\ utile} \leq 0,03$	$Y_{IE} \leq 0,14$	alta	
$A_{sol,est}/A_{sup\ utile} \leq 0,03$	$Y_{IE} > 0,14$	media	
$A_{sol,est}/A_{sup\ utile} > 0,03$	$Y_{IE} \leq 0,14$		
$A_{sol,est}/A_{sup\ utile} > 0,03$	$Y_{IE} > 0,14$	bassa	

CERTIFICAZIONE ENERGETICA DEGLI EDIFICI

Quando Redigere un APE



L'**obbligo** di redazione della **Certificazione Energetica** sono stati introdotti dall' **Art. 6 del Dlgs 192/05** modificato dalla **Legge 90/13**, dal **DL 145/13** e dal DM **26/06/2015**

L'**attestato di prestazione energetica degli edifici** è rilasciato per gli edifici o le unità immobiliari costruiti, venduti o locati

Nel caso di **richiesta di Agibilità**, gli edifici sono dotati di un Attestato di Prestazione Energetica **prima del rilascio del certificato di agibilità**.

Chi Paga ?



Nel caso di **nuovo edificio**, l'attestato è prodotto a cura del **costruttore**, sia esso committente della costruzione o società di costruzione che opera direttamente. Nel caso degli edifici **esistenti**, ove previsto dal presente decreto, l'attestato è prodotto a cura del **proprietario** dell'immobile.



In caso di inadempimento le parti sono soggette al pagamento, in solido e in parti uguali, della sanzione amministrativa pecuniaria da euro 3.000 a euro 18.000; la sanzione è da euro 1.000 a euro 4.000 per i contratti di locazione di singole unità immobiliari (oltre all'obbligo di redazione).

CERTIFICAZIONE ENERGETICA DEGLI EDIFICI

Quando Redigere un APE



Nel caso di vendita, di **trasferimento di immobili a titolo gratuito** o di nuova locazione di edifici o unità immobiliari, ove l'edificio o l'unità non ne sia già dotato, **il proprietario è tenuto a produrre l'attestato di prestazione energetica.**

In caso di vendita o locazione di un **edificio prima della sua costruzione**, il venditore o locatario fornisce evidenza della futura prestazione energetica.

Nei contratti di compravendita immobiliare, negli atti di trasferimento di immobili a titolo oneroso e nei nuovi contratti di locazione di edifici o di singole unità immobiliari soggetti a registrazione è inserita **apposita clausola con la quale l'acquirente o il conduttore dichiarano di aver ricevuto le informazioni e la documentazione, comprensiva dell'attestato**, in ordine alla attestazione della prestazione energetica degli edifici; copia dell'attestato di prestazione energetica deve essere altresì allegata al contratto, tranne che nei casi di locazione di singole unità immobiliari. In caso di omessa dichiarazione o allegazione, se dovuta, le parti sono soggette al pagamento, in solido e in parti uguali, della sanzione amministrativa pecuniaria da euro 3.000 a euro 18.000; la sanzione è da euro 1.000 a euro 4.000 per i contratti di locazione di singole unità immobiliari e, se la durata della locazione non eccede i tre anni, essa è ridotta alla metà. **Il pagamento della sanzione amministrativa non esenta comunque dall'obbligo di presentare la dichiarazione o la copia dell'attestato di prestazione energetica entro quarantacinque giorni.**

CERTIFICAZIONE ENERGETICA DEGLI EDIFICI

Quando Redigere un APE



Nel caso di **edifici utilizzati da pubbliche amministrazioni e aperti al pubblico** con superficie utile totale superiore a 500 m², ove l'edificio non ne sia già dotato, è fatto **obbligo al proprietario o al soggetto responsabile della gestione, di produrre l'attestato di prestazione energetica** entro centottanta giorni dalla data di entrata in vigore della presente disposizione **e di affiggere l'attestato di prestazione energetica con evidenza all'ingresso dell'edificio** stesso o in altro luogo chiaramente visibile al pubblico. A partire dal 9 luglio 2015, la soglia di 500 m² di cui sopra, è abbassata a 250 m². Per gli edifici scolastici tali obblighi ricadono sugli enti proprietari di cui all'articolo 3 della legge 11 gennaio 1996, n. 23.

Nel caso di offerta di vendita o di locazione, ad **eccezione delle locazioni degli edifici residenziali utilizzati meno di quattro mesi all'anno**, i corrispondenti annunci tramite tutti i mezzi di comunicazione commerciali riportano gli indici di prestazione energetica dell'involucro e globale dell'edificio o dell'unità immobiliare sia rinnovabile che non rinnovabile e la classe energetica corrispondente.

CERTIFICAZIONE ENERGETICA DEGLI EDIFICI

Quando Redigere un APE



Sono esclusi dall'obbligo di certificazione (Appendice A – LGN 15):

- a) **i fabbricati isolati** con una superficie utile totale inferiore a 50 m²;
- b) **edifici industriali e artigianali** quando climatizzati per esigenze del processo produttivo o utilizzando reflui energetici del processo produttivo e/o le attività svolte al loro interno non ne prevedano il riscaldamento o la climatizzazione;
- c) **gli edifici agricoli o rurali**, non residenziali, sprovvisti di impianti;
- d) **gli edifici quali box, cantine, autorimesse, parcheggi multipiano, depositi, strutture stagionali a protezione degli impianti sportivi** (richiesto per le porzioni adibite ad uffici e assimilabili, purché scorporabili termicamente);
- e) **gli edifici adibiti a luoghi di culto** e allo svolgimento di attività religiose;
- f) **i ruderi**, purché tale stato venga espressamente dichiarato nell'atto notarile;
- g) **i fabbricati in costruzione** per i quali non si disponga l'agibilità al momento della compravendita, purché tale stato venga espressamente dichiarato nell'atto notarile ("scheletro strutturale", "al rustico ");
- h) **altri manufatti non riconducibili alla definizione di edificio** dettata dall'art. 2 lett. a) del decreto legislativo (ad esempio: una piscina all'aperto, una serra non realizzata con strutture edilizie, ecc.).

CERTIFICAZIONE ENERGETICA DEGLI EDIFICI

Validità di un APE



- ha una **validità massima di 10 anni** dalla data di rilascio
- la validità **decade** se non sono rispettate le prescrizioni relative al **controllo dell'efficienza energetica** degli impianti di climatizzazione (attività di ispezione e di manutenzione - rif. DPR 16 aprile 2013, n. 74, e DPR 16 aprile 2013, n. 75). **I Libretti di impianto devono essere allegati all'A.P.E.**

«nel caso di mancato rispetto l'attestato di certificazione decade il 31 dicembre dell'anno successivo a quello in cui è prevista la prima scadenza non rispettata»

NOTA: Secondo il Notariato il termine “**allegato**” riferito al libretto di impianto deve essere considerato in senso “**atecnico**”, quindi non essere considerato unito all'attestato come un unico documento, ma semplicemente come una documentazione di corredo.

- deve essere **aggiornato** ogni volta che si interviene su più del **25% dell'involucro** edilizio o si migliora del **5% il rendimento degli impianti**, ed in ogni caso **ogni qualvolta si modifichi la prestazione energetica**.

Allegato A (articolo 8, commi 1, 2 e 5)

Periodicità dei controlli di efficienza energetica su impianti climatizzazione invernale di potenza termica utile maggiori di 10 kW e su impianti di climatizzazione estiva di potenza termica utile nominale maggiore di 12 kW

Tipologia impianto	Alimentazione	Potenza termica (1) [kW]	Cadenza controlli di efficienza energetica (anni)	Rapporto di controllo di efficienza energetica (2)
Impianti con generatore di calore a fiamma	Generatori alimentati a combustibile liquido o solido	$10 < P < 100$	2	Rapporto tipo 1
		$P \geq 100$	1	
	Generatori alimentati a gas, metano o GPL	$10 < P < 100$	4	Rapporto tipo 1
		$P \geq 100$	2	
Impianti con macchine frigorifere/pompe di calore	Macchine frigorifere e/o pompe di calore a compressione di vapore ad azionamento elettrico e macchine frigorifere e/o pompe di calore ad assorbimento a fiamma diretta	$12 < P < 100$	4	Rapporto tipo 2
		$P \geq 100$	2	
	Pompe di calore a compressione di vapore azionate da motore endotermico	$P \geq 12$	4	Rapporto tipo 2
	Pompe di calore ad assorbimento alimentate con energia termica	$P \geq 12$	2	Rapporto tipo 2
	Sottostazione di scambio termico da rete ad utenza	$P > 10$	4	Rapporto tipo 3
Impianti cogenerativi	Microcogenerazione	$P_{el} < 50$	4	Rapporto tipo 4
	Unità cogenerative	$P_{el} \geq 50$	2	Rapporto tipo 4

CERTIFICAZIONE ENERGETICA DEGLI EDIFICI

Oggetto della Certificazione



Nel caso di edifici esistenti nei quali coesistono **porzioni di immobile adibite ad usi diversi**, qualora non fosse possibile trattare separatamente le diverse zone termiche, l'edificio è valutato e classificato in base alla destinazione d'uso prevalente in termini di volume riscaldato.

Per edifici adibiti ad **attività industriali, artigianali e assimilabili**, l'obbligo di attestazione può limitarsi alle sole zone adibite ad uffici o assimilabili ai fini di permanenza di persone, purché **scorporabili** agli effetti dell'isolamento termico, sempre che le residue porzioni siano escluse dall'obbligo ai sensi di quanto indicato.

Nel caso di edifici utilizzati da pubbliche amministrazioni e aperti al pubblico con **superficie utile totale superiore a 250 m²**, è fatto **obbligo di produrre l'attestato** di prestazione energetica (entro 180 gg) e di **affiggere l'attestato** di prestazione energetica in luogo chiaramente visibile al pubblico.



CERTIFICAZIONE ENERGETICA DEGLI EDIFICI

Chi è il Certificatore



Un tecnico abilitato che dichiara l'assenza di conflitto di interessi:

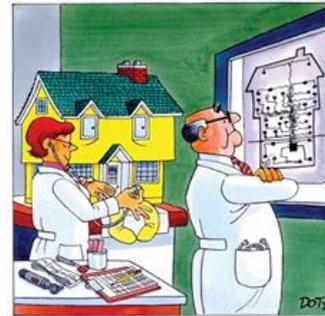
- **nuova costruzione:** «il non coinvolgimento diretto o indiretto nel processo di progettazione e realizzazione dell'edificio o con i produttori dei materiali e dei componenti in esso incorporati, nonché rispetto ai vantaggi che possano derivarne al richiedente»;
- **edifici esistenti:** «il non coinvolgimento diretto o indiretto con i produttori dei materiali e dei componenti in esso incorporati, nonché rispetto ai vantaggi che possano derivarne al richiedente»;

In entrambi i casi non deve essere né coniuge né parente fino al 4° grado

Nel caso di edifici già dotati di APE sottoposti ad **adeguamenti impiantistici** l'aggiornamento può essere predisposto anche da un tecnico abilitato dell'impresa installatrice).

CERTIFICAZIONE ENERGETICA DEGLI EDIFICI

Chi è il Certificatore



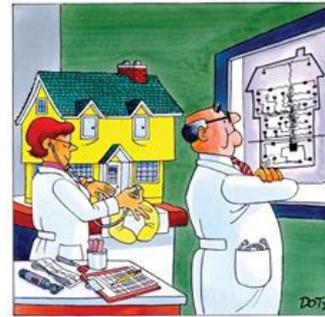
D.P.R. 16/04/2013, n. 75

Disciplina dei criteri di accreditamento per assicurare la qualificazione e l'indipendenza degli esperti e degli organismi a cui affidare la certificazione energetica degli edifici

- **Imparzialità e assenza di parentela:** con la redazione dell'APE i certificatori energetici garantiranno imparzialità e indipendenza di giudizio, nonché il non coinvolgimento nella progettazione dell'edificio e degli impianti. Il committente dell'APE non dovrà essere legato tramite parentela al certificatore (né coniuge, né parente fino al quarto grado).
- **Tecnici abilitati a rilasciare l'APE:** i tecnici abilitati a questa mansione devono possedere una laurea in ingegneria, agraria, scienze forestali o architettura, oppure devono possedere il diploma industriale di perito agrario o geometra.
- **I tecnici** devono inoltre essere **iscritti ad un collegio o ordine professionale** e devono possedere l'abilitazione alla progettazione di edifici e impianti ad essi collegati.

CERTIFICAZIONE ENERGETICA DEGLI EDIFICI

Chi è il Certificatore



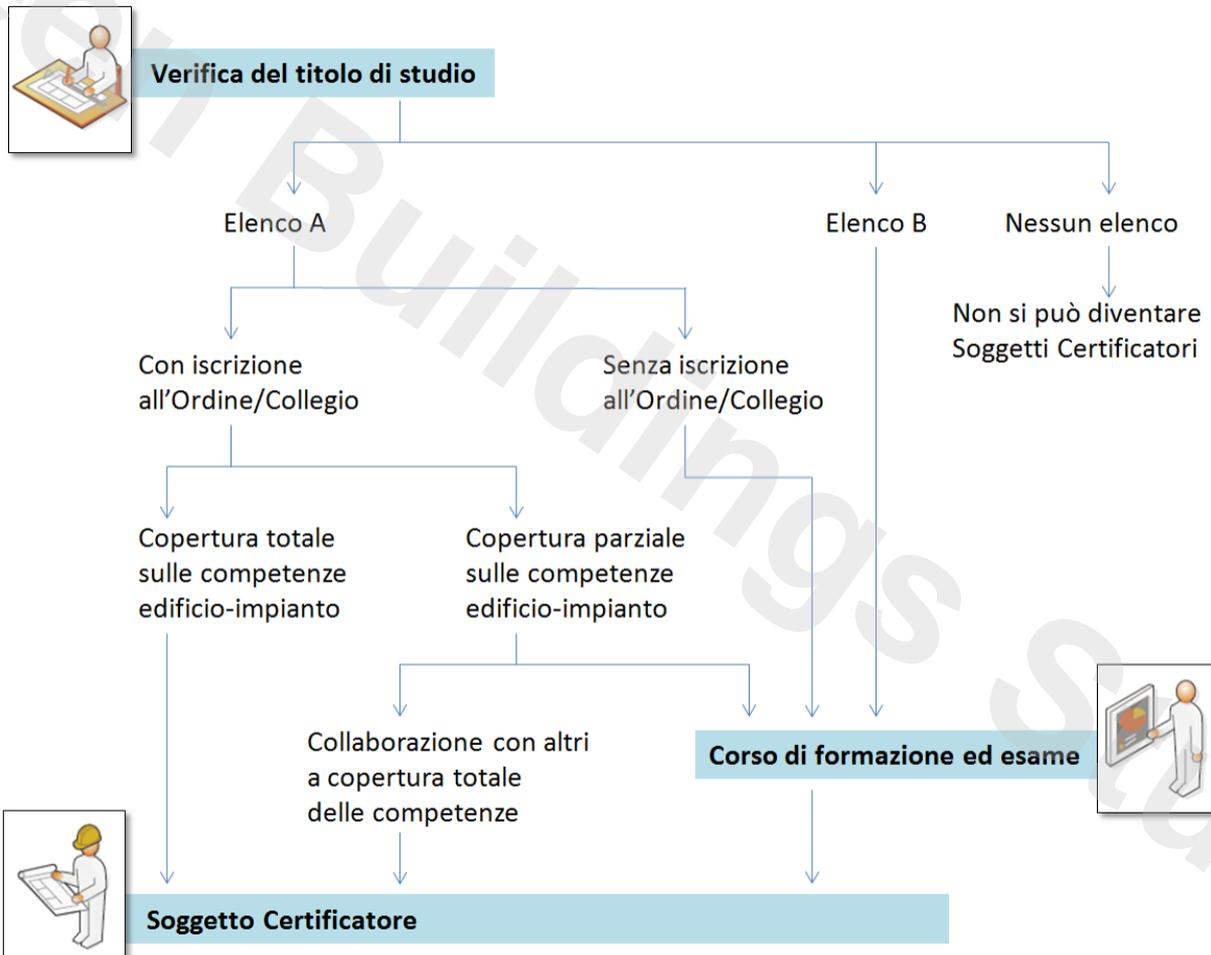
D.P.R. 16/04/2013, n. 75

Disciplina dei criteri di accreditamento per assicurare la qualificazione e l'indipendenza degli esperti e degli organismi a cui affidare la certificazione energetica degli edifici

- **Tecnici con parziale abilitazione alla progettazione:** se il tecnico non possiede tutte le competenze per progettare edifici e impianti deve avvalersi della collaborazione di un altro tecnico abilitato e costituire così un gruppo di certificatori energetici.
- **Corso di formazione per diventare certificatore:** il tecnico parzialmente abilitato può in alternativa frequentare un corso di formazione di minimo 64 ore sulla certificazione energetica degli edifici. Una volta superata la prova finale del corso il tecnico abilitato diventerà a tutti gli effetti certificatore energetico.
- **Tecnici sprovvisti di abilitazione alla progettazione di edifici e impianti:** i tecnici in possesso di lauree o diplomi diversi da quelle sopracitate sono obbligati a frequentare il corso di formazione per diventare tecnici abilitati alla certificazione energetica.

CHI PUO' CERTIFICARE ?

I SOGGETTI CERTIFICATORI SECONDO IL DPR 75/13 e s.m.i.



CHI PUO' CERTIFICARE ?

I SOGGETTI CERTIFICATORI SECONDO IL DPR 75/13 e s.m.i.

Titoli di studio: **ELENCO A** (vd. schema riportato alla pagina precedente)

DIPLOMI DI LAUREA		
Lauree magistrali DM 16/3/07	Lauree specialistiche DM 28/11/00	Laurea DM 16/03/07 (DM 4/8/00)
Lm-4 architettura e ing. Edile	4s architettura e ing. Edile	L-7 ing. civile e ambientale
Lm-20- ingegneria aerospaziale e astronautica	25/s ing. aerospaziale	L-9 ing. industriale
Lm-21- ingegneria biomedica	26/s ing. biomedica	L-17 scienze dell'architettura
Lm-22 ing. chimica	27/s ing. chimica	L-23 scienze e tecniche dell'edilizia
	28/s ing. Civile	L-25 scienze e tecnologia agrarie e

DIPLOMA DI ISTRUZIONE TECNICA (DPR n.88 del 15/3/10)		
Settore tecnologico indirizzi: C1 e C3	Settore tecnologico indirizzo C9	Settore tecnologico indirizzo C8
A) meccanica, mecatronica, energia (C1); C) elettronica ed elettrotecnica (C3) Diploma di perito industriale nei settori: edilizia, elettrotecnica, meccanica, termotecnica, aeronautica, energia nucleare, metallurgia, navalmeccanica, metalmeccanica.	I) costruzioni, ambiente e territorio (C9). Diploma di geometra	H) agraria, agroaliment. e agroindustr (C8) Diploma di perito agrario o agrotecnico

Lm-35 ing. per l'ambiente e il territorio	61/s scienza e ing. dei materiali	
Lm- 48 pianificazione territoriale, urbanistica e ambientale	74/s scienze e gestione delle risorse rurali e forestali	
Lm-53 scienza e ing. dei materiali	77/s scienze e tecnologie agrarie	
Lm-69 scienze e tecnologie agrarie	81/s chimica industriale	
Lm- 71 scienze e tecnologie della chimica industriale		
Lm-73 scienze e tecnologie forestali ed ambientali		

CHI PUO' CERTIFICARE ?

I SOGGETTI CERTIFICATORI SECONDO IL DPR 75/13 e s.m.i.

Titoli di studio: ELENCO B (vd. schema riportato alla pagina precedente)

Lauree o Diplomi tecnici riportati al punto A ove non corredati della abilitazione professionale in tutti i campi concernenti la progettazione di edifici e impianti asserviti agli edifici stessi

DIPLOMI DI LAUREA		
Lauree magistrali DM 16/3/07	Lauree specialistiche DM 28/11/00	Laurea DM 16/03/07 (DM 4/8/00)
Lm-17 fisica	20/S fisica	L-8 ing. dell'informazione
Lm-40 matematica	45/S matematica	L-21 scienze della pianificazione territoriale, urbanistica, paesaggistica e ambientale
Lm-44 modellistica matematico-fisica per l'ing.	50/S modellistica matematico-fisica per l'ingegneria	L-27 scienze e tecnologie chimiche
Lm-54 scienze chimiche	62/S scienze chimiche	L-30 scienze e tecnologie fisiche
Lm-60 scienze della natura	68/S scienze della natura	L-32 scienze e tecnologie per l'ambiente e la natura
Lm-74 scienze e tecnologie geologiche	82/S scienze e tecnologie per l'ambiente e il territorio	L-34 scienze geologiche
Lm-75 scienze e tecnologie per l'ambiente e il territorio	85/S scienze geofisiche	L-35 scienze matematiche
Lm-79 scienze geofisiche	86/S scienze geologiche	

DIPLOMA DI ISTRUZIONE TECNICA (DPR n.88 del 15.03.2010)

Diploma di istruzione tecnica - settore tecnologico con indirizzi diversi da C1, C9, C8
 Perito industriale con indirizzo diverso da elettrotecnica, edilizia, meccanica, termotecnica, aeronautica, energia nucleare, metallurgia, navalmeccanica, metalmeccanica.



CERTIFICAZIONE ENERGETICA DEGLI EDIFICI

Il Certificatore: Obblighi



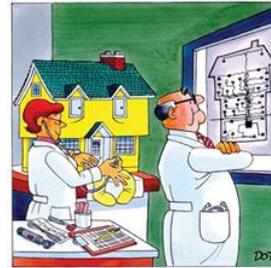
L'Attestato di Prestazione Energetica deve essere redatto e rilasciato da un **Soggetto Certificatore in possesso dei requisiti, esperto ed indipendente** (DPR16 aprile 2013, n. 75).

Il certificatore:

- è tenuto ad **informare il richiedente** sui contenuti del **servizio** di Certificazione Energetica e sulle diverse procedure applicabili;
- deve poter **ottenere tutte le informazioni e la documentazione** necessaria per il reperimento dei dati di base necessari per la valutazione della prestazione energetica;
- nel caso di edifici di **nuova costruzione**, il Certificatore **può/deve effettuare controlli in cantiere**, per verificare e documentare le fasi più importanti della costruzione;
- **esegue controlli e rilievi in sito**, eventualmente con dotazione **strumentale**, e secondo quanto previsto dalla normativa tecnica.

CERTIFICAZIONE ENERGETICA DEGLI EDIFICI

Il Certificatore: Obblighi



In relazione alle diverse condizioni al contorno in cui si realizza la procedura di attestazione della prestazione energetica, il soggetto certificatore presenta al richiedente, mediante apposita informativa, tutte le opzioni che sono consentite per accedere al servizio in termini di qualità e di costo, al fine di consentire al medesimo una scelta consapevole.

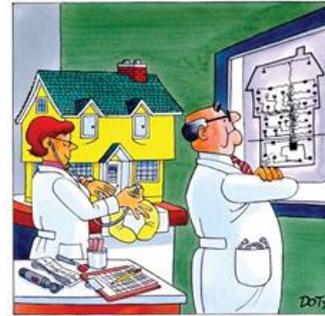
L'informativa al richiedente deve specificare:

- il possesso, da parte del soggetto certificatore, dei requisiti di abilitazione alla attestazione della prestazione energetica previsti dalla legge;
- le diverse opzioni relative alla procedura da rispettare per la valutazione della prestazione energetica e il rilascio del relativo attestato, e la relativa scelta effettuata;
- l'obbligo dell'esecuzione di un sopralluogo;
- le eventuali prestazioni supplementari per l'erogazione del servizio, quali, ad esempio, l'esecuzione di prove in situ;
- le condizioni di erogazione del servizio, compreso eventualmente l'elenco dei documenti da prodursi a cura del richiedente e le modalità attraverso cui comunicare al soggetto certificatore il nominativo del direttore dei lavori, garantire l'informazione delle diverse fasi di realizzazione dell'intervento edilizio e l'accesso al cantiere.

Il richiedente sottoscrive, per presa visione, tale informativa e la scelta conseguente operata.

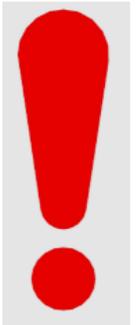
CERTIFICAZIONE ENERGETICA DEGLI EDIFICI

Il Certificatore: Incarico e Servizio



Nei casi di nuova costruzione e di ristrutturazioni importanti di primo livello:

- la **nomina** del S.C. deve essere dichiarata nella Relazione Tecnica (L10/91);
- il **servizio** di attestazione della prestazione offerto dal S.C. deve comprendere :
 - a) la valutazione della prestazione energetica a partire dai dati progettuali e AQE con l'utilizzo del "Metodo di calcolo di progetto"*
 - b) controlli in cantiere nei momenti costruttivi più significativi;*
 - c) una verifica finale con l'eventuale utilizzo di tecniche strumentali.*



A tal fine:

- il direttore dei lavori segnala al Soggetto certificatore le varie fasi del cantiere rilevanti per le prestazioni energetiche
- Il soggetto certificatore può procedere alle ispezioni e al collaudo energetico delle opere, avvalendosi ove necessario, delle necessarie competenze professionali

CHI PUO' CERTIFICARE ?

GLI ATTESTATI APE E AQE

	AQE - Attestato di qualificazione energetica	APE - Attestato di prestazione energetica
Finalità:	<u>Strumento di controllo</u> delle prestazioni energetiche dell'edificio per ottenere la fine lavori. (DLgs192/05, Art.8 comma 2)	<u>Strumento d'informazione</u> per l'acquirente o conduttore circa le prestazioni e il grado di efficienza energetica dell'edificio. (DLgs192/05, Art.6 commi 3 e 4)
Definizione:	L'attestato di qualificazione energetica degli edifici si differenzia dall'APE, essenzialmente per i soggetti che sono chiamati a redigerlo e per l'assenza dell'attribuzione di una classe di efficienza energetica all'edificio in esame (che risulta solamente proposta dal tecnico che lo redige). L'attestato di qualificazione energetica deve essere predisposto da un tecnico abilitato non necessariamente estraneo alla proprietà, alla progettazione o alla realizzazione dell'edificio.	Documento, redatto nel rispetto delle norme contenute nel DLgs 192/05 e s.m.i. e rilasciato da esperti qualificati e indipendenti che attesta la prestazione energetica di un edificio attraverso l'utilizzo di specifici descrittori e fornisce raccomandazioni per il miglioramento dell'efficienza energetica.
Obblighi:	L'AQE va consegnato in Comune asseverato dal Direttore dei lavori per ottenere la fine lavori. Secondo le LGN09, Art.8, questo obbligo vale per tutti i tipi di intervento ad esclusione delle ristrutturazioni parziali.	È obbligatorio per tutti gli edifici costruiti, venduti o locati. Maggiori dettagli sono riportati al capitolo dedicato agli obblighi della certificazione (DLgs192/05, Art.6 e s.m.i.)

CERTIFICAZIONE ENERGETICA DEGLI EDIFICI

ANNUNCI IMMOBILIARI

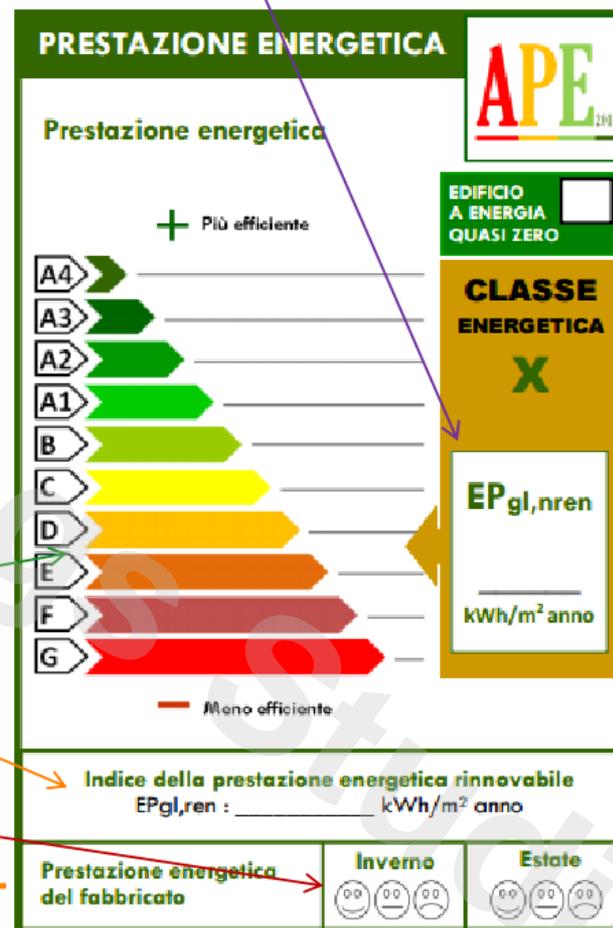
...i corrispondenti annunci tramite **tutti i mezzi di comunicazione commerciali riportano:**

- gli indici di prestazione energetica dell'involucro e globale dell'edificio o dell'unità immobiliare sia rinnovabile che non rinnovabile;
- la classe energetica corrispondente.

FORMAT DI INDICAZIONE PER GLI ANNUNCI IMMOBILIARI
Appendice C – LGN15
 (eccetto annunci a mezzo stampa e internet)

classe
 rinnovabile
 involucro

non rinnovabile



SANZIONI

L' articolo 15 del D.Lgs 192/05 è stato completamente modificato con l'entrata in vigore del **DL 90/2013**. Questo articolo determina le sanzioni a cui i diversi soggetti incorrono nel caso non venga rispettata la normativa sulla prestazione energetica.



Per il certificatore energetico

Un **certificatore** o professionista qualificato che esegue un attestato di prestazione energetica o una relazione tecnica senza il rispetto dei criteri e delle metodologie della normativa vigente è **punito con una sanzione variabile tra i 700 ed i 4200 euro**. Le sanzioni vengono applicate dalle Regioni che hanno anche l'obbligo di comunicare l'inadempienza agli Ordini professionali.

Va ricordato che le relazioni, **l'APE, l'AQE**, i controlli tecnici, etc. **sono resi in forma di dichiarazione sostitutiva di atto notorio ai sensi dell'articolo 47 del DPR 445/2000**. Questo articolo prevede in caso di attestazioni false sanzioni gravi ed anche ipotesi di reato. E' importante quindi che le dichiarazioni rese dai tecnici siano veritiere.

Per il costruttore

Il **costruttore** (o il proprietario) che ha realizzato una nuova costruzione o una ristrutturazione importante e non realizza l'attestato di prestazione energetica incorre in una sanzione variabile tra i **3000 ed i 18000 euro** (comma 7).

Decreti del 26.06.2015

Supplemento ordinario alla "Gazzetta Ufficiale", n. 162 del 15 luglio 2015 - Serie generale

Spediz. abb. post. - art. 1, comma 1
Legge 27-02-2004, n. 46 - Filiale di Roma

GAZZETTA  UFFICIALE
DELLA REPUBBLICA ITALIANA

PARTE PRIMA

Roma - Mercoledì, 15 luglio 2015

SI PUBBLICA TUTTI I
GIORNI NON FESTIVI

DIREZIONE E REDAZIONE PRESSO IL MINISTERO DELLA GIUSTIZIA - UFFICIO PUBBLICAZIONE LEGGI E DECRETI - VIA ARENULA, 70 - 00186 ROMA
AMMINISTRAZIONE PRESSO L'ISTITUTO POLIGRAFICO E ZECCA DELLO STATO - VIA SALARIA, 1027 - 00186 ROMA - CENTRALINO 06-65001 - LIBRERIA DELLO STATO
PIAZZA G. VERDI, 1 - 00186 ROMA

N. 39

MINISTERO
DELLO SVILUPPO ECONOMICO



DECRETO 26 giugno 2015.

Applicazione delle metodologie di calcolo delle prestazioni energetiche e definizione delle prescrizioni e dei requisiti minimi degli edifici.



DECRETO 26 giugno 2015.

Schemi e modalità di riferimento per la compilazione della relazione tecnica di progetto ai fini dell'applicazione delle prescrizioni e dei requisiti minimi di prestazione energetica negli edifici.



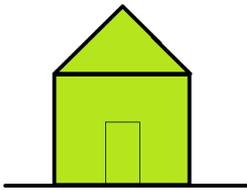
DECRETO 26 giugno 2015.

Adeguamento del decreto del Ministro dello sviluppo economico, 26 giugno 2009 - Linee guida nazionali per la certificazione energetica degli edifici.

Quadro temporale e cronologia degli obblighi di legge in materia di efficienza energetica

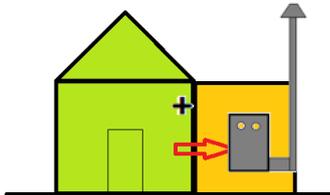
Decreti del 26.06.2015

Requisiti Minimi: Ambiti di applicazione con obbligo di redigere la Relazione secondo l'Art. 28 della Lg 10/91



Nuova costruzione (All. 1 Art. 1.3)

Per edificio di nuova costruzione si intende l'edificio il cui titolo abilitativo sia stato richiesto dopo l'entrata in vigore del presente provvedimento (1° ottobre 2015).

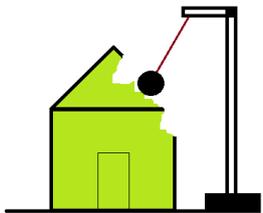


Ampliamento di edifici esistenti con nuovo impianto o estensione dell'impianto esistente (All. 1 Art. 1.3) → ASSIMILABILE A NUOVA COSTRUZIONE)

Ampliamento di edifici esistenti (dotati di nuovi impianti tecnici) per il quale valga almeno una delle seguenti condizioni:

- nuovo volume lordo climatizzato > 15% volume lordo climatizzato esistente
- nuovo volume lordo climatizzato > 500 m³

La parte ampliata di fatto è trattata come una porzione di nuova costruzione.



Demolizione e ricostruzione (All. 1 Art. 1.3 e Art. 6.1) → ASSIMILABILE A NUOVA COSTRUZIONE)

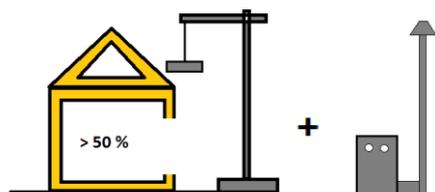
Rientrano in questa categoria gli edifici sottoposti a demolizione e ricostruzione, qualunque sia il titolo abilitativo necessario.

Quadro temporale e cronologia degli obblighi di legge in materia di efficienza energetica

Decreti del 26.06.2015

Requisiti Minimi: Ambiti di applicazione con obbligo di redigere la Relazione secondo l'Art. 28 della Lg 10/91

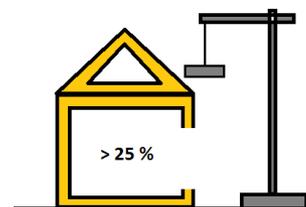
Ristrutturazioni importanti di primo livello (All. 1 Art. 1.4.1)



La ristrutturazione prevede:

- sia un intervento che interessare l'involucro edilizio con un'incidenza > 50 % della superficie disperdente lorda complessiva dell'edificio ;
- sia la ristrutturazione dell'impianto termico per il servizio di climatizzazione invernale e/o estiva asservito all'intero edificio.

In tali casi i requisiti di prestazione energetica si applicano all'intero edificio e si riferiscono alla sua prestazione energetica relativa al servizio o servizi interessati.



Ristrutturazioni importanti di secondo livello (All. 1 Art. 1.4.1)

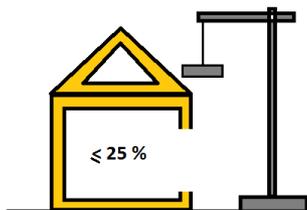
L'intervento interessa l'involucro edilizio con un incidenza > 25 % della superficie disperdente lorda complessiva dell'edificio e può interessare l'impianto termico per il servizio di climatizzazione invernale e/o estiva.

Le verifiche previste per questa casistica riguardano quindi il controllo di prestazioni sull'involucro e/o sugli impianti in base all'intervento previsto.

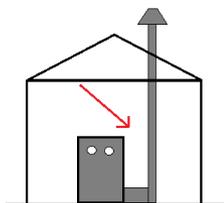
Quadro temporale e cronologia degli obblighi di legge in materia di efficienza energetica

Decreti del 26.06.2015

Requisiti Minimi: Ambiti di applicazione con obbligo di redigere la Relazione secondo l'Art. 28 della Lg 10/91



Riqualificazione energetica dell'involucro (All.1 Art. 1.4.2)
Interventi sull'involucro che coinvolgono una superficie $\leq 25\%$ della superficie disperdente lorda complessiva dell'edifici



Nuova installazione di impianto (All.1 Art. 1.4.2 e Art. 6.1)

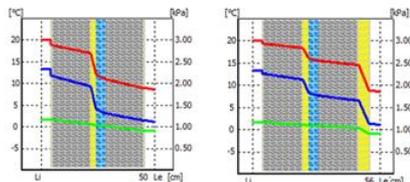
Gli interventi di nuova installazione di impianto termico asservito all'edificio per i servizi di riscaldamento, di raffrescamento e produzione di ACS.

Ristrutturazione di impianto (All.1 Art. 1.4.2 e Art. 6.1)

Gli interventi di ristrutturazione di impianto termico asservito all'edificio per i servizi di riscaldamento, di raffrescamento e produzione di ACS.

Sostituzione del generatore (All.1 Art. 1.4.2 e Art. 6.1)

Gli interventi di sostituzione del solo generatore di calore e installazione di generatori di calore e/o altri impianti tecnici per il fabbisogno dei servizi dell'edificio.



Isolamento termico delle strutture opache

Gli interventi devono portare la trasmittanza a valori limite di legge

Decreti del 26.06.2015

Requisiti Minimi: Esclusioni



Interventi su strati di finitura che risultino influenti dal punto di vista termico

Rifacimento di intonaco su porzioni complessivamente inferiori al 10% della superficie disperdente



Interventi di manutenzione ordinaria degli impianti termici esistenti

Quadro temporale e cronologia degli obblighi di legge in materia di efficienza energetica

Decreti del 26.06.2015 – FAQ Interpretative

Cosa devo rispettare in caso di cambio di destinazione d'uso?

FAQ 2.8 agosto 2016: Nel contesto del DM Requisiti Minimi il cambio di destinazione d'uso si configura come segue a seconda dei casi:

- qualora il cambio di destinazione d'uso avvenga senza interventi che ricadano nelle casistiche del DM Requisiti Minimi, non vi sono requisiti;
- qualora il cambio di destinazione d'uso avvenga con interventi che ricadano nelle casistiche del DM Requisiti Minimi, vi sono requisiti a seconda del livello di intervento.

Si noti che, se il cambio di destinazione d'uso avvenisse contestualmente all'annessione a una unità immobiliare esistente, tale situazione si configurerebbe come ampliamento di quest'ultima e quindi comporterebbe il rispetto dei relativi requisiti a seconda del tipo di ampliamento.



1. Sottotetto già riscaldato ma non abitabile. Cambio destinazione d'uso e lo rendo residenziale rifacendo la copertura e aprendo lucernari: riqualificazione energetica
2. Sottotetto non riscaldato: recupero / ampliamento
3. Magazzino riscaldato che diventa unità immobiliare senza necessità di interventi: nulla

Quadro temporale e cronologia degli obblighi di legge in materia di efficienza energetica

Cosa si intende con ristrutturazione dell'impianto termico nella definizione di ristrutturazione importante di primo livello?

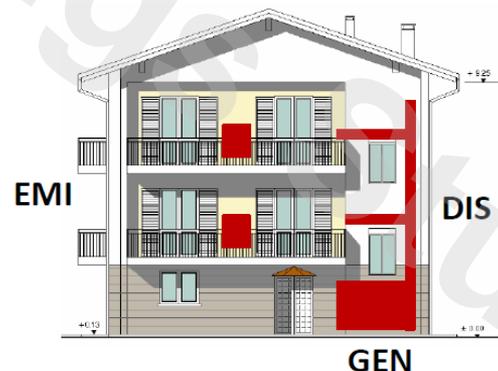
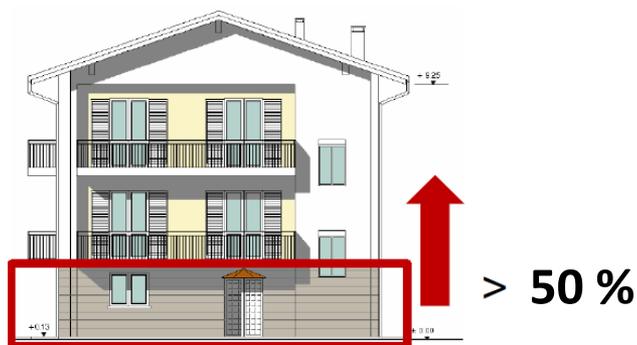
FAQ 2.14 agosto 2016: La ristrutturazione di un impianto termico è definita nel d.lgs. 192/2005 come un insieme di opere che comportano la modifica sostanziale sia dei sistemi di produzione che dei sistemi di distribuzione ed emissione del calore.

Rientrano in questa categoria anche la trasformazione di un impianto termico da centralizzato a impianti termici individuali nonché la risistemazione impiantistica nelle singole unità immobiliari, o in parti di edificio, in caso di installazione di un impianto termico individuale previo distacco dall'impianto termico centralizzato.

Per modifica sostanziale di un impianto termico si intende:

- sostituzione contemporanea di tutti i sottosistemi (generazione, distribuzione ed emissione);
- sostituzione combinata della tipologia del sottosistema di generazione, anche con eventuale cambio di vettore energetico, e dei sottosistemi di distribuzione e/o emissione

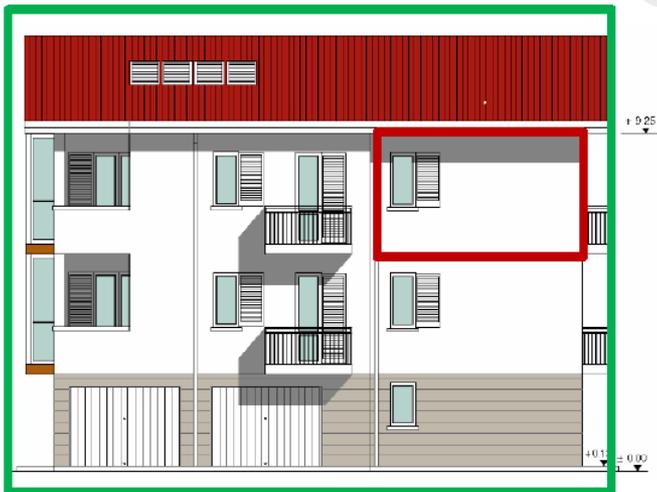
RISTRUTTURAZIONE IMPORTANTE DI 1° LIVELLO



Quadro temporale e cronologia degli obblighi di legge in materia di efficienza energetica

Nel caso di immobili con più unità immobiliari sia con riscaldamento centralizzato che autonomo, qual'è la superficie da considerare per calcolare la % di intervento?

FAQ 2.13 agosto 2016: Secondo il D.lgs.192/05 e s.m.i. un edificio esistente è sottoposto a "ristrutturazione importante quando i lavori in qualunque modo denominati insistono su oltre il 25 per cento della superficie dell'involucro dell'intero edificio, comprensivo di tutte le unità immobiliari che lo costituiscono". Da tale definizione si evince che la superficie su cui calcolare la percentuale di intervento è quella dell'involucro dell'intero edificio, costituito dall'unione di tutte le unità immobiliari che lo compongono.



Superficie di intervento (isolamento dall'interno)

Superficie disperdente

Quadro temporale e cronologia degli obblighi di legge in materia di efficienza energetica

Nel caso di ristrutturazione importante di primo livello o ampliamenti volumetrici è obbligatoria l'applicazione del DLgs 28?

FAQ 2.31 agosto 2016: Gli obblighi sulle fonti energetiche rinnovabili sono definite dal d.lgs. 28/11. Qualora una ristrutturazione importante di primo livello si configuri anche come ristrutturazione rilevante così come definita dal D.Lgs. 28/11, allora occorrerà rispettare anche le prescrizioni di quest'ultimo. In caso contrario no.



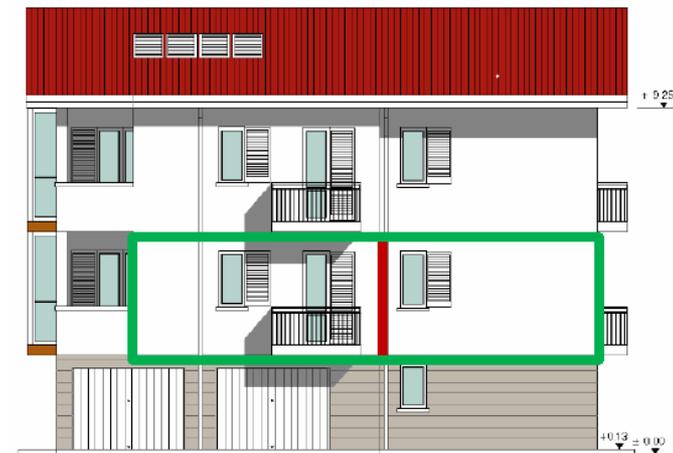
Se costruisco un edificio privo di impianto o non compreso nelle categorie di edifici previste dal DPR 412 devo rispettare il DLgs 28?

FAQ 2.5 agosto 2016: Si noti che gli obblighi dell'allegato 3 sono previsti anche nel caso di edificio non climatizzato. In quest'ultimo caso, naturalmente, la quota rinnovabile per la parte termica sarà automaticamente rispettata (essendo 0 il consumo). Dovrà comunque essere rispettato l'obbligo di installazione di potenza elettrica di cui al punto 3 dell'allegato 3.

Quadro temporale e cronologia degli obblighi di legge in materia di efficienza energetica

Che superfici si considerano nel calcolo di $H't$ nei vari ambiti di applicazione che ne prevedono la verifica?

FAQ 2.15 agosto 2016: La verifica va effettuata per tutta la superficie di uguale orientamento interessata, completamente o per una porzione, da lavori. Nel caso di strutture verticali si considera oggetto di verifica l'intera parete (facciata). Nel caso di strutture di copertura orizzontali o inclinate si considera oggetto di verifica l'intera falda o porzione di tetto. Nel caso in cui la superficie di uguale orientamento fosse comune a più unità immobiliari (pareti esterne continue tra piani e unità adiacenti o unica falda per unità adiacenti), la verifica dovrà riguardare solo la porzione relativa all'unità nella quale si sta effettuando l'intervento.



Superficie di intervento

Superficie su cui valutare $H't$

Decreti del 26.06.2015

Requisiti Minimi

FAQ DEL 1/08/2016 n. 2.41

Il rifacimento del solo strato di impermeabilizzante in copertura comporta il rispetto di requisiti?

Nel paragrafo 1.4.3 *Deroghe* del DM Requisiti Minimi risultano esclusi dall'applicazione gli interventi di ripristino dell'involucro edilizio che coinvolgono unicamente strati di finitura (p.e impermeabilizzazione), interni o esterni, ininfluenti dal punto di vista termico.

Al capitolo 6, *Quadro di sintesi*, tra gli interventi soggetti al rispetto dei requisiti nell'ambito di riqualificazione energetica vengono indicati interventi che interessano coperture piane o a falde citandone isolamento/impermeabilizzazione”.

Nella tabella si fa quindi riferimento ad interventi che riguardano sia il miglioramento della prestazione energetica della copertura (isolamento), sia l'impermeabilizzazione della stessa.

Dalla lettura dei due paragrafi non risulta alcuna contraddizione in quanto: **solo se l'intervento riguarda esclusivamente la posa in opera di uno strato di impermeabilizzazione, con l'applicazione di vernici bituminose o assimilabili, direttamente sull'estradosso del solaio, senza demolizione della pavimentazione. Esso, essendo assimilabile ad un intervento su strati di finitura, non è soggetto al rispetto dei requisiti minimi.**

Sarebbe comunque opportuno verificare l'efficacia dell'utilizzo di materiali impermeabilizzanti ad elevata riflettanza solare (cfr. paragrafo 2.3, comma 3, lettera a)).

Quadro temporale e cronologia degli obblighi di legge in materia di efficienza energetica

Decreti del 26.06.2015

Requisiti Minimi: Prescrizioni e verifiche

*Nuova costruzione
Demolizione e ricostruzione
Ampliamento e sopraelevazione*

Ristrutturazioni importanti di primo livello

I requisiti si applicano all'intero edificio e devo verificare:

- ✓ EP con il metodo dell'edificio di riferimento
- ✓ $H't$: coeff. medio globale di scambio termico
- ✓ $Asol,est/Asup$ utile: area solare equivalente estiva
- ✓ U limite per divisori : (solo per C,D,E,F)
- ✓ Verifica delle prestazioni estive dell'involucro
- ✓ $\eta_H \eta_w \eta_c$: rendimenti limite
- ✓ Integrazione FR in base al DLgs28/2011
- ✓ Requisiti impiantistici

Quadro temporale e cronologia degli obblighi di legge in materia di efficienza energetica

Decreti del 26.06.2015

Requisiti Minimi: Prescrizioni e verifiche – Nuove Costruzioni e assimilabili
Efficienza degli impianti

Verificare che:

$$\eta_H, \eta_W \text{ e } \eta_C > \eta_{H,limite}, \eta_{W,limite} \text{ e } \eta_{C,limite}$$

Tali valori limite sono calcolati in base ai parametri indicati per l'edificio di riferimento.

Obbligo all'utilizzo di fonti rinnovabili

Rispetto dell'Allegato 3, del decreto legislativo 3 marzo 2011, n. 28.

Gli impianti di produzione di energia termica devono garantire il rispetto della copertura, tramite il ricorso a fonti rinnovabili, di:

50% EP_{acs} e 20% ($EP_i + EP_e + EP_{acs}$) dal 31/05/2012 al 31/12/2013

50% EP_{acs} e 35% ($EP_i + EP_e + EP_{acs}$) dal 01/01/2014 al 31/12/2016 *

50% EP_{acs} e 50% ($EP_i + EP_e + EP_{acs}$) dal 01/01/2017

Quadro temporale e cronologia degli obblighi di legge in materia di efficienza energetica

Decreti del 26.06.2015

Requisiti Minimi: Prescrizioni e verifiche – Nuove Costruzioni e assimilabili
Efficienza degli impianti

- ✓ Obbligo di predisposizione delle opere necessarie a favorire il collegamento a reti di **teleriscaldamento o teleraffrescamento** di tratti di rete ad una distanza inferiore a 1000 metri o in presenza di progetti approvati per la realizzazione di tale rete.
- ✓ Fattore di conversione dell'energia termica prodotta da cogenerazione
- ✓ Obbligo all'installazione
 - di sistemi di regolazione automatica della T_{amb} nei singoli locali o nelle zone termiche con compensazione climatica
 - di sistemi di misurazione intelligente
 - di sistema di contabilizzazione del calore, del freddo e dell'ACS

Quadro temporale e cronologia degli obblighi di legge in materia di efficienza energetica

Decreti del 26.06.2015

Requisiti Minimi: Prescrizioni e verifiche – Ristrutturazioni di II Liv. e Riq. En.

Ristrutturazioni importanti di secondo livello

Riqualificazioni energetiche

I requisiti si applicano **alla superficie oggetto di intervento** e riguardano:

- ✓ Verifica del rispetto delle trasmittanze limite
- ✓ Verifica di $H't$ solo per le ristrutturazioni importanti di secondo livello
- ✓ Fattore di trasmissione solare $g_{gl+sh} < 0.35$
- ✓ Requisiti minimi sugli impianti termici

In caso di riqualificazione energetica dell'involucro se l'impianto è centralizzato si pone l'obbligo della contabilizzazione del calore

Quadro temporale e cronologia degli obblighi di legge in materia di efficienza energetica

Decreti del 26.06.2015

Requisiti Minimi: Prescrizioni e verifiche – Nuove Costruzioni e assimilabili

Indici di prestazione energetica

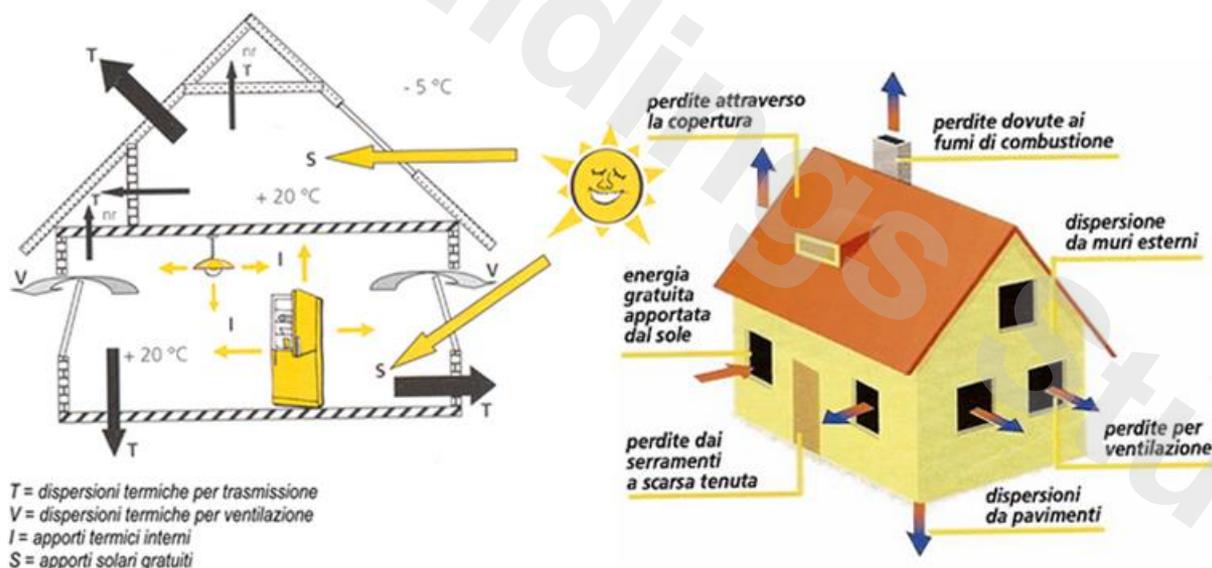
$EP_{H,nd} < EP_{H,nd,limite}$	indice di prestazione termica utile per il riscaldamento (di involucro)
$EP_{C,nd} < EP_{C,nd,limite}$	indice di prestazione termica utile per il raffrescamento (di involucro)
$EP_{gl,tot} < EP_{gl,tot,limite}$	indice di prestazione energetica globale dell'edificio $EP_{gl} = EP_H + EP_W + EP_V + EP_C + EP_L + (EP_T)$

Calcolati per l'edificio di riferimento

Gli indici globali sono calcolati tenendo conto sia del contributo di energia rinnovabile che non rinnovabile con l'utilizzo del fattore di conversione presente nella tabella 1

BILANCIO ENERGETICO

La **domanda di energia termica** relativa alla climatizzazione di un edificio viene stimata sulla base di un **bilancio termico dell'ambiente delimitato dall'involucro edilizio**, bilancio che può essere più o meno accurato. Questo bilancio termico è collegato ad un più generale bilancio energetico dell'edificio che contempla anche gli altri usi finali dell'energia. Dalla domanda di energia termica dell'ambiente confinato, sulla base della valutazione dei **rendimenti dei sistemi impiantistici**, si risale alla domanda di **energia primaria**.



Parleremo Energia ed altre grandezze fisiche per cui
...CERCHIAMO DI CAPIRCI....

[W]

[kW]

[?????]

[J]

[K]

[°C]

[kW*h]

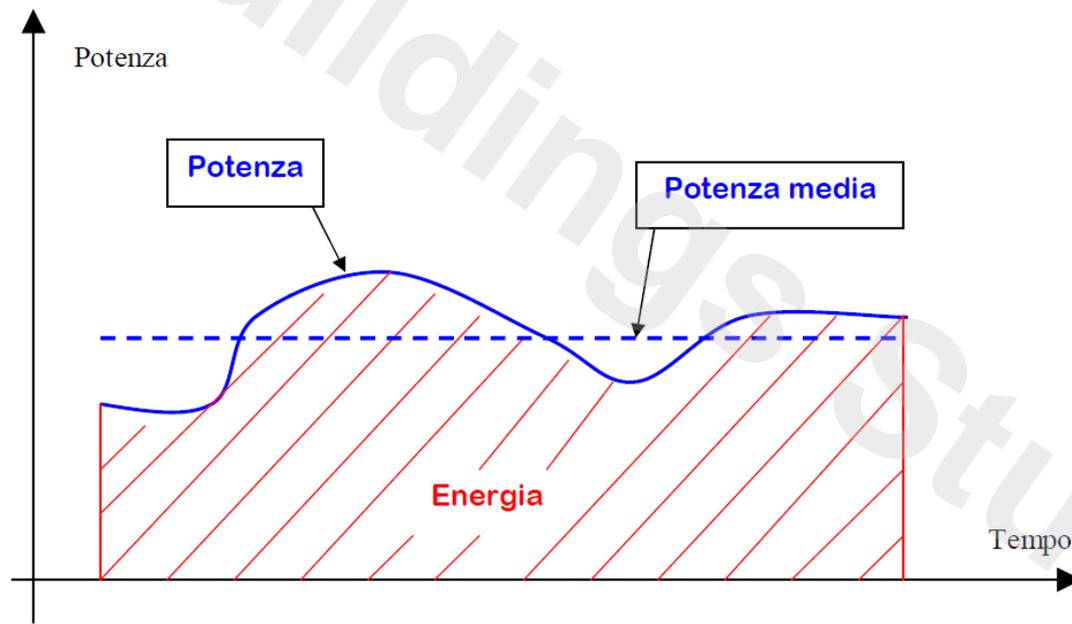
[kcal*h]



Uno degli errori più comuni è quello di confondere energia e potenza.

La potenza è una richiesta "istantanea"; se si ha una richiesta di potenza costante e la si moltiplica per il tempo di tale richiesta, si ottiene l'energia consumata.

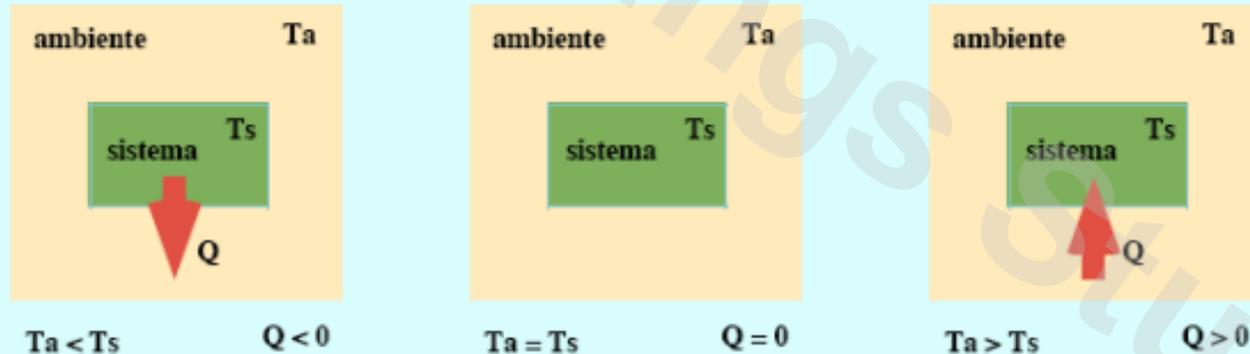
Se si ha come dato l'energia consumata (o dispersa, assorbita, ecc., a seconda dei casi) in un dato intervallo di tempo e si dividono questi due valori, si ottiene la potenza *media* richiesta.



BILANCIO ENERGETICO - Definizione

*Il **calore** è una forma di energia trasferita da un corpo (o da un sistema) ad un altro a temperatura differente.*

- Il calore è l'energia che viene trasferita tra un **sistema** ed il suo **ambiente** a causa della differenza di temperatura esistente tra di essi

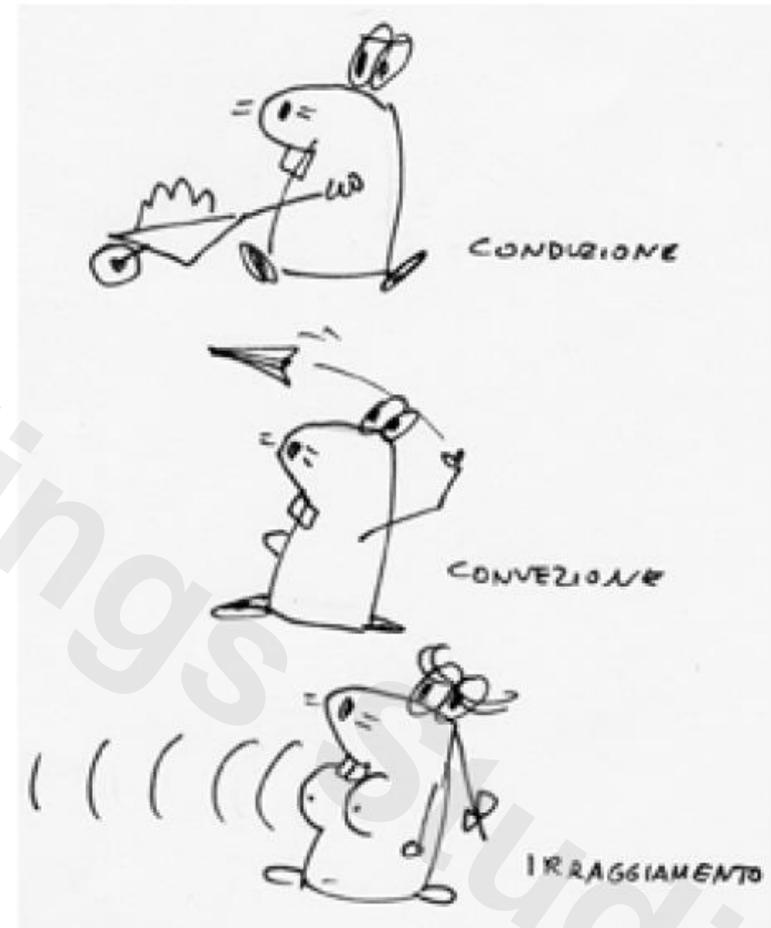


TRASMISSIONE DEL CALORE

La trattazione dell'argomento è incentrata sulla capacità di applicare una raccolta di equazioni che sono per lo più empiriche, limitando la trattazione teorica ai concetti essenziali per la comprensione fisica del fenomeno.

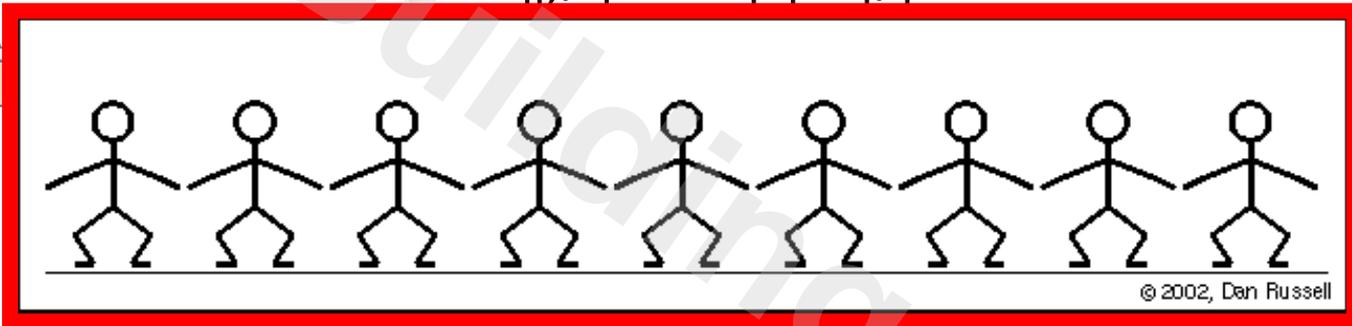
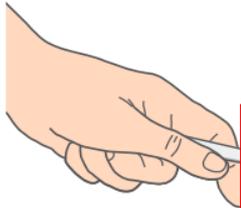
Le modalità di trasmissione dell'energia termica sono tre:

- **CONDUZIONE**
- **CONVEZIONE**
- **IRRAGGIAMENTO**



Conduzione

La punta della forchetta viene scaldata sul fuoco; dopo un po' il calore si propaga fino al manico.



