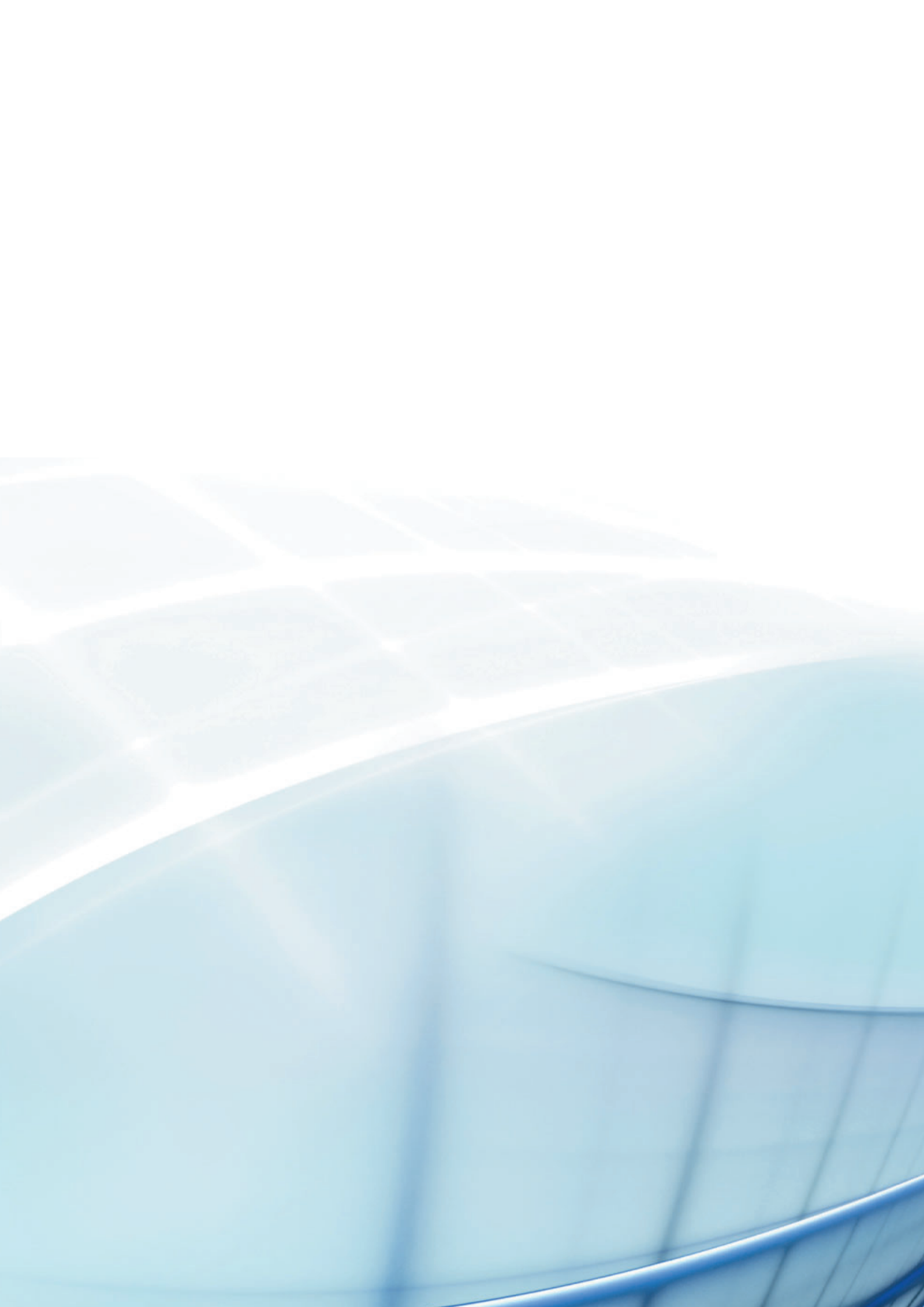




RISCALDARE E RISPARMIARE

radiatori in alluminio
e pannelli radianti a confronto

riqualificazione energetica
degli edifici esistenti



RISCALDARE E RISPARMIARE

**Impianti di riscaldamento a bassa temperatura:
radiatori in alluminio e pannelli radianti a confronto**

**Utilizzo dei radiatori in alluminio
in abbinamento alle caldaie a condensazione
ed alle pompe di calore
nella riqualificazione energetica
degli edifici esistenti**



Analisi delle prestazioni energetiche di due impianti di riscaldamento a bassa temperatura: Impianto con pannelli radianti a pavimento Impianto con radiatori in alluminio

Attraverso il confronto di un impianto di riscaldamento realizzato con pannelli radianti ed uno realizzato con radiatori di alluminio, il presente studio intende fare chiarezza riguardo al consumo energetico ed alle concrete possibilità di risparmio.

L'opinione diffusa riguardo alla convenienza dei pannelli radianti è spesso accompagnata da supporti teorici che non entrano, se non in maniera marginale, nella realtà del fabbisogno energetico e nella reale condizione di funzionamento degli impianti di riscaldamento.

E' opportuna quindi una importante premessa:

la quantità di calore necessaria a riscaldare un edificio dipende unicamente ed esclusivamente dalle sue caratteristiche costruttive (spessore delle murature, grado di isolamento termico, caratteristiche dei serramenti).

Detta quantità di calore è la stessa qualunque sia il tipo di impianto presente. L'impianto ha influenza nell'efficienza con cui il calore viene fornito all'ambiente, misurabile tramite i rendimenti di emissione e di regolazione.

Da questa semplice considerazione di fisica tecnica consegue che, a livello teorico (cioè ad impianto funzionante sempre alle condizioni nominali), a parità di condizioni, il consumo dello stesso edificio è identico sia che si impieghi un impianto a radiatori sia che si impieghi un impianto a pannelli, a meno della differenza di rendimento di emissione e regolazione, molto piccola, come vedremo.

Nella realtà gli impianti funzionano per la maggior parte del tempo a carichi variabili, cioè in regime di regolazione: a parità di condizioni si avranno consumi energetici minori per gli impianti con migliori rendimenti di regolazione.

Compito primario degli impianti è infatti, non solo fornire il calore necessario, ma soprattutto adeguare questa quantità di calore il più velocemente possibile alle variazioni dei carichi termici. E' quindi preferibile impiegare impianti a bassa inerzia termica.

L'inerzia termica esprime la capacità di un sistema di riscaldamento di adeguarsi velocemente alle variazioni dei carichi termici a cui esso è sottoposto durante l'arco della giornata.

Il rendimento di regolazione esprime numericamente come l'impianto si adegua più o meno velocemente alle variazioni dei carichi termici istantanei.

L'impianto con radiatori in alluminio riscalda immediatamente l'aria ambiente, e solo successivamente le strutture dell'edificio, e quindi in virtù di questa caratteristica è definibile come un impianto a bassa inerzia termica, e di conseguenza ad alto rendimento di regolazione.

L'impianto a pannelli radianti, prima della cessione di calore all'ambiente, deve scaldare la struttura dell'edificio (pavimento) che ne è parte integrante. L'impianto a pannelli radianti è definibile quindi ad alta inerzia termica, e di conseguenza a più basso rendimento di regolazione.

Al raggiungimento della temperatura impostata, nell'impianto a radiatori cessa quasi istantaneamente l'apporto di calore, mentre esso continua nell'impianto a pannelli a causa della notevole quantità di calore accumulata nella struttura del pavimento; prima di riscontrare l'effetto dell'intervento del sistema di regolazione si deve avere la diminuzione del calore accumulato all'interno dell'intera struttura del pavimento.

Nella pratica, un clima come quello italiano, caratterizzato da forti escursioni termiche durante l'arco della giornata e da una insolazione sufficientemente elevata rende significativo l'apporto di calore attraverso vetrate esposte verso sud/sud-ovest; altre fonti di calore gratuito sono i vari elettrodomestici (computer, TV, apparecchi di lavaggi, cottura) e la presenza o meno di persone. Tutte queste fonti di calore, provocano un innalzamento abbastanza repentino della temperatura ambiente. Il sistema di regolazione interviene quindi parzializzando, o chiudendo del tutto, l'afflusso di calore ai terminali presenti in quel dato ambiente.

L'abitazione riscaldata con pannelli radianti, a causa della loro inerzia termica, non risponde con la dovuta velocità a questi aumenti di temperatura. Anche nell'ipotesi di avere valvole motorizzate comandate da termostati per ogni ambiente, l'effetto che si rileva nell'abitazione, è quindi quello di avere un aumento non controllato della temperatura interna. Di conseguenza è praticamente impossibile sfruttare il calore gratuito, si ha inoltre un mancato benessere (la temperatura aumenta), e si corre l'ulteriore rischio che, non appena gli apporti di calore gratuito vengano improvvisamente a mancare, il sistema non sia in grado di emettere calore con la necessaria rapidità, causando così un abbassamento della temperatura.

L'abitazione riscaldata con radiatori, grazie alla bassa inerzia termica del sistema, riesce ottimamente a sfruttare gli apporti di calore gratuiti, contribuendo così sia al risparmio energetico, sia al benessere degli occupanti.



In conclusione l'insolazione sufficientemente elevata di pareti e vetrate esposte a sud/sud-ovest, l'emissione di calore nell'utilizzo degli elettrodomestici e la presenza di persone, si devono considerare benefiche fonti di energia gratuita, che possono essere sfruttate solo da un sistema a bassa inerzia termica che reagisce alle variazioni in modo istantaneo riducendo il fabbisogno energetico, conseguentemente i consumi.

L'efficienza di un impianto è quantificabile attraverso l'efficienza di fornitura del calore necessario (rendimento di emissione) e nella pronta risposta alle variazioni dei carichi termici (rendimento di regolazione): l'impiego di sistemi a bassa inerzia termica garantisce la massima capacità di rendimento di regolazione.

Le norme UNI collegate al DLGS 311 confermano che per gli impianti a pannelli radianti il rendimento di regolazione è più basso rispetto ai sistemi con radiatori in alluminio. Minore è questo valore, maggiori saranno di conseguenza i consumi.

L'alta inerzia termica dei sistemi a pannelli radianti determina anche la pratica impossibilità di un impiego dell'impianto in regime di accensione-spegnimento (la normativa, per questo sistema, infatti, prevede, in deroga, il funzionamento continuo nell'arco delle 24 ore).

Se consideriamo l'utilizzo medio di una abitazione durante la settimana limitato a poche ore della giornata, si farà un uso intelligente ed economicamente vantaggioso dell'energia mantenendo una temperatura confortevole solo negli orari di effettiva necessità.

L'impianto con radiatori di alluminio garantisce alto rendimento di emissione e di regolazione, una bassa inerzia termica e consente una programmazione di accensioni e spegnimenti multipli durante l'arco della giornata.

Con l'impianto a pannelli è di fatto impossibile: il tempo di messa a regime è così elevato che nella pratica i periodi di spegnimento sono sostanzialmente nulli. I dati forniti da "Altroconsumo" riportano un aumento di consumo di circa l'8% per ogni grado di temperatura in più.

Di seguito l'elenco di tutti i fattori che influenzano il fabbisogno energetico di un edificio, più precisamente di un sistema edificio-impianto:

- Tipologia edilizia
- Rendimento di produzione
- Rendimento di emissione
- Rendimento di regolazione
- Rendimento di distribuzione
- Assorbimenti elettrici delle pompe di circolazione
- Ore di funzionamento annue dell'impianto.

Risultano dipendenti dalla tipologia impiantistica i rendimenti di emissione e di regolazione e gli assorbimenti elettrici delle pompe di circolazione. A parità di edificio e di sistema di produzione del calore sono invariabili i fattori rimanenti..

Analizziamo quindi i valori dei rendimenti come riportati nelle nuove norme UNITS 11300, appena divenute riferimento per le analisi energetiche degli edifici.

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

tipo di terminale di erogazione	carico termico medio annuo W/m ^{3a}		
	< 4	4 - 10	> 10
	η_e		
radiatori su parete esterna isolata (*)	0,95	0,94	0,92
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 isolati annegati a pavimento	0,99	0,98	0,97
pannelli annegati a pavimento (****)	0,98	0,96	0,94
pannelli annegati a soffitto	0,97	0,95	0,93
pannelli a parete	0,97	0,95	0,93

a) Il carico medio annuo, espresso in W/m³ è ottenuto dividendo il fabbisogno annuo di energia utile espresso in Wh, calcolato secondo la 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 metri cubi.

(*) Il rendimento indicato è riferito ad una temperatura di mandata dell'acqua di 85°C.

Per parete riflettente, si incrementa il rendimento di 0,01.

In presenza di parete esterna non isolata ($U > 0,8 \text{ W/m}^2 \text{ K}$) si riduce il rendimento di 0,04.

Per temperatura di mandata dell'acqua $\leq 65^\circ\text{C}$ si incrementa il rendimento di 0,03.

(**) I consumi elettrici non sono considerati e devono essere calcolati separatamente.

(***) Per quando riguarda i sistemi di riscaldamento ad aria calda i valori si riferiscono ad impianti con:

- griglie di ripresa dell'aria posizionate ad un'altezza non maggiore di 2,00 m rispetto al livello del pavimento;
- bocchette e diffusori correttamente dimensionati in relazione alla portata e alle caratteristiche del locale;
- corrette condizioni di funzionamento (generatore di taglia adeguata, corretto dimensionamento della portata di aspirazione);
- buona tenuta all'aria dell'involucro e della copertura.

