

1 DEFINIZIONI

Apparecchio / Unità / Generatore = termini equivalenti, entrambi usati per designare il generatore d'aria calda pensile.

BMS (Building Management System) = controllore supervisore d'impianto o di edificio non di fornitura Robur.

CAT = Centro Assistenza Tecnica autorizzato Robur.

Consenso esterno = dispositivo di controllo generico (es. termostato, orologio o qualsiasi altro sistema) dotato di un contatto pulito NA e utilizzato come comando per l'avvio/arresto del generatore

d'aria calda.

Cronotermostato = dispositivo di controllo che integra le funzioni di termostato ambiente, orologio programmatore e di segnalazione di eventuali errori di funzionamento.

Prima accensione = operazione di messa in servizio dell'apparecchio che può essere eseguita solo ed esclusivamente da un CAT.

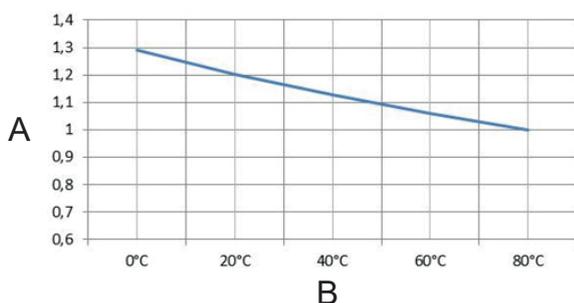
Zona occupata = zona dell'edificio da climatizzare (generalmente in quanto occupata da persone).

2 LA TECNOLOGIA DEI GENERATORI D'ARIA CALDA ROBUR: L'EFFETTO SUOLO

Gli impianti di riscaldamento ad aria calda, in particolare quelli per grandi ambienti, offrono una serie di importanti vantaggi, sia in termini impiantistici, che economici, che di efficienza complessiva. L'impianto ad aria calda però presenta anche una specifica caratteristica che, nel passato, è stata uno dei motivi di critica verso questo sistema di riscaldamento: la stratificazione del calore (Figura 2.1 p. 1).

Come è noto, l'aria calda non ha una densità fissa, ma questa cambia al variare della sua temperatura (anche a parità di pressione atmosferica): più l'aria è calda, minore è la sua densità, come rappresentato dal grafico seguente.

Figura 2.1 Densità dell'aria al variare della temperatura



A Densità (g/dm³)
B Temperatura dell'aria

Ciò fa sì che il riscaldamento ad aria calda sia influenzato da un effetto negativo per l'efficienza complessiva del sistema: la stratificazione del calore.

Nei primi impianti di riscaldamento industriale ad aria calda, i generatori a scambio diretto erano in grado di emettere una importante quantità di calore sotto forma di aria calda. Siccome l'aria ha un calore specifico piuttosto ridotto, per ridurre il volume d'aria trattato dai ventilatori, l'aria veniva scaldata a temperature molto elevate. Risultato di questa caratteristica di funzionamento era una notevole stratificazione dell'aria calda prodotta. L'elevata altezza tipica dei capannoni industriali accentuava in modo significativo questo fenomeno. Nella letteratura tecnica degli anni '80 si poteva leggere che la stratificazione dell'aria da considerare negli edifici industriali riscaldati da generatori d'aria a scambio diretto come quelli sopra descritti era di circa 1,5 °C per ogni metro di altezza dell'edificio.

L'accumulo di calore nelle parti alte degli edifici costituiva, in questo modo, due criticità: il calore emesso dai generatori non rimaneva nelle aree occupate, quindi in prossimità del pavimento, inoltre l'accumulo di calore sotto la copertura comportava un aumento delle dispersioni di calore da essa, in quanto le dispersioni sono funzione diretta del differenziale di temperatura tra la parte interna del soffitto e la parte esterna (cioè della temperatura esterna invernale). Dai sistemi di riscaldamento sopra descritti molto è stato fatto per

migliorare l'efficienza degli impianti di riscaldamento, che mantengono importanti vantaggi energetici rispetto a quelli a fluido vettore.

