



Impianti HVAC

Confronto tra sistemi
idronici e VRF

di Antonio Briganti

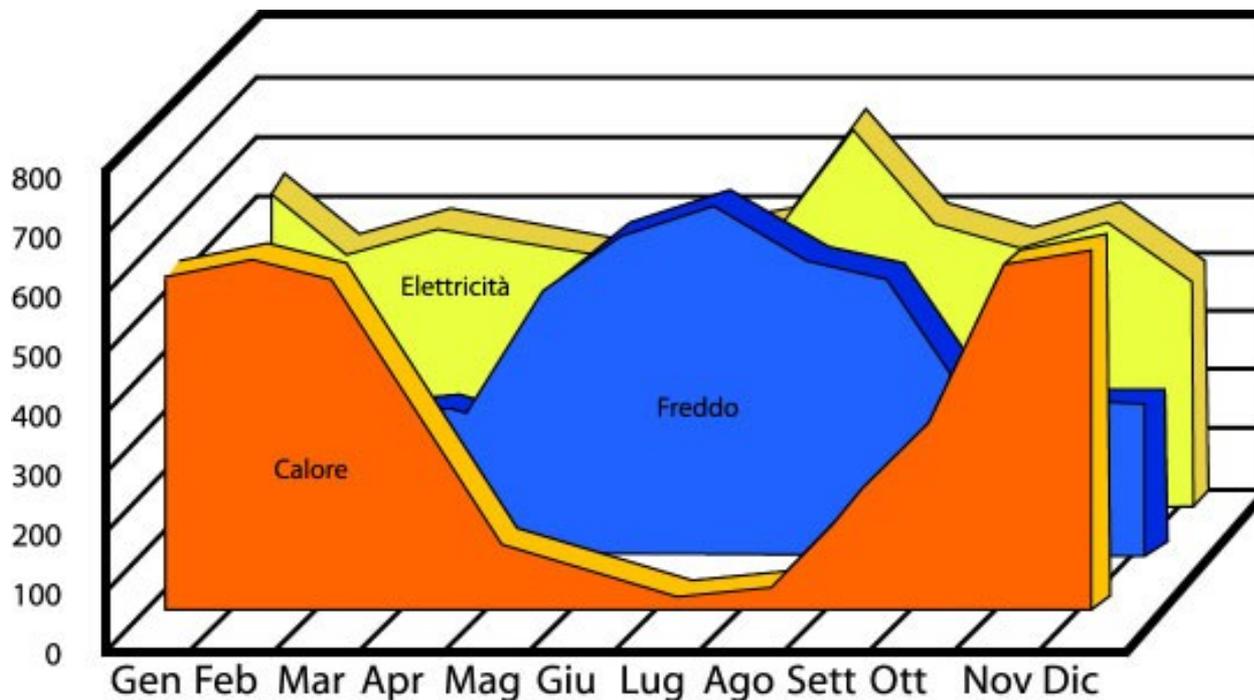
© Impianti Clima

SOMMARIO

- Carichi termici e concetto di zona
- Le tipologie di impianti
- Impianti VRF
 - *solo raffreddamento*
 - *pompa di calore*
 - *recupero di calore*
- Impianti Idronici
 - *ventilconvettori e aria primaria*
 - *singola zona*
 - *multizone*
 - *doppio canale*
 - *VAV*
 - *impianti ad anello d'acqua*
 - *geotermici*
- Confronti tra impianti VRF e Idronici



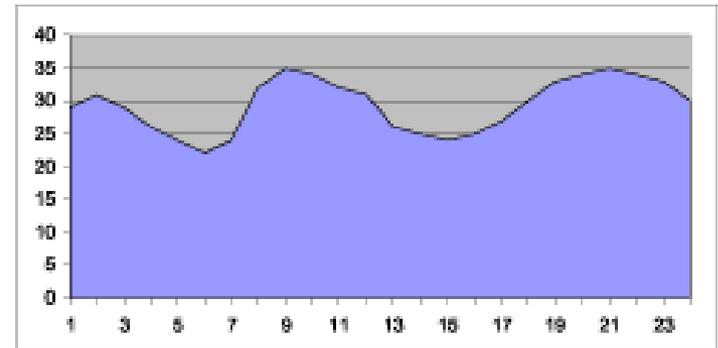
ANDAMENTO ANNUALE DEI CARICHI TERMICI



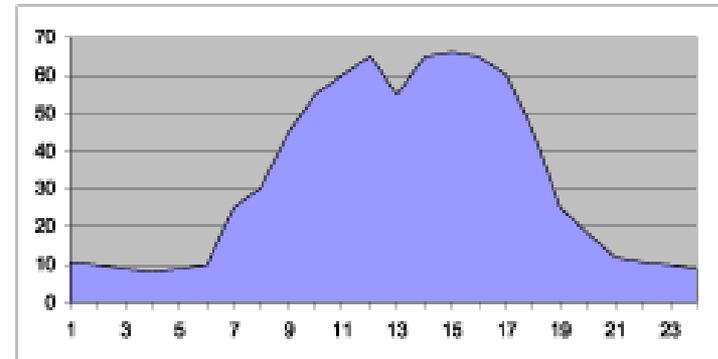
- I carichi termici variano nel corso della giornata e dell'anno. Ciascun impianto dimostra un proprio profilo caratteristico del carico termico.

ANDAMENTO GIORNALIERO DEI CARICHI

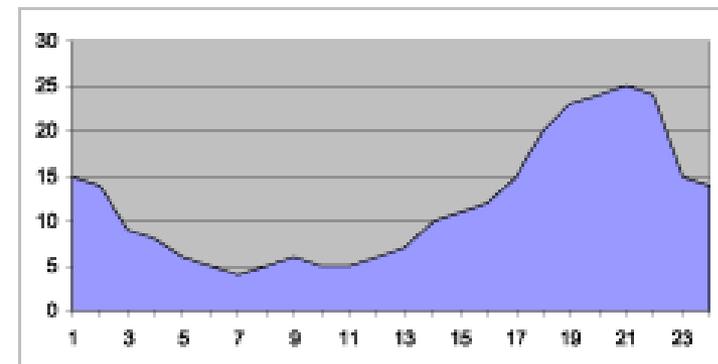
- **OGNI EDIFICIO HA UN PROFILO CARATTERISTICO DEL CARICO TERMICO GIORNALIERO SECONDO LA TIPOLOGIA E LA DESTINAZIONE D'USO**



Typical Hotel - Load Profile = 84%



Typical Office Building - Load Profile 49%



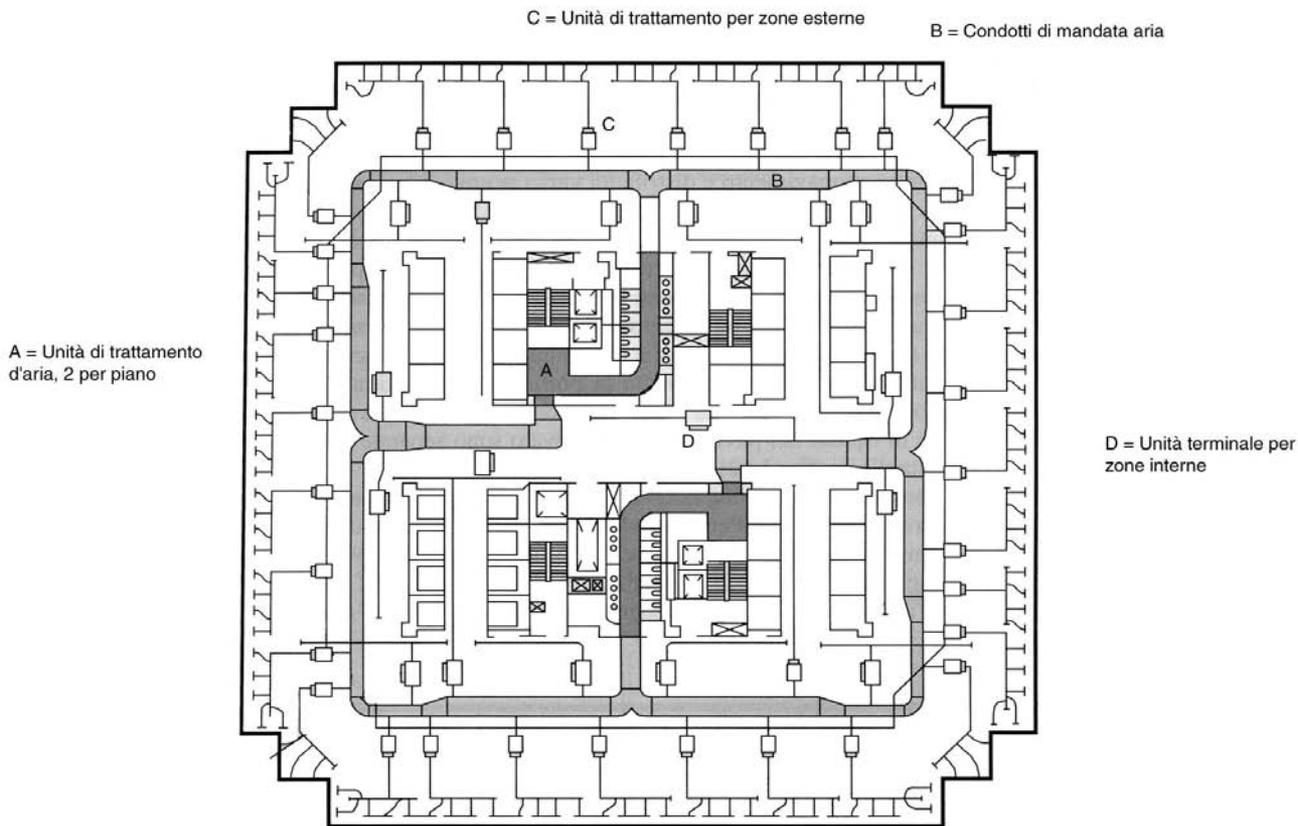
Typical Theater - Load Profile 48%

IL CONCETTO DI ZONA

- Per zona si intende ogni spazio, indipendentemente dal suo volume, caratterizzato dal medesimo andamento dei carichi termici.
- Può essere un ufficio singolo, un gruppo di uffici con la medesima esposizione e utilizzo, un open space, un atrio ecc.



LE ZONE NELL'EDIFICIO



- In un edificio tipico esistono almeno 4 zone, corrispondenti alle sue esposizioni, ma possono suddividersi in più sotto-zone. Inoltre possono esistere delle zone interne. Tutte richiedono la regolazione individuale della temperatura.

FUNZIONE DEGLI IMPIANTI HVAC

Un impianto *HVAC* di elevata qualità deve:

- Mantenere il controllo delle condizioni di ciascuna zona senza compromessi
- Il controllo di ciascuna zona deve avvenire in tutte le ore del giorno e in tutti i giorni dell'anno nei quali l'edificio è occupato
- Il controllo delle condizioni di zona deve avvenire con la massima efficienza energetica (massimo COP) soprattutto ai carichi parziali.

LE TIPOLOGIE DI IMPIANTI

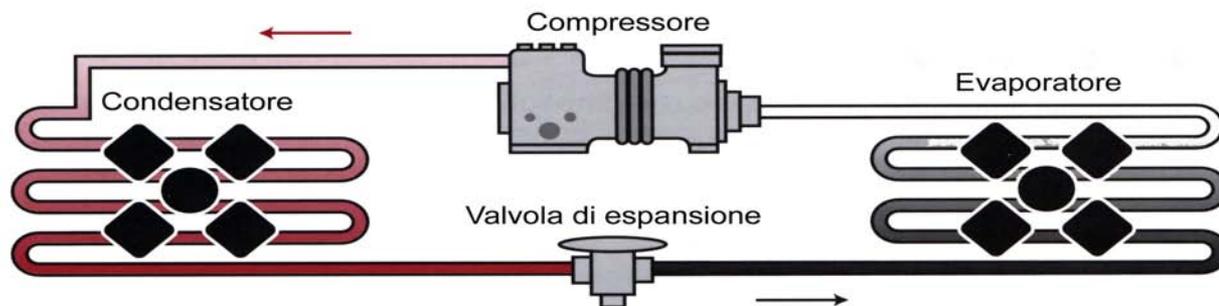
In base al **fluido** di trasporto dell'energia frigorifera tra la macchina e l'aria ambiente si distinguono **due** tipologie di impianti:

- A espansione diretta (DX)
- Idronici

Esse si possono suddividere in ulteriori sottotipi

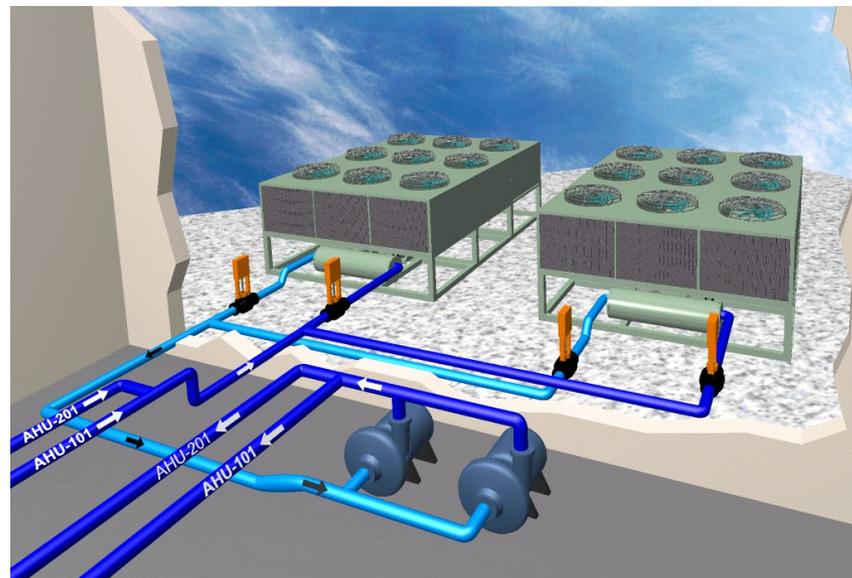
IMPIANTI A ESPANSIONE DIRETTA (DX)

- Il principio su cui funzionano consiste nella cessione diretta del calore tra l'aria ambiente e un fluido refrigerante che circola all'interno di un circuito frigorifero sigillato.
- Il fluido refrigerante viene fatto espandere all'interno di una batteria di scambio termico dove evapora sottraendo calore all'aria da raffreddare e deumidificare.
- Lo scambio di calore è diretto, quindi con un'elevata efficienza energetica.