(****) I dati forniti non tengono conto delle perdite di calore non recuperate dal pavimento verso il terreno; queste perdite devono essere calcolate separatamente ed utilizzate per adeguare il valore del rendimento.



rendimenti di regolazione (η_{rg})

tipo di regolazione	caratteristiche	sistemi a elevata inerzia termica		
		sistemi a bassa inerzia termica	pannelli integrati nelle strutture edilizie e disaccoppiati termicamente	pannelli integrati nelle strutture edilizie e non disaccoppiati termicamente
solo climatica (compensazione con sonda esterna)		$1 - (0,6 \eta_u \gamma)$	$0,98 - (0,6 \eta_u \gamma)$	$0,94 - (0,6 \eta_u \gamma)$
solo ambiente con regolatore	On Off	0,94	0,92	0,88
	PI o PID	0,99	0,97	0,93
	P banda prop. 0,5°C	0,98	0,96	0,92
	P banda prop. 1°C	0,97	0,95	0,91
	P banda prop. 2°C	0,95	0,93	0,89
climatica + ambiente con regolatore	On Off	0,97	0,95	0,93
	PI o PID	0,995	0,99	0,97
	P banda prop. 0,5°C	0,99	0,98	0,96
	P banda prop. 1°C	0,98	0,97	0,95
	P banda prop. 2°C	0,97	0,96	0,94
solo zona con regolatore	On Off	0,93	0,91	0,87
	PI o PID	0,995	0,99	0,97
	P banda prop. 0,5°C	0,99	0,98	0,96
	P banda prop. 1°C	0,98	0,97	0,95
	P banda prop. 2°C	0,94	0,92	0,88
climatica + zona con regolatore	On Off	0,96	0,94	0,92
	PI o PID	0,995	0,98	0,96
	P banda prop. 0,5°C	0,98	0,97	0,95
	P banda prop. 1°C	0,97	0,96	0,94
	P banda prop. 2°C	0,96	0,95	0,93

nota γ rapporto apporti/perdite
 η_u fattore di utilizzo degli apporti definito nella UNI/TS 11300-1.

Limitando la nostra analisi agli edifici di altezza inferiore a 4 m, e carico termico medio annuo compreso tra 4 e 10 W/m^{3a} il rendimento di emissione per un radiatore su parete esterna isolata è pari a 0,94 + 0,03 (impianti a bassa temperatura), cioè 0,97. Può arrivare fino a 0,98 posizionando un pannello riflettente dietro il radiatore. Il rendimento di emissione di un sistema radiante a pavimento isolato dalla struttura è invece pari a 0,98. La differenza di rendimento tra i due sistemi è quindi nulla o pari a 0,01.

Più significativa è l'analisi del rendimento di regolazione. La norma distingue tra sistemi a bassa inerzia termica, i radiatori, e sistemi ad elevata inerzia termica, i pannelli radianti. In tutti i casi esposti il rendimento dei pannelli radianti è inferiore a quello dei radiatori.

Considerati pressoché identici i parametri che determinano il consumo di un sistema edificio-impianto, riscontriamo l'assorbimento della stessa quantità di energia sia nel riscaldamento con radiatori che con pannelli; è realistico altresì aspettarsi una percentuale di consumo inferiore per gli impianti a radiatori

Confermano quanto esposto le conclusioni ottenute confrontando le prestazioni energetiche dei due sistemi di riscaldamento tramite un software di calcolo termotecnico e di prestazione energetica (MC4 Software).

L'edificio di nuova costruzione usato per la simulazione è una villetta bifamiliare disposta su due livelli con strutture costituenti l'involucro rispondenti ai requisiti minimi richiesti dal DLSG 311. Nel dettaglio:

- Provincia di riferimento: Firenze
- Altitudine s.l.m. 40 m
- Latitudine 43.41
- Zona di vento 2
- Gradi giorno 18/21
- Zona climatica D
- Volume lordo 615.22 m³
- Volume netto 415.13 m³
- Superficie lorda 461.89 m²
- Superficie utile netta 147.28 m²
- S/V 0.751
- Differenza temperatura media stagionale 9.798 °C
- Numero giorni di riscaldamento 166

Condizioni di funzionamento: continuo nelle 24 ore accensione ottimizzata (come da verifiche ai sensi L.10 e successive modifiche).



Principali risultati dei calcoli

Impianto a radiatori:

Fabbisogno Energetico Normalizzato (FEN): 24.264 kJ/m³g °C

Fabbisogno Energia Primaria EP_i: 51.27 kWh/m²anno (EP_{lim} 78.47 kWh/m² anno)

Rendimento globale: 79.67 (rendimento globale minimo 68.97)

Calcolo del Fabbisogno di Energia Primaria e del Rendimento Globale Stagionale

Centrali/Generatori di legge

Descrizione

caldaia

-Calcoli di legge-

Dati Risultati di calcolo Targa energetica

Dati utili per il calcolo del EPI

Volume lordo [m ³]	615.227
Volume netto [m ³]	456.131
Superficie lorda [m ²]	461.886
Superficie utile netta [m ²]	147.281
S/V [1/m]	0.751
fts = Fabbisogno totale stagionale [MJ]	27183.789
Etag = Rendimento medio stagionale	78.961
dTm = Diff. Temperatura media stagionale [°C]	11.798
N = Numero di giorni di riscaldamento	166

Calcolo FEN

$$FEN = fts / (dTm * N * Vol)$$

Calcolo EPI [kWh/m² anno]

$$EPI = fts / (3.6 * S)$$

Risultati di calcolo

FEN [kJ/m³ g°C]

EPI < EP_{i,lim} Stato Verificato [kWh/m² anno]

Etag > Etag_{min} Stato Verificato

Infiltrazioni tra zone

OK Help Cancel

Calcolo del Fabbisogno di Energia Primaria e del Rendimento Globale Stagionale

Centrali/Generatori di legge

Descrizione

caldaia

-Calcoli di legge-

Dati Risultati di calcolo Targa energetica

Scala [kWh/m² anno]

Categoria di Consumo

Basso Consumo

A

B

C

D

E

F

G

Alto Consumo

[kWh/m² anno]

78.47-Ep_{i,lim.}

51.27-Ep_i

Infiltrazioni tra zone

OK Help Cancel

Impianto a pannelli radianti:

Fabbisogno Energetico Normalizzato (FEN): 25.262 kJ/m³g °C

Fabbisogno Energia Primaria EP_i: 53.378 kWh/m²anno (EP_{lim} 78.47 kWh/m² anno)

Rendimento globale: 75.75 (rendimento globale minimo 68.97)

Centrali/Generatori di legge -Calcoli di legge-

Descrizione: caldaia

Dati utili per il calcolo del EPI

Volume lordo [m ³]	615.227
Volume netto [m ³]	456.131
Superficie lorda [m ²]	461.886
Superficie utile netta [m ²]	147.281
S/V [1/m]	0.751
fts = Fabbisogno totale stagionale [MJ]	28301.463
Etag = Rendimento medio stagionale	75.751
dTm = Diff. Temperatura media stagionale [°C]	11.798
N = Numero di giorni di riscaldamento	166

Calcolo FEN
FEN = fts / (dTm * N * Vol)

Calcolo EPI [kWh/m² anno]
EPI = fts / (3.6 * S)

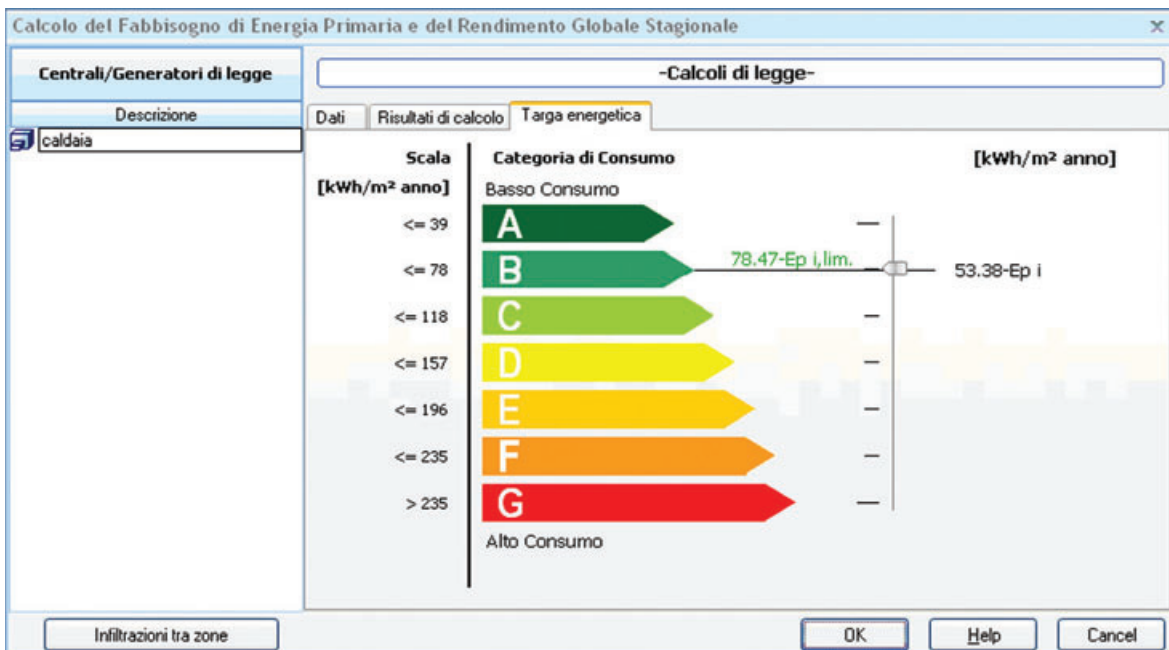
Risultati di calcolo

FEN: 25.262 [kJ/m³ g °C]

EP_i: 53.378 < EP_{lim}: 78.468 Stato: Verificato [kWh/m² anno]

Etag: 75.751 > Etag_{min}: 68.967 Stato: Verificato

Infiltrazioni tra zone: OK Help Cancel



Analisi Risultati

L'analisi dei dati dimostra una piccola differenza nel consumo energetico a vantaggio dell'impianto a radiatori che necessita di 2,11 kwh/m² anno in meno rispetto all'impianto a pavimento. La differenza molto piccola conferma quanto in precedenza affermato: il consumo di un edificio è dato dalle caratteristiche costruttive dell'edificio stesso e non dall'impianto in esso installato.



Un confronto reale

Queste considerazioni teoriche hanno spinto lo staff tecnico di Global ad un confronto pratico. Due identiche camere di prova, una riscaldata con radiatori di alluminio, la seconda con pannelli radianti, sono state costruite all'interno di un edificio industriale non riscaldato. (Foto 1)

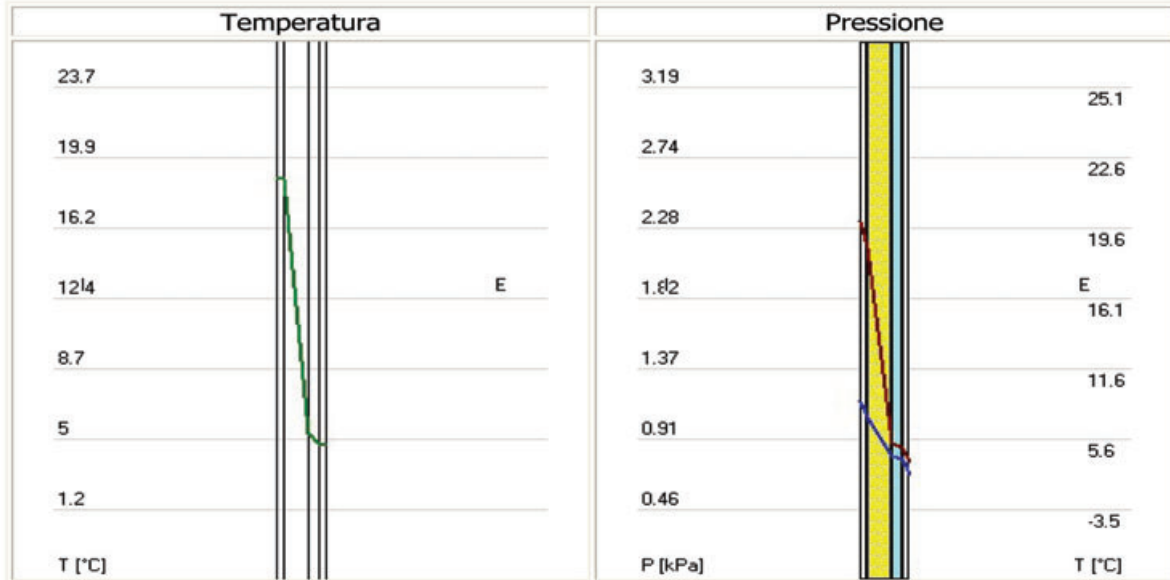


foto 1

Vengono realizzate con tre pareti interne in cartongesso a doppia lastra con interposta lana di roccia; parete esterna in calcestruzzo armato con interposto foglio isolante; solaio in calcestruzzo armato, isolante e massetto; soffitto con doppia lastra di cartongesso ed interposta lana di roccia.