© 2002, Dan Russell

Molecole +calde che ricevono calore
→ > energia termica
→ > energia cinetica
→ possibilità di spostamenti
→ cessione di parte dell'energia per attrito

Molecole +fredde
→ ricevono parte dell'energia
→ ne passano una ulteriore parte alla fila successiva sino all'ambiente esterno

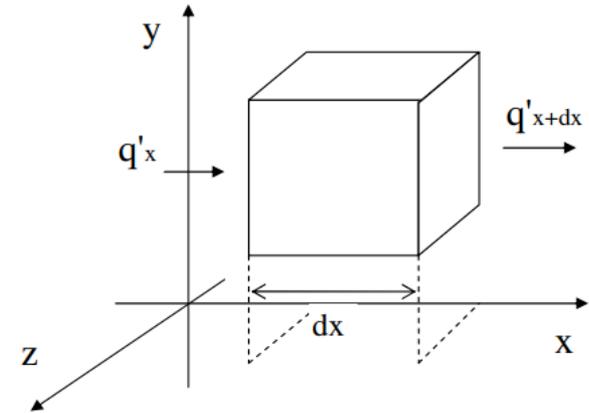
0 °C

- All'interno di un solido il calore si propaga per **conduzione**
- La conduzione del calore è dovuta alla trasmissione di vibrazioni tra atomi vicini

Conduzione

potenza termica entrante + potenza termica generata da sorgenti interne = potenza termica uscente + variazione dell'energia interna nell'unità di tempo

$$\frac{\partial}{\partial x} \left(k \frac{\partial T}{\partial x} \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left(k \frac{\partial T}{\partial y} \right) + \frac{\partial}{\partial z} \left(k \frac{\partial T}{\partial z} \right) + q'_g = c\rho \frac{\partial T}{\partial \tau}$$



Con K uniforme e senza produzione di energia interna

Nel caso non si abbia generazione di calore interna al materiale (materiali non radioattivi), l'equazione generale della conduzione termica (dovuta a *Fourier* - 1822) per un materiale omogeneo (λ costante nelle 3 direzioni dello spazio) diventa:

$$\frac{\partial t}{\partial \tau} = \frac{\lambda}{c\rho} \left(\frac{\partial^2 t}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 t}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 t}{\partial z^2} \right) \quad [\text{kelvin/secondo}]$$

- c , calore termico specifico [J/kg·K]
- ρ , densità di massa [kg/m³]

λ , c e ρ sono parametri fisici, caratteristici di ogni materiale.

Conduzione

λ → **Conducibilità termica:**
Esprime l'attitudine di un materiale a condurre il calore.

ρc_p → **Capacità termica specifica:**
esprime l'attitudine di un materiale ad accumulare energia termica.
 c_p (J/kg·K) la esprime per unità di massa;
 ρc_p (J/m³·K) la esprime per unità di volume

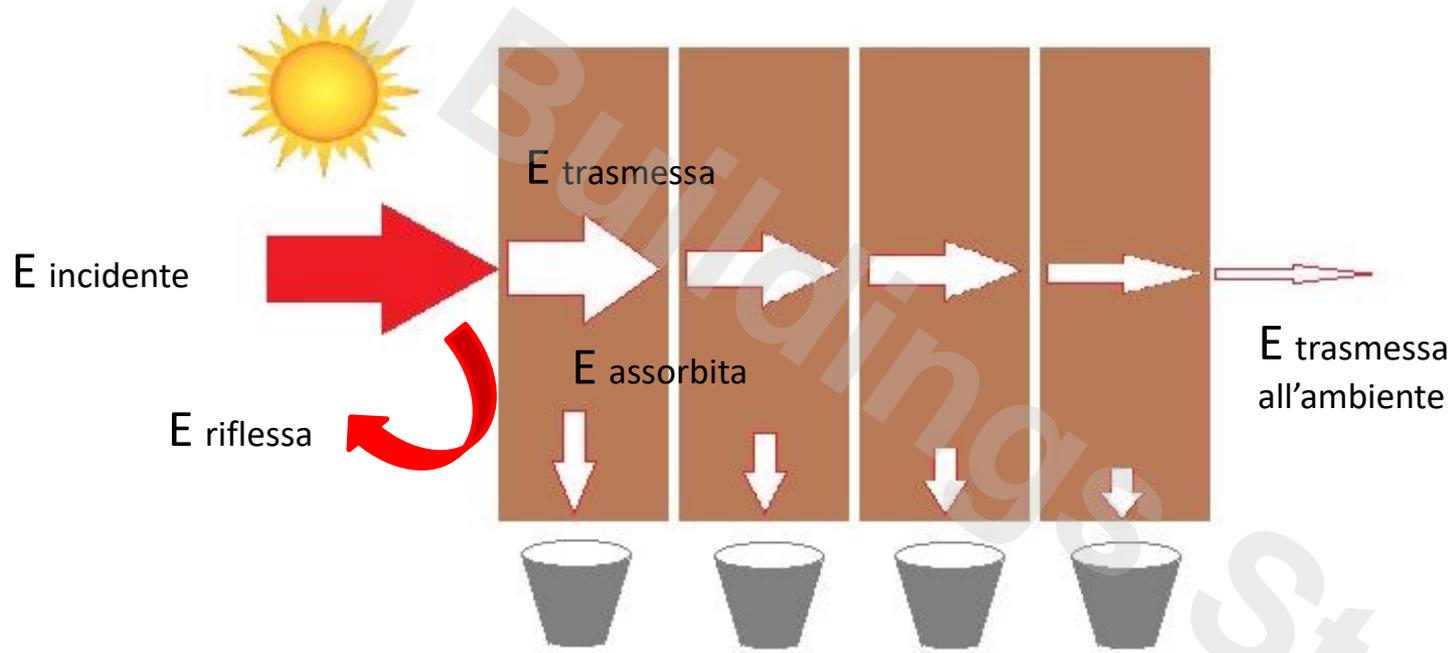
$$\alpha = \frac{\lambda}{\rho c_p} = \frac{\text{calore trasmesso per conduzione}}{\text{calore immagazzinato}} = \text{diffusività termica}$$

Diffusività termica [m²/s]:

Un alto valore di diffusività termica indica una veloce propagazione del calore, mentre un valore basso indica che il calore è prevalentemente accumulato.

La diffusività termica è importante nello studio della conduzione termica in regime variabile nel tempo.

E in Estate ? : UNI EN ISO 13786

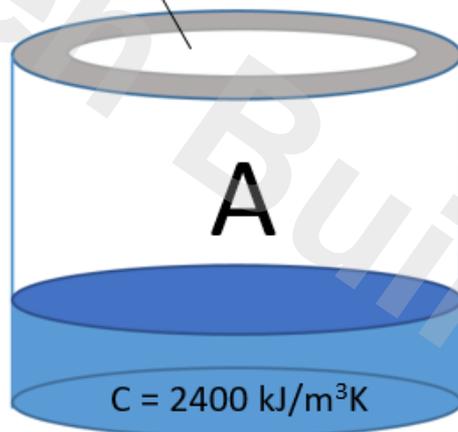


$$C = \rho * c$$

E in Estate ? : UNI EN ISO 13786

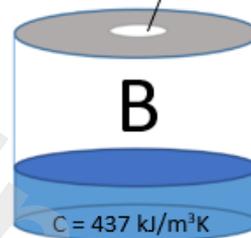


$\lambda = 2,16 \text{ W/mK}$



Calcestruzzo

$\lambda = 0,04 \text{ W/mK}$

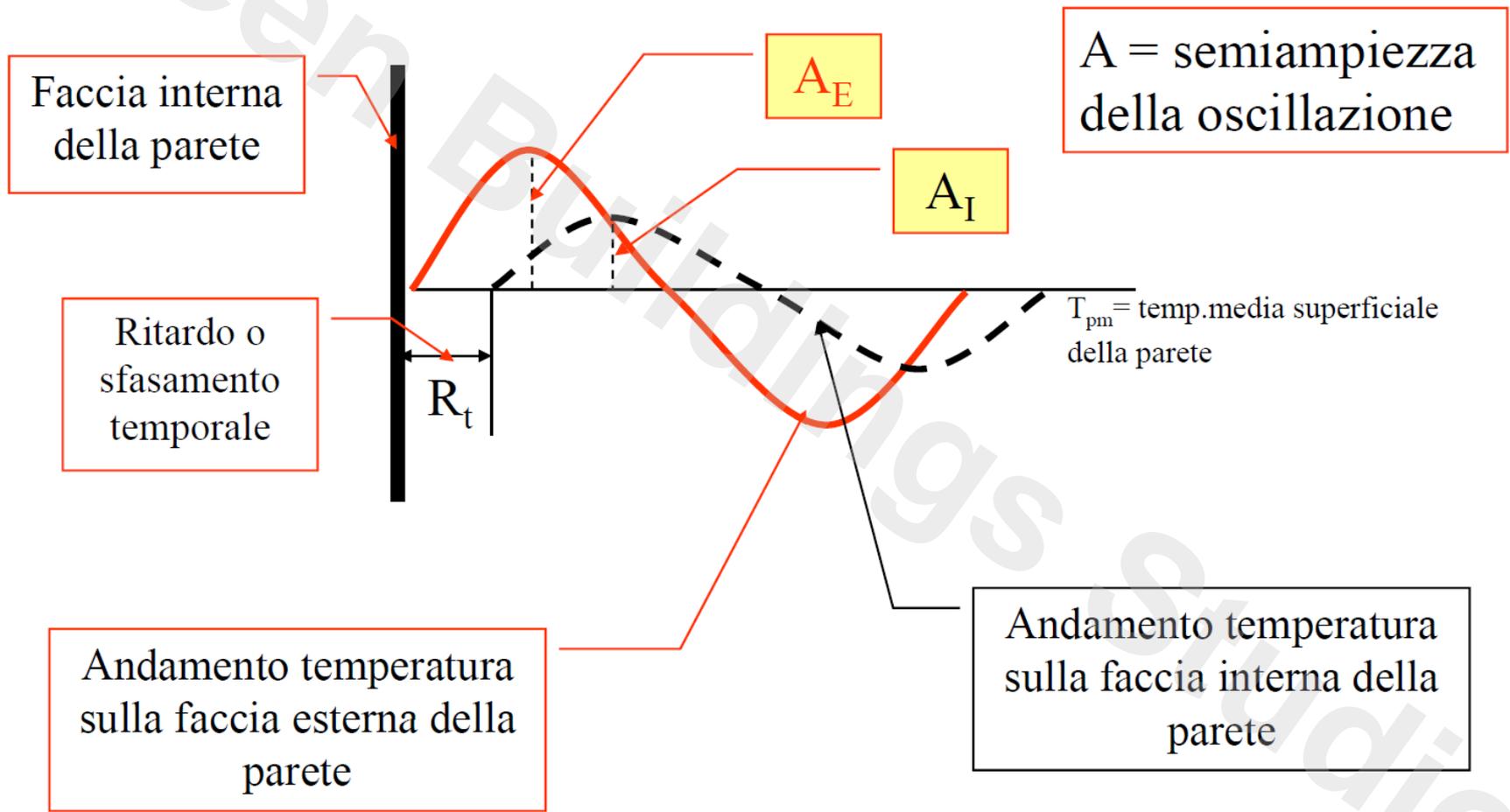


Sughero Bruno

$$\alpha = \frac{\lambda}{\rho * c}$$

Materiale	Densità kg/m ³	Calore Specifico J/kgK	Conduttività termica W/mK	Diffusività Termica m ² /Ms
Calcestruzzo	2400	1000	2,16	0,90
Sughero Bruno	262	1670	0,04	0,09
EPS	18	1450	0,032	1,22

E in Estate ? : UNI EN ISO 13786



Conduzione

Purtroppo non è possibile trovare una soluzione esatta di questa equazione in una forma semplice del tipo:

$$t = t_0 + f(x, y, z, \tau)$$

e si può risolvere solo con metodi numerici approssimati che generalmente richiedono un calcolatore.

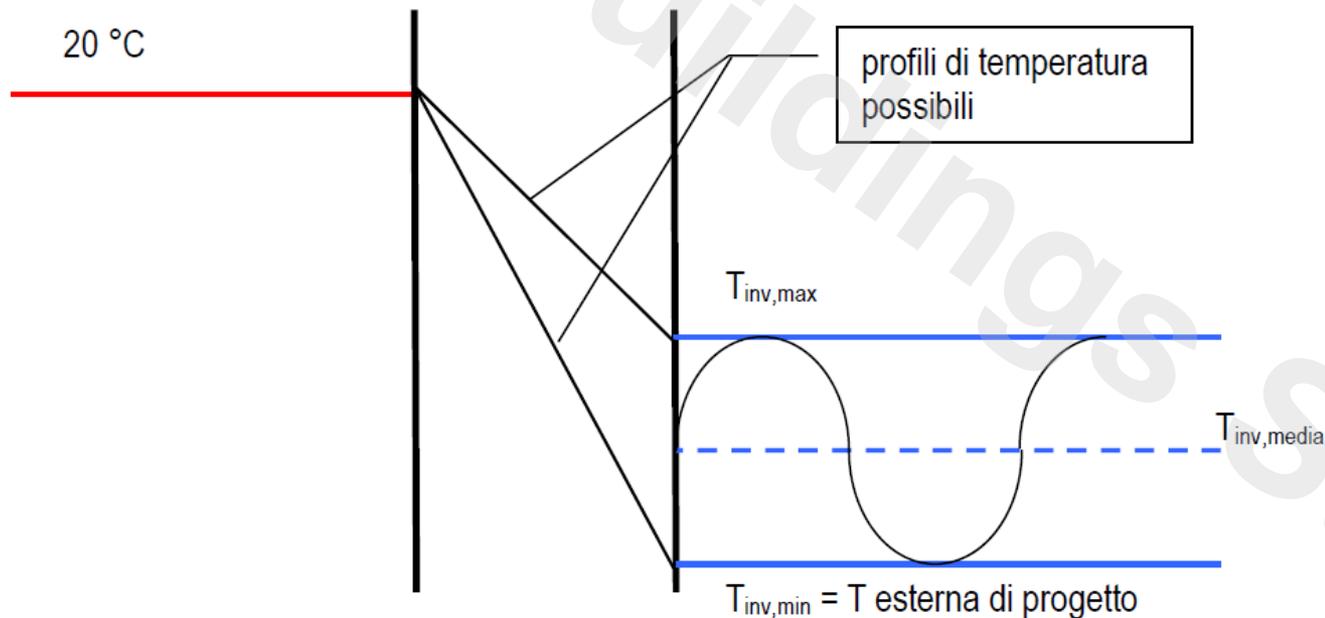
Si può però semplificare, nel caso siano verificate le seguenti ipotesi:

- 1) nel caso di “regime stazionario”, cioè di variazioni di temperatura non percettibili nell’unità di tempo, il primo membro dell’equazione si può trascurare in favore di sicurezza; tale situazione si verifica solo durante la stagione invernale nella quale la temperatura esterna è sempre inferiore della temperatura interna, facendo riferimento ad una temperatura esterna ipotizzata costante nei due casi:

In Inverno:



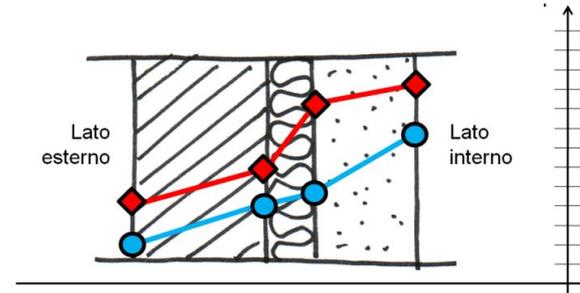
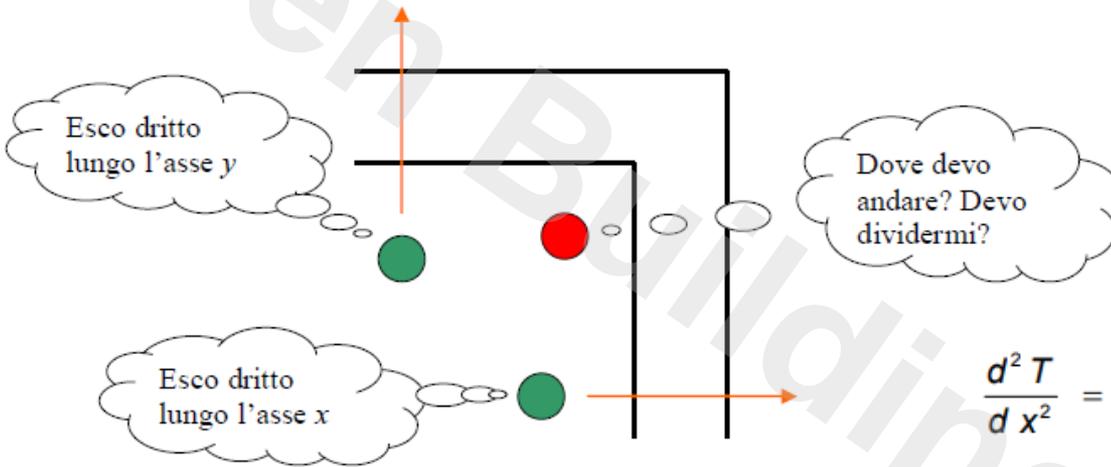
- temperatura invernale media (calcolabile grazie all'Allegato A del DPR 412/1993 e s.m.i.), per calcolare la globale energia impiegata per riscaldamento;
- temperatura esterna di progetto (da norme UNI 5364 e UNI EN 12831), per calcolare la massima potenza termica disperdibile dalla struttura.



In Inverno:



2) nel caso di “flusso monodimensionale”, cioè di variazioni di temperatura in una sola direzione dello spazio, si annullano le due derivate rispetto agli assi y e z .



- : flusso monodimensionale
- : flusso bidimensionale

$$\frac{d^2 T}{d x^2} = 0$$

$$T(x) = C_1 x + C_2$$

$$q^* = -\lambda \frac{dT}{dx} = \frac{\lambda}{s} \cdot (T_1 - T_2)$$

ipotesi 1 $\frac{\partial t}{\partial \tau} = \frac{\lambda}{c\rho} \left(\frac{\partial^2 t}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 t}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 t}{\partial z^2} \right)$ ipotesi 2

$$R_{t,cond} = \frac{s}{\lambda}$$



E in Estate ?: UNI EN ISO 13786



potenza termica entrante + potenza termica generata da sorgenti interne = potenza termica uscente + variazione dell'energia interna nell'unità di tempo

$$\frac{\partial}{\partial x} \left(\lambda \frac{\partial T}{\partial x} \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left(\lambda \frac{\partial T}{\partial y} \right) + \frac{\partial}{\partial z} \left(\lambda \frac{\partial T}{\partial z} \right) + H = \rho c_p \frac{\partial T}{\partial \tau}$$

Con 1 uniforme e senza produzione di energia interna

ipotesi 1

$$\frac{\partial}{\partial x} \left(\lambda \frac{\partial^2 T}{\partial x^2} \right) = \frac{\lambda}{\rho c} \left(\frac{\partial^2 T}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 T}{\partial z^2} \right)$$

ipotesi 2

$$\frac{\partial T(x, t)}{\partial t} = \frac{\lambda}{\rho c} \frac{\partial^2 T(x, t)}{\partial x^2}$$

Distribuzione della temperatura

a Diffusività

$$q(x, t) = -\lambda \frac{\partial T(x, t)}{\partial x}$$

Flusso termico specifico

E in Estate ?: UNI EN ISO 13786



La distribuzione della temperatura all'interno di uno strato di materiale omogeneo soggetto ad un flusso termico monodimensionale è data dalla soluzione dell'equazione differenziale della diffusione di energia termica:

dove:

$$\frac{\partial^2 \vartheta}{\partial x^2} = \frac{\rho \cdot c}{\lambda} \frac{\partial \vartheta}{\partial t}$$

ϑ	Temperatura
x	Direzione di propagazione del flusso termico
t	Tempo

Per uno strato finito e con condizioni al contorno di **temperatura e flusso termico varianti col tempo secondo una legge armonica**, il flusso termico areico scambiato q_2 e la temperatura θ_2 in corrispondenza ad una superficie possono essere correlati con il flusso scambiato q_1 e con la temperatura θ_1 in corrispondenza della superficie opposta attraverso la seguente relazione matriciale

$$\begin{bmatrix} \hat{\vartheta}_2 \\ \hat{q}_2 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} Z_{11} & Z_{12} \\ Z_{21} & Z_{22} \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} \hat{\vartheta}_1 \\ \hat{q}_1 \end{bmatrix}$$

dove la matrice quadrata viene detta **“matrice di trasmissione o di trasferimento”**

E in Estate ? : UNI EN ISO 13786



$$\begin{bmatrix} \hat{g}_2 \\ \hat{q}_2 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} Z_{11} & Z_{12} \\ Z_{21} & Z_{22} \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} \hat{g}_1 \\ \hat{q}_1 \end{bmatrix}$$

Gli elementi della matrice sono numeri complessi così calcolati:

$$Z_{11} = Z_{22} = \cosh(z)$$

$$Z_{12} = -\frac{d \cdot \sinh(z)}{\lambda \cdot z}$$

$$Z_{21} = \frac{\lambda \cdot z \cdot \sinh(z)}{d}$$

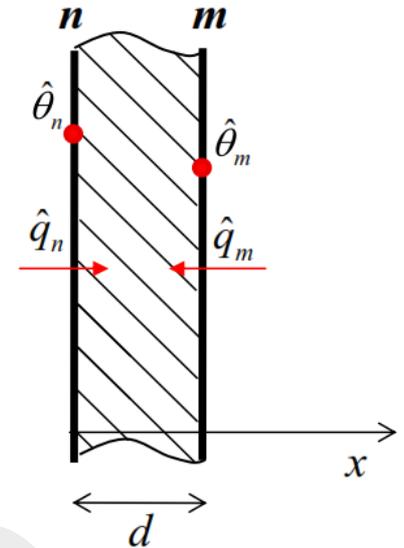
dove:

$$z = \xi + i\xi \text{ dove } i = \sqrt{-1} \text{ è l'unità immaginaria}$$

$$\xi = \frac{d}{\delta}$$

$$\delta = \sqrt{\frac{\lambda \cdot T}{\pi \cdot \rho \cdot c}}$$

Profondità di penetrazione periodica (profondità alla quale l'ampiezza della variazione di temperatura si riduce di un fattore e)



LEGENDA

d	[m]	Spessore dello strato
λ	[W/mK]	Conduttività termica del materiale
c	[J/kg·K]	Capacità termica specifica
ρ	[kg/m ³]	Densità
δ	[m]	Profondità di penetrazione periodica di un'onda termica in un materiale
ξ	[-]	Rapporto tra lo spessore dello strato e la profondità di penetrazione
R	[m ² K/W]	Resistenza termica dei singoli strati
χ	[J/(m ² ·K)]	Capacità termica areica
Y_{mn}	[W/(m ² ·K)]	Ammettenza termica dinamica
Z_{mn}		Elemento della matrice di trasmissione del calore
f		Fattore di decremento
U	[W/(m ² ·K)]	Trasmittanza termica in regime stazionario
T	[s]	Periodo delle variazioni

E in Estate ?: UNI EN ISO 13786

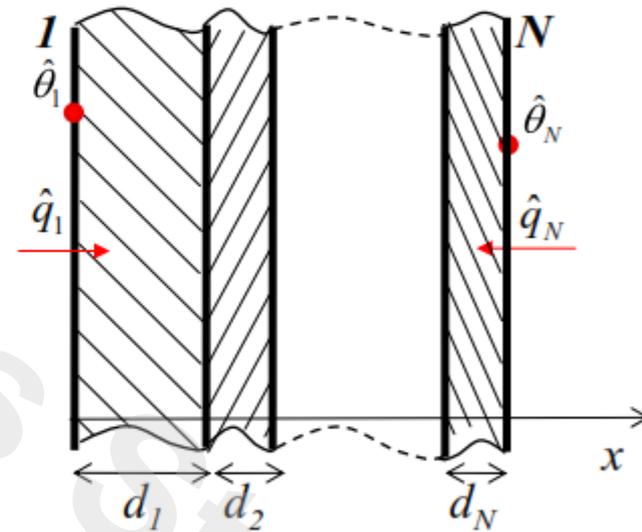


La matrice di trasferimento del componente edilizio da superficie a superficie è la seguente:

$$Z = \begin{pmatrix} Z_{11} & Z_{12} \\ Z_{21} & Z_{22} \end{pmatrix} = Z_N Z_{N-1} \dots Z_3 Z_2 Z_1$$

dove $Z_1, Z_2, Z_3, \dots, Z_N$ sono le matrici di trasferimento dei vari strati del componente edilizio, a cominciare dallo strato 1. Per convenzione lo strato 1 di componenti dell'involucro edilizio è rappresentato dallo strato più interno.

• *Giacché il prodotto tra matrici non è commutabile, la disposizione degli strati influenza il comportamento globale della parete in regime transitorio!!!* $[A][B] \neq [B][A]$



Strato d'intercapedine

$$Z_a = \begin{pmatrix} 1 & -R_a \\ 0 & 1 \end{pmatrix}$$

Resistenze superficiali

$$Z_s = \begin{pmatrix} 1 & -R_s \\ 0 & 1 \end{pmatrix}$$

La resistenza termica dello strato di aria deve essere calcolata in accordo con la EN ISO 6946.

dove R_s rappresenta la resistenza superficiale dello strato periferico, comprendente gli effetti di convezione e irraggiamento, in accordo con la EN ISO 6946.

E in Estate ?: UNI EN ISO 13786



Nota la matrice di trasferimento $[Z]$ si possono valutare i parametri caratteristici del comportamento in regime dinamico delle strutture a seguito di una variazione sinusoidale delle condizioni al contorno, in particolare...

$$\begin{bmatrix} Ti \\ qi \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} Z_{11} & Z_{12} \\ Z_{21} & Z_{22} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} Te \\ qe \end{bmatrix}$$

Possiamo riscrivere il legame tra variazioni dei flussi termici e variazioni delle temperature introducendo la **matrice delle ammettenze** $[Y]$:

$$\begin{bmatrix} qe \\ qi \end{bmatrix} = \frac{1}{Z_{12}} \begin{bmatrix} Z_{11} & -1 \\ -1 & Z_{22} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} Te \\ Ti \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} Y_{11} & Y_{12} \\ Y_{21} & Y_{22} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} Te \\ Ti \end{bmatrix} = Y \begin{bmatrix} Te \\ Ti \end{bmatrix}$$

Ammettenza termica Y_{mm} : è un numero complesso definito come l'ampiezza del flusso termico attraverso la superficie del componente prospiciente la zona m rispetto all'ampiezza della variazione di temperatura nella stessa zona, quando la temperatura nell'altro lato è mantenuta costante.

$$Y_{mm} = \left. \frac{\hat{q}_m}{\hat{\theta}_m} \right|_{\hat{\theta}_n=0} \left(\frac{W}{m^2K} \right) \quad Y_{11} = \left. \frac{\hat{q}_1}{\hat{\theta}_1} \right|_{\hat{\theta}_2=0} = -\frac{Z_{11}}{Z_{12}}; \quad Y_{22} = \left. \frac{\hat{q}_2}{\hat{\theta}_2} \right|_{\hat{\theta}_1=0} = -\frac{Z_{22}}{Z_{12}}$$

E in Estate ?: UNI EN ISO 13786



Trasmittanza termica periodica Y_{mn} (Y_{mn}): è un numero complesso definito come l'ampiezza del flusso termico attraverso la superficie del componente prospiciente la zona m (n) rispetto all'ampiezza della variazione di temperatura nella zona n (m), quando la temperatura nella zona m (n) è mantenuta costante.

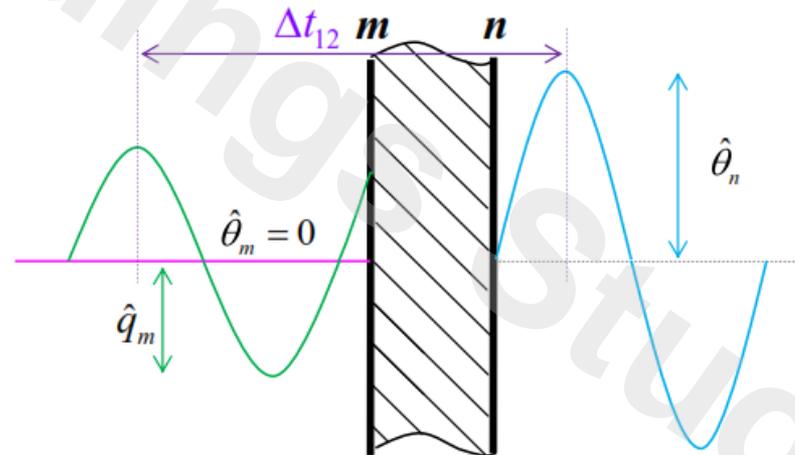
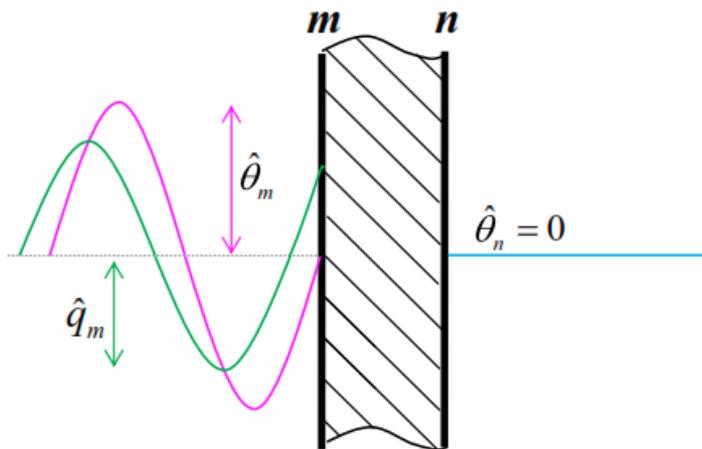
$$Y_{mn} = \frac{\hat{q}_n}{\hat{\theta}_m} \Big|_{\hat{\theta}_n=0} \quad Y_{12} = \frac{\hat{q}_2}{\hat{\theta}_1} \Big|_{\hat{\theta}_2=0} = -\frac{1}{Z_{12}}; \left(\frac{W}{m^2K} \right)$$

$$Y_{nm} = \frac{\hat{q}_m}{\hat{\theta}_n} \Big|_{\hat{\theta}_m=0} \quad Y_{21} = \frac{\hat{q}_1}{\hat{\theta}_2} \Big|_{\hat{\theta}_1=0} = -\frac{1}{Z_{12}}; \left(\frac{W}{m^2K} \right)$$

N.B.
Per definizione:
▪ $Y_{12} = Y_{21}$
▪ $Y_{11} \neq Y_{22}$

Ammettenza termica Y_{mm}

Trasmittanza termica periodica Y_{mn}



$Y_{ie} = |Y_{12}| = 1/|Z_{12}|$

E in Estate ?: UNI EN ISO 13786



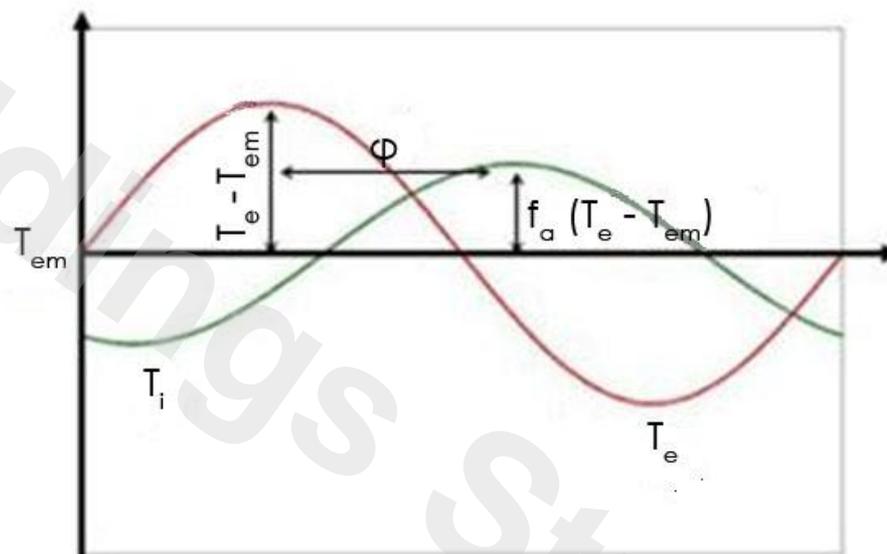
Il termine Y_{12} è un numero complesso : il **modulo** rappresenta la variazione dell'ampiezza rispetto alla forzante e l'argomento ne indica il ritardo. Da Y_{12} si ricavano Attenuazione e sfasamento.

Attenuazione:

$$fa = \frac{Y_{ie}}{U} \Rightarrow Y_{ie} = fa \times U$$

Sfasamento:

$$\varphi = \frac{P}{2\pi} \arg(Y_{ie})$$



Linea rossa - temperatura superficiale esterna estiva

Linea verde- temperatura superficiale interna estiva

φ sfasamento dell'onda termica

f_a - fattore di attenuazione dell'onda termica

Tipo di materiale

INT - Intonaci

Provenienza dei dati

- UNI 10351 - prosp.2 UNI 10351 - prosp. A.1
 UNI 10355 UNI EN ISO 10456
 UNI TR 11552 UNI EN ISO 6946
 Materiali utente da bibliografia
 Materiali aziende ANIT

Archivio materiali utente

Spessore m

	Descrizione	Densità [kg/m³]	Conduttività [W/mK]	Calore specifico [kcal/kgK]	Fattore resistenza vapore
▶ 1	Intonaco interno	1400	0,7	0,24	1
2	Intonaco esterno	1800	0,9	0,24	1
3	Intonaco esterno (pannello legno compensato)	450	0,1	0,24	1
12	Malta di cemento	2000	1,4	0,24	1
17	Finitura interna	1700	1,47	0,24	1
18	Sottofondo di cls - malta di cemento	2000	1,4	0,24	1

Aggiungi strato

5

- Inserisci
 Sostituisci

Elimina strato

	Tipo	Descrizione	Spessore [m]	Densità [kg/m³]	Conduttività [W/m K]	Calore specifico [J/kg K]	Fattore resistenza vapore	Massa superficiale [kg/m²]	Resistenza [m²K/W]	Spessore equivalente [m]	Diffusività [m²/Ms]
▶		Superficie esterna							0,040		
1	INT	Malta di calce o di calce e cemento	0,0200	1800	0,900	837	20	36,0	0,022	0,400	0,598
2	MUR	Laterizi alveolati sp.30 cm.rif.1.1.08	0,3000	773	0,353	837	20	231,9	0,850	6,000	0,546
3	ISO	Pannello in polistirene espanso sinterizzato EPS 200 - EPS 250	0,0800	30	0,033	1464	60	2,4	2,424	4,800	0,751
4	INT	Intonaco interno	0,0200	1400	0,700	1000	1	28,0	0,029	0,020	0,500
		Superficie interna							0,130		

Tipo di elemento

- Soffitto Parete Pavimento

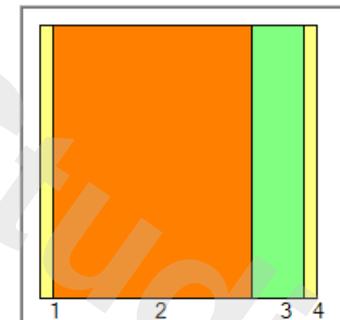
Elemento esterno

Resistenza superficiale esterna m²K/W

Resistenza superficiale interna m²K/W

	Risultati
▶ Spessore [m]	0,420
Massa superficiale [kg/m²]	298,30
Massa superficiale esclusi intonaci [kg/m²]	234,30
Resistenza [m²K/W]	3,50
Trasmittanza [W/m²K]	0,286

	Valori invernali	Valori estivi
▶ Trasmittanza [W/m²K]	0,286	0,284
Trasmittanza periodica [W/m²K]	0,049	0,044
Attenuazione	0,170	0,153
Sfasamento	11h 36'	11h 59'
Capacità termica interna [kJ/m²K]	27,68	27,71
Capacità termica esterna [kJ/m²K]	66,65	59,63
Ammetenza interna [W/m²K]	1,987	1,996
Ammetenza esterna [W/m²K]	4,810	4,303



Parametri statici

Spessore totale	0,420	m
Massa superficiale	298,30	kg/m ²
Resistenza	3,4950	m ² K/W
Trasmittanza	0,2861	W/m ² K

Parametri dinamici da matrice

Trasmittanza periodica	0,0487	W/m ² K
Attenuazione	0,1703	
Sfasamento	11h 36'	
Ammetenza esterna	4,8097	W/m ² K
Ammetenza interna	1,9869	W/m ² K
Capacità esterna	66,6454	kJ/m ² K
Capacità interna	27,6844	kJ/m ² K

Parametri dinamici da analisi

Trasmittanza periodica	0,0487	W/m ² K	Tsupl/TsupE	0,0072	
Attenuazione	0,1700		Phil/PhiE	0,0101	Profondità di penetrazione 0,1151 m
Sfasamento	11h 36'		Energia esterna	404,2	kJ/m ²
Ammetenza esterna	4,8099	W/m ² K	Energia interna	408,1	kJ/m ²
Ammetenza interna	0,0000	W/m ² K	Calore specifico medio	1037,4	J/kg K
Capacità esterna	66,8057	W/m ² K			
Capacità interna	0,6690	W/m ² K			

Elimina limitare

Condizioni al contorno

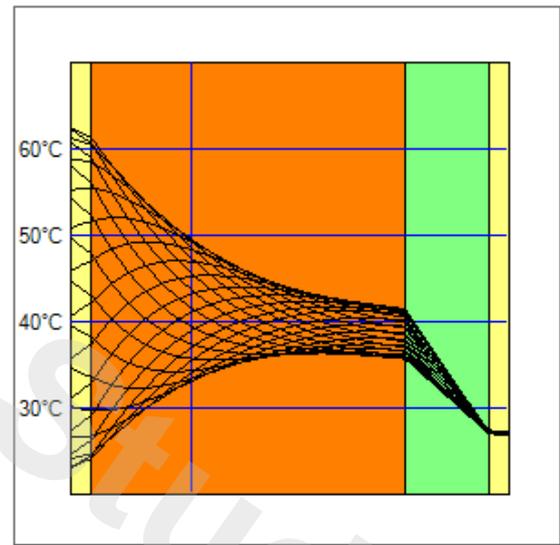
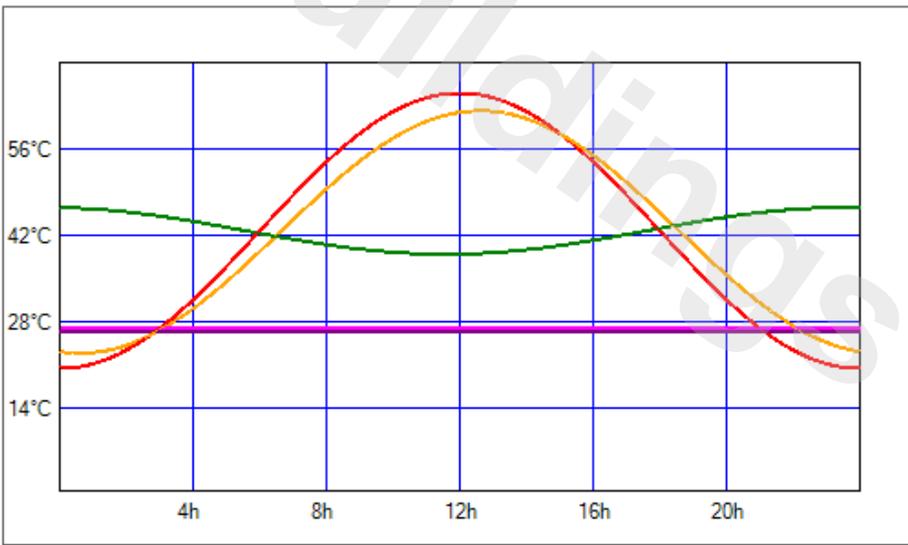
Periodiche Lineari

Temperatura esterna minima: 20 °C

Temperatura esterna massima: 65 °C

Temperatura interna minima: 26 °C

Temperatura interna massima: 26 °C



Visualizza

Temperature Flussi

Esterno Sup. est. Staz. Sup. int. Interno

Tipo di materiale

INT - Intonaci

Provenienza dei dati

- UNI 10351 - prosp.2 UNI 10351 - prosp. A.1
 UNI 10355 UNI EN ISO 10456
 UNI TR 11552 UNI EN ISO 6946
 Materiali utente da bibliografia
 Materiali aziende ANIT

	Descrizione	Densità [kg/m³]	Conduttività [W/mK]	Calore specifico [kcal/kgK]	Fattore resistenza vapore
▶ 1	Intonaco interno	1400	0,7	0,24	1
2	Intonaco esterno	1800	0,9	0,24	1
3	Intonaco esterno (pannello legno compensato)	450	0,1	0,24	1
12	Malta di cemento	2000	1,4	0,24	1
17	Finitura interna	1700	1,47	0,24	1
18	Sottofondo di cls - malta di cemento	2000	1,4	0,24	1

Archivio materiali utente

Spessore m

Aggiungi strato

- Inserisci
 Sostituisci

Elimina strato



	Tipo	Descrizione	Spessore [m]	Densità [kg/m³]	Conduttività [W/m K]	Calore specifico [J/kg K]	Fattore resistenza vapore	Massa superficiale [kg/m²]	Resistenza [m²K/W]	Spessore equivalente aria [m]	Diffusività [m²/Ms]
▶		Superficie esterna							0,040		
1	INT	Malta di calce o di calce e cemento	0,0200	1800	0,900	837	20	36,0	0,022	0,400	0,598
2	ISO	Pannello in polistirene espanso sinterizzato EPS 200 – EPS 250	0,0800	30	0,033	1464	60	2,4	2,424	4,800	0,751
3	MUR	Laterizi alveolati sp.30 cm.rif.1.1.08	0,3000	773	0,353	837	20	231,9	0,850	6,000	0,546
4	INT	Intonaco interno	0,0200	1400	0,700	1000	1	28,0	0,029	0,020	0,500
		Superficie interna							0,130		

Tipo di elemento

- Soffitto Parete Pavimento

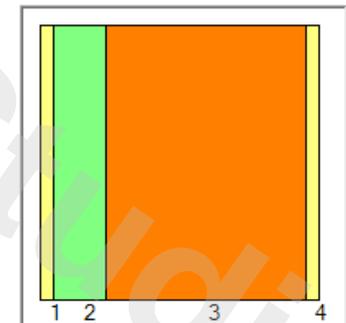
Elemento esterno

Resistenza superficiale esterna m²K/W

Resistenza superficiale interna m²K/W

	Risultati
▶ Spessore [m]	0,420
Massa superficiale [kg/m²]	298,30
Massa superficiale esclusi intonaci [kg/m²]	234,30
Resistenza [m²K/W]	3,50
Trasmittanza [W/m²K]	0,286

	Valori invernali	Valori estivi
▶ Trasmittanza [W/m²K]	0,286	0,284
Trasmittanza periodica [W/m²K]	0,039	0,038
Attenuazione	0,136	0,134
Sfasamento	11h 51'	12h 6'
Capacità termica interna [kJ/m²K]	48,48	49,16
Capacità termica esterna [kJ/m²K]	31,47	30,75
Ammettenza interna [W/m²K]	3,492	3,544
Ammettenza esterna [W/m²K]	2,276	2,223



Parametri statici

Spessore totale	0,420	m
Massa superficiale	298,30	kg/m ²
Resistenza	3,4950	m ² K/W
Trasmittanza	0,2861	W/m ² K

Parametri dinamici da matrice

Trasmittanza periodica	0,0388	W/m ² K
Attenuazione	0,1356	
Sfasamento	11h 51'	
Ammettenza esterna	2,2764	W/m ² K
Ammettenza interna	3,4919	W/m ² K
Capacità esterna	31,4718	kJ/m ² K
Capacità interna	48,4762	kJ/m ² K

Parametri dinamici da analisi

Trasmittanza periodica	0,0389	W/m ² K	TsupI/TsupE	0,0052
Attenuazione	0,1358			Phil/PhiE
Sfasamento	11h 51'		Energia esterna	407,6 kJ/m ²
Ammettenza esterna	2,2766	W/m ² K	Energia interna	407,0 kJ/m ²
Ammettenza interna	0,0000	W/m ² K	Calore specifico medio	
Capacità esterna	31,8390	W/m ² K	2563,1 J/kg K	
Capacità interna	0,5343	W/m ² K		

Elimina liminare

Profondità di penetrazione: 0,0732 m

Condizioni al contorno

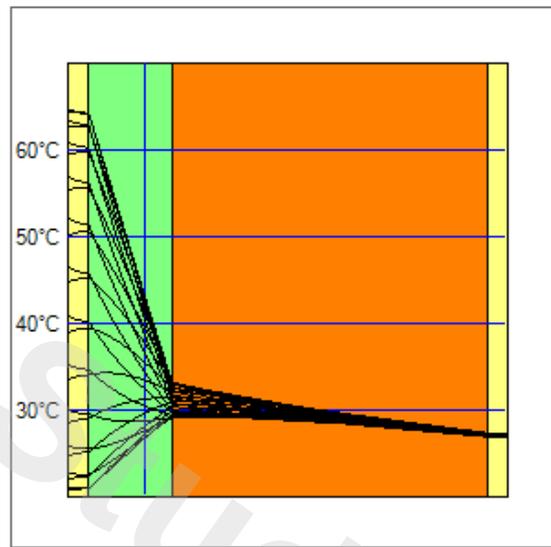
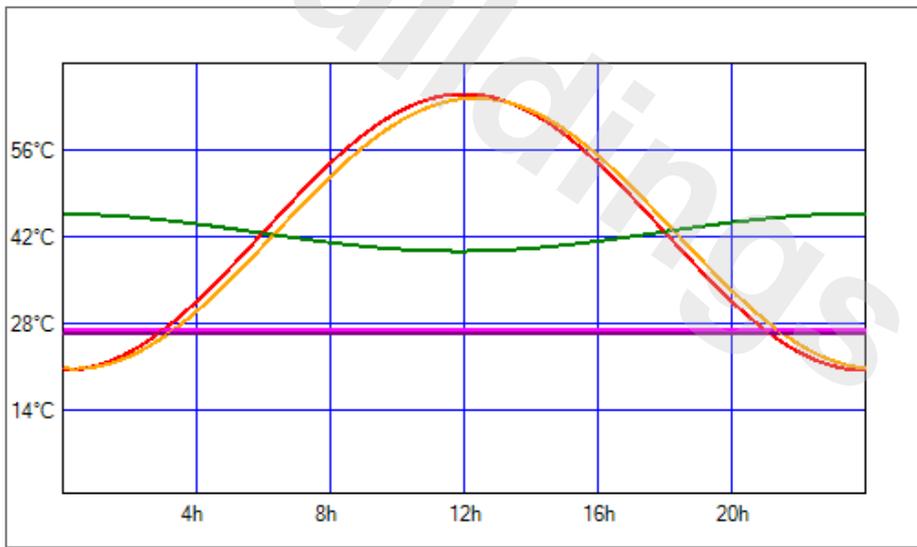
Periodiche Lineari

Temperatura esterna minima: 20 °C

Temperatura esterna massima: 65 °C

Temperatura interna minima: 26 °C

Temperatura interna massima: 26 °C



Visualizza

Temperature Flussi

Esterno Sup. est. Staz. Sup. int. Interno

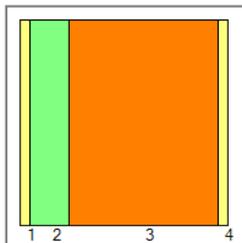
Calcola

Iterazioni: 6

Esporta dati

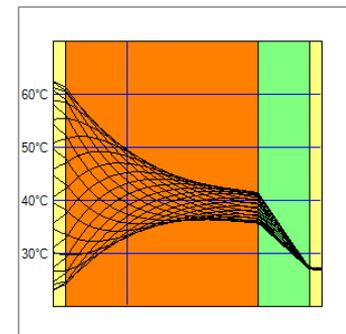
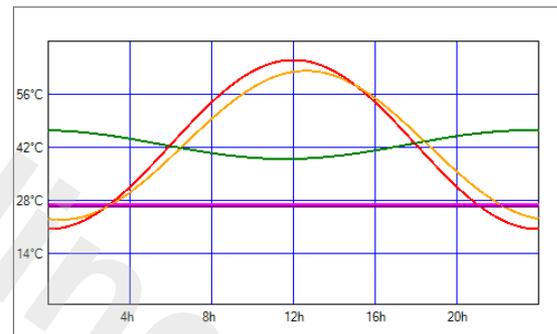
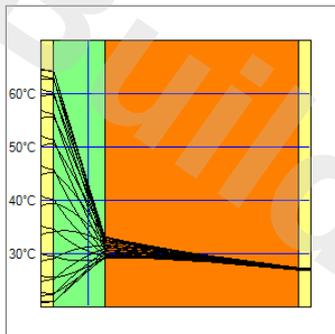
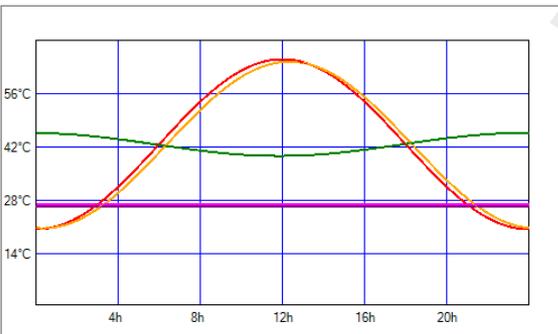
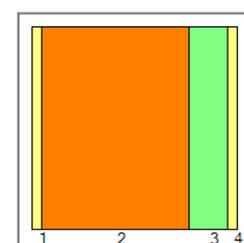
Risultati	
Massa superficiale [kg/m ²]	3,50
Resistenza [m ² K/W]	298,30
Massa superficiale esclusi intonaci [kg/m ²]	234,30
Trasmittanza [W/m ² K]	0,420
Spessore [m]	0,286

	Valori invernali	Valori estivi
Trasmittanza [W/m ² K]	0,286	0,284
Trasmittanza periodica [W/m ² K]	0,039	0,038
Atenuazione	0,136	0,134
Sfasamento	11h 51'	12h 6'
Capacità termica interna [kJ/m ² K]	48,48	49,16
Capacità termica esterna [kJ/m ² K]	31,47	30,75
Ammettenza interna [W/m ² K]	3,492	3,544
Ammettenza esterna [W/m ² K]	2,276	2,223



Risultati	
Resistenza [m ² K/W]	3,50
Massa superficiale [kg/m ²]	298,30
Massa superficiale esclusi intonaci [kg/m ²]	234,30
Spessore [m]	0,420
Trasmittanza [W/m ² K]	0,286

	Valori invernali	Valori estivi
Trasmittanza [W/m ² K]	0,286	0,284
Trasmittanza periodica [W/m ² K]	0,049	0,044
Atenuazione	0,170	0,153
Sfasamento	11h 36'	11h 59'
Capacità termica interna [kJ/m ² K]	27,68	27,71
Capacità termica esterna [kJ/m ² K]	66,65	59,63
Ammettenza interna [W/m ² K]	1,987	1,996
Ammettenza esterna [W/m ² K]	4,810	4,303

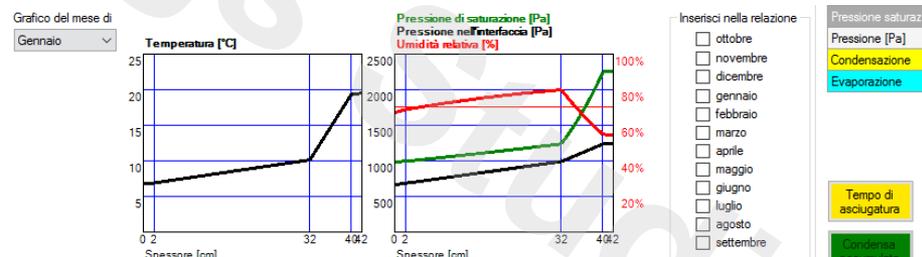
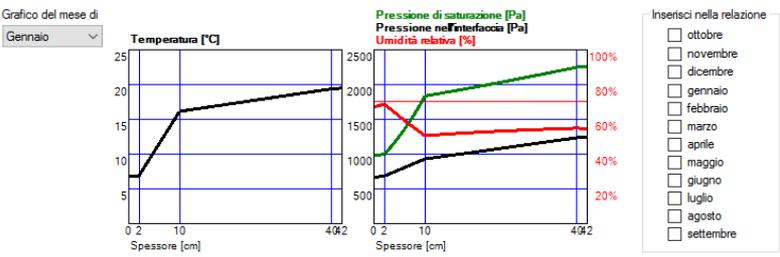


Visualizza

Temperature
 Flussi
 Esterno
 Sup. est.
 Staz.
 Sup. int.
 Interno

Visualizza

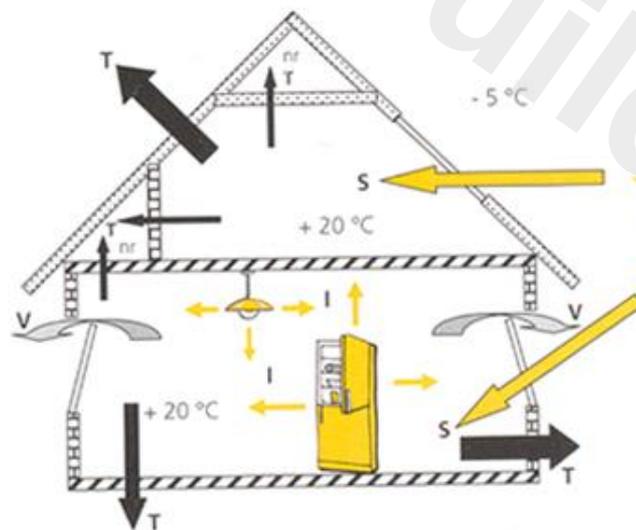
Temperature
 Flussi
 Esterno
 Sup. est.
 Staz.
 Sup. int.
 Interno



Tornando...BILANCIO ENERGETICO

Per bilancio energetico si intende l'analisi quantitativa dei flussi di energia all'interno di un sistema definito

L'edificio va quindi considerato come un sistema complesso che interagisce con l'ambiente esterno mediante flussi di materia ed energia.



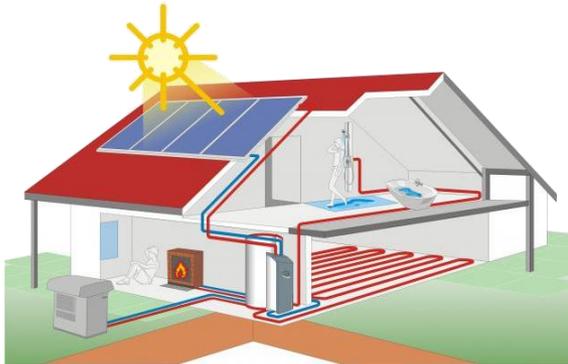
T = dispersioni termiche per trasmissione
V = dispersioni termiche per ventilazione
I = apporti termici interni
S = apporti solari gratuiti



BILANCIO ENERGETICO

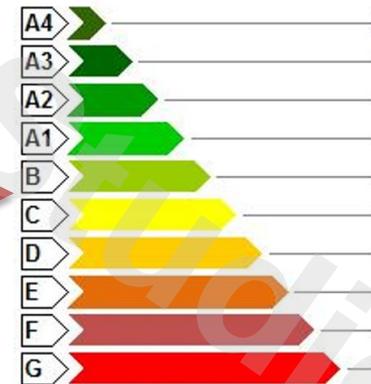


Prestazione dell'edificio
(Energia Utile Richiesta= Q_h)

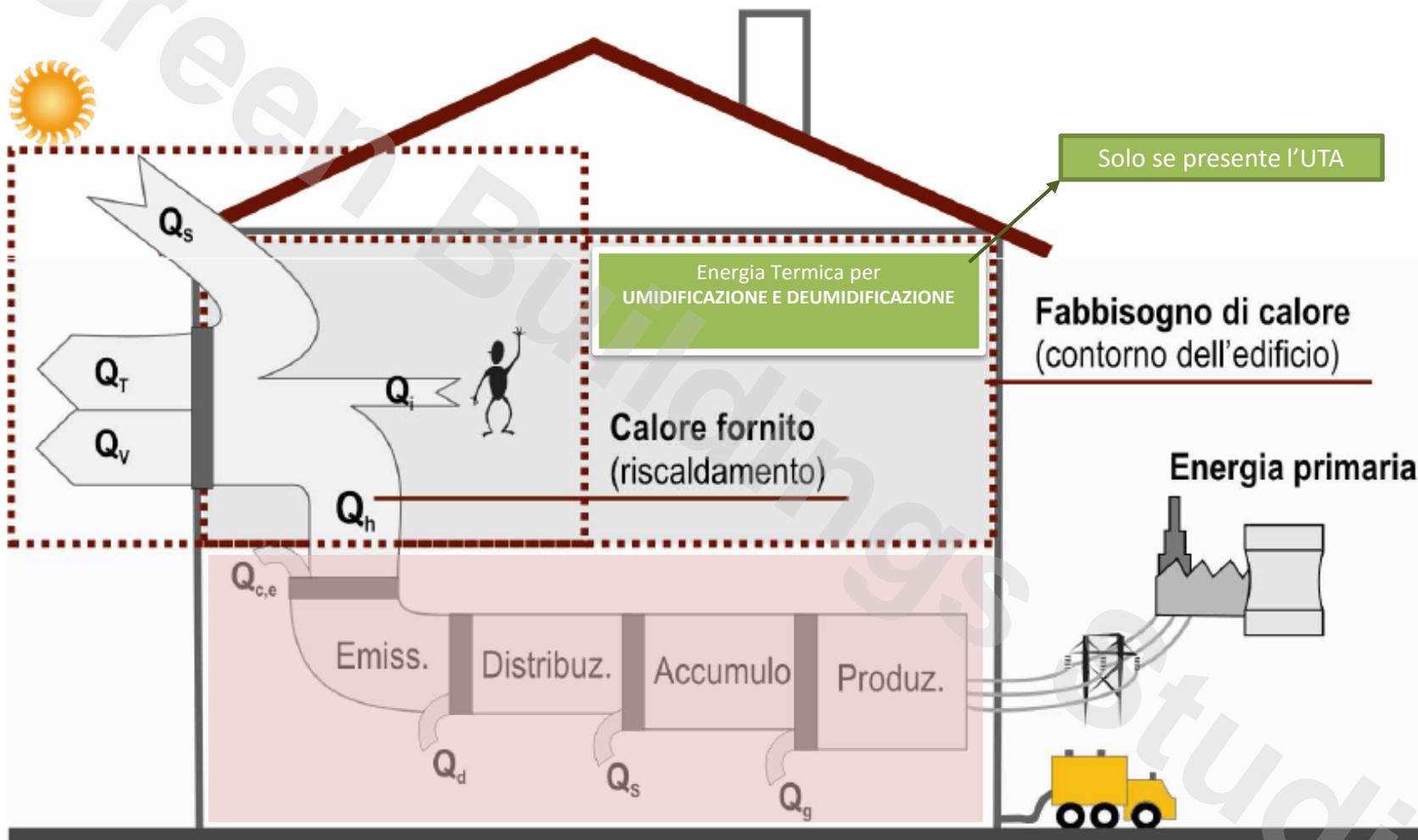


Prestazione dell'impianto
(Rendimento medio Stagionale $\eta_g \rightarrow$ Quanto Spreco?)

Prestazione Energetica
 $E_p = Q_h \cdot (1/\eta)$



BILANCIO TERMICO DI UN EDIFICIO



Fonte WEB

BILANCIO TERMICO DI UN EDIFICIO

Calore latente

Il calore latente è la quantità di energia associata alla vaporizzazione (o alla condensazione) dell'acqua contenuta nell'aria umida.

Il termine “latente” deriva dal latino e vuol dire “senza manifestazione visibile”; il calore latente è infatti una quantità di energia che non produce variazioni di temperatura a bulbo secco.

L'espressione generale per il calore latente è la seguente:

$$Q_l = m C_v \Delta X \quad [\text{kcal nel Sistema Tecnico}] \quad [\text{kJ nel Sistema Internazionale}]$$

dove:

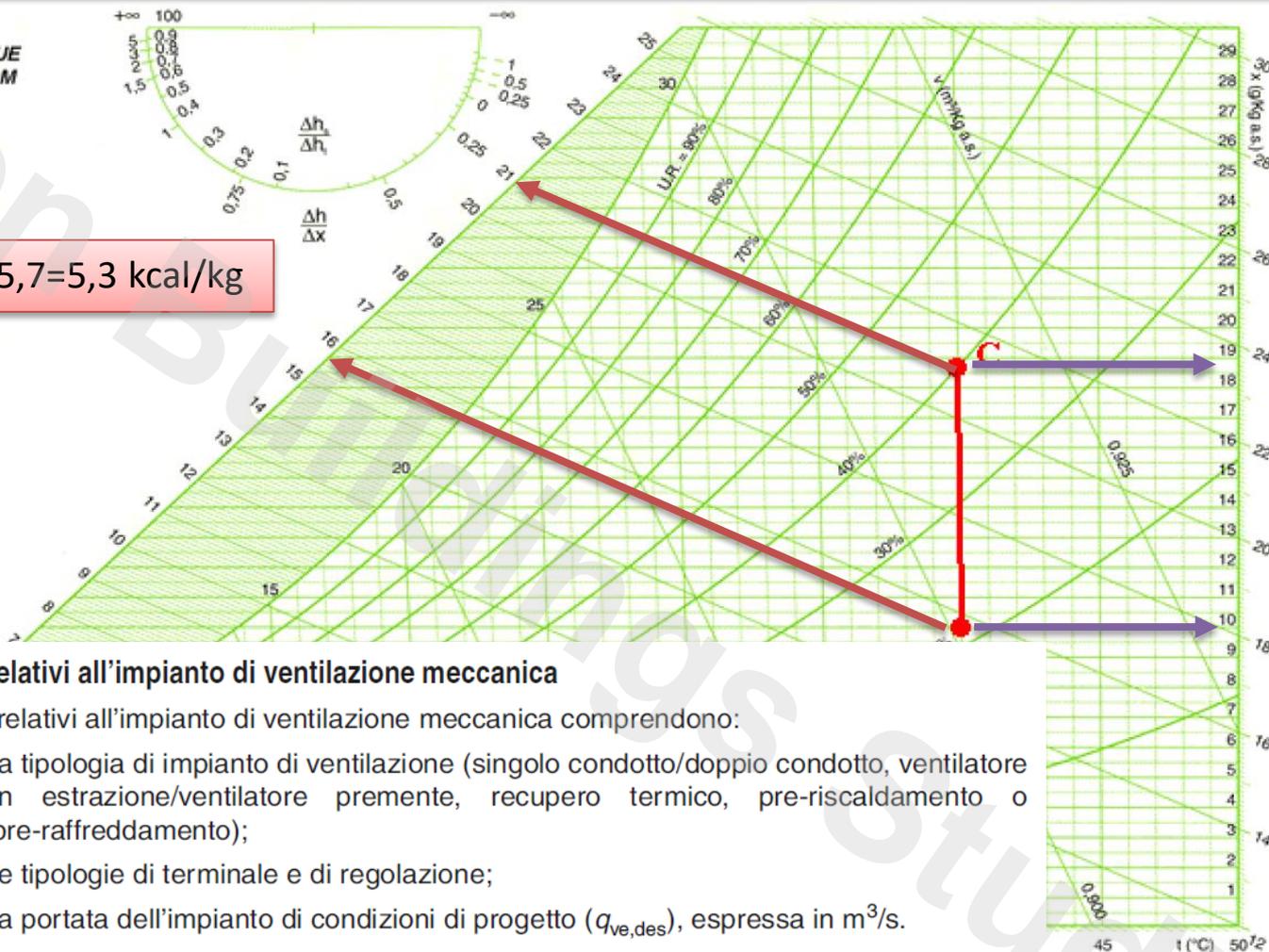
- m è la massa d'aria che scambia calore latente [kg]
- C_v è il calore latente di vaporizzazione [596 kcal/kg acqua nel S.T.] [2490 kJ/kg acqua nel S.I.]
- ΔX è la variazione di umidità specifica.