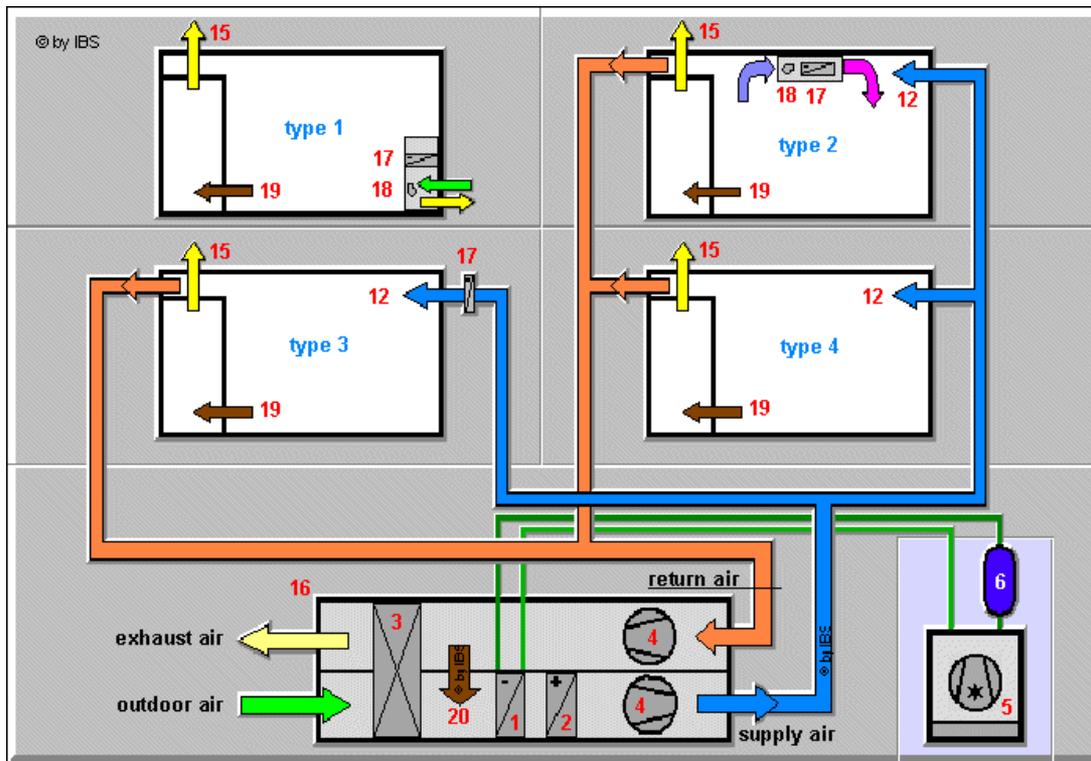


IMPIANTI IDRONICI

- Realizzano la cessione del calore tra l'aria ambiente e un fluido termovettore: acqua, aria, oppure acqua e aria, che viene raffreddato in un gruppo frigorifero e/o in una unità di trattamento.
- Rispetto all'espansione diretta l'impianto idronico presenta un passaggio in più: l'acqua deve essere prima raffreddata e poi viene fatta circolare in una batteria dove raffredda l'aria ambiente che la attraversa.
- Questo riduce l'efficienza del processo.



TIPI DI IMPIANTI IDRONICI



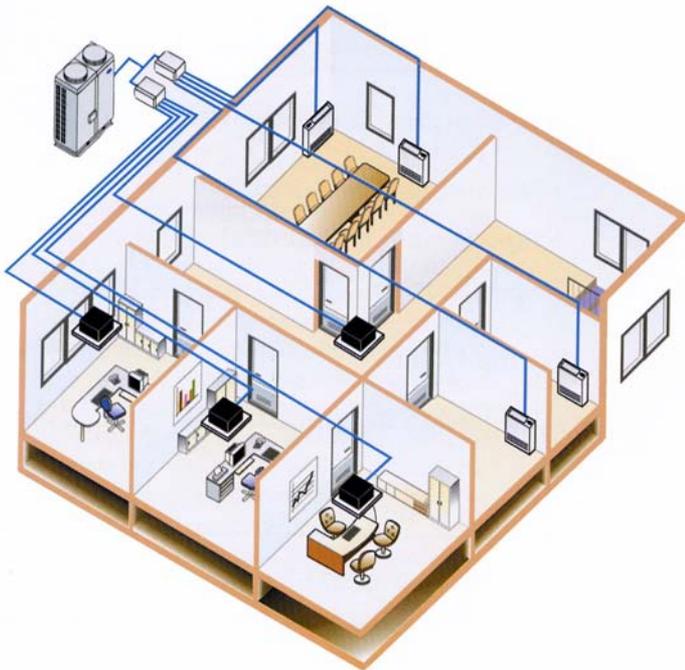
Ad acqua, con ventilconvettori

Ad acqua-aria, con ventilconvettori + aria primaria

Ad aria, portata costante, CAV
 - a singola zona
 - con postriscaldamento di zona
 - multizone
 - a doppio condotto

Ad aria a portata variabile, VAV
 - a singolo canale
 - a doppio canale

IMPIANTI VRF

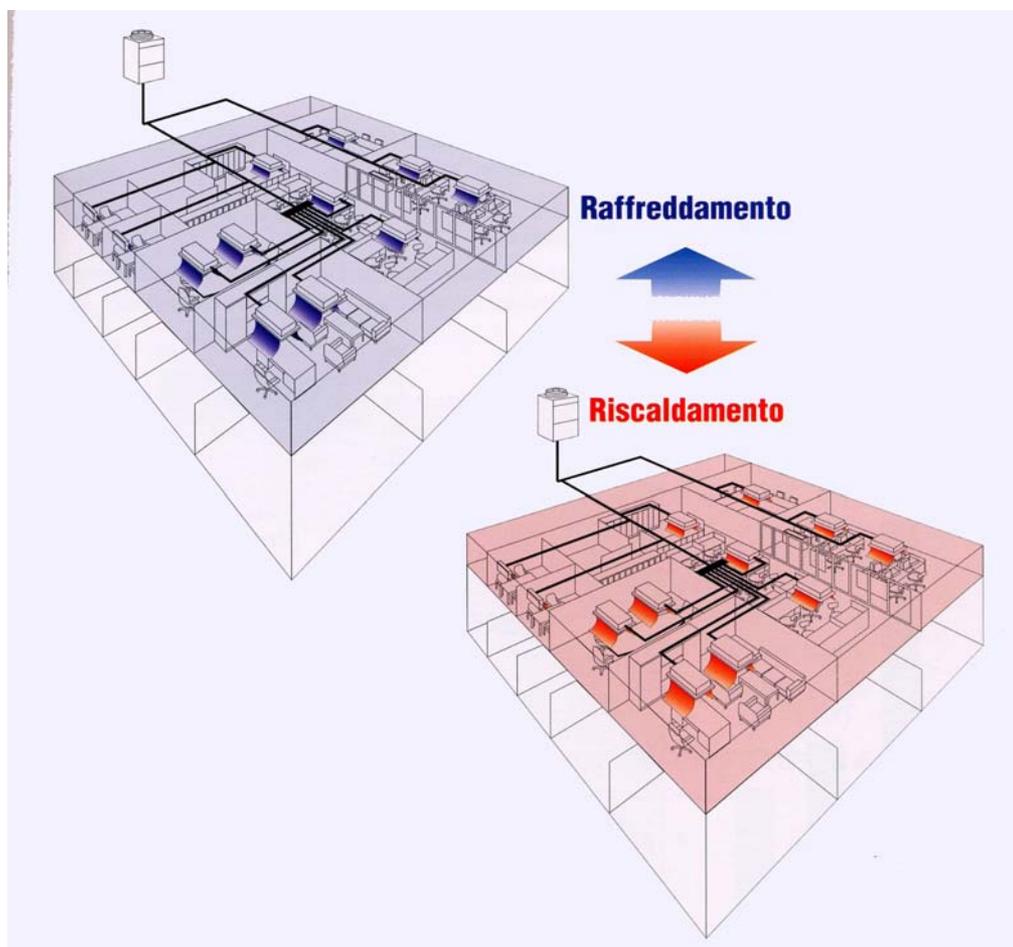


- Sono costituiti da una unità esterna dotata di compressore scroll (uno o due dei quali uno pilotato da Inverter), collegata a un certo numero di unità interne di vario tipo.
- Disponibili nelle versioni:
- Ad aria e ad acqua
- Solo condizionamento
- Condizionamento e riscaldamento a pompa di calore
- A recupero di calore

IMPIANTI VRF SOLO FREDDO

- Sono costituiti da una unità esterna che può essere collegata fino a 20 unità interne
- Consentono il controllo individuale della temperatura in ciascuna zona
- Seguono con precisione ed efficienza l'andamento dei carichi termici
- Dispongono di sofisticati sistemi e software di regolazione e gestione, sia locali con quadretti LCD, sia remoti anche attraverso Internet

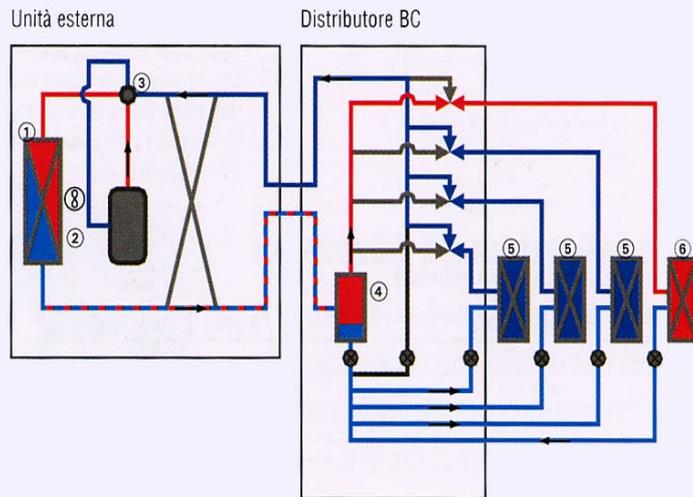
IMPIANTI VRF A POMPA DI CALORE



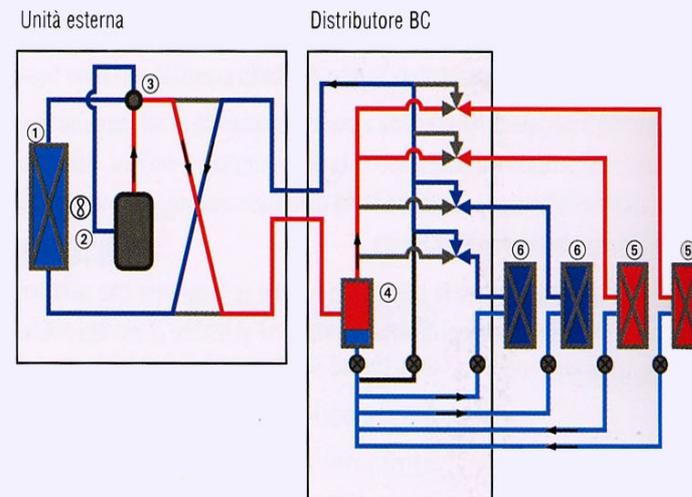
- Consentono il raffreddamento e il riscaldamento separati, con una notevole efficienza energetica. I COP si mantengono elevati nei due regimi e in tutte le condizioni di carico.

IMPIANTI VRF A RECUPERO DI CALORE

Funzionamento essenzialmente in raffreddamento



Funzionamento a recupero di calore totale



- ① Scambiatore di calore
- ② Ventilatore
- ③ Valvola a 4 vie

- ④ Separatore gas/liquido
- ⑤ Raffreddamento
- ⑥ Riscaldamento

- Gas ad alta pressione
- Gas a bassa pressione
- Refrigerante bifase ad alta pressione
- Liquido ad alta pressione

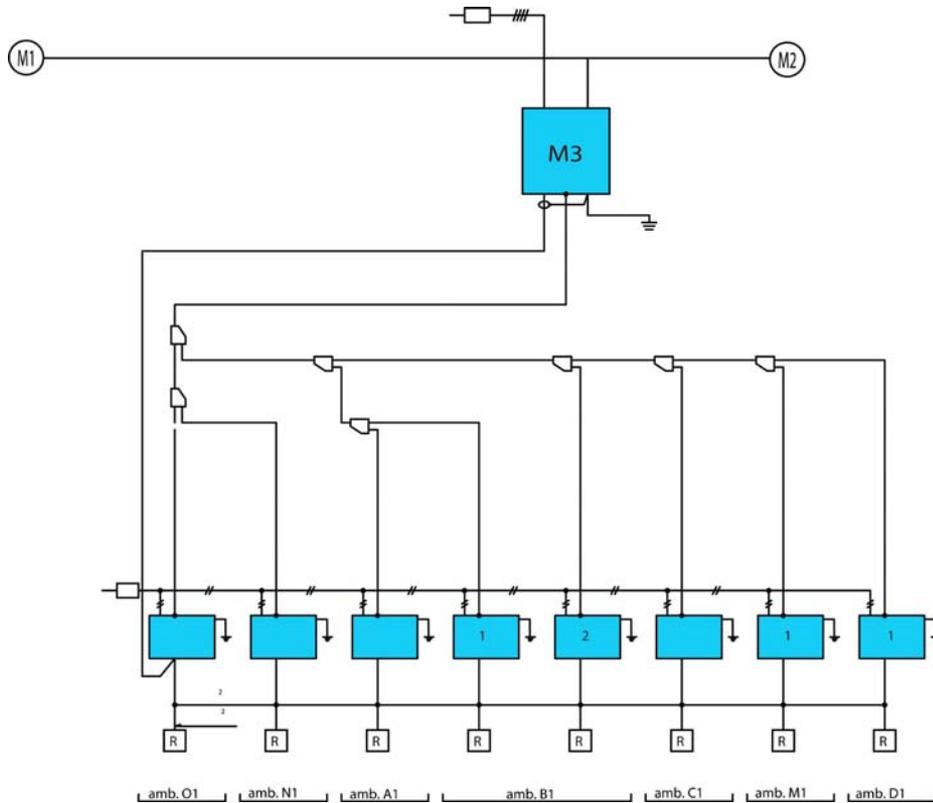
- Offrono il raffreddamento e riscaldamento simultanei e consentono di raggiungere la massima efficienza energetica oggi possibile, con valori di COP ai massimi livelli dell'industria.