Robur alla fine degli anni '70 immette sul mercato i primi generatori d'aria calda pensili a scambio diretto. Tra i vantaggi di questi apparecchi citiamo, in questa sezione, solo la modularità e il basso salto termico: minore potenza termica concentrata in un solo punto, quindi distribuzione più localizzata del calore e minore temperatura di uscita dal generatore, quindi minore stratificazione (Figura 2.2 p. 1).

Figura 2.2 Generatore d'aria calda Robur



Come abbiamo accennato all'inizio, la temperatura dell'aria (secca) influisce sulla sua densità: l'aria più calda è più leggera e tende a spostarsi verso l'alto. Ciò significa che l'emissione di aria calda da parte di un generatore, anche con poca differenza di temperatura rispetto a quella ambiente, genera la tendenza alla stratificazione del calore nel locale riscaldato. Per limitare al minimo questo fenomeno ben noto non basta ridurre la temperatura di emissione, bisogna adottare altri accorgimenti.

Su questo fenomeno Robur ha molto investito in ricerca e studio, progettando e realizzando infine un particolare scambiatore di calore (brevettato) che ha permesso, e ancora oggi permette, di ottenere una stratificazione del calore in ambiente pressoché nulla. Per comprendere quanto fatto, è necessario fare alcune precisazioni in merito allo scambio termico, che è dipendente in modo diretto da alcune variabili: la differenza di temperatura dei fluidi, il materiale con il quale è costituito lo scambiatore e la superficie di contatto dello scambiatore.

La temperatura di scambio tra i fumi di combustione e l'aria

ambiente da riscaldare la possiamo considerare pressoché uguale per tutte le tipologie di generatori d'aria calda. Quello che cambia in modo importante è il materiale con il quale è costruito lo scambiatore di calore: Robur ha realizzato uno scambiatore in lega di alluminio, materiale che ha una capacità di scambio di circa 10 volte maggiore di quella dell'acciaio.

Con la lega di alluminio si ha quindi una maggiore capacità di trasferimento del calore dai fumi all'aria ambiente da riscaldare. Ma non bastava ancora: lo scambio dipende anche dalla superficie dello scambiatore ed è per questo che lo scambiatore Robur è costituito da un elemento a forma tronco-conica con una doppia alettatura, orizzontale esterna e verticale interna. In questo modo si è accentuato al massimo lo scambio termico tra i fumi di combustione provenienti dalla camera di combustione sottostate gli scambiatori e l'aria ambiente da riscaldare spinta sugli scambiatori in modo perpendicolare, da un ventilatore d'aria (Figura 2.3 p. 2).

Figura 2.3 Scambiatore di calore brevetto Robur



Risultato: su un'altezza di circa 30 cm la differenza di temperatura di contatto tra la base e la testa è di circa 50 °C, proprio perché i fumi di combustione in ingresso nella parte bassa vengono rapidamente raffreddati mentre salgono nello scambiatore (Figura 2.4 p. 2). Questa differenza di temperatura sullo scambiatore si ripercuote positivamente sul flusso d'aria che investe lo scambiatore: questa risulta infatti più calda nella parte inferiore rispetto a quella nella parte superiore.

Figura 2.4 Temperature dello scambiatore di calore Robur



Anche la realizzazione della forma tronco-conica dello scambiatore accentua questa differenza: nella parte alta della finestra di attraversamento dell'aria di ventilazione, l'alettatura è meno fitta, quindi consente il passaggio di più aria che nella parte inferiore.