Si ha scambio di solo calore latente nelle trasformazioni in cui varia l'umidità specifica senza variare la temperatura a bulbo secco.

BILANCIO TERMICO DI UN EDIFICIO

PSYCHROMETRIC CHART
 DIAGRAMME PSYCHROMETRIQUE
 PSYCHROMETRISCHES DIAGRAM
 DIAGRAMMA PSICROMETRICO
 ($P_{atm} = 1,013 \text{ bar}$)

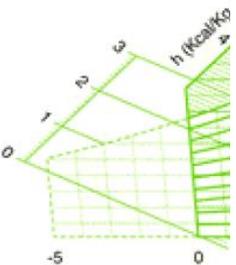
$Dh = 21 - 15,7 = 5,3 \text{ kcal/kg}$



Dati relativi all'impianto di ventilazione meccanica

I dati relativi all'impianto di ventilazione meccanica comprendono:

- la tipologia di impianto di ventilazione (singolo condotto/doppio condotto, ventilatore in estrazione/ventilatore premente, recupero termico, pre-riscaldamento o pre-raffreddamento);
- le tipologie di terminale e di regolazione;
- la portata dell'impianto di condizioni di progetto ($q_{ve,des}$), espressa in m^3/s .

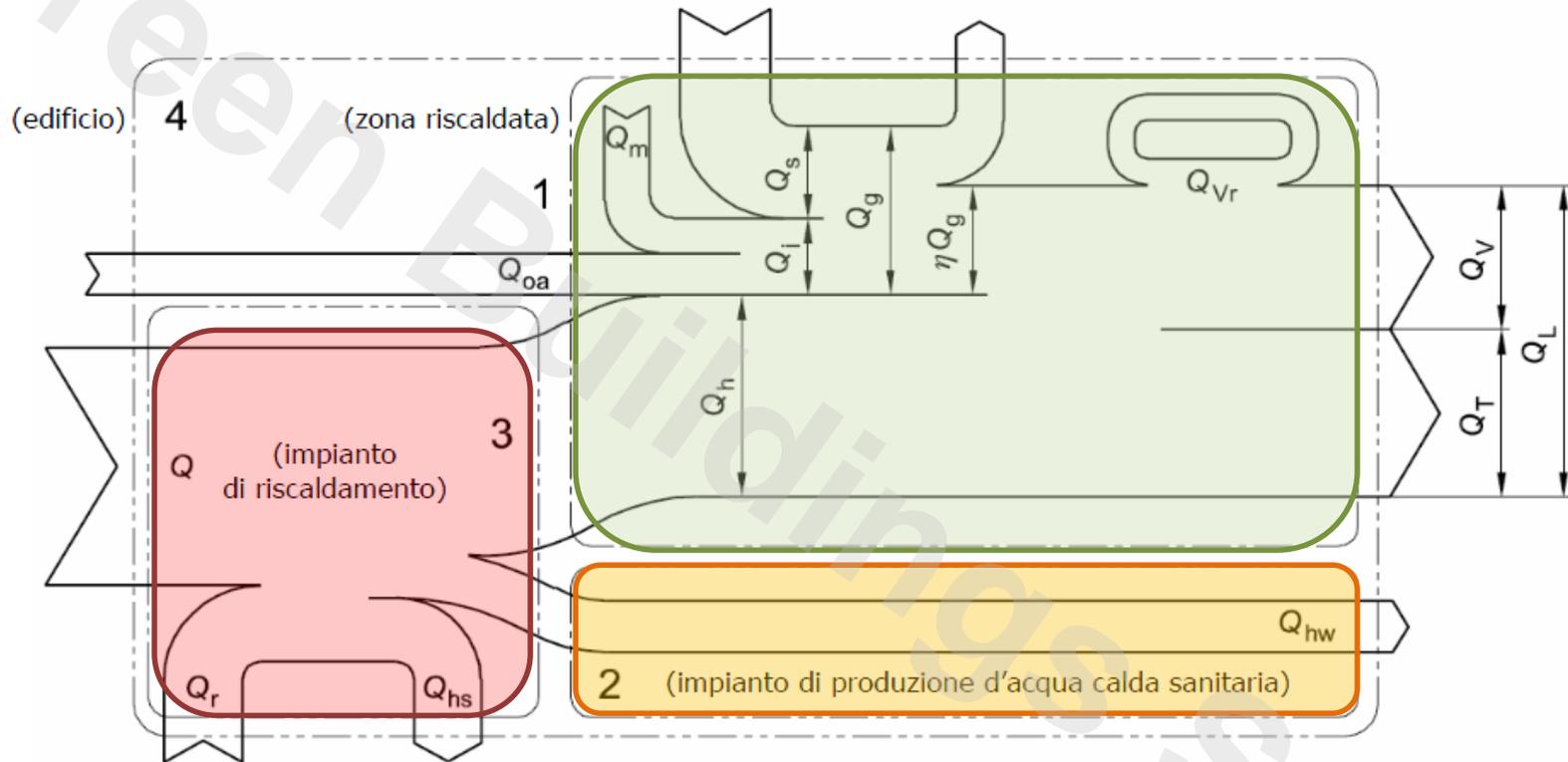


Il calore latente vale:

$$Q_l = 10 \text{ kg a.s.} \times 0.596 \text{ kcal/g acqua} \times (19 - 10) \text{ g/kg a.s.} = 53.64 \text{ kcal (stesso che facendo } \Delta h)$$

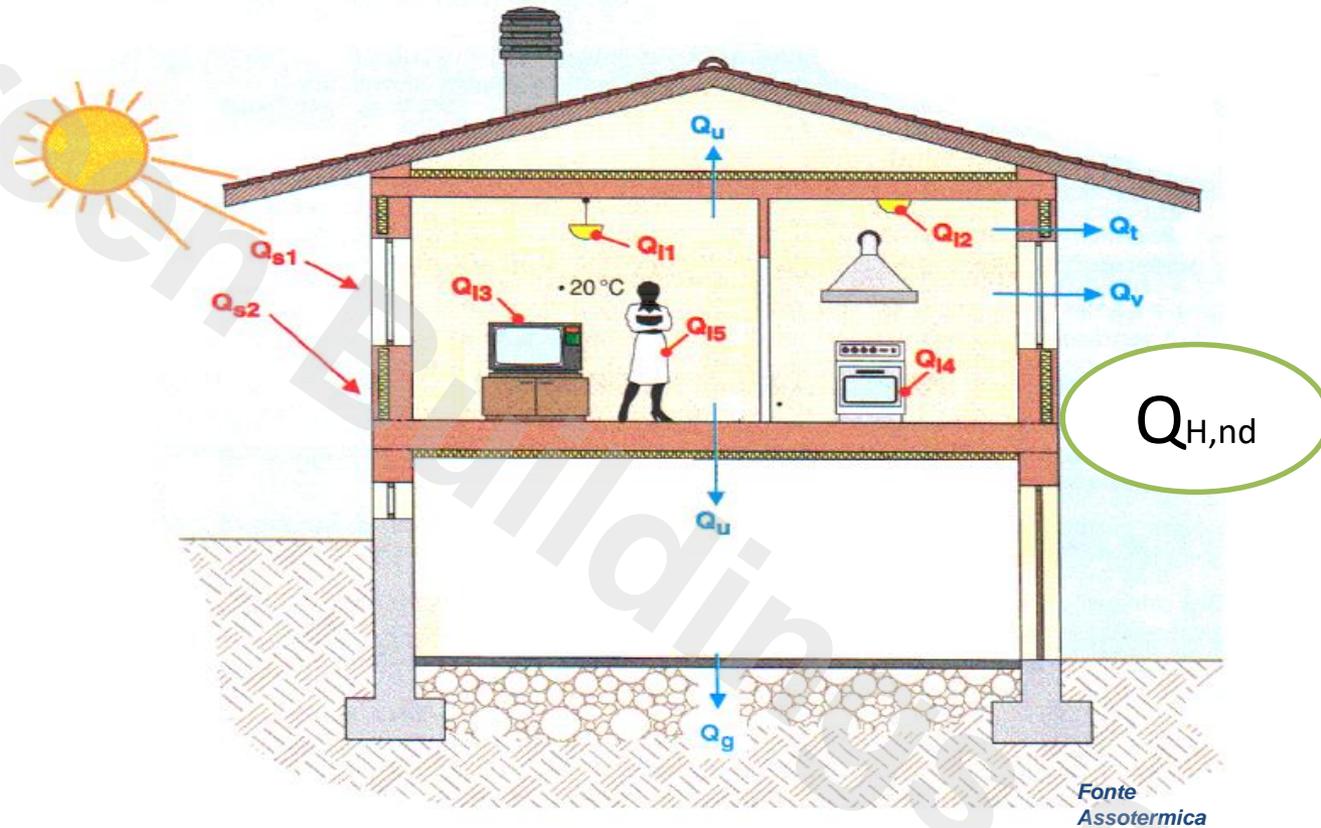


Bilancio secondo la norma UNI TS 11300



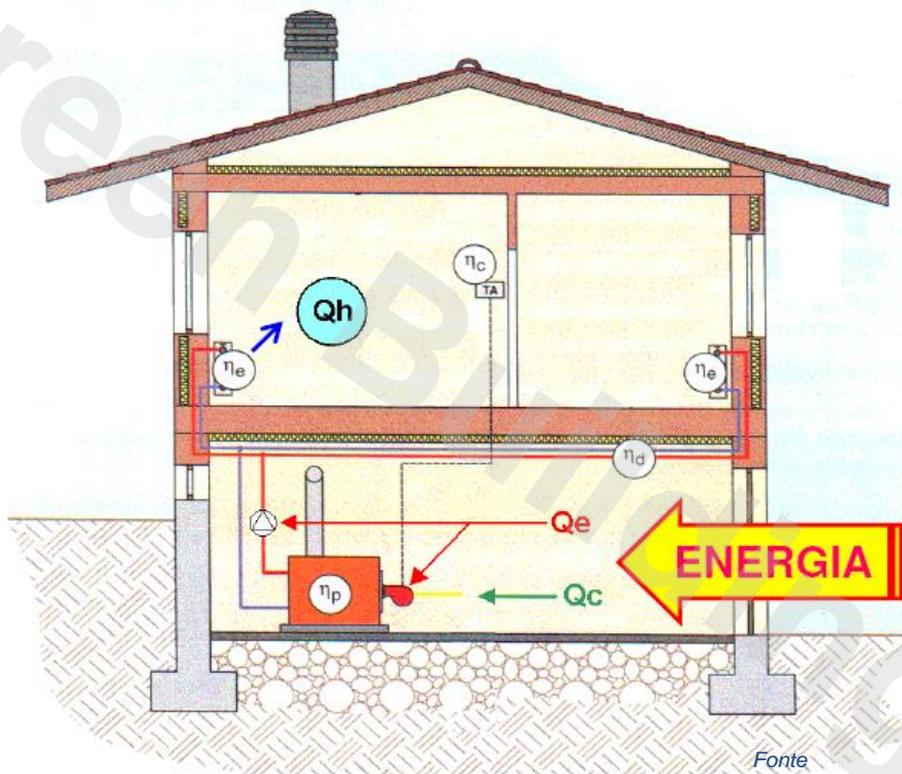
- | | | |
|--|--|---|
| Q_L Dispersione termica totale | $\eta \cdot Q_g$ apporti utili | Q Fabbisogno di energia per il riscaldamento |
| Q_T Dispersione termica per trasmissione | Q_g Apporti totali | Q_h Fabbisogno termico |
| Q_V Dispersione termica per ventilazione | Q_i Apporti interni | Q_r Energia recuperata |
| Q_{Vr} Recupero termico di ventilazione | Q_m Calore metabolico | Q_{hs} Perdite dell'impianto di riscaldamento |
| Q_{nw} Calore per la produzione di acqua calda sanitaria | Q_{oa} Calore prodotto da altri apparecchi | |
| | Q_s Apporti solari passivi | |

Fonte WEB



L'INVOLUCRO EDILIZIO E' CARATTERIZZATO DAL SUO
FABBISOGNO DI Potenza termica per bilanciare le dispersioni $Q_{H,nd}$
RIFERITO AD UN SERVIZIO STANDARDIZZATO

$Q_{H,nd}$ non dipende dall'impianto ma solo dall'involucro



$$E_{\text{prim}} = E_{P,H} \cdot f_{p,i}$$

$$E_{P,H} = Q_{H,nd} / h_g$$

$$E_{P,H} \neq E_{\text{prim}}$$

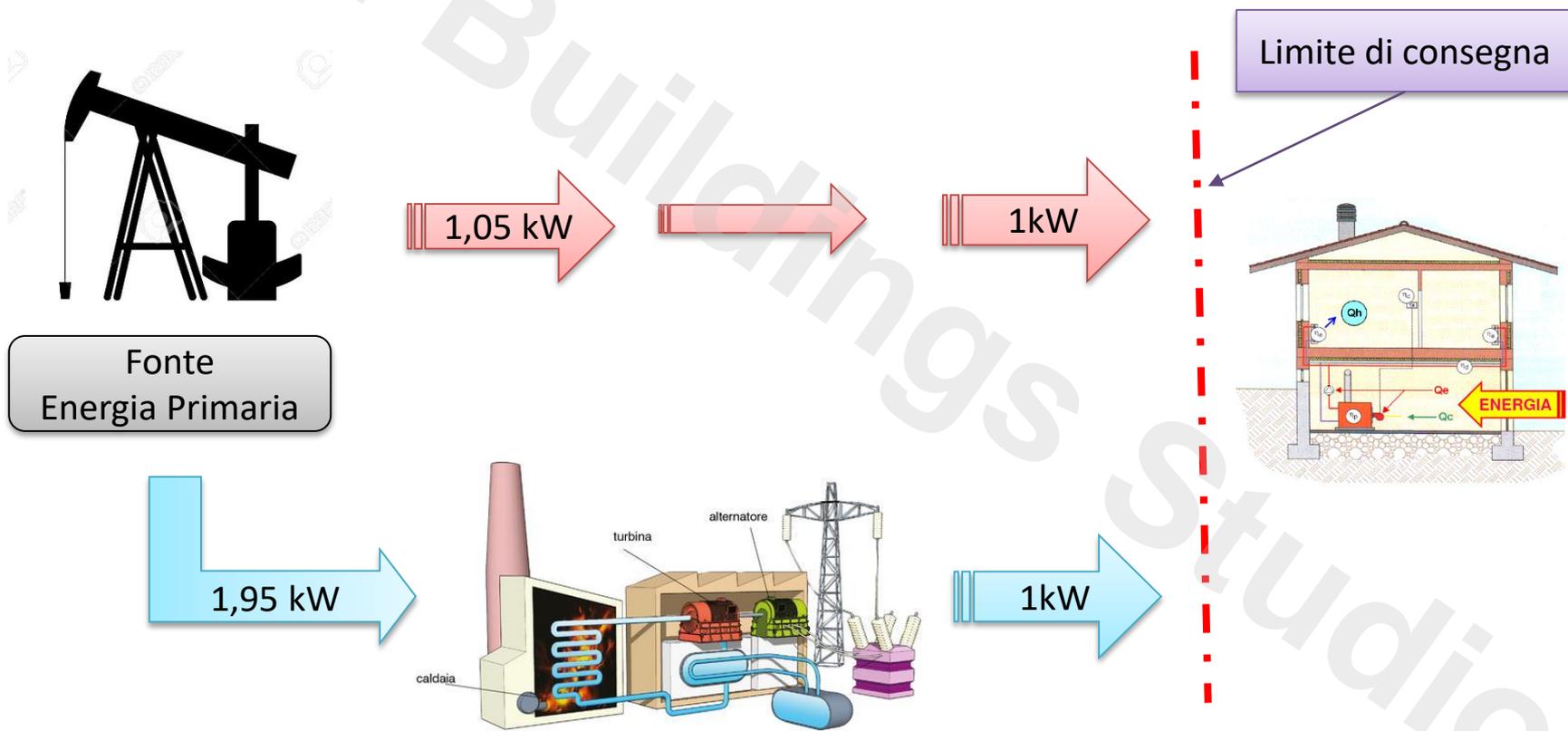
Compito dell'impianto: fornire l'energia utile richiesta dall'involucro

Costo: è dato dal consumo di energia sotto forma di vettori energetici (combustibile ed elettricità)

Bilancio secondo la norma UNI TS 11300

Energia Primaria

E' definibile come il **potenziale energetico** presentato dai vettori e fonti energetiche non rinnovabili nella loro forma naturale (quando non hanno ancora subito alcuna conversione o processo di trasformazione)



Energia Primaria

$$E_{\text{prim}} = E_{\text{P,H}} * f_{\text{p,i}}$$

Vettore energetico	$f_{\text{P,ren}}$	$f_{\text{P,ren}}$	$f_{\text{P,tot}}$
Gas naturale ⁽¹⁾	1,05	0	1,05
GPL	1,05	0	1,05
Gasolio e Olio combustibile	1,07	0	1,07
Carbone	1,10	0	1,10
Biomasse solide ⁽²⁾	0,20	0,80	1,00
Biomasse liquide e gassose ⁽²⁾	0,40	0,60	1,00
Energia elettrica da rete ⁽³⁾	1,95	0,47	2,42
Teleriscaldamento ⁽⁴⁾	1,5	0	1,5
Rifiuti solidi urbani	0,2	0,2	0,4
Teleraffrescamento ⁽⁴⁾	0,5	0	0,5
Energia termica da collettori solari ⁽⁵⁾	0	1,00	1,00
Energia elettrica prodotta da fotovoltaico, mini-eolico e mini-idraulico ⁽⁵⁾	0	1,00	1,00
Energia termica dall'ambiente esterno – free cooling ⁽⁵⁾	0	1,00	1,00
Energia termica dall'ambiente esterno – pompa di calore ⁽⁵⁾	0	1,00	1,00

⁽¹⁾ I valori saranno aggiornati ogni due anni sulla base dei dati forniti da GSE.
⁽²⁾ Come definite dall'allegato X del decreto legislativo 3 aprile 2006, n. 152.
⁽³⁾ I valori saranno aggiornati ogni due anni sulla base dei dati forniti da GSE.
⁽⁴⁾ Fattore assunto in assenza di valori dichiarati dal fornitore e asseverati da parte terza, conformemente al quanto previsto al paragrafo 3.2.
⁽⁵⁾ Valori convenzionali funzionali al sistema di calcolo.

...Calcolo di QH secondo la UNI 11300

$$Q_{H,nd} = Q_{H,ht} - h_{H,gn} \times Q_{gn} = (Q_{H,tr} + Q_{H,ve}) - h_{H,gn} \times (Q_{int} + Q_{sol,w})$$

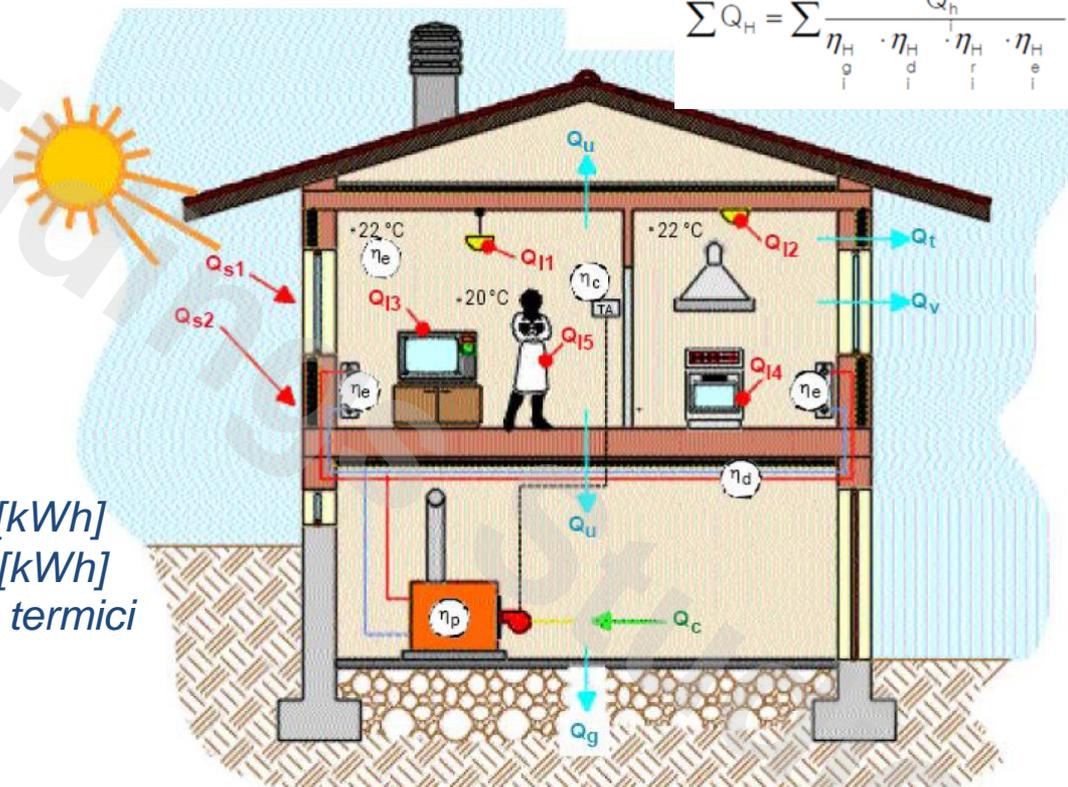
Sono trascurate le perdite di energia
Per irraggiamento verso la volta celeste.
Questo termine è calcolato come

$$\phi' = \epsilon \sigma (T_c^4 - T_s^4)$$

dove:

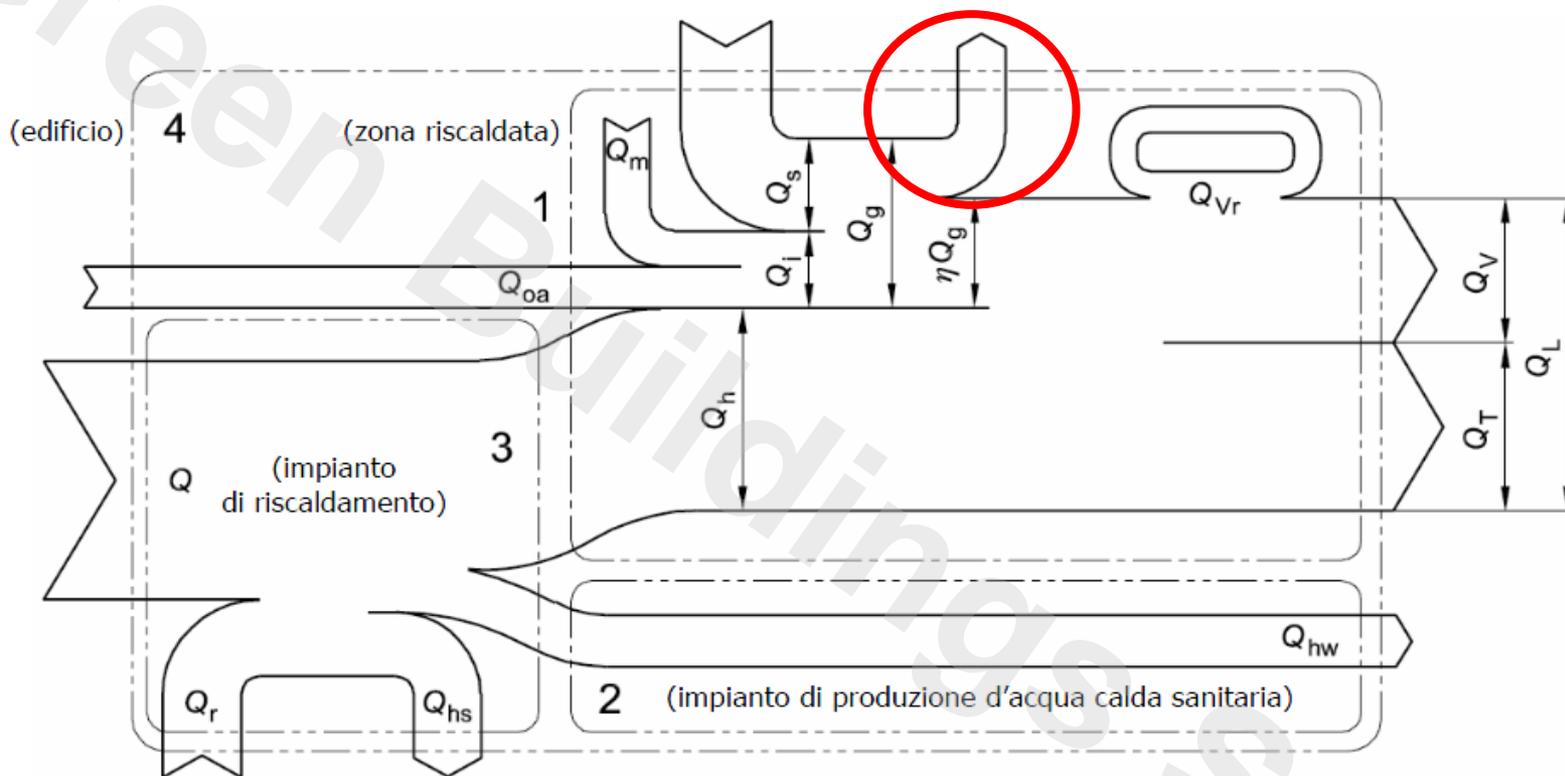
- Q_{Htr} = scambio termico per trasmissione [kWh]
- Q_{Hve} = scambio termico per ventilazione [kWh]
- h_{Hgn} = fattore di utilizzazione degli apporti termici
- Q_{int} = apporti termici interni [kWh]
- Q_{sol} = apporti termici solari [kWh]

$$\sum Q_H = \sum \frac{Q_{gn}}{\eta_{gi} \cdot \eta_{di} \cdot \eta_{ri} \cdot \eta_{ei}}$$



Fonte
Assotermica

BILANCIO TERMICO DI UN EDIFICIO: Metodo QUASI stazionario



- | | | |
|--|--|---|
| Q_L Dispersione termica totale | $\eta \cdot Q_g$ apporti utili | Q Fabbisogno di energia per il riscaldamento |
| Q_T Dispersione termica per trasmissione | Q_g Apporti totali | Q_h Fabbisogno termico |
| Q_V Dispersione termica per ventilazione | Q_i Apporti interni | Q_r Energia recuperata |
| Q_{Vr} Recupero termico di ventilazione | Q_m Calore metabolico | Q_{hs} Perdite dell'impianto di riscaldamento |
| Q_{rw} Calore per la produzione di acqua calda sanitaria | Q_{oa} Calore prodotto da altri apparecchi | |
| | Q_s Apporti solari passivi | |

Fonte WEB



Fattori di utilizzazione: parametri dinamici

$$\eta_{H, gm} = \frac{(1 - \gamma_H^{2H})}{(1 - \gamma_H^{2H+1})} \quad \text{Se } \gamma_H \neq 1$$

$$\eta_{H, gm} = \frac{2H}{(2H + 1)} \quad \text{Se } \gamma_H = 1$$

$$\gamma_H = \frac{Q_{H, gm}}{Q_{H, ht}}$$

$$2H = 2_{0, H} + \frac{\tau_H}{2_{0, H}}$$

1

15 ore

τ_H costante di tempo termica dipendente dall'inerzia della zona. Maggiore è l'inerzia maggiore è la costante di tempo (1h per edifici molto vetrati, 15h per edifici pesanti)

g_H = rapporto medio mensile tra apporti gratuiti e dispersioni

Piccolo in inverno e mesi freddi

Maggiore in periodi miti

a_H = fattore d'inerzia termica della struttura complessiva (non solo muratura)

Per il dimensionamento degli impianti ci fermiamo alla determinazione della **Potenza necessaria**, mentre per il calcolo dell'energia netta per il riscaldamento presuppone il calcolo delle dispersioni e la definizione del **tempo di riscaldamento t**

Che cosa si intende per periodo di riscaldamento ??

SPECIFICA TECNICA	Prestazioni energetiche degli edifici Parte 1: Determinazione del fabbisogno di energia termica dell'edificio per la climatizzazione estiva ed invernale	UNI/TS 11300-1
		MAGGIO 2008

stagione di riscaldamento:

Periodo dell'anno durante il quale vi è una richiesta significativa di energia per il riscaldamento ambiente.

Art 9 DPR 412/93

2. L'esercizio degli impianti termici è consentito con i seguenti limiti massimi relativi al periodo annuale di esercizio dell'impianto termico ed alla durata giornaliera di attivazione:

- Zona A: ore 6 giornaliere dal 1° dicembre al 15 marzo;
- Zona B: ore 8 giornaliere dal 1° dicembre al 31 marzo;
- Zona C: ore 10 giornaliere dal 15 novembre al 31 marzo;
- Zona D: ore 12 giornaliere dal 1° novembre al 15 aprile;
- Zona E: ore 14 giornaliere dal 15 ottobre al 15 aprile;
- Zona F: nessuna limitazione.

104 gg

120 gg

136 gg

165 gg

182 gg

199 gg

$$t=14 \times 182 = 2548 \text{ h}$$

UNI TS 11300 – 2014 - Periodo di Attivazione

La versione 2014 della Norma, per il calcolo reale, adotta il metodo più dettagliato della norma UNI EN ISO 13790, che definisce il periodo di attivazione in funzione non solo dei dati climatici ma anche dell'inerzia dell'edificio.

$$L_H = \sum_{m=1}^{m=12} f_{H,m}$$

Periodo di riscaldamento = somma delle frazioni di mese in cui è necessario accendere l'impianto

$\eta_{H,gn}$ = fattore di utilizzazione degli apporti gratuiti

γ_H = rapporto tra apporti gratuiti e dispersioni

a_H = fattore che dipende dall'inerzia dell'edificio

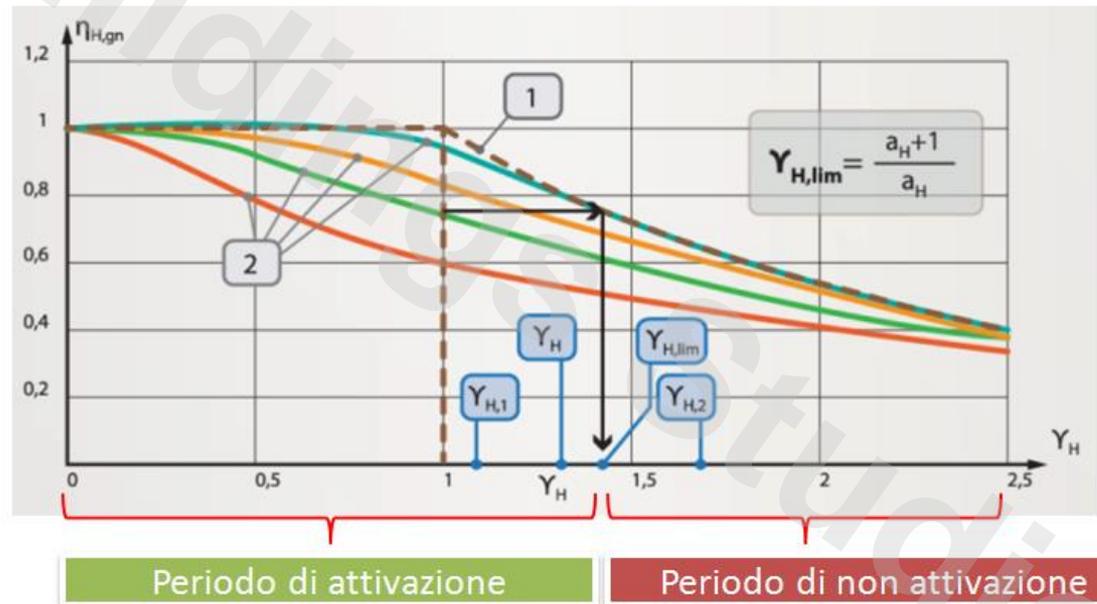
$$\eta_{H,gn} = (1 - \gamma_H^{a_H}) / (1 - \gamma_H^{a_H+1}) \quad \text{se } \gamma_H \neq 1$$

$$\eta_{H,gn} = a_H / (a_H + 1) \quad \text{se } \gamma_H = 1$$

$$\gamma_H = Q_{H,gn} / Q_{H,ht}$$

$$a_H = a_{0,H} + \tau_H / \tau_{0,H}$$

$\gamma_{H,lim}$ = rapporto bilanciato tra apporti e dispersioni (ad impianto spento)



Indici di Prestazione Energetica



il fabbisogno energetico annuale globale si calcola come energia primaria per singolo servizio energetico, **con intervalli di calcolo mensile**. Con le stesse modalità si determina l'energia da fonte rinnovabile prodotta all'interno del confine del sistema;

si opera la **compensazione** tra i fabbisogni energetici e l'energia da fonte rinnovabile prodotta e utilizzata all'interno del confine del sistema **SU BASE MENSILE**

L'eccedenza di energia rispetto al fabbisogno mensile, prodotta in situ e che viene esportata, **non concorre alla prestazione energetica dell'edificio**.

iii. nel calcolo del fabbisogno energetico annuale globale di cui alla lettera b), l'eventuale energia elettrica prodotta da fonte rinnovabile in eccedenza ed esportata in alcuni mesi, non può essere computata a copertura del fabbisogno nei mesi nei quali la produzione sia invece insufficiente;

VENTILAZIONE

L'EDIFICIO deve... "RESPIRARE"



Non solo risparmio energetico...

TRASPIRABILITÀ

In edilizia e nella scienza dei materiali, per traspirabilità di un materiale si intende la capacità di un materiale (ad esempio un materiale edilizio o un materiale tessile) di essere attraversato dall'aria umida.

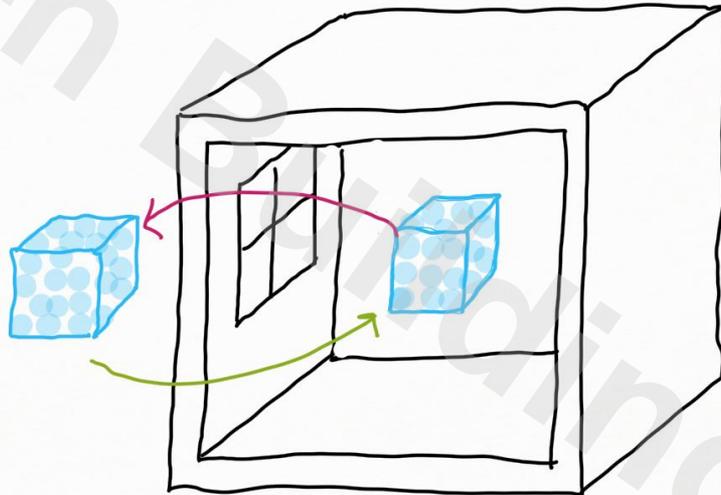
La traspirabilità è in genere correlata alla porosità del materiale.



Fonte Web

MA POSSO AFFIDARE IL RICAMBIO D'ARIA ALLA TRASPIRABILITA' ?

Facciamo un esempio:



Volume : 90 m^3

Ricambi : $0,15 \text{ Vol/h} = 45 \text{ m}^3/\text{h}$

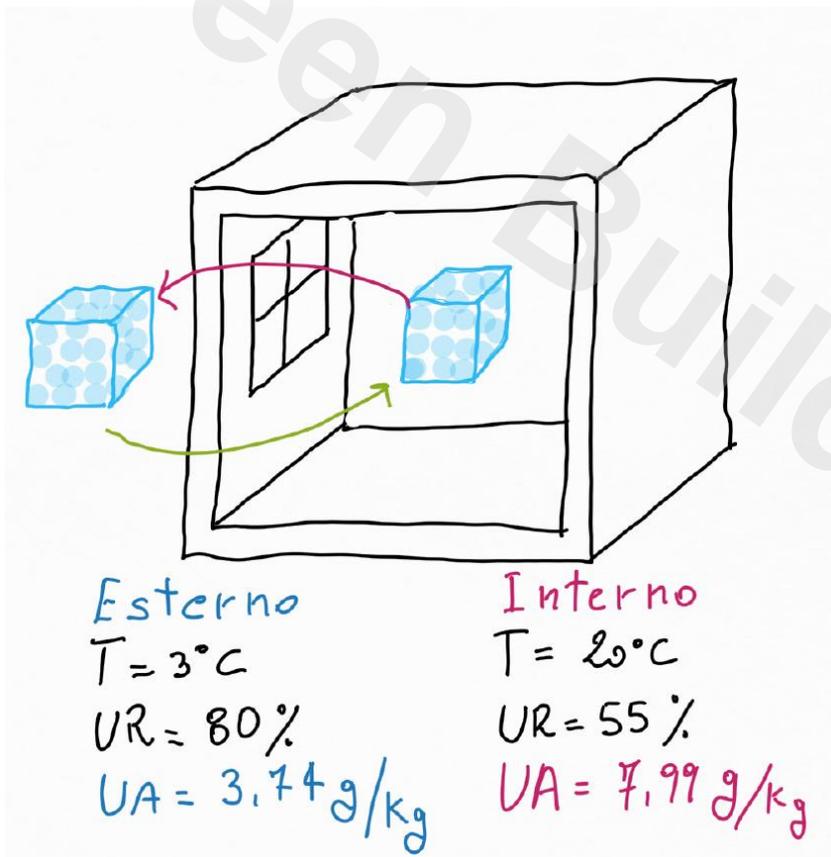
Densità' aria : $1,3 \text{ Kg/m}^3$

} $58,5 \text{ Kg/h}$

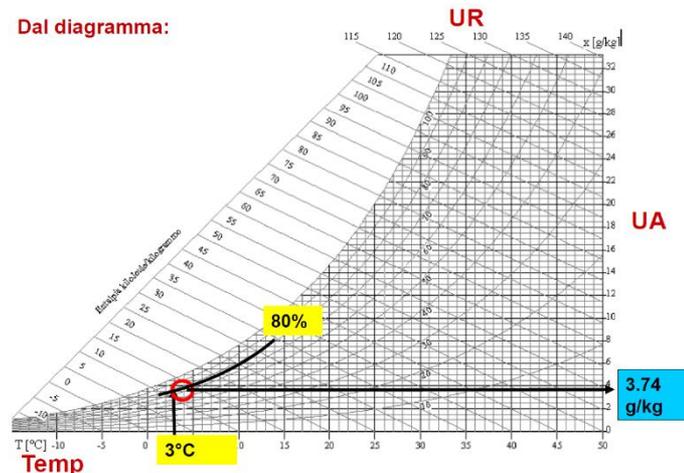
Fonte ANIT

MA POSSO AFFIDARE IL RICAMBIO D'ARIA ALLA TRASPIRABILITA' ?

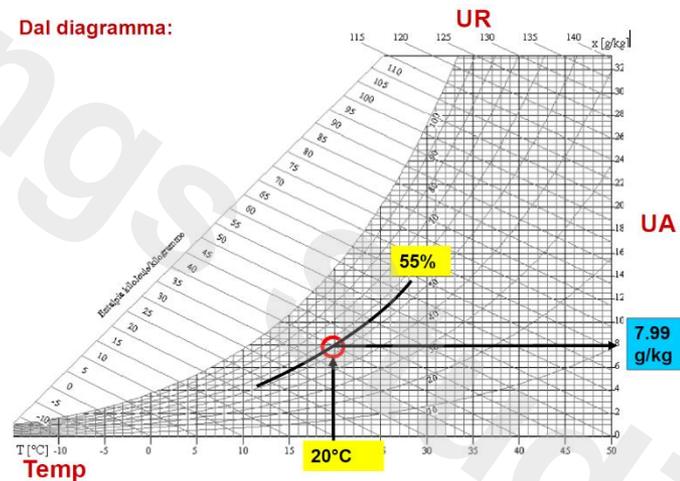
Facciamo un esempio:



Dal diagramma:



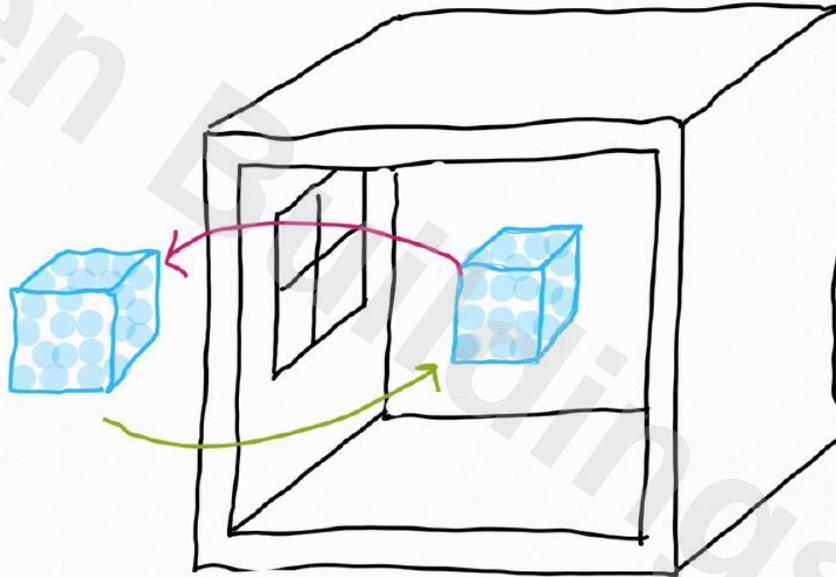
Dal diagramma:



Fonte ANIT

MA POSSO AFFIDARE IL RICAMBIO D'ARIA ALLA TRASPIRABILITA' ?

Facciamo un esempio:



$$\text{Umidità Entrante: } 58,5 \text{ Kg/h} \cdot 3,74 \text{ g/Kg} = 218 \text{ g/h}$$

$$\text{Umidità Uscente: } 58,5 \text{ Kg/h} \cdot 7,99 \text{ g/Kg} = 467 \text{ g/h}$$

$$\text{Umidità Smaltita: } 249 \text{ g/h}$$

Fonte ANIT

MA POSSO AFFIDARE IL RICAMBIO D'ARIA ALLA TRASPIRABILITA' ?

Facciamo un esempio:

La resistenza al passaggio di vapore della parete

Supponiamo di voler valutare il flusso di vapore passante attraverso una parete composta da un doppio tavolato in mattoni forati con interposto un materiale isolante tipo lana di vetro. La resistenza al passaggio di vapore R_v di ogni strato si calcola dal rapporto s/δ :

	$s(\text{m})$	$\delta (\text{kg/msPa})$	$R_v (\text{Pa m}^2\text{s/kg})$
Intonaco	0,015	$5.00 \cdot 10^{-12}$	$0.003000 \cdot 10^{-12}$
Forato 12cm	0,12	$18.75 \cdot 10^{-12}$	$0.006400 \cdot 10^{-12}$
Lana di vetro	0,04	$150.00 \cdot 10^{-12}$	$0.000267 \cdot 10^{-12}$
Forato da 8cm	0,08	$18.75 \cdot 10^{-12}$	$0.004267 \cdot 10^{-12}$
Intonaco	0,015	$18.00 \cdot 10^{-12}$	$0.000833 \cdot 10^{-12}$
totale =			$0.014767 \cdot 10^{-12}$

$$R_{v \text{ totale}} = 0.014767 \cdot 10^{-12} \text{ Pa m}^2\text{s/kg}$$

Fonte ANIT

MA POSSO AFFIDARE IL RICAMBIO D'ARIA ALLA TRASPIRABILITA' ?

Facciamo un esempio:

Ipotizziamo le seguenti condizioni al contorno:

- superficie disperdente verso l'esterno = 18 m^2
- ambiente interno: $T=20^\circ\text{C}$; $UR=55\%$; $P_{vi}=1285\text{Pa}$
- ambiente esterno: $T=3^\circ\text{C}$; $UR=80\%$; $P_{ve}=606\text{Pa}$

A questo punto possiamo calcolare il flusso di vapore attraverso la struttura:

$$\Delta P / R_{v \text{ totale}} = (1285-606) / 0.014767 \cdot 10^{-12} = 4.60 \cdot 10^{-8} \text{ kg/s m}^2$$

Moltiplichiamo per la superficie disperdente:

$$V = 4.60 \cdot 10^{-8} \cdot 18 = 82.8 \cdot 10^{-8} \text{ kg/s}$$

Calcoliamo ora il flusso di vapore in un'ora:

$$g'_{orario} = 82.8 \cdot 10^{-8} \cdot 3600 = 0,00298 \text{ kg/h} \quad \text{cioè circa } 3 \text{ g/h}$$

Rapporto:
 $3/249=0.012 \rightarrow 1,2\%$
CIRCA 80 VOLTE MENO !!

*Attraverso la parete smaltisco: **3 g/h***

Fonte ANIT

**Pretendere di cambiare l'aria attraverso l'involucro ...
... è come pretendere di far respirare un uomo solo attraverso la pelle !!**



ENERGIA PERSA PER VENTILAZIONE

L'**energia persa per ventilazione**, ovvero l'energia (o la potenza se si intende parlare di un periodo limitato di un ora) che si deve fornire all'edificio per far sì che la temperatura ambiente rimanga alla temperatura desiderata nonostante le perdite di energia attraverso la ventilazione dipende da:

- × **Quantitativo di aria** che “esce” dall'edificio (**Portata d'aria** in m³/h);
- × **Temperatura interna e temperatura esterna dell'aria**: devo scaldare l'aria esterna che entra nell'edificio e portarla alla temperatura interna (ΔT - °C o K)
- × **Calore specifico dell'aria**, ovvero l'energia che devo fornire ad un metro cubo di aria per scaldarlo di un grado Kelvin o Centigrado (Wh/m³ K)



Calore totale

Intenderemo per calore totale la somma di calore sensibile e calore latente:

$$Q_{tot} = Q_s + Q_l$$

Il calore totale può allora essere espresso nel seguente modo:

$$Q_{tot} = m c \Delta T + m C_v \Delta X$$

Oppure, usando direttamente le entalpie:

$$Q_{tot} = m \Delta h$$

Calore Specifico

Definizione: Il calore specifico di una sostanza è definito come la quantità di calore necessaria per aumentare di 1 kelvin la temperatura di un'unità di massa del materiale (W/kg K).

Dato che il quantitativo di aria che ventila l'edificio è espresso in m³, si deve moltiplicare il calore specifico (espresso sulla massa) per il **peso specifico dell'aria**:

Calore specifico (aria secca): 0,279 Wh/kg*K

Peso specifico aria: 1,293 kg/m³

$$C_{s_{vol}} = 0,279 * 1,293 = 0,33 \text{ Wh/m}^3 * K$$

$$= [\text{Wh/kg} * K * \text{kg/m}^3] = [\text{Wh/m}^3 * K]$$

H2O	1,16 W/kg*K	1000 kg/mc
aria	0,27 W/kg*K	1,29 kg/mc

Portata di aria di ricambio: Ventilazione Naturale

Se l'edificio **NON HA un impianto di ventilazione meccanica**, la portata d'aria ricambiata viene indicata nelle norme vigenti (**UNI TS 11300-1**) ed in particolare:

- Edifici residenziali **0,5 * volumi ogni ora**
- Tutti gli altri **UNI 10339**, con indice di affollamento al **60%**

Edifici residenziali:

per 0,5 vol/h si intende che ogni ora si ricambia il 50% dell'aria all'interno degli ambienti. Per calcolare quindi la portata d'aria da utilizzare per i calcoli si moltiplica il volume netto del locale per i volumi ora da ricambiare:

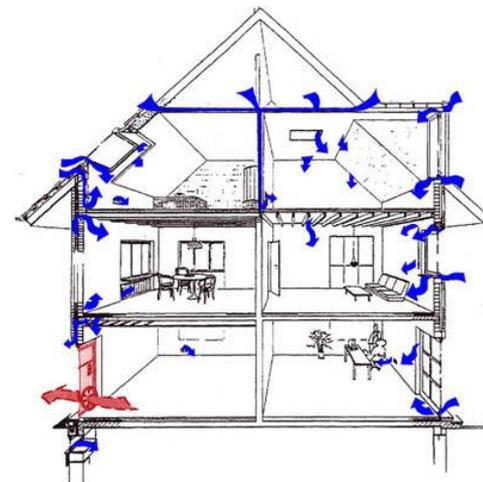
$$V' = \text{Volume netto locale} * 0,5 = [\text{m}^3 * 1/\text{h}] = [\text{m}^3/\text{h}]$$

Edifici non residenziali:

La norma definisce, a seconda della tipologia di ambiente, un **indice di affollamento** espresso in **persone/m²** e determinati quantitativi di aria da ricambiare a persona. La norma UNI TS 11300-1 prende, quindi, la norma esistente, usandola come base riducendo il quantitativo di aria ricambiata.

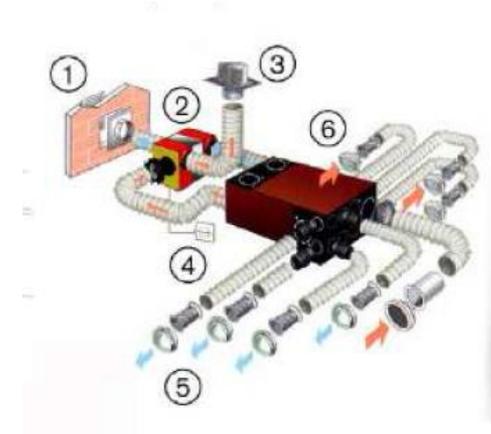
Per calcolare la portata d'aria da ricambiare:

$$V' = \text{Area netta in pianta} * \text{affollamento ridotto al 60\%} * \text{volume aria a persona}$$



Portata d'aria di ricambio : VMC

Se l'edificio ha un impianto di **ventilazione meccanica**, la norma UNI 11300-1 prevede i seguenti tassi di ricambio d'aria con impianti di ventilazione meccanica controllata :



1. Edifici dotati di impianto meccanico a semplice flusso (solo aspirazione)

$$V' \text{ [m3/h]} = \text{Portata di progetto} * k$$

Dove k è un coefficiente di contemporaneità di utilizzo delle bocchette che è pari a 1 per sistemi a portata fissa e 0,6 per sistemi a portata variabile.

2. Edifici dotati di impianto meccanico a doppio flusso (estrazione ed immissione)

$$V' \text{ [m3/h]} = \text{Portata di progetto} * (1-\eta_v)$$

Dove η_v è l'efficienza dell'eventuale recuperatore di calore (valore compreso tra 0 e 1)

Incidenza delle dispersioni per ventilazione

Ipotizziamo un piccolo edificio mono-piano di 100mq.

Base di 10 metri x 10 metri.

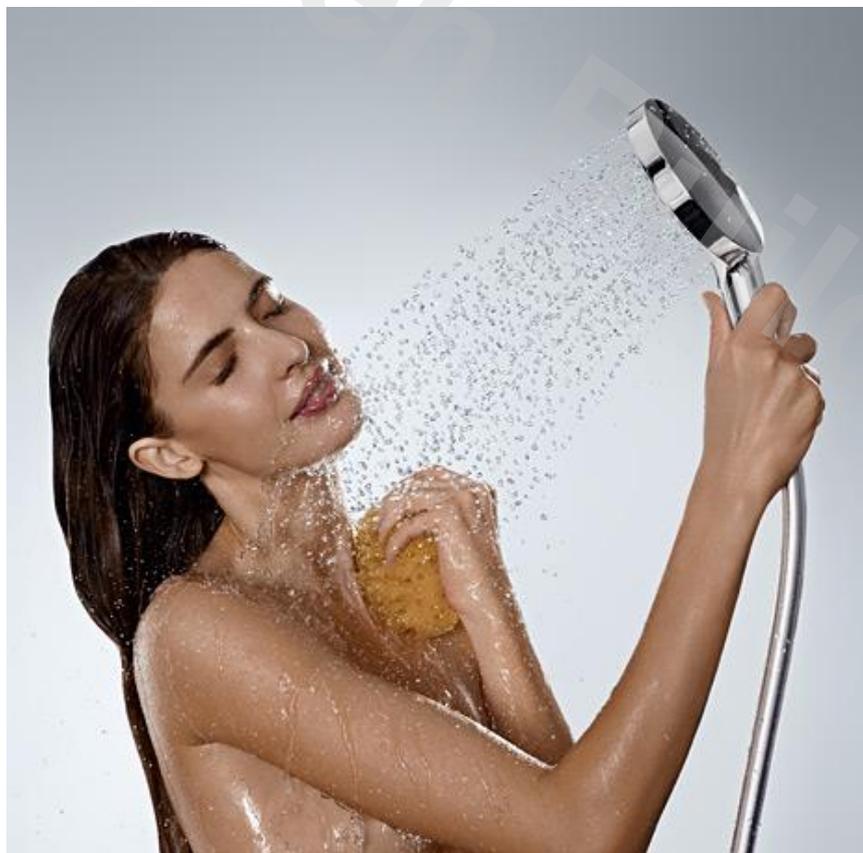
Altezza interna 3 metri.

Solaio superiore di copertura, quindi esterno. Solaio inferiore appoggiato al terreno. Finestre equamente disposte per poco più di 1/8 di superficie in pianta: 14 mq (ovvero 3,5mq su ogni lato).

Ipotizziamo lo stesso edificio nell'arco degli anni:

Tipo di Struttura	Sup. [mq]	ΔT 20°-0°=20°	Trasmittanza [W/mq*K]				Potenza dispersa [W]			
			Pre 1976	1976-1990	1990-2005	Oggi	Pre 1976	1976-1990	1990-2005	Oggi
Muro ext	106		2,01	1,76	1,20	0,34	4.261	3.731	2.544	721
Finestre	14		6,00	3,50	3,50	2,00	1.680	980	980	560
Pavimento	100		1,65	1,25	0,95	0,32	3.300	2.500	1.900	640
Copertura	100		2,10	1,70	1,01	0,30	4.200	3.400	2.020	600
Totale							13.441	10.611	7.444	2.521
Ventilazione	pari a 0,5 vol/h e $\Delta T = 20^\circ$ (max potenza per ventilazione) Cs=0,33						990	990	990	990
Incidenza							7,4%	9,3%	13,3%	39,3%

PRODUZIONE ACS



Metodo di Calcolo

Step 1. Calcolare il fabbisogno standard di ACS (Q_w) in accordo con la procedura descritta al punto 5.2 della norma UNI TS 11300-2.

$$Q_w = \rho_w \times c_w \times \sum_i [V_{w,i} \times (\theta_{er,i} - \theta_0)] \times G \text{ [kWh]}$$

dove:

Q_w = fabbisogno di energia per ACS [kWh]

ρ = massa volumica dell'acqua [1000 kg/m³]

c = calore specifico dell'acqua [1.162 Wh/Kg °C]

V_w = volume di acqua richiesta durante il periodo di calcolo [m³]

θ_{er} = temperatura di erogazione dell'acqua [°C]

θ_0 = temperatura di ingresso dell'acqua fredda [°C]

G = numero dei giorni del periodo di calcolo [-]

Metodo di Calcolo

Temperature dell'acqua nella rete di distribuzione dell'acqua calda sanitaria

Temperatura di riferimento all'erogazione	40 °C
Rete di distribuzione alle utenze	48 °C
Rete di ricircolo	48 °C
Rete distribuzione finale	48 °C
<p>Nota Le temperature indicate nel presente prospetto devono intendersi come temperature medie dell'acqua per il calcolo dei fabbisogni termici, non tenendo conto dei fabbisogni per disinfezione citati al punto 7.1.1.</p>	

Temperatura dell'acqua nella rete di distribuzione dell'acqua calda sanitaria

Serbatoio di accumulo	60 °C
Circuito primario serbatoio/generatore (temp. media)	70 °C

Energia primaria per la produzione dell'acqua calda sanitaria

RESIDENZIALE

$$V_w = a \times S_u + b \quad [\text{l/giorno}]$$

Valori dei parametri *a* e *b*

Superficie utile S_u [m ²]	$S_u \leq 35$	$35 < S_u \leq 50$	$50 < S_u \leq 200$	$S_u > 200$
Parametro <i>a</i> [litri/(m ² × giorno)]	0	2,667	1,067	0
Parametro <i>b</i> [litri/giorno]	50	-43,33	36,67	250

Su [mq]	a [l/mq*g]	b [l/g]	Vw [l/g]
30	0	50	50
45	2,66	-43,33	76
120	1,06	36,67	164
220	0	250	250

Energia primaria per la produzione dell'acqua calda sanitaria
NON RESIDENZIALE

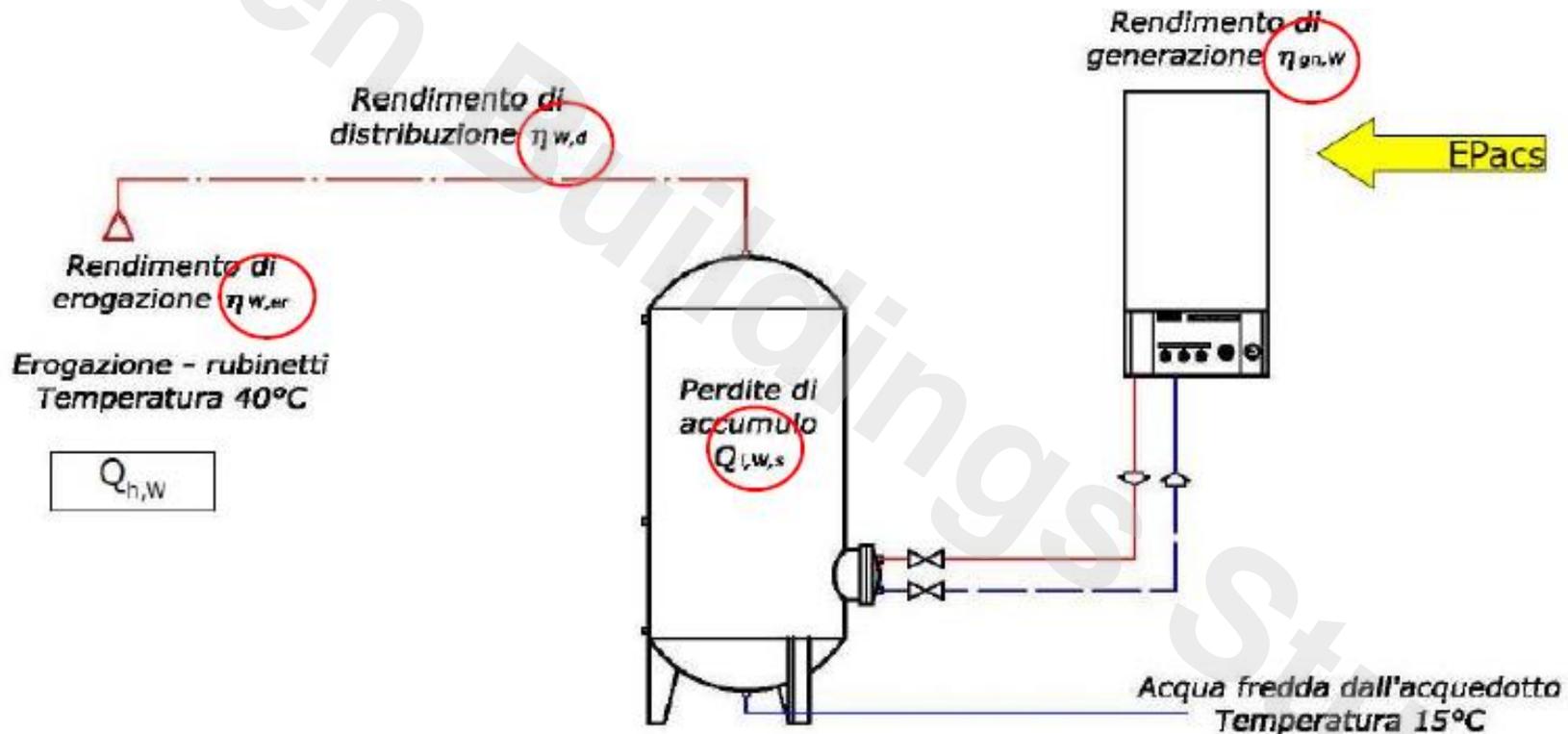
$$V_w = a \cdot N_u \text{ [l/giorno]}$$

Valori dei parametri a ed N_u per gli edifici non residenziali

Tipo di Attività	a	N_u	Categoria DPR 412/93
Dormitori, Residence e B&B	40	Numero di letti	E.1 (3)
Hotel fino a tre stelle	60	Numero di letti	E.1 (3)
Hotel quattro stelle e oltre	80	Numero di letti	E.1 (3)
Attività ospedaliera con pernottamento	80	Numero di letti	E.3
Attività ospedaliera day hospital (senza pernottamento)	15	Numero di letti	E.3
Scuole e istruzione	0,2	Numero di allievi	E.7
Scuole materne e asili nido	8	Numero di bambini	E.7
Attività sportive/palestre	50	Per doccia installata	E.6 (2)
Spogliatoi di stabilimenti	10	Per doccia installata	E.6 (3)
Uffici	0,2	Sup.netta climatizzata	E.2
Esercizio Commerciale senza obbligo di servizi igienici per il pubblico	0	-	E.5
Esercizio Commerciale con obbligo di servizi igienici per il pubblico	0,2	Sup.netta climatizzata	E.5
Ristoranti – Caffetterie	65	Numero di coperti ¹⁾	E.4 (3)
Catering, self service, Bar	25	Numero di coperti ¹⁾	E.4 (3)
Servizio lavanderia	50	Numero di letti	n.d.
Centri benessere	200	Numero di ospiti	n.d.
Altro	0	-	n.d.

1) Per le valutazioni di calcolo sia di progetto (A1) sia Standard (A2) il numero di coperti viene determinato come 1,5 volte l'occupazione convenzionale. Per le valutazioni nelle condizioni di effettivo utilizzo (A3) il numero di coperti corrisponde agli effettivi coperti per cui è stata dimensionata la cucina.

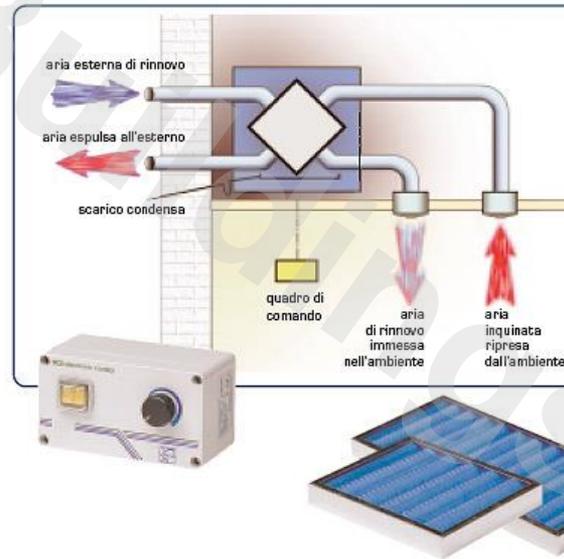
Step 2. Calcolare le perdite dell'impianto per ACS ($Q_{l,w}$) e l'energia ausiliaria elettrica ($Q_{aux,w}$) in accordo con la procedura descritta dalla norma UNI TS 11300-2



UNI TS 11300 - 2 Impianti Aeraulici

Nel calcolo di consumo energetico introdotto dalla nuova UNI TS 11300-2 si considera

Il fabbisogno energetico per la movimentazione dell'aria



Il fabbisogno di energia termica dovuto al trattamento dell'aria è computato fra i fabbisogni energetici per il servizio di climatizzazione !