VRF A RECUPERO DI CALORE A 2 TUBI



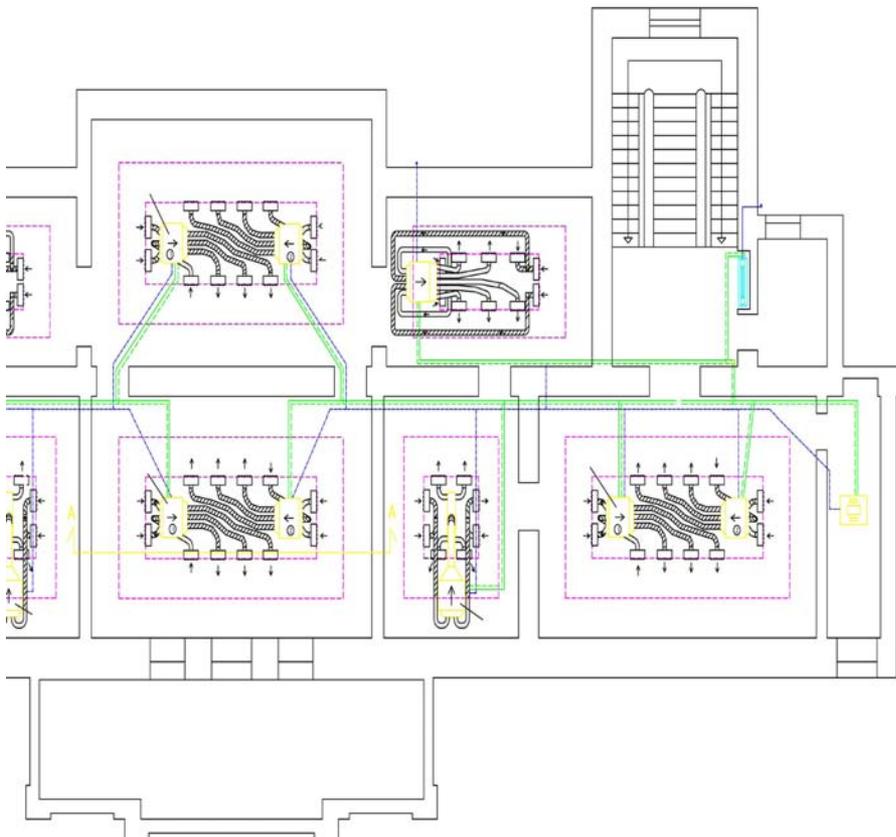
- Il sistema VRF a recupero di calore di Mitsubishi Electric è a 2 tubi, l'unico sul mercato, grazie a uno speciale sistema di distribuzione e consente la maggior facilità e il minor costo di installazione rispetto a ogni altro.

COLLEGAMENTI IMPIANTI VRF



- Il collegamento avviene con due tubi di rame di piccolo diametro che richiedono spazi minimi. Il sistema non è invasivo ed è idoneo nelle ristrutturazioni.

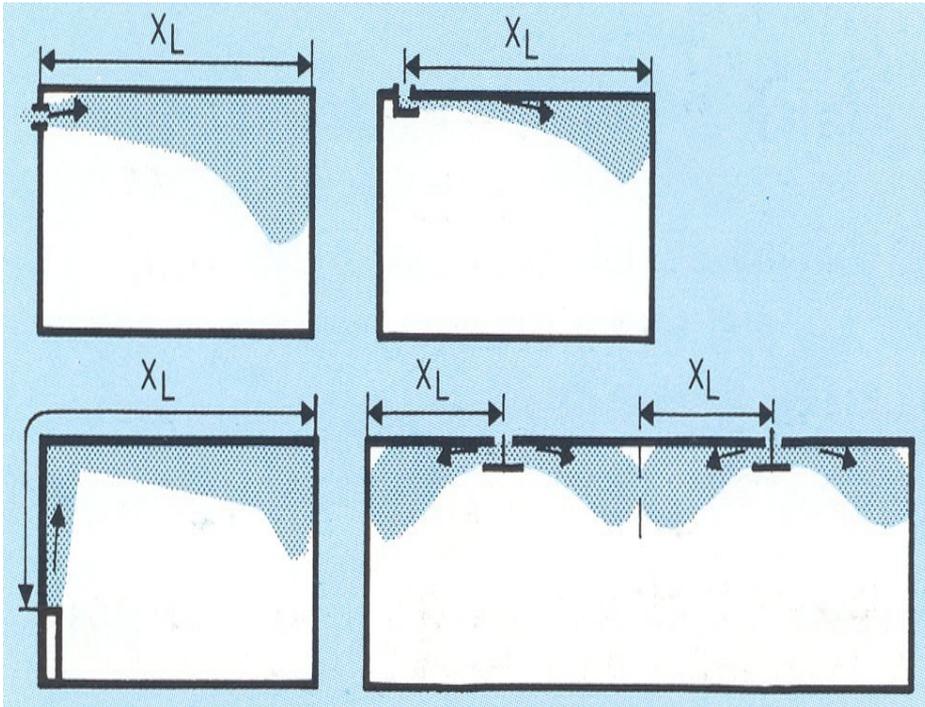
DISTRIBUZIONE ARIA IMPIANTI VRF



- La distribuzione dell'aria può essere diretta o canalizzata, utilizzando diffusori ad alta induzione come i migliori impianti a tutta aria.

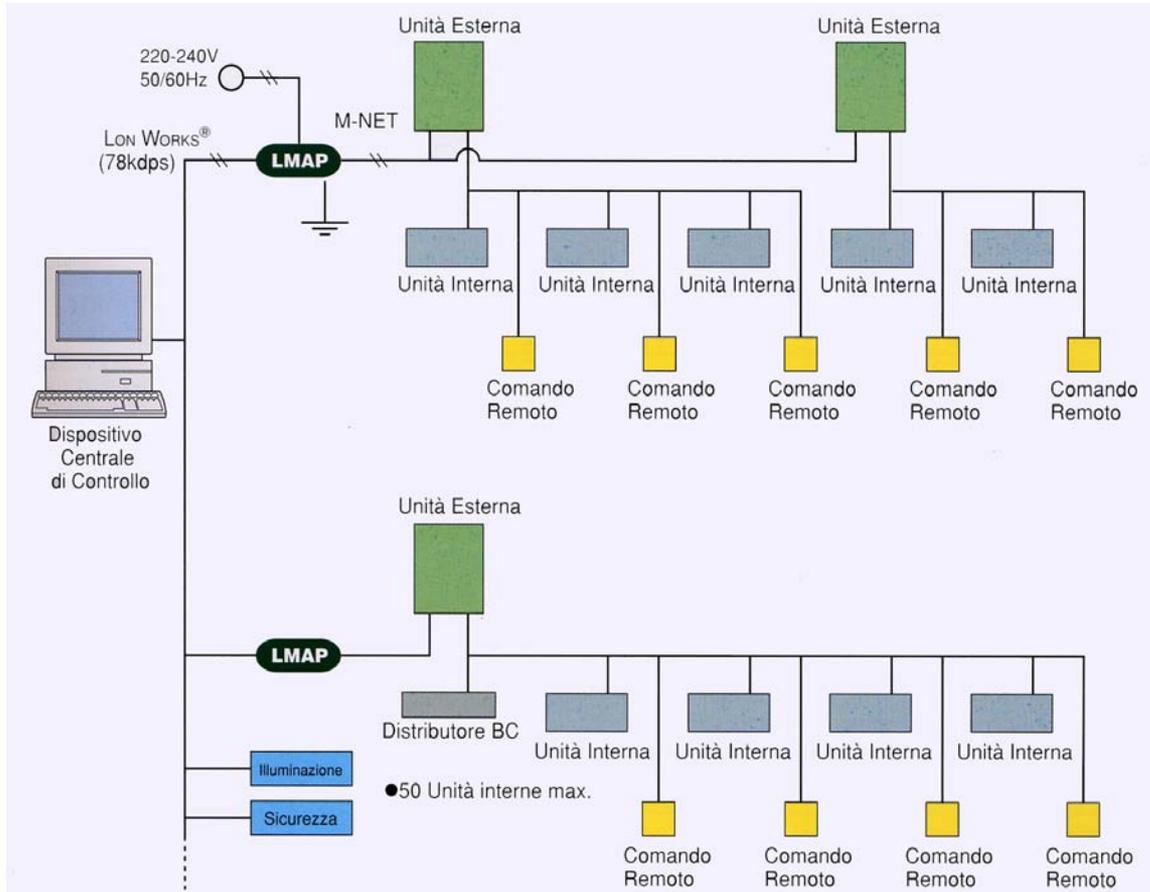
Galleria d'Arte di Cagliari, VRF a p.d.c

FORME DELLA DIFFUSIONE D'ARIA



- Le unità interne canalizzabili consentono di ottenere tutte le forme di diffusione dell'aria per soddisfare anche i più sofisticati requisiti di comfort.

GESTIONE IMPIANTI VRF



- Le capacità di gestione dei VRF sono notevolmente avanzate e consentono un controllo totale di tutti i parametri e dello stato di funzionamento in una pluralità di modi, anche via Internet.

VANTAGGI E LIMITI IMPIANTI VRF

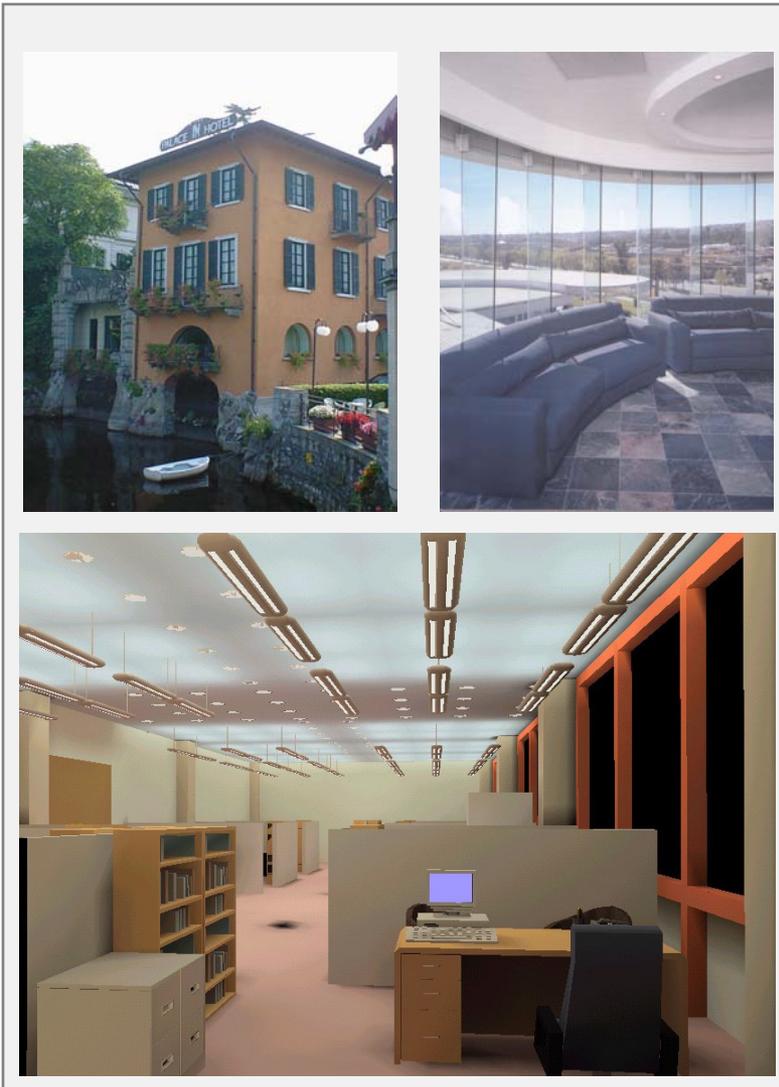
Vantaggi

- Alta efficienza ai carichi parziali
- Regolazione individuale della temperatura
- Elevatissima suddivisione in zone
- Gestione con funzioni avanzate anche via Internet
- Minimo spazio occupato, sia in ambiente, sia all'esterno. Ciò li rende adatti per le ristrutturazioni
- Facilità di installazione nelle ristrutturazioni
- Assenza di fiamma, quindi nessun problema VF
- Nessuna necessità di canna fumaria.

Limiti

- Nessuno. Il limite è dell'edilizia italiana che non ha ancora capito il vantaggio di prevedere l'integrazione con questi sistemi come avviene in Giappone e in altri paesi.

APPLICAZIONI DEGLI IMPIANTI VRF



Applicazioni più comuni:

- Uffici
- Alberghi
- Attività commerciali
- Banche
- Studi professionali
- Call centres
- Gallerie d'arte, musei

Per costruzioni nuove e ristrutturare.