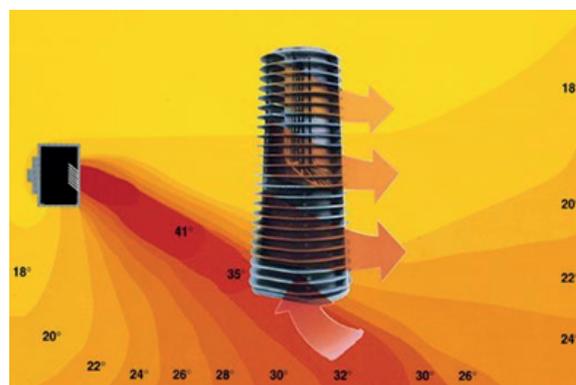
Figura 2.5 Passaggio aria tra 2 scambiatori Robur



Tutto questo si traduce in un flusso d'aria calda che è più calda nella parte inferiore e meno calda nella parte superiore. Per il gioco delle densità sopra esposto, l'aria calda tenderebbe ad andare verso l'alto, ma è tenuta in basso dal flusso d'aria più freddo e con maggiore velocità di uscita soprastante. Il flusso caldo quindi tende a dissipare il suo calore nella parte bassa del locale, riducendo la sua temperatura e quindi il suo effetto stratificante.

Questo effetto, che è stato definito da Robur "effetto suolo" è ben rappresentato dall'immagine termografica, nella quale è ben visibile il flusso in uscita dal generatore e la sua miscelazione in ambiente (Figura 2.6 p. 2).

Figura 2.6 Effetto suolo scambiatore di calore Robur



Ovviamente la stratificazione del calore non è annullata, ma molto ridotta rispetto ad un sistema di riscaldamento ad aria con uno scambiatore di tipo "tradizionale". Dal valore, come detto, di circa 1,5 °C/m l'effetto suolo dei generatori Robur consente di ottenere una stratificazione del calore pari a 0,3 °C/m di altezza.

3 LA SALA ARCHIMEDE

Ma come possiamo indicare questo valore di stratificazione, che certamente non si sarebbe potuto calcolare in via teorica? La via più efficace ovviamente è stata la sperimentazione pratica sul campo. Bisognava quindi registrare il comportamento dell'aria calda in un edificio reale, in modo molto puntuale e preciso, mettendo anche

a confronto nello stesso locale sistemi di riscaldamento alternativi.

Figura 3.1 La sala Archimede



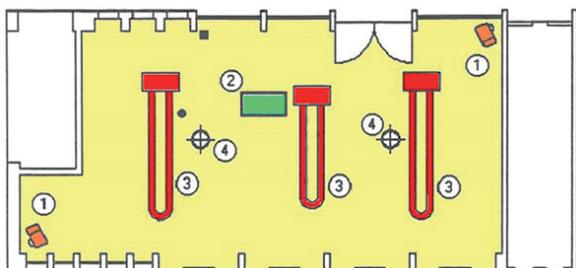
Robur ha quindi realizzato in un piccolo capannone industriale un vero e proprio laboratorio di sperimentazione, battezzato sala Archimede (Figura 3.1 p. 3), nel quale sono stati installati 3 diversi tipi di sistemi di riscaldamento (Figura 3.2 p. 3):

- ▶ 2 generatori d'aria calda pensili Robur
- ▶ 1 generatore d'aria calda a scambio diretto a basamento
- ▶ 3 tubi radianti a gas

La potenza termica di tutti 3 i sistemi era paritetica e pari a circa 60 kW.

Sono inoltre stati installati 2 destratificatori d'aria (riferimento 4 di Figura 3.2 p. 3) per verificare l'opportunità/convenienza di un sistema di destratificazione meccanica.