Le strutture costituenti l'involucro edilizio delle due stanze sono così composte:

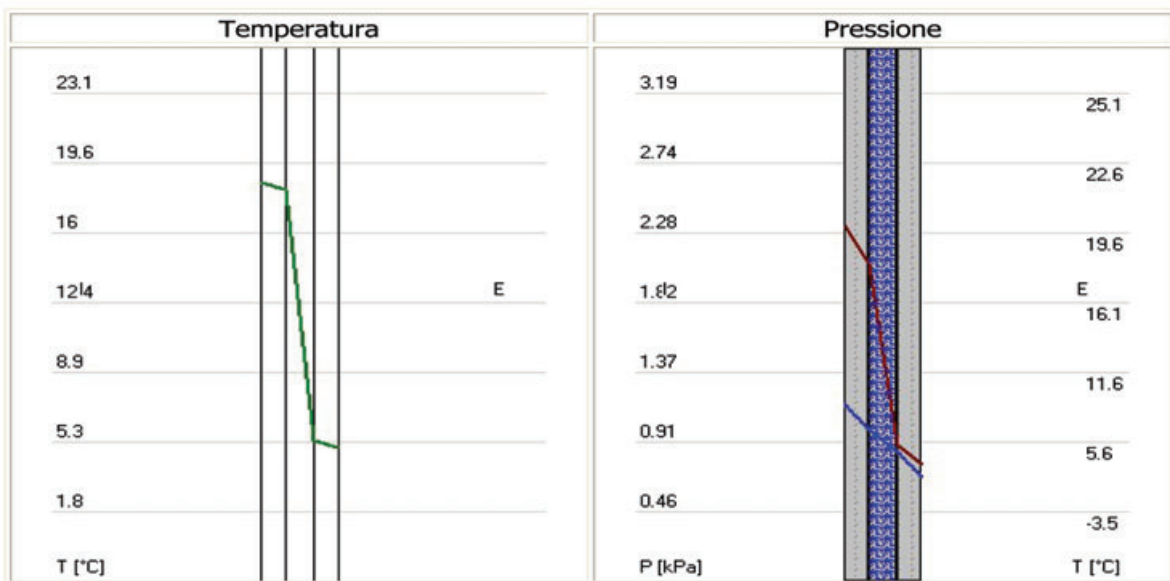
Struttura: parete cartongesso/lana roccia



CALCOLO DELLA TRASMITTANZA NORMALE

trasmissione teorica:	[W/m ² °C]	0,533
incremento di sicurezza (0[%]):	[W/m ² °C]	0,533
arrotondamento		
trasmissione adottata	[W/m ² °C]	0,533

Struttura: parete capannone

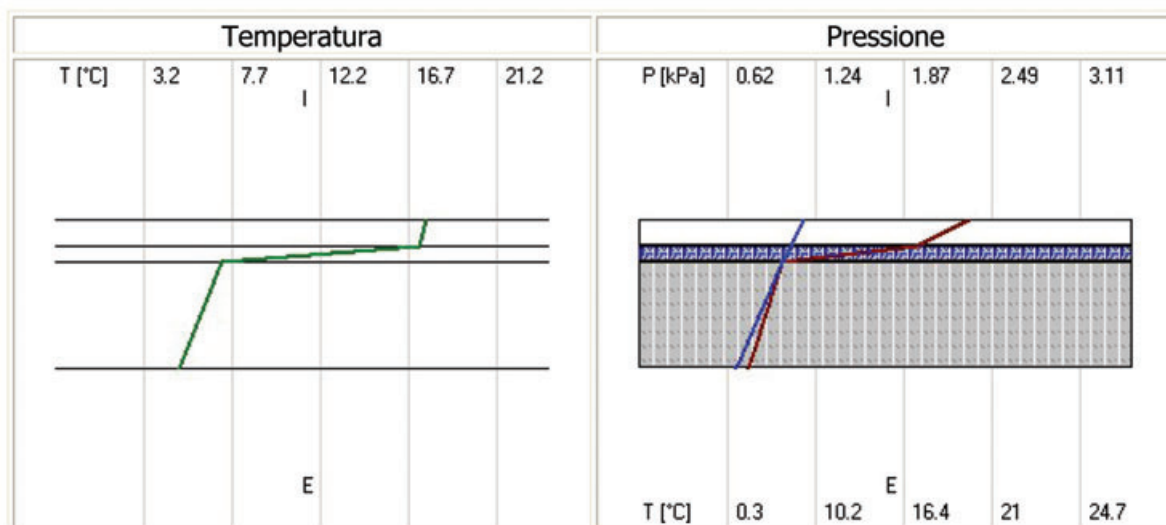


CALCOLO DELLA TRASMITTANZA NORMALE

trasmissione teorica:	[W/m ² °C]	0,695
incremento di sicurezza (0[%]):	[W/m ² °C]	0,695
arrotondamento		
trasmissione adottata	[W/m ² °C]	0,695



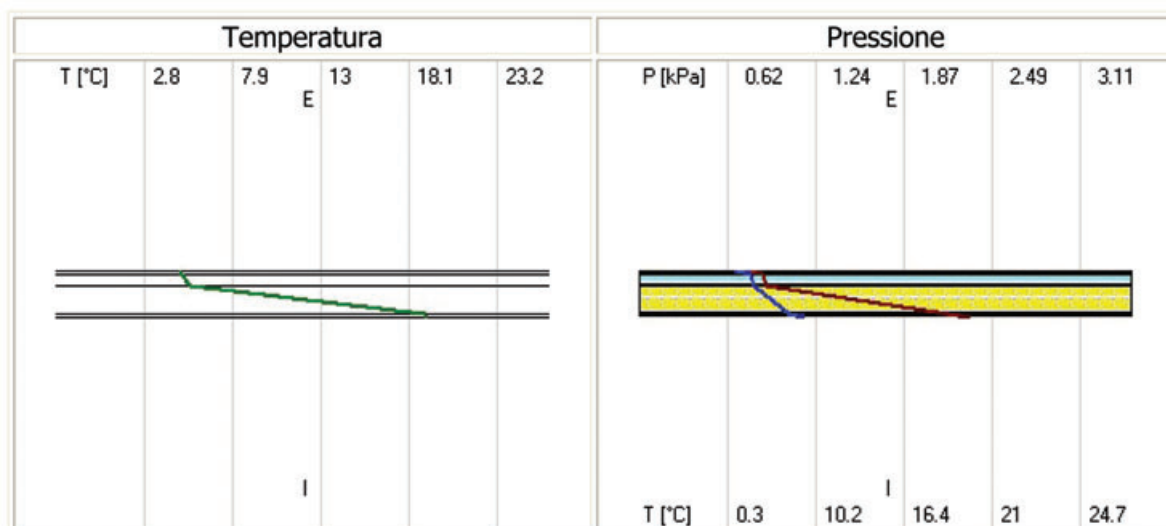
Struttura: pavimento



CALCOLO DELLA TRASMITTANZA NORMALE

trasmissione teorica:	[W/m ² °C]	0,903
incremento di sicurezza (0[%]):	[W/m ² °C]	0,903
arrotondamento		
trasmissione adottata	[W/m ² °C]	0,903

Struttura: soffitto



CALCOLO DELLA TRASMITTANZA NORMALE

trasmissione teorica:	[W/m ² °C]	0,542
incremento di sicurezza (0[%]):	[W/m ² °C]	0,542
arrotondamento		
trasmissione adottata	[W/m ² °C]	0,542

Come si può facilmente osservare le strutture sono altamente disperdenti. Questa scelta è stata effettuata per poter avere circa le stesse dispersioni di un edificio di 70 mq in classe B.

Impianti

Generatore di calore: pompa di calore ad acqua/aria Rhoss modello THAEYT 107, con accumulo e circolatore primario.

Massima temperatura in mandata 45°C uguale per entrambi gli impianti.

Gli schemi impiantistici delle due camere sono quelli riportati in figura 5 (radiatori) ed in figura 6 (pannelli radianti)

Particolare collettore radiatori

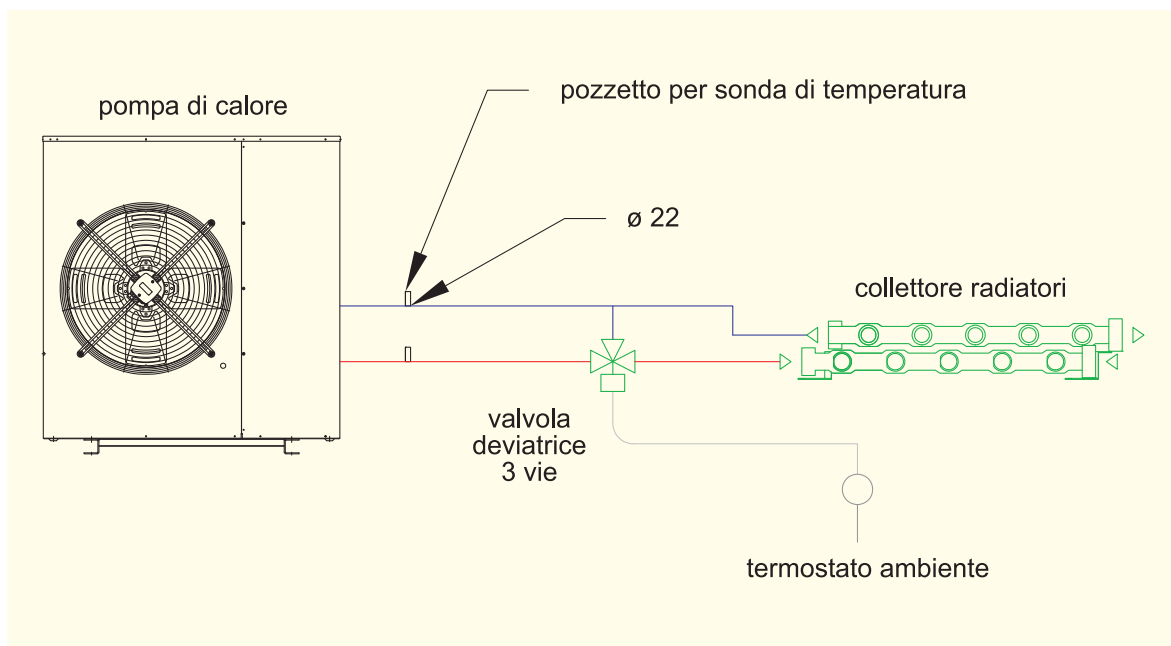


fig. 5

Particolare collettore pannelli radianti

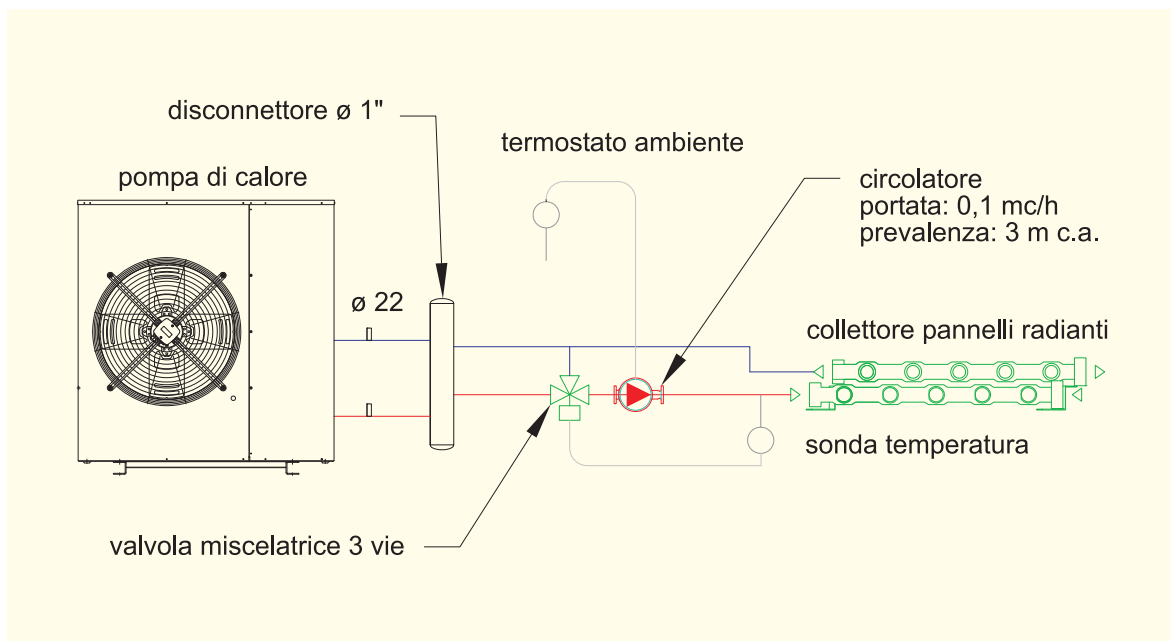


fig. 6



La regolazione avviene per entrambe le camere con cronotermostato giornaliero e settimanale, programmabile su più intervalli di temperatura. Il termostato è tarato per entrambe le camere a 20°C.

Nel sistema a pannelli radianti il termostato agisce sul circolatore secondario.

Nel sistema a radiatori, a seconda del tipo di prove eseguite, agisce o sulla pompa primaria, o sulla valvola a tre vie deviatrice.

Le due stanze sono dotate di un sistema automatico di acquisizione dati in continuo. Ad intervalli di 5 minuti memorizza:

- Consumo elettrico
- Potenza istantanea assorbita
- Temperatura interna alle camere
- Temperatura esterna
- Temperatura di mandata e ritorno acqua dei due impianti

Descrizione del sistema acquisizione dati

Il sistema si compone di una o più schede di acquisizione dati GPC, che collegate tramite una rete in standard RS485 oppure ethernet, fanno riferimento ad un personal computer per la raccolta e l'elaborazione. Sono veri e propri datalogger dotate di una memoria propria, capaci di acquisire e mantenere in memoria i dati per settimane.

Le GPC permettono di interfacciarsi a strumenti quali misuratori di energia o parametri ambientali, PLC esistenti o dedicati alla gestione allarmi in tempo reale, contatori di energia elettrica, acqua, e gas. Per mezzo di reti locali, telefonia standard o GSM, è possibile collegarsi a siti remoti e controllarle in maniera centralizzata.

Installazione Global radiatori

Il sistema installato presso Global si compone di 1 scheda GPC programmata per acquisire i dati dalla strumentazione di campo.

Alla GPC è collegato sia il misuratore di temperature prodotto dalla TecSystem, modello NT538, dotato di 8 canali per sonde di temperatura PT100, sia i multimetri trifase della Revalco, modello 1RAEMC485 (uno per ogni pompa di calore).

Gli apparecchi di misura comunicano con la GPC tramite una interfaccia seriale RS485 a 2 fili, utilizzando il protocollo Modbus RTU.

La GPC, in cui risiede la configurazione del sistema, conosce quali canali dei misuratori deve acquisire, interroga in sequenza e continuamente i canali dei misuratori, arrivando ad effettuare un campionamento medio di una lettura per canale ogni 2,5 secondi.

Le misure così campionate sono memorizzate nella GPC e mediate sull'intervallo di 5 minuti; in pratica la GPC memorizza per ogni canale la misura media ogni 5 minuti. Il personal computer acquisendo dalla GPC i dati, li converte dal formato originale così come prodotto dagli strumenti di misura, nel formato utente proprio di ogni canale (temperature, tensioni, corrente, ecc) alimentando lo storico del sistema.