IMPIANTI IDRONICI



Le tipologie più comuni sono:

- A ventilconvettori con aria primaria
- A tutta aria, a portata costante:
 - a singola zona,
 - con postriscaldamento di zona,
 - multizone,
 - a doppio condotto
- A tutta aria a portata variabile

IMPIANTI A VENTILCONVETTORI

Funzionamento

Estate

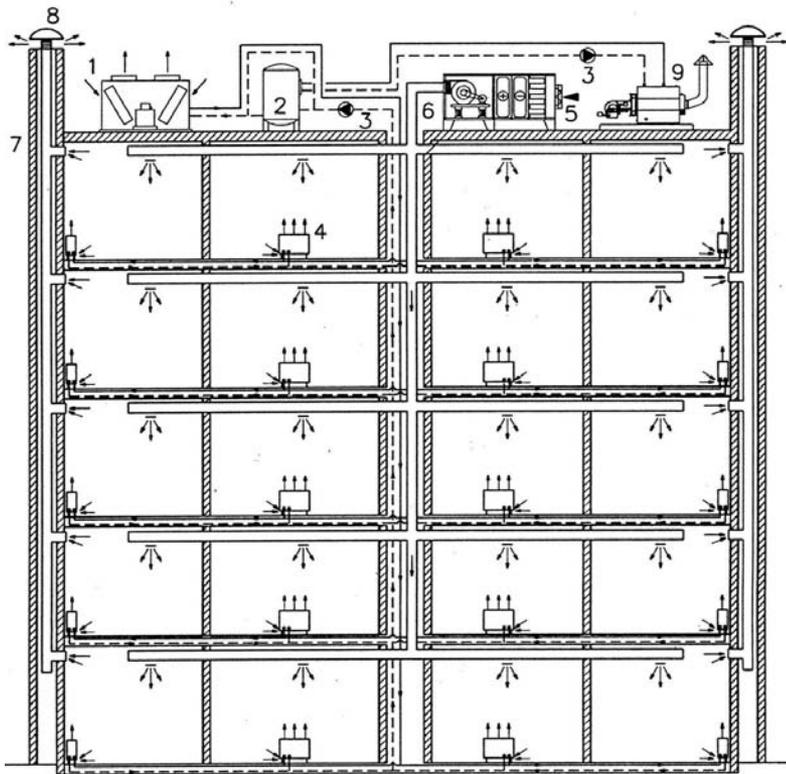
- I ventilconvettori trattano il solo carico sensibile e vengono alimentati, in estate, con acqua a 13 – 14 °C
- L'aria primaria tratta il carico latente ed effettua la ventilazione.

Inverno

- I ventilconvettori vengono alimentati con acqua a 50 – 55 °C.
- L'aria primaria effettua l'umidificazione, se richiesta, e la ventilazione.

VENTILCONVETTORI E ARIA PRIMARIA

Composizione

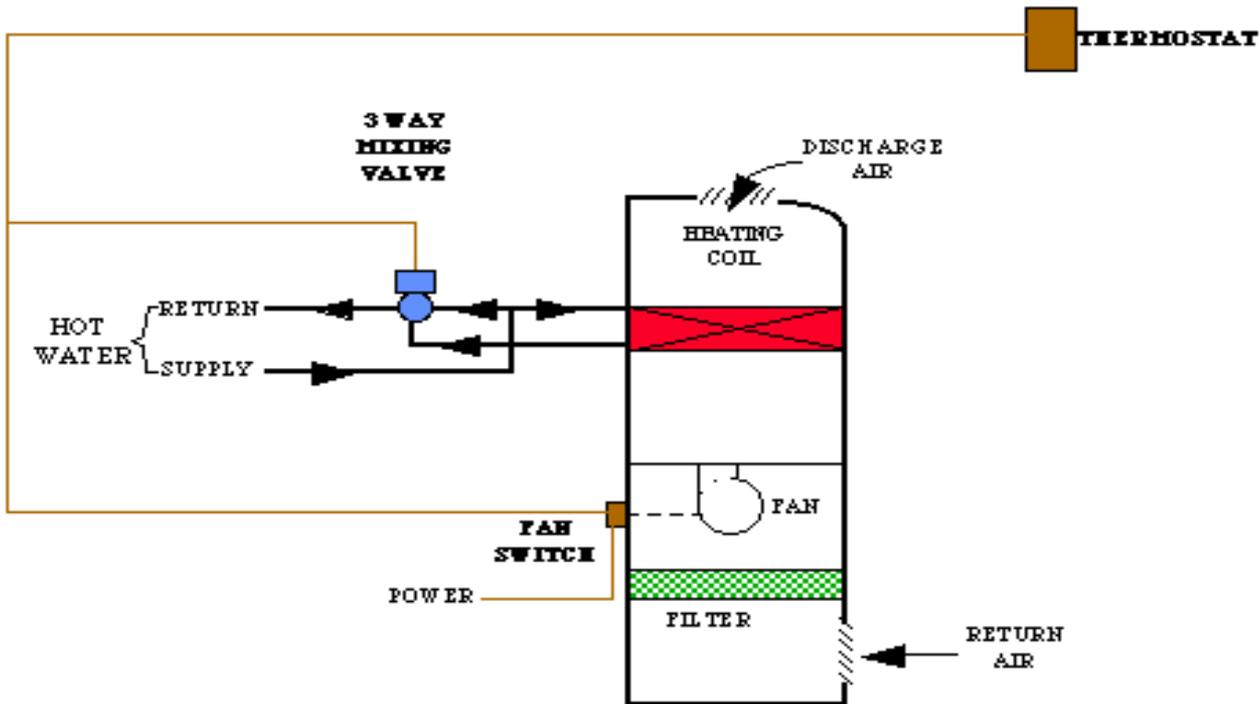


Composizione:

- Ventilconvettori nei singoli locali
- Unità di trattamento dell'aria
- Gruppo frigorifero, ev. a pompa di calore o a recupero di calore
- Caldaia (se non è prevista la p.d.c.)

VENTILCONVETTORI

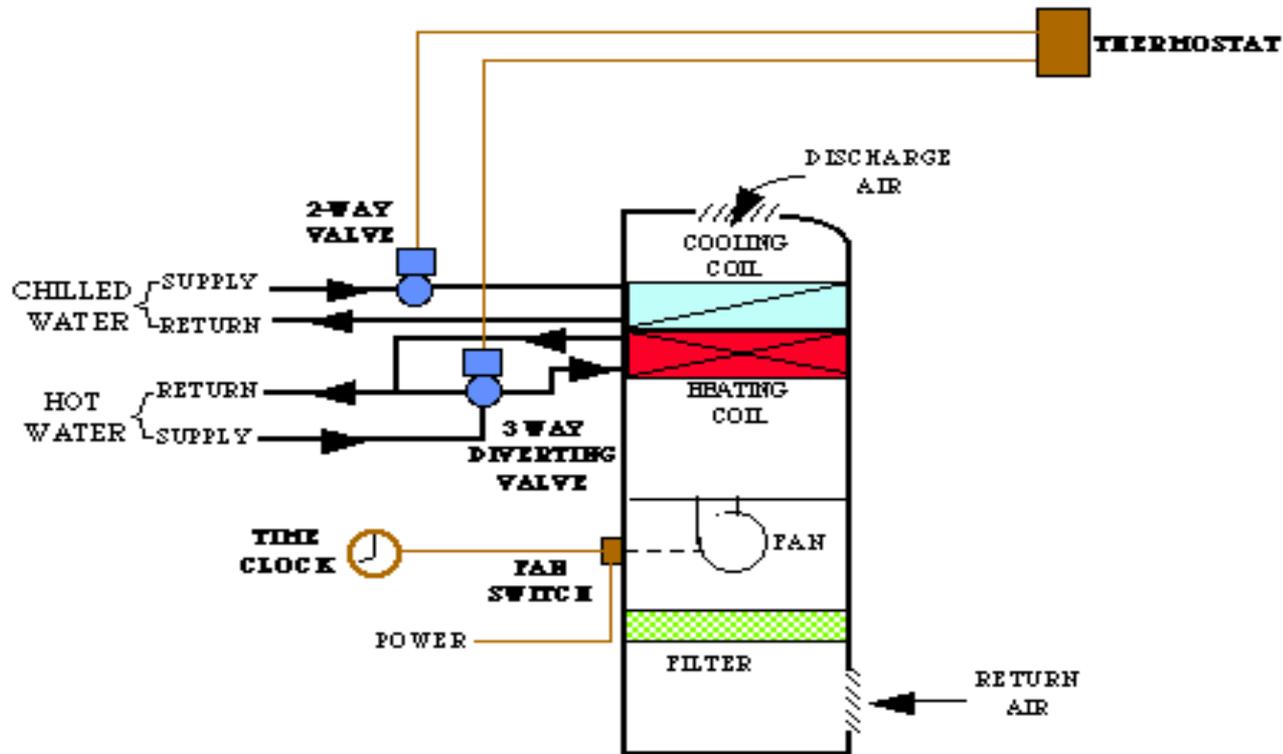
Sistema a 2 tubi



- Offrono freddo o caldo, non simultanei. Il ventilconvettore ha una singola batteria alimentata ad acqua fredda o calda secondo il regime. Il termostato regola la valvola sull'acqua o la velocità del ventilatore, o entrambe.

VENTILCONVETTORI

Sistema a 4 tubi



- Offrono il riscaldamento e raffreddamento simultanei. Il ventilconvettore ha una doppia batteria, di solito a 2 ranghi freddi + 1 rango caldo. Il termostato ambiente pilota le valvole sull'acqua.

IMPIANTI A VENTILCONVETTORI

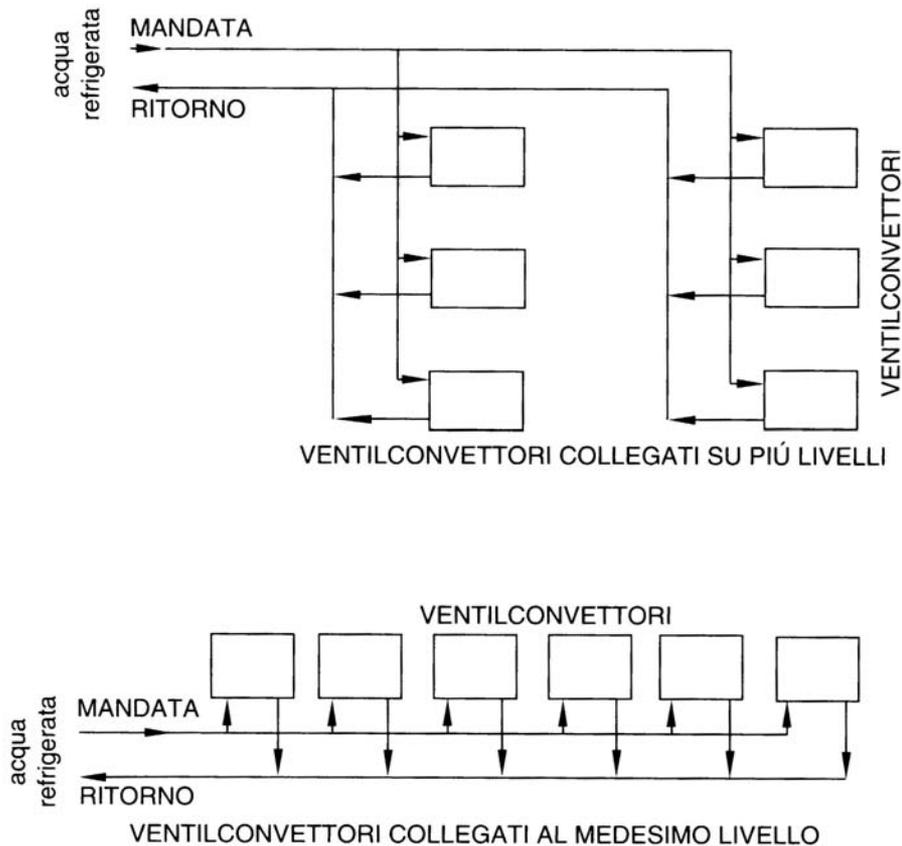
Ritorno Diretto o Inverso

- Il collegamento idraulico tra il gruppo frigorifero e la caldaia e i ventilconvettori può essere:
- A ritorno diretto
- A ritorno inverso

Di solito il collegamento a ritorno diretto è limitato ai piccoli impianti, quello a ritorno inverso è eseguito sui medi e grandi impianti.

IMPIANTI A VENTILCONVETTORI

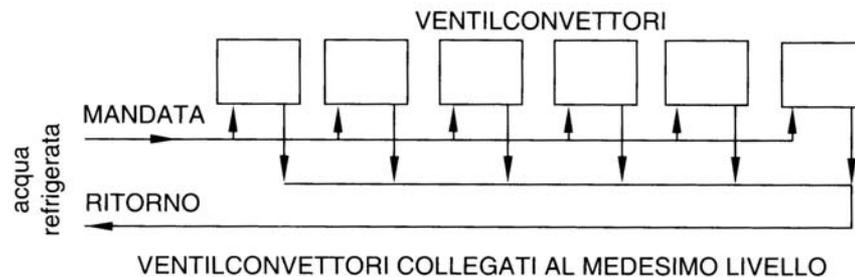
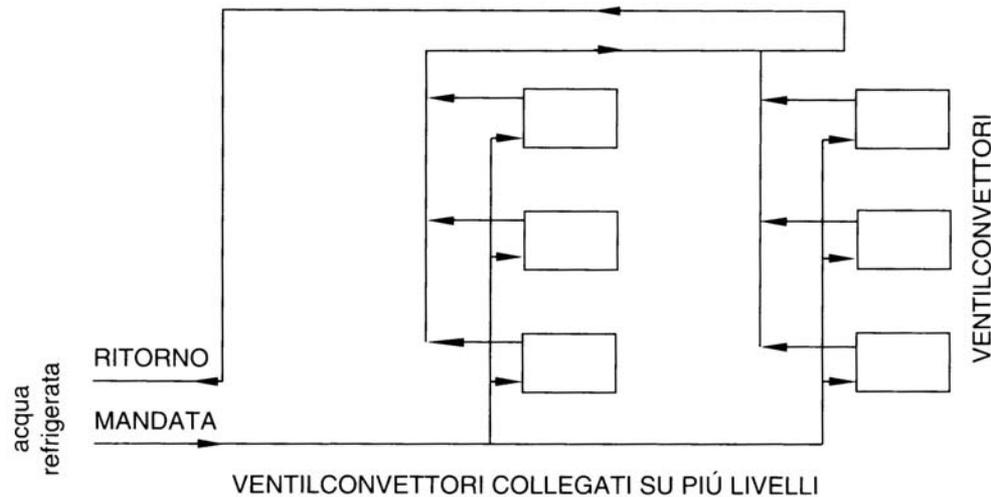
Collegamento a ritorno diretto