Valori per l'edificio di RIFERIMENTO

In presenza di impianti di ventilazione meccanica, nell'edificio di riferimento si considerano le medesime portata di aria dell'edificio reale.

Nell'edificio di riferimento si assumono i fabbisogni specifici di energia elettrica per la ventilazione riportati nella Tabella



Tipologia di impianto	E_{ve} [Wh/m ³]
Ventilazione meccanica a semplice flusso per estrazione	0,25
Ventilazione meccanica a semplice flusso per immissione con filtrazione	0,30
Ventilazione meccanica a doppio flusso senza recupero	0,35
Ventilazione meccanica a doppio flusso con recupero	0,50
UTA: rispetto dei regolamenti di settore emanati dalla Commissione Europea in attuazione delle direttive 2009/125/CE e 2010/30/UE del Parlamento europeo e del Consiglio, assumendo la portata e la prevalenza dell'edificio reale.	

UNI TS 11300 - 2 Impianti Aeraulici

Il fabbisogno è dato dalla relazione:

$$E_{P,V} = f_{p,el} \times \sum_j E_{ve,el,j} \quad [\text{kWh}]$$

dove:

$E_{P,V}$ l'energia primaria per la ventilazione meccanica [kWh];

$E_{ve,el,j}$ è il fabbisogno di energia elettrica dei ventilatori della j-esima zona in un impianto di ventilazione meccanica [kWh];

$f_{p,el}$ è il fattore di conversione in energia primaria dell'energia elettrica.

Calcolo dell'energia elettrica per la ventilazione meccanica

Il fabbisogno di energia elettrica dei ventilatori a servizio della zona j-esima si calcola secondo la seguente formula:

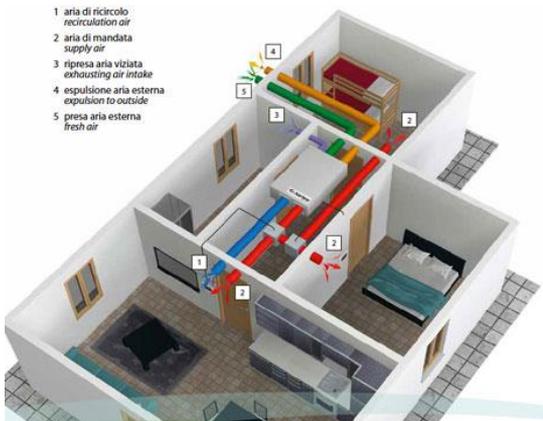
$$E_{ve,el,j} = W_{ve,el,adj,k} \times FC_{ve,adj,j} \times t \quad [\text{kWh}] \quad (\text{C.2})$$

dove:

$W_{ve,el,adj,k}$ è la potenza elettrica corretta del k-esimo ventilatore di immissione al servizio della zona j-esima, cioè quella corrispondente alla portata d'aria elaborata per il flusso k-esimo per la zona j-esima corretta aggiungendo alla portata le perdite di massa delle condotte così come specificato al punto C.2.4 [W];

$FC_{ve,adj,j}$ è il fattore di carico della ventilazione meccanica per la zona j-esima [-];

t è l'intervallo di tempo di calcolo [h].



Obbligo installazione rinnovabili

Decreto Legislativo 03 marzo 2011 n°28



Direttiva 2009/28/CE - RES (Renewable Energy Sources)

La Direttiva **RES** è una direttiva del Parlamento europeo e del Consiglio sulla promozione dell'uso dell'energia da fonti rinnovabili.

E' diretta agli Stati membri che si devono impegnare a rispettare gli impegni di produzione di energia da fonti rinnovabili per le percentuali previste al 2020.

Nella Direttiva non c'è alcuna indicazione cogente di dettaglio

Gli Stati Membri sono liberi di arrivare agli obiettivi come credono.



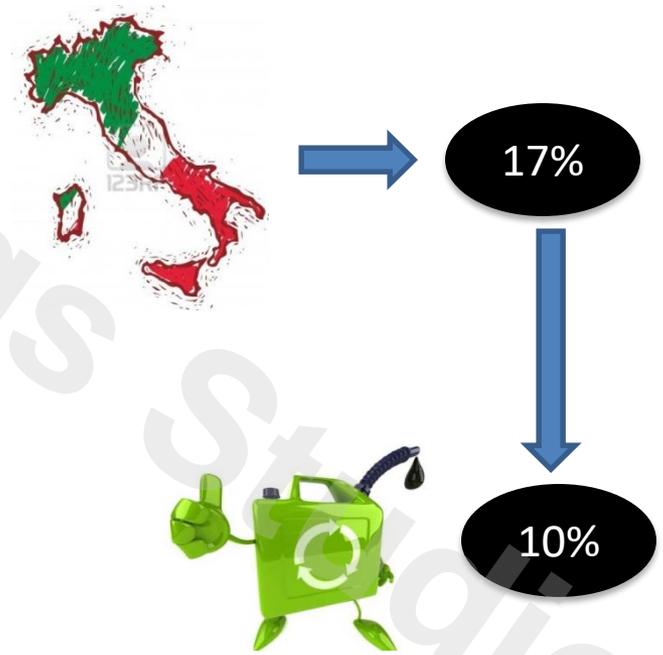
Dlgs 3 marzo 2011 n° 28

Attuazione della direttiva 2009/28/CE sulla promozione dell'uso dell'energia da fonti rinnovabili, recante modifica e successiva abrogazione delle direttive 2001/77/CE e 2003/30/CE

Decreto Legislativo 3 marzo 2011 n° 28

La finalità del Decreto è quella di definire gli strumenti, i meccanismi, gli incentivi [...], necessari al raggiungimento degli **obiettivi fino al 2020** in materia di quota complessiva di **energia da fonti rinnovabili** sul consumo finale lordo di energia e da fonti rinnovabili nei **trasporti**.

Il primo importante obiettivo della direttiva RES è il conseguimento entro il 2020 di una quota pari al **17% di energia prodotta da fonti rinnovabili** rispetto al consumo finale lordo (energia utilizzata per scopi industriali, di trasporto, per le famiglie, per i servizi privati e pubblici, per l'agricoltura, per la silvicoltura e per la pesca). Di questo 17% la quota **destinata al trasporto** dovrà essere almeno pari al **10%**.



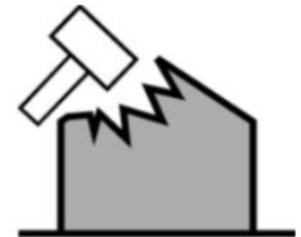
Decreto Legislativo 3 marzo 2011 n° 28: Definizioni

«**edificio di nuova costruzione**»: edificio per il quale la richiesta del pertinente titolo edilizio, comunque denominato, sia stata presentata successivamente alla data di entrata in vigore del presente decreto (29/03/2011);

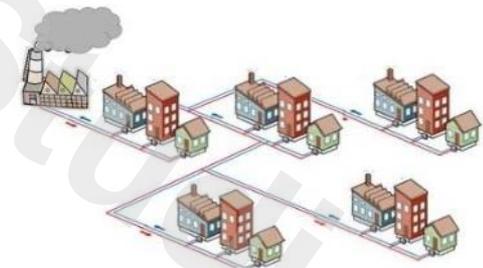


«**edificio sottoposto a ristrutturazione rilevante**»: edificio che ricade in una delle seguenti categorie:

- i) edificio esistente avente superficie utile **superiore a 1000** metri quadrati, soggetto a ristrutturazione integrale degli elementi edilizi costituenti l'involucro;
- ii) edificio esistente soggetto a demolizione e ricostruzione anche in manutenzione straordinaria;



«**teleriscaldamento**» o «**teleraffrescamento**»: la distribuzione di energia termica in forma di vapore, acqua calda o liquidi refrigerati, da una o più fonti di produzione verso una pluralità di edifici o siti tramite una rete, per il riscaldamento o il raffreddamento di spazi, per processi di lavorazione e per la fornitura di acqua calda sanitaria;



Decreto Legislativo 3 marzo 2011 n° 28: *Altre Prescrizioni*

I progetti di edifici di nuova costruzione e di ristrutturazioni rilevanti su edifici esistenti che assicurino una copertura dei consumi di calore, di elettricità e per il raffrescamento in misura **superiore di almeno il 30 per cento** rispetto ai valori minimi obbligatori di cui all'allegato 3, beneficiano, in sede di rilascio del titolo edilizio, di un **bonus volumetrico del 5 per cento**, fermo restando il rispetto delle norme in materia di distanze minime tra edifici e distanze minime di protezione del nastro stradale, nei casi previsti e disciplinati dagli strumenti urbanistici comunali, e fatte salve le aree individuate come zona A dal decreto del Ministero dei lavori pubblici 2 aprile 1968.



Nei contratti di compravendita o di locazione di edifici o di singole unità immobiliari è inserita apposita **clausola** con la quale l'acquirente o il conduttore danno atto di aver ricevuto le informazioni e la documentazione in ordine alla certificazione energetica degli edifici.



Nel caso di **offerta di trasferimento a titolo oneroso** di edifici o di singole unità immobiliari, a decorrere dal 1° gennaio 2012 gli annunci commerciali di vendita riportano l'indice di prestazione energetica contenuto nell'attestato di certificazione energetica

Decreto Legislativo 3 marzo 2011 n° 28: *Obbligo rinnovabili – art. 11*

Dal 31/05/2012

1) I progetti di edifici di nuova costruzione ed i progetti di ristrutturazioni rilevanti degli edifici esistenti prevedono l'utilizzo di fonti rinnovabili per la copertura dei consumi di calore, di elettricità e per il raffrescamento secondo i principi minimi di integrazione e le decorrenze di cui all'allegato 3.

Eccezione

Nelle zone A del decreto del Ministero dei lavori pubblici 2 aprile 1968, n. 1444, le soglie percentuali di cui all'Allegato 3 sono ridotte del 50 per cento. Le leggi regionali possono stabilire incrementi dei valori di cui all'allegato 3.

2) Le disposizioni di cui al comma 1 **non si applicano agli edifici di cui alla Parte seconda e all'articolo 136, comma 1, lettere b) e c), del codice dei beni culturali e del paesaggio**, di cui al decreto legislativo 22 gennaio 2004, n. 42, e successive modificazioni, e a quelli specificamente individuati come tali negli strumenti urbanistici, qualora **il progettista evidenzi che il rispetto delle prescrizioni implica un'alterazione incompatibile con il loro carattere o aspetto, con particolare riferimento ai caratteri storici e artistici.**



Decreto Legislativo 3 marzo 2011 n° 28: *Obbligo rinnovabili*

3) L'inosservanza dell'obbligo di cui al comma 1 comporta il **diniego del rilascio del titolo edilizio**

In questo modo si obbligano i Comuni a richiedere al tecnico la verifica della percentuale di copertura dei consumi dell'edificio con utilizzo di fonti rinnovabili, pena la mancata concessione del titolo abilitativo a costruire → **Ciò che si costruisce senza rispetto di tale obbligo è da ritenersi ABUSIVO.**



4) Gli impianti alimentati da fonti rinnovabili realizzati ai fini dell'assolvimento degli obblighi di cui all'allegato 3 del presente decreto accedono agli **incentivi statali** previsti per la promozione delle fonti rinnovabili, limitatamente alla **quota eccedente** quella necessaria per il rispetto dei medesimi obblighi.

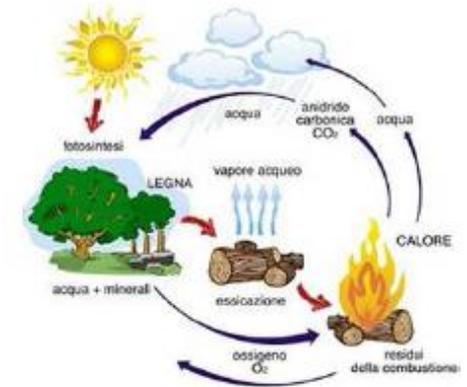


5) Sono Abrogati

- a) **l'articolo 4, comma 1-bis, del** decreto del Presidente della Repubblica 6 giugno 2001, n. **380** contenente l'obbligo di prevedere nei regolamenti edilizi, ai fini del rilascio del permesso di costruire, l'installazione di impianti da fonti rinnovabili che producano almeno 1 kW di energia per ciascuna unità abitativa (tale obbligo come detto sarebbe scaduto il 1° gennaio 2011);
- b) **l'articolo 4, commi 22 e 23,** del decreto del Presidente della Repubblica 2 aprile 2009, n. 59 contenenti l'obbligo di produrre con fonti rinnovabili almeno il 50% di acqua calda sanitaria.

Decreto Legislativo 3 marzo 2011 n° 28: *Obbligo rinnovabili*

6. Nei piani di **qualità dell'aria** previsti dalla vigente normativa, le regioni e le province autonome possono prevedere che i valori di cui all'allegato 3 debbano essere assicurati, in tutto o in parte, **ricorrendo ad impieghi delle fonti rinnovabili diversi dalla combustione delle biomasse**, qualora ciò risulti necessario per assicurare il processo di raggiungimento e mantenimento dei valori di qualità dell'aria relativi a materiale particolato (PM10 e PM 2,5) e ad idrocarburi policiclici aromatici(IPA).



7. Gli obblighi previsti da atti normativi regionali o comunali sono adeguati alle disposizioni del presente articolo entro **180 giorni** dalla data di entrata in vigore del presente decreto. **Decorso inutilmente il predetto termine, si applicano le disposizioni di cui al presente articolo.**

Decreto Legislativo 3 marzo 2011 n° 28: Obbligo rinnovabili – All. 3

1) Nel caso di **edifici nuovi o edifici sottoposti a ristrutturazioni rilevanti**, gli impianti di produzione di energia termica devono essere progettati e realizzati in modo da garantire il contemporaneo rispetto della copertura, **tramite il ricorso ad energia prodotta da impianti alimentati da fonti rinnovabili**, del:



50%



20% dal 31 maggio 2012 al 31 dicembre 2013

35% dal 01 gennaio 2014 al 31 dicembre 2016

50% dal 01 gennaio 2017

ESEMPIO

Edificio di 120 mq di S_m e $E_{P_H} = 60 \frac{\text{kWh}}{\text{m}^2 \cdot \text{anno}}$

Applicando la UNI TS 11300 troviamo un fabbisogno di ACS = $164 \frac{\text{l}}{\text{g}}$ \Rightarrow $59.860 \frac{\text{l}}{\text{anno}}$

Considerando un $\Delta T = 30^\circ\text{C}$ ($T_{im} = 10^\circ\text{C}$ e $T_{er} = 40^\circ\text{C}$)

$$Q_w = 59.860 \times 1,16 \times 30 = 2083 \frac{\text{kWh}}{\text{anno}} \Rightarrow E_{P_w} = 2450 \frac{\text{kWh}}{\text{anno}}$$

$$\eta_w = 0,85$$

$$E_{P_H} = 7200 \frac{\text{kWh}}{\text{anno}} = E_{P_{H,hr}}$$

$$50\% \downarrow$$

$$1225 \frac{\text{kWh}}{\text{anno}} \text{ con FER}$$

$$\underline{\underline{\% RIN}} = \frac{1225}{7200 + 2450} = \underline{\underline{12,7\%}}$$

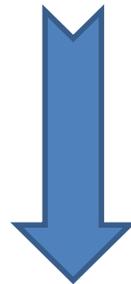
Per avere il 35%:

$$0,35 = \frac{1225}{x + 2450} \Rightarrow 0,35x + 857 = 1225 \Rightarrow$$

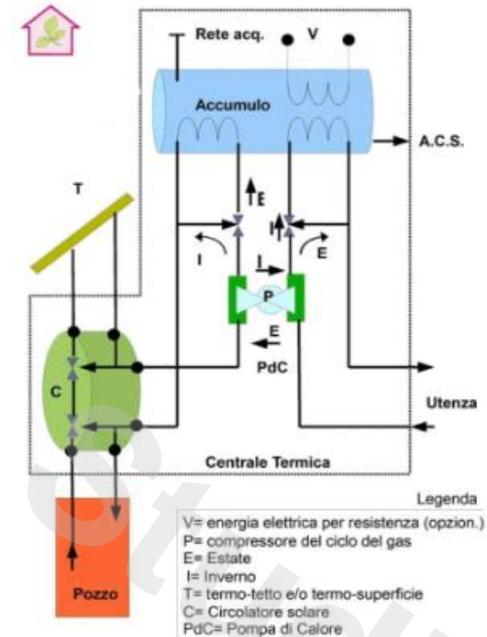
$$\Rightarrow 1051 \frac{\text{kWh}}{\text{anno}} \Rightarrow 8,7 \frac{\text{kWh}}{\text{m}^2 \cdot \text{anno}}$$

Decreto Legislativo 3 marzo 2011 n° 28: *Obbligo rinnovabili – All. 3*

2. Gli obblighi di cui al comma 1 **non possono essere assolti** tramite impianti da fonti rinnovabili che producano esclusivamente energia elettrica la quale alimenti, a sua volta, dispositivi o impianti per la produzione di acqua calda sanitaria, il riscaldamento e il raffrescamento.



- a. Non è possibile utilizzare esclusivamente un fotovoltaico + riscaldatore elettrico;
- b. Non è possibile utilizzare esclusivamente un fotovoltaico + pompa di calore elettrica ????



Decreto Legislativo 3 marzo 2011 n° 28: *Obbligo rinnovabili* – All. 3



3. Nel caso di edifici nuovi o edifici sottoposti a ristrutturazioni rilevanti, la **potenza elettrica** degli impianti alimentati da fonti rinnovabili che devono essere obbligatoriamente installati sopra o all'interno dell'edificio o nelle relative pertinenze, misurata in kW, è calcolata secondo la seguente formula:

$$P = \frac{1}{K} \cdot S$$

Dove S è la superficie in pianta dell'edificio al livello del terreno, misurata in m², e K è un coefficiente (m²/kW) che assume i seguenti valori:

- a) **K = 80**, quando la richiesta del pertinente titolo edilizio è presentata dal 31 maggio 2012 al 31 dicembre 2013;
- b) **K = 65**, quando la richiesta del pertinente titolo edilizio è presentata dal 1° gennaio 2014 al 31 dicembre 2016;
- c) **K = 50**, quando la richiesta del pertinente titolo edilizio è presentata dal 1° gennaio 2017.

Decreto Legislativo 3 marzo 2011 n° 28: *Obbligo rinnovabili* – All. 3

7. L'impossibilità tecnica di ottemperare, in tutto o in parte, agli obblighi di integrazione di cui ai precedenti paragrafi **deve essere evidenziata** dal progettista **nella relazione tecnica** di cui all'articolo 4, comma 25, del decreto del Presidente della Repubblica 2 aprile 2009, n. 59 e dettagliata esaminando la non fattibilità di tutte le diverse opzioni tecnologiche disponibili.



8. Nei casi di cui al comma 7, **è fatto obbligo** di ottenere un indice di prestazione energetica complessiva dell'edificio (I) che risulti inferiore rispetto al pertinente indice di prestazione energetica complessiva reso obbligatorio ai sensi del decreto legislativo n. 192 del 2005 e successivi provvedimenti attuativi (EP_{lim}) nel rispetto della seguente formula:

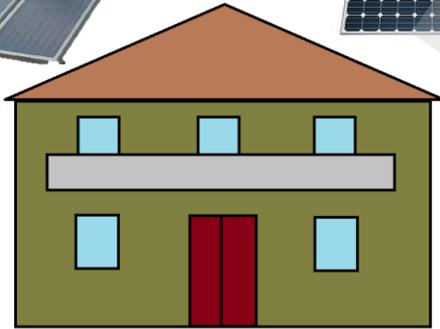
$$EP \leq EP_{lim} \cdot \left[\frac{1}{2} + \frac{\frac{\%_{eff}}{4} + \frac{P_{eff}}{4}}{\frac{\%_{obb}}{4} + \frac{P_{obb}}{4}} \right]$$

Rapporti fra copertura di fonti rinnovabili ($\%_{eff}$) e potenza FV installata (P_{eff}) ed i rispettivi minimi obbligatori ($\%_{obb}$ e P_{obb})

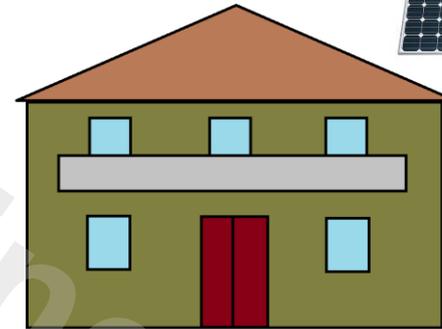
Dlgs 3 marzo 2011 n° 28: *Obbligo rinnovabili*

$$EP \leq EP_{lim} \cdot \left[\frac{1}{2} + \frac{\frac{\%_{eff}}{4} + \frac{P_{eff}}{P_{obb}}}{4} \right]$$

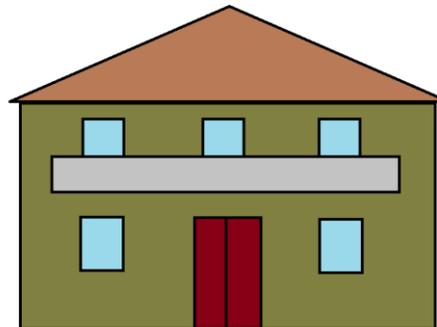
Rapporti fra copertura di fonti rinnovabili (%_{eff}) e potenza FV installata (P_{eff}) ed i rispettivi minimi obbligatori (%_{obb} e P_{obb})



Eplim
60 kWh/mq



Eplim
45 kWh/mq

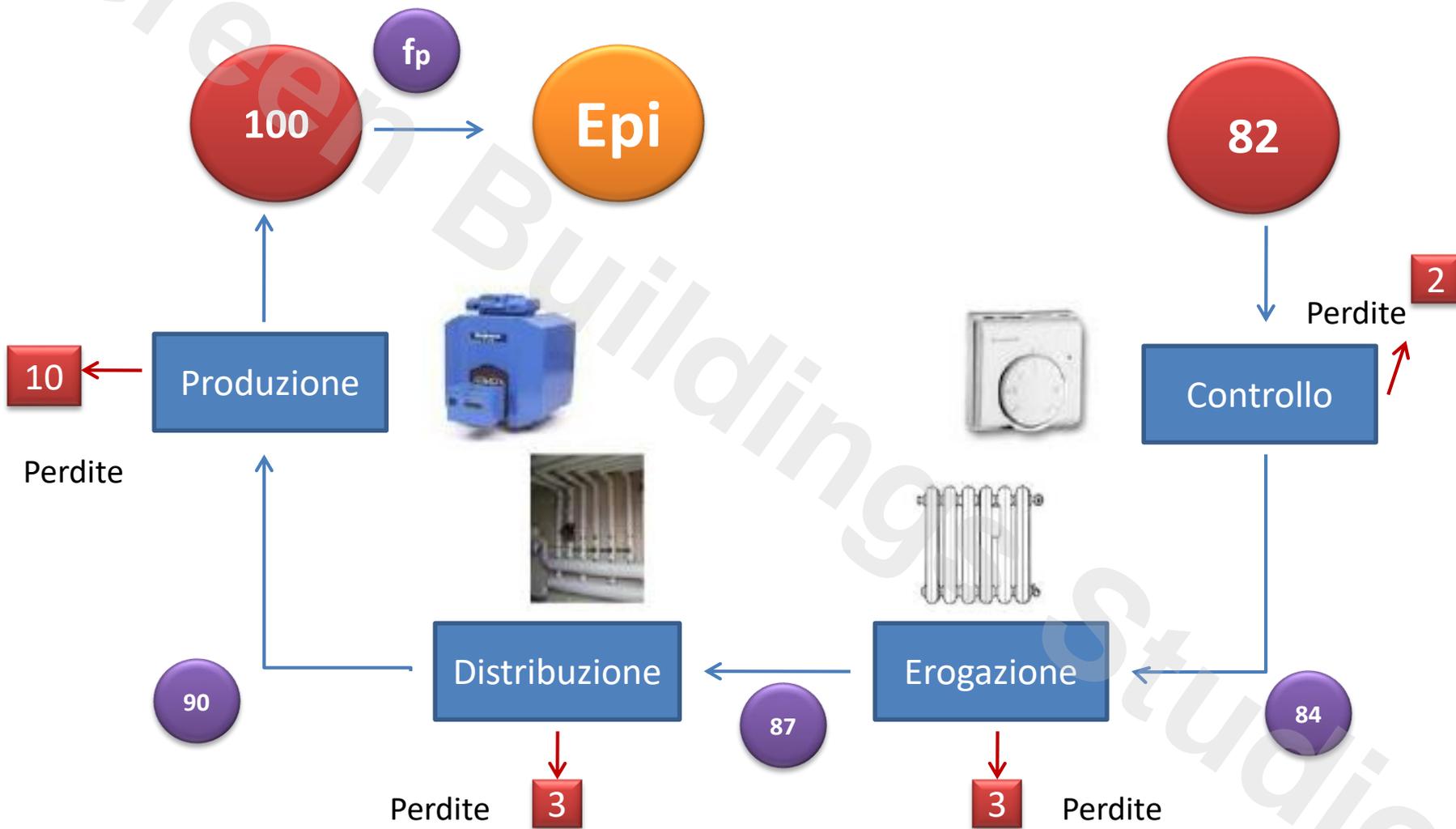


Eplim
30 kWh/mq

IMPIANTO TERMICO



CALCOLO DEI RENDIMENTI



Rendimento Globale Medio Stagionale

Il rendimento globale medio stagionale dell'impianto termico è 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 decreto del Presidente della Repubblica 26 agosto 1993, n. 412.

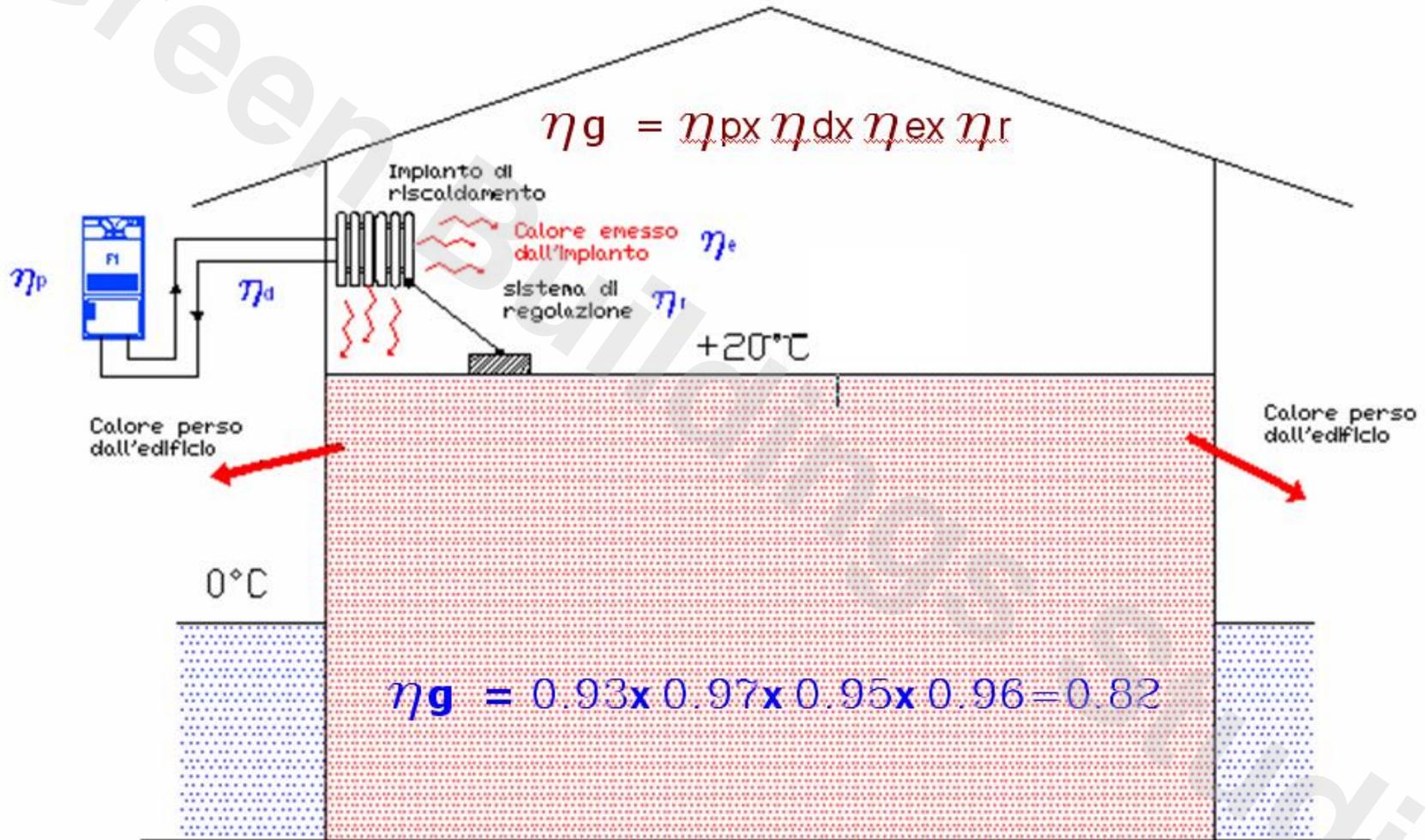
Inoltre dato che l'impianto è costituito da un insieme di apparecchiature tecnologiche e secondo i principi della termodinamica ogni passaggio (e quindi ogni componente) ha uno specifico rendimento che determina una perdita di energia, si ha che il rendimento medio stagionale può esprimersi anche secondo la seguente:

$$\eta_{g,h} = \eta_{rg} \times \eta_e \times \eta_d \times \eta_{gn}$$

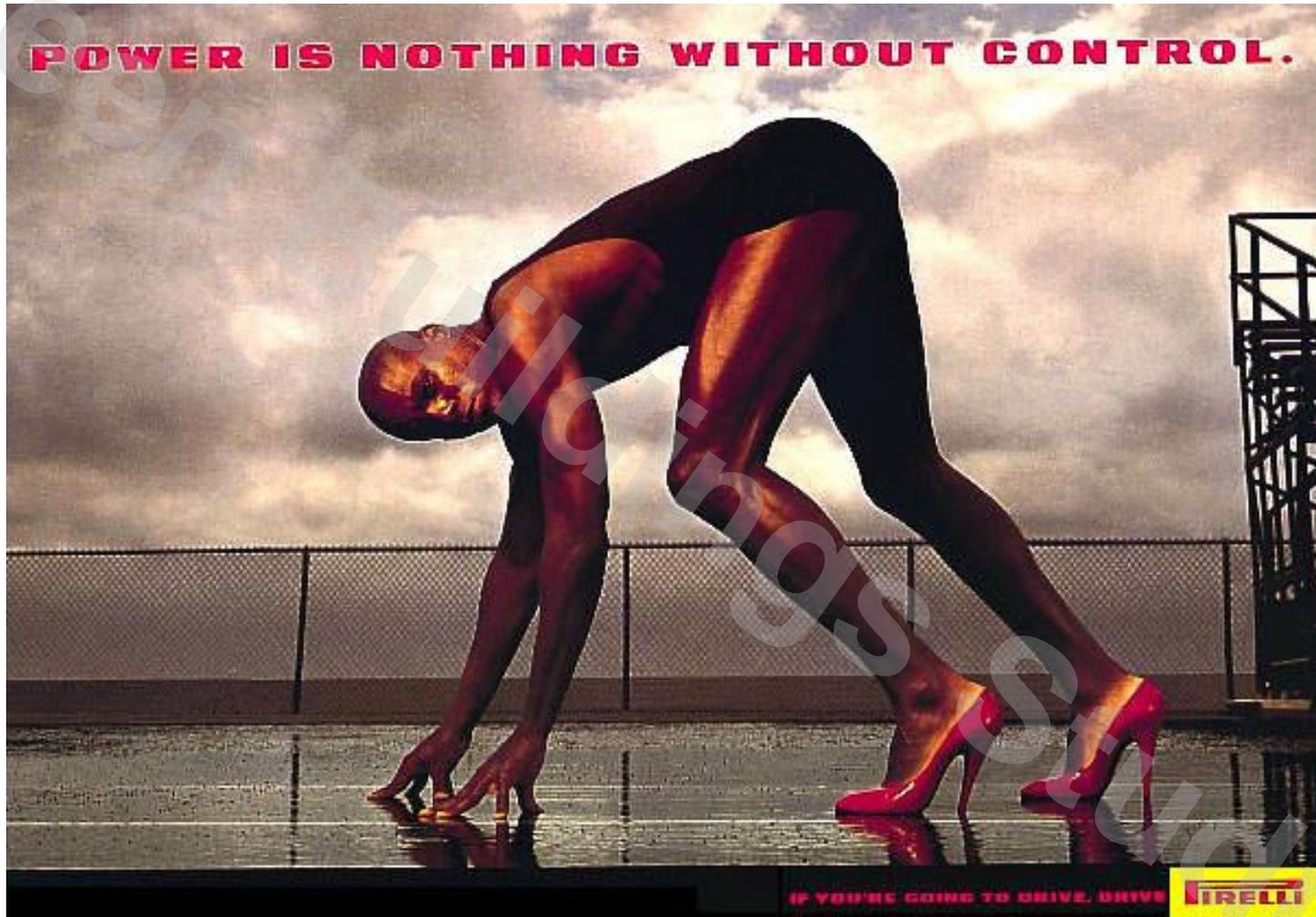
Ovvero :

rendimento medio stagionale = rendimento di regolazione x rendimento di emissione x rendimento di distribuzione x rendimento di generazione

Impianto termico

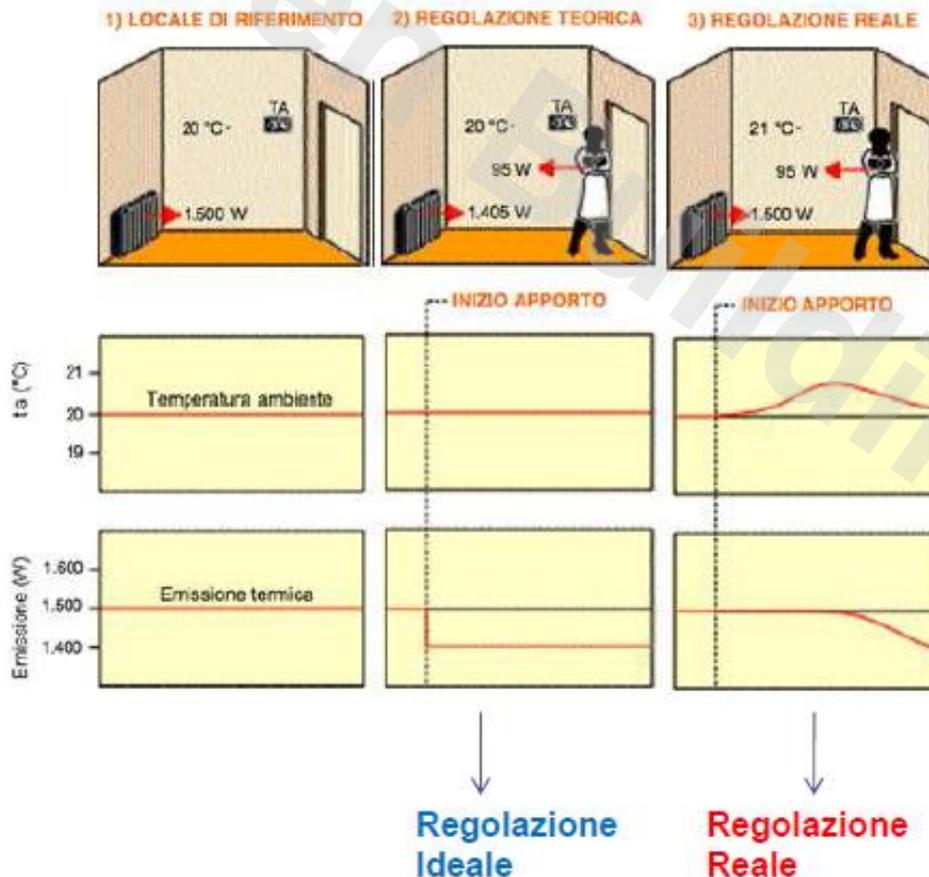


Rendimento di Regolazione



Rendimento di Regolazione

Il regolatore teorico perfetto è quello in grado di ridurre immediatamente l'emissione del corpo scaldante in presenza di un apporto di calore proveniente da fonte diversa dall'impianto di riscaldamento

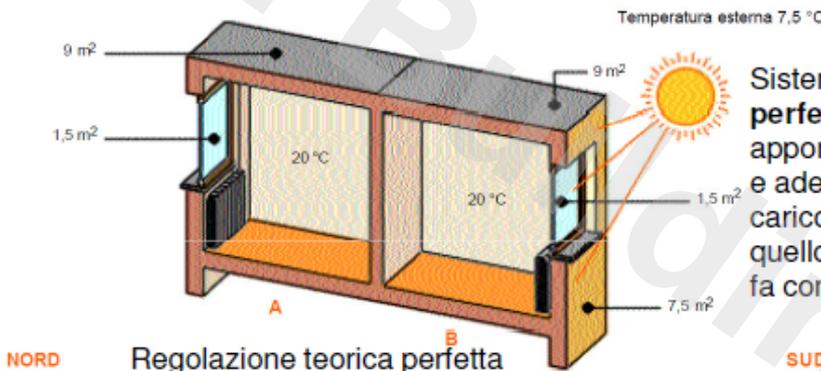


- 1) Il locale è mantenuto a 20 °C da un corpo scaldante della potenza di 1,5 kW.
- 2) In seguito all'ingresso nel locale di una persona, che fornisce un apporto di 95 W, il regolatore teorico perfetto riduce immediatamente l'emissione del corpo scaldante a 1.405 W in modo che la somma risulti sempre 1.500 W e la temperatura rimanga a 20 °C.
- 3) In presenza dello stesso evento di cui al punto 2), il sistema di **regolazione reale** reagisce più lentamente, solo dopo che si è verificato un aumento (indesiderato) della temperatura ambiente.

Rendimento di Regolazione

Ne abbiamo già vista la definizione, che qui richiamiamo: è il rapporto fra il calore richiesto per il riscaldamento degli ambienti con una regolazione teorica perfetta (Q_h) ed il calore richiesto per il riscaldamento degli stessi ambienti con un sistema di regolazione reale (Q_{hr}).

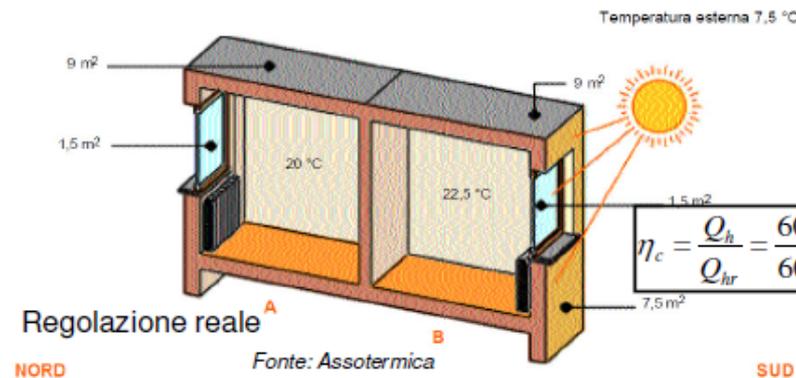
Esempio: Calcolo dell'energia dispersa, in un'ora, verso l'esterno, da un locale di abitazione, nel periodo medio stagionale



Sistema perfetto: sente l'apporto gratuito e adegua il carico subito, quello reale lo fa con ritardo

Locale a nord	S [m ²]	U [W/m ² K]	ΔT [°C]	τ [s]	Q _h [kJ]
	16,5	0,6	12,5	3600	446
	1,5	2,3	12,5	3600	155
				Q _h	601

Locale a sud	S [m ²]	U [W/m ² K]	ΔT [°C]	τ [s]	Q _h [kJ]
	16,5	0,6	12,5	3600	446
	1,5	2,3	12,5	3600	155
				Q _s	61
				Q _h	540



$$\eta_c = \frac{Q_h}{Q_{hr}} = \frac{601 + 540}{601 + 721} = 0,86$$

Locale a nord	S [m ²]	U [W/m ² K]	ΔT [°C]	τ [s]	Q _h [kJ]
	16,5	0,6	12,5	3600	446
	1,5	2,3	12,5	3600	155
				Q _{hr}	601

Locale a sud	S [m ²]	U [W/m ² K]	ΔT [°C]	τ [s]	Q _h [kJ]
	16,5	0,6	15	3600	535
	1,5	2,3	15	3600	186
				Q _{hr}	721

Rendimento di Regolazione

Involucro Impianto Ventilazione Centrali termiche Centrali elettriche Riscaldamento Acqua calda sanitaria Raffrescamento

Sistema 1 Aggiungi

Sottosistema di emissione

Altezza netta dei locali fino a 4 m

Tipo di terminali Ventilconvettori

Rendimento di emissione 96,0 % Potenza ausiliari 200,0 W

Unità con arresto del ventilatore al raggiungimento della temperatura prefissata

Numero unità terminali 5 Potenza termica unitaria 880 W Calcola

Sottosistema di regolazione

Tipo di regolazione Solo di zona

Caratteristiche P banda proporzionale 1 °C

Impianto di riscaldamento Radiatori, convettori, ventilconvettori, strisce radianti

Rendimento di regolazione 97,0 %

Sottosistema di distribuzione

Fluido termovettore Nessuno

Rendimenti di regolazione

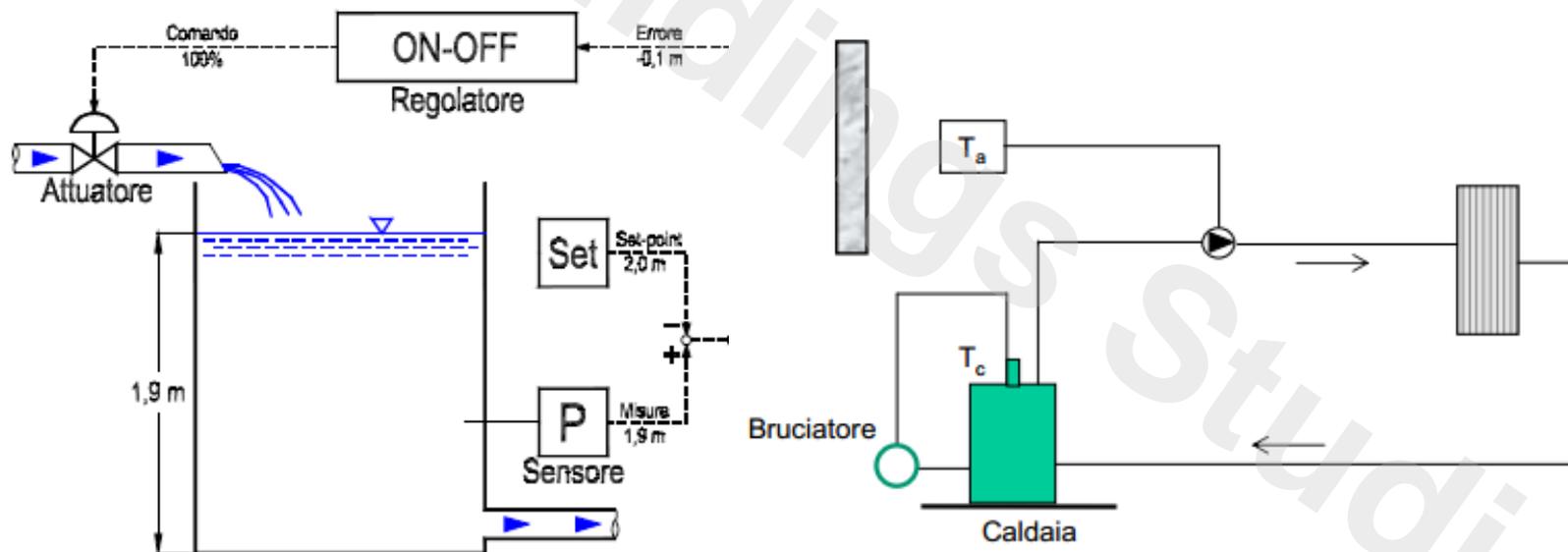
Tipo di regolazione	Caratteristiche della regolazione
Solo Climatica (compensazione con sonda esterna) $K - (0,6 \eta_u \gamma)^{a1}$	
Solo di zona	On-off
	P banda prop. 2 °C
	P banda prop. 1 °C
	P banda prop. 0,5 °C
	PI o PID
Solo per singolo ambiente	On off
	P banda prop. 2 °C
	P banda prop. 1 °C
	P banda prop. 0,5 °C
	PI o PID
Zona + climatica	On off
	P banda prop. 2 °C
	P banda prop. 1 °C
	P banda prop. 0,5 °C
	PI o PID
Per singolo ambiente + climatica	On off
	P banda prop. 2 °C
	P banda prop. 1 °C
	P banda prop. 0,5 °C
	PI o PID

Controllo in Retroazione ON-OFF

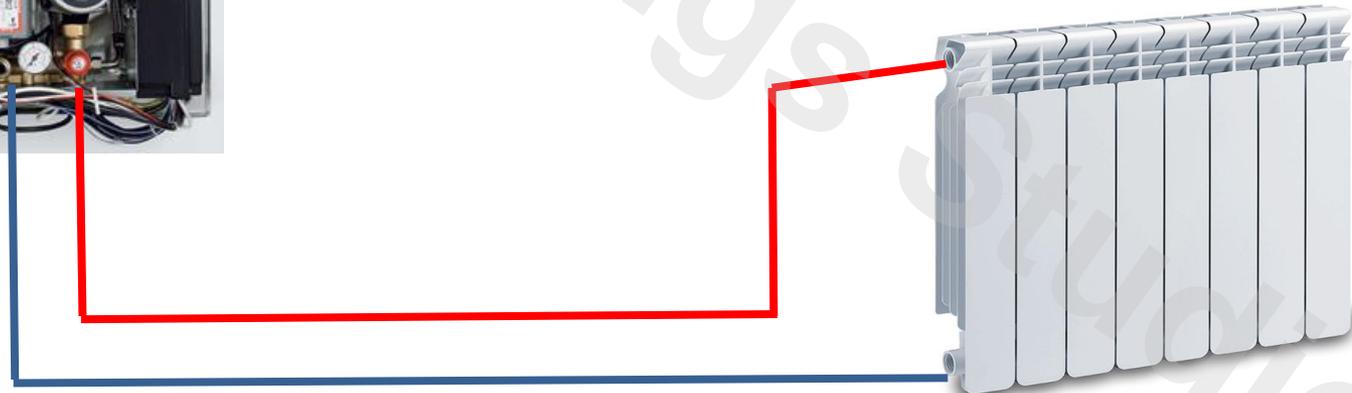
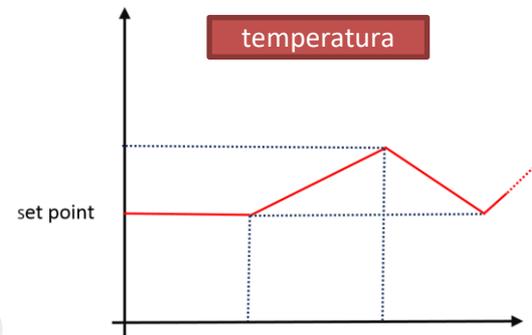
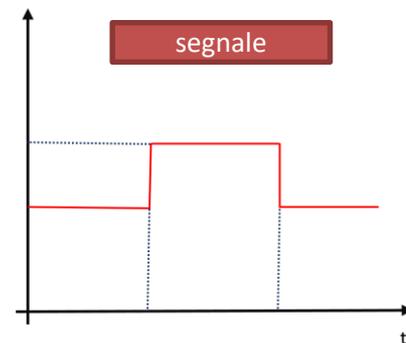
Dimmi cosa succede e ti dico cosa fare.

Il regolatore:

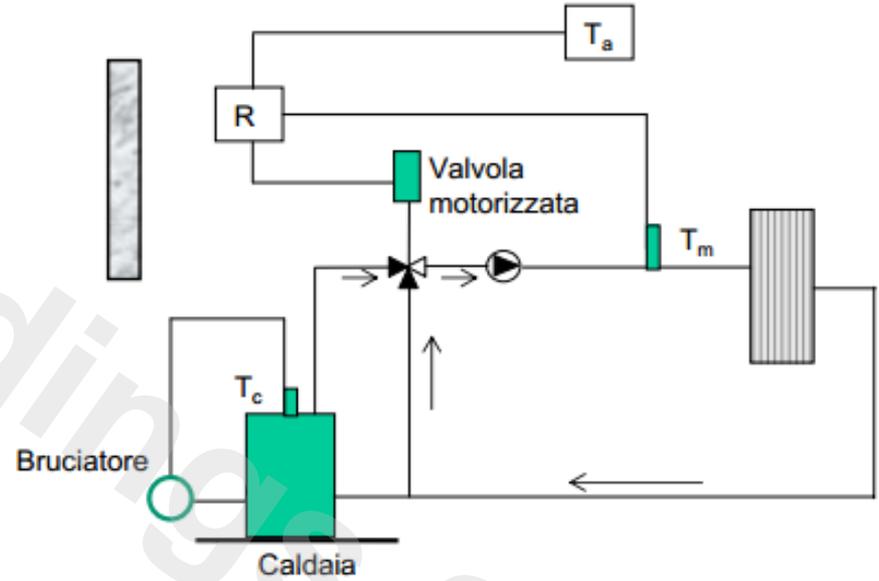
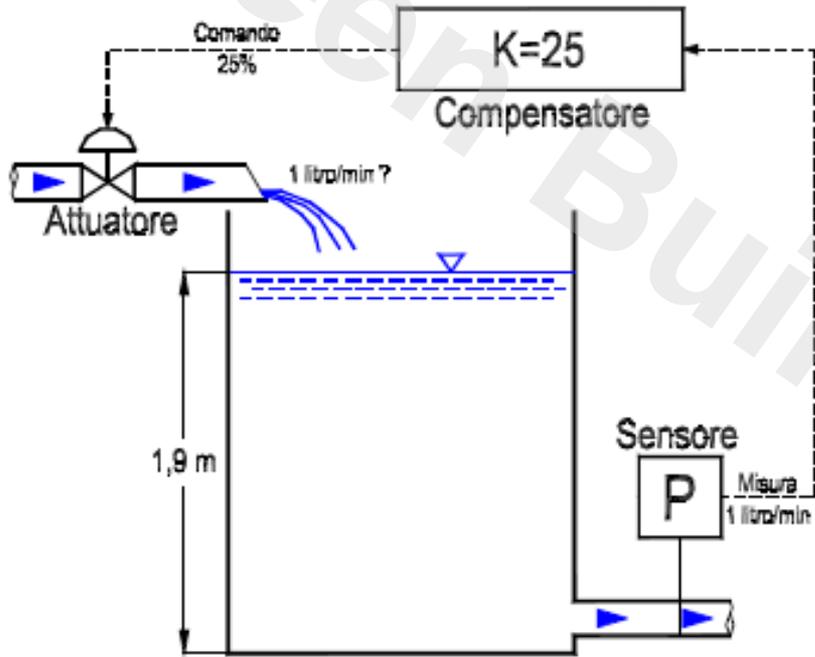
- **Va a vedere cosa succede nell'impianto:** misura del disturbo (prelievo di vapore, consumo di acqua, temperatura esterna)
- **Calcola l'azione necessaria** per compensare l'azione del disturbo in base alle sue regole (On-Off, a stadi, proporzionale, con funzione matematica, ecc.) e tarature (soglie di scatto, fattore di proporzionalità, curva di linearizzazione)
- **Esegue:** genera il comando per l'attuatore che esegue la correzione
- **Ricomincia da capo**



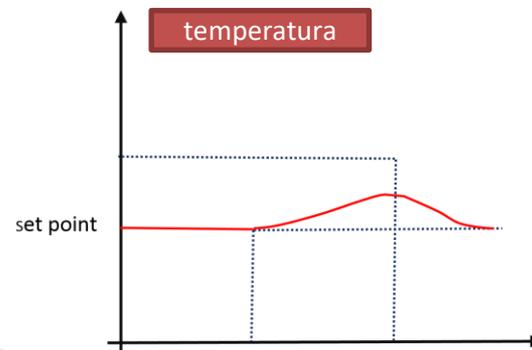
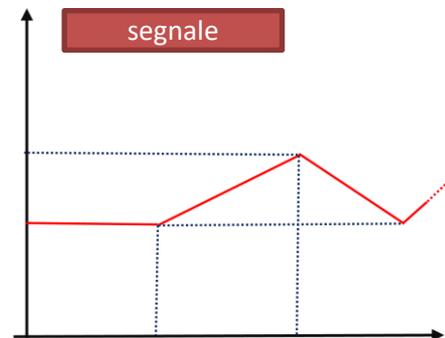
Controllo in Retroazione ON-OFF



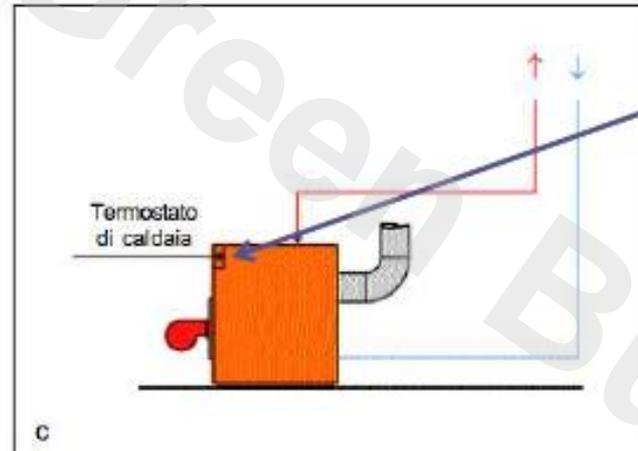
Controllo in Retroazione Compensato



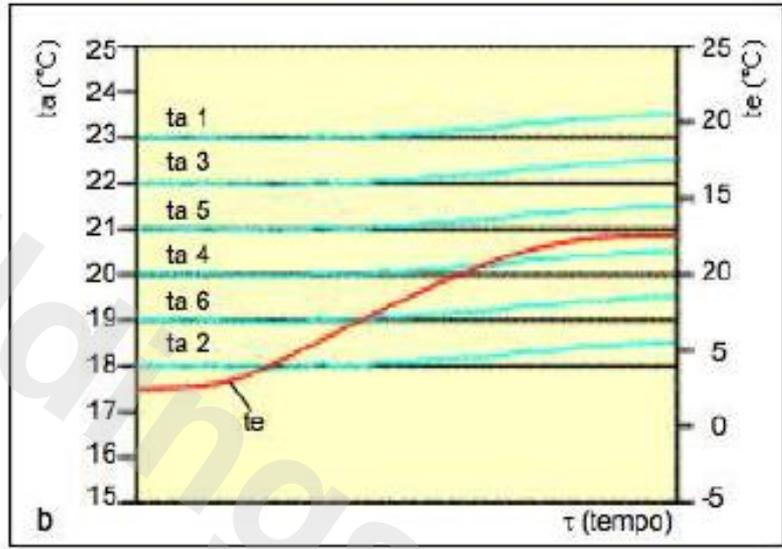
Controllo in Retroazione Compensato



Rendimento di Regolazione: regolazione manuale

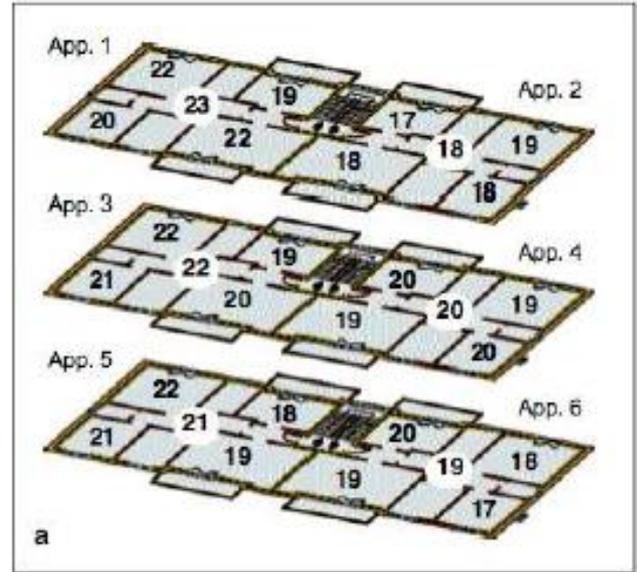


La regolazione manuale prevede un termostato di caldaia che però non è assolutamente sufficiente a garantire una costanza della temperatura ambiente .

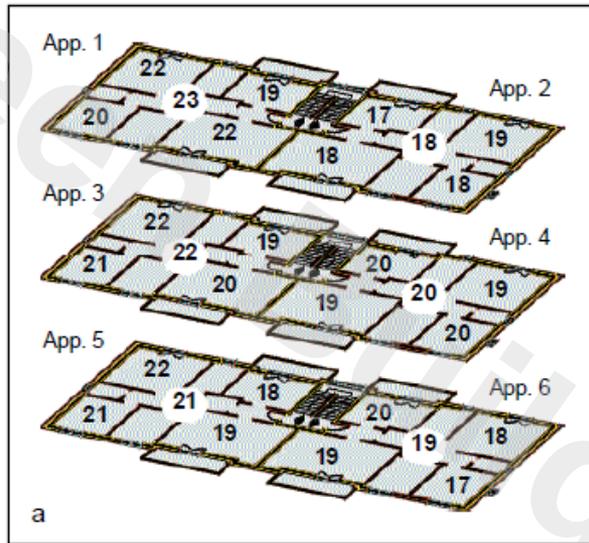


Con questo tipo di regolazione non solo si riscontra una disomogeneità di temperatura in ciascun appartamento t1..t6 (presumibilmente in base all'esposizione) ma si osserva anche che la temperatura di ciascun appartamento varia anche al variare della temperatura esterna **te** .

La regolazione è quindi pessima !!



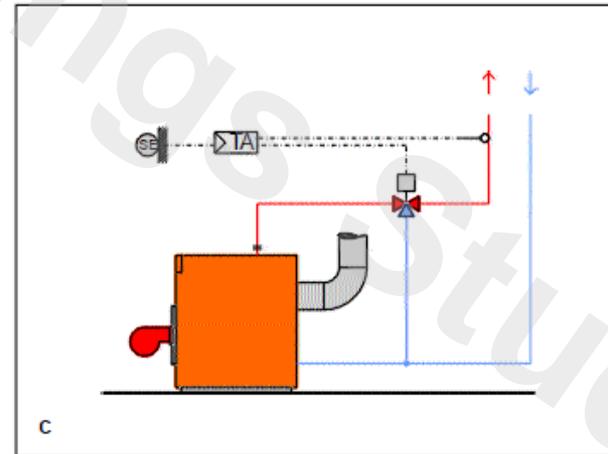
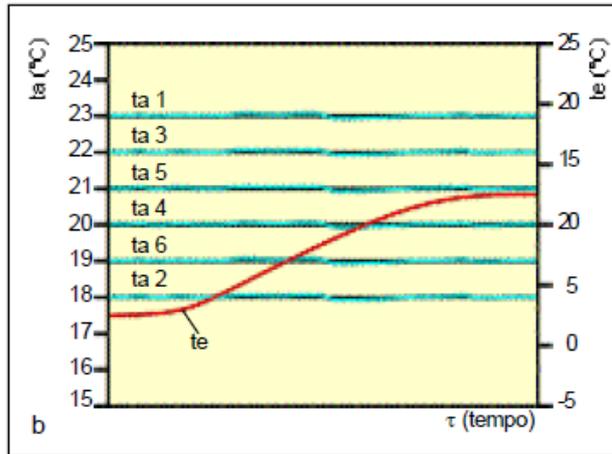
Rendimento di Regolazione: regolazione climatica



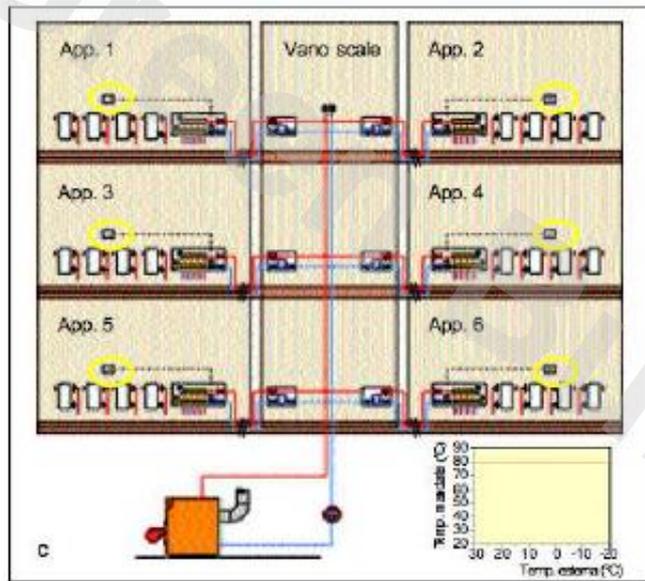
La sola regolazione climatica centrale non è in grado di assicurare buoni rendimenti di regolazione.

Nemmeno un regolatore di ottima qualità, in grado di mantenere perfettamente costante la temperatura ambiente al variare della temperatura esterna, è in grado di migliorare la situazione. Il sistema infatti, per sua natura non può assicurare l'uniformità della temperatura ambiente nei diversi alloggi caratterizzati da abitudini abitative ed apporti diversi.

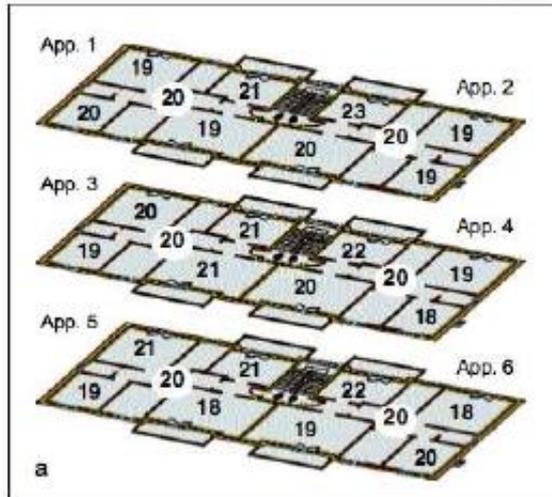
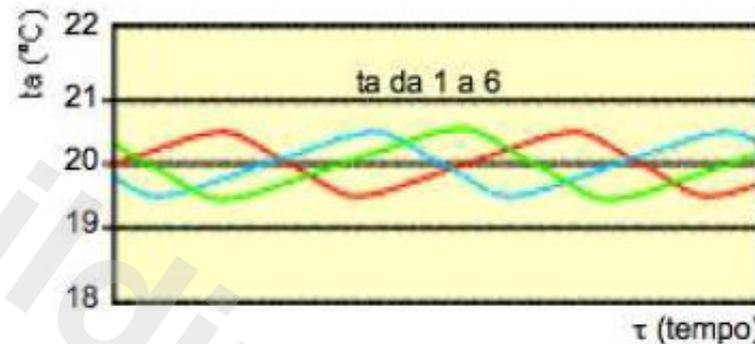
In particolare i lati dell'edificio diversamente esposti (nord e sud) sono caratterizzati da dispersioni diverse e variabili con le condizioni climatiche e quindi da temperature ambiente diverse.