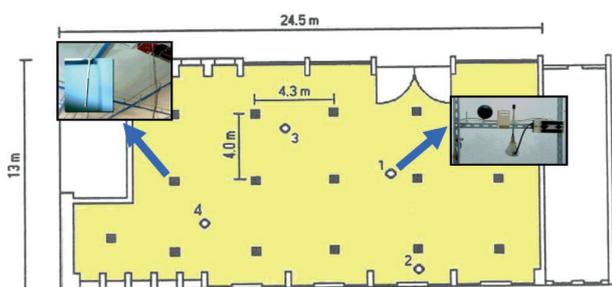
Figura 3.2 Posizione sistemi di riscaldamento



- 1 Generatori d'aria calda pensili Robur
- 2 Generatore d'aria calda a scambio diretto a basamento
- 3 Tubi radianti a gas

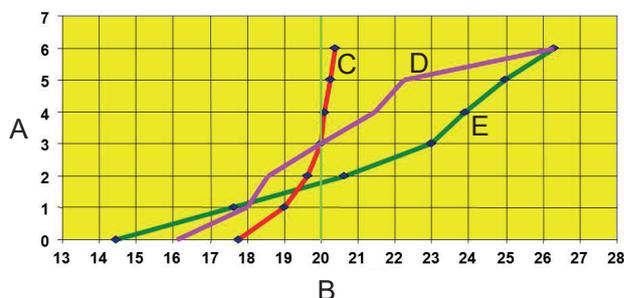
Nel locale è poi stata installata una serie di sensori di temperatura (144 sonde di temperatura) e 2 postazioni di rilevamento del comfort (sensori di rilevamento della temperatura aria, temperatura radiante, umidità relativa, velocità dell'aria) (Figura 3.3 p. 3).

Figura 3.3 Posizione sensori di temperatura



In sintesi i risultati ottenuti sono rappresentati nei grafici delle Figure 3.4 p. 3 e 3.5 p. 3, in cui si evidenzia una minima stratificazione del calore per i generatori Robur, una maggiore stratificazione per il generatore a basamento e una forte stratificazione del calore in corrispondenza dell'altezza di installazione dei tubi radianti.

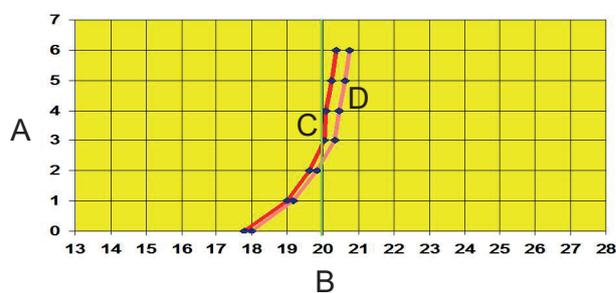
Figura 3.4 Grafico stratificazione apparecchi riscaldamento



- A Altezza (m)
- B Temperatura (°C)
- C Generatori Robur
- D Tubi radianti a gas
- E Generatore d'aria calda a scambio diretto a basamento

Sono state infine misurate le temperature dell'aria alle varie altezze con il funzionamento dei destratificatori d'aria. I risultati hanno dimostrato che in questa applicazione, i destratificatori non portano alcun beneficio in termini di riduzione della stratificazione del calore nel locale riscaldato.

Figura 3.5 Stratificazione generatori Robur con e senza destratificatori



- A Altezza (m)
- B Temperatura (°C)
- C Generatori Robur c/destratificatori
- D Generatori Robur s/destratificatori

La sperimentazione del gradiente termico e della stratificazione di Robur non si è però limitata a quella realizzata nella Sala Archimede, ma si è spostata anche sul campo, su impianti reali a servizio di edifici di diversa conformazione, volumetria e condizioni climatiche. Dai risultati ottenuti si è però potuto notare che il valore di 0,3 °C/m di altezza di stratificazione è rimasto praticamente invariato nelle diversi casi presi in esame, confermando quindi una stratificazione del calore, grazie ai particolari scambiatori di calore utilizzati da Robur, sensibilmente inferiore quella di sistemi alternativi ad aria, che quindi consente una importante riduzione delle dispersioni termiche dell'edificio.

4 LA GAMMA DEI GENERATORI

Attualmente la gamma dei generatori d'aria calda Robur comprende quattro distinte serie di prodotti, ciascuna con caratteristiche e modelli specifici.