- Le lunghezze dei circuiti (mandata + ritorno) sono differenti per tutte le unità.
- È un sistema sempre squilibrato e richiede valvole ausiliarie o flangie tarate per controllare la perdita di carico e regolare la portata d'acqua.
- Il costo dei materiali è più basso del circuito a ritorno inverso, ma richiede una taratura più lunga.
- È giustificato quando le unità presentano perdite di carico differenti che richiedono comunque valvole ausiliarie di bilanciamento,

IMPIANTI A VENTILCONVETTORI

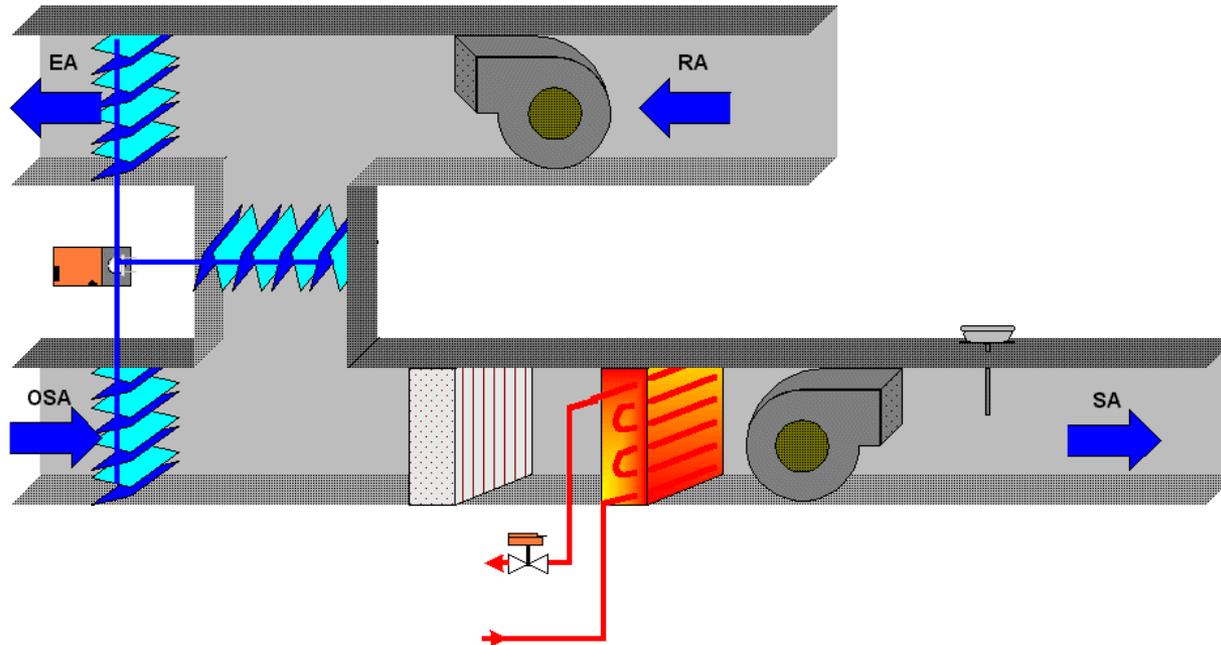
Collegamento a ritorno inverso



- La lunghezza del circuito mandata+ritorno è uguale per ogni unità.
- È idoneo pressochè in tutti i sistemi chiusi e soprattutto quando le unità presentano perdite di carico simili.
- In questi casi non si richiedono in pratica operazioni di taratura.
- Il costo dei materiali è maggiore del circuito a ritorno diretto.

IMPIANTI A VENTILCONVETTORI

Unità di Trattamento Aria (UTA)



Composizione base:

- Camera di miscela
- Filtri d'aria
- Batteria raffreddamento
- Batteria postriscaldamento (opt.)
- Ventilatore di mandata, eventuale ventilatore di ripresa

IMPIANTI A VENTILCONVETTORI

Applicazioni



Applicazioni tipiche :

- Alberghi, motel
- Edifici per uffici
- Edifici del terziario

In genere in edifici modulari dove sia richiesto il controllo individuale della temperatura in ogni locale.

IMPIANTI A VENTILCONVETTORI

Vantaggi e Limiti

Vantaggi

- Regolazione individuale della temperatura
- Raffreddamento e riscaldamento simultanei (a 4 tubi)
- Buone capacità di regolazione
- Facilità di realizzazione

Limiti

- Funzionamento poco efficiente ai carichi parziali
- Spazio occupato dai ventilconvettori in ambiente
- Inadatti per locali medi e grandi
- Manutenzione effettuata in ambiente
- Spazio necessario per gruppo frigorifero, caldaia e canali
- Poco adatto per ristrutturazioni
- Richiede un sistema BMS per offrire una gestione soddisfacente

IMPIANTI A TUTTA ARIA

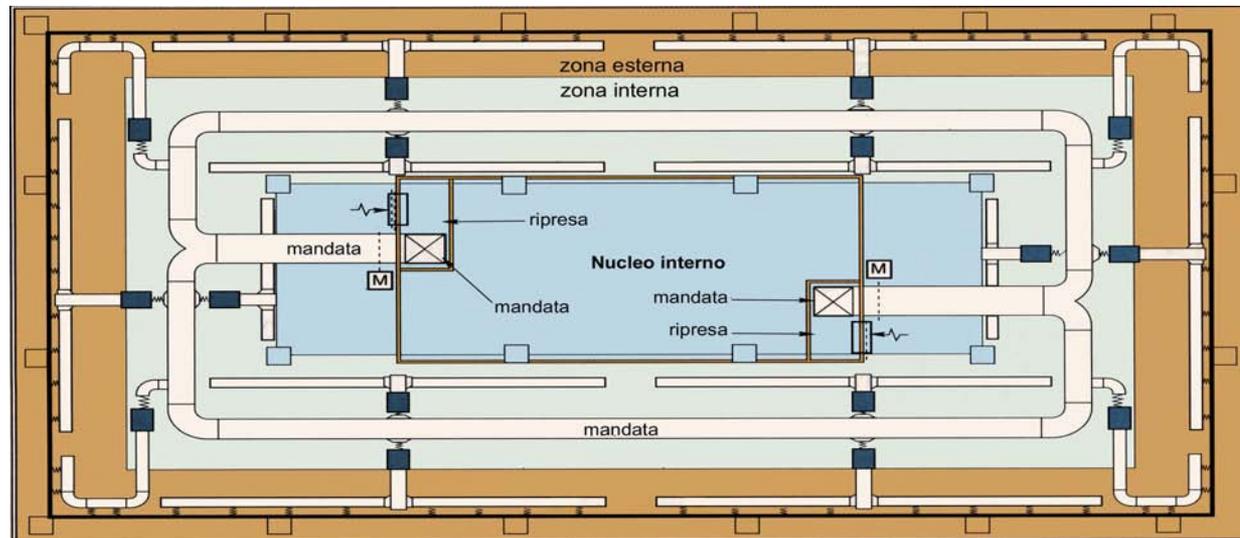
Funzionamento

- L'intero carico frigorifero estivo viene neutralizzato dall'aria trattata in una unità di trattamento. L'aria esce dall'UTA a temperatura prossima a quella di saturazione, 12 – 13 °C.
- L'aria neutralizza sia il carico sensibile, sia quello latente e effettua la ventilazione.



IMPIANTI A TUTTA ARIA

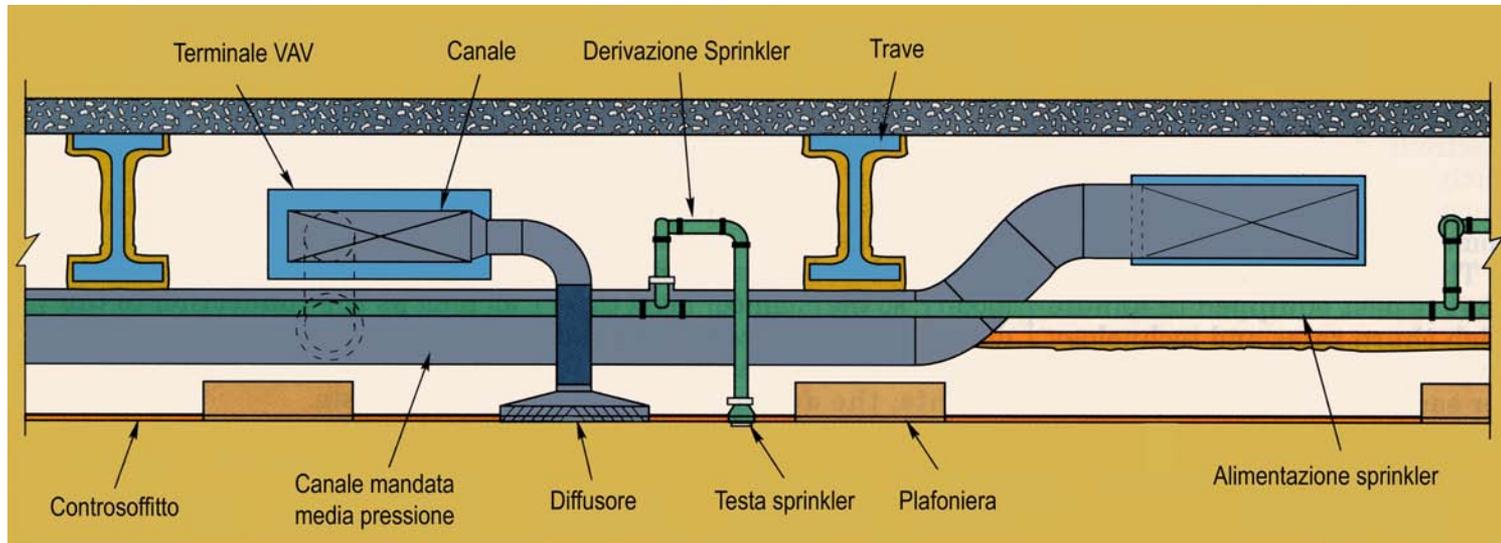
Composizione



- L'unità di trattamento alimenta un circuito di canali (può essere un anello) che alimenta con opportuni stacchi le zone perimetrali dell'edificio, e le zone interne.
- L'anello può essere alimentato da UTA su ciascun piano o in piani intermedi con risalite per mandata e ripresa.

IMPIANTI A TUTTA ARIA

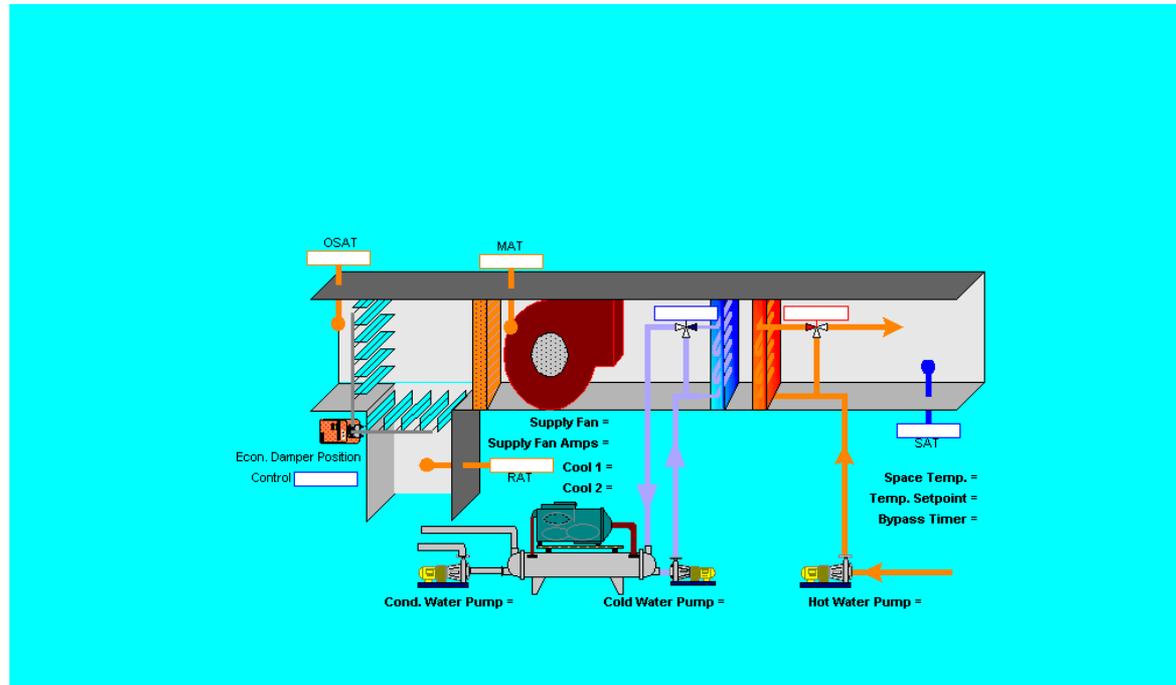
Spazi per i canali



- Poiché l'intera potenza frigorifera viene distribuita attraverso l'aria, le dimensioni dei canali possono risultare rilevanti e richiedere di aumentare sensibilmente l'altezza dei piani.