Descrizione delle prove Inverno 2009

I test di confronto sono stati svolti nel periodo tra il 10/02/09 ed il 01/05/09.

Sono state eseguite le seguenti prove:

- Funzionamento continuo 24 ore
- Funzionamento intermittente su 2 fasce orarie
- Funzionamento intermittente su 3 fasce orarie
- Regolazione radiatori on/off su PC o su apertura/chiusura valvola deviatrice
- Regolazione pannelli radianti comando on/off su circolatore secondario
- Temperatura di set point pompe di calore 45°C
- Temperatura mandata pannelli radianti 40°C

La taratura dei termostati ambiente è identica per entrambe le camere con setpoint 20°C.

I test sono stati effettuati anche con differenti tipologie di regolazione per quanto riguarda il sistema a radiatori. Alcune prove sono state eseguite agendo sull'alimentazione della pompa primaria, altre comandando l'apertura e la chiusura della valvola a tre vie. Durante l'ultimo periodo di test la pompa di calore dell'impianto a pannelli è stata tarata con la temperatura massima di mandata a 40°C mentre la taratura della pompa di calore dei radiatori è rimasta a 45°C.

Di seguito si riportano i consumi energetici complessivi misurati durante l'intero periodo ed i consumi relativi alle varie prove di funzionamento sopra descritte. Si riportano inoltre i grafici delle temperature misurate all'interno delle due camere.



Risultati delle prove

Energia totale consumata dal 10/02/2009 al 01/05/2009

[MONITOR 2003 - RIEPILOGO PERIODO DAL 10/02/2009 AL 01/05/2009](#)

sigla	descrizione	valore
C.046 -	pannelli: energia attiva	861,898 kWh totalizzatore
C.048 -	radiatori: energia attiva	638,999 kWh totalizzatore

L'EDIFICIO CON L'IMPIANTO A PANNELLI RADIANTI HA CONSUMATO IL 34,88 % IN PIÙ

Energia consumata dal 16/02/09 al 20/02/09. Funzionamento continuo

Radiatori regolazione con regolazione on/off della pompa di circolazione

[MONITOR 2003 - RIEPILOGO PERIODO DAL 16/02/2009 AL 20/02/2009](#)

sigla	descrizione	valore
C.046 -	pannelli: energia attiva	87,400 kWh totalizzatore
C.048 -	radiatori: energia attiva	79,00 kWh totalizzatore

L'EDIFICIO CON L'IMPIANTO A PANNELLI RADIANTI HA CONSUMATO IL 10,60 % IN PIÙ

Energia consumata dal 24/02/09 al 03/03/09. Orario funzionamento 05,00/08,00 - 17,00/23,00

Radiatori con regolazione on/off del circolatore

[MONITOR 2003 - RIEPILOGO PERIODO DAL 24/02/2009 AL 03/03/09](#)

sigla	descrizione	valore
C.046 -	pannelli: energia attiva	115,900 kWh totalizzatore
C.048 -	radiatori: energia attiva	82,900 kWh totalizzatore

L'EDIFICIO CON L'IMPIANTO A PANNELLI RADIANTI HA CONSUMATO IL 39,80 % IN PIÙ

Energia consumata dal 04/03/09 al 18/03/09. Orario funzionam. 5,00/8,00 - 12,00/14,00 - 17,00/23,00

Radiatori con regolazione sulla valvola a tre vie e circolatore sempre acceso

[MONITOR 2003 - RIEPILOGO PERIODO DAL 04/03/2009 AL 18/03/09](#)

sigla	descrizione	valore
C.046 -	pannelli: energia attiva	179,000 kWh totalizzatore
C.048 -	radiatori: energia attiva	154,000 kWh totalizzatore

L'EDIFICIO CON L'IMPIANTO A PANNELLI RADIANTI HA CONSUMATO IL 16,20 % IN PIÙ

Energia consumata dal 19/03/09 al 08/04/09. Orario funzionam. 5,00/8,00 - 12,00 /14,00 - 17,00/23,00

Radiatori con regolazione sulla valvola a tre vie e circolatore sempre acceso

[MONITOR 2003 - RIEPILOGO PERIODO DAL 19/03/2009 AL 08/04/09](#)

sigla	descrizione	valore
C.046 -	pannelli: energia attiva	221,700 kWh totalizzatore
C.048 -	radiatori: energia attiva	178,200 kWh totalizzatore

L'EDIFICIO CON L'IMPIANTO A PANNELLI RADIANTI HA CONSUMATO IL 24,40 % IN PIÙ

Energia consumata dal 09/04/09 al 01/05/09. Orario funzionam. 5,00/8,00 - 12,00/14,00 - 17,00/23,00

Pannelli radianti: T mandata 35°C T set point pompa calore 40°C

Radiatori: T mandata 45°C T set point pompa calore 45°C regolazione on/off del circolatore

[MONITOR 2003 - RIEPILOGO PERIODO DAL 09/04/09 AL 01/05/2009](#)

sigla	descrizione	valore
C.046 -	pannelli: energia attiva	169,900 kWh totalizzatore
C.048 -	radiatori: energia attiva	50,100 kWh totalizzatore

L'EDIFICIO CON L'IMPIANTO A PANNELLI RADIANTI HA AVUTO UN CONSUMO 3,4 VOLTE PIU' ALTO

Andamento temperatura interna camere radiatori e pannelli, temperatura esterna

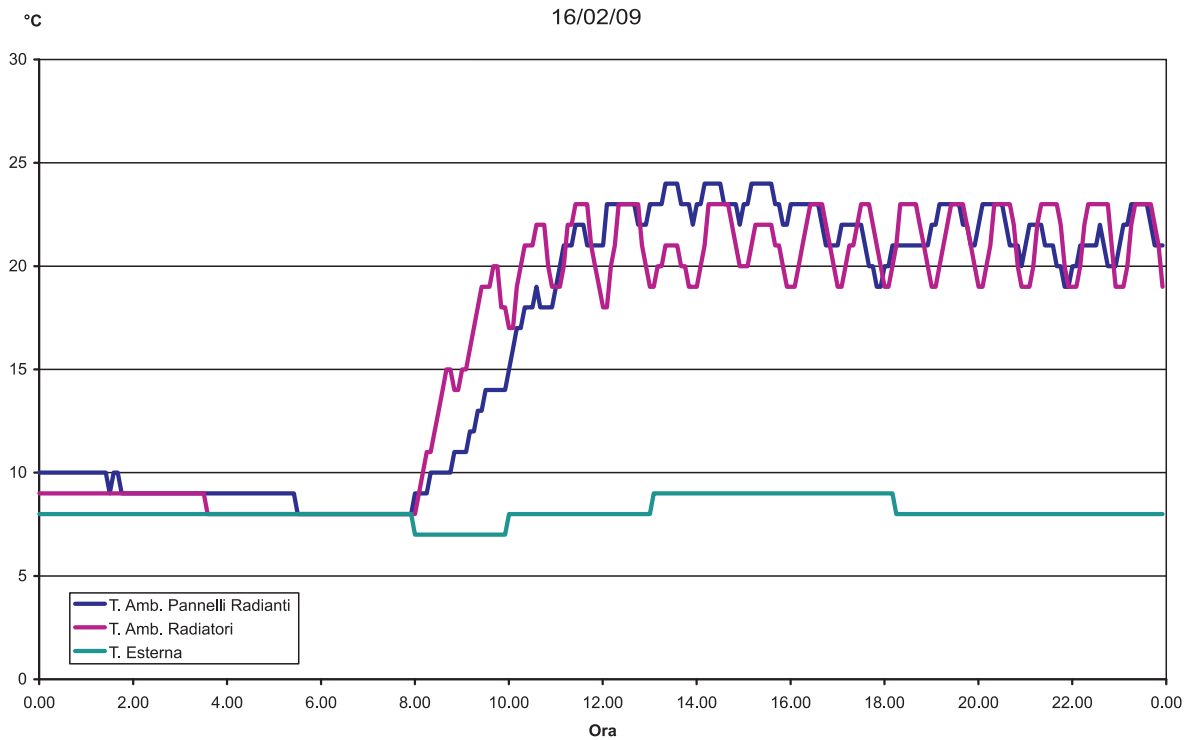


grafico 1: andamento temperatura interna con partenza da fermo

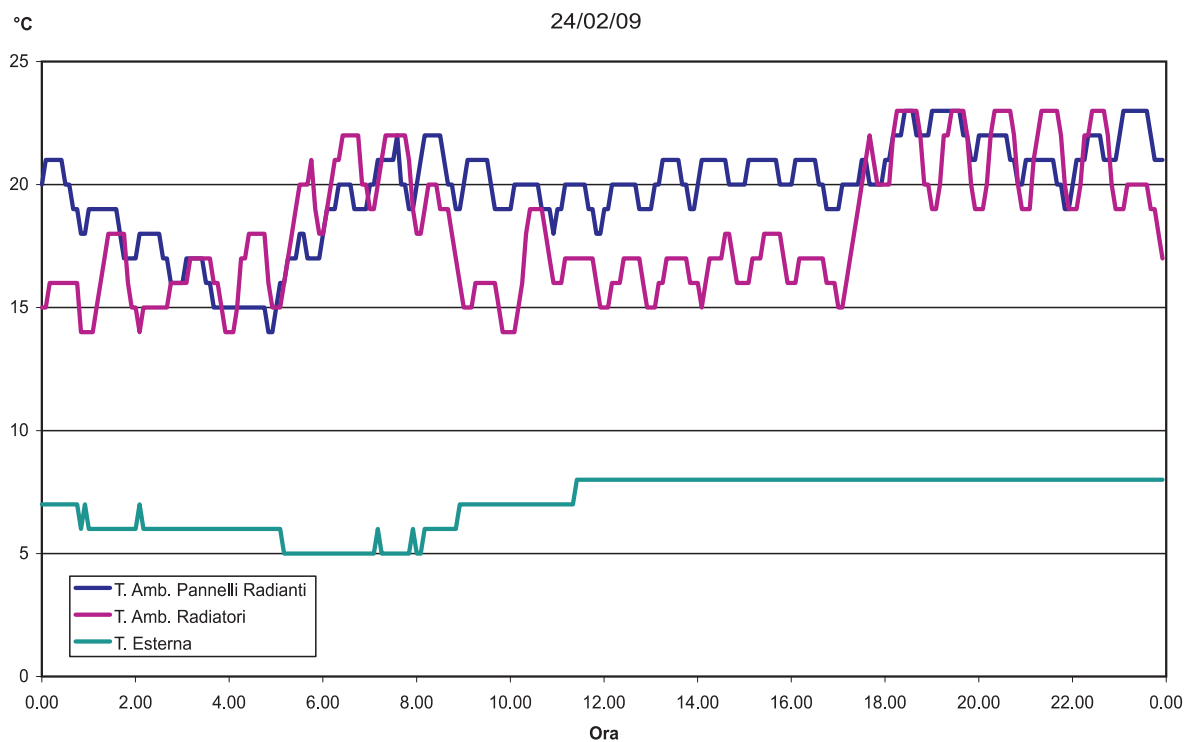


grafico 2: orario di funzionamento 5,00/8,00 - 17,00/23,00

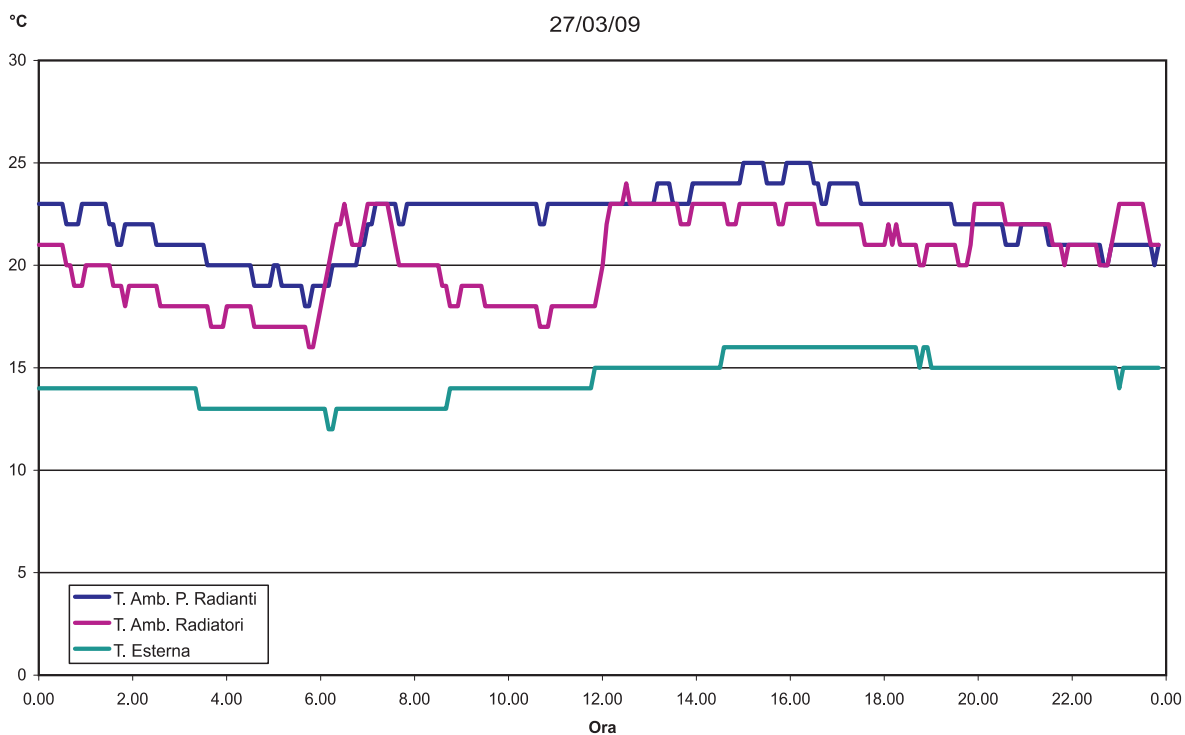


grafico 3: orario di funzionamento 5,00/8,00 - 12,00/14,00 - 17,00/23,00
(radiatori funzionamento con valvola miscelatrice)