1. Generatori G: generatori d'aria calda modulanti a condensazione, provvisti di cronotermostato di serie.
2. Generatori K: generatori d'aria calda modulanti, provvisti di cronotermostato di serie.
3. Generatori R: generatori d'aria calda modulanti su due livelli di potenza, disponibili anche in versione centrifuga e a proiezione verticale.
4. Generatori M: generatori d'aria calda per utilizzo tecnologico, disponibili anche in versione centrifuga.

4.1 GENERATORI SERIE G

I generatori d'aria calda della serie G rappresentano l'eccellenza dei sistemi di riscaldamento ad aria proposti da Robur.

La loro elevatissima efficienza (fino al 105,7 %), ottenuta grazie al recupero del calore di condensazione dei fumi, si somma all'elevato comfort offerto dalla doppia modulazione sia sul bruciatore che sulla portata d'aria.

La serie G inoltre ha la possibilità di funzionare anche con bruciatore in modulazione e portata aria fissa per ridurre il salto termico e ottenere una valutazione energetica ancora più alta, secondo i criteri fissati dalle norme.

Il cronotermostato di serie offre una regolazione completa, che permette di sfruttare al meglio le caratteristiche del generatore.

La scelta dei generatori a condensazione serie G consente di ottenere il massimo delle prestazioni e del comfort in ambiente, in quanto i generatori hanno un sofisticato livello di gestione e di erogazione del calore in ambiente. Inoltre possono accedere ad incentivi e agevolazioni fiscali (variabili a seconda dei Paesi di installazione) grazie alla loro efficienza.

- Generatori d'aria calda modulanti a condensazione.
- 4 taglie di potenza termica: 29,2 / 43,3 / 56,2 / 90,2 kW.
- Solo modelli con ventilatore assiale.
- Bruciatore premiscelato modulante.
- Possibilità di funzionare con portata aria fissa oppure modulante.
- Cronotermostato digitale di serie, con regolazione della temperatura su 3 livelli, selezione funzionamento estate/inverno, diagnostica e altre funzioni avanzate.
- Consenso esterno per la gestione centralizzata dell'avviamento/spengimento di gruppi di generatori.
- Sifone scarico condensa di serie.

4.2 GENERATORI SERIE K

I generatori d'aria calda della serie K rappresentano un ottimo compromesso tra investimento ed efficienza per i sistemi di riscaldamento ad aria.

La loro elevata efficienza (fino al 96,2 %) si somma all'elevato comfort offerto dalla doppia modulazione sia sul bruciatore che sulla portata d'aria.

Il cronotermostato di serie offre una regolazione completa, che permette di sfruttare al meglio le caratteristiche del generatore.

La scelta dei generatori modulanti serie K permette di avere il massimo comfort ambiente, grazie al fatto che il salto termico dell'aria emessa viene mantenuto costante anche durante la modulazione del bruciatore. La sua efficienza, pur elevata, evita la formazione di condensa, evitando la realizzazione della necessaria linea di scarico e la gestione della condensa dei fumi.

- Generatori d'aria calda modulanti.
- 4 taglie di potenza termica: 29,2 / 41,6 / 55,2 / 92,0 kW.

- Solo modelli con ventilatore assiale.
- Bruciatore premiscelato modulante.
- Portata aria modulante.
- Cronotermostato digitale di serie, con regolazione della temperatura su 3 livelli, selezione funzionamento estate/inverno, diagnostica e altre funzioni avanzate.
- Consenso esterno per la gestione centralizzata dell'avviamento/spengimento di gruppi di generatori.

4.3 GENERATORI SERIE R

I generatori d'aria calda della serie R rappresentano il modello base di generatore d'aria calda conforme alle normative vigenti.

La loro efficienza (fino al 97,8 %) si somma all'elevato comfort offerto dalla modulazione di potenza su due livelli del bruciatore.