IMPIANTI A SINGOLA ZONA

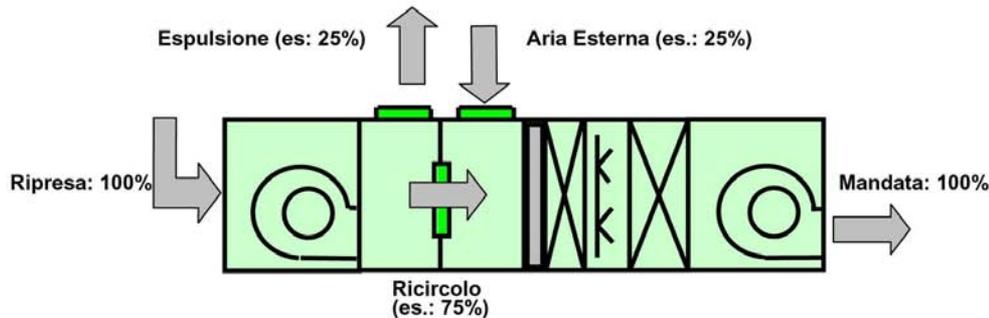
Composizione



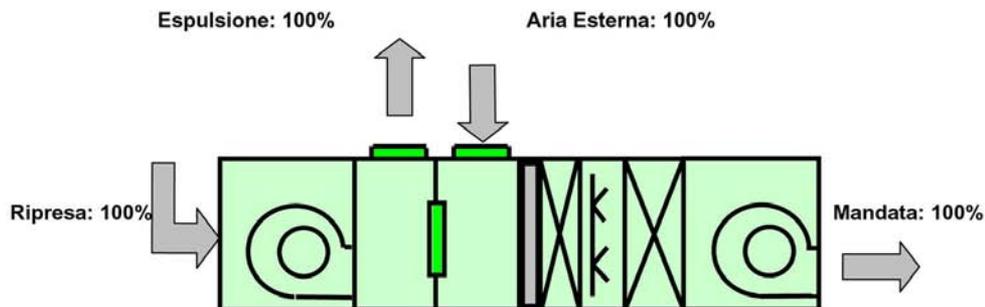
- Sono costituiti da una unità di trattamento alimentata da un gruppo frigorifero e una caldaia. Il gruppo può essere a pompa di calore o a recupero di calore, eventualmente senza bisogno di caldaia.

IMPIANTI A SINGOLA ZONA

Unità di trattamento



a) Funzionamento con refrigerazione meccanica e minima aria esterna



b) Funzionamento con free cooling e tutta aria esterna

- L'unità di trattamento è composta da camera di miscela, sezione filtri, batteria di raffreddamento e ventilatore di mandata.
- Possono essere presenti: umidificatore, batteria di postriscaldamento e ventilatore di ripresa.
- Il funzionamento può andare da tutto ricircolo a tutta aria esterna.

IMPIANTI A SINGOLA ZONA

Applicazioni



- Atri di alberghi e centri commerciali
- Padiglioni fieristici
- Centri congressi
- Discoteche
- Palestre e altri ambienti sportivi

IMPIANTI A SINGOLA ZONA

Vantaggi e limiti

Vantaggi

- Possibilità di funzionare con tutta aria esterna (free cooling)
- Diffusione dell'aria in grandi spazi
- Controllo IAQ

Limiti

- Ingombri dei canali e delle UTA elevati che richiedono di aumentare l'altezza dei piani
- Mancanza di regolazione di zona
- Funzionamento poco efficiente ai carichi parziali
- Inadatti per ristrutturazioni
- Rischi di correnti d'aria
- Rumorosità in genere sensibile

IMPIANTI CON POSTRISCALDAMENTO DI ZONA

- L'aria trattata in centrale alle condizioni di saturazione viene postriscaldata da parte di batterie di zona a canale comandate da un termostato ambiente.
- L'impianto è sostanzialmente simile a quello a singola zona, ma le batterie di postriscaldamento ne estendono funzionalità, prestazioni e campo di applicazione.

POSTRISCALDAMENTO DI ZONA

Vantaggi e limiti

Vantaggi

- Regolazione individuale
- Controllo umidità relativa
- Funzionamento possibile con tutta aria esterna e free cooling

Limiti

- Sprechi energetici per riscaldare l'aria raffreddata (e meno di non usare acqua calda di recupero dai condensatori del chiller)
- Ingombri dovuti ai canali e alla UTA
- Necessità di circuiti idronici di acqua calda per alimentare le batterie di ciascuna zona
- Inapplicabile nelle ristrutturazioni
- Rischi di correnti d'aria
- Rischi di rumorosità apprezzabile

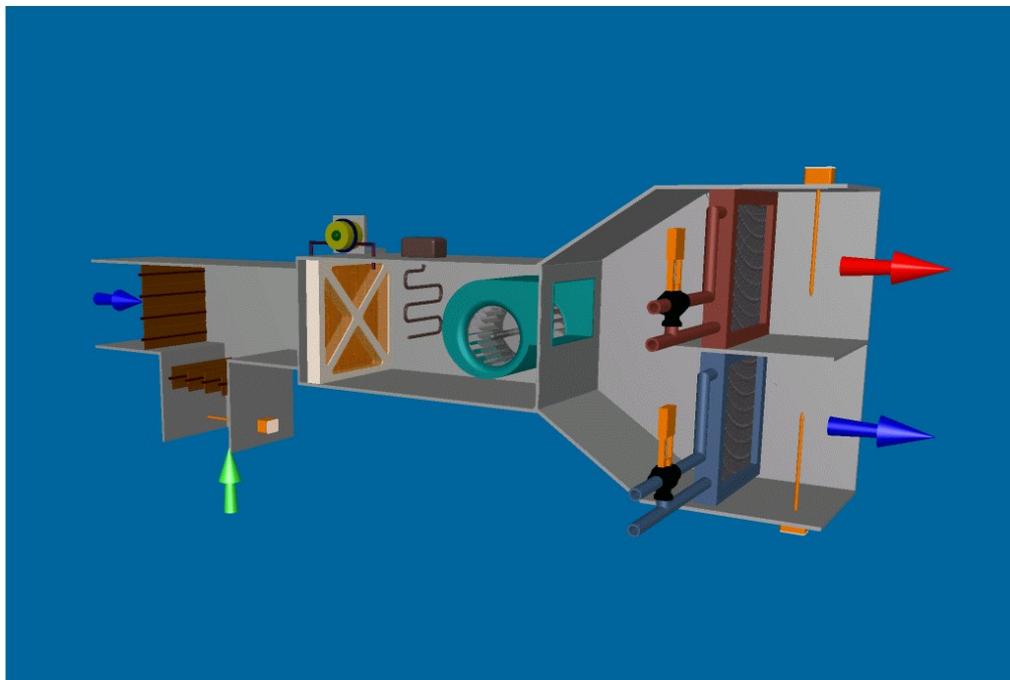
IMPIANTI CON POSTRISCALDAMENTO DI ZONA

Applicazioni

- **Edifici per uffici e istituzionali**
- **Banche**
- **Sale conferenza**
- **Ristoranti**
- **Edifici industriali**



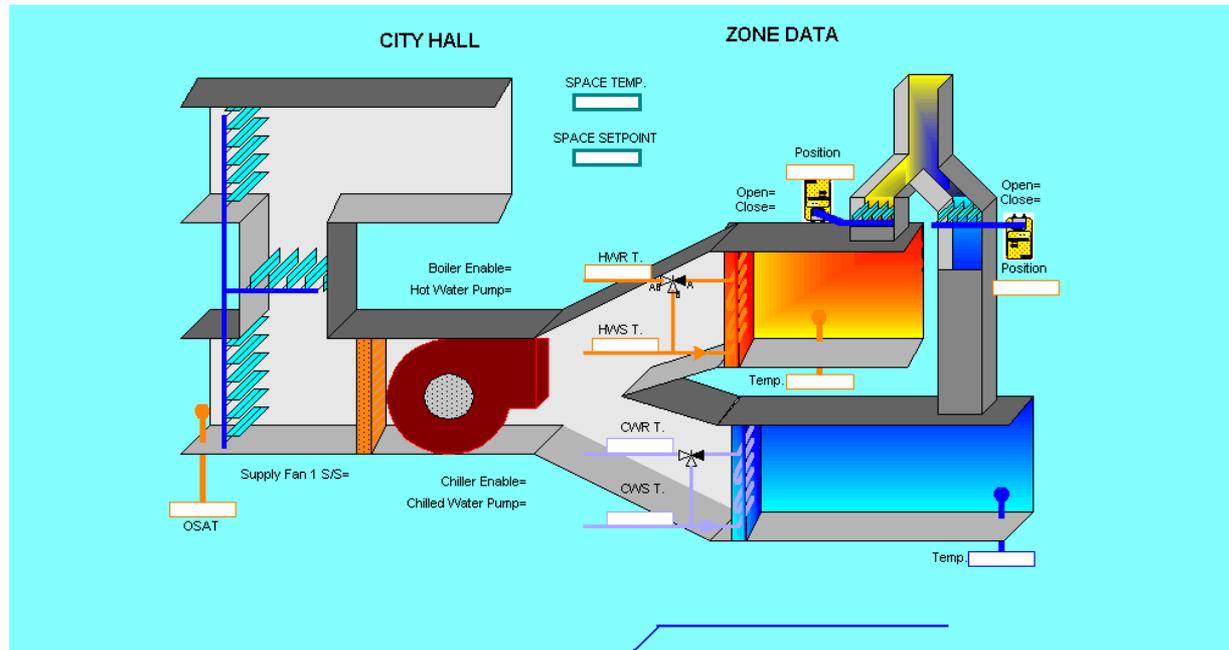
IMPIANTI MULTIZONE



- L'UTA ha due banchi separati, uno caldo l'altro freddo, ciascuno con un proprio plenum.
- I due flussi d'aria calda e fredda vengono miscelati da un certo numero di serrande coniugate e distribuiti alle varie zone.

IMPIANTI MULTIZONE

Serrande coniugate



- Ciascuna zona riceve aria miscelata dalla propria coppia di serrande coniugate mosse su comando del termostato ambiente.
- Le UTA multizone per ragioni di dimensioni possono alimentare un massimo di 10 – 15 zone. Sono adatte per impianti di media dimensione

IMPIANTI MULTIZONE

Vantaggi e limiti

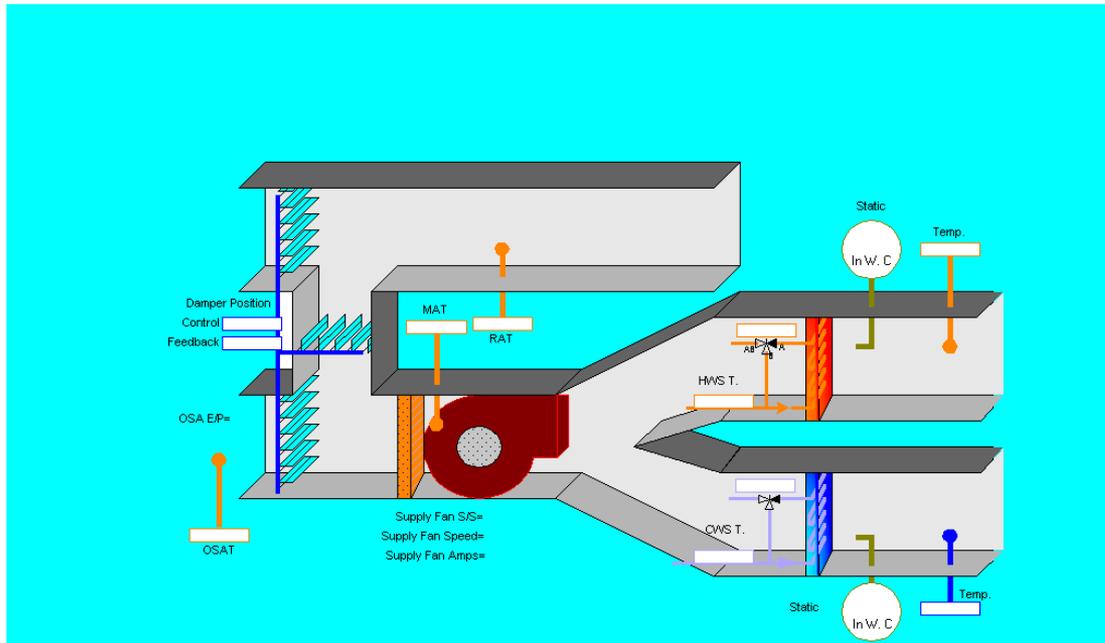
Vantaggi

- Regolazione individuale di zona
- Possibilità di trattare anche locali ampi

Limiti

- Spreco energetico (si raffredda aria riscaldata)
- Regolazione di temperatura imprecisa
- Numero limitato di zone servite
- Spazi sottratti dai canali
- Improponibile per ristrutturazioni
- Rischio di rumorosità sensibile
- Rischio di correnti d'aria

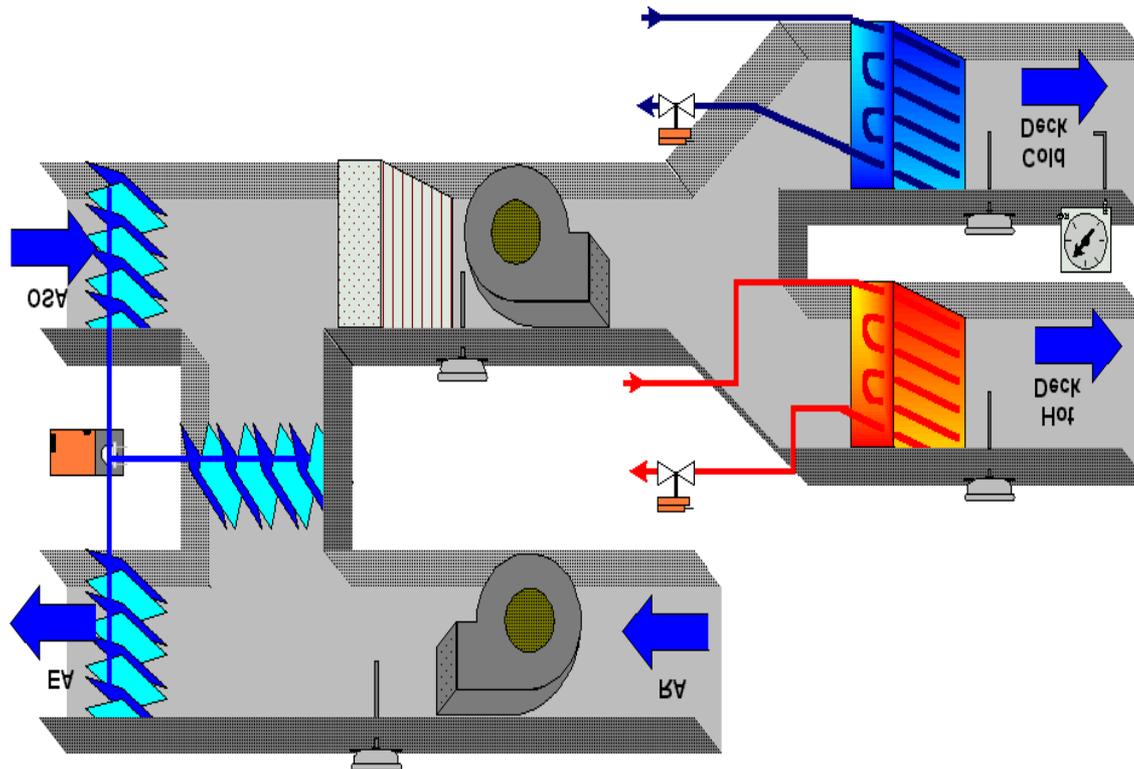
IMPIANTI A DOPPIO CONDOTTO



- L'UTA come nella versione multizone comprende due batterie a valle del ventilatore, una calda l'altra fredda, che alimentano condotti separati.
- I condotti corrono per tutto l'edificio e alimentano delle cassette miscelatrici con serrande incorporate, comandate da termostati ambiente nelle rispettive zone.