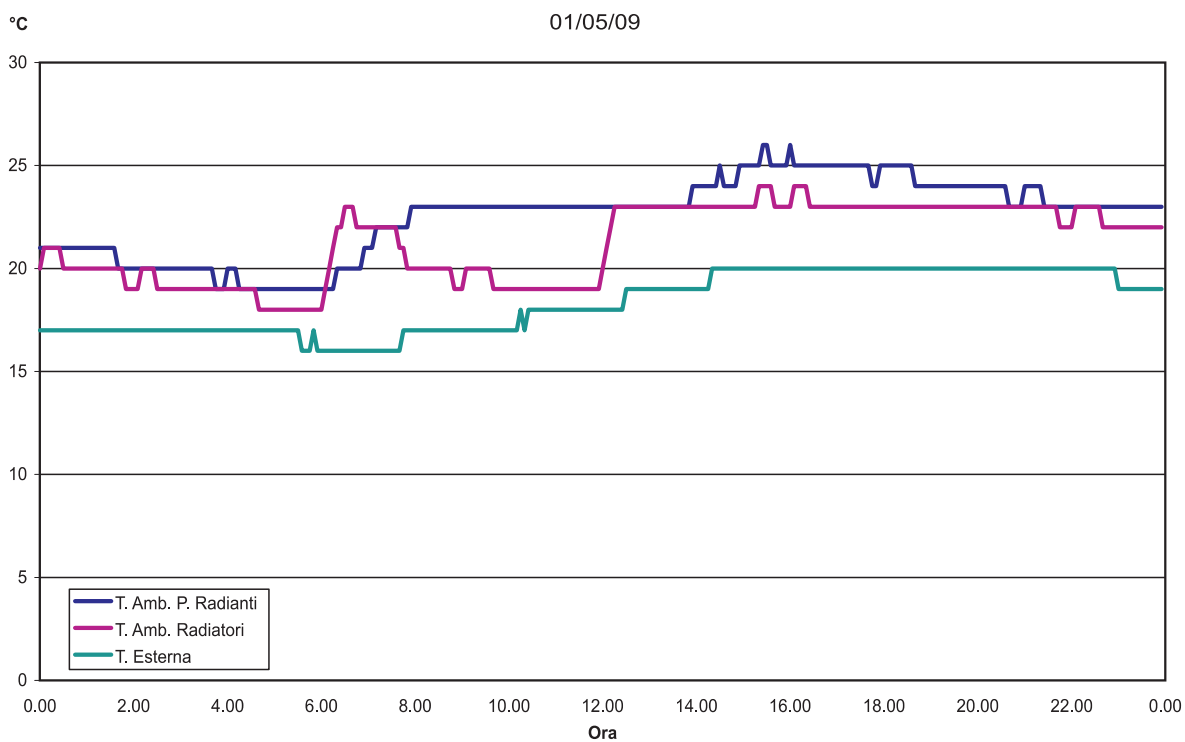


grafico 4: orario di funzionamento 6,00/8,00 - 12,00/14,00 - 17,00/23,00
(pannelli radianti T mandata 35°C T set point pompa calore 40°C)

Descrizione delle prove Inverno 2009-2010

I test di confronto sono stati svolti nel periodo tra il 10/11/09 ed il 24/03/10.

Sono state eseguite le seguenti prove:

- Funzionamento continuo 24 ore
- Funzionamento intermittente su 3 fasce orarie
- Regolazione radiatori on/off su pompa di calore
- Regolazione pannelli radianti on/off su pompa di calore

Temperatura di set point pompa di calore pannelli radianti 35°C

Temperatura di set point pompe di calore radiatori 35°C

Temperatura di set point pompe di calore radiatori 40°C

La taratura dei termostati ambiente è identica per entrambe le camere con setpoint 20°C.

Di seguito si riportano i consumi energetici complessivi misurati durante l'intero periodo ed i consumi relativi alle varie prove di funzionamento sopra descritte. Si riportano inoltre i grafici delle temperature misurate all'interno delle due camere.

Si osserva che avendo scelto di usare una temperatura operante di 40°C per la pompa di calore dell'impianto a radiatori, il rendimento della stessa e di conseguenza i consumi risultano penalizzati in percentuale variabile tra il 13% ed il 21% circa, come evidenziato di seguito.

T. Esterna 0 °C			
T set point 35 °C	T set point 40 °C	Differenza	
Cop. 2.82	Cop. 2.5	12.8 %	
T. Esterna 7 °C			
T set point 35 °C	T set point 40 °C	Differenza	
Cop. 3.34	Cop. 2.92	14.4 %	
T. Esterna 10 °C			
T set point 35 °C	T set point 40 °C	Differenza	
Cop. 3.81	Cop. 3.15	20.9%	
T. Esterna 15 °C			
T set point 35 °C	T set point 40 °C	Differenza	
Cop. 4.32	Cop. 3.68	17.4%	

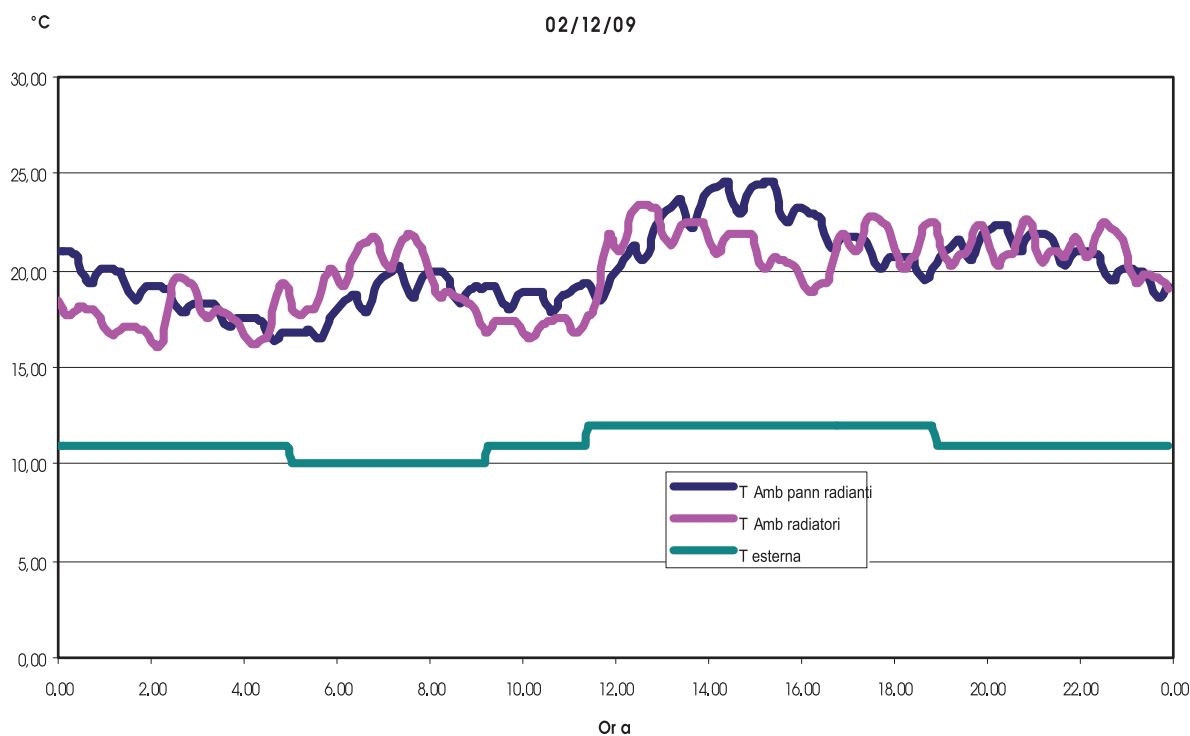


grafico 5: orario di funzionamento 6,00/8,00 - 12,00/14,00 - 17,00/23,00
Pannelli: T mandata 35 °C, T set point pompa calore 35 °C - Radiatori: T set point pompa di calore 40 °C

Energia consumata: pannelli 8.4 kWh, radiatori 8.2 kWh, diff. 2,4%.

Minore resa PdC radiatori: circa 20%. **Risparmio totale conseguibile: 24,4 %**

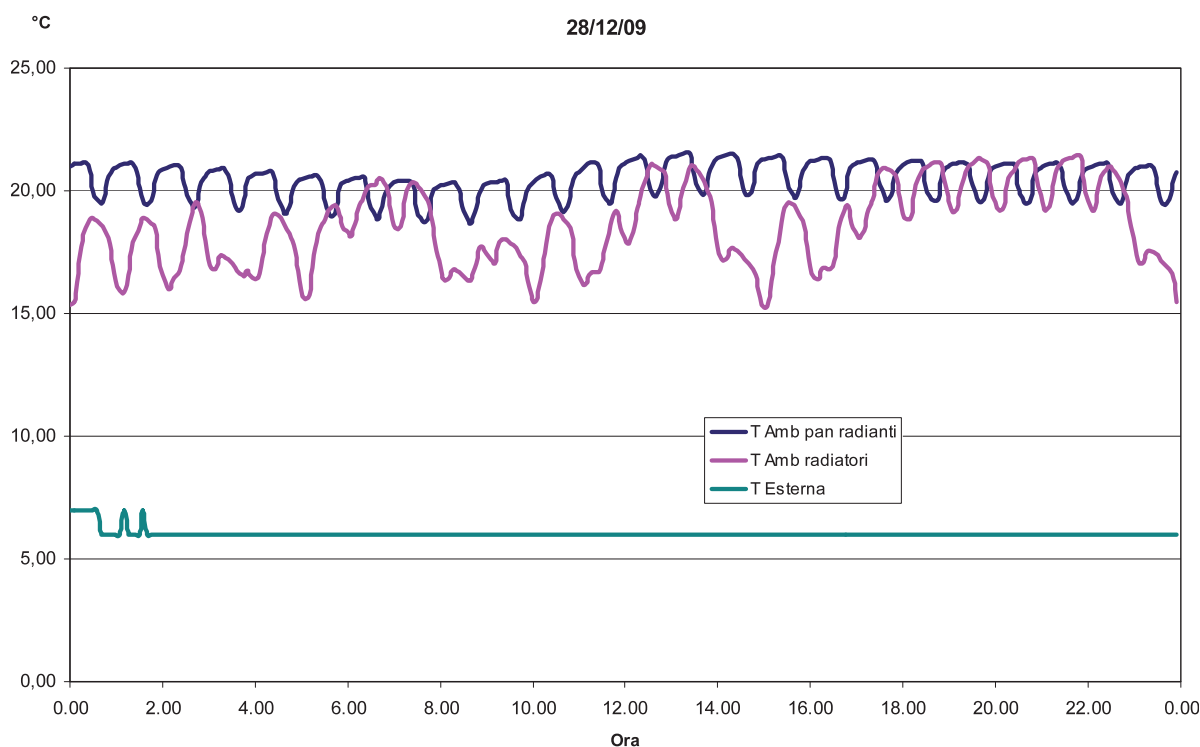


grafico 6: orario di funzionamento Radiatori 6,00/8,00 - 12,00/14,00 - 17,00/23,00. Pannelli continuo.
Pannelli: T mandata 35 °C, T set point pompa calore 35 °C
Radiatori: T set point pompa di calore 40 °C

Energia giornaliera consumata: pannelli 20.2 kWh, radiatori 16.4 kWh, diff. 23%

Minore resa PdC radiatori: circa 14%. **Risparmio totale conseguibile: 37 %**

15/02/10

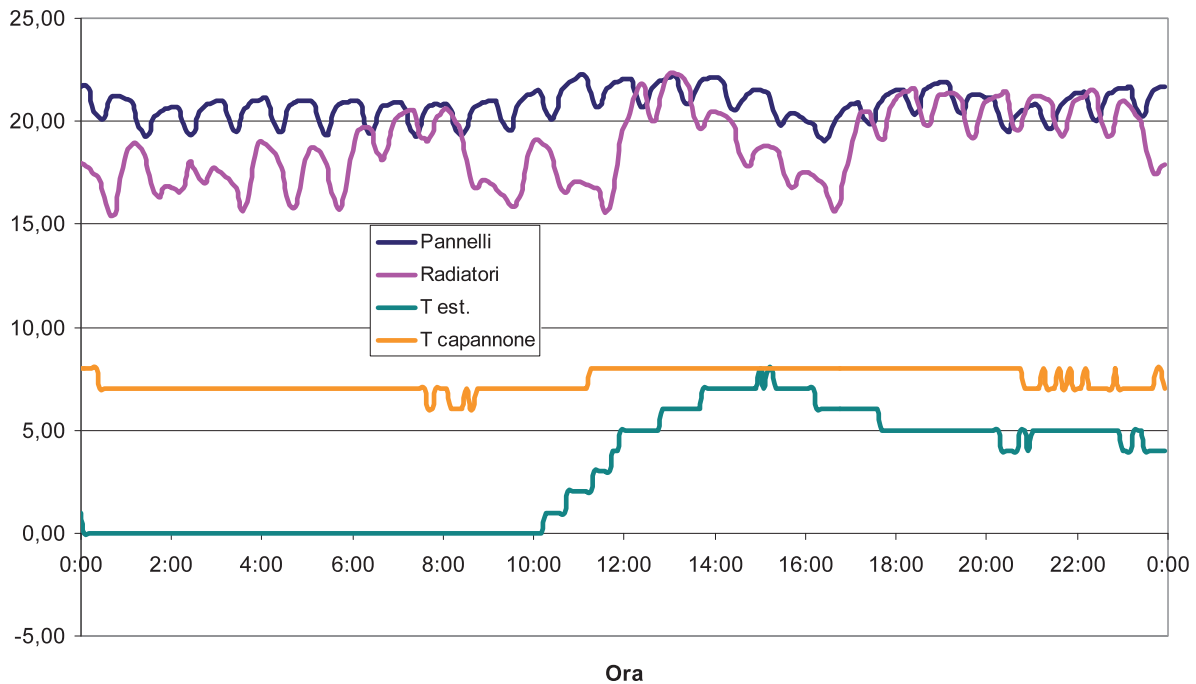


grafico 7: orario di funzionamento 6,00/8,00 - 12,00/14,00 - 17,00/23,00
Pannelli:T mandata 35 °C, T set point pompa calore 35 °C. Radiatori:T set point pompa di calore 40 °C