Rendimento di Regolazione: regolazione di zona senza preregolazione

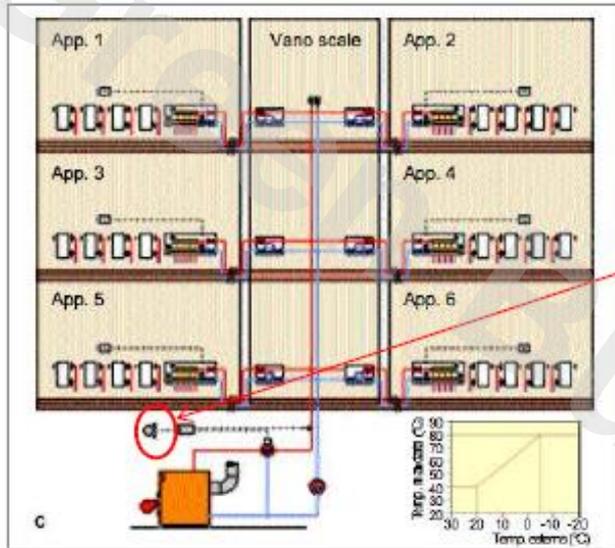


La regolazione di zona prevede la presenza di un termostato per ogni appartamento o "zona".

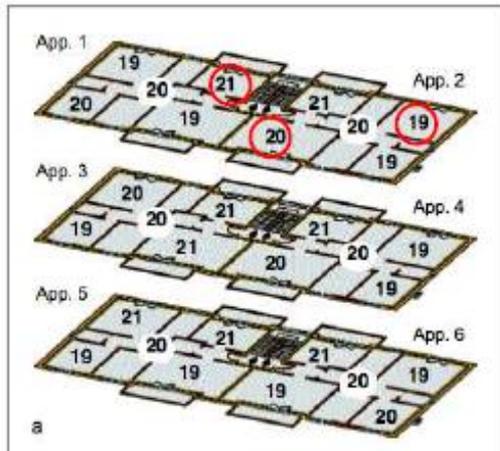
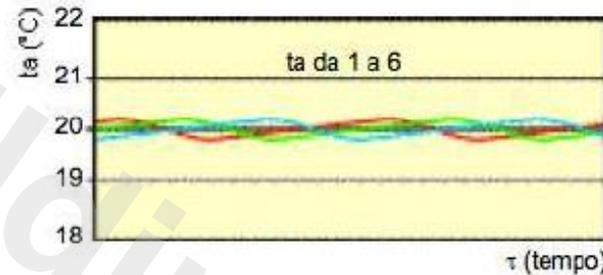


L'adozione della regolazione di zona (alloggio per alloggio) ha consentito di uniformare la temperatura ambiente in tutte le zone dell'edificio (anche se non nei diversi locali dello stesso appartamento..), con un notevole aumento del rendimento di regolazione rispetto alla regolazione climatica centrale . Non si tratta però ancora di un sistema di regolazione esente da difetti: la distribuzione del fluido termovettore a temperatura costante durante tutta la stagione **non è in grado di garantire una regolazione perfetta entro l'intero campo di variazione del carico, da 0 al 100%**.

Rendimento di Regolazione: regolazione di zona con climatica



In aggiunta ai regolatori di zona in questo caso aggiungiamo anche un termostato esterno in modo da realizzare un controllo misto tra climatico (prerogolazione) e di zona



Con l'aiuto di un termostato esterno il compito della regolazione finale diventa in questo caso meno gravoso, a vantaggio di un migliore rendimento di regolazione.

La regolazione di zona, però, risulta ulteriormente migliorabile: essa infatti assicura la possibilità di ottenere la temperatura ambiente desiderata in un solo locale di riferimento di ogni alloggio ma non tutti i locali dell'alloggio sono caratterizzati dalla stessa quantità di apporti. Ne deriva una temperatura ambiente diversa nei diversi locali.

Rendimento di Regolazione: prescrizioni di legge

- DPR 412/93: Obbligo regolazione per singolo ambiente con apporti > 20% nel mese a maggior insolazione = **sempre!** Ammesse le zone solo raggruppando locali con stessa esposizione e stesso utilizzo. Obbligo di giustificazione della mancanza di detti dispositivi nella relazione tecnica
Di fatto: obbligo valvole termostatiche o sistemi equivalenti
- Art 7 DPR 412/93:
 - 7 **Al fine di non determinare sovrariscaldamento nei singoli locali** di una unità immobiliare per effetto degli apporti solari e degli apporti gratuiti interni è opportuna l'**installazione di dispositivi per la regolazione automatica della temperatura ambiente nei singoli locali** o nelle singole zone aventi caratteristiche di uso ed esposizioni uniformi. **L'installazione di detti dispositivi è aggiuntiva** rispetto ai sistemi di regolazione di cui ai precedenti commi 2, 4, 5 e 6, ove tecnicamente compatibile con l'eventuale sistema di contabilizzazione, **ed è prescritta nei casi in cui la somma dell'apporto termico solare mensile**, calcolato nel mese a maggiore insolazione tra quelli interamente compresi nell'arco del periodo annuale di esercizio dell'impianto termico, **e degli apporti gratuiti interni convenzionali sia superiore al 20% del fabbisogno energetico** complessivo calcolato nello stesso mese.
 - 8 **L'eventuale non adozione dei sistemi di cui al comma 7 deve essere giustificata in sede di relazione tecnica** di cui al comma 1 dell'art. 28 della legge 9 gennaio 1991, n. 10; in particolare la valutazione degli apporti solari e degli apporti gratuiti interni deve essere effettuata utilizzando la metodologia indicata dalle norme tecniche UNI di cui al comma 3 dell'art. 8.

Art. 7 comma 6

Gli impianti termici per singole unità immobiliari destinati, anche se non esclusivamente, alla climatizzazione invernale devono essere parimenti dotati di un sistema di termoregolazione pilotato da una o più sonde di misura della temperatura ambiente con programmatore che consenta la regolazione di questa temperatura su almeno due livelli di temperatura nell'arco delle 24 ore.

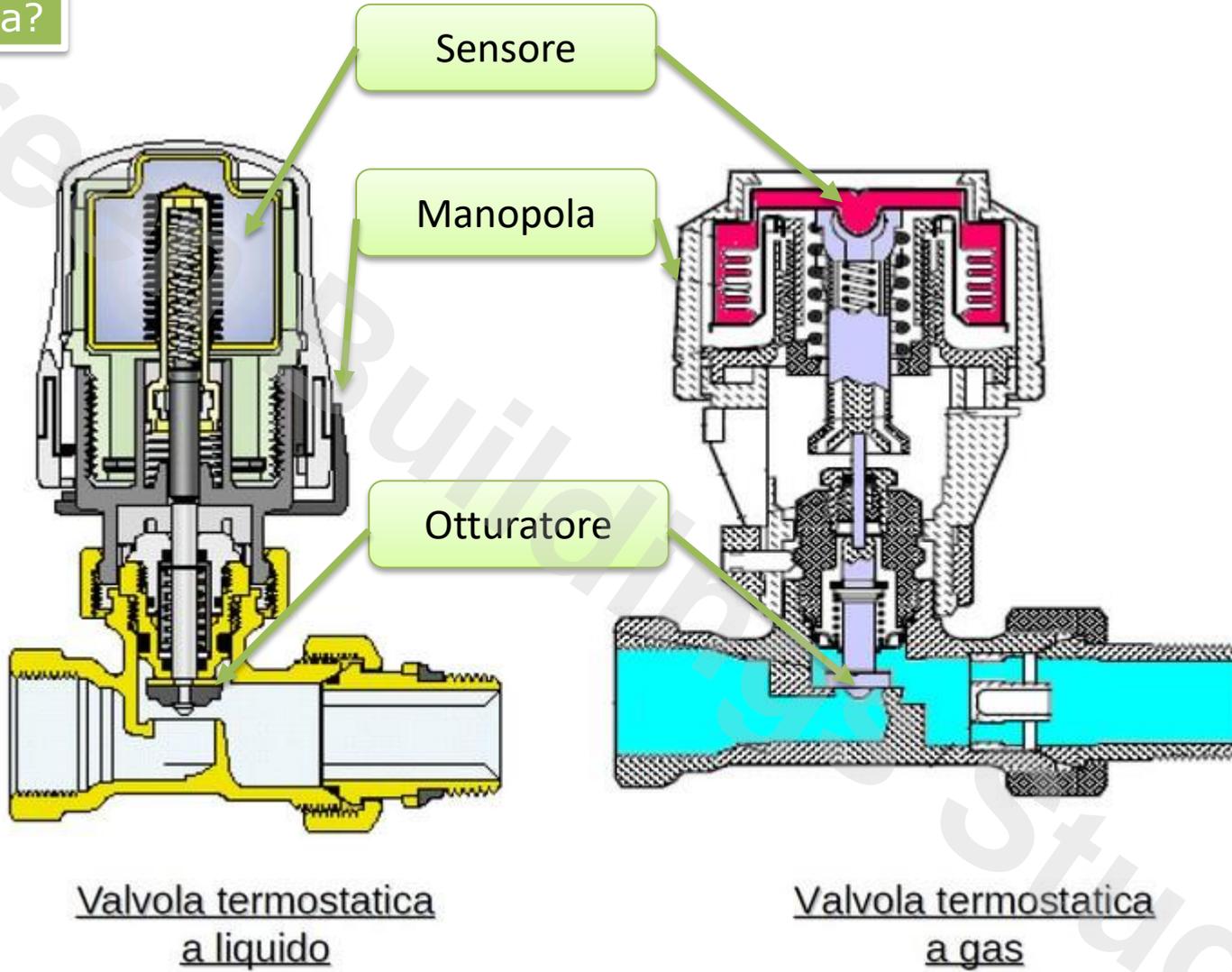
L'uso delle valvole termostatiche

Che cos'è una valvola termostatica?

E' un regolatore di temperatura ambiente che agisce sulla portata dell'acqua nel radiatore regolando così la potenza termica erogata dal terminale



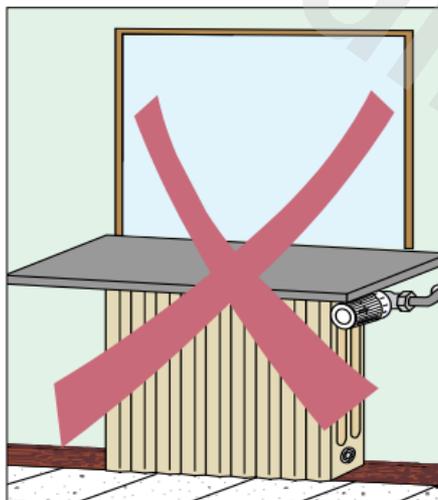
Com'è fatta?



Valvola termostatica
a liquido

Valvola termostatica
a gas

Cosa non fare



Codice	Misura	Kv (m ³ /h) Banda proporzionale (K)				
		1	1,5	2	3	Kvs
2253.2	3/8"	0,36	0,49	0,57	0,77	0,96
2254.2	1/2"	0,36	0,49	0,57	0,77	1,40
2264.2	1/2"	0,36	0,49	0,57	0,77	1,40

Codice	Misura	Portata nominale (l/h)	Autorità otturatore	Press. differenz. (bar)
2253.2	3/8"	180	0,60	0,1
2254.2	1/2"	180	0,80	0,1
2264.2	1/2"	180	0,80	0,1

Dimensionamento impianto

Per un corretto dimensionamento impiantistico, le valvole vengono normalmente scelte individuandone la perdita di carico in funzione della portata sui diagrammi s-2K sopra riportati (regolazione con banda proporzionale di 2K).

Il coefficiente **Kv** definisce il flusso di acqua (tra 5° e 40°), espresso in m³/h, che attraversa una valvola con una pressione differenziale (caduta di pressione) di 1 bar.

L'uso delle valvole termostatiche

Chi cerca guai li trova pure



Rendimento di regolazione : hr

UNI-TS 11300 parte 2

Il rendimento di regolazione “ η_r ” determina sia la velocità di risposta del sistema alle esigenze dei locali, sia la correttezza delle temperature interne.

Il rendimento di regolazione lo si può dedurre dalla UNI-TS 11300 – Parte 2.

a)	γ : rapporto tra apporti e dispersioni definito nella UNI/TS 11300-1; η_u : fattore di utilizzo degli apporti definito nella UNI/TS 11300-1.
Nota 1	Nel caso di assenza di regolazione della temperatura ambiente (solo termostato di caldaia), ai soli fini di valutazione dei miglioramenti dell'efficienza energetica, si possono utilizzare i valori della regolazione "solo climatica" con una penalizzazione di 0,05 sul rendimento.
Nota 2	Per quanto riguarda le funzioni di regolazione contenute nella UNI EN 15232:2012 prospetto 2 punto 1.1, il tipo di regolazione "solo climatica" (compensazione con sonda esterna), nel caso di assenza di regolazione della temperatura ambiente (solo termostato di caldaia) corrisponde alla funzione 0 "No automatic control", mentre nel caso di presenza della compensazione con sonda esterna corrisponde alla funzione 1 "central automatic control". Le funzioni 2,3,4 contenute nello stesso punto "Individual room control", "Individual room control with communication" e "Individual room control with communication and presence control" fanno riferimento alle tipologie di regolazione di zona e singolo ambiente, così come previsto dalla stessa UNI EN 15232:2012 prospetto 2 punto 1.5.
Nota 3	La norma UNI EN 215 sulle valvole termostatiche fornisce indicazioni sulle definizioni di banda proporzionale indicate nel prospetto.

Rendimenti di regolazione

Tipo di regolazione	Caratteristiche della regolazione	Sistemi a bassa inerzia termica	Sistemi ad elevata inerzia termica	
		Radiatori, convettori, strisce radianti ed aria calda	Pannelli integrati nelle strutture edilizie e disaccoppiati termicamente	Pannelli annegati nelle strutture edilizie e non disaccoppiati termicamente
Solo Climatica (compensazione con sonda esterna) $K - (0,6 \eta_u \gamma)^a$		K = 1	K = 0,98	K = 0,94
Solo di zona	0n-off	0,93	0,91	0,87
	P banda prop. 2 °C	0,94	0,92	0,88
	P banda prop. 1 °C	0,97	0,95	0,91
	P banda prop. 0,5 °C	0,98	0,96	0,92
	PI o PID	0,99	0,97	0,93
Solo per singolo ambiente	0n off	0,94	0,92	0,88
	P banda prop. 2 °C	0,95	0,93	0,89
	P banda prop. 1 °C	0,98	0,97	0,95
	P banda prop. 0,5 °C	0,99	0,98	0,96
	PI o PID	0,995	0,99	0,97
Zona + climatica	0n off	0,96	0,94	0,92
	P banda prop. 2 °C	0,96	0,95	0,93
	P banda prop. 1 °C	0,97	0,96	0,94
	P banda prop. 0,5 °C	0,98	0,97	0,95
	PI o PID	0,995	0,98	0,96
Per singolo ambiente + climatica	0n off	0,97	0,95	0,93
	P banda prop. 2 °C	0,97	0,96	0,94
	P banda prop. 1 °C	0,98	0,97	0,95
	P banda prop. 0,5 °C	0,99	0,98	0,96
	PI o PID	0,995	0,99	0,97



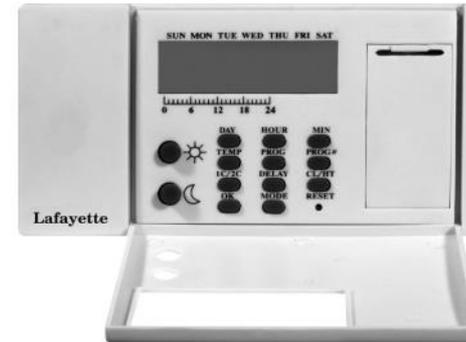
Caratteristiche tecniche:

- Portata contatti:** 16 (2.5) A 250Vca
- Campo di regolazione:** +5/+30°C
- Elemento sensibile:** Polmone ad espansione di vapore
- Protezione:** IP20 (classe I)
- Dimensioni:** 70x70x30mm
- Gradiente termico:** 1K / 15min.
- Contatti d'interruzione o commutazione.**

Collocazione:

E' consigliabile scegliere per il termostato una collocazione in una zona che rispecchi il più possibile le condizioni di temperatura media di tutto l'ambiente. Va evitata l'immediata vicinanza di porte, finestre, fonti di calore, posizioni con eccesso o totale mancanza d'aerazione. Si consiglia di montare il termostato ambiente a circa 1.5m dal pavimento.

**CRONOTERMOSTATO
PROGRAMMABILE**



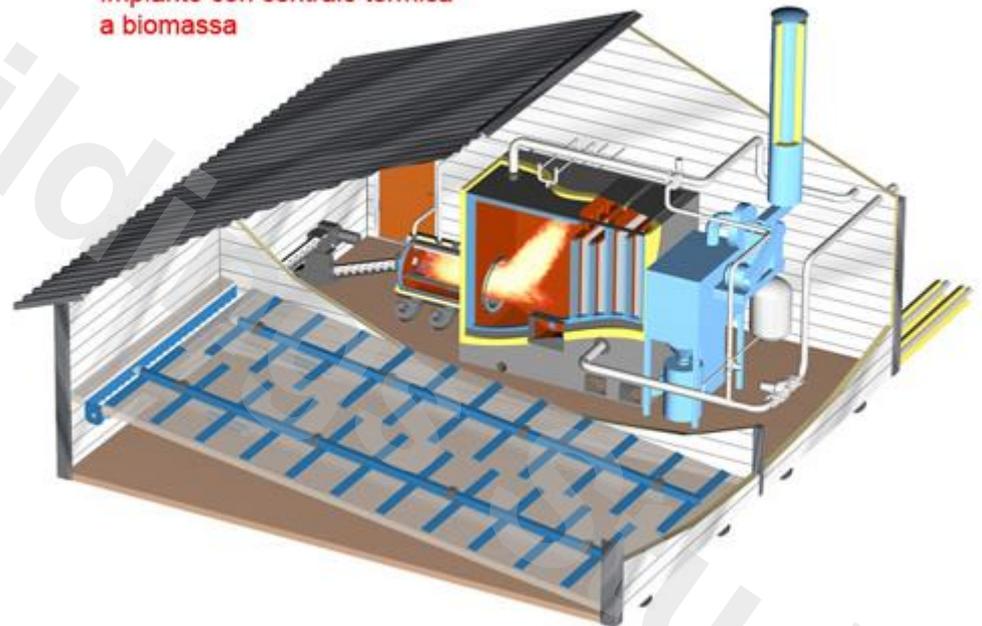
Specifiche

Intervallo di temperatura misurato	0-40°C (incrementi di 0.5°C)
Range di controllo temperatura	5-30°C (incrementi di 0.5°C)
Precisione temperatura	+/- 0.5°C
Precisione orologio	+/- 70 secondi/mese
Programmi	10 pre-impostati, 10 da definire da parte dell'utente
Range di commutazione	1°C o 2°C
Sistemi controllati	Sistema di riscaldamento o di condizionamento
Tempo minimo di ciclo aria condizionata	5 minuti + 45 secondi
Commutazione	24VAC 6A con carico resistivo
	230VAC 50Hz 6A con carico resistivo
Batteria	2 batterie alcaline LR6
Temperatura operativa	0-45°C
Temperatura di magazzino	-20-60°C
Umidità operativa	5-90% senza condensa

Rendimento di Generazione

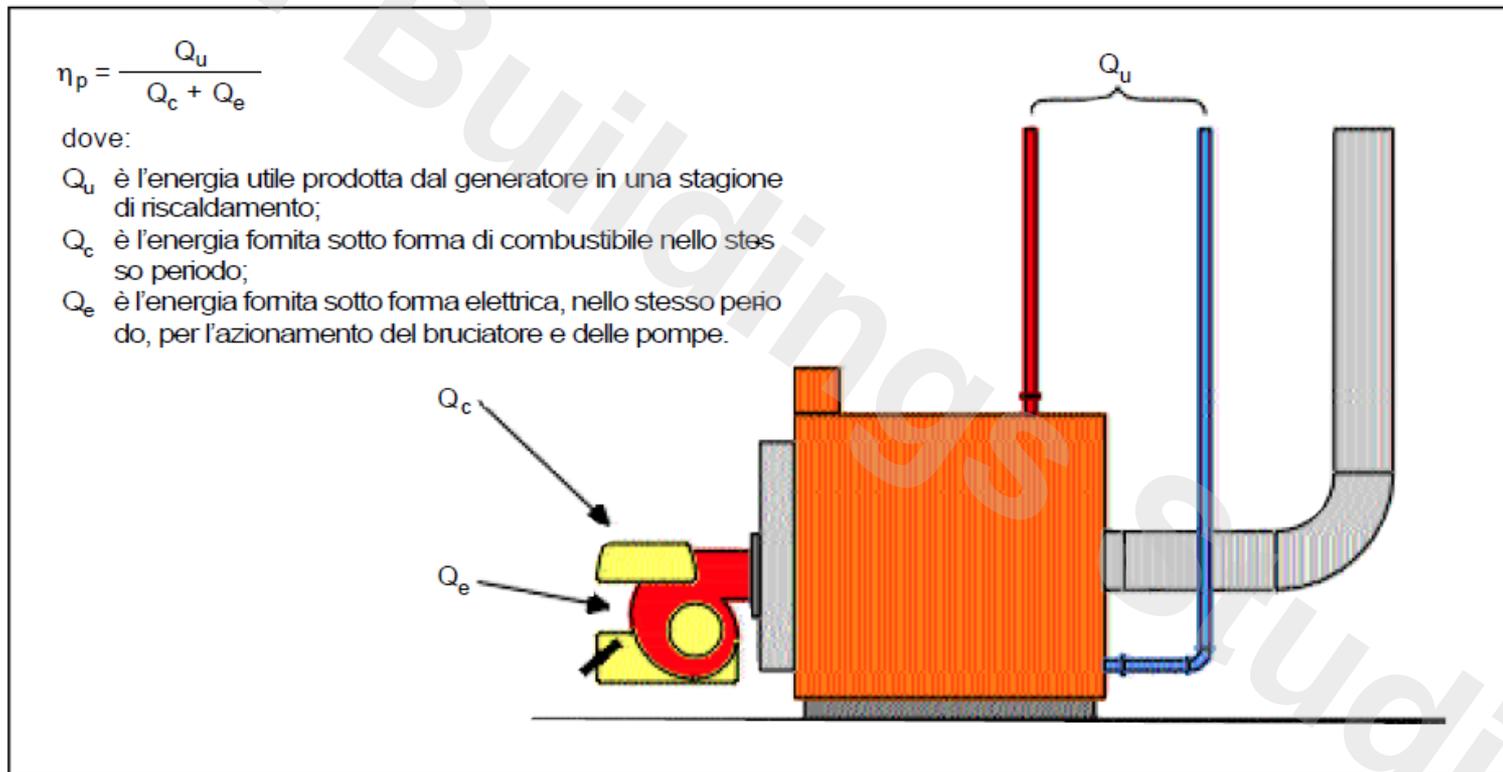


Impianto con centrale termica a biomassa



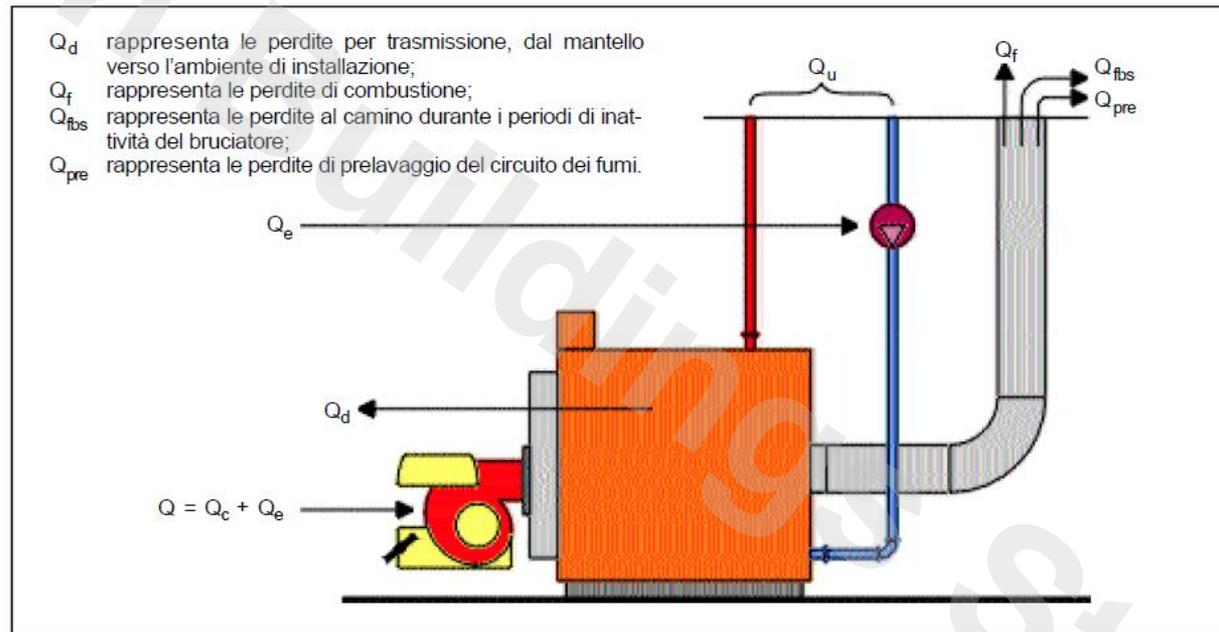
Rendimento di Generazione

Il rendimento di produzione medio stagionale è il **rapporto fra il calore utile prodotto dal generatore nella stagione di riscaldamento e l'energia fornita** nello stesso periodo sotto forma di combustibile ed energia elettrica.



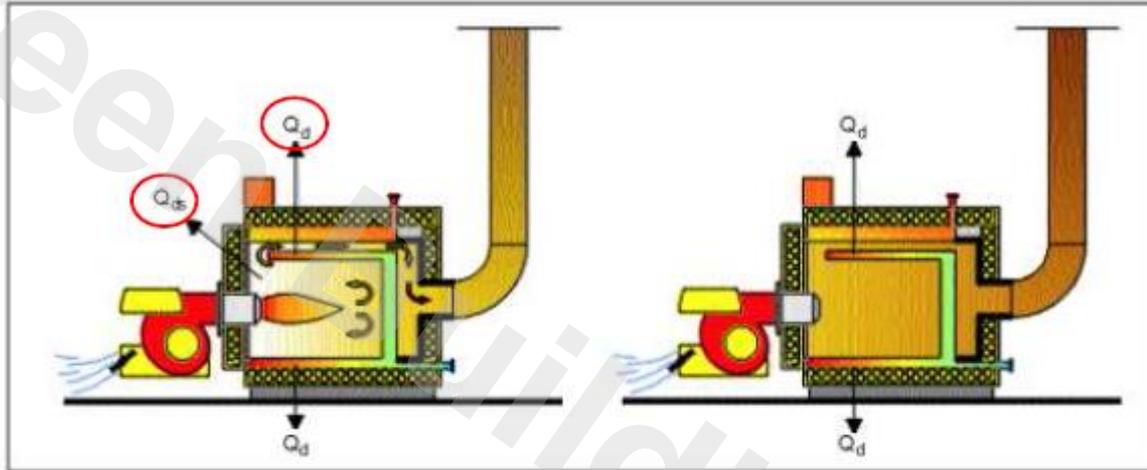
Rendimento di Generazione

Il rendimento di generazione è dovuto al fatto che non tutta l'energia fornita viene trasferita all'acqua a causa delle perdite. Questo rendimento può quindi essere migliorato riducendo le perdite di calore che possono essere desunte dalla figura sottostante:



Si noti che il miglioramento del rendimento di produzione non dipende solo da fattori costruttivi dei generatori, ma è influenzato anche dalle scelte progettuali, dal tipo di regolazione e dal modello di conduzione.

Rendimento di Generazione: Perdite al mantello

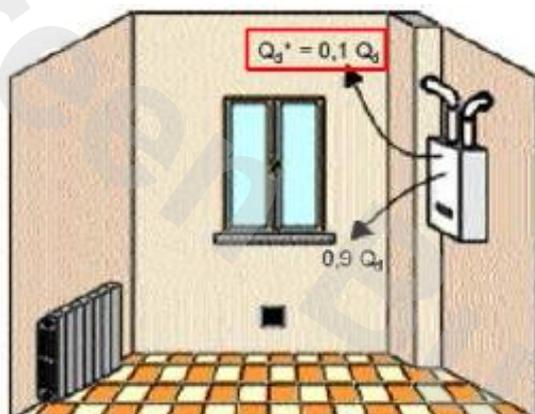


Le perdite Q_d sono sempre presenti a **caldaia attiva**, tanto a **bruciatore spento** che **acceso** poiché sono legate alla presenza di acqua calda all'interno del generatore; le perdite Q_{ds} , invece, si verificano invece solo a bruciatore acceso.

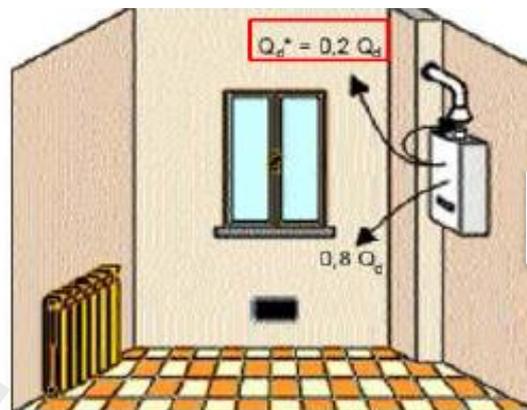
Le perdite dal mantello si possono ridurre con il concorso di più espedienti, costruttivi e progettuali:

1. con un efficace isolamento termico del mantello;
2. **mantenendo bassa la temperatura media dell'acqua nel generatore (ciò comporta l'adozione di impianti a bassa temperatura anche se non tutti i generatori si prestano però alle condizioni di funzionamento che ne derivano);**
3. dimensionando il generatore per l'effettivo fabbisogno (un sovradimensionamento non giustificato genera un inutile aumento di costi ed un deprecabile aumento delle dispersioni passive);
4. installando i generatori in ambiente protetto (all'interno dell'involucro riscaldato o in apposita centrale termica).

Rendimento di Generazione: Perdite al mantello



Generatore di tipo C installato all'interno

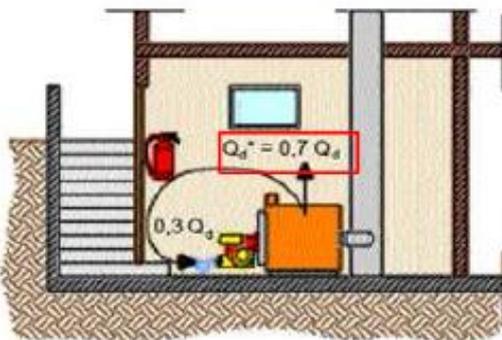


Generatore di tipo B installato all'interno (non consigliabile)

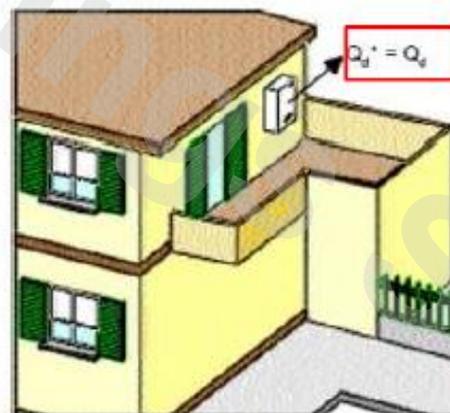
NO

In bagno

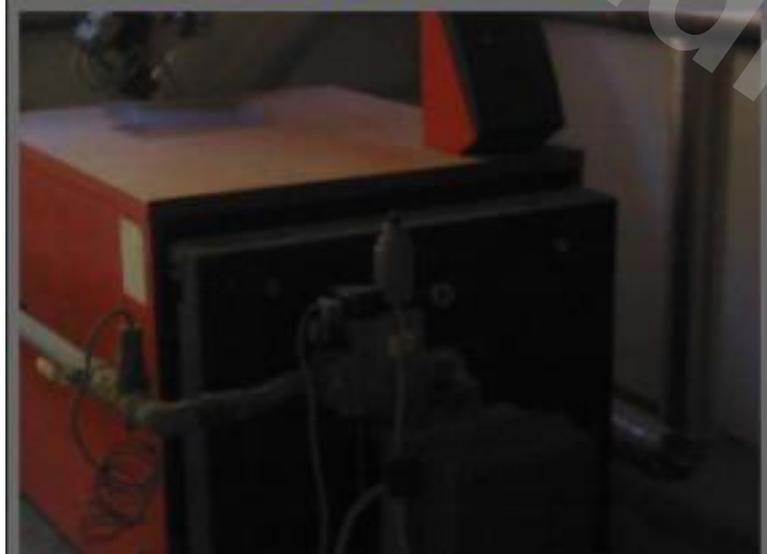
In letto



Installazione in CT



Installazione all'esterno





Rendimento di Generazione: Perdite di Combustione

Le perdite di combustione sono presenti durante i periodi in cui il bruciatore è acceso e sono costituite dal calore latente contenuto nei prodotti della combustione, che vengono scaricati all'esterno.

$$P_r = \left(\frac{A_1}{21 - O_2} + B \right) \cdot (T_r - T_a) = \left(\frac{A_2}{CO_2} + B \right) \cdot (T_r - T_a)$$

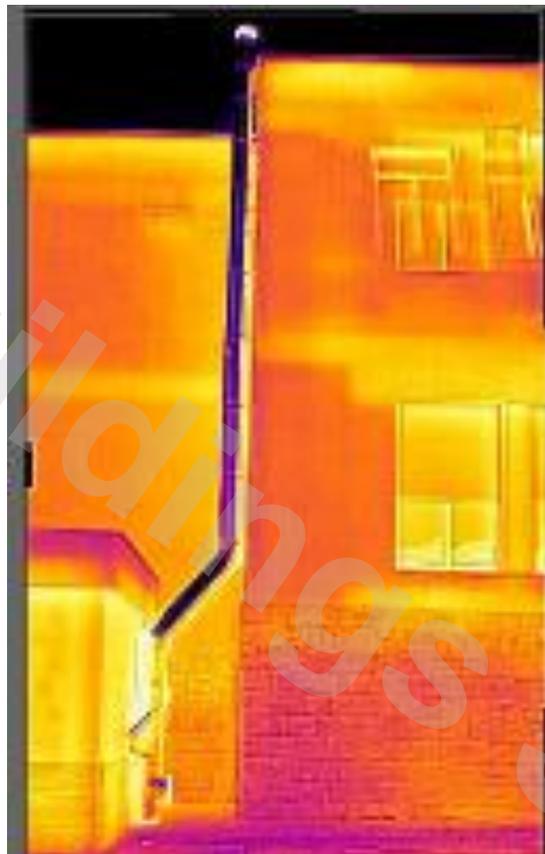
A ₁	A ₂	B	Combustibile
0,66	0,38	0,010	gas naturale
0,63	0,42	0,008	GPL
0,68	0,50	0,007	gasolio
0,68	0,52	0,007	oli combustibili

dove:

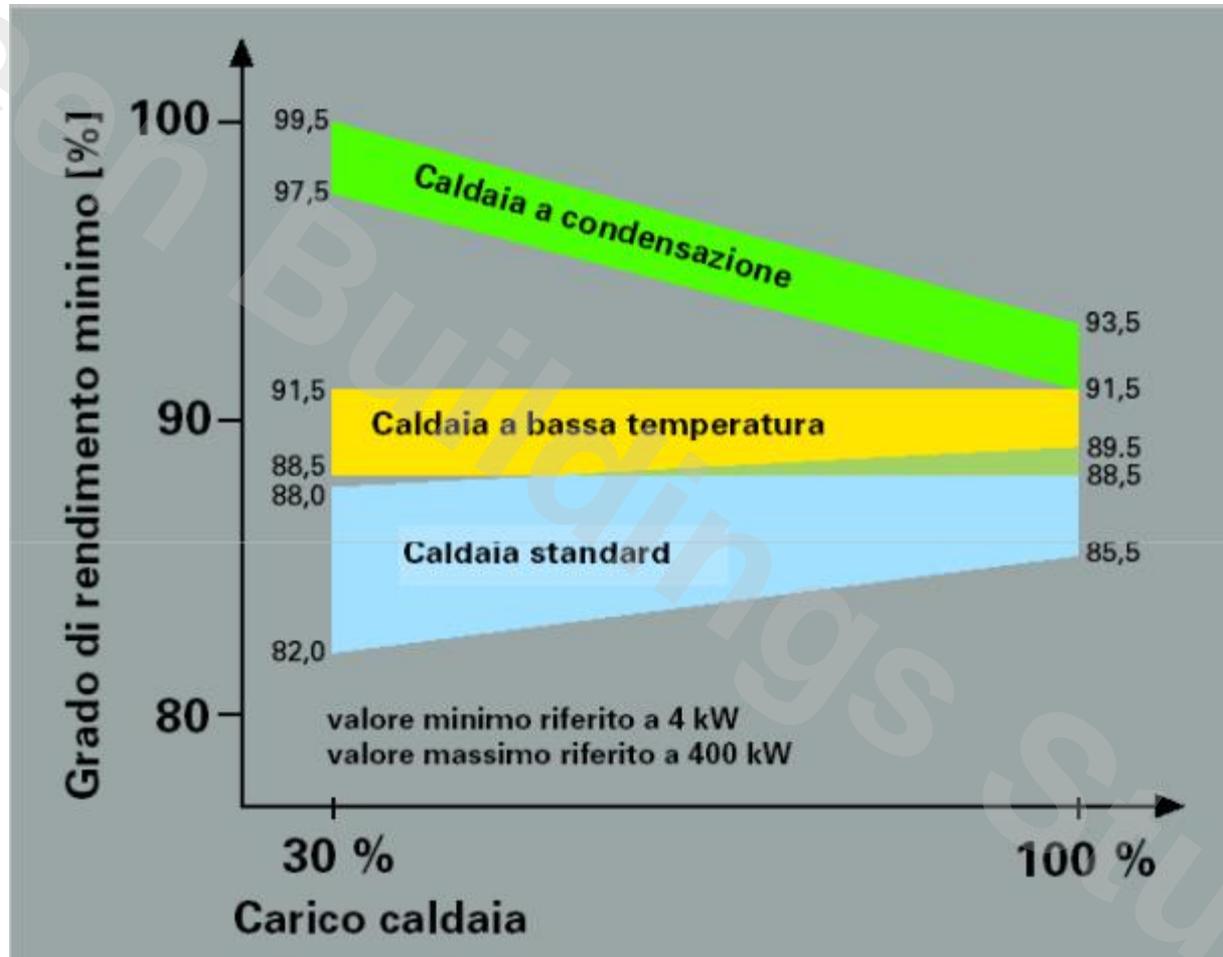
- P_r perdite di combustione (%);
- T_r temperatura dei prodotti della combustione (°C);
- T_a temperatura dell'aria comburente (°C);
- O₂ concentrazione di ossigeno nei prodotti della combustione (% volume);
- CO₂ concentrazione di anidride carbonica nei prodotti della combustione (% volume).

Anche le perdite di combustione si possono ridurre con il concorso di più espedienti, costruttivi e progettuali:

1. migliorando la combustione, ossia riducendo l'eccesso d'aria, con assenza di incombusti (il limite è costituito dalla capacità del bruciatore di funzionare stabilmente con eccessi d'aria molto bassi);
2. abbassando la temperatura dei fumi mediante l'adozione di un sistema di scambio più efficiente (più abbondante); **anche una temperatura più bassa dell'acqua nel generatore contribuisce ad abbassare la temperatura dei fumi**, migliorando il rendimento di combustione;



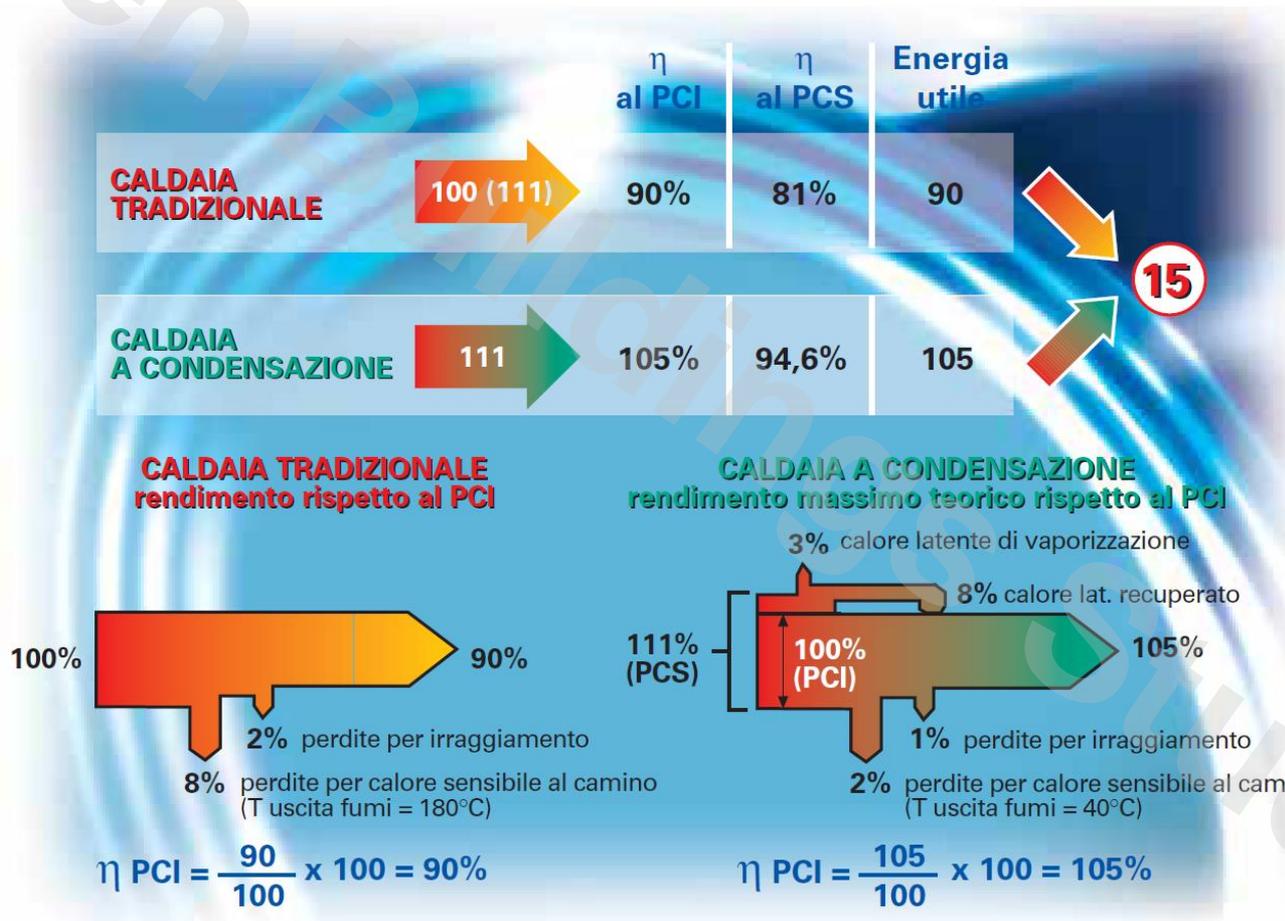
Rendimento di Generazione



Rendimento di Generazione: Caldaia a condensazione

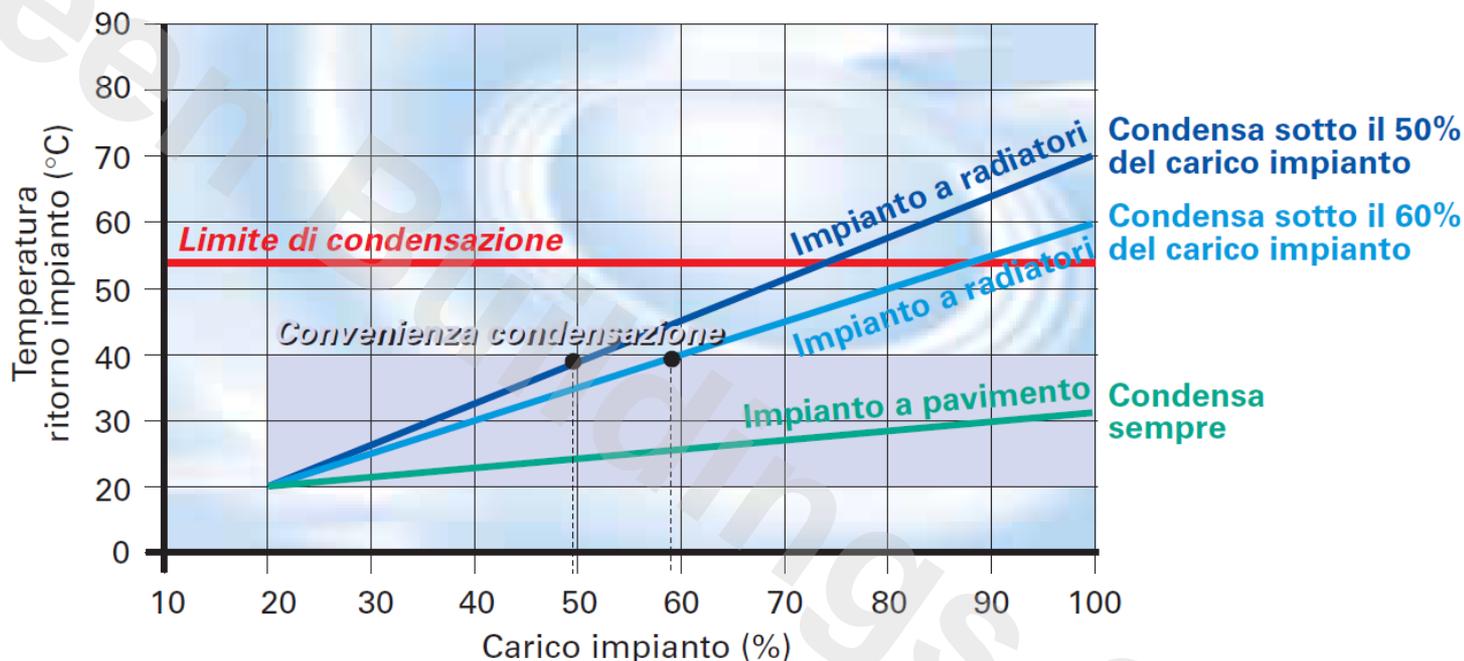
Il rendimento termico di una caldaia è dato dal rapporto tra il calore utile ed il calore che viene fornito. Il secondo può essere calcolato considerando la quantità di combustibile bruciato; il primo viene determinato una volta scontate le perdite (irraggiamento, per calore sensibile al camino).

$$\eta = \frac{\text{Potenza utile}}{\text{Potenza focolare}}$$



Rendimento di Generazione: Caldaia a condensazione

CALDAIE A CONDENSAZIONE SU IMPIANTI



Confrontando le curve dei precedenti diagrammi circa il funzionamento dei vari tipi di terminali, si vede che, a parità di temperatura esterna, la temperatura di caldaia, per avere la stessa quantità di calore rilasciata in ambiente, è molto elevata nel caso di impianti a radiatori rispetto all'impianto a pavimento (vedi figura).

Pertanto si può dire che anche un impianto di tipo tradizionale, per una buona parte dell'anno, quando la temperatura esterna raggiunge i valori di 0°C, può lavorare in condensazione. Questo effetto risulta ancora più amplificata qualora si abbiano delle curve climatiche (regolazione con sonda esterna) con una pendenza minore rispetto a quelle del grafico.

Rendimento di Generazione: Caldaia a condensazione

CALCOLO DELLA CONDENSA

Benchè la quantità di acqua condensata da evacuare sia abbastanza modesta, la realizzazione del sistema di scarico va eseguita con cura, dal momento che le condense sono leggermente acide e possono trascinare impurità. L'acidità della condensa deriva non tanto dai composti dello zolfo, pressochè assenti, quanto dalla reazione dell'acqua con l'anidride carbonica che forma acido carbonico (H_2CO_3): benchè si tratti, di un acido debole, è consigliabile che tutte le superfici dell'apparecchio di combustione suscettibili di contatto con la condensa siano in acciaio inox. Nell'impiego pratico il valore di pH si aggira tra 3,5 e 4,5.

Nell'ipotesi di uno sfruttamento completo della condensazione, la massima quantità di acqua che una caldaia funzionante a gas metano è in grado di produrre si può calcolare con la seguente relazione:

$$V_k = V_B \times P_{CI} \times 0,12$$

dove:

V_k = produzione di acqua di condensa [l/anno]

V_B = consumo annuo di gas metano [Nm^3 /anno]

PCS = Potere Calorifico superiore gas metano - 11,46 kWh/ Nm^3

0,12 = produzione specifica teorica di condensa [l/kWh]

Applicando - a titolo di esempio - tale formula a una abitazione monofamiliare di medie dimensioni (circa 150 m²) per la funzione di solo riscaldamento ambientale è verosimile considerare un consumo annuo di circa 2.000 Nm^3 di gas metano, cui corrisponde una quantità teorica di acqua di condensazione:

$$V_k = 2.000 \times 11,46 \times 0,12 = 2.750 \text{ l/anno.}$$

In realtà, a causa delle differenti condizioni di funzionamento, risultano quantità di acqua di condensa comprese mediamente tra il 50 ed il 60% della produzione teorica.

Nell'esempio in esame risulterebbe, quindi, un volume di circa 1.500 l/anno di condensato da smaltire.

Rendimento di generazione : η_g

UNI-TS 11300 parte 2

La norma UNI-TS 11300 – Parte 2 prevede la determinazione del rendimento di generazione:

- a. mediante **prospetti contenenti valori precalcolati (Prospetto 23)** per le tipologie più comuni di generatori di calore in base al dimensionamento e alle condizioni d'installazione;
- b. mediante **metodi di calcolo semplificati o analitici**

Nell'Appendice B della norma UNI-TS 11300 P2 sono riportati i due metodi utilizzabili per il calcolo delle perdite di generazione:

- 1) metodo di calcolo basato sui rendimenti dichiarati ai sensi della Direttiva 92/42/CEE, con opportune correzioni in relazione alle condizioni di funzionamento;
- 2) metodo di calcolo analitico

In caso di valutazioni di **progetto (A1)** e **standard (A2)**, si possono utilizzare i valori del **Prospetto 23** solo quando la tipologia del generatore e le condizioni al contorno corrispondano a quelle dei prospetti. In caso diverso si deve ricorrere al calcolo mediante i metodi specificati.



Rendimento di Generazione: Rendimenti precalcolati

Generatori di calore atmosferici tipo B classificati ** (2 stelle)

Valore di base	F1			F2	F3	F4
	1	2	4			
90	0	-2	-6	-9	-2	-2

Nota Per generatori antecedenti al 1996 valore di base 84.

Per generatori classificati * (1 stella) valore di base 88.

Nota Valore di base riferito a: caldaia a due stelle, sovradimensionamento 1 riferito al minimo di modulazione, installazione all'interno, camino alto meno di 10 m, temperatura di mandata in condizioni di progetto <65 °C.

- F1 rapporto fra la potenza del generatore installato e la potenza di progetto richiesta. Per generatori modulanti, F1 si determina con riferimento alla potenza minima regolata;
- F2 installazione all'esterno;
- F3 camino di altezza maggiore di 10 m;
- F4 temperatura media di caldaia maggiore di 65 °C in condizioni di progetto;
- F5 generatore monostadio;
- F6 camino di altezza maggiore di 10 m in assenza di chiusura dell'aria comburente all'arresto (non applicabile ai premiscelati);
- F7 temperatura di ritorno in caldaia nel mese più freddo.

Rendimento di Generazione: Rendimenti precalcolati

Generatori di calore a camera stagna tipo C per impianti autonomi classificati *** (3 stelle)

Valore di base	F1			F2	F4
	1	2	4		
93	0	-2	-5	-4	-1

Nota Valore di base riferito a: caldaia a tre stelle, sovradimensionamento 1 riferito al minimo di modulazione, installazione all'interno, camino alto meno di 10 m, temperatura di mandata in condizioni di progetto <65 °C.

Generatori di calore a gas a condensazione **** (4 stelle)

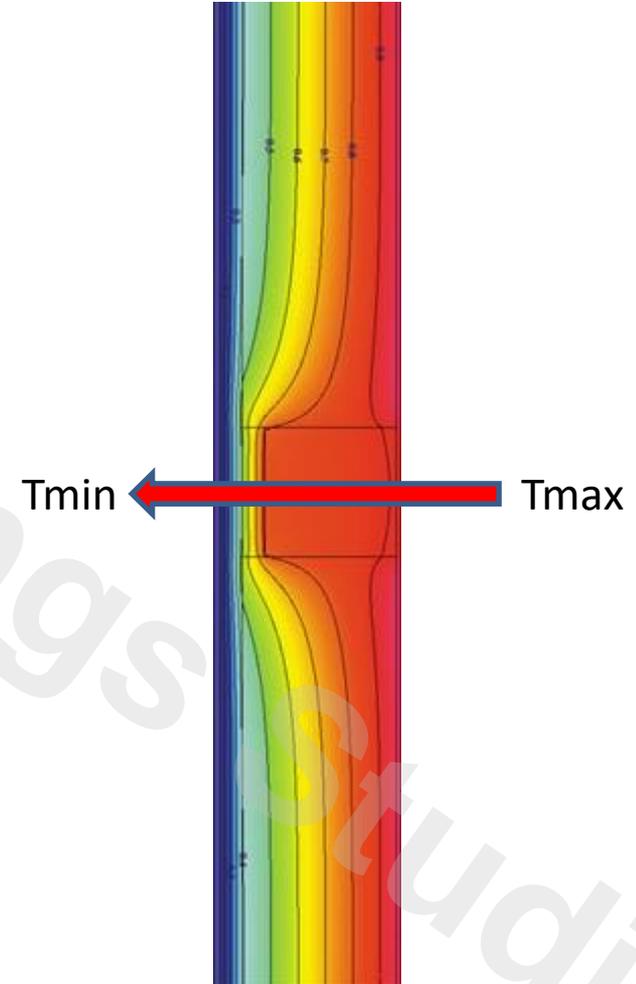
ΔT fumi - acqua ritorno a Pn	Valore di base	F1			F2	F5	F7			
		1	1,25	1,5			40	50	60	>60
<12 °C	104	0	0	0	-1	-3	0	-4	-6	-7
da 12 °C fino a 24 °C	101	0	0	0	-1	-3	0	-2	-3	-4
>24 °C	99	0	0	0	-1	-2	0	-1	-2	-3

Nota Valori di base riferito a: caldaia a quattro stelle, regolazione modulante su aria e gas, sovradimensionamento 1 riferito alla potenza nominale, installazione in centrale termica, chiusura aria comburente all'arresto (o bruciatore a premiscelazione totale), ΔT finale acqua ritorno/fumi per classi <12, da 12 fino a 24, oltre 24 °C a potenza nominale.

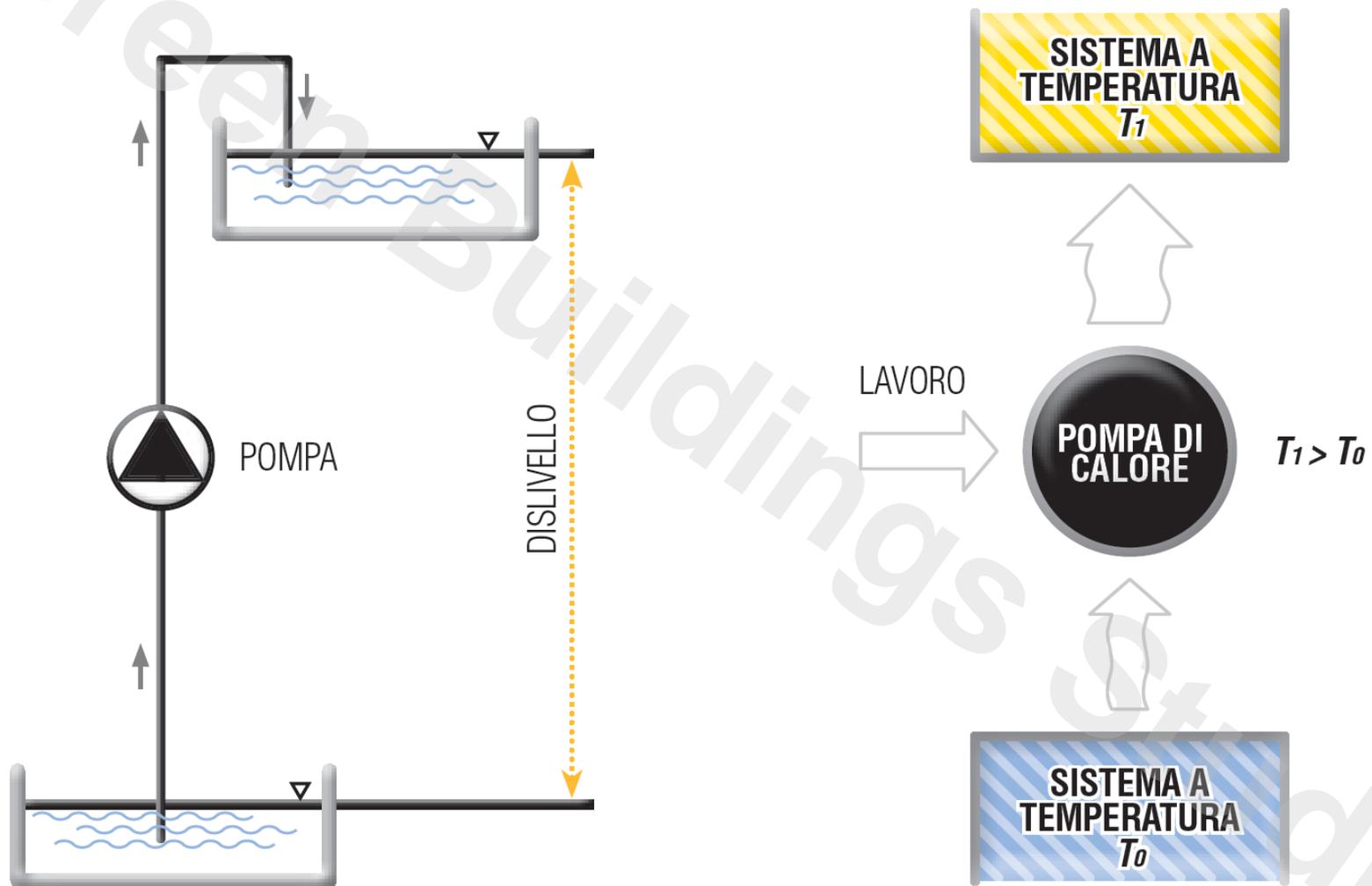
Rendimento di Generazione: Nel caso di pompe di calore...



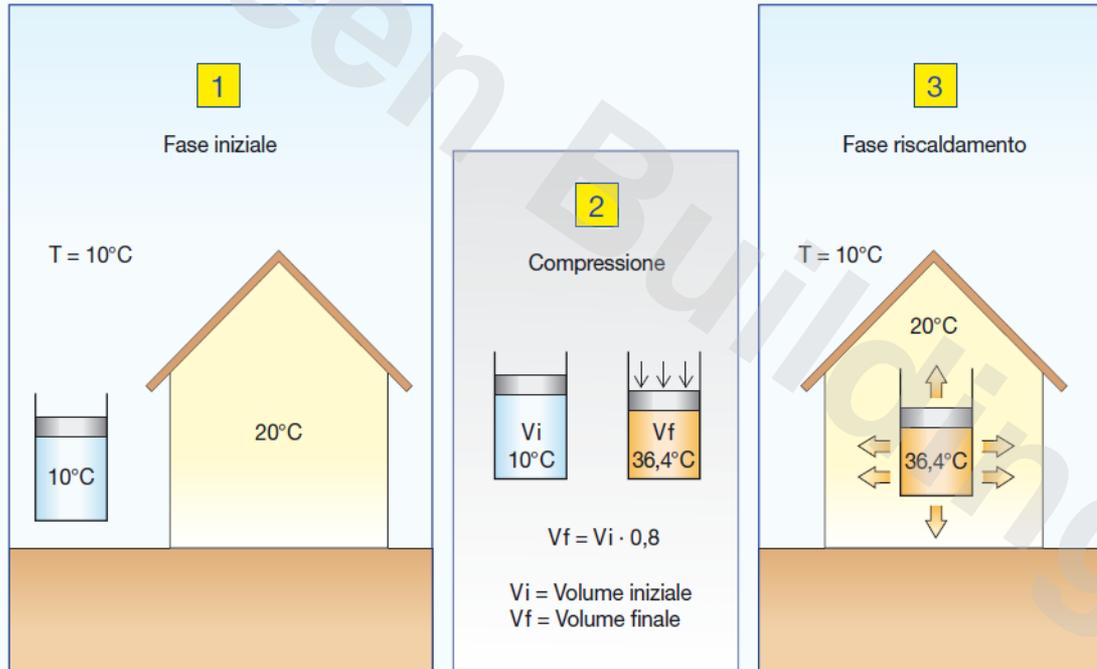
Rendimento di Generazione: Nel caso di pompe di calore...



Rendimento di Generazione: Nel caso di pompe di calore...



Rendimento di Generazione: Nel caso di pompe di calore...



Riscaldamento con aria fredda

Rappresentazione grafica dell'esempio sopra riportato

Formule e calcoli relativi agli esempi considerati

Per determinare come varia la temperatura dell'aria negli esempi considerati si può utilizzare la seguente formula valida per i gas perfetti:

$$T_f = (T_i + 273) \cdot (V_i / V_f)^{\gamma} - 273$$

dove: T_f = temperatura aria volume finale, °C

T_i = temperatura aria volume iniziale, °C

V_f = volume finale dell'aria, m³

V_i = volume iniziale dell'aria, m³

In base a tale formula e ai valori considerati risulta:

Primo esempio:

$$T_i = 35^\circ\text{C}$$

$$V_i = V_i$$

$$V_f = V_i \cdot 1,2$$

$$T_f = (35 + 273) \cdot [V_i / (V_i \cdot 1,2)]^{\gamma} - 273 = 13,3^\circ\text{C}$$

Secondo esempio:

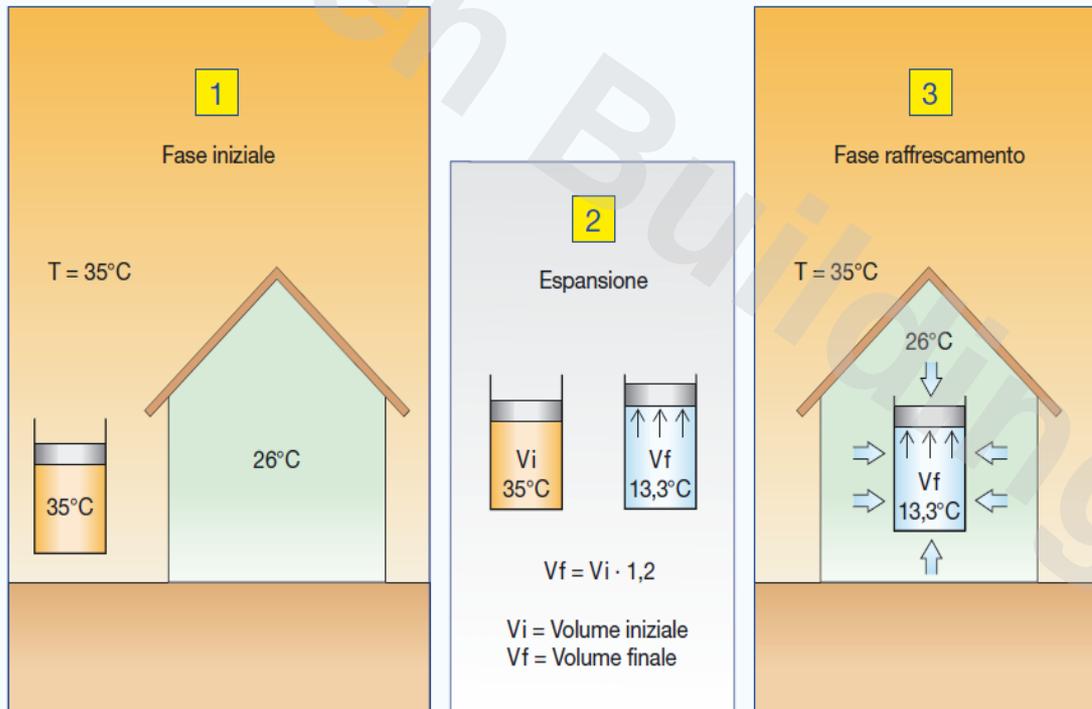
$$T_i = 10^\circ\text{C}$$

$$V_i = V_i$$

$$V_f = V_i \cdot 0,8$$

$$T_f = (10 + 273) \cdot [V_i / (V_i \cdot 0,8)]^{\gamma} - 273 = 36,4^\circ\text{C}$$

Rendimento di Generazione: Nel caso di pompe di calore...