L'ampia scelta di sistemi di controllo opzionali permette di scegliere il controllo più adeguato per le proprie esigenze.

La scelta dei generatori serie R è indicata quando si vuole utilizzare un sistema di riscaldamento ad aria calda a scambio diretto senza richiedere particolari complessità e prestazioni. Con l'ampia scelta di accessori per la gestione, si può optare per un sistema di controllo semplice e minimale, fino ad un controllo remoto centralizzato di decine di generatori (fino ad un massimo di 100) controllato e regolato tramite PC.

- Generatori d'aria calda modulanti in automatico su due livelli di potenza.
- 7 taglie di potenza termica: 14,1 / 18,7 / 25,5 / 35,0 / 44,6 / 62,8 / 76,4 kW.
- 7 modelli con ventilatore assiale, 4 con ventilatore centrifugo, 5 a proiezione verticale.
- Bruciatore premiscelato modulante su due livelli di potenza.
- Portata aria fissa.
- Vasta gamma di dispositivi di controllo opzionali che consentono anche la gestione centralizzata di più generatori.

4.4 GENERATORI SERIE M

I generatori d'aria calda della serie M sono dedicati esclusivamente agli utilizzi in applicazioni di processo, o comunque per impianti che non hanno funzione di comfort degli esseri umani.

Il bruciatore di tipo atmosferico a potenza fissa consente un funzionamento molto affidabile anche nei contesti produttivi, dove le condizioni di esercizio sono più impegnative.

L'ampia scelta di sistemi di controllo opzionali permette di scegliere il controllo più adeguato per le proprie esigenze.

I generatori della serie M sono progettati per la realizzazione di un sistema di riscaldamento a scambio diretto a servizio di impianti produttivi e di processo (locali di asciugatura, stanze di mantenimento termico di materiali, serre di coltivazione e allevamenti zootecnici, ecc.). La semplicità dei generatori, dotati di bruciatore atmosferico a tiraggio forzato, garantisce un'elevata affidabilità, caratteristica molto apprezzata in queste tipologie applicative. Con l'ampia scelta di accessori per la gestione, si può optare per un sistema di controllo semplice e minimale, fino ad un controllo remoto centralizzato di decine di generatori (fino ad un massimo di 100) controllato e regolato tramite PC.

- Generatori d'aria calda on/off.
- 7 taglie di potenza termica: 18,3 / 25,5 / 30,7 / 37,4 / 42,5 / 50,7 / 63,8 kW.
- 7 modelli con ventilatore assiale, 3 con ventilatore centrifugo.
- Bruciatore atmosferico.
- Portata aria fissa.
- Vasta gamma di dispositivi di controllo opzionali che consentono anche la gestione centralizzata di più generatori.

5 GUIDA ALLA SCELTA DEI GENERATORI

I criteri da utilizzare per la scelta del generatore più idoneo alle proprie esigenze sono riassunti nella Tabella 5.1 p. 5 seguente.

Tabella 5.1 Guida alla scelta dei generatori

	G	K	R	M
Efficienza	fino al 105,7 %	fino al 96,2 %	fino al 97,8 %	fino al 88,8 %
Tipo bruciatore	premiscelato	premiscelato	premiscelato	atmosferico
Modulazione bruciatore	30÷100%	50÷100%	due livelli di potenza (60÷100 %)	on/off
Portata aria	modulante o fissa	modulante	fissa	fissa
Flusso d'aria	assiale	assiale	assiale centrifugo lancio verticale	assiale centrifugo
Modelli	4 modelli	4 modelli	7 modelli assiali 4 modelli centrifughi 5 modelli a lancio verticale	7 modelli assiali 3 modelli centrifughi
Controllo	cronotermistato digitale di serie	cronotermistato digitale di serie	opzionale	opzionale
Fascia di prezzo	€€€€	€€€	€€	€