Energia consumata: pannelli 14.9 kWh, radiatori 13.1 kWh, diff. 13,7%.
Minore resa PdC radiatori: circa 14%. **Risparmio totale conseguibile: 27,7 %**

14/03/10

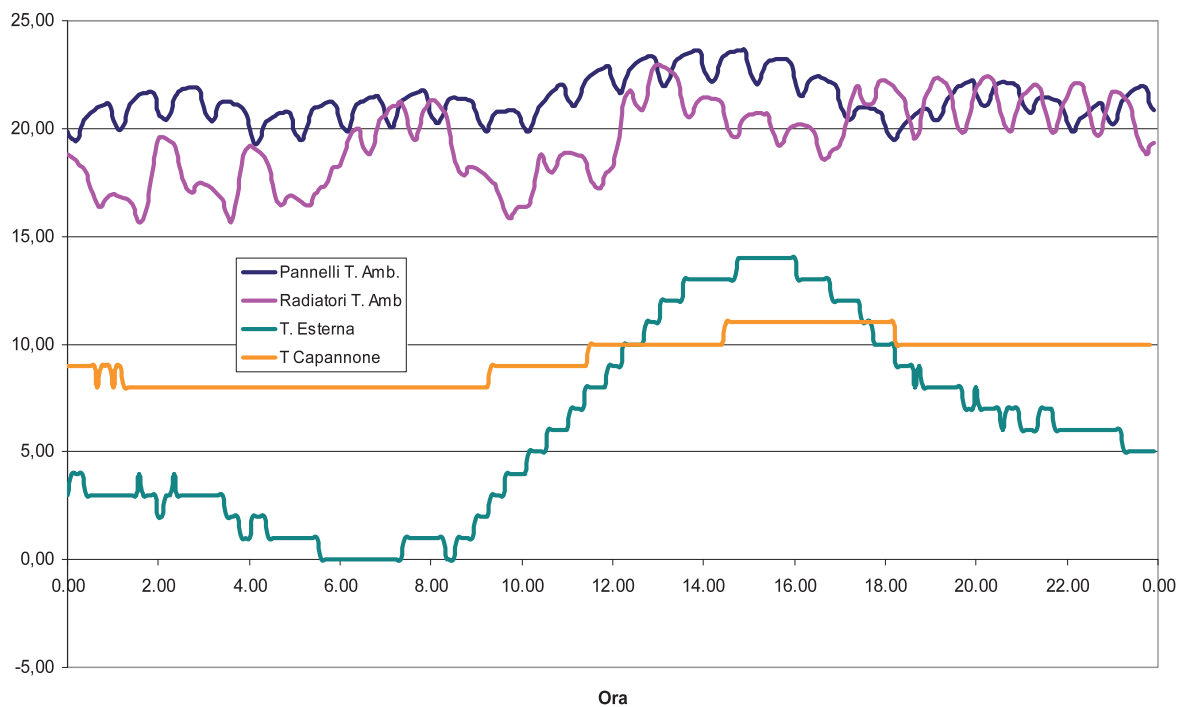
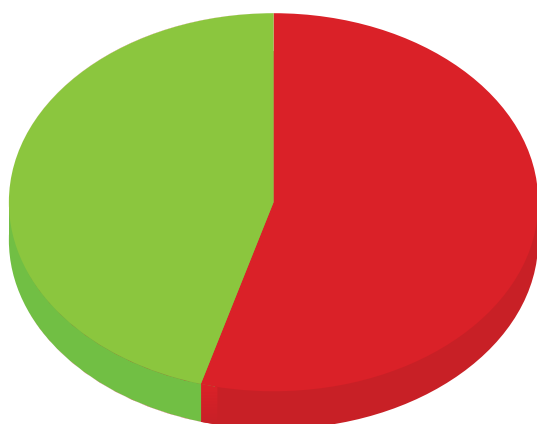


grafico 8: orario di funzionamento 6,00/8,00 - 12,00/14,00 - 17,00/23,00
Pannelli: T mandata 35 °C, T set point pompa calore 35 °C. Radiatori: T set point pompa di calore 40 °C

Energia consumata: pannelli 11.1 kWh, radiatori 9.2 kWh, diff. 21,7%.
Minore resa PdC radiatori: circa 21%. **Risparmio totale conseguibile: 42,7 %**



Riepilogo campagna prove 2009

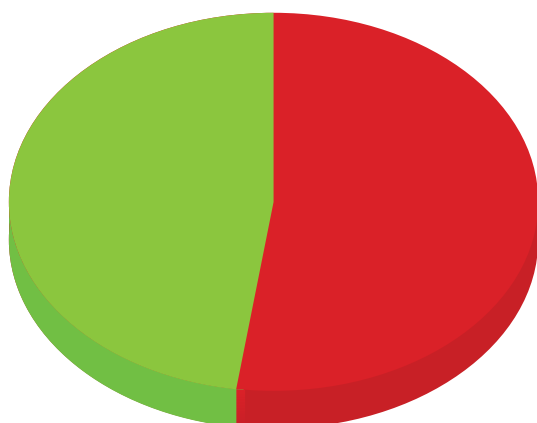


ENERGIA CONSUMATA IMPIANTO A RADIATORI GLOBAL: 638.999 kWh

ENERGIA CONSUMATA IMPIANTO A PANNELLI RADIANTI: 861.898 kWh

differenza: **34.9%**

Riepilogo campagna prove 2009/2010



ENERGIA CONSUMATA IMPIANTO A RADIATORI GLOBAL: 1591.4 kWh

ENERGIA CONSUMATA IMPIANTO A PANNELLI RADIANTI: 1756.7 kWh

differenza: **10.4%**

MINORE RESA COMPLESSIVA PDC RADIATORI: 16.5%

Risparmio totale conseguibile: 26,9 %

Interessante è l'analisi dei grafici relativi alle temperature interne dei due locali sia nella prova di riscaldamento con partenza da fermo che nelle prove con funzionamento intermittente.

Evidente è il ritardo di risposta dell'impianto a pavimento rispetto all'impianto a radiatori che porta in temperatura l'ambiente molto più velocemente.

A parità di set point di temperatura, e nonostante una regolazione più raffinata, la temperatura della camera riscaldata con i pannelli radianti tende ad essere sempre più elevata rispetto all'altra camera. In particolare, durante il funzionamento a fasce orarie, si osserva una temperatura alta anche nei momenti di spegnimento che nella pratica corrispondono alle situazioni in cui l'edificio non è abitato e non c'è alcuna necessità di riscaldamento.

Molto significativo è infine il grafico riferito ad una giornata con temperature esterne elevate quindi con necessità di intervento solo in precisi momenti (grafico 4): la temperatura della camera con riscaldamento a pavimento risulta fuori controllo, molto più elevata rispetto alla camera con i radiatori.

I risultati della seconda campagna di prove (inverno 2009-2010), confermano i dati ottenuti nel precedente inverno. Nonostante la voluta penalizzazione del rendimento della pompa di calore, l'impianto a radiatori, in qualsiasi condizione di funzionamento, ha consumato sempre minor energia rispetto all'impianto a pannelli radianti.

Da evidenziare è inoltre il confronto dei profili di temperatura all'interno delle 2 camere di prova: mentre la camera riscaldata con i radiatori mantiene sempre agevolmente il set point impostato, la camera con i pannelli radianti tende ad avere temperature che sfuggono al controllo della regolazione. Questo è più evidente al diminuire dei carichi termici (ovvero all'aumentare della temperatura esterna) e all'aumentare della escursione termica giornaliera (corrispondente alla mezza stagione), condizione caratteristica della maggior parte delle ore di funzionamento degli impianti di riscaldamento nella grande parte del territorio italiano.

Questa ultima considerazione suggerisce in modo evidente anche la non adeguatezza e convenienza economica del riscaldamento a pannelli radianti per edifici civili di nuova costruzione in classe A/A+, caratterizzata da carichi termici ridottissimi e bassissima inerzia termica.



Conclusioni

Abbiamo avuto modo di osservare come il consumo energetico della camera riscaldata con i pannelli radianti risulti più elevato in tutte le condizioni di esercizio:

le differenze più contenute si sono verificate, come era ovvio attendersi, nel funzionamento in continuo, ove il maggior consumo è imputabile in prevalenza all'assorbimento elettrico del secondo circolatore presente nell'impianto a pannelli radianti;

le differenze più marcate si sono rilevate invece nei periodi di funzionamento a fasce orarie, in particolare nei giorni di fine inverno/inizio primavera, quando le temperature esterne aumentano e l'escursione termica giorno/notte diventa maggiore.

La maggiore economia dell'impianto a radiatori, evidenziata sia dai grafici delle temperature con partenza da fermo (1) che da quelli delle temperature di esercizio (2, 3, 4), è conseguenza della elevata inerzia termica del sistema a pannelli radianti, che non è in grado di adeguarsi con la dovuta velocità al mutare dei carichi termici, determinando l'aumento della temperatura interna alla camera (inutile ricordare che all'aumento della temperatura ambiente corrisponde l'aumento dei consumi).

E' quindi evidente come sia preferibile impiegare per le applicazioni caratterizzate da apprezzabili variabilità dei carichi, sia interni che esterni, (tipiche del nostro clima, con escursioni termiche tra il giorno e la notte anche maggiori di 10 °C), impianti a radiatori piuttosto che impianti radianti a pavimento.

Considerati quindi i valori teorici (fabbisogno energetico degli edifici, rendimenti di regolazione ed emissione, inerzia termica) ed i risultati pratici ottenuti dai test di confronto illustrati nelle pagine precedenti, è corretto affermare che la migliore efficienza energetica è ottenuta impiegando impianti a radiatori.

Al fine di ottenere un risparmio energetico mantenendo un elevato confort ambientale, è evidente sia preferibile installare impianti a radiatori in alternativa ad impianti radianti a pavimento.

Gli impianti a radiatori a bassa temperatura continuano ad essere il miglior compromesso edificio – impianto per tutte le applicazioni caratterizzate da apprezzabili variabilità dei carichi come lo sono tutte le utenze civili: riscaldamento domestico, scuole, uffici, alberghi limitatamente al riscaldamento invernale.

Si aggiungono infine alcuni stralci della relazione conclusiva svolta dal Dipartimento di Energetica "Sergio Stecco" della Facoltà di Ingegneria della Università di Firenze relativa alla Convenzione di ricerca stipulata con Global S.p.a avente come oggetto a "Confronto di prestazioni tra pannelli radianti e radiatori", basata sulla analisi dei dati ottenuti tramite il sistema sopra descritto.



[...]

L'obiettivo è quello di verificare che il confronto fra i due sistemi di riscaldamento sia stato effettuato in modo corretto e che i risultati siano in grado di dare una risposta certa in termini di prestazioni dei due sistemi. In particolare, si è interessati alla valutazione del consumo effettivo di energia termica dei due sistemi in intervalli e giorni che siano:

- significativamente rappresentativi di periodi più o meno lunghi di misura;
- confrontabili in termini di effetto utile, ovvero con profili paragonabili di temperatura in relazione al profilo termico orario imposto.

[...]

Criterio di selezione dei dati rappresentativi delle diverse serie di test

Per effettuare l'analisi e il confronto delle prestazioni dei due sistemi di riscaldamento, è necessario riferirsi all'utilizzo durante le 24 ore. Per questo sono stati analizzati separatamente i due sistemi in base al profilo di temperatura ambiente imposto dal cronotermostato. Ci sono state complessivamente, nei diversi periodi di misura, cinque regimi di conduzione:

- 1) *funzionamento continuo* dal 16/02/09 al 20/02/09;
- 2) *funzionamento h 05.00 - 08.00, h 17.00 - 23.00* e radiatori con regolazione on/off del circolatore dal 24/02/09 al 03/03/09;
- 3) *funzionamento h 05.00 - 08.00, h 12.00 - 14.00, h 17.00 - 23.00* e radiatori con regolazione sulla valvola a tre vie e circolatore sempre acceso dal 04/03/09 al 18/03/09;
- 4) *funzionamento h 05.00 - 08.00, h 12.00 - 14.00, h 17.00 - 23.00* e radiatori con regolazione sulla valvola a tre e circolatore sempre acceso dal 19/03/09 al 08/04/09;
- 5) *funzionamento h 05.00 - 08.00, h 12.00 - 14.00, h 17.00 - 23.00* con: pannelli radianti aventi T mandata 35 °C e T set point pompa di calore 40 °C e radiatori aventi T mandata e 45 °C T set point pompa di calore 45 °C regolazione on/off del circolatore dal 09/04/09 al 01/05/09.

[...]

5. Conclusioni

In questa prima serie di misure, la mancanza di alcuni dati ha portato alla necessità di dover fare determinate ipotesi e semplificazioni per effettuare la stima dei consumi e delle prestazioni dei due sistemi di riscaldamento oggetto della campagna di prove.

- Si è proceduto allo sfoltimento e alla verifica della mole di dati a disposizione, relativamente alta considerando che sono state eseguite misure per circa 3 mesi su tutto l'arco delle 24 ore con campionamenti a 5 minuti. Successivamente è stato messo a punto un criterio di selezione di dati che, sulla base dei profili termici registrati all'interno delle due stanze, consentisse di individuare giorni tipo caratteristici dei vari periodi e regimi di conduzione degli impianti, imposti e regolati tramite cronotermostato.

Sono stati quindi individuati **5 giorni rappresentativi (giorni tipo)** sui quali si sono fatte le valutazioni e i confronti dei consumi, nonché il calcolo delle perdite termiche delle stanze di prova, per i due differenti impianti oggetto della sperimentazione.