Raffrescamento con aria calda

Rappresentazione grafica dell'esempio sopra riportato

Formule e calcoli relativi agli esempi considerati

Per determinare come varia la temperatura dell'aria negli esempi considerati si può utilizzare la seguente formula valida per i gas perfetti:

$$T_f = (T_i + 273) \cdot (V_i / V_f)^{0,4} - 273$$

dove: T_f = temperatura aria volume finale, °C

T_i = temperatura aria volume iniziale, °C

V_f = volume finale dell'aria, m³

V_i = volume iniziale dell'aria, m³

In base a tale formula e ai valori considerati risulta:

Primo esempio:

$$T_i = 35^\circ\text{C}$$

$$V_i = V_i$$

$$V_f = V_i \cdot 1,2$$

$$T_f = (35 + 273) \cdot [V_i / (V_i \cdot 1,2)]^{0,4} - 273 = 13,3^\circ\text{C}$$

Secondo esempio:

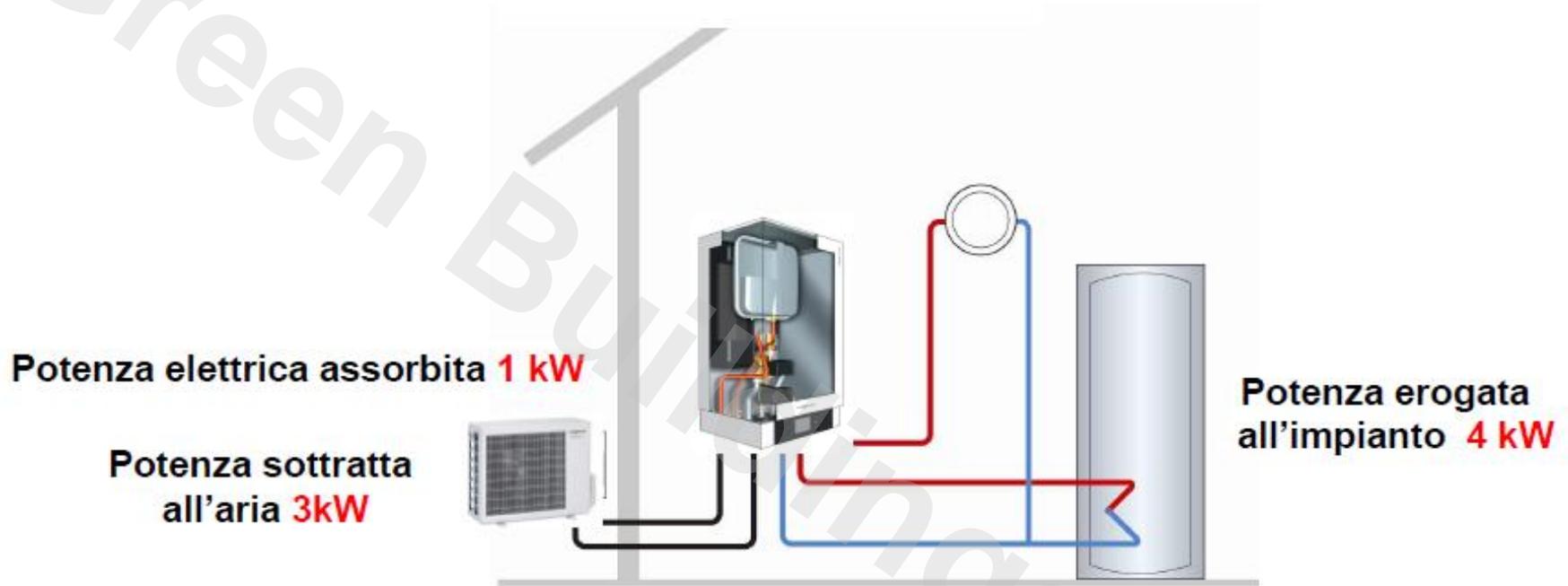
$$T_i = 10^\circ\text{C}$$

$$V_i = V_i$$

$$V_f = V_i \cdot 0,8$$

$$T_f = (10 + 273) \cdot [V_i / (V_i \cdot 0,8)]^{0,4} - 273 = 36,4^\circ\text{C}$$

Rendimento di Generazione: Nel caso di pompe di calore...



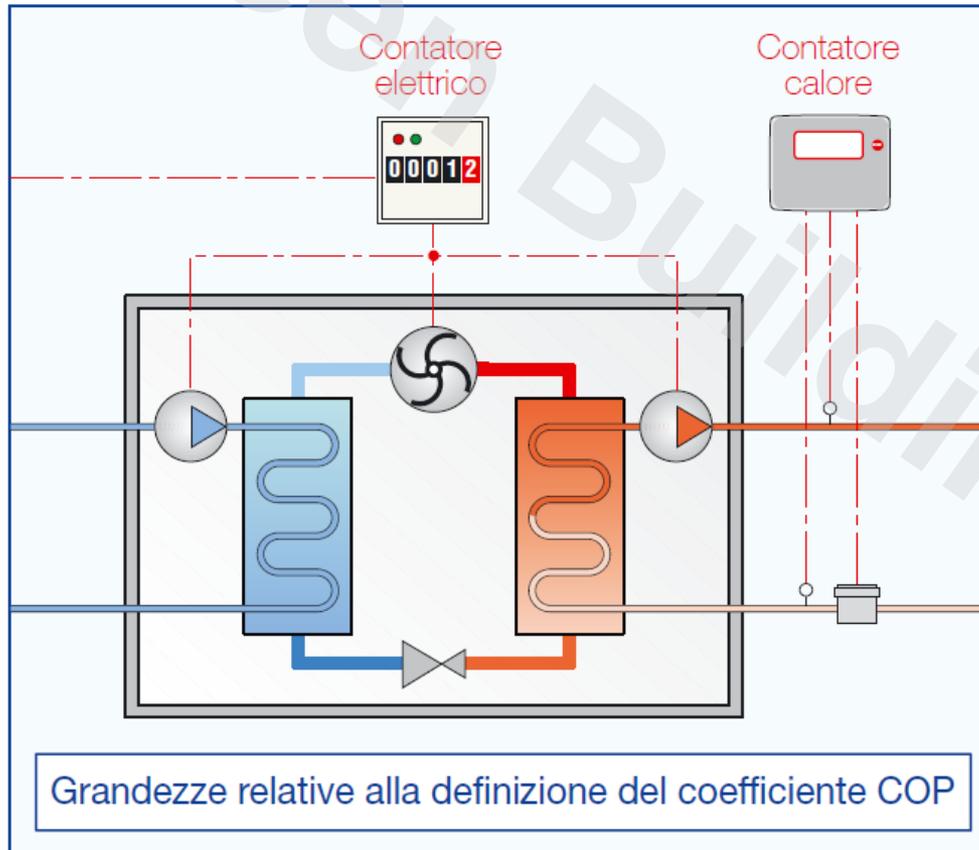
$$\text{COP} = \frac{\text{Potenza Termica erogata}}{\text{Potenza assorbita}}$$

$$\text{EER} = \frac{\text{Potenza frigorifera erogata}}{\text{Potenza assorbita}}$$

Pompa di calore

$$\text{COP} = Q_c / Q_{el} = 4$$

Rendimento di Generazione: Nel caso di pompe di calore...

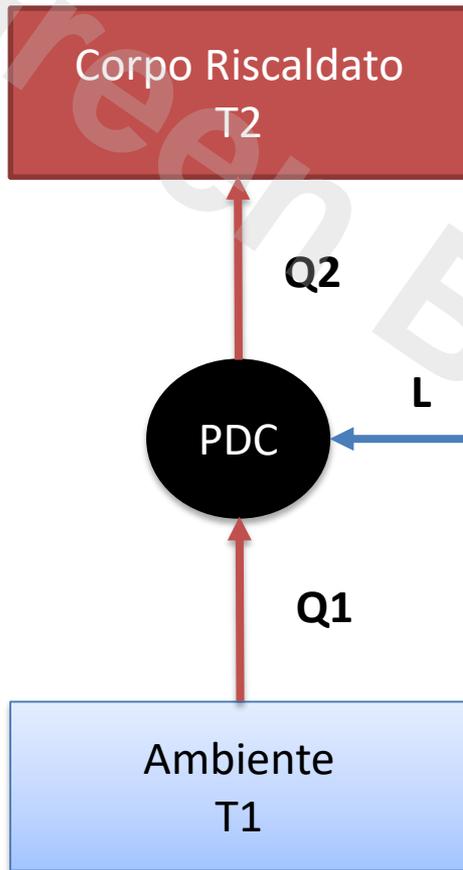


Coefficiente [COP: Coefficient of performance]
relativo al compressore e ai mezzi ausiliari

Il suo valore (definito dalla norma EN 255) è dato dal rapporto fra calore ceduto al fluido caldo e l'energia richiesta sia dal compressore sia dai mezzi ausiliari integrati nella pompa di calore: dispositivi antigelo, apparecchiature di regolazione e controllo, circolatori, ventilatori.

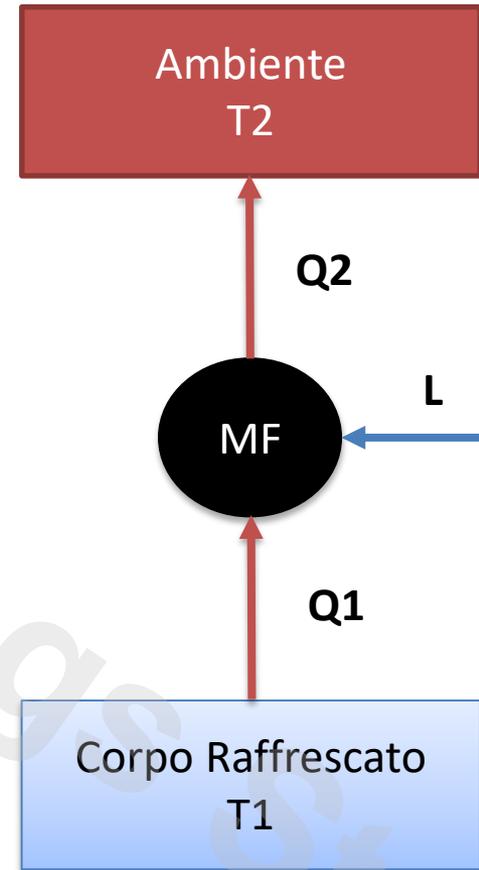
$$COP = \frac{Q_c}{W_{compressore} + W_{mezzi\ ausiliari}}$$

Rendimento di Generazione: Nel caso di pompe di calore...



$$\text{COP} = \frac{Q_2}{L} = \frac{Q_2}{Q_2 - Q_1}$$

$$\text{COP}_{\text{MAX}} = \frac{T_2}{T_2 - T_1}$$



$$\text{EER} = \frac{Q_1}{L} = \frac{Q_1}{Q_2 - Q_1}$$

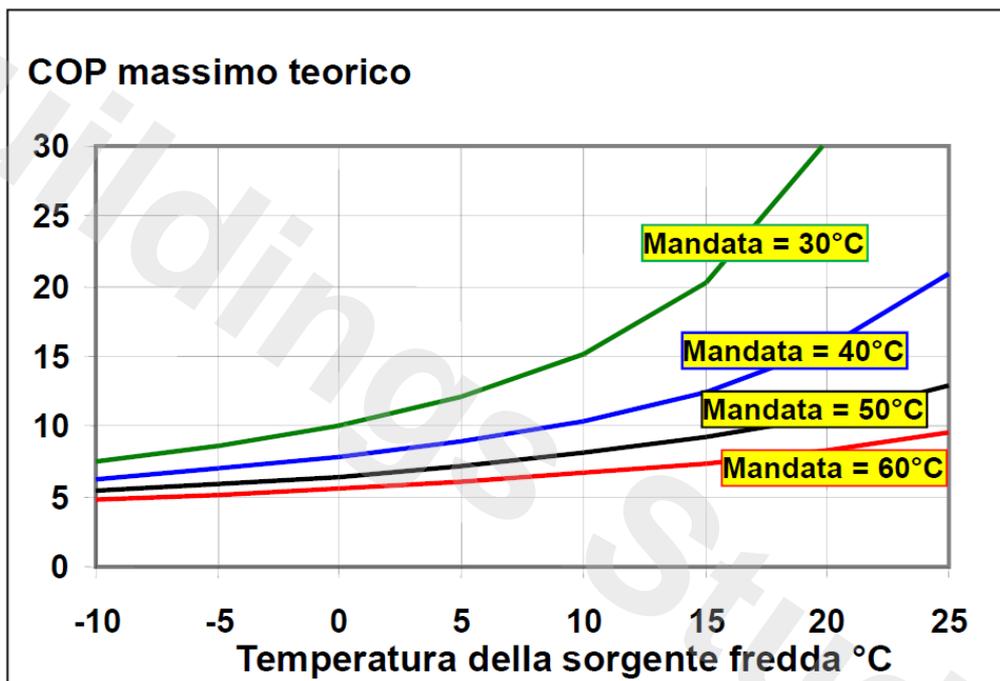
$$\text{EER}_{\text{MAX}} = \frac{T_1}{T_2 - T_1}$$

COP massimo teorico

- Temperatura sorgente fredda -5 °C = 268 K
- Temperatura pozzo caldo 55 °C = 328 K

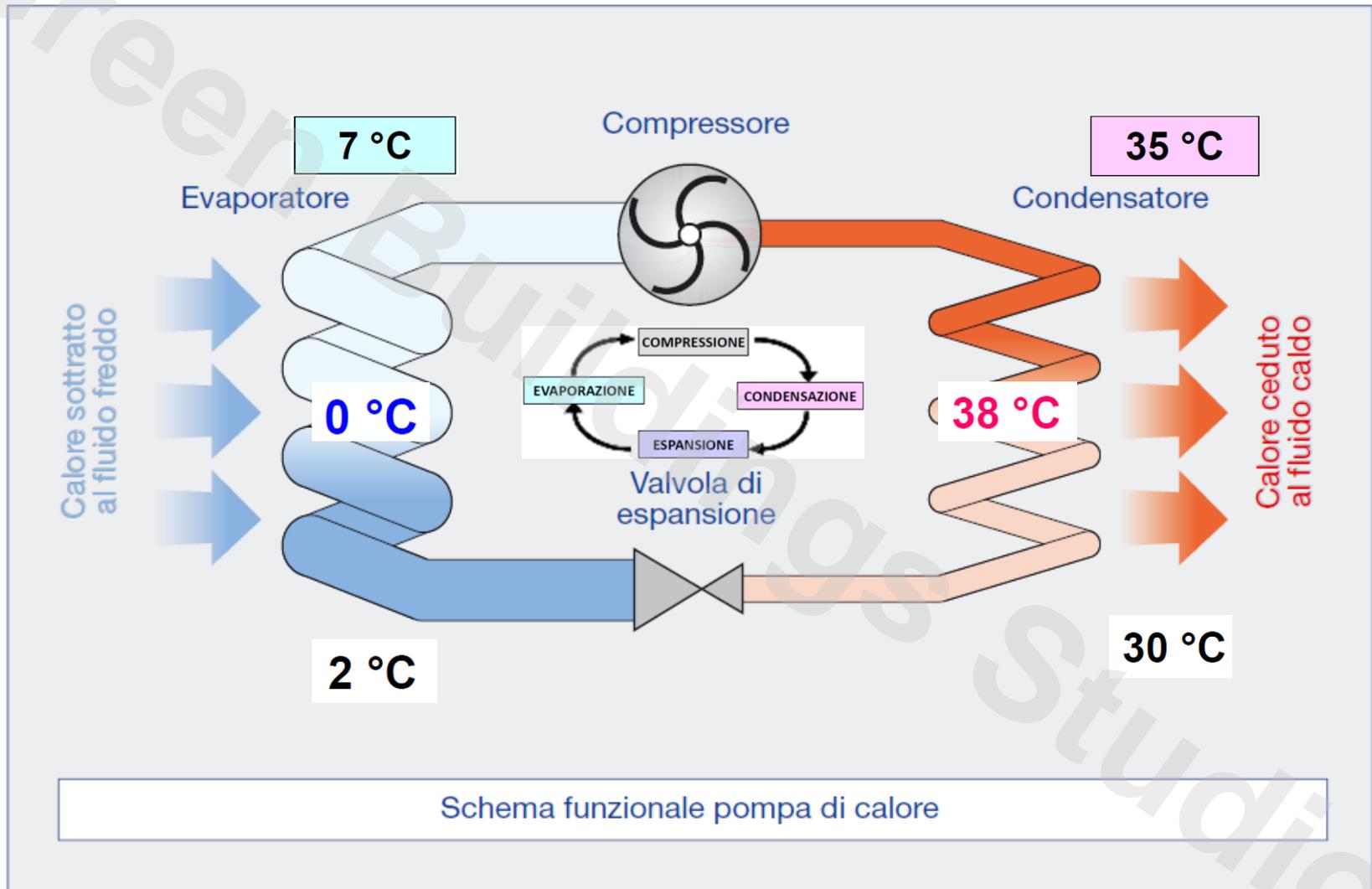
$$COP_{MAX} = \frac{T_2}{T_2 - T_1} = \frac{328}{328 - 268} = 5,46$$

Rendimento equivalente teorico $5,46 \times 0,46 = 2,52$



$$COP_{MAX} = \frac{T_{abs,HOT}}{T_{abs,HOT} - T_{abs,COLD}} = \frac{T_{°C,HOT} + 273,15}{\Delta T} \quad \text{x } 0,3 \dots 0,5 \text{ in pratica}$$

Rendimento di Generazione: Nel caso di pompe di calore...



Rendimento di Generazione: le leggi delle pompe di calore...

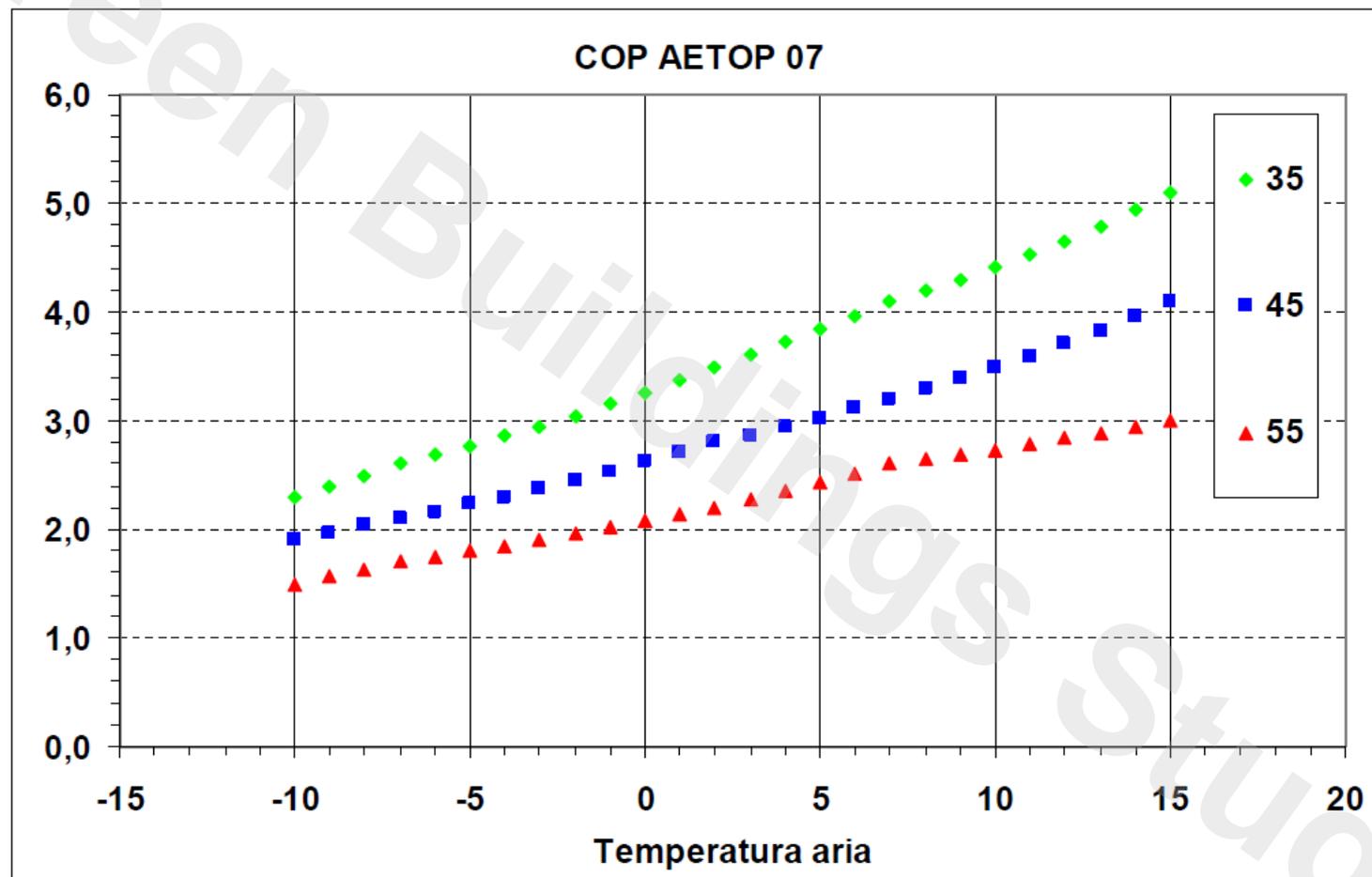
- Il calore viene trasferito sotto forma di calore latente, caricandolo sul gas per evaporazione e scaricandolo per condensazione
- **La quantità di calore trasferita è proporzionale alla massa di gas che viene fatta evaporare, compressa e fatta condensare**

1° legge . All'aumentare del salto di temperatura, aumenta il salto di pressione → il lavoro di compressione aumenta → **il COP diminuisce**

2° legge Il compressore è una macchina volumetrica:
al diminuire della temperatura di evaporazione diminuisce la densità del gas → diminuisce la massa di gas trasferito → **diminuisce la potenza utile**

3° legge Il compressore è una macchina volumetrica:
all'aumentare della temperatura di condensazione aumenta la pressione finale → aumenta il lavoro di compressione sull'unità di massa di gas trasferito, **aumenta la potenza assorbita dal compressore**

Variabilità del COP di una tipica pompa di calore aria/acqua



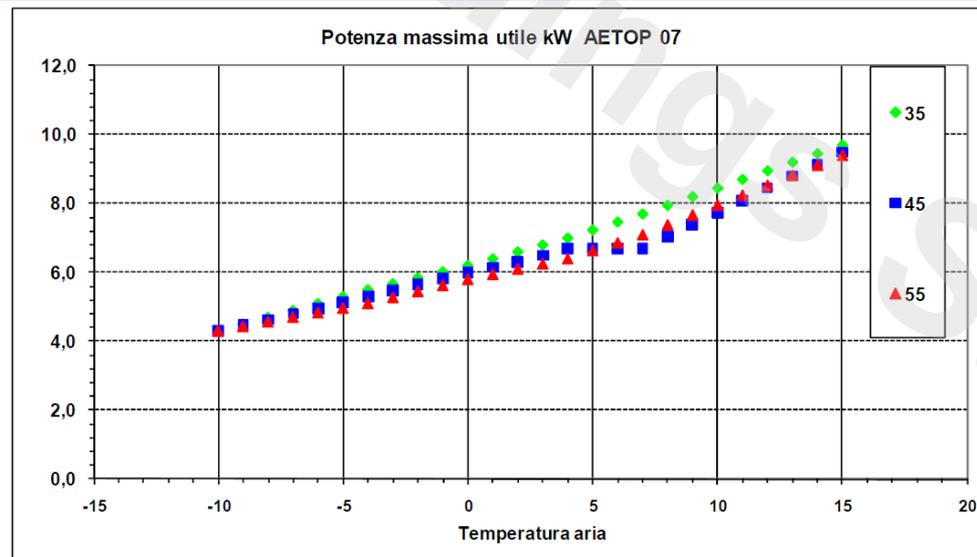
Rendimento di Generazione: Nel caso di pompe di calore...

La potenza massima utile erogabile da una pompa di calore dipende fortemente dalle temperature delle sorgenti. In particolare, diminuisce al ridursi della temperatura della sorgente fredda.

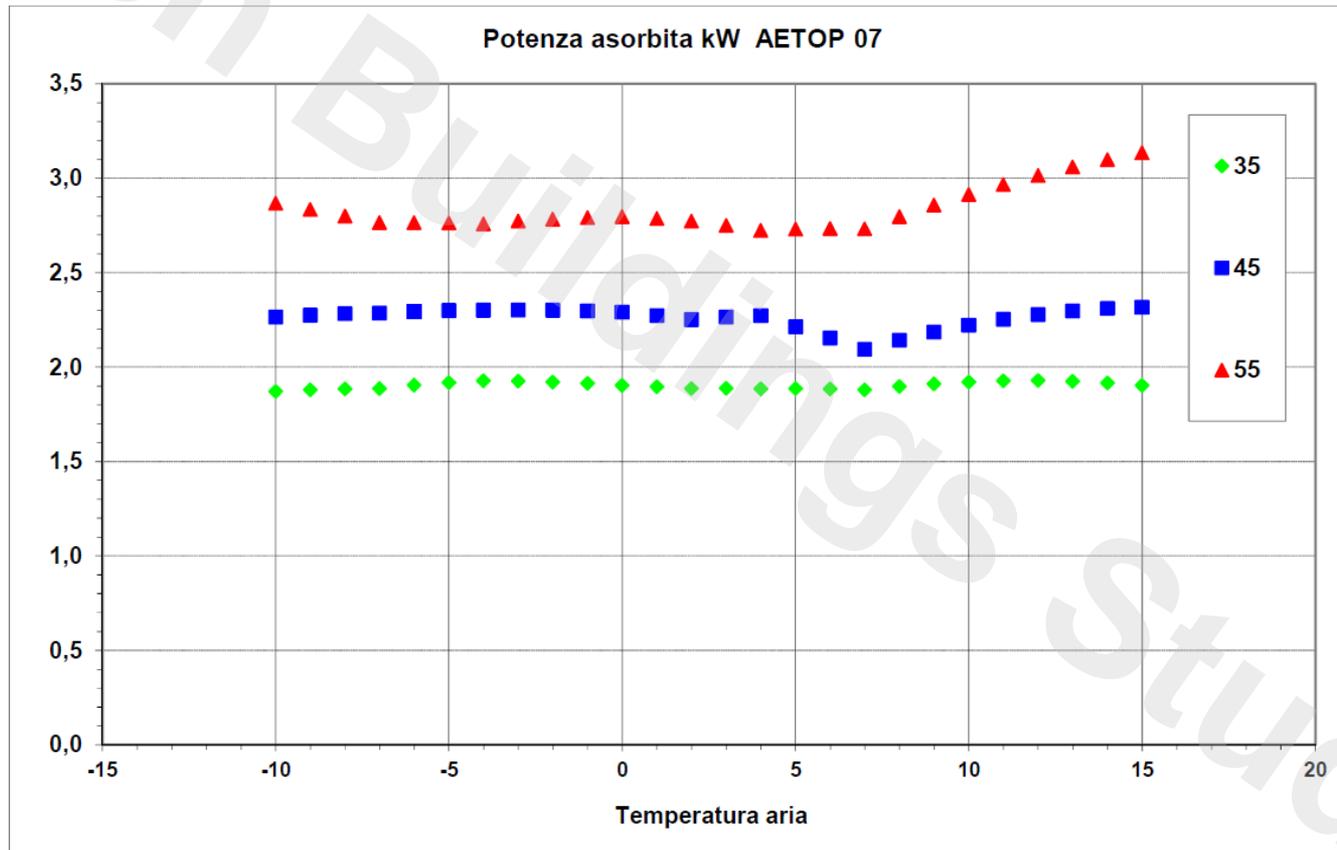
NON ESISTE UNA «POTENZA UTILE»

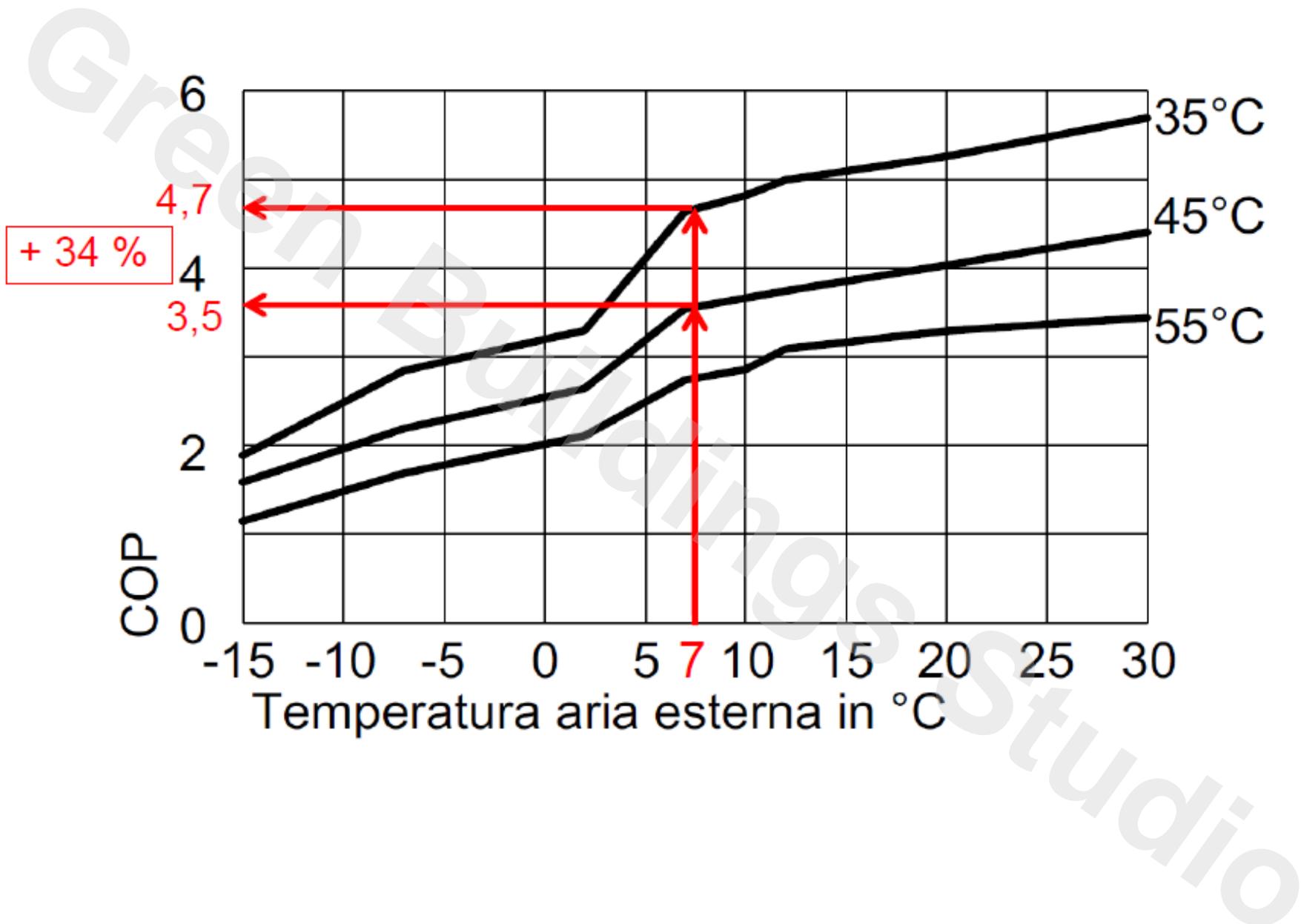
- Esiste solo una potenza massima assorbita
- Le macchine sono spesso identificate con sigle che si riferiscono alla potenza utile con aria esterna a 7°C che **NON E'** la condizione di progetto

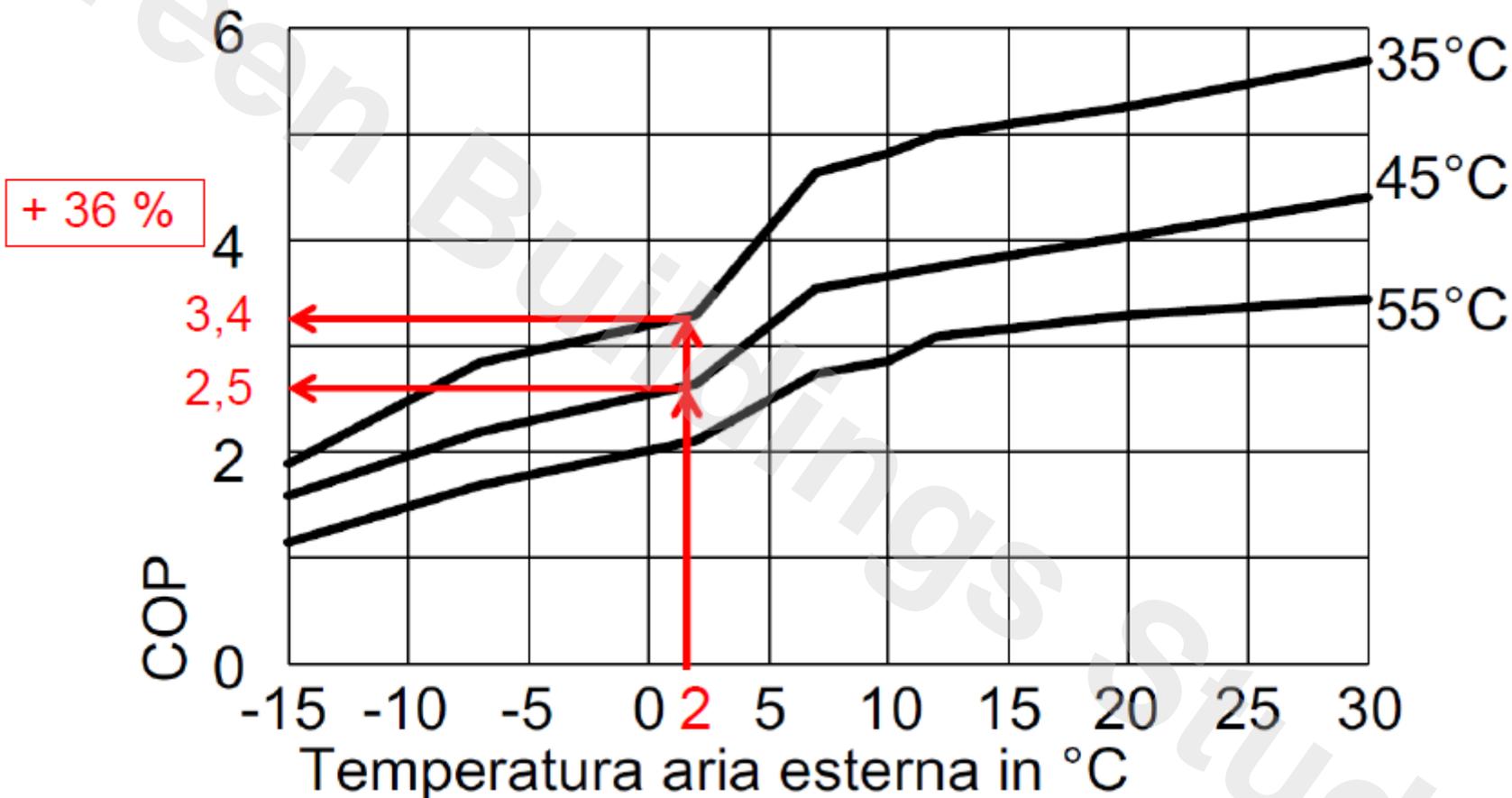
Variabilità della potenza utile di un pompa di calore aria/acqua
Potenza elettrica massima assorbita 3 kW
La potenza utile dipende dalla temperatura della sorgente fredda



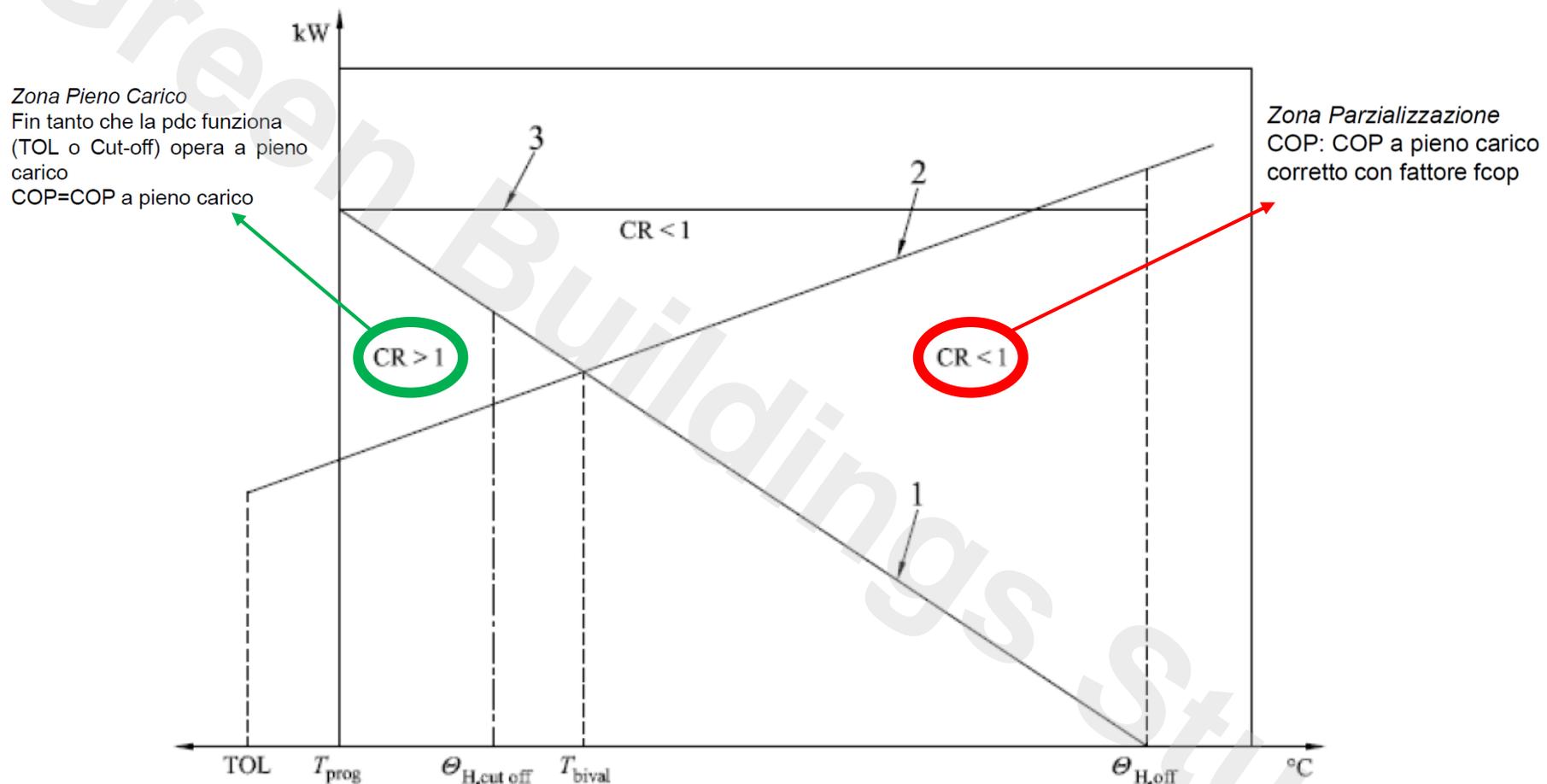
Variabilità della potenza assorbita di un pompa di calore aria/acqua
Potenza elettrica massima assorbita 3 kW
La potenza assorbita dipende dalla temperatura della sorgente calda







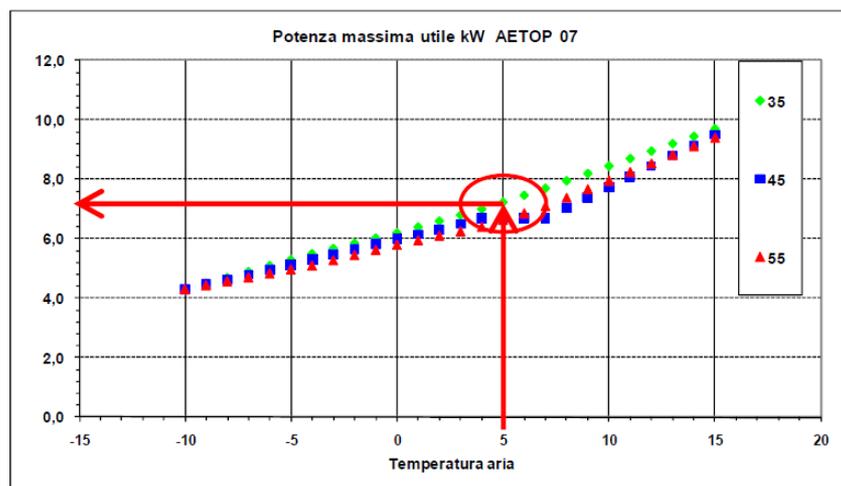
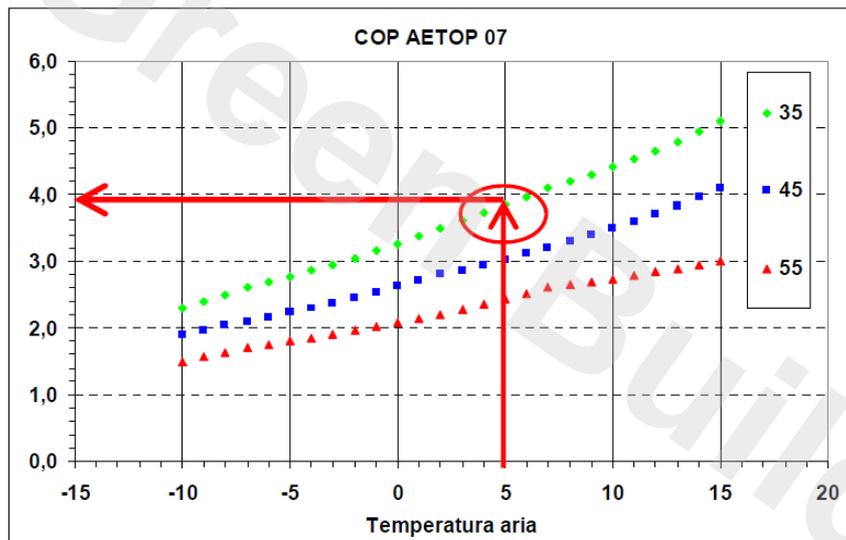
Rendimento di Generazione: dati caratteristici delle PDC



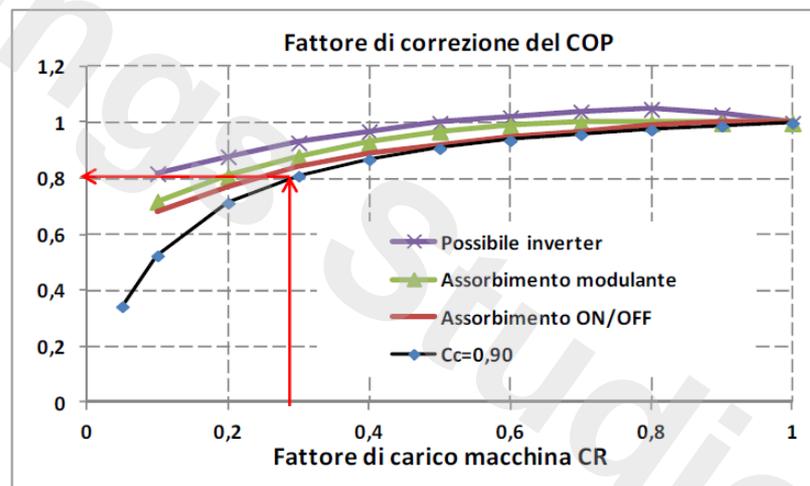
Legenda

- 1 Carico termico impianto
- 2 Potenza termica della p.d.c a
- 3 Potenza termica della p.d.c costante b

Rendimento di Generazione: dati caratteristici delle PDC



- Potenza richiesta 2 kW → A5 W 35
- Grafico COP: A5 W35 → 3,8
- Grafico delle potenze A5 W35 → 7,1 kW
- $CR = 2 \text{ kW} / 7,1 \text{ kW} = 0,28$
- Grafico del fattore di correzione per macchina ON/OFF : 0,28 → 0,80
- COP a carico parziale → $3,8 \times 0,80 = 3,61$



Rendimento di Generazione: dati caratteristici delle PDC

Pompa di calore

Dati generali | **Dati tecnici** | Prestazioni | Correzione carico | Distribuzione

Tipo di pompa esterno/interno: aria/acqua

Tipo di macchina: a compressione di gas con motore elettrico

Combustibile utilizzato: Energia elettrica

Funzionamento: Modulante

Carico minimo di modulazione: 0,50

Modalità: Alternato

TOL: -20,0 °C

Temperatura bivalente: -5,0 °C

Parametri riscaldamento		Parametri acqua calda	
Toff	20,0 °C	Tcut-off,min	-5,0 °C
Tcut-off,min	-5,0 °C	Tcut-off,max	indefinita °C
Tcut-off,max	indefinita °C		

Tipo di sorgente fredda: Aria esterna

Potenza elettrica ausiliari: W

Rendimento di Generazione: dati caratteristici delle PDC

Pompa di calore

Dati generali Dati tecnici Prestazioni Correzione carico Distribuzione

Riscaldamento e acqua calda sanitaria

Potenza termica erogata [kW] Dati COP

Temperature di pozzo caldo [°C]			
	35,0	45,0	55,0
-7,0			
2,0			
7,0			
12,0			

Temperature sorgente fredda [°C]

Rendimento di Generazione: dati caratteristici delle PDC

Modulo esterno	6 kW	7 kW	8 kW	11 kW	14 kW	16 kW	11 kW	14 kW	16 kW
 <p>ECO Label per HPSU in abbinamento con impianto a pavimento</p>									

Dati base										
Potenza risc. nom. A-7/W35 *	kW	4,2	5,2	5,8	6,4	8,3	9,3	6,4	8,3	9,3
Potenza risc. nom. A2/W35 *	kW	4,4	5,3	6,2	8,6	10,3	11,1	8,6	10,3	11,1
Potenza risc. nom. A7/W35 *	kW	5,9	7,0	8,0	11,2	14,5	16,0	11,2	14,5	16,0
Potenza risc. nom. A10/W35 *	kW	6,1	7,4	8,2	11,2	14,4	15,7	11,2	14,4	15,7
COP nominale A-7/W35 *		2,7	2,7	2,6	2,5	2,6	2,7	2,5	2,6	2,7
COP nominale A2/W35 *		3,4	3,4	3,4	3,3	3,2	3,2	3,3	3,2	3,2
COP nominale A7/W35 *		4,1	4,1	4,0	4,4	4,2	4,2	4,4	4,2	4,2
COP nominale A10/W35 *		4,4	4,4	4,4	4,6	4,5	4,3	4,6	4,5	4,3
Potenza risc. int. A-7/W35 **	kW	4,2	5,1	5,7	8,8	11,7	12,3	8,8	11,7	12,3
Potenza risc. int. A2/W35 **	kW	5,5	6,6	7,2	9,1	10,9	11,8	9,1	10,9	11,4
Potenza risc. int. A7/W35 **	kW	7,5	8,8	9,6	11,4	14,6	16,1	11,4	14,6	16,1
Potenza risc. int. A10/W35 **	kW	8,6	10,1	11,0	11,9	15,0	16,5	11,9	15,0	16,5
Potenza raffresc. nom. A35/W18 *	kW	7,2	8,2	8,4	15,1	16,1	16,8	15,1	16,1	16,8
Potenza raffresc. nom. A7/W18 *	kW	5,1	5,9	6,7	11,7	12,6	13,1	11,7	12,6	13,1

Condizioni per l'accettazione della rinnovabilità dell'energia

L'energia termica contenuta nell'aria, nel terreno o nelle acque superficiali si può definire rinnovabile a patto che l'efficienza con cui viene estratta sia sufficientemente elevata da renderne vantaggioso lo sfruttamento.

La sotto riportata equazione consente la verifica dell'ammissibilità delle pompe di calore come sistemi in grado di sfruttare energia rinnovabile aerotermica, geotermica o idrotermica.

$$SPF_{Min} > \frac{1,15}{\eta}$$

→

$SPF_{Min} > 1,15$	per pompe di calore a gas
$SPF_{Min} > 2,875$	per pompe di calore elettriche

Il termine **SPF** identifica il coefficiente di prestazione medio stagionale della pompa di calore, di fatto un COP medio stagionale. Il termine η identifica invece il rendimento di trasformazione in energia primaria. Il valore 1,15 è un coefficiente stabilito dalla Direttiva Europea. Il rendimento η è definito annualmente da Eurostat e attualmente per l'energia elettrica vale 0,40.

Condizioni per l'accettazione della rinnovabilità dell'energia

Per il calcolo dell'SPF la normativa propone la seguente relazione:

$$\text{SPF}_{\text{PdC}} = \frac{E_{\text{PdC}}}{E_{\text{ass}}}$$

SPF_{PdC} è il coefficiente di prestazione medio stagionale della pompa di calore

E_{PdC} è l'energia termica resa disponibile dalla pompa di calore durante una stagione

E_{ass} è in generale l'energia spesa per consentire il funzionamento della pompa di calore durante una stagione.

Quota di energia rinnovabile di una pompa di calore

D.LGS. 28/11 (POMPE DI CALORE)

$$E_{RES} = E_{PDC} \cdot \left(1 - \frac{1}{S_{PF}} \right) \quad (1.1)$$

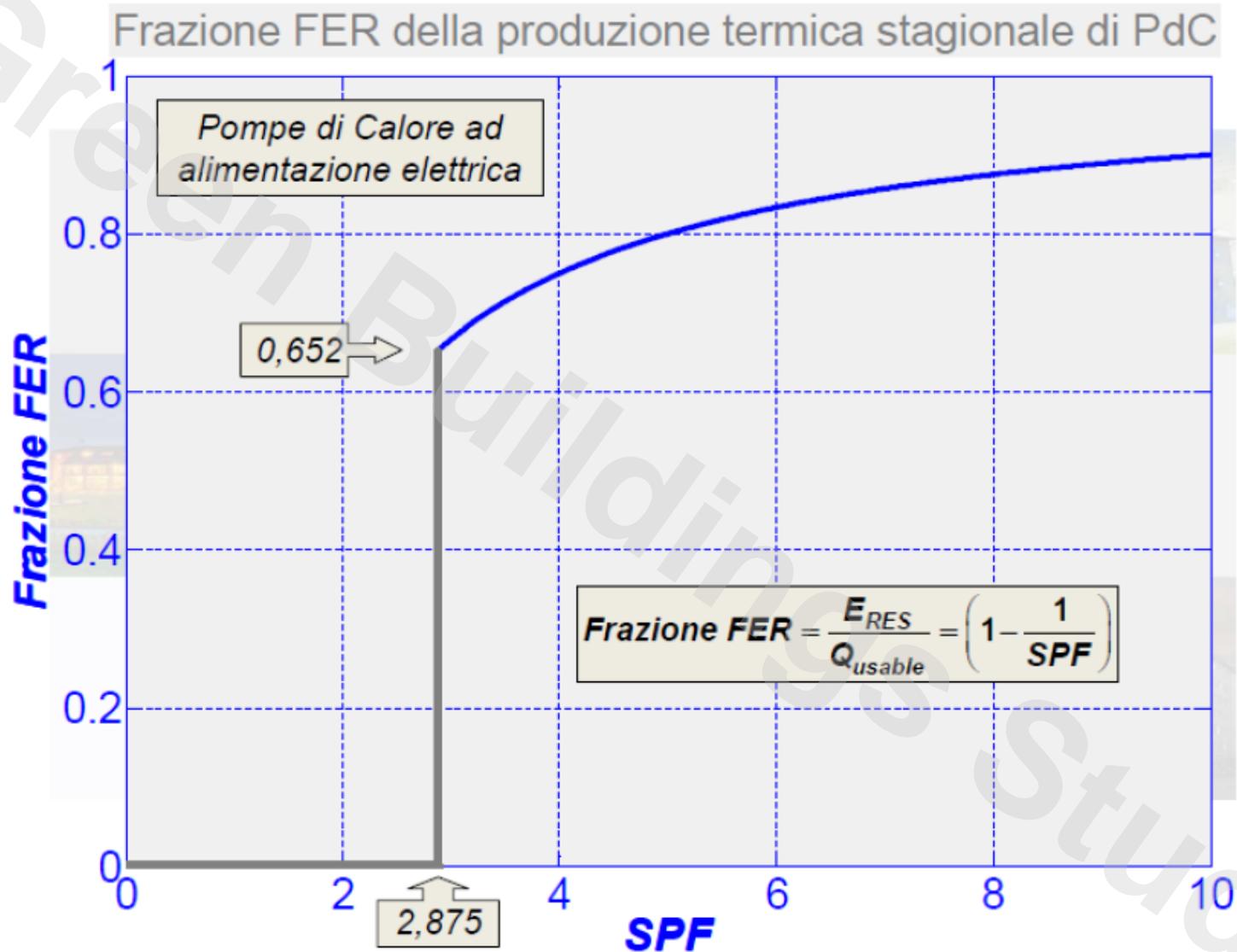
$$S_{PF} > \frac{1,15}{\eta} \quad (1.2)$$

dove:

E_{PDC} = energia prodotta dalla pompa di calore nel funzionamento invernale.

S_{PDF} = fattore di rendimento medio stagionale

η = rapporto tra la produzione totale lorda di elettricità ed il consumo di energia primaria = 0,4



ESEMPIO 1

1000 kW con COP = 2 → Consumo 500 kWh

1000 kW con COP = 4 → Consumo 250 kWh

$$\frac{2000}{750} = 2,66 < 2,875 \rightarrow E_{RES} = 0$$

ESEMPIO 2

750 kW con COP = 2

1250 kW con COP = 4

$$\frac{1250}{4} + \frac{750}{2} = 687,5 \text{ kWh}$$

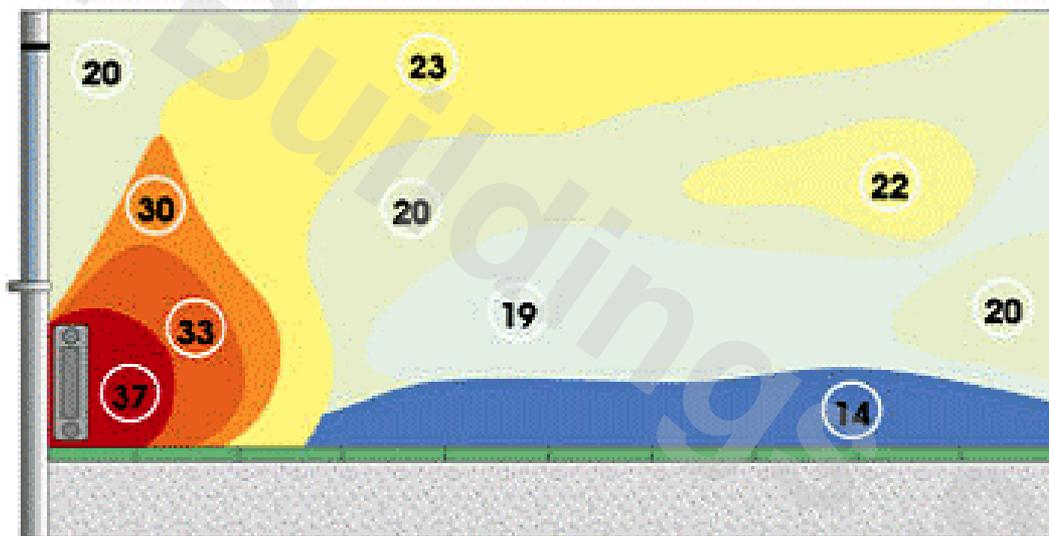
$$SPF_{PDC} = \frac{2000}{687,5} = 2,91$$

$$E_{RES} = 2000 \cdot \left(1 - \frac{1}{2,91}\right) = 1313 \text{ kWh}$$

$$\%E_{RES} = \frac{1313}{2000} = 65,65\%$$

Rendimento di emissione : η_e

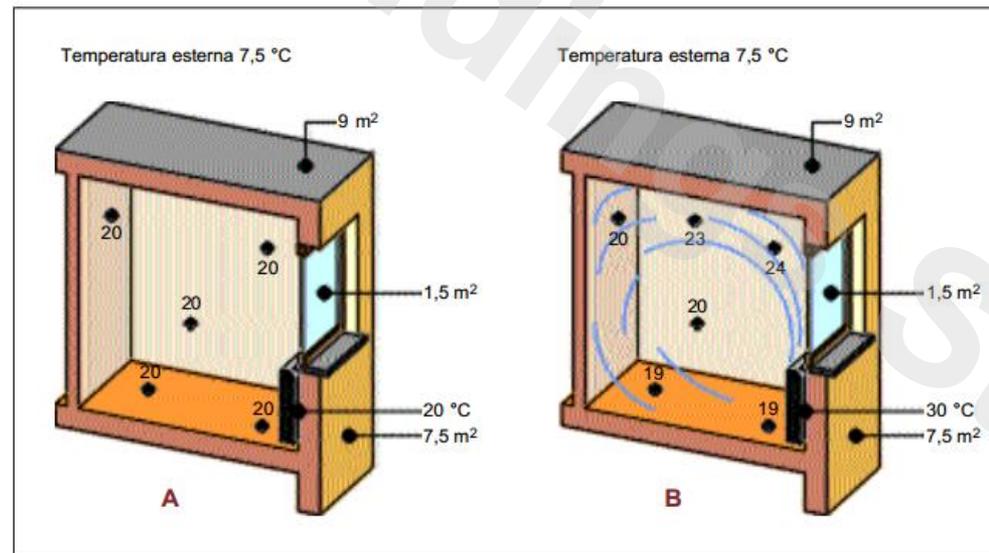
UNI-TS 11300 parte 2



Rendimento di emissione : η

Il rendimento di emissione medio stagionale è definito come il rapporto fra il calore richiesto per il riscaldamento degli ambienti con un **sistema di emissione teorico** di riferimento in grado di fornire una temperatura ambiente perfettamente uniforme ed uguale nei vari locali ed il **sistema di emissione reale**, nelle stesse condizioni di temperatura ambiente e di temperatura esterna.

Il rendimento di emissione individua quindi l'influenza del modo di emissione del calore sulle perdite di calore dovute a trasmissione localizzata, stratificazione dell'aria, movimenti dell'aria, ecc.



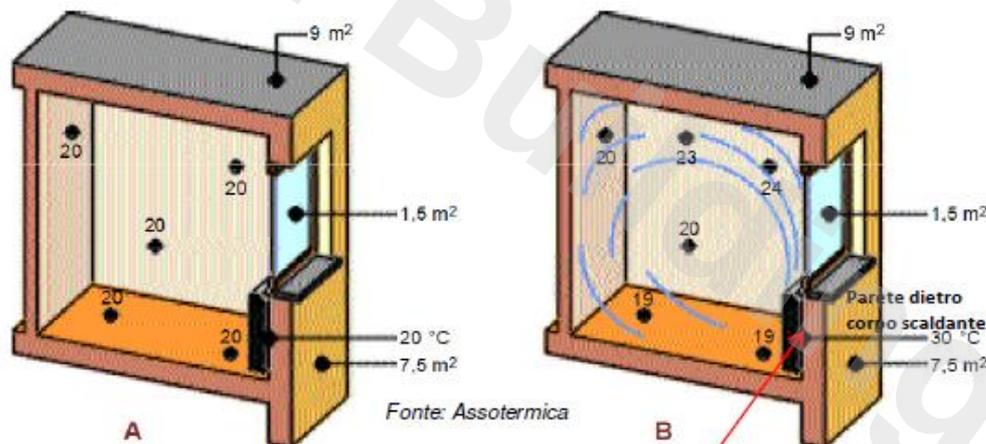
Rendimento di emissione : il calcolo

Già definito come il rapporto fra il calore richiesto per il riscaldamento degli ambienti con un sistema di emissione teorico di riferimento in grado di fornire una temperatura ambiente perfettamente uniforme ed uguale nei vari locali ed il sistema di emissione reale, nelle stesse condizioni di temperatura ambiente e di temperatura esterna

Individua quindi l'influenza del modo di emissione del calore sulle perdite di calore dovute a trasmissione localizzata, stratificazione dell'aria, movimenti dell'aria, ecc.

Temperatura esterna 7,5 °C

Temperatura esterna 7,5 °C



A

B

A - SISTEMA DI EMISSIONE TEORICO DI RIFERIMENTO

B - SISTEMA DI EMISSIONE REALE

S [m ²]	U [W/m ² K]	ΔT [°C]	τ [s]	Q _h [kJ]
16,5	0,6	12,5	3600	446
1,5	2,3	12,5	3600	155
			Totale	601

S [m ²]	U [W/m ² K]	ΔT [°C]	τ [s]	Q _{hr} [kJ]
15,5	0,6	13,5	3600	452
1,5	2,3	13,5	3600	168
1,0	0,6	22,5	3600	49
			Totale	669

ESEMPIO:

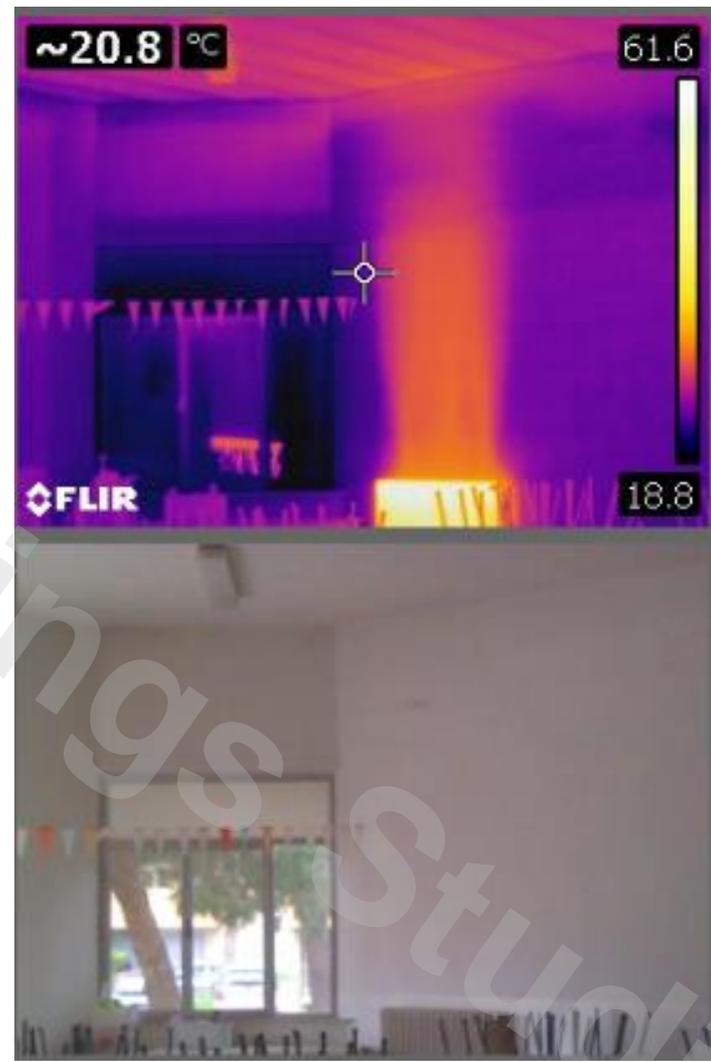
Calcolo dell'energia dispersa in un'ora, verso l'esterno, da un locale di abitazione, nel periodo medio stagionale.