IMPIANTI A DOPPIO CONDOTTO

Regolazione



- La regolazione avviene sulle batterie per mezzo di valvole a 2 o 3 vie. La temperatura dei flussi d'aria varia secondo la stagione dell'anno.

IMPIANTI A DOPPIO CONDOTTO

Vantaggi e Limiti

Vantaggi

- Elevata qualità del comfort con controllo dell'U.R. e ventilazione
- Regolazione individuale di zona
- Può funzionare con aria a bassa temperatura

Limiti

- Sprechi energetici per riscaldare aria fredda
- Doppio circuito di canali: oneroso e con ingombri notevoli
- Costo elevato dell'impianto
- Improponibile per ristrutturazioni
- Rischi di correnti d'aria
- Rischi di rumorosità sensibile

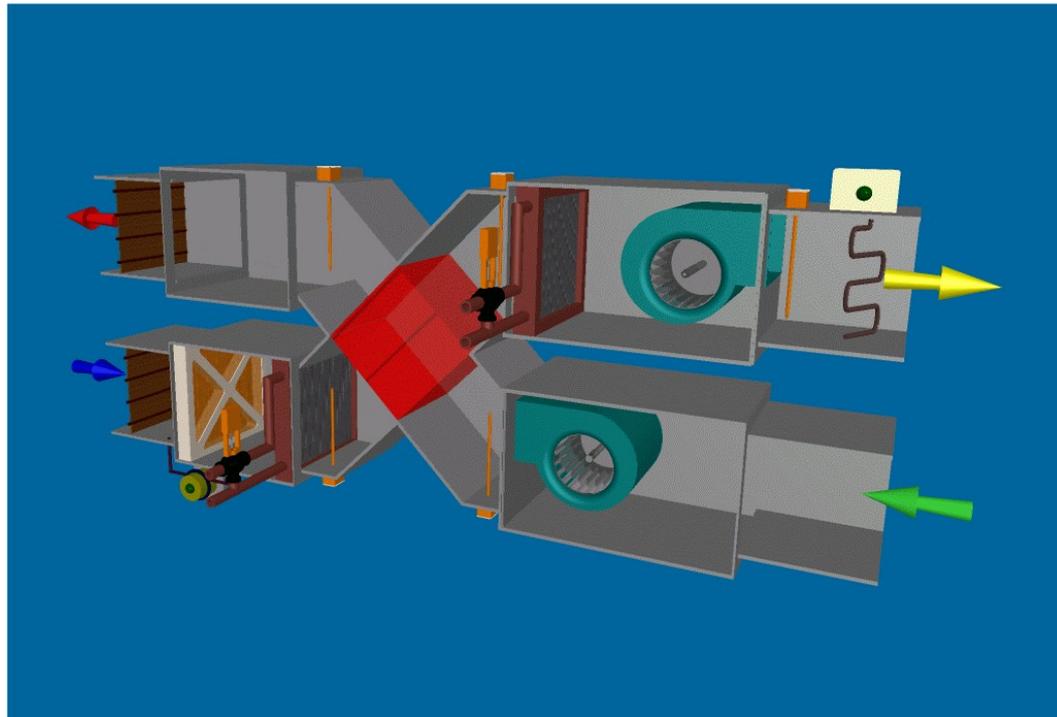
IMPIANTI MULTIZONE E A DOPPIO CONDOTTO

Applicazioni

- **Edifici per uffici e istituzionali**
- **Banche**
- **Sale conferenza e centri congressi**
- **Ambienti ospedalieri**
- **Edifici museali**
- **Ambienti speciali**

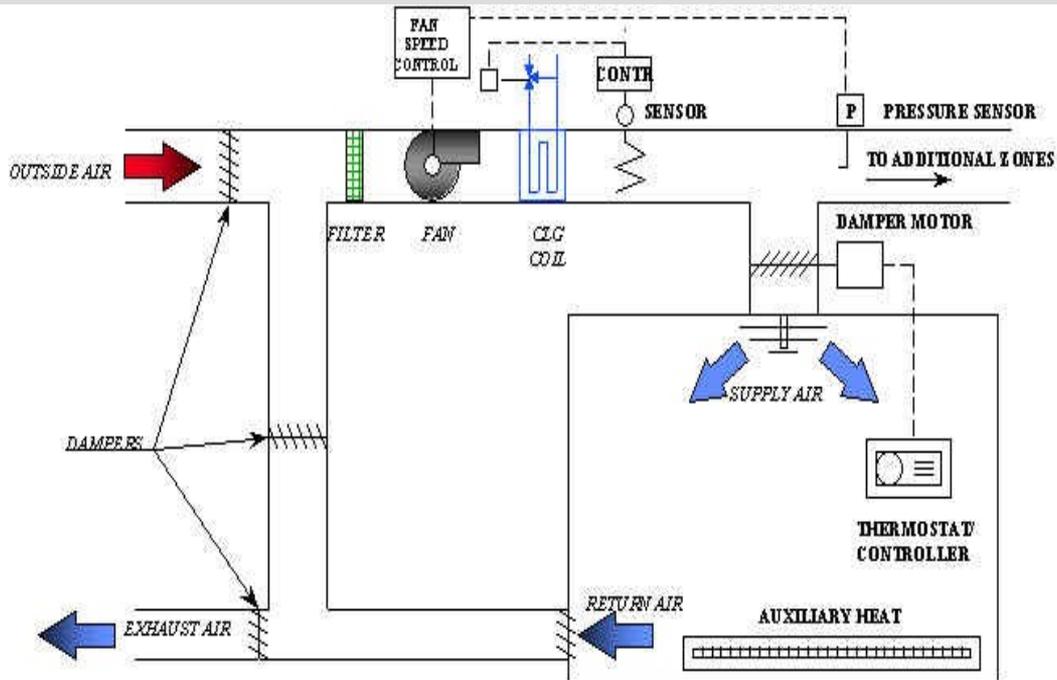


IMPIANTI CON RECUPERO DI CALORE



- L'UTA può venire equipaggiata di un recuperatore di calore a flussi incrociati per preriscaldare l'aria esterna in inverno e preraffreddarla in estate. Ciò consente una sensibile economia di gestione.

IMPIANTI A PORTATA VARIABILE A SINGOLO CANALE VAV



- Sono impianti a tutta aria funzionanti a temperatura costante e portata variabile
- Una cassetta di regolazione a monte dei diffusori varia la portata d'aria su comando del termostato in ambiente.
- Deve essere previsto un sistema di regolazione della velocità del ventilatore.

IMPIANTI VAV

Applicazioni

- Zone interne di edifici per uffici o del terziario dove esiste una domanda continuativa di raffreddamento per tutto l'anno.
- Foyer di teatri
- Ristoranti, bar

Se necessario si effettua un breve preriscaldamento al mattino ad aria calda prima dell'occupazione dei locali, alla massima portata.



VANTAGGI E LIMITI IMPIANTI VAV A SINGOLO CANALE

Vantaggi

- Funzionamento con bassi consumi di energia ai carichi parziali
- Dimensionamento dell'impianto solo per il massimo carico contemporaneo e non per la somma dei massimi. Ciò permette di sottodimensionare l'impianto rispetto agli altri tipi a tutta aria

Limiti

- Non consente raffreddamento e riscaldamento contemporanei
- Problemi per la ventilazione e la diffusione uniforme ai carichi parziali
- Livello sonoro variabile al variare dei carichi
- Spazi sensibili occupati dai canali e dalle cassette
- Non idoneo per ristrutturazioni

IMPIANTI VAV A DOPPIO CANALE

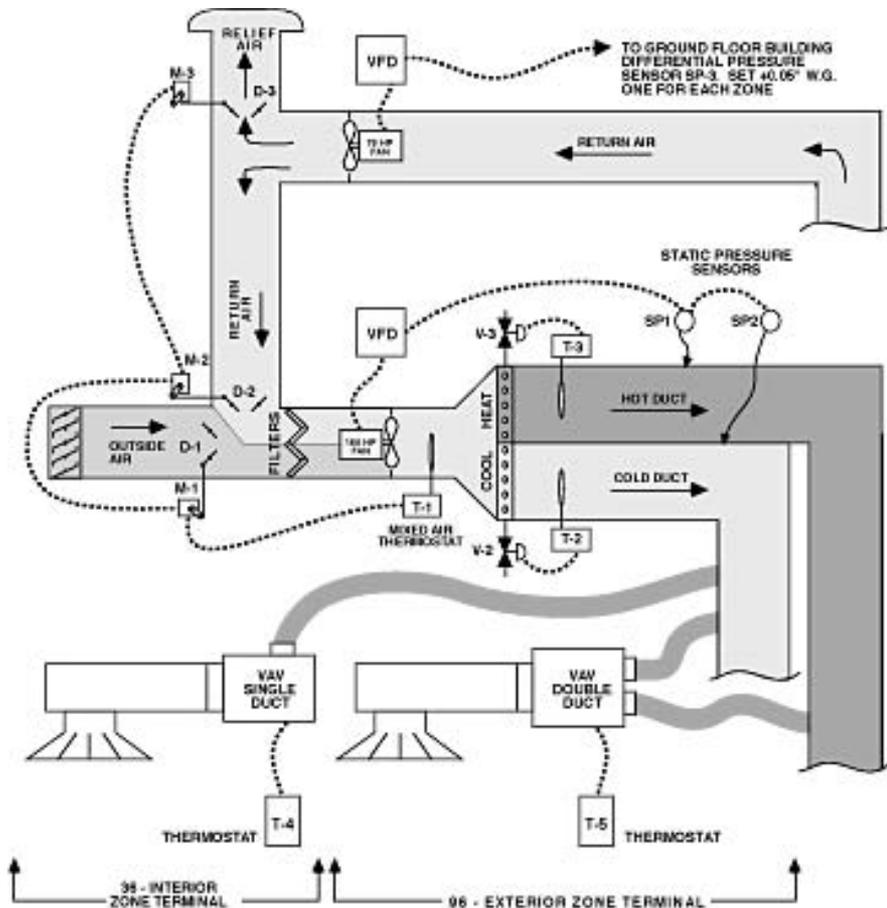


Fig. 1

ORIGINAL CONTROLS EAST ZONE AHU (WEST ZONE SIMILAR)

Composizione

- Un condotto freddo VAV come precedente
- Un condotto caldo a portata costante e temperatura variabile per il riscaldamento delle zone perimetrali. Eventualmente con miscela tra i due flussi.
- In inverno l'aria calda viene inviata verso le superfici vetrate per neutralizzare le dispersioni verso l'esterno.

VAV A DOPPIO CANALE

Applicazioni

- Zone perimetrali di edifici per uffici
- Banche
- Edifici istituzionali
- Atri, show rooms
- Ristoranti di lusso (zone esterne con vetrate panoramiche)



VANTAGGI E LIMITI VAV A DOPPIO CANALE

Vantaggi

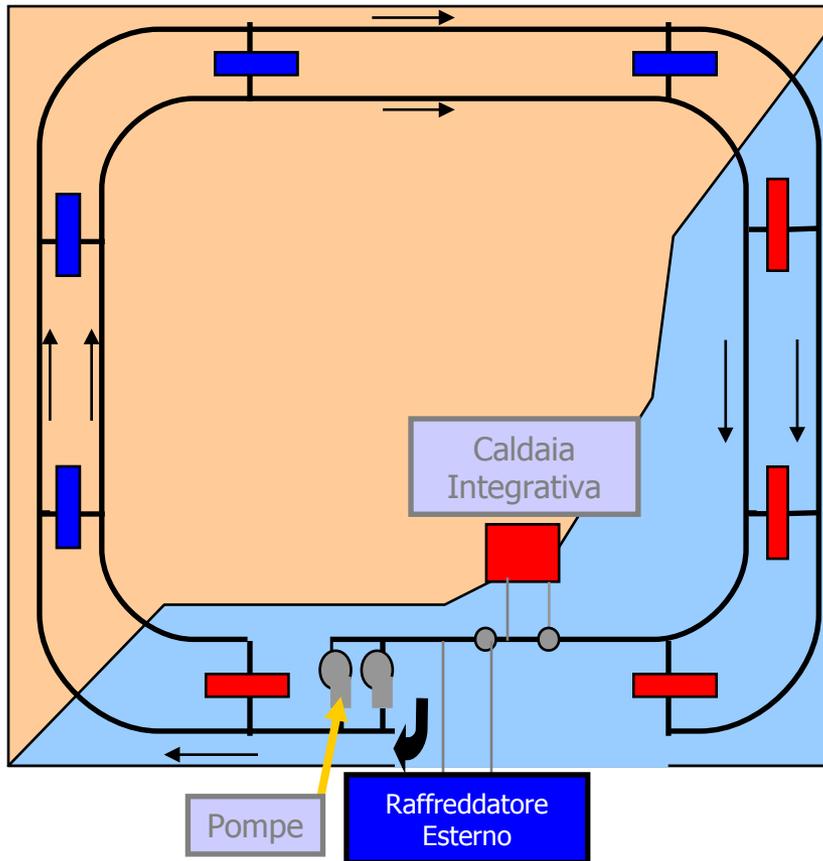
- Regolazione individuale
- Raffreddamento e riscaldamento contemporanei
- Dimensionamento per i massimi contemporanei (solo circuito freddo)