- Sostanzialmente, la valutazione dei consumi termici di ognuno dei due è stata svincolata dalla tipologia del generatore di calore andando a ricavare, in base alle mappe di funzionamento delle due pompe di calore, alle temperature di mandata e ritorno dell'acqua e alla temperatura ambiente all'interno del capannone e previo scorporo degli assorbimenti elettrici dei circolatori, il COP e da questo la potenza termica immessa istante per istante nei due impianti. I risultati hanno evidenziato un **minor consumo termico dei radiatori**, variabile **dal 5%** per conduzione a temperatura fissa costante (operazione ottimale per i pannelli) fino al **40%** per regimi fortemente discontinui. La differenza tra i consumi elettrici e quelli termici dei due sistemi è esaltata man mano che si procede verso stagioni calde, in cui le ridotte richieste termiche incrementano il peso relativo (sui consumi elettrici) dei circolatori. Inoltre, quando l'incidenza dei consumi elettrici è su livelli simili per i due impianti (casi 3 e 4 con circolatore sempre acceso anche per i radiatori), la riduzione dei consumi termici è accentuata per l'impianto con radiatori. **L'incertezza di 1 °C** sulle misure di temperatura porta ad errori **di stima sui consumi termici del 4 – 5%**, che in alcuni casi è sullo stesso livello delle differenze tra i due impianti.

[...]

- In tutte le prove si è osservato che, escluso il caso del funzionamento continuo (1), **la temperatura media della stanza con pannelli radianti è superiore** a quella della stanza con radiatori. Questo trova spiegazione nella maggiore inerzia termica dei pannelli. Per la stessa ragione, si può osservare che questi impiegano molto più tempo a riscaldare un ambiente inizialmente a bassa temperatura rispetto ai radiatori: si veda per questo, ad esempio, la figura 22 relativa ad un'accensione dei due impianti alle ore 5 a partire da una temperatura iniziale di circa 15 °C per la stanza con radiatori e 17 °C per quella con pannelli.

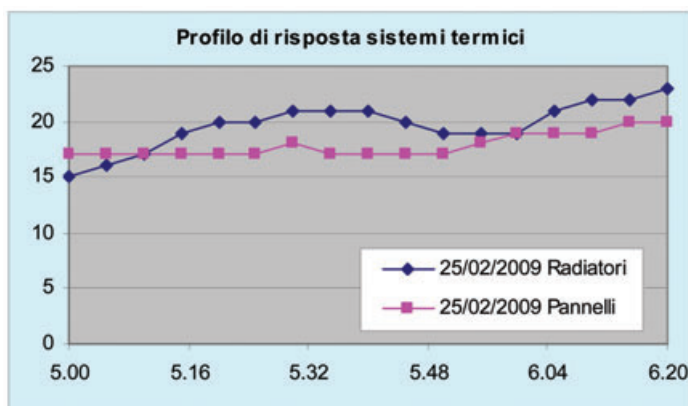


fig. 22

Questo spiega anche perché il sistema a pannelli, nelle ore in cui il funzionamento è discontinuo, consuma generalmente più energia rispetto ai radiatori. Il sistema di riscaldamento a radiatori è quindi più efficiente in tutti i casi in cui si abbia un funzionamento discontinuo nell'arco delle 24 ore.



Le precedenti osservazioni evidenziano come sia vantaggioso impiegare i radiatori anche quando, per vincoli esistenti, non sia possibile ottimizzare al massimo il rendimento di generazione del calore, come spesso accade nel caso della riqualificazione energetica di edifici esistenti.

Si dovrebbe cercare di operare in modo che le azioni di riqualificazione degli impianti non siano invasive per gli occupanti l'immobile, ovvero che non rendano obbligatorio l'abbandono dell'abitazione. La soluzione migliore è quindi lavorare con la tipologia impiantistica esistente che, nella maggior parte dei casi è rappresentata dall'impianto a radiatori. La modifica consigliata è la sostituzione dei vecchi radiatori in ghisa con nuovi terminali in alluminio, mantenendo ovviamente inalterati gli ingombri.

Di seguito si illustra come, nel caso più semplice di riqualificazione, ovvero la sostituzione del generatore di calore con caldaia a condensazione, sia possibile ottimizzare il rendimento semplicemente installando una sonda di temperatura esterna per la regolazione a temperatura scorrevole della caldaia.

La maggior parte del patrimonio edilizio esistente è costituito da edifici in Classe Energetica F o G, con fabbisogno di energia primaria annua pari a 150-200 kW/m².



La tipologia di impianto di riscaldamento più diffusa è costituita da una caldaia a gas (generatore standard) e da radiatori (terminali di erogazione) dimensionati con ΔT 50°C o 60°C.



Per ottimizzare il rendimento delle caldaie a condensazione o delle pompe di calore non è necessario installare pannelli radianti come terminali di erogazione.

L'utilizzo di radiatori in alluminio Global consente di mantenere inalterato l'impianto ottimizzando il rendimento senza aumentare il numero di elementi. La bassa inerzia termica permette il funzionamento in "start&stop" riducendo i consumi.

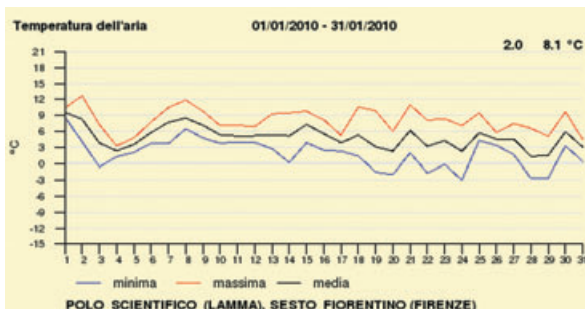
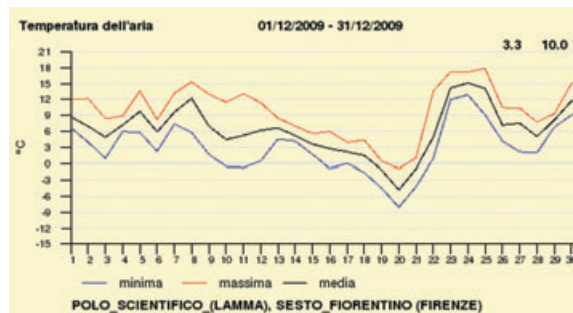
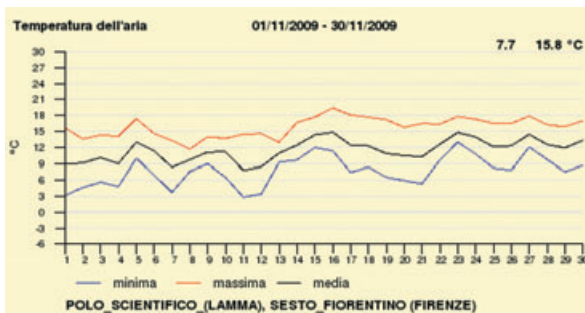
Riportiamo un esempio:

località Firenze • volume lordo riscaldato 400 m³
superficie utile netta 76 m² • superficie/volume 0,98
classe energetica E
energia primaria indicativa 110 kWh/m² anno
impianto tradizionale 54 elementi Global Vox 800

T esterna	T interna	potenza richiesta	ΔT	T mandata	T ritorno
0° C	20° C	9650 W	50° C	75° C	65° C
0° C	16° C	7720 W	42° C	63° C	53° C
6° C	20° C	6755 W	38° C	63° C	53° C
6° C	16° C	4825 W	30° C	51° C	41° C
8° C	20° C	5790 W	35° C	60° C	50° C
8° C	16° C	3860 W	25° C	46° C	36° C
12° C	20° C	3860 W	25° C	50° C	40° C
12° C	16° C	1930 W	20° C	41° C	31° C
16° C	20° C	1930 W	20° C	45° C	35° C

Con l'aumento della temperatura esterna o durante il regime di attenuazione (mantenimento della temperatura interna a 16°C) diminuisce il fabbisogno energetico dell'edificio. L'installazione di una sonda di temperatura esterna consente di regolare automaticamente la temperatura di mandata dell'impianto e massimizzare il rendimento ottenendo un ulteriore risparmio energetico.

Aumento medio mensile temperatura esterna: inverno 2009/2010*





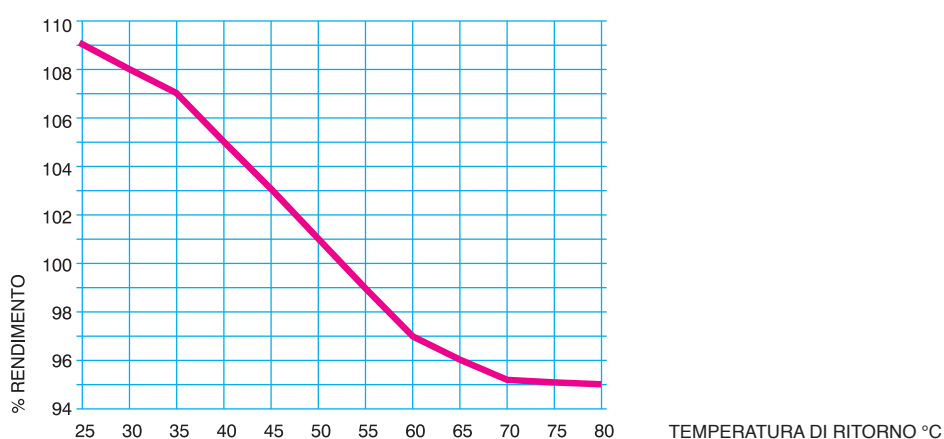
*dati Meteo Lamma, stazione di Firenze

I dati meteo evidenziano le variazioni della temperatura esterna nel corso dell'inverno 2009/2010; nello stesso periodo il tempo di funzionamento dell'impianto è così ripartito:

TEMPO	TEMPERATURA RITORNO	RENDIMENTO
10%	> 60°C	97 %
24%	tra 50 e 60°C	101 %
45%	Tra 45 e 35°C	103 %
21%	<= 35°C	107 %

Il rendimento medio annuo della caldaia risulta pari al **104%**

Nel grafico riportiamo i valori medi di rendimento delle caldaie a condensazione: quando diminuisce il valore della temperatura di ritorno dell'acqua, aumenta il rendimento energetico della caldaia.

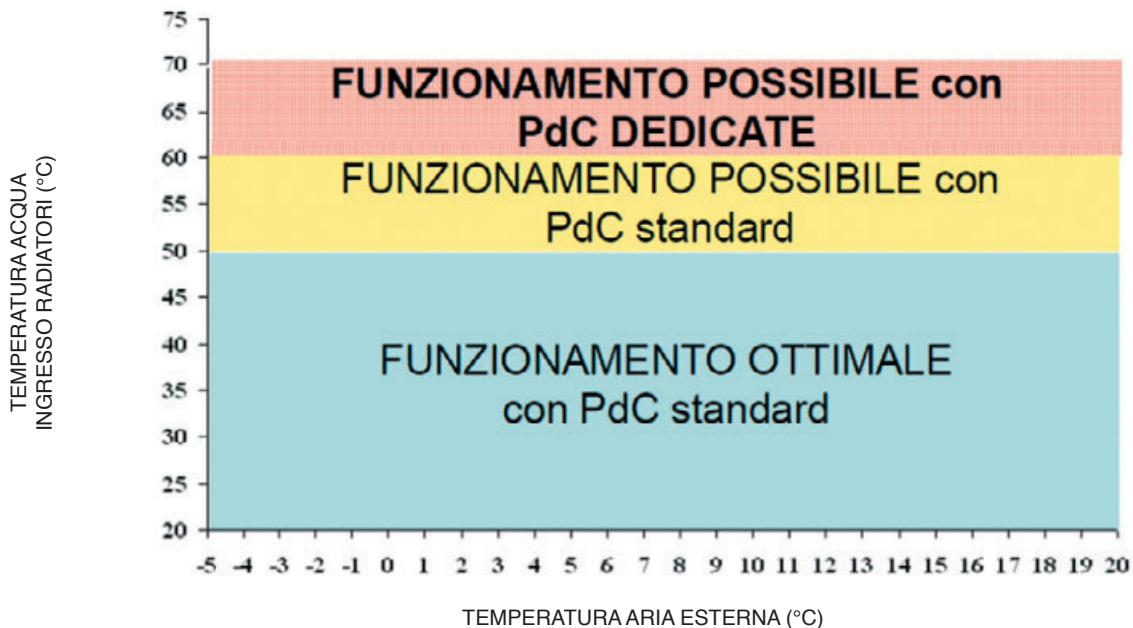


La caldaia a condensazione opera quindi in condizioni identiche negli impianti con pannelli radianti e in quelli con radiatori in alluminio. La bassa inerzia termica dei radiatori Global consente inoltre l'utilizzo in modalità "start&stop" migliorando ulteriormente l'economia dell'impianto con risparmi di oltre il 30% rispetto agli impianti a pannelli radianti a pavimento. Nel caso di riqualificazione riguardante anche l'involucro edilizio si può stimare una riduzione della potenza richiesta intorno al 20%-50%: mantenendo i terminali esistenti (stessi ingombri) è possibile incrementare ulteriormente il rendimento della caldaia a condensazione portandolo a raggiungere il massimo teorico.

Stesse identiche considerazioni sono applicabili alla pompe di calore, il cui rendimento è legato alla temperatura di mandata in modo analogo a quanto visto per le caldaie a condensazione.

E' bene osservare che:

LE POMPE DI CALORE, ESATTAMENTE COME LE CALDAIE A CONDENSAZIONE, POSSONO FUNZIONARE CON GLI IMPIANTI A RADIATORI.



Il grafico dimostra che, anche nel caso di semplice sostituzione del generatore di calore, quindi senza riduzione della potenza termica necessaria, è possibile mantenere i radiatori impiegando pompe di calore. Dobbiamo poi considerare che nella maggior parte dei casi i radiatori presenti nei vecchi edifici sono sovradimensionati rispetto alla effettiva necessità; eseguendo una attenta analisi dei carichi termici e sostituendo i vecchi radiatori con nuovi radiatori in alluminio, si possono mantenere invariati gli ingombri e poter impiegare pompe di calore standard massimizzando il rendimento.