Il rendimento di emissione risulta:

$$\eta_e = Q_h / Q_{hr} = 601 / 669 = 0,9$$

Q_h = calore da fornire col sistema teorico di riferimento

Q_{hr} = fabbisogno di calore occorrente con il sistema reale di emissione



Rendimento di emissione : da cosa dipende ?

Le perdite di emissione dipendono da:

- tipo di terminale di erogazione dei corpi scaldanti;
- altezza dei locali;
- carico termico medio annuo (W/m^3);

Il carico termico medio annuo, espresso in W/m^3 è ottenuto dividendo il fabbisogno annuo di energia termica utile espresso in Wh, calcolato secondo la norma UNI EN ISO 13790, per il tempo convenzionale di esercizio dei terminali di emissione, espresso in ore, e per il volume lordo riscaldato del locale o della zona espresso in m^3 .

$$W/m^3 = \frac{Q_h}{24 * n^\circ \text{ giorni} * V_{\text{lordo}}}$$

Rendimento di emissione : η_e

Rendimenti di emissione (η_e) in locali di altezza minore di 4 m

Prospetto 17

Tipo di terminale	Carico termico medio annuo W/m ³		
	<4	4÷10	>10
Radiatori su parete esterna isolata *	0,95	0,94	0,92
Radiatori su parete interna	0,96	0,95	0,92

Rendimento di emissione in locali di altezza inferiore a 4 metri			
Tipo di terminale di erogazione	Carico termico medio annuo W/m ³		
	< 4	4 - 10	> 10
	η_e		
Radiatori su parete esterna isolata	0,98	0,97	0,95
Radiatori su parete interna	0,96	0,95	0,92
Ventilconvettori valori riferiti a t_{media} acqua = 45°C	0,96	0,95	0,94
Termoconvettori	0,94	0,93	0,92
Bocchette in sistemi ad aria calda	0,94	0,92	0,90
Pannelli annegati a pavimento	0,99	0,98	0,97
Pannelli annegati a soffitto	0,97	0,95	0,93
Pannelli a parete	0,97	0,95	0,93

Rendimento di emissione : η

Rendimenti di emissione (η) in locali di altezza maggiore di 4 m

Prospetto 18

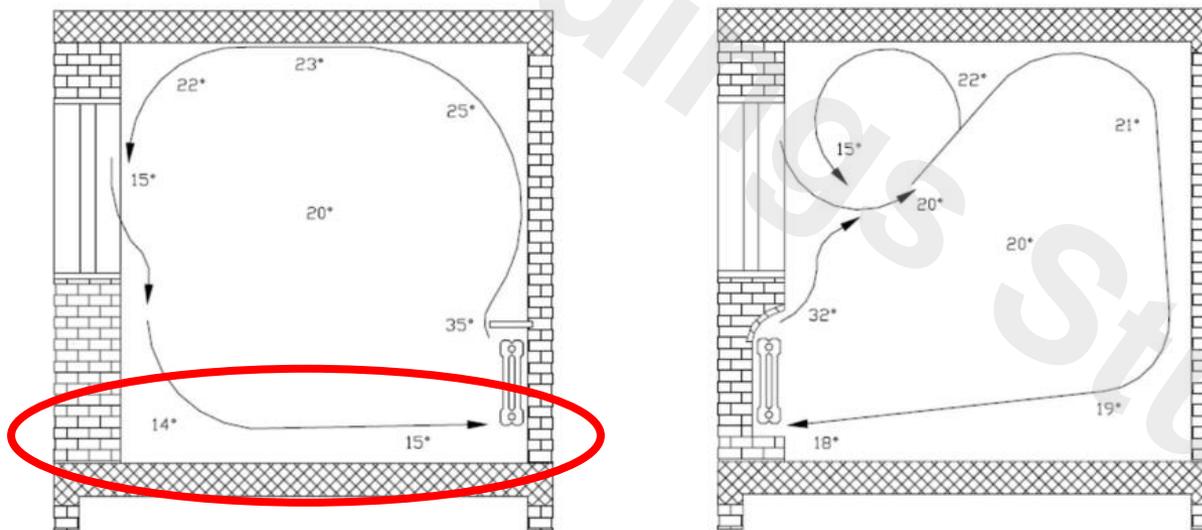
Descrizione	Carico termico medio annuo W/m ³								
	<4			4÷10			>10		
	Altezza del locale								
	6	10	14	6	10	14	6	10	14
Generatore d'aria calda singolo a basamento o pensile	0,97	0,96	0,95	0,95	0,94	0,93	0,93	0,92	0,91

Rendimento di emissione in locali di altezza superiore a 4 metri									
Descrizione	Carico termico (W/m ³)								
	< 4			4 - 10			> 10		
	Altezza del locale								
	6	10	14	6	10	14	6	10	14
Radiatori su parete esterna isolata (*)	0,96	0,94	0,92	0,95	0,93	0,91	0,93	0,91	0,89
Radiatori su parete interna	0,94	0,92	0,90	0,93	0,91	0,89	0,90	0,88	0,86
Ventilconvettori (**) (valori riferiti a temperatura media acqua=45°C)	0,94	0,92	0,90	0,93	0,91	0,89	0,92	0,90	0,88
Generatore d'aria calda singolo a basamento o pensile	0,97	0,96	0,95	0,95	0,94	0,93	0,93	0,92	0,91
Aerotermi ad acqua	0,96	0,95	0,94	0,94	0,93	0,92	0,92	0,91	0,90
Generatore d'aria calda singolo pensile a condensazione	0,98	0,97	0,96	0,96	0,95	0,94	0,94	0,93	0,92
Strisce radianti ad acqua, a vapore, a fuoco diretto	0,99	0,98	0,97	0,97	0,97	0,96	0,96	0,96	0,95
Riscaldatori ad infrarossi	0,98	0,97	0,96	0,96	0,96	0,95	0,95	0,95	0,94
Pannelli a pavimento annegati (***)	0,98	0,97	0,96	0,96	0,96	0,95	0,95	0,95	0,95
Pannelli a pavimento (isolati)	0,99	0,98	0,97	0,97	0,97	0,96	0,96	0,96	0,95

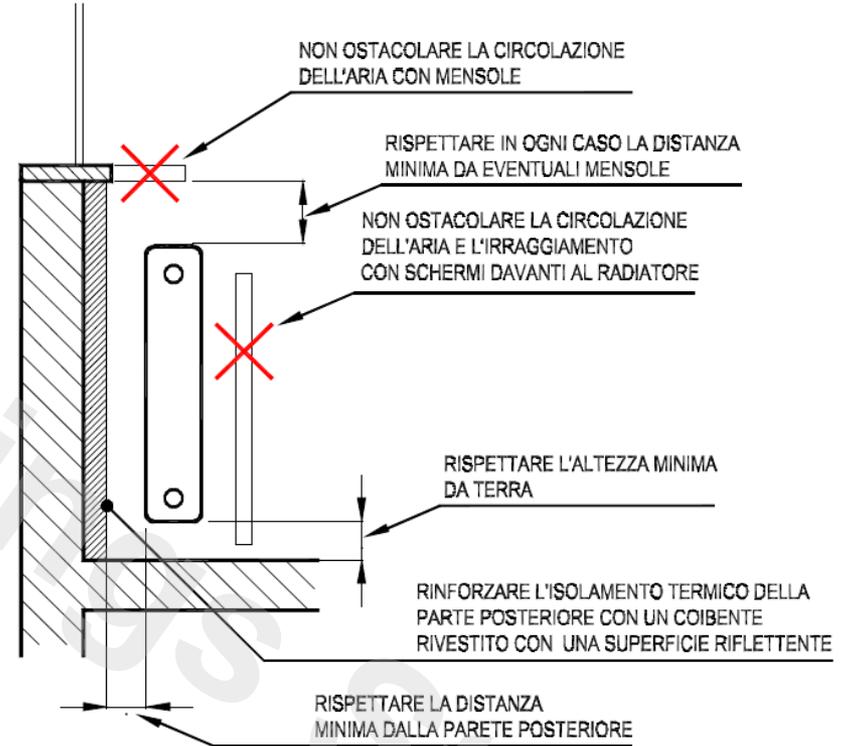
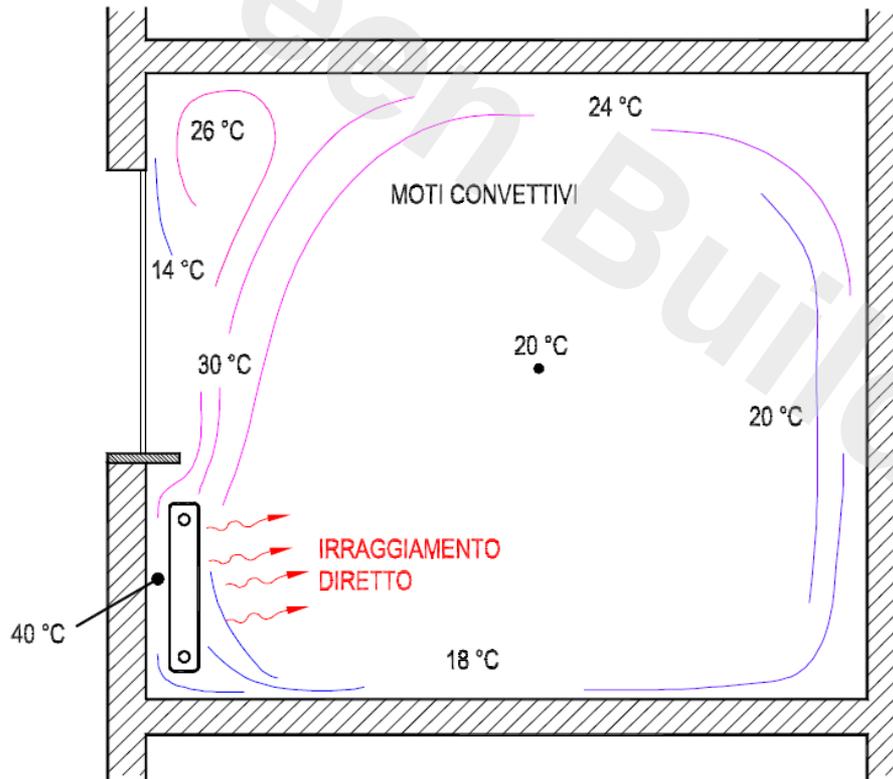
Rendimento di emissione : da cosa dipende ?

Il rendimento di emissione dipende dalle maggiori perdite di calore dell'involucro edilizio, causate essenzialmente da due fenomeni:

1. I **moti convettivi** innescati dal corpo scaldante ed il calore radiante emesso dallo stesso direttamente verso le strutture disperdenti sono causa di un aumento del valore del **coefficiente liminare interno; aumentano di conseguenza la trasmittanza della parete** ed il calore disperso dalla stessa verso l'esterno.
2. Il riscaldamento convettivo genera inevitabilmente un **gradiente termico nel locale** che e causa di **maggiori dispersioni passive**



Rendimento di emissione : da cosa dipende ?

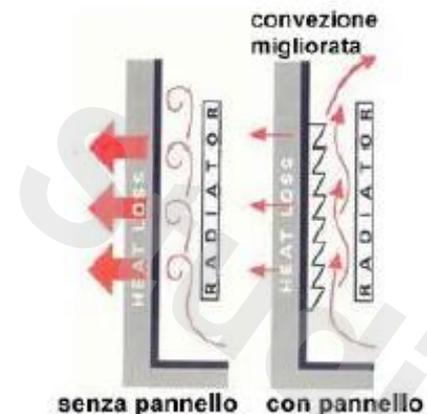
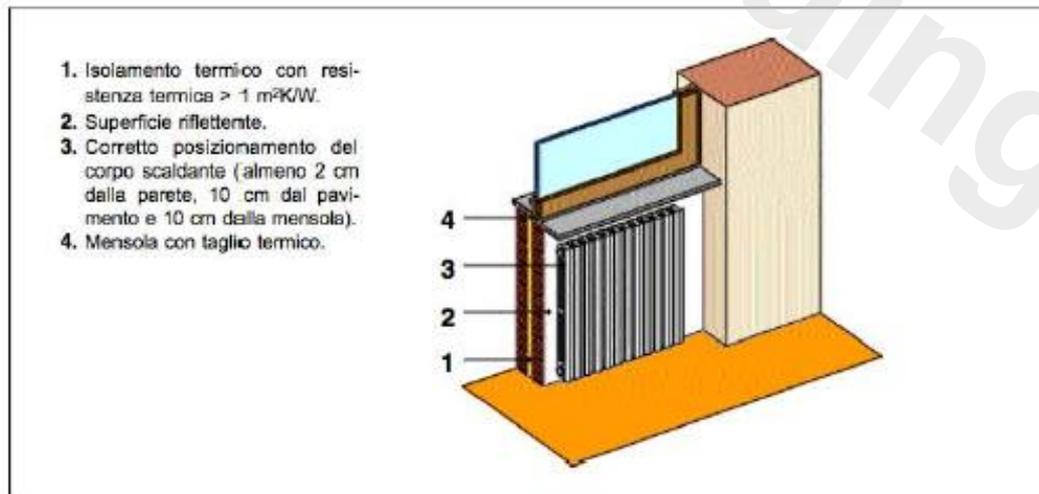


Rendimento di emissione : I radiatori

Interventi di miglioramento del rendimento

La verifica del rendimento di emissione non è agevole, per cui conviene adottare tutti quegli accorgimenti in grado di migliorarne il valore quali:

1. buon isolamento termico della parete retrostante (nel caso di un radiatore);
2. strato riflettente sulla parete retrostante ;
3. corretto posizionamento del corpo scaldante;
4. mensole atte a deviare i flussi convettivi verso l'interno del locale (fondamentale il taglio termico delle mensole stesse);



...chi cerca guai....

...li trova pure....



...chi cerca guai....

...li trova pure....

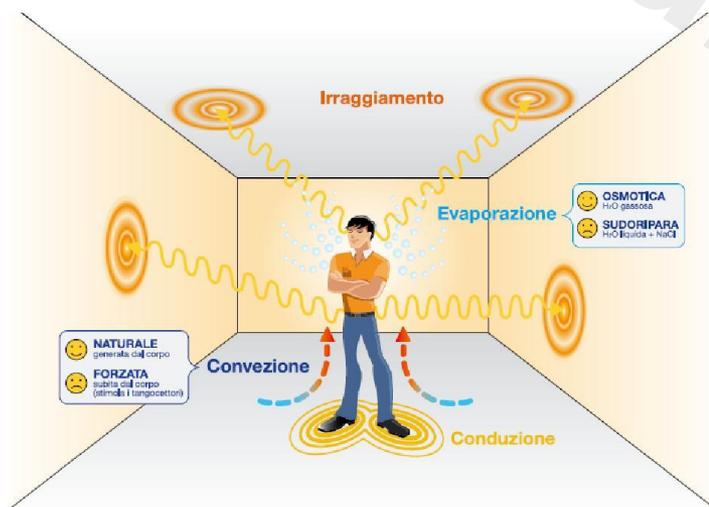


BENESSERE TERMOIGROMETRICO

Si definisce **temperatura operante** come la media fra la **temperatura dell'aria** e quella **media radiante** proprio per valutare con un unico valore gli scambi termici per convezione e irraggiamento.

Temperatura media radiante (TMR)

E' la temperatura media pesata delle temperature delle superfici che delimitano l'ambiente incluso l'effetto dell'irraggiamento solare incidente. Influisce sugli scambi per irraggiamento. Assieme alla temperatura dell'aria, la **TMR** è il fattore che influenza maggiormente la sensazione di calore perché la radiazione che cade sulla cute ne attiva gli stessi organi sensori. Se il corpo è esposto a superfici fredde, una quantità sensibile di calore è emessa sotto forma di radiazione verso queste superfici, producendo una sensazione di freddo.



$$T_{op} = \frac{T_{ar} + T_{mr}}{2}$$

$$T_{mr} = \frac{1}{\sum_i A_i} \sum_i T_{rad,i} \times A_i$$

PANNELLI RADIANTI



Rendimento di emissione : I pannelli radianti

L'irraggiamento è una forma di trasmissione dell'energia che, al contrario della conduzione e della convezione, non prevede contatto diretto tra gli scambiatori e non necessita di un mezzo per propagarsi

Nell'irraggiamento la trasmissione di energia avviene infatti attraverso l'emissione e l'assorbimento di **radiazione elettromagnetica** che può quindi propagarsi anche nel vuoto, non solo attraverso la materia.

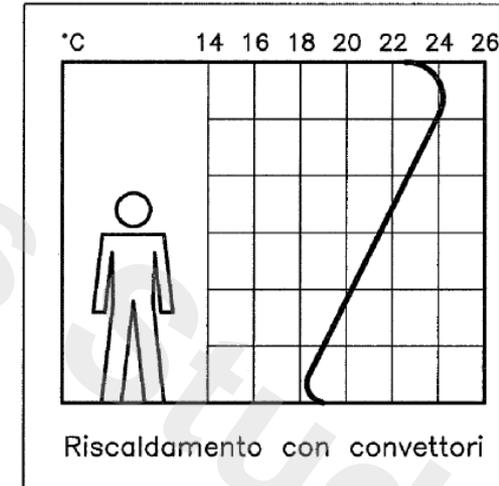
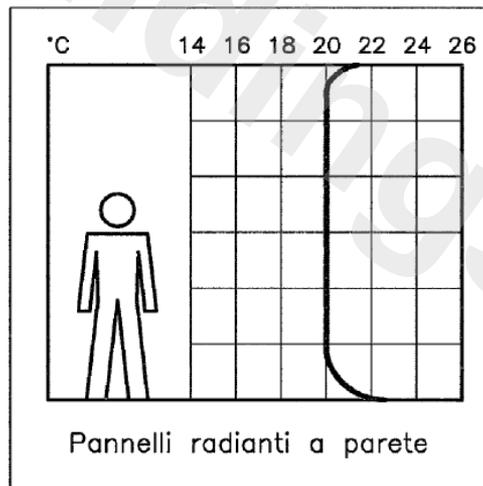
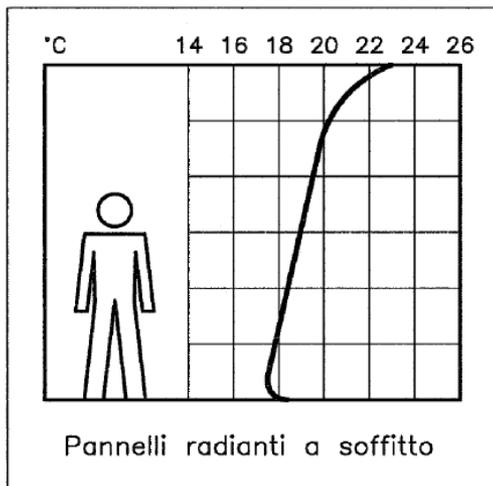
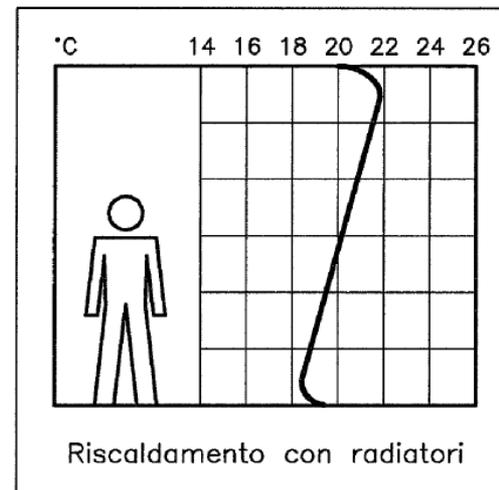
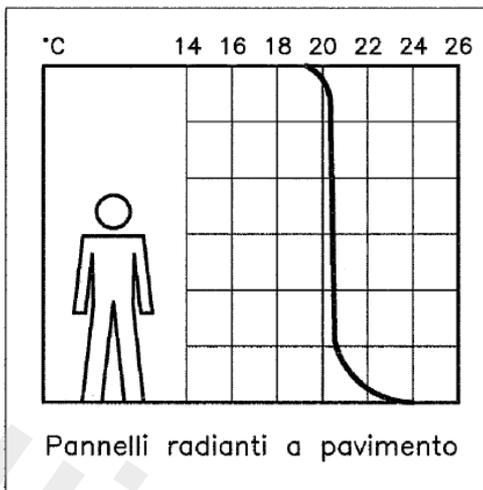
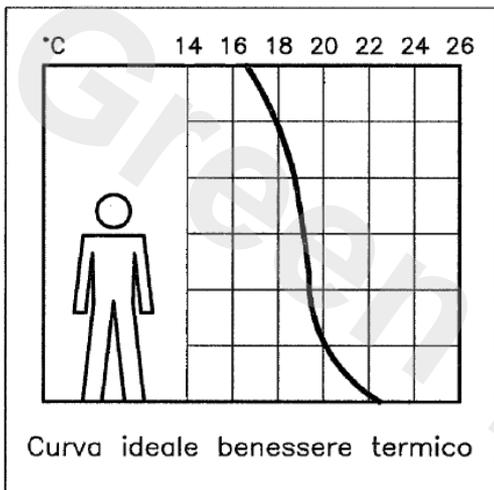
Tra 2 corpi , uno più caldo ed uno più freddo , l'energia si propaga in entrambe le direzioni ma con minore intensità da quello freddo a quello caldo. Infatti, se un corpo emanasse soltanto e non assorbisse mai energia elettromagnetica la sua temperatura raggiungerebbe lo zero assoluto.

Un esempio di notevole importanza in cui si esplica questo fenomeno è il trasferimento di energia tra il Sole e la Terra.

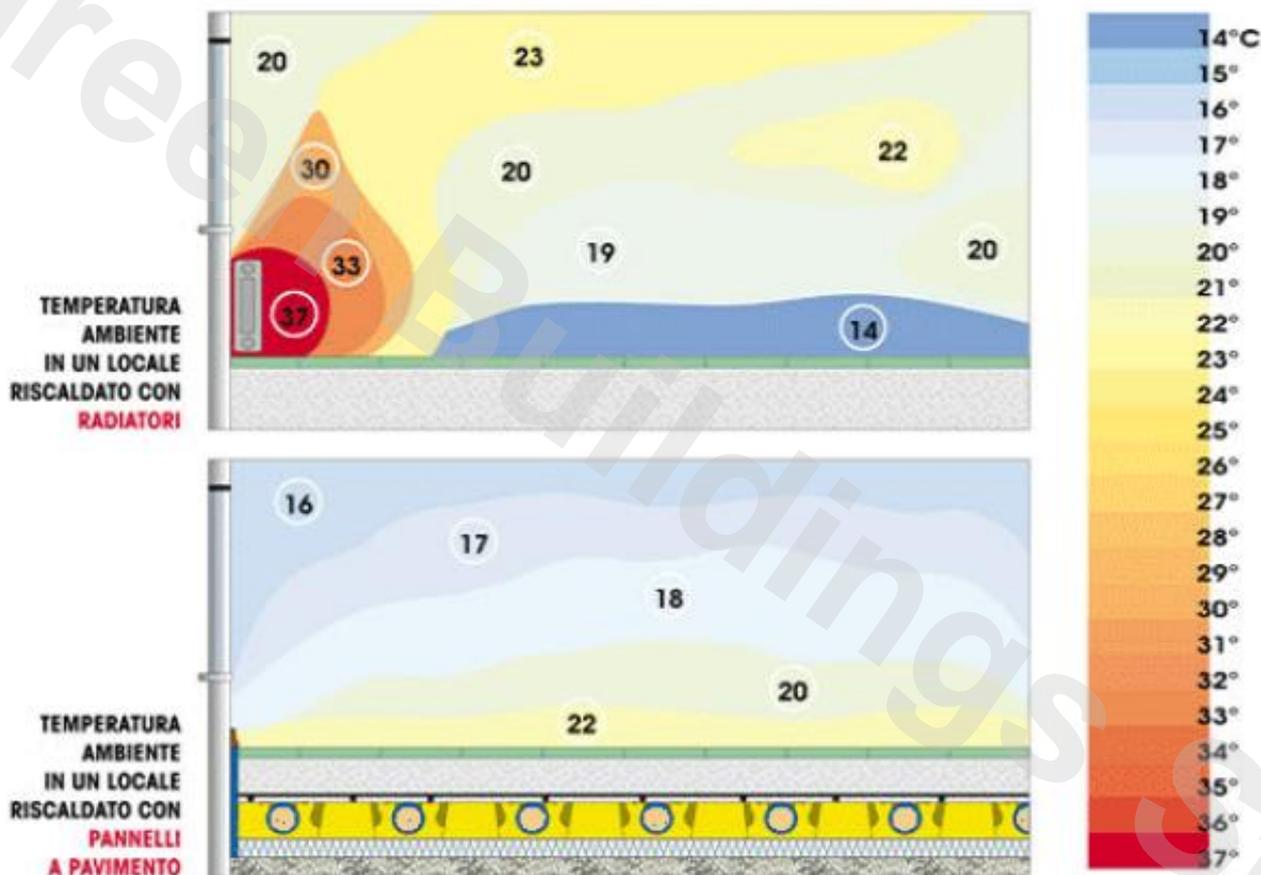
Il sistema di emissione che utilizza l'irraggiamento per trasmettere energia è l'impianto a Pannelli Radianti di cui è possibile distinguere tre categorie:

- ✓ Pannelli radianti a pavimento
- ✓ Pannelli radianti a parete
- ✓ Pannelli radianti a soffitto





Rendimento di emissione : I pannelli radianti



Un impianto a Pannelli Radianti ha sicuramente un miglior rendimento di emissione rispetto ai radiatori poiché garantisce una migliore uniformità delle temperature !!!

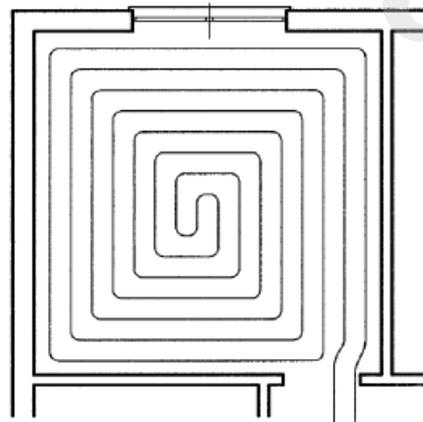
Rendimento di emissione : I pannelli radianti

Il principio si basa sulla circolazione di **acqua calda a bassa temperatura** (in genere tra i 30°-40 °C) in un circuito chiuso che si sviluppa coprendo una superficie radiante molto elevata. Vi sono attualmente sistemi che utilizzano l'energia elettrica sfruttando il calore sprigionato per effetto joule da un conduttore percorso da corrente elettrica.

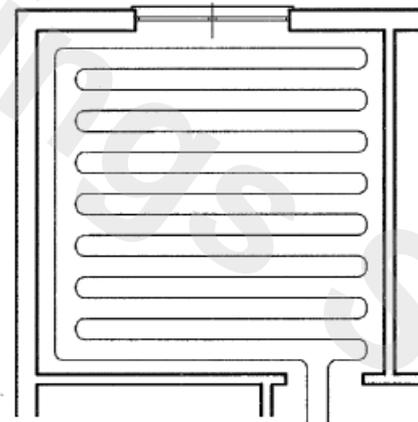
Le disposizioni possibili delle tubazioni sono tre:

- *a spirale (o chiocciola)*,
- *a serpentina*, dove i tubi vengono posati a zig-zag
- *a griglia*, con tubi paralleli compresi tra due grossi collettori

Nel settore residenziale sono usati solo i primi due sistemi; mentre il terzo, ormai in disuso, è applicabile per riscaldare grosse aree (es. capannoni).



Pannelli a spirale
con interasse costante



Pannelli a serpentine
con interasse costante

Rendimento di emissione : I pannelli radianti



Il pannello isolante: liscio o bugnato ?

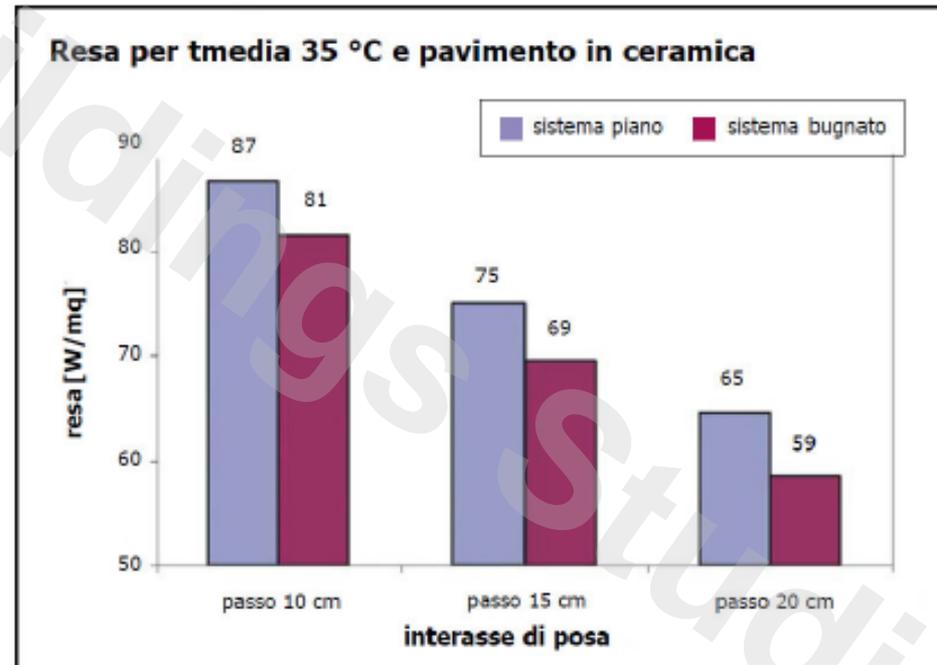
Vale la seguente regola: maggiori sono i punti di contatto tra il tubo e il pannello isolante, minore è la resa dell'impianto, ossia la capacità di cedere calore all'ambiente da riscaldare.

L'incastro della tubazione in un pannello isolante bugnato comporta, quindi, una riduzione di resa rispetto all'aggancio del tubo su un pannello piano.

Considerando due differenti impianti a pavimento con il medesimo spessore di isolante, al variare dell'interasse di posa si hanno le differenze di resa presentate nella figura sotto.

Da ciò si deduce che i **produttori che forniscono sistemi con geometria diversa devono per forza di cosa determinare sperimentalmente le curve di resa** ed indicarle nella scheda tecnica di prodotto !!

Infatti poiché la curva di resa del corpo scaldante costituito dal pavimento radiante ha influenza sull'indice di prestazione energetica per la climatizzazione invernale, il progettista ha diritto di pretendere le curve di resa documentate e garantite dal produttore dei sistemi a pavimento radiante.



PANNELLI RADIANTI A PARETE

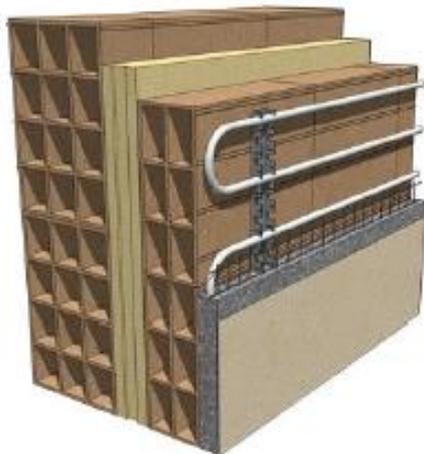
I pannelli radianti a parete sono principalmente utilizzati come integrazione ad altri sistemi di riscaldamento come ad esempio quelli a pavimento.

Questo perché, soprattutto in fase di ristrutturazione, le case hanno elevate dispersioni termiche quindi necessitano di una elevata potenza dell'impianto .

Ciò si traduce nell'impiego di grandi superfici come riscaldamento che vanno però a **penalizzare la disposizione interna della mobilia**.

Viene usato lo stesso sistema dei pannelli radianti, cioè con tubazione a chiocciola, questa volta posata in verticale, anziché in orizzontale.

Tale sistema è utilizzato particolarmente nei bagni per ovvie ragioni di maggior comfort



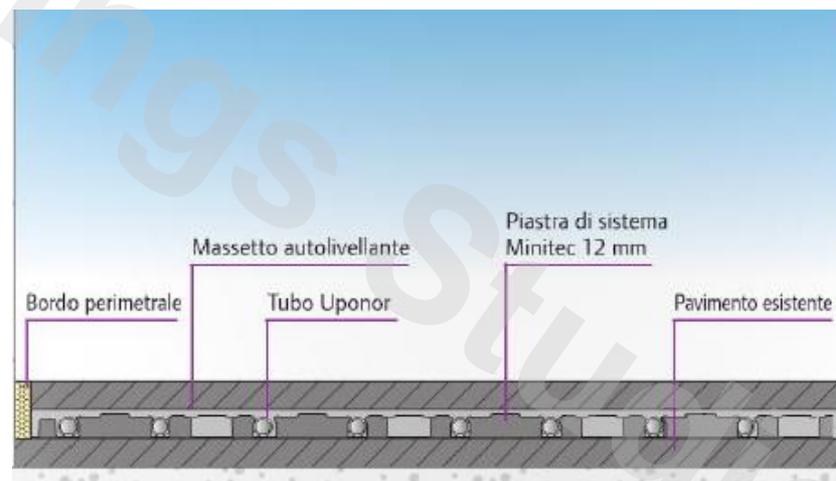
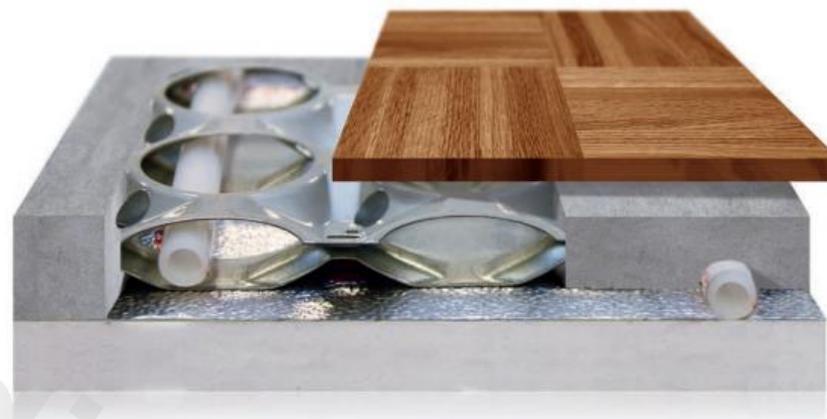
IMPIANTI A PAVIMENTO A SECCO

A differenza di tutti gli altri sistemi di riscaldamento a pavimento, in questo caso non è necessario effettuare la gettata del calcestruzzo (massetto) dove solitamente vengono annegati i tubi, ma la posa avviene a secco, con l'installazione a pavimento di particolari pannelli, prodotti in uno speciale materiale a base di fibre plastiche e cemento precompresso, sui quali sono ricavate le tracce per inserire il tubo multistrato di piccolo diametro (11,6 mm), che viene prodotto unicamente per questo tipo di applicazione e che consente la distribuzione del calore.

Questo sistema radiante può installarsi in uno spazio ridottissimo poiché ai soli 18 mm dei pannelli in fibra di cemento, che sono la base di questo sistema, si dovrà aggiungere solo lo spessore del pavimento, da fissare sopra, con un ingombro totale che dipende dal tipo della finitura adottata e, solitamente, si limita tra i due ed i tre centimetri complessivi.



IMPIANTI A PAVIMENTO A bassa spessore

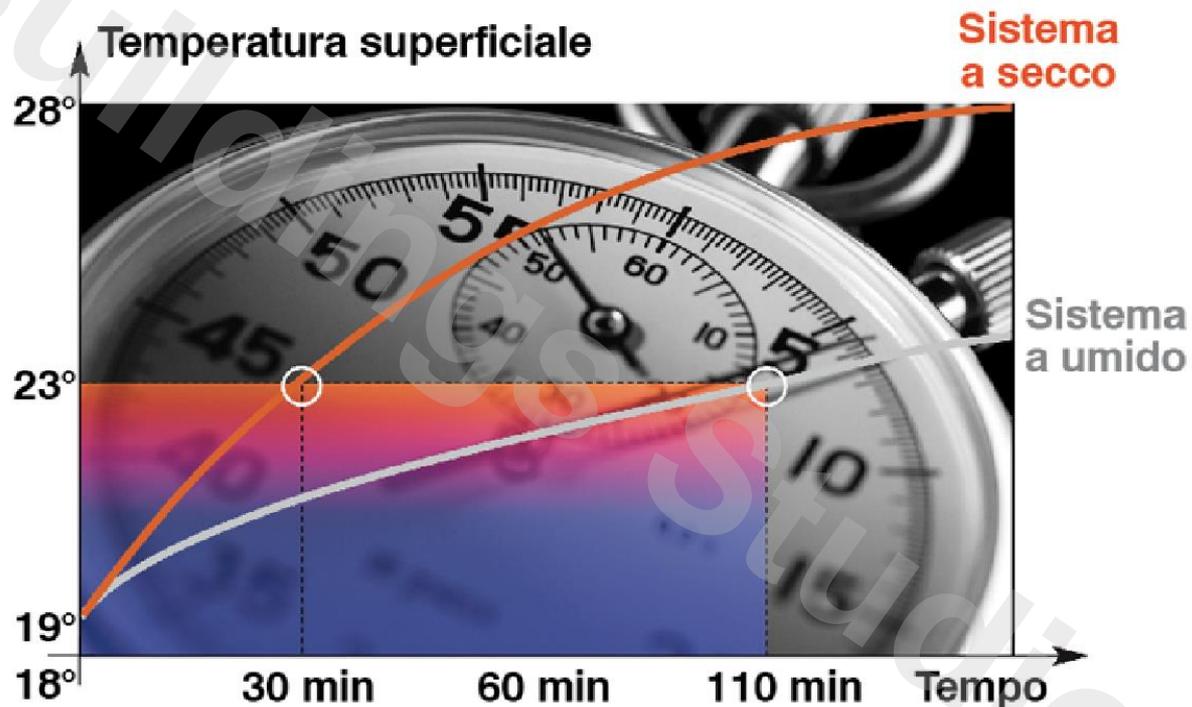


I SISTEMI RADIANTI – CONFRONTO UMIDO/SECCO

Un **impianto a pavimento a umido tradizionale** di solito richiede diverse ore per raggiungere la temperatura ambiente desiderata.

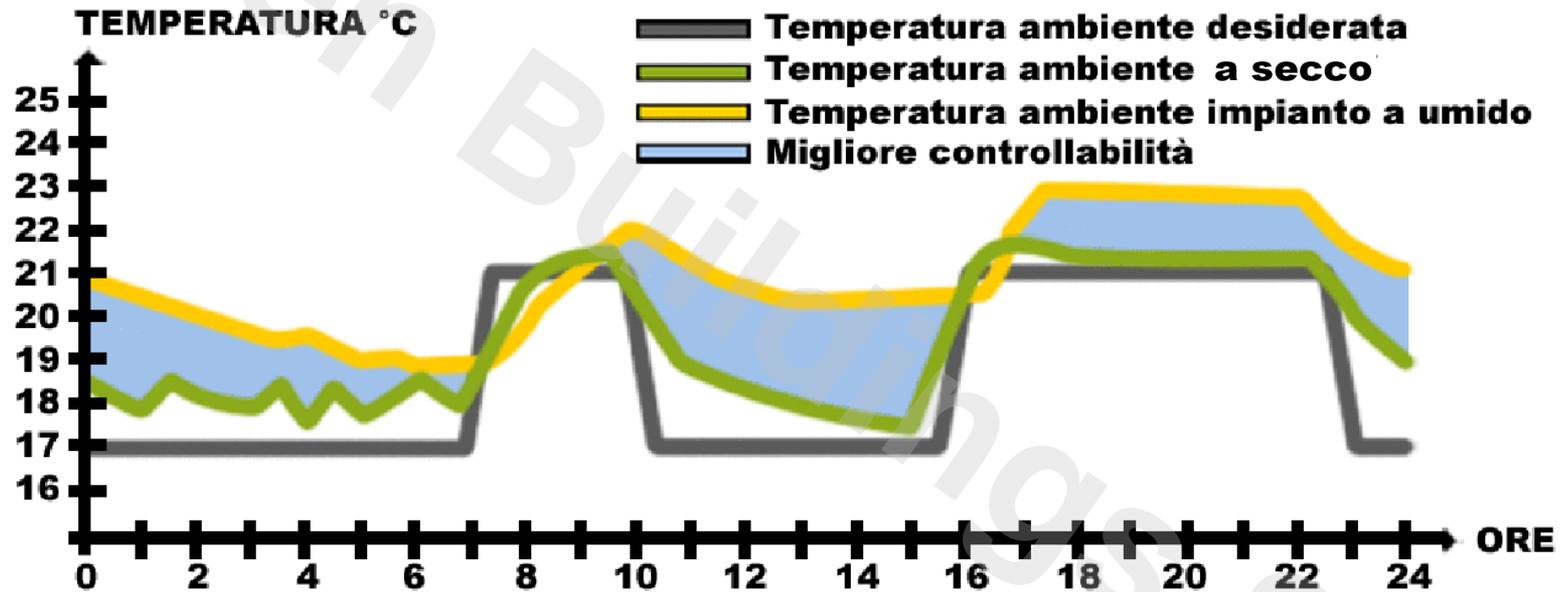
Lo **spessore relativamente elevato** del massetto allunga i tempi di reazione. Tale impianto risulta quindi più difficile da regolare e **reagisce più lentamente** alle influenze ambientali.

Con un **sistema a secco** è possibile raggiungere la temperatura desiderata in **30'**



I SISTEMI RADIANTI – CONFRONTO UMIDO/SECCO

RISPARMIO ENERGETICO



La linea grigia rappresenta la **temperatura desiderata di 21°C**
Comprende fasce orarie di riduzione della temperatura a 17°C

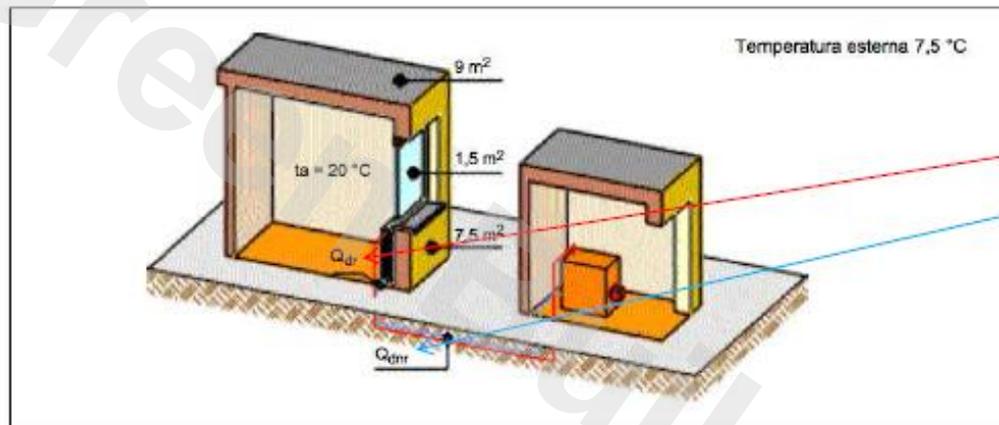
Il rendimento di Distribuzione

Il rendimento di distribuzione η_d si può definire come il rapporto fra la somma del **calore utile emesso dai corpi scaldanti (diretto)** e del **calore disperso dalla rete di distribuzione all'interno dell'involucro riscaldato** dell'edificio (indiretto) ed il calore in uscita dall'impianto di produzione ed immesso nella rete di distribuzione.

Per calcolare il rendimento di distribuzione bisogna quindi considerare **tutto il calore ceduto dal sistema impianto all'edificio !!!** Quindi oltre a quello **diretto** derivate dagli emettitori bisogna considerare anche quello **indiretto** dovuto alla presenza di eventuali condotte di distribuzione del fluido termovettore che scambiano calore con l'interno dell'edificio



Rendimento di Distribuzione



CALORE IMMESSO NELLA RETE DI DISTRIBUZIONE

Causa di scambio termico	P media (W)	t (s)	Q _{dr} (kJ)
Q _{radiatore}	158	3.600	569
Q _{dr}	9	3.600	32
Q _{dnr}	15	3.600	54
Totale			655

Q_{dr} : calore immesso nel locale riscaldato da quella parte del sistema di distribuzione che è interna allo stesso locale

Q_{dnr} : calore ceduto all'ambiente esterno da quella parte del sistema di distribuzione che è esterna al locale

Calcoliamoci adesso quanta energia serve per riscaldare l'ambiente applicando la classica formula $Q_h = Ht \cdot \Delta T \cdot \Delta t$

Applicando quanto definito precedentemente si ha che:

$$\eta_d = \frac{Q_{hr}}{(Q_{hr} + Q_{dnr})} = \frac{601}{(601 + 54)} = 0,92$$

CALORE DISPERSO DAL LOCALE

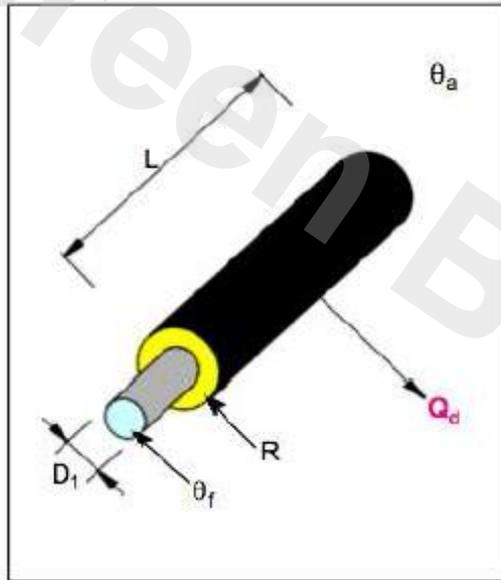
S (m ²)	U (W/m ² K)	Dt (°C)	t (s)	Q _{hr} (kJ)
16,5	0,6	12,5	3.600	446
1,5	2,3	12,5	3.600	155
Totale				601

dove:

Q_{hr} è l'energia termica richiesta per il riscaldamento della zona, fornita in parte dal corpo scaldante (Q_{rad}) ed in parte dalle tubazioni correnti all'interno dell'involucro riscaldato (Q_{dr} è il calore disperso recuperato);

Q_{dnr} è l'energia termica dispersa dalla rete di distribuzione corrente all'esterno dell'involucro riscaldato e quindi non recuperata.

Rendimento di Distribuzione: Calcolo Analitico



Per stimare quanto disperde un impianto di distribuzione dobbiamo conoscere il progetto dell'impianto e i materiali costituenti le sue tubazioni. Note queste grandezze il calore disperso può essere espresso da questa formula :

$$Q_d = \frac{\pi D_1 \cdot L}{R} \cdot \Delta\theta_{fa} \cdot t_p$$

dove:

R

è la resistenza termica globale, in m^2K/W ;

D_1

è il diametro esterno della tubazione, in m;

L

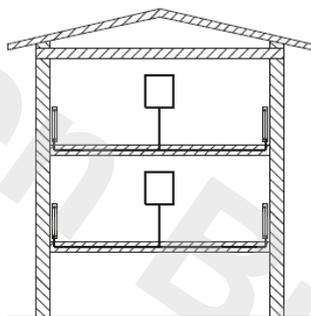
è la lunghezza equivalente della tubazione, cioè la lunghezza effettiva della tubazione, aumentata di una opportuna quantità, che tenga conto della maggiore energia scambiata a causa della presenza di punti singolari quali staffe, appoggi, distanziatori, valvole, ecc., (in caso di tubi affiancati, anche all'interno di un unico involucro isolante, L è la somma della lunghezza dei tubi) in m;

$\Delta\theta_{fa} = (\theta_f - \theta_a)$

è la differenza tra la temperatura media del fluido termovettore e la temperatura dell'ambiente che circonda la tubazione, in °C.

Rendimento di Distribuzione: UNI TS 11300-2/2014

prospetto 21 Impianti di riscaldamento autonomi



1. Impianti autonomi con generatore unifamiliare in edificio condominiale

- A) Isolamento con spessori conformi alle prescrizioni del DPR 412/93;
- B) Isolamento discreto, di spessore non necessariamente conforme alle prescrizioni del DPR 412/93, ma eseguito con cura e protetto da uno strato di gesso, plastica o alluminio;
- C) Isolamento medio, con materiali vari (mussola di cotone, coppelle) non fissati stabilmente da uno strato protettivo;
- D) Isolamento insufficiente, gravemente deteriorato o inesistente;
- E) Isolamento scadente o inesistente in impianti realizzati precedentemente all'entrata in vigore del DPR 412/93 (per esempio tubo preisolato con spessore ridotto o tubo nudo inserito in tubo corrugato)

I valori sono applicabili solo qualora le tubazioni corrono interamente all'interno della zona riscaldata, come nel caso di generatore interno all'appartamento

Isolamento della rete di distribuzione orizzontale

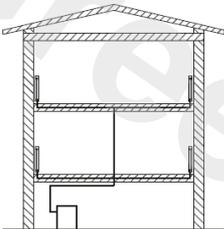
	A	E
Impianto autonomo a piano intermedio	0,99	0,99
Impianto autonomo a piano terreno su ambienti non riscaldati e terreno con distribuzione monotubo	0,96	0,95
Impianto autonomo a piano terreno su ambienti non riscaldati e terreno con distribuzione a collettori	0,94	0,93

Nota È escluso il caso su esterno o su pilotis; in tali casi si ricorra a metodi analitici.

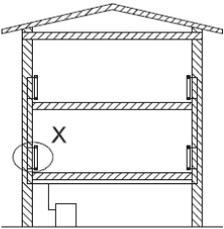
2. Impianti autonomi in edificio singolo (1 piano)	Isolamento della rete di distribuzione orizzontale			
	A	B	C	D
2.1 Tubazioni correnti nel cantinato in vista	0,964	0,95	0,92	0,873
2.2 Tubazioni incassate a pavimento con distribuzione monotubo	0,975	0,965	0,955	0,935
2.3 Tubazioni incassate a pavimento con distribuzione a collettori	0,97	0,96	0,94	0,92

Rendimento di Distribuzione: UNI TS 11300-2/2014

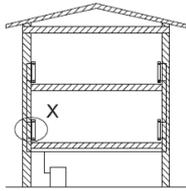
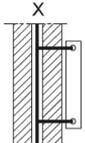
prospetto 22 Impianti di riscaldamento a zone con distribuzione orizzontale, alimentati da montanti verticali (correnti solitamente nel vano scale)

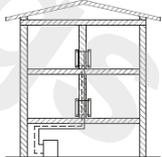
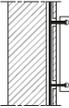
	Isolamento della rete di distribuzione orizzontale	
	A	E
 <p>1. Impianti unifamiliari a zone in edificio condominiale I valori sono riferiti alla porzione di impianto completamente interna all'appartamento. Le dispersioni del montante che alimenta le zone devono essere calcolate analiticamente secondo appendice A, tenendo conto della temperatura media stagionale e caricate sulle singole zone in proporzione al fabbisogno di ciascuna di esse.</p>		
1.1. impianto a zone al piano intermedio	0,99	0,99
1.2. impianto a zone al piano terreno su locali non riscaldati e terreno con distribuzione monotubo	0,96	0,95
1.3. impianto a zone al piano terreno su locali non riscaldati e terreno con distribuzione a collettori	0,94	0,93

prospetto 23 Impianti di riscaldamento centralizzati tradizionali a montanti (comuni a più unità immobiliari) alimentati da distribuzione orizzontale (corrente solitamente a soffitto del piano cantinato) (Continua)

	Altezza edificio	Isolamento distribuzione orizzontale			
		A	B	C	D
 <p>4.2 Distribuzione orizzontale nel cantinato Montanti non isolati, correnti in traccia nel lato interno delle pareti esterne</p>					
	1 piano	0,966	0,952	0,922	0,875
	2 piani	0,938	0,929	0,906	0,871
	3 piani	0,937	0,931	0,914	0,887
	4 piani e più	0,938	0,933	0,920	0,900

prospetto 23 Impianti di riscaldamento centralizzati tradizionali a montanti (comuni a più unità immobiliari) alimentati da distribuzione orizzontale (corrente solitamente a soffitto del piano cantinato)

	Altezza edificio	Isolamento distribuzione orizzontale			
		A	B	C	D
 <p>4.1 Distribuzione orizzontale nel cantinato Montanti non isolati correnti nell'intercapedine dei muri esterni</p> 					
	1 piano	0,964	0,950	0,920	0,873
	2 piani	0,933	0,924	0,901	0,866
	3 piani	0,929	0,923	0,906	0,879
	4 piani e più	0,928	0,923	0,910	0,890

	Altezza edificio	Isolamento distribuzione orizzontale			
		A	B	C	D
 <p>4.3 Distribuzione orizzontale nel cantinato Montanti non isolati correnti in traccia nelle pareti interne NOTA Applicabile anche nel caso di isolamento a cappotto.</p> 					
	1 piano	0,966	0,952	0,922	0,875
	2 piani	0,938	0,929	0,906	0,871
	3 piani	0,937	0,931	0,914	0,887
	4 piani e più	0,938	0,933	0,920	0,900
	1 piano	0,970	0,958	0,932	0,889
	2 piani	0,985	0,979	0,966	0,944
	3 piani	0,990	0,986	0,977	0,963
	4 piani e più	0,990	0,990	0,983	0,972

Rendimento di Distribuzione: UNI TS 11300-2/2014

I valori riportati nei prospetti si riferiscono alla distribuzione con temperatura variabile, con temperature di mandata e ritorno di progetto di **(80/60) °C**. Per temperature di progetto differenti il rendimento di distribuzione si calcola come:

$$\eta_{H,dx} = 1 - (1 - \eta_d) \times C \quad [\text{kWh}] \quad (23)$$

dove:

η_d è il rendimento di distribuzione non corretto ricavato dai prospetti precedenti;

C è il fattore di correzione ricavato dal prospetto 24.

prospetto 24

Fattori di correzione del rendimento di distribuzione

Temperature di mandata e di ritorno di progetto °C	Δt di progetto corrispondente °C	Temperatura media stagionale °C	Fattore di correzione C del rendimento tabulato	Tipologia di impianto corrispondente (indicativa)
80-60	50	37,3	1,00	Impianti a radiatori
	45	36,0	0,94	
70-55	42,5	35,3	0,92	
	40	34,7	0,89	
	35	33,0	0,82	
55-45	30	31,4	0,77	Impianti a ventilconvettori
	25	29,8	0,69	Impianti a pannelli radianti
	20	27,9	0,62	
	15	26,1	0,55	
35-30	12,5	25,1	0,51	
	10	24,2	0,47	

Per valori di temperature non indicate nei prospetti si procede con interpolazione lineare.

Rendimento di Distribuzione: Come migliorarlo

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.

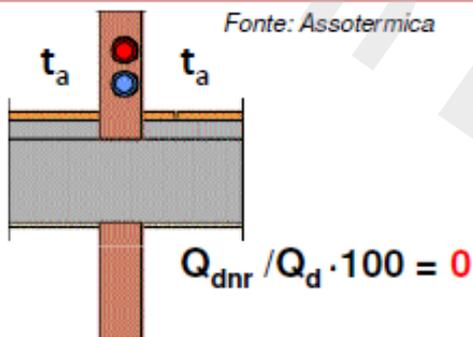
Per ridurre le suddette dispersioni occorre pertanto:

- preferire tipologie impiantistiche che prevedano una rete di distribuzione tutta interna all'involucro riscaldato, in modo che le dispersioni siano recuperate per il riscaldamento degli ambienti;
- ove non sia possibile evitare percorsi esterni all'involucro riscaldato, prevedere un congruo ed accurato isolamento termico delle tubazioni, tenendo presente che, per i **nuovi impianti**, anche in edifici esistenti e nella ristrutturazione degli impianti, l'allegato B al DPR 412/93 prevede spessori minimi di materiale isolante che sono funzione dello spessore lordo delle tubazioni e della conduttività del materiale isolante impiegato;
- prevedere reti di lunghezza il più possibile contenuta, evitando percorsi tortuosi e non necessari;
- prevedere **temperature di progetto il più possibile basse**

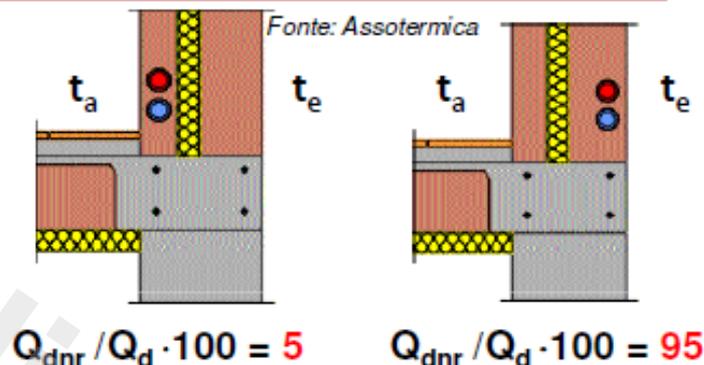
DESCRIZIONE	FIGURA	VALORE DI θ_a
Tubazione incassata nel lato interno di una parete isolata.		θ_a è la temperatura dell'aria dell'ambiente interno.
Tubazione incassata nel lato esterno di una parete isolata.		θ_a è la temperatura dell'aria dell'ambiente esterno.
Tubazione incassata in una parete non isolata.		θ_a è la media aritmetica tra la temperatura dell'ambiente interno e quella dell'ambiente esterno.

Nel calcolo del calore disperso non recuperato è **determinante la posizione della tubazione** di distribuzione **rispetto allo strato isolante**

Tubazioni che corrono entro pareti che separano ambienti riscaldati



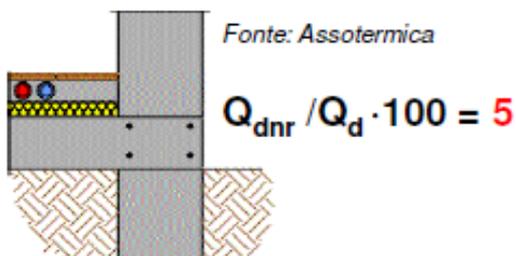
Tubazioni che corrono entro pareti isolate



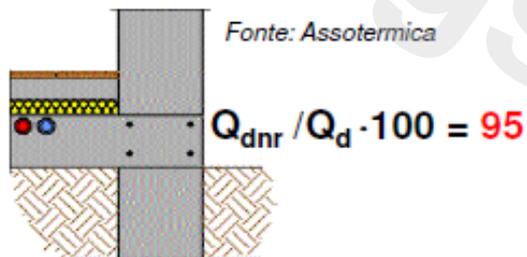
Tubazione tra l'ambiente interno e l'isolamento della parete

Tubazione tra l'isolamento della parete e l'ambiente esterno

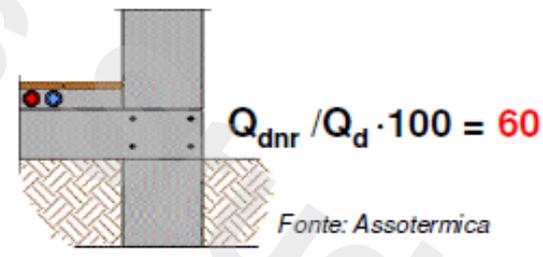
Tubazioni interrato



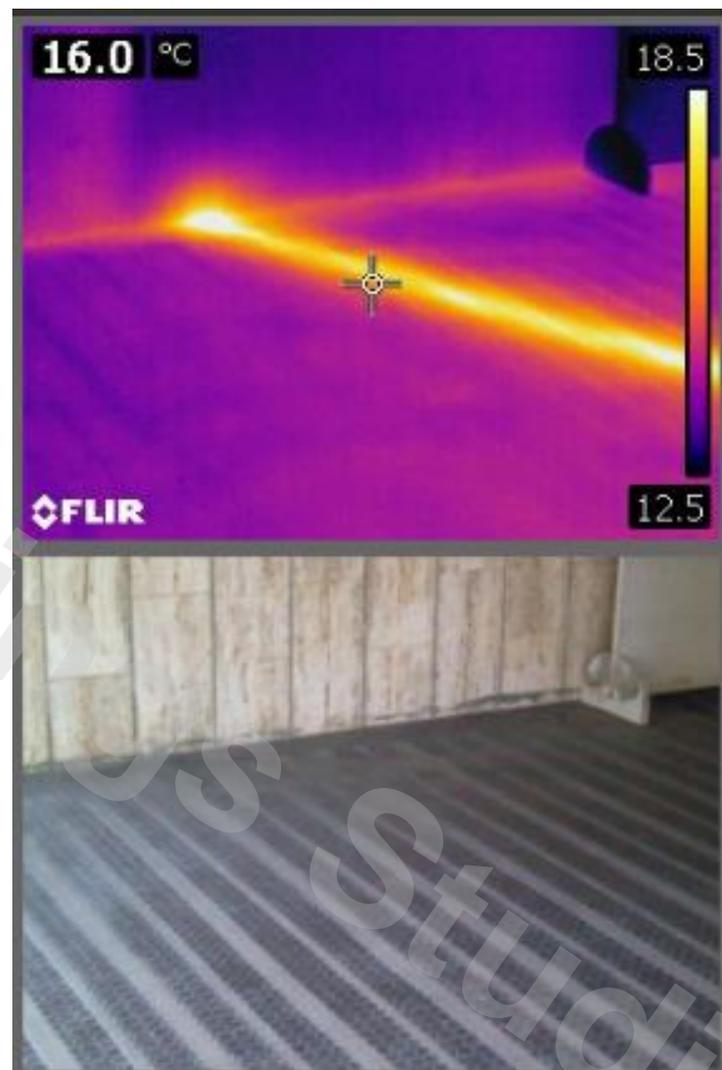
Tubazione tra l'ambiente interno e l'isolamento del terreno



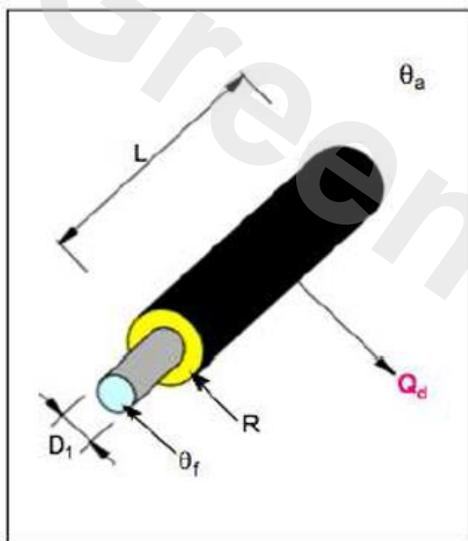
Tubazione al disotto dello strato di isolamento del terreno



Nessun isolamento



Rendimento di Distribuzione: Quanto costano le dispersioni?



$$Q_d = \frac{\pi D_1 \cdot L}{R} \cdot \Delta\theta_{fa} \cdot t_p$$

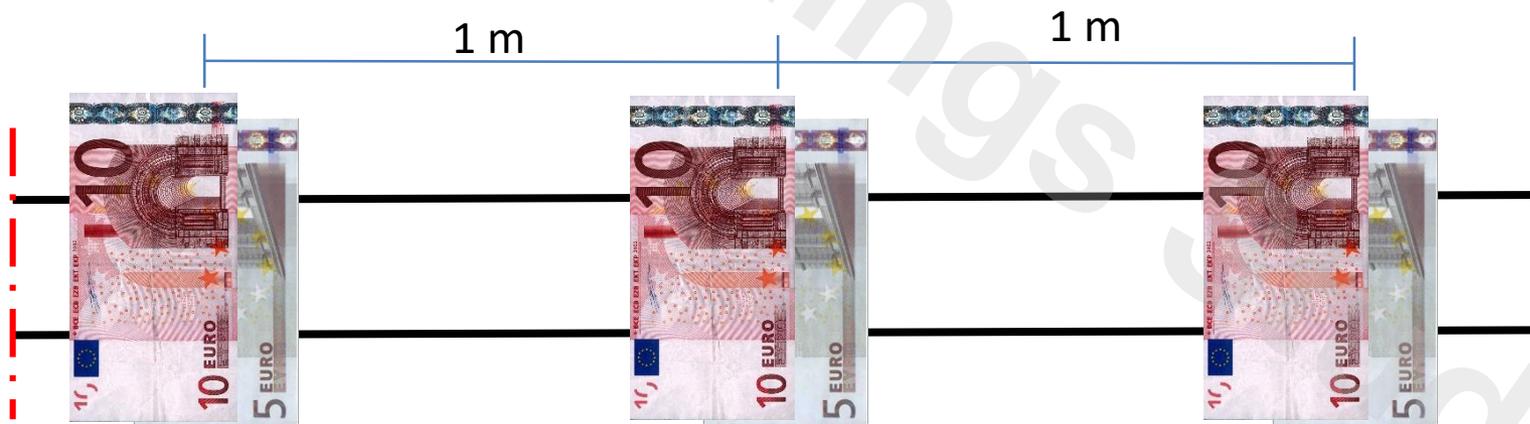
D1 = 50 mm = 0,05 m
 L = 1 m
 K = 2 W/K non isolate
 K = 0,25 W/K isolate
 ΔT = 65° - 15° = 50°C
 t_p = 1360 h (zona C)

ISOLATE

Q_d = 0,25 * 50 * 1360 = 17000 Wh = 17 kWh
 → 1,9 mc di CH₄ → circa **2 €/m**

NON ISOLATE

Q_d = 2 * 50 * 1360 = 136000 Wh = 136 kWh
 → 16 mc di CH₄ → circa **15 €/m**



CALCOLO SEMPLIFICATO DEGLI INTERVENTI MIGLIORATIVI

Calcolo semplificato del risparmio annuo di energia in fonte primaria previsto con un intervento di efficienza energetica

In un involucro edilizio ogni intervento di qualificazione energetica su un generico elemento opaco o finestrato produce come effetto la riduzione della sua trasmittanza U. Dato un elemento opaco di superficie nota S, se definiamo con ΔU la generica variazione di trasmittanza dovuta all'intervento effettuato (espressa in W/m² K) e con ΔT la differenza di temperatura tra le due facce dell'elemento, la potenza termica che non viene dispersa attraverso l'elemento stesso è data da:



$$\Delta Q_h = \Delta U * \Delta T * S \quad [W]$$

dove $\Delta T = (GG/GR) * R * f$

$$\Delta Q_a = (\Delta Q_h * 24 * GR)/1000 = GG * 24 * f * R * \Delta U * S/1000 \quad [kWh]$$

Una volta definita la dispersione termica (ΔQ_a), **l'energia risparmiata** come fonte primaria Q_{pr} è data dalla seguente espressione:

$$Q_{pr} = \Delta Q_a / \eta_g$$

dove η_g è il rendimento globale medio stagionale del sistema edificio-impianto.

Valore tipicamente compreso fra 0,65 e 0,80.

dove:

GG = gradi giorno della località dove sorge l'edificio in cui viene effettuato l'intervento;

GR = durata in giorni del periodo di riscaldamento;

R = fattore di correzione della differenza di temperatura in funzione del tipo di elemento opaco; si consiglia di applicare i seguenti valori:

R = 1 se l'elemento opaco o finestrato divide un ambiente riscaldato dall'esterno;

R = 0,5 se l'elemento opaco divide un ambiente riscaldato da uno non riscaldato;

R = 0,8 se l'elemento opaco divide un ambiente riscaldato dal terreno o da un ambiente non riscaldato e ventilato;

f = fattore di correzione che tiene conto del valore della temperatura interna media (inferiore a 20 °C, poiché il riscaldamento negli ambienti non avviene ininterrottamente nell'arco della giornata ma soltanto in orari prestabiliti).

Si consiglia per gli edifici residenziali f = 0,9, e per tutti gli altri casi da 0,4 a 0,8.

CALCOLO SEMPLIFICATO DEGLI INTERVENTI MIGLIORATIVI

Esempio

Coibentazione delle superfici esterne di una villetta

Superficie 187 mq

Pannello in EPS da 8 cm

Costo da preventivo 57 €/mq

Località Gioia del Colle

Zona climatica D – 1755 GG – 165 GR

$U_i = 0,957 \text{ W/mq K}$

$U_f = 0,282 \text{ W/mq K}$

$\Delta U = 0,675 \text{ W/mq K}$

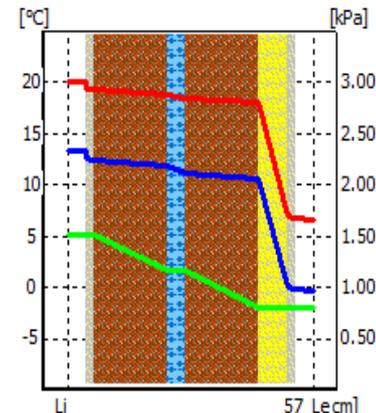
$$\Delta T = (GG/GR) * R * f = (1755/165)*1*0,9 = 9,57$$

$$\Delta Q_h = \Delta U * \Delta T * S = 0,675*9,57*187 = 1208 \text{ [W]}$$

$$\Delta Q_a = (\Delta Q_h * 24 * GR)/1000 = 1208 * 24 * 165 /1000 = 4783,67 \text{ [kWh]}$$

$$Q_{pr} = \Delta Q_a / \eta_g = 4783,67/0,8 = 5980 \text{ kWh/anno} \longrightarrow 600 \text{ mc CH}_4$$

Spesa = $57*187=10.659 \text{ €}$ → Ritorno lordo 18 anni



CALCOLO SEMPLIFICATO DEGLI INTERVENTI MIGLIORATIVI

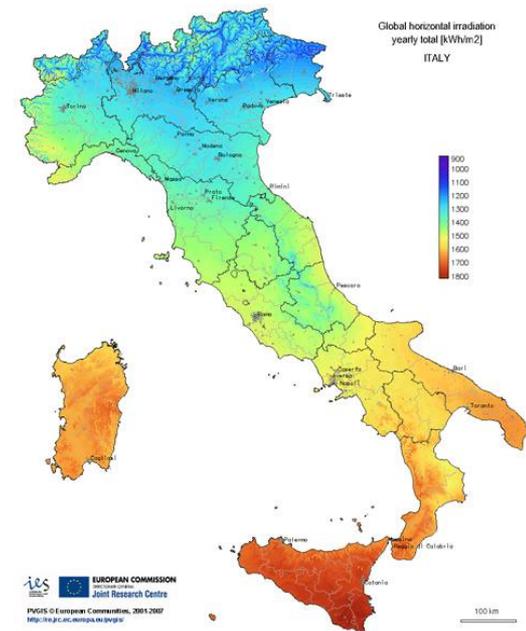
Installazione solare termico

Passo 1): individuazione della fascia solare

Dal punto di vista dell'irraggiamento solare, l'Italia è stata divisa, a livello provinciale, in cinque fasce.

L'utente deve per prima cosa individuare la propria fascia di appartenenza sulla scorta della seguente tabella:

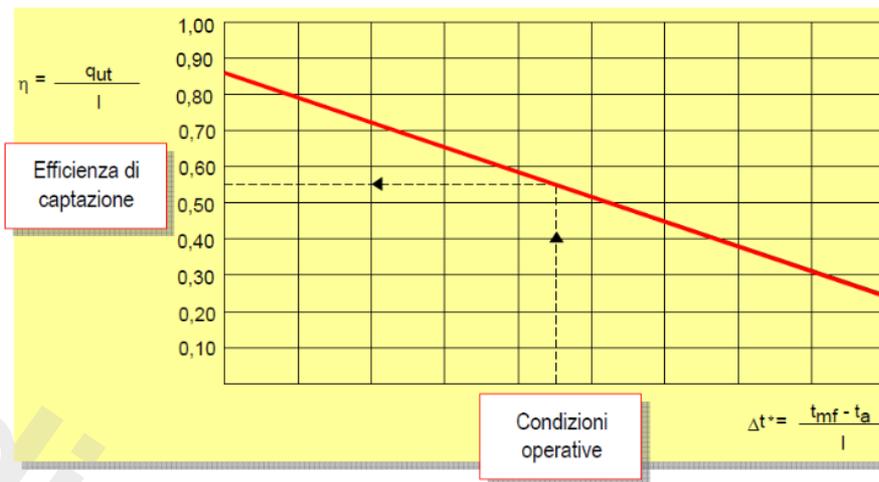
Fascia solare	PROVINCE
Fascia 1	Alessandria, Aosta, Arezzo, Asti, Belluno, Bergamo, Biella, Bolzano, Como, Cuneo, Gorizia, Lecco, Lodi, Mantova, Milano, Novara, Padova, Pavia, Pistoia, Pordenone, Prato, Torino, Trieste, Udine, Varese, Verbania, Vercelli, Verona, Vicenza
Fascia 2	Ancona, Aquila, Ascoli, Bologna, Brescia, Cremona, Ferrara, Firenze, Forlì, Genova, Isernia, La Spezia, Lucca, Massa C., Modena, Parma, Perugia, Pesaro, Piacenza, Ravenna, Reggio Emilia, Rieti, Rimini, Rovigo, Salerno, Savona, Siena, Sondrio, Teramo, Terni, Trento, Treviso, Venezia, Viterbo
Fascia 3	Avellino, Benevento, Cagliari, Campobasso, Chieti, Foggia, Frosinone, Grosseto, Imperia, Livorno, Macerata, Matera, Pescara, Pisa, Potenza, Roma
Fascia 4	Bari , Brindisi, Caserta, Catanzaro, Crotone, Latina, Lecce, Messina, Napoli, Nuoro, Oristano, Reggio Calabria, Sassari, Taranto, Vibo-Valentia
Fascia 5	Agrigento, Caltanissetta, Catania, Cosenza, Enna, Palermo, Ragusa, Siracusa, Trapani



Studio

CALCOLO SEMPLIFICATO DEGLI INTERVENTI MIGLIORATIVI

Passo 2): verifica della rispondenza del rendimento del collettore al valore minimo ammissibile



- i collettori solari considerati ammissibili ai fini del riconoscimento debbono avere valori di rendimento termico superiori ai valori minimi valutati con le seguenti formule:

$$\eta_{\min} = 0,7 - 7,5 \cdot T_m^* \quad (0,01 \leq T_m^* \leq 0,07) \text{ nel caso di collettori piani}$$

$$\eta_{\min} = 0,55 - 2,0 \cdot T_m^* \quad (0,01 \leq T_m^* \leq 0,07) \text{ nel caso di collettori sottovuoto}$$

dove T_m^* è definita dalle norme UNI EN 12975-2 e UNI EN 12976-2 (“Metodi di prova”) e la superficie di riferimento è la superficie dell’assorbitore, ai sensi delle medesime norme.

CALCOLO SEMPLIFICATO DEGLI INTERVENTI MIGLIORATIVI

Passo 3): determinazione del risparmio specifico lordo per unità di superficie dei collettori

Il risparmio specifico netto RSN di energia primaria conseguibile per singola unità fisica di riferimento può essere desunto dalla seguente tabella a tripla entrata, in funzione della fascia solare, del tipo di collettore installato (se piano o sotto vuoto) e dell'impianto di produzione termica sostituito (se boiler elettrico oppure a gas/gasolio o teleriscaldamento):

UFR = m² di superficie di apertura dei collettori installati, come definita ai sensi delle norme UNI EN 12975-2 e UNI EN12976-2

RSN [kWh/anno/UFR]	Collettori solari piani			Collettori solari sotto vuoto		
	Impianto integrato o sostituito			Impianto integrato o sostituito		
Fascia solare ricavabile dalla Tabella precedente	Boiler elettrico	Gas, gasolio	Teleriscalda- mento	Boiler elettrico	Gas, gasolio	Teleriscalda- mento
1	1209	709	523	1512	884	651
2	1628	953	6978	1895	1116	814
3	1791	1047	767	2058	1209	884
4	2256	1314	965	2465	1442	1058
5	2442	1430	1047	2663	1558	1140

CALCOLO SEMPLIFICATO DEGLI INTERVENTI MIGLIORATIVI

Passo 4): calcolo del risparmio globale lordo di energia primaria

Una volta determinato il risparmio lordo specifico - per m² di pannello solare - occorre moltiplicarlo per la superficie installata:

$$RN = RSN \cdot S \text{ [kWh/anno]}$$

Esempio

Località: Taranto → Fascia 4

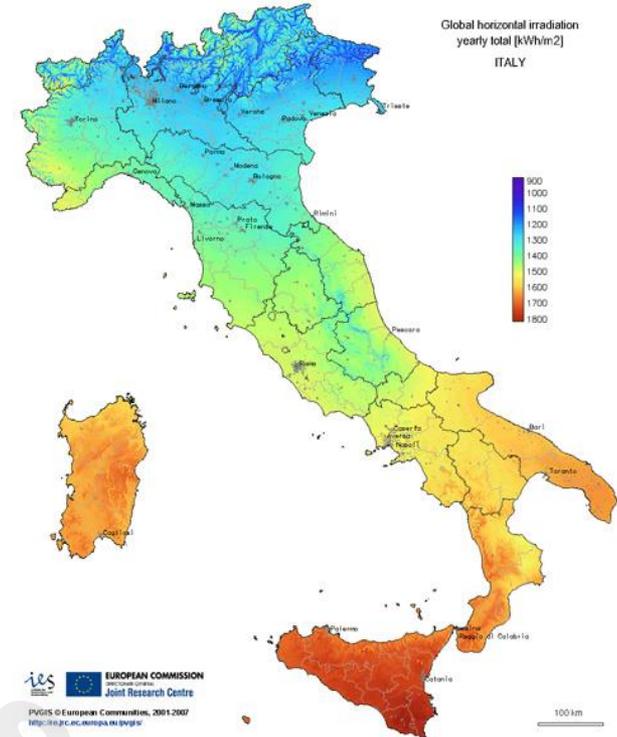
Generatore integrato o sostituito: caldaia a gas

Collettore installato: tipo piano

UFR = 2,15 mq

RSN: 1314 kWh/anno*UFR

Risparmio Lordo: $RSN * UFR = 1314 * 2,15 = 2825,1 \text{ kWh/anno}$



**282 mc circa di CH₄
280 €/anno**

CALCOLO SEMPLIFICATO DEGLI INTERVENTI MIGLIORATIVI

Sostituzione generatore

Determinazione del risparmio di energia primaria



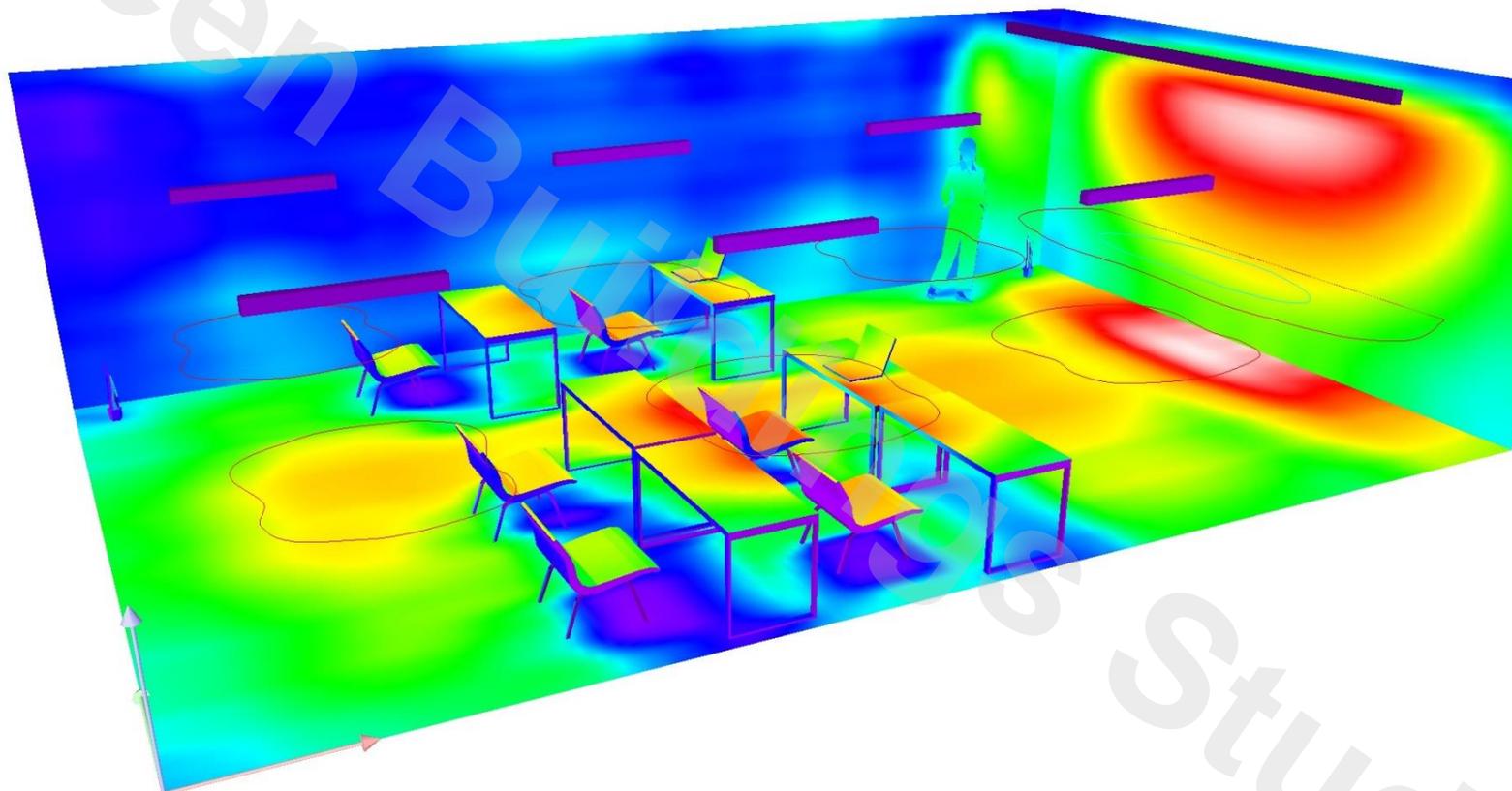
Metodo di valutazione standardizzata (1)		
Unità fisica di riferimento (UFR): caldaia unifamiliare a 4 stelle di efficienza, alimentata a gas naturale e al servizio di un appartamento tipo di 82 mq.		
Risparmio specifico lordo (RSL) di energia primaria conseguibile per singola UFR		
Tipo di utilizzo	Zona climatica	RSL (kWh/app.to·anno)
Riscaldamento	A, B	163
Riscaldamento	C	268
Riscaldamento	D	489
Riscaldamento	E	768
Riscaldamento	F	1070
Riscaldamento + acs	A, B	466
Riscaldamento + acs	C	559
Riscaldamento + acs	D	780
Riscaldamento + acs	E	1070
Riscaldamento + acs	F	1361

(1) di cui all'art. 4 dell'allegato A alla delibera dell'Autorità per l'energia elettrica e il gas n. 103/2003

Dati							kWh	Mcal
E1	E2	E3	Tu	Ti	eta e	eta n	14525	12482,45
	14525	35	4	65	15	0,91		
Calcoli								
F1	F2	F3	RSL					
	0,172134	0,030279	0	0,20	Tep/anno			
			2.354,07	kWh/anno				
E1	fabbisogno termico dell'appartamento in kWh/anno						DATI DA INSERIRE PER IL CALCOLO	
E2	consumo giornaliero di acqua calda a persona. Valore consigliato 35 litri							
E3	numero medio nucleo familiare							
Tu	temperatura acqua uscita caldaia							
Ti	temperatura acqua ingresso caldaia						NON MODIFICARE LE FORMULE	
eta e	rendimento vecchia caldaia							
eta n	rendimento nuova caldaia							
F1	Riduzione di consumo di energia primaria dovuto alla variazione di rendimento di caldaia							
F2	Riduzione di consumo di energia primaria dovuto alla variazione di rendimento nella produzione di acqua calda sanitaria							
F3	Incremento di consumo di energia primaria dovuto ai fan coil							



FABBISOGNI DI ENERGIA PER L'ILLUMINAZIONE



FABBISOGNI DI ENERGIA PER L'ILLUMINAZIONE-Generalità

La metodologia di calcolo della prestazione energetica degli edifici specifica al servizio illuminazione è stabilita dalla norma **UNI EN 15193**.

NORMA EUROPEA	Prestazione energetica degli edifici Requisiti energetici per illuminazione	UNI EN 15193
		MARZO 2008
	Energy performance of buildings Energy requirements for lighting	Versione italiana del febbraio 2011

La norma specifica la metodologia di calcolo del consumo energetico degli impianti di illuminazione in interni di edifici e definisce un indicatore numerico dei requisiti energetici per l'illuminazione da utilizzare per la certificazione energetica. Essa può essere usata sia per gli edifici esistenti, sia per gli edifici nuovi o in ristrutturazione.

La norma fornisce anche i riferimenti su cui basare i valori limiti di energia previsti per l'illuminazione. Inoltre fornisce una metodologia per il calcolo dell'energia istantanea consumata per l'illuminazione per la stima dell'efficienza energetica globale dell'edificio. Sono escluse le potenze parassite non incluse negli apparecchi.

FABBISOGNI DI ENERGIA PER L'ILLUMINAZIONE-Generalità

LENI

Lighting Energy Numeric Indicator

$$\text{LENI} = W / A \quad [\text{kWh} / \text{m}^2\text{anno}]$$

dove:

W = Energia totale annuale per l'illuminazione [kWh / anno]

A = Area utile totale dell'edificio [m²].

$$W = W_L + W_P \quad [\text{kWh} / \text{anno}]$$

dove:

W_L = Energia luminosa consumata in un anno(compresi gli alimentatori) [kWh]

W_P = Energia parassita dissipata in un anno dai dispositivi di controllo dei sistemi di regolazione e caricamento delle lampade di sicurezza [kWh].

WL = Energia Luminosa Consumata in un anno

$$W_L = \frac{\sum(P_n * F_C) + [(t_D * F_O * F_D) + (t_N * F_O)]}{1000} \quad [kWh]$$

dove:

P_n = Potenza installata di tutti gli apparecchi illuminanti della zona compresi gli alimentatori [kWh];

F_c = “*Fattore d’illuminamento costante*” tiene conto di un controllo che regola la max potenza erogabile per evitare che con lampade nuove si determini un illuminamento superiore al necessario;

F_o = “*Fattore di dipendenza dall’occupazione*” tiene conto di un controllo luce sensibile alla occupazione dei locali;

F_D = “*Fattore di dipendenza dalla luce diurna*” che tiene conto di un controllo luce sensibile alla presenza di luce diurna;

t_D = Tempo di funzionamento diurno [h];

t_N = Tempo di funzionamento notturno [h].

UNI TS 11300-2, Appendice D, prospetto D1

Tempi di operatività dell'illuminazione artificiale diurna t_D e notturna t_N

Tipologia di edificio	t_D [h]	t_N [h]
E.1(3) – Edifici adibiti ad albergo, pensioni e attività similari	3000	2000
E.2 – Edifici adibiti ad uffici e assimilabili	2250	250
E.3 – Edifici adibiti ad ospedali, cliniche, case di cura e assimilabili	3000	2000
E.4.(1) – Cinema e teatri, sale di riunioni per congressi	1250	1250
E.4.(2) – Luoghi di culto, mostre, musei e biblioteche	1250	250
E.4.(3) – Bar, ristoranti, sale da ballo	1250	1250
E.5 – Edifici adibiti ad attività commerciali ed assimilabili	3000	2000
E.6.(1) – Piscine, saune e assimilabili E.6.(2) – Palestre e assimilabili E.6.(3) – Servizi a supporto alle attività sportive	2000	2000
E.7 – Edifici adibiti ad attività scolastiche di tutti i livelli e assimilabili	1800	200
E.8 – Edifici adibiti ad attività industriali ed artigianali e assimilabili	2500	1500

Determinazione del fattore di dipendenza dalla luce diurna F_D

Il coefficiente di dipendenza dalla **luce diurna** F_D consente di valutare i valori relativi al **risparmio energetico** ottenibile attraverso una corretta integrazione tra illuminazione artificiale e illuminazione naturale degli ambienti interni.

$$F_{D,n} = 1 - (F_{D,S,n} \times F_{D,C,n})$$

in cui

$F_{D,S,n}$ è il fattore di disponibilità della luce diurna attraverso finestre verticali nella zona n

$$F_{D,S} = a + b Y_{\text{sito}}$$

dove: a e b = valori in Tabella 6 in funzione della disponibilità di luce;

Y_{sito} = latitudine del sito dell'edificio.

$F_{D,C,n}$ è il fattore di comando della luce diurna, e dipende dal tipo di sistema di controllo utilizzato. (Tab 5)

$$W_L = \frac{\sum(P_n \cdot F_C) + [(t_D \cdot F_O \cdot F_D) + (t_N \cdot F_O)]}{1000} \quad [kWh]$$

Tabella 5 - Fattore di controllo della luce diurna in funzione del tipo di controllo manuale o automatico e della disponibilità di luce weak (debole), medium (media) e strong (forte)

$F_{D,C}$ in funzione della penetrazione di luce naturale			
Sistema di controllo	Debole	Media	Forte
Manuale	0,20	0,30	0,40
Automatico	0,75	0,77	0,85

Tabella 6 - Valori di a e b in funzione del valore di illuminamento e della disponibilità della luce diurna per il calcolo di $F_{D,S}$

Illuminamento medio di progetto [Lux]	Penetrazione di luce naturale	a	b
300	debole	1,2425	-0,0117
	media	1,3097	-0,0106
	forte	1,2904	-0,0088
500	debole	0,9432	-0,0094
	media	1,2425	-0,0117
	forte	1,3220	-0,011
750	debole	0,6692	-0,0067
	media	1,0054	-0,0098
	forte	1,2812	-0,0121

Stima della predisposizione del locale a recepire la luce diurna

- D_C = fattore di luce diurna, stima della predisposizione del locale a recepire luce diurna;
- D = fattore di classificazione luce diurna che tiene conto della finestratura.

Tabella 7 - Disponibilità della luce diurna		
D_C	D	Penetrazione di luce naturale
$D_C \geq 6\%$	$D \geq 3\%$	Forte
$6\% > D_C \geq 4\%$	$3\% > D \geq 2\%$	Media
$4\% > D_C \geq 2\%$	$2\% > D \geq 1\%$	Debole
$D_C < 2\%$	$D < 1\%$	Nessuna

$$D_C = (4,13 + 20I_T - 1,36I_{DE}) I_0$$

dove:

- $I_T = A_C / A_D$ indice di trasparenza; rapporto tra area lorda delle aperture della facciata A_C e area del piano di lavoro orizzontale che riceve la luce diurna A_D ;
- $I_{DE} = a_D / (h_{Li} - h_{Ta})$ indice di profondità pari al rapporto tra profondità della zona investita da luce diurna e altezza della sommità della finestra rispetto al piano di lavoro;
- I_0 = esprime l'effetto di ostruzione che limita l'ingresso della luce diurna (in assenza di ostruzioni $I_0 = 1$)

Indice di trasparenza I_T

$$I_T = A_C / A_D$$

A_c è l'area delle aperture nella facciata,
 A_b l'area totale delle superfici di lavoro orizzontali che ricevono illuminazione naturale

$$A_{D,max} = 2,5 * (h_{Li} - h_{Ta})$$

AD,max è la massima profondità della zona illuminata dalla luce naturale,

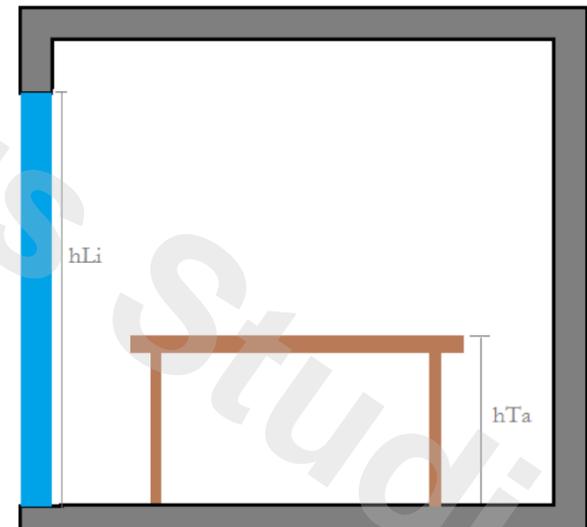
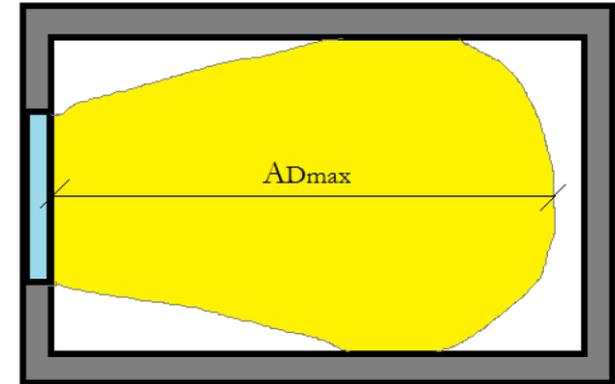
hLi è l'altezza dell'architrave della finestra dal pavimento

hTa è l'altezza del piano di lavoro (stessa altezza del davanzale) rispetto al suolo.

La sub-area AD,j dello spazio con luce diurna j risulta quindi dalla

$$A_{Dj} = a_{D,max} * b_D$$

in cui $a_{D,max}$ è la profondità dell'area che riceve luce naturale, mentre b_D è la larghezza



Indice di Ostruzione I₀

$$I_0 = I_{0,0B} I_{0,0V} I_{0,0VF} I_{0,0CA} I_{0,0GDF}$$

dove:

- $I_{0,0B}$ = fattore per ostruzioni lineari
- $I_{0,0V}$ = fattore per sporgenze
- $I_{0,0VF}$ = fattore per alette verticali
- $I_{0,0CA}$ = fattore per cortili
- $I_{0,0GDF}$ = fattore per doppie facciate vetrate

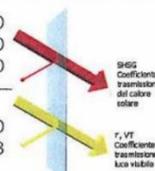
$$D = D_C \tau k_1 k_2 k_3$$

dove:

- τ = coefficiente emisferico di trasmissione diretta del sistema vetrato, Tabella 8
- k_1 = fattore di telaio della finestra, tipico = 0,7
- k_2 = fattore di pulizia del vetro. tipico = 0,8
- k_3 = fattore di incidenza della luce, tipico = 0,85

Tabella 8 - Coefficiente emisferico $\tau_{D65,SNA}$ di trasmissione diretta del sistema vetrato

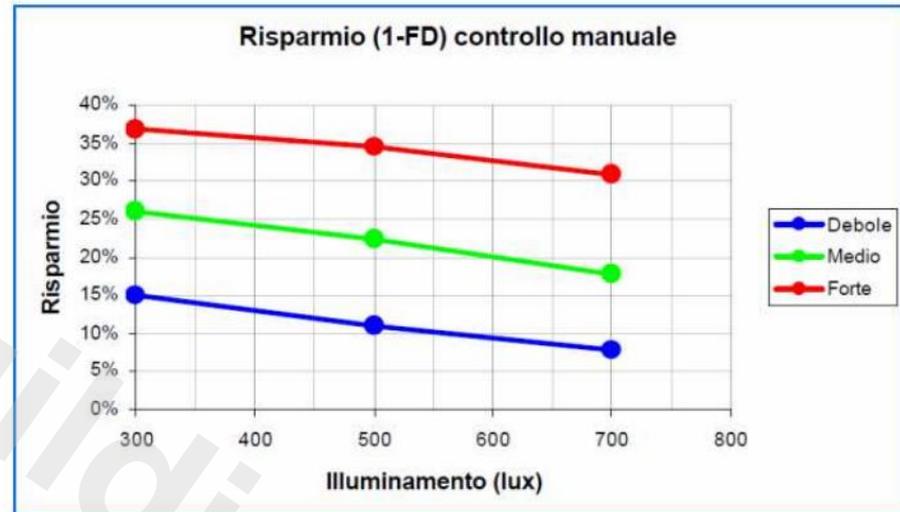
Tipo di finestratura	Coefficiente emisferico di trasmissione diretta del sistema vetrato τ (coefficiente di trasmissione di luce visibile, visual transmittance VT)	Coefficiente di trasmissione del calore solare (solar heat gain SHSG)
Vetro semplice chiaro	0,90	0,86
Vetro semplice schermo solare	0,68	0,73
Vetro doppio chiaro	0,81	0,76
Vetro doppio schermo solare	0,61	0,63
Vetro doppio a performance controllata (argon-kripton filled)	0,75 0,80 0,70	0,70 0,60 0,40
Vetro triplo a performance controllata (argon kripton filled)	0,65 0,56	0,50 0,33



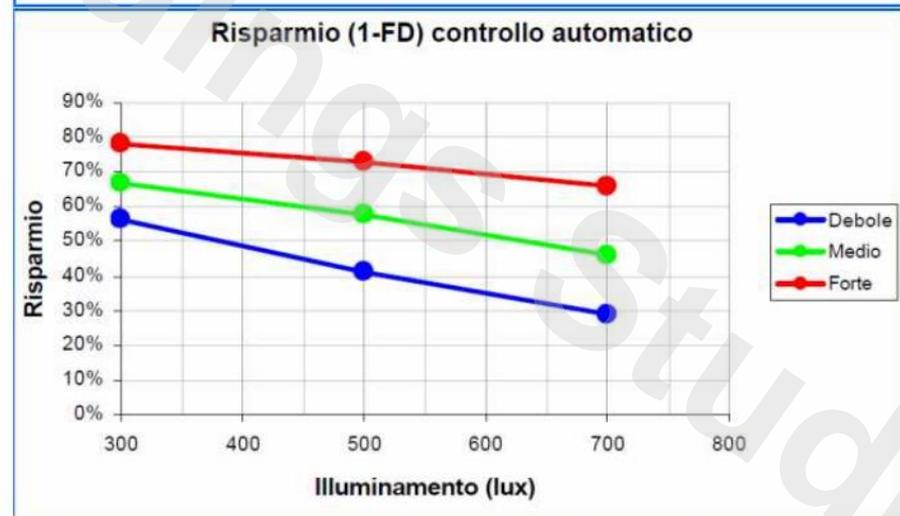
Determinazione del fattore di dipendenza dalla luce diurna F_D

Risparmio energetico con :

- controlli manuali (grafico a)



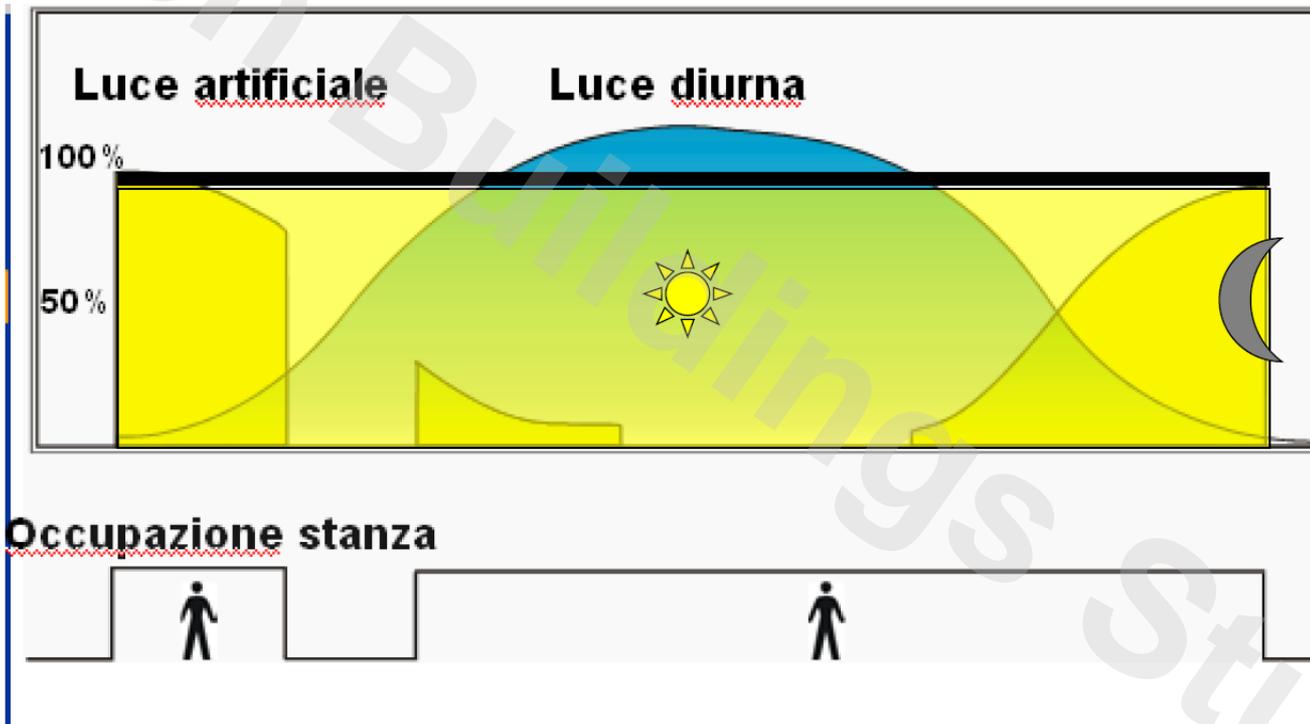
- controlli automatici (grafico b)



Sistema di illuminazione (EN 15193)

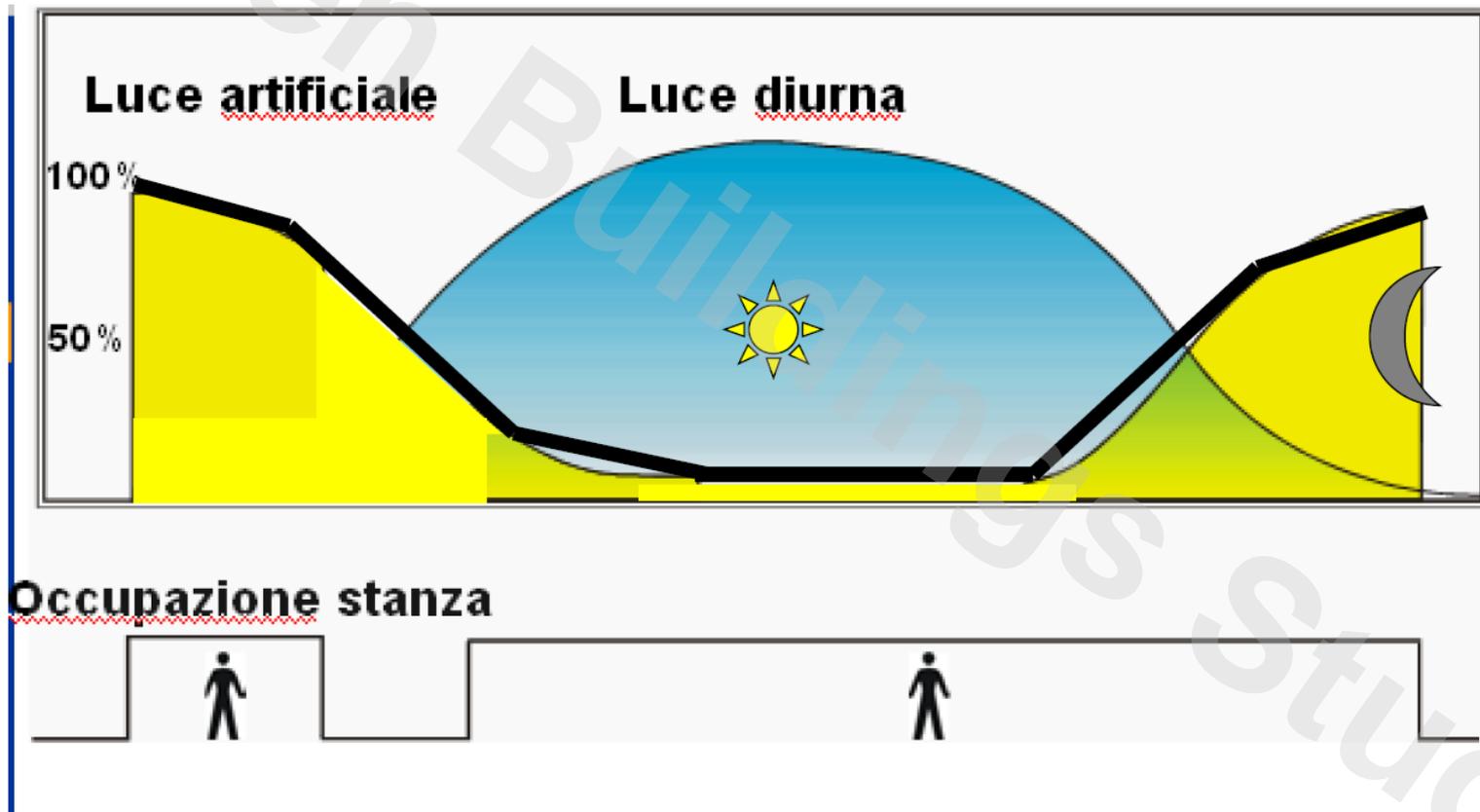
GESTIONE LUCE IN UN UFFICIO

-SENZA CONTROLLO AUTOMATICO P=100% SEMPRE



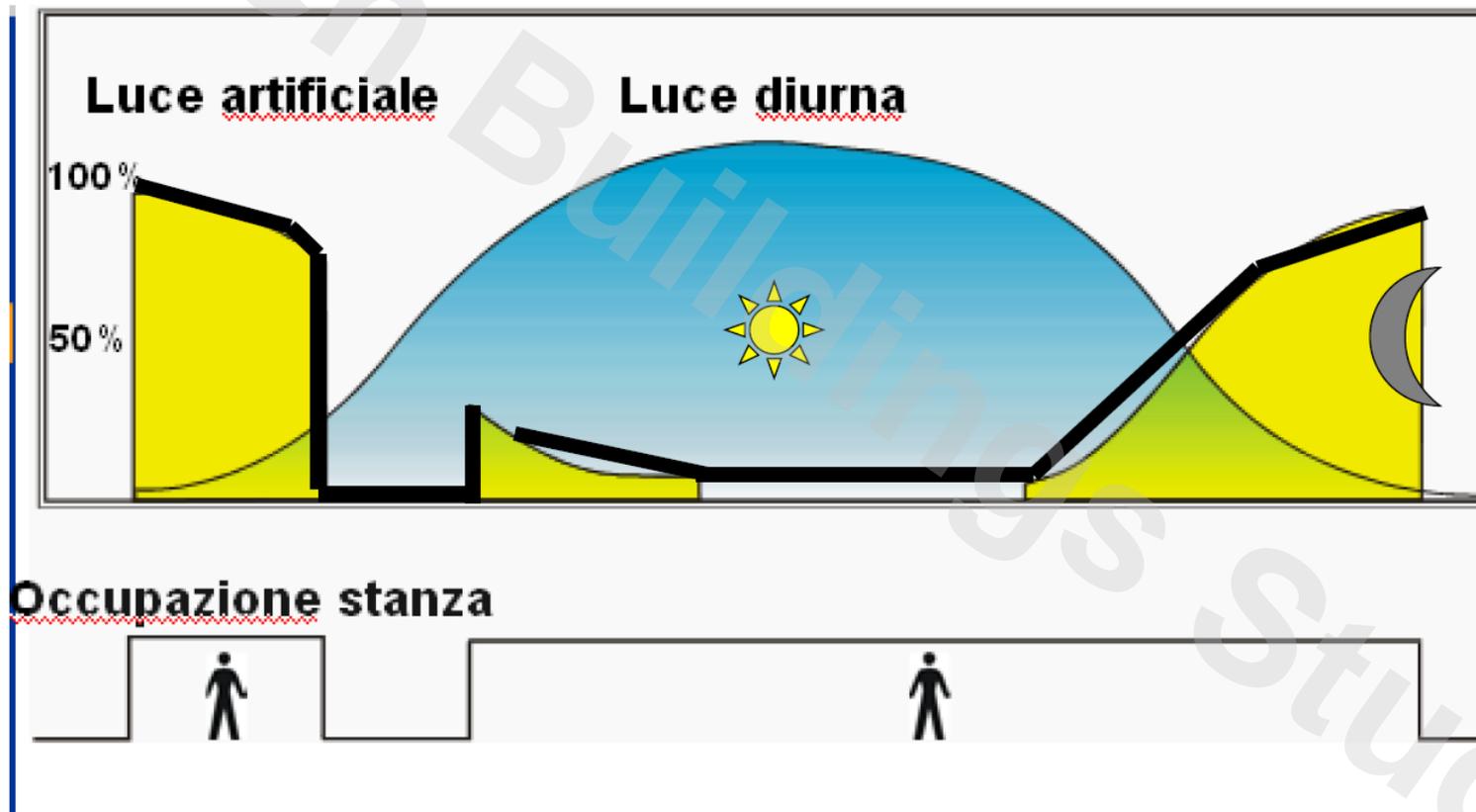
GESTIONE LUCE IN UN UFFICIO

-CON CONTROLLO AUTOMATICO SENZA RILEV PRESENZA



GESTIONE LUCE IN UN UFFICIO

-CON CONTROLLO AUTOMATICO E RILEV PRESENZA



Determinazione del fattore di dipendenza dall'occupazione F_0

Il Fattore di dipendenza dall'occupazione F_0 consente di tenere conto di quanto l'illuminazione artificiale venga utilizzata in relazione alle modalità di utilizzo dell'edificio o della zona e dei sistemi di controllo installati. F_0 è sempre pari a 1 per quei locali nei quali l'illuminazione viene attivata centralmente oppure per i quali l'area illuminata da un gruppo di apparecchi attivati insieme sia maggiore di 30 m².

$$W_L = \frac{\sum(P_n * F_C) + [(t_D * F_0 * F_D) + (t_N * F_0)]}{1000} \quad [kWh]$$

$F_0 = 1$	se l'illuminazione è controllata centralmente oppure in gruppi per aree maggiori di 30 m ²
$F_0 = 1 - F_A \frac{1 - F_{OC}}{0,2}$	se $0,0 \leq F_A \leq 0,2$
$F_0 = F_{OC} + 0,2 - F_A$	se $0,2 \leq F_A \leq 0,9$
$F_0 = (7 - 10F_{OC})(F_A - 1)$	se $0,9 \leq F_A \leq 1,0$

In cui F_A è un valore che rappresenta la proporzione di tempo nel quale lo spazio non è occupato ed è tabellato nella norma in funzione della destinazione d'uso dell'edificio e del compito visivo cui è destinata l'area in esame.

F_{OC} , invece è fissato in funzione del tipo di sistema di controllo

Tabella 3 - Valori di F_A per alcune tipologie di locali in un edificio uffici		
Tipo di edificio	Tipo di stanza	F_A
Uffici	Ufficio 1 persona	0,4
	Ufficio 2-6 persone	0,3
	Open space con densità > 6 persone/30m ²	0
	Open space con densità > 6 persone/10m ²	0,2
	Corridoi	0,4
	Entrate, hall	0
	Showroom	0,6
	Bathroom	0,9
	Rest room	0,5
	Storage room / CED	0,9
	Locali tecnologici	0,98
	Fotocopie	0,5
	Sale conferenze	0,5
	Archivi	0,98

Tabella 2 - Valori di F_{OC} in funzione del tipo di controllo	
Sistemi di controllo che non presentano un sensore di occupazione	F_{OC}
accensione e spegnimento manuale	1,00
accensione e spegnimento manuale con sistema generale automatico di spegnimento	0,95
Sistemi di controllo che presentano un sensore di occupazione	F_{OC}
accensione automatica e spegnimento in dimming	0,95
accensione e spegnimento automatico	0,90
accensione manuale e spegnimento in dimming	0,90
accensione manuale e spegnimento automatico	0,80

Determinazione del fattore di illuminamento costante F_C

Il fattore di illuminamento costante tiene conto del fatto che tutte le sorgenti artificiali, con i relativi apparecchi illuminanti, dal momento della loro installazione iniziano a degradarsi e a ridurre la propria potenza in uscita.

$$W_L = \frac{\sum(P_N * F_C) + [(t_D * F_O * F_D) + (t_N * F_O)]}{1000} \quad [kWh]$$

$$F_C = \frac{(1 + MF)}{2}$$

In cui MF è il fattore di manutenzione del sistema di illuminazione ed è determinato

$$M_F = LLMF * LSF * LMF * RSMF$$

In cui

LLMF tiene conto della riduzione del flusso luminoso nel tempo,

LSF è il tasso di mortalità delle lampade,

LMF dipende dal fattore dallo sporco che si deposita sulle lampade ed

RSMF è il decadimento delle proprietà di riflessione del locale per effetto dello sporco.

Esempio di calcolo

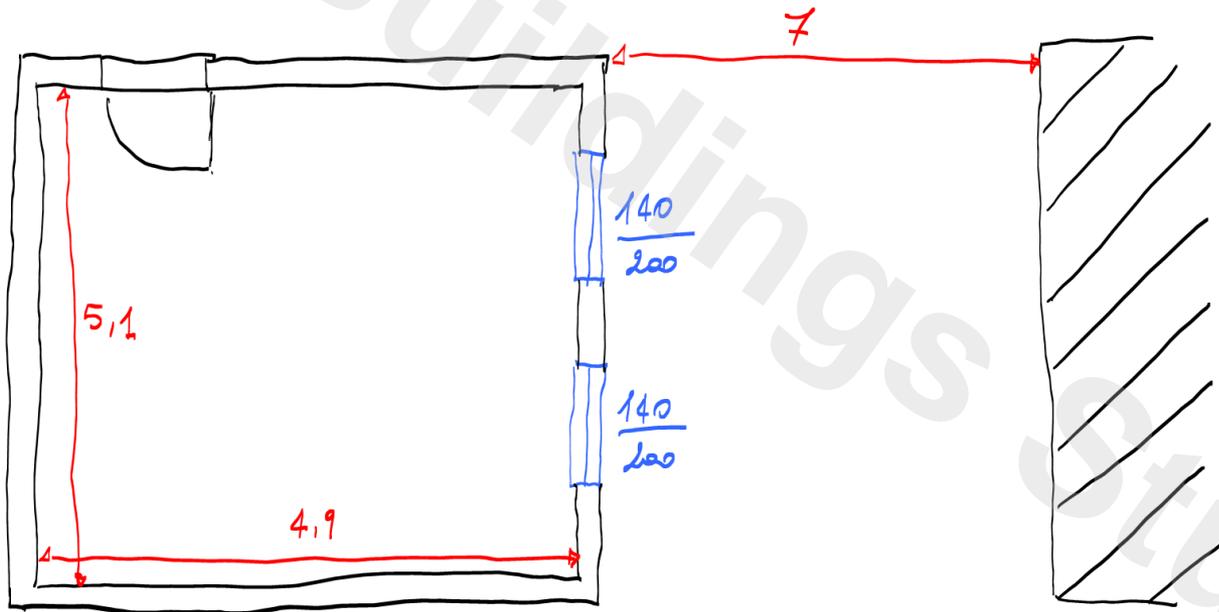
Ufficio Sala riunione 5,1x4,9 m

n. 2 Finestre 1,4x2 m con altezza davanzale 1 m

Ombreggiamento frontale di un edificio distante 7 m alto 5,4 m dal punto medio finestra

P_n installata 280 W

Assenza controllo illuminazione e illuminazione di emergenza



Esempio di calcolo

Calcolare

$$LENI = W_L/A$$

$$W_L = \frac{\sum(P_n * F_C) + [(t_D * F_O * F_D) + (t_N * F_O)]}{1000} \quad [kWh]$$

Prospetto D1 UNI Ts 11300-2

Ufficio → $t_D = 2250$ h/anno e $t_N = 250$ h/anno

Calcolo fattore illuminamento costante F_C

$$F_C = \frac{(1+MF)}{2}$$

MF = fattore di manutenzione dello schermo

Ipotizzo assenza di manutenzione e cautelativamente impongo $F_C=1$

Esempio di calcolo

Calcolo fattore occupazione F_0

$F_0 = 1$ se l'illuminazione è controllata centralmente oppure in gruppi per aree maggiori di 30 m²

$$F_0 = 1 - F_A \frac{1 - F_{OC}}{0,2} \quad \text{se } 0,0 \leq F_A \leq 0,2$$

$$F_0 = F_{OC} + 0,2 - F_A \quad \text{se } 0,2 \leq F_A \leq 0,9$$

$$F_0 = (7 - 10F_{OC})(F_A - 1) \quad \text{se } 0,9 \leq F_A \leq 1,0$$

$$F_0 = 1 + 0,2 - 0,5 = 0,7$$

Fattore F_A

Categoria dell'edificio e destinazione d'uso	Tipologia di ambiente	Fattore di assenza F_A
E.1(3) – Edifici adibiti ad albergo, pensioni e attività similari	Ingressi, receptions, spazi comuni, bar e assimilabili	0,0
	Corridoi e assimilabili	0,4
	Sale conferenza, sale riunioni e assimilabili	0,5
	Stanze	0,6
	Servizi igienici, magazzini e assimilabili	0,9
E.2 – Edifici adibiti ad uffici e assimilabili	Ingressi, receptions	0,0
	Uffici open-space	0,0
	Uffici singoli	0,1
	Corridoi e assimilabili	0,4
	Sale conferenza, sale riunioni, rest-room e assimilabili	0,5
	Servizi igienici, magazzini e assimilabili	0,9

Tabella 2 - Valori di F_{OC} in funzione del tipo di controllo

Sistemi di controllo che non presentano un sensore di occupazione	F_{OC}
accensione e spegnimento manuale	1,00
accensione e spegnimento manuale con sistema generale automatico di spegnimento	0,95
Sistemi di controllo che presentano un sensore di occupazione	F_{OC}
accensione automatica e spegnimento in dimming	0,95
accensione e spegnimento automatico	0,90
accensione manuale e spegnimento in dimming	0,90
accensione manuale e spegnimento automatico	0,80

Esempio di calcolo

Calcolo fattore disponibilità luce diurna F_D

$$F_{D,n} = 1 - (F_{D,S,n} \times F_{D,C,n})$$

$$F_{D,S} = a + b \gamma_{s,t_0}$$

Per individuare a e b devo classificare la penetrazione della luce diurna, cioè devo determinare:

$$D_c = (4,13 + 20 \times I_T - 1,36 \times I_{De}) \cdot I_0$$

Per cui devo determinare I_0 , I_T e I_{De}

$I_T = A_C / A_D$ indice di trasparenza; rapporto tra area lorda delle aperture della facciata A_C e area del piano di lavoro orizzontale che riceve la luce diurna A_D ;

$I_{De} = a_D / (h_{Li} - h_{Ta})$ indice di profondità pari al rapporto tra profondità della zona investita da luce diurna e altezza della sommità della finestra rispetto al piano di lavoro;

I_0 = esprime l'effetto di ostruzione che limita l'ingresso della luce diurna (in assenza di ostruzioni $I_0 = 1$)

Esempio di calcolo

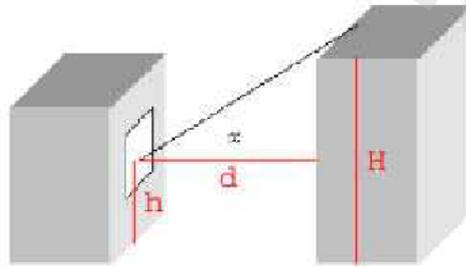
Calcolo indice di ostruzione l_0

$$l_0 = l_{0,0B} l_{0,0V} l_{0,0VF} l_{0,0CA} l_{0,0GDF}$$

dove:

- $l_{0,0B}$ = fattore per ostruzioni lineari
- $l_{0,0V}$ = fattore per sporgenze
- $l_{0,0VF}$ = fattore per alette verticali
- $l_{0,0CA}$ = fattore per cortili
- $l_{0,0GDF}$ = fattore per doppie facciate vetrate

Nel nostro caso abbiamo solo ostruzioni lineari $l_{0,0B}$



$$\alpha = \arctg\left(\frac{H-h}{d}\right) \rightarrow 38^\circ \rightarrow l_{0,0B} = \cos(1,5 \times 38) = \cos(1,5 \times 38) = 0,54$$

dove:

- H = altezza dell'ostruzione esterna [m²]
- h = distanza tra il centro della finestra considerata e il terreno [-]
- d = distanza tra il bordo esterno della finestra e l'ostruzione esterna

Esempio di calcolo

Calcolo indice di trasparenza I_T e indice di profondità I_{De}

$$I_T = A_C / A_D$$

A_c è l'area delle aperture nella facciata,
 A_b l'area totale delle superfici di lavoro
 orizzontali che ricevono illuminazione naturale

Nel nostro caso A_c è la somma delle aree delle finestre $\rightarrow 2 \times (1,4 \times 2) = 5,6 \text{ m}^2$

$$A_{D,max} = 2,5 * (h_{Li} - h_{Ta})$$

$$A_{D,max} = 2,5 \times (3 - 1) = 5 \text{ m} > 4,9 \rightarrow \text{prendo } 4,9 \text{ m}$$

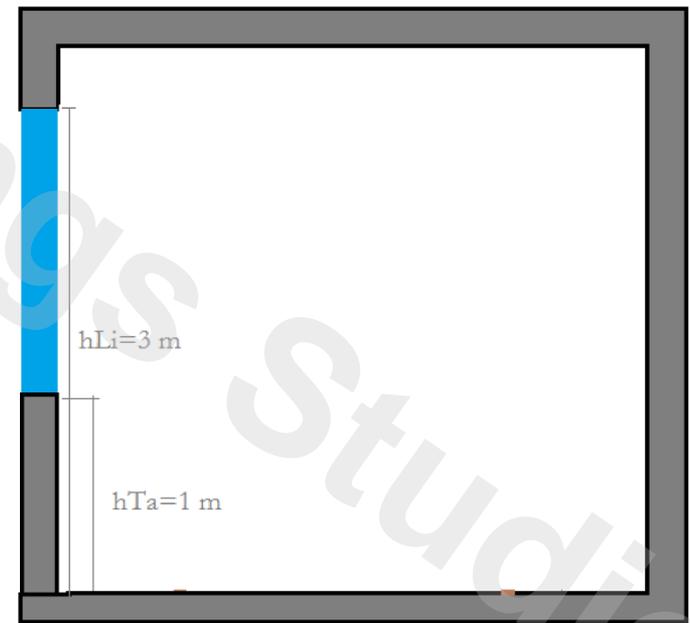


$$A_{Dj} = a_{D,max} * b_D \rightarrow 4,9 \times 5,1 = 24,99 \text{ mq}$$



$$I_T = 5,6 / 24,99 = \mathbf{0,22}$$

$$I_{De} = A_{Dmax} / (h_{Li} - h_{Ta}) = 4,9 / (3 - 1) = \mathbf{2,45}$$



Esempio di calcolo

Classificazione della penetrazione

Quindi, avendo calcolato:

$$IT = 5,6/24,99 = \mathbf{0,22} ;$$

$$IDe = AD_{max}/(h_{Li}-h_{Ta}) = 4,9/(3-1) = \mathbf{2,45}$$

$$I_{o,OB} = \cos(1,5 \times \gamma_{o,OB}) = \cos(1,5 \times 38) = \mathbf{0,54}$$

$$D_c = (4,13 + 20 \times IT - 1,36 \times IDe) \times I_o$$

$$D_c = (4,13 + 20 \times 0,22 - 1,36 \times 2,45) \times 0,54 = 0,028 = \mathbf{2,8\%}$$

Tabella 7 - Disponibilità della luce diurna		
D_c	D	Penetrazione di luce naturale
$D_c \geq 6\%$	$D \geq 3\%$	Forte
$6\% > D_c \geq 4\%$	$3\% > D \geq 2\%$	Media
$4\% > D_c \geq 2\%$	$2\% > D \geq 1\%$	Debole
$D_c < 2\%$	$D < 1\%$	Nessuna



Esempio di calcolo

Calcolo del fattore di disponibilità luce diurna F_D

$$F_{D_s} = a + b \gamma_{s,t_0}$$

Considerando la latitudine di Milano = 45,45°

Tabella 5 - Fattore di controllo della luce diurna in funzione del tipo di controllo manuale o automatico e della disponibilità di luce weak (debole), medium (media) e strong (forte)

$F_{D,c}$ in funzione della penetrazione di luce naturale			
Sistema di controllo	Debole	Media	Forte
Manuale	0,20	0,30	0,40
Automatico	0,75	0,77	0,85

$F_{D,c} = 0,2$

$$F_{D,n} = 1 - (F_{D,s,n} \times F_{D,c,n})$$



$$1 - (0,516 \times 0,2) = 0,8968$$

Tabella 6 - Valori di a e b in funzione del valore di illuminamento e della disponibilità della luce diurna per il calcolo di $F_{D,s}$

Illuminamento medio di progetto [lux]	Penetrazione di luce naturale	a	b
300	debole	1,2425	-0,0117
	media	1,3097	-0,0106
	forte	1,3804	-0,0088
500	debole	0,9432	-0,0094
	media	1,2425	-0,0117
	forte	1,3220	-0,011
750	debole	0,6692	-0,0067
	media	1,0054	-0,0098
	forte	1,2812	-0,0121

$$F_{D,s} = 0,9432 - 0,0094 \times 45,45 = 0,516$$

Esempio di calcolo

Riassumendo

$$W_L = \frac{\sum(P_n * F_C) + [(t_D * F_O * F_D) + (t_N * F_O)]}{1000} \quad [kWh]$$

Dati calcolo		Unità mis.	
Potenza installata	Pn	W	280
Fattore occupaz.	Fo	-	0,7
Fatt. Illuminamento Costante	Fc	-	1
Fatt. dipendenza luce diurna	FD	-	0,8968
Tempo utilizzo diurno	tD	h	2250
Tempo utilizzo notturno	tN	h	250
WL		kWh	395,65
WP		kWh	0
W		kWh	395,65
LENI		kWh/mq anno	15,83

Quadro temporale e cronologia degli obblighi di legge in materia di efficienza energetica

Decreti del 26.06.2015

Coefficiente medio globale di scambio termico

$$H'_T < H'_{t\text{-limite}}$$

H't rappresenta coefficiente medio globale di scambio termico per trasmissione per unità di superficie disperdente (UNI TS 11300-1).

$$H'_T = H_{,adj} / \sum_k A_k$$

$$H_{,adj} = \sum_k A_k \times U_k$$

(componenti opachi e trasparenti)

Tabella 10 - Valore massimo ammissibile del coefficiente globale di scambio termico H'_T (W/m^2K)

Numero Riga	RAPPORTO DI FORMA (S/V)	Zona climatica				
		A e B	C	D	E	F
1	$S/V \geq 0,7$	0,58	0,55	0,53	0,50	0,48
2	$0,7 > S/V \geq 0,4$	0,63	0,60	0,58	0,55	0,53
3	$0,4 > S/V$	0,80	0,80	0,80	0,75	0,70

Grazie



green
buildings studio

www.greenbuildingstudio.it

info@greenbuildingstudio.it
080 9681490