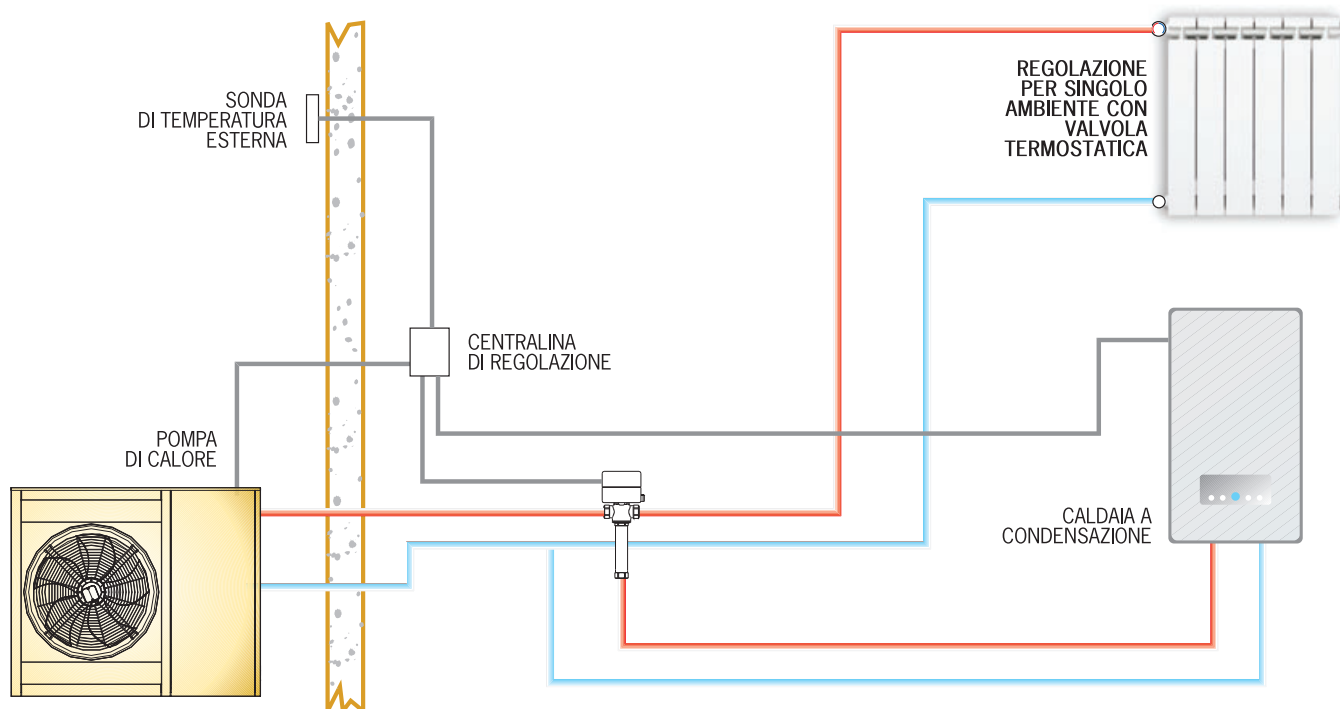
Come è stato mostrato in precedenza con l'ausilio di una sonda esterna la pompa di calore adegua la temperatura di mandata dell'acqua alle effettive esigenze di riscaldamento. Inoltre il confronto prestazionale ha dimostrato che anche operando la pompa di calore a minore efficienza, l'impianto a radiatori è in grado di consumare minore energia in percentuali variabili tra il 3 ed il 23% rispetto all'impianto radiante a pavimento.

Se invece viene realizzato anche un intervento di coibentazione a cappotto, che, come abbiamo visto, può abbattere la richiesta di potenza termica fino al 50%, è possibile, sempre a parità di ingombri operare sempre in ogni regime di funzionamento alla massima efficienza della pompa di calore, ottenendo in questo caso risparmi superiori al 30% rispetto all'impianto radiante a pavimento.

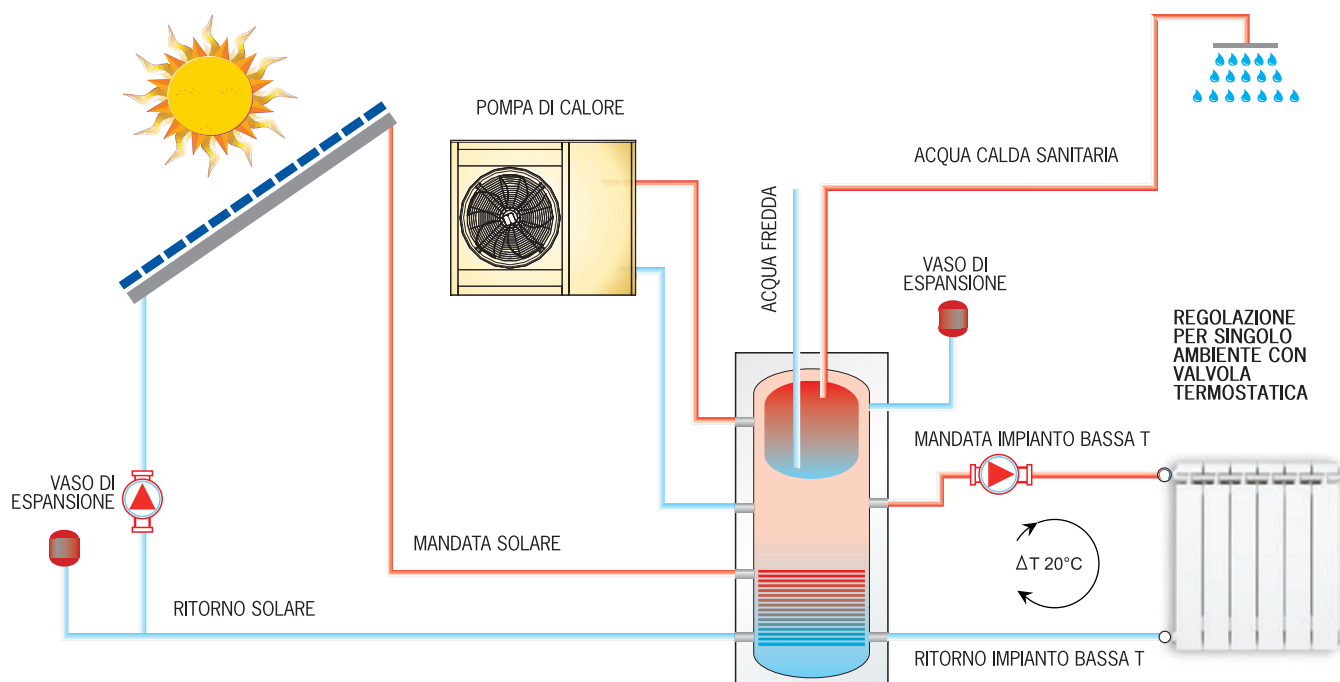


Di seguito alcune tipologie di impianti:

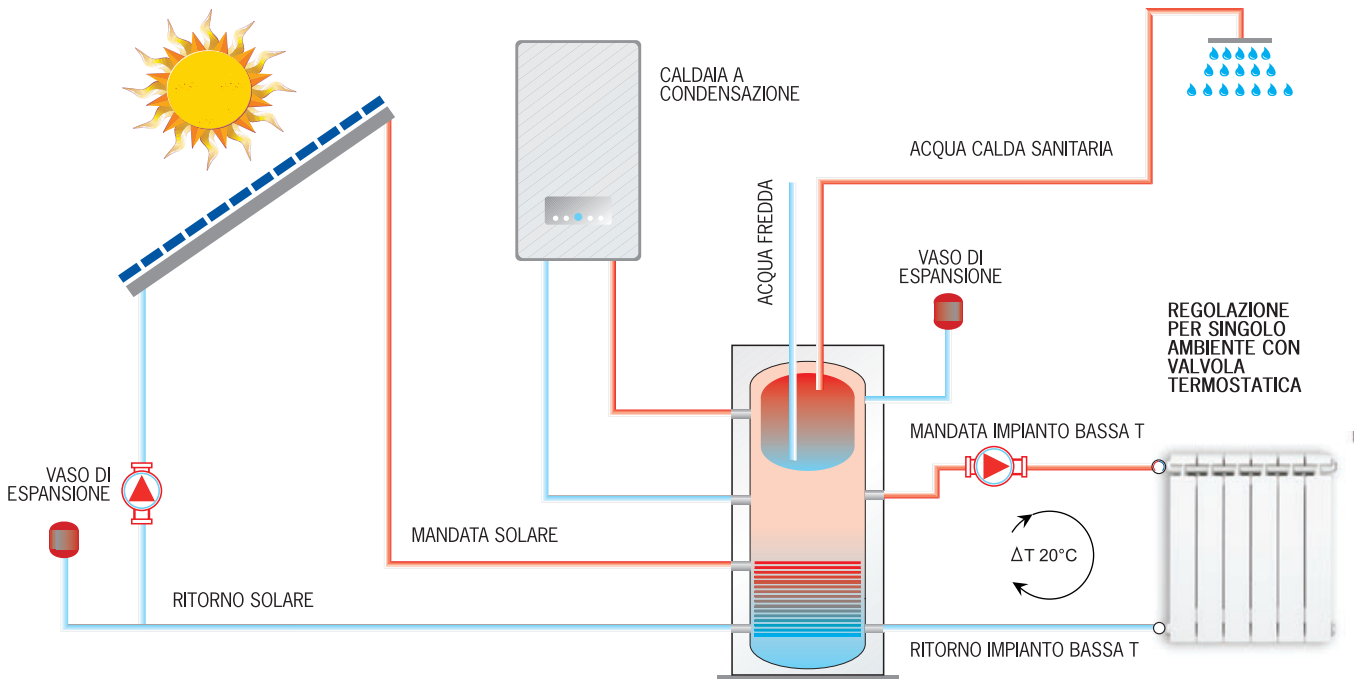
Impianto di riscaldamento ibrido a bassa temperatura con **RADIATORI GLOBAL** **POMPA DI CALORE** e **CALDAIA A CONDENSAZIONE**



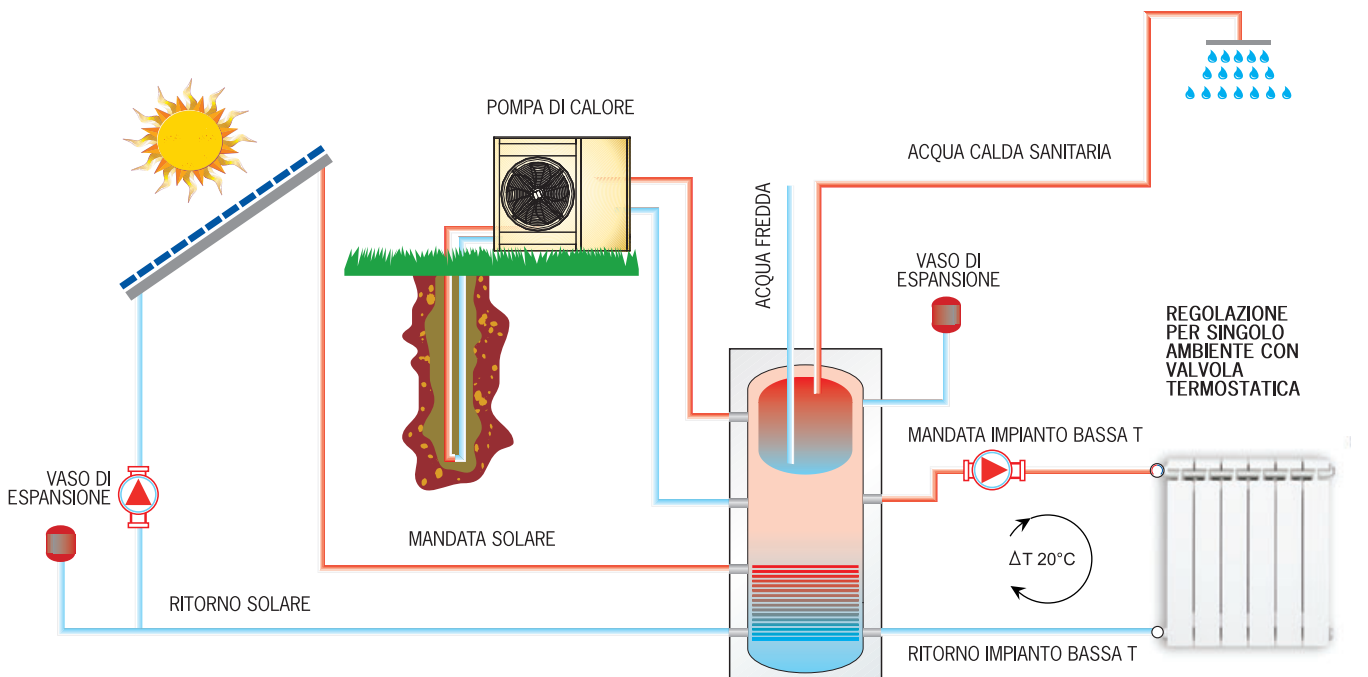
Impianto di riscaldamento a bassa temperatura con **RADIATORI GLOBAL** **POMPA di CALORE** ed **INTEGRAZIONE SOLARE**



Impianto di riscaldamento a bassa temperatura con **RADIATORI GLOBAL CALDAIA A CONDENSAZIONE** ed **INTEGRAZIONE SOLARE**



Impianto di riscaldamento a bassa temperatura con **RADIATORI GLOBAL POMPA DI CALORE GEOTERMICA** ed **INTEGRAZIONE SOLARE**



Studio tecnico e testi a cura di:

Ing. Francesco Paoletti
ing.francescopaoletti@gmail.com

per conto di:

® GLOBAL 
R A D I A T O R I



GLOBAL
RADIATORI 



www.globalradiatori.it
info@globalradiatori.it

Rogno BG - via Rondinera 51

tel. 035 977111
fax 035 977110