Limiti

- Doppio circuito di canali e UTA, con aumento spazi necessari e costi
- Maggior consumo di energia dei ventilatori delle 2 UTA
- Maggior livello sonoro in ambiente
- Improponibile per ristrutturazioni

IMPIANTI AD ANELLO D'ACQUA

(closed loop)



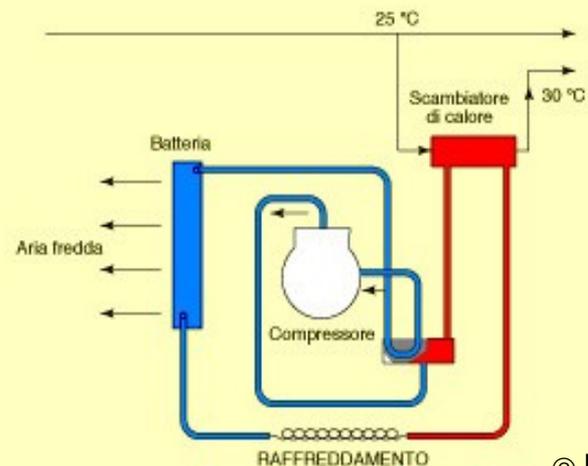
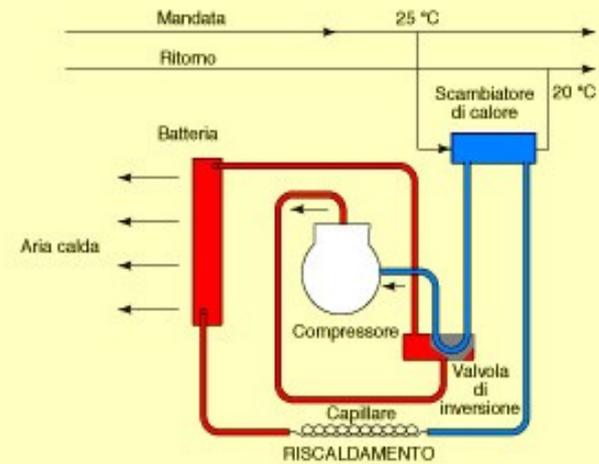
Composizione

- Circuito chiuso a 2 tubi nel quale circola acqua a temperatura neutra (19 – 29 °C)
- Unità a pompa di calore autonome reversibili collegate all'anello
- Circuito di ventilazione mediante canali e UTA
- Il sistema è in gran parte autobilanciante.
- Il calore in eccesso (piena estate) viene smaltito da una torre di raffreddamento.
- Il calore in difetto (pieno inverno) viene supplito da una caldaia.

IMPIANTI AD ANELLO D'ACQUA

Pompe di calore

- Sono del tipo acqua-aria reversibili con mandata dell'aria diretta o canalizzata. Dispongono di termostato per la regolazione individuale con commutazione automatica caldo/freddo.



IMPIANTI AD ANELLO D'ACQUA

Applicazioni

- Edifici per uffici
- Edifici istituzionali
- Banche
- Alberghi e motel
- Centri commerciali



IMPIANTI AD ANELLO D'ACQUA

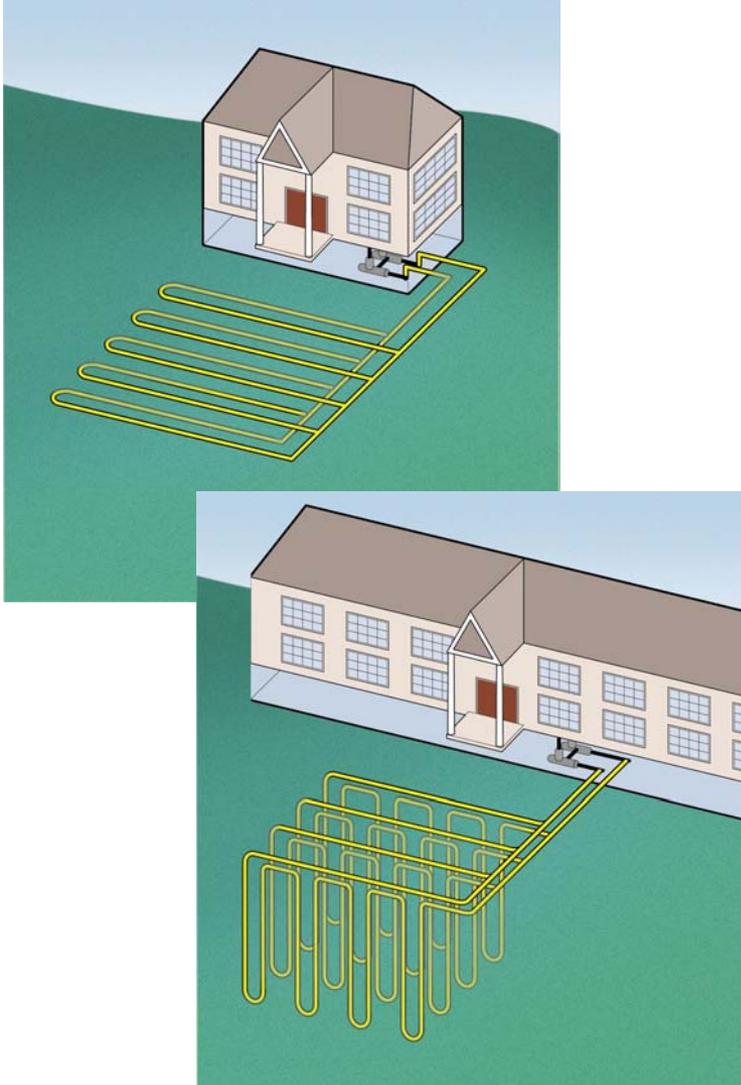
Vantaggi

- Bassi consumi energetici
- Regolazione individuale

Limiti

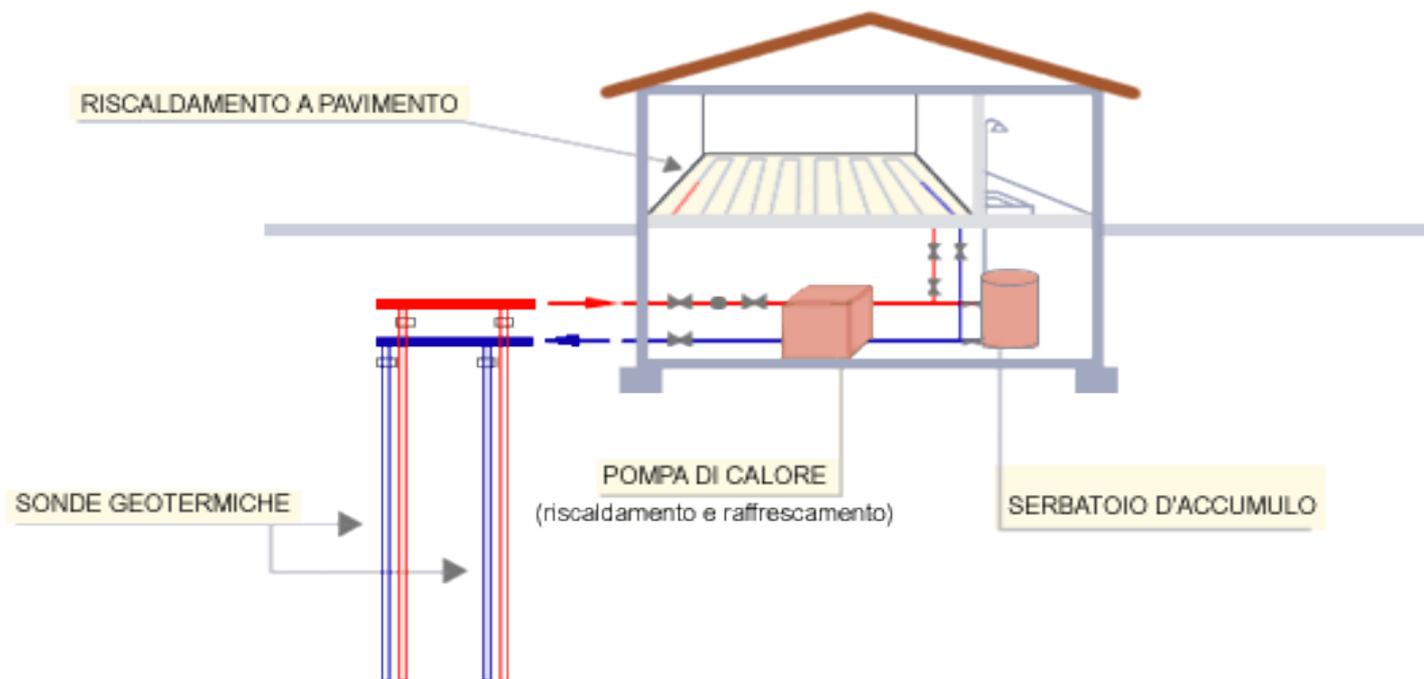
- Macchine compressorizzate installate all'interno
- Circuito di canali di ventilazione
- Torre di raffreddamento e caldaia
- Livelli sonori relativamente elevati
- Improprio per ristrutturazioni

IMPIANTI GEOTERMICI



- Assorbono o cedono calore al terreno per mezzo di tubi in polietilene immersi a varia profondità, orizzontali o verticali, nei quali circola una soluzione incongelabile che alimenta una pompa di calore acqua-acqua o acqua-aria.

IMPIANTI GEOTERMICI APPLICAZIONI



- In Europa le applicazioni sono soprattutto per case unifamiliari e per solo riscaldamento a pavimento radiante con pompe di calore acqua-acqua.
- In America si realizza la climatizzazione tutto l'anno con pompe di calore acqua-aria e distribuzione canalizzata.

IMPIANTI GEOTERMICI

Vantaggi e Limiti

Vantaggi

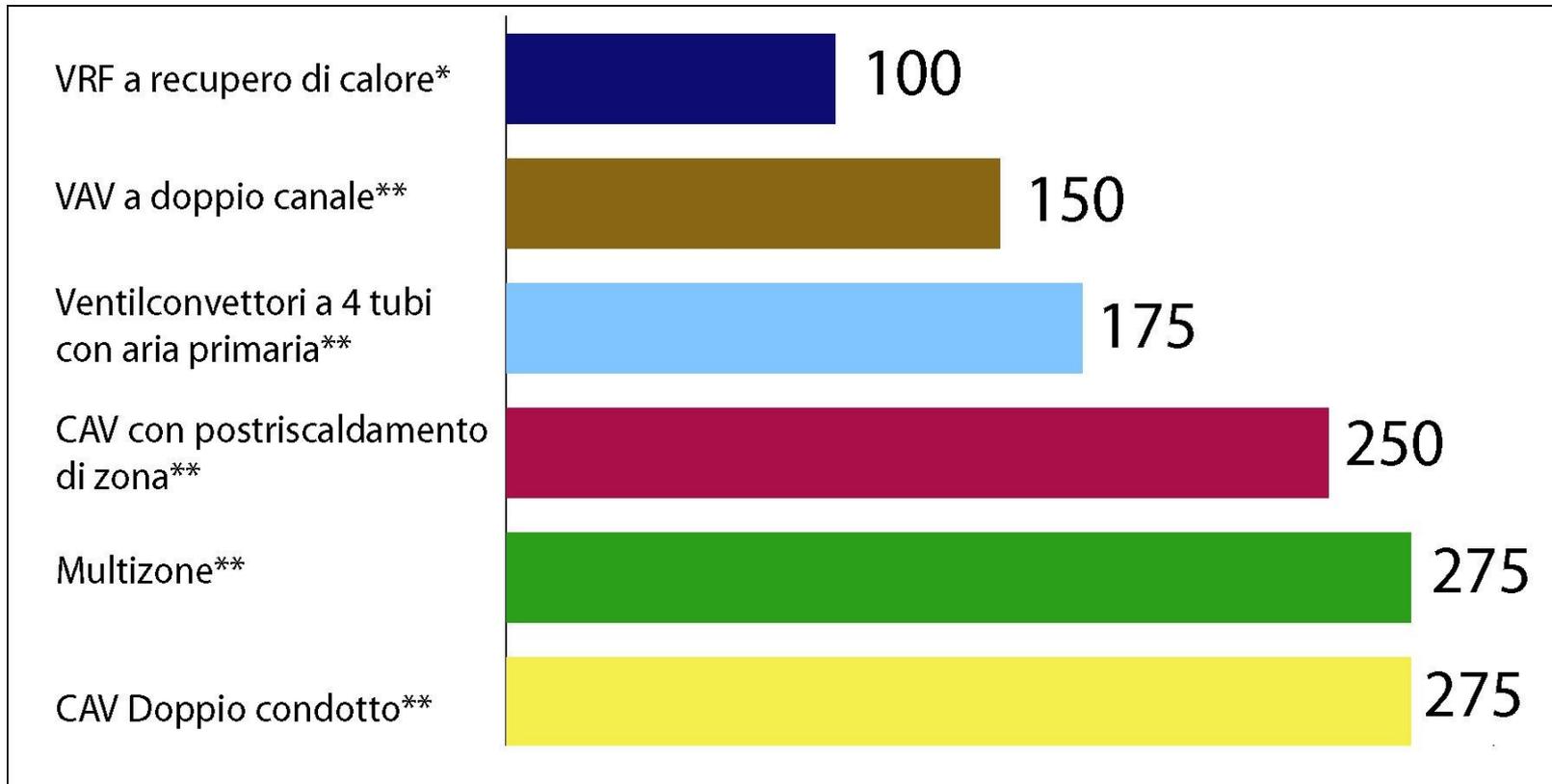
- Buona efficienza energetica
- Erogazione costante di calore o freddo per tutta la stagione senza necessità di integrazione

Limiti

- Alti costi di trivellazione dei pozzi
- Mancanza di dati storici in termini di affidabilità dei tubi nel terreno e funzionalità dei circuiti
- In Europa utilizzo in genere per solo riscaldamento

CONSUMI ENERGETICI SPECIFICI ANNUI kWh/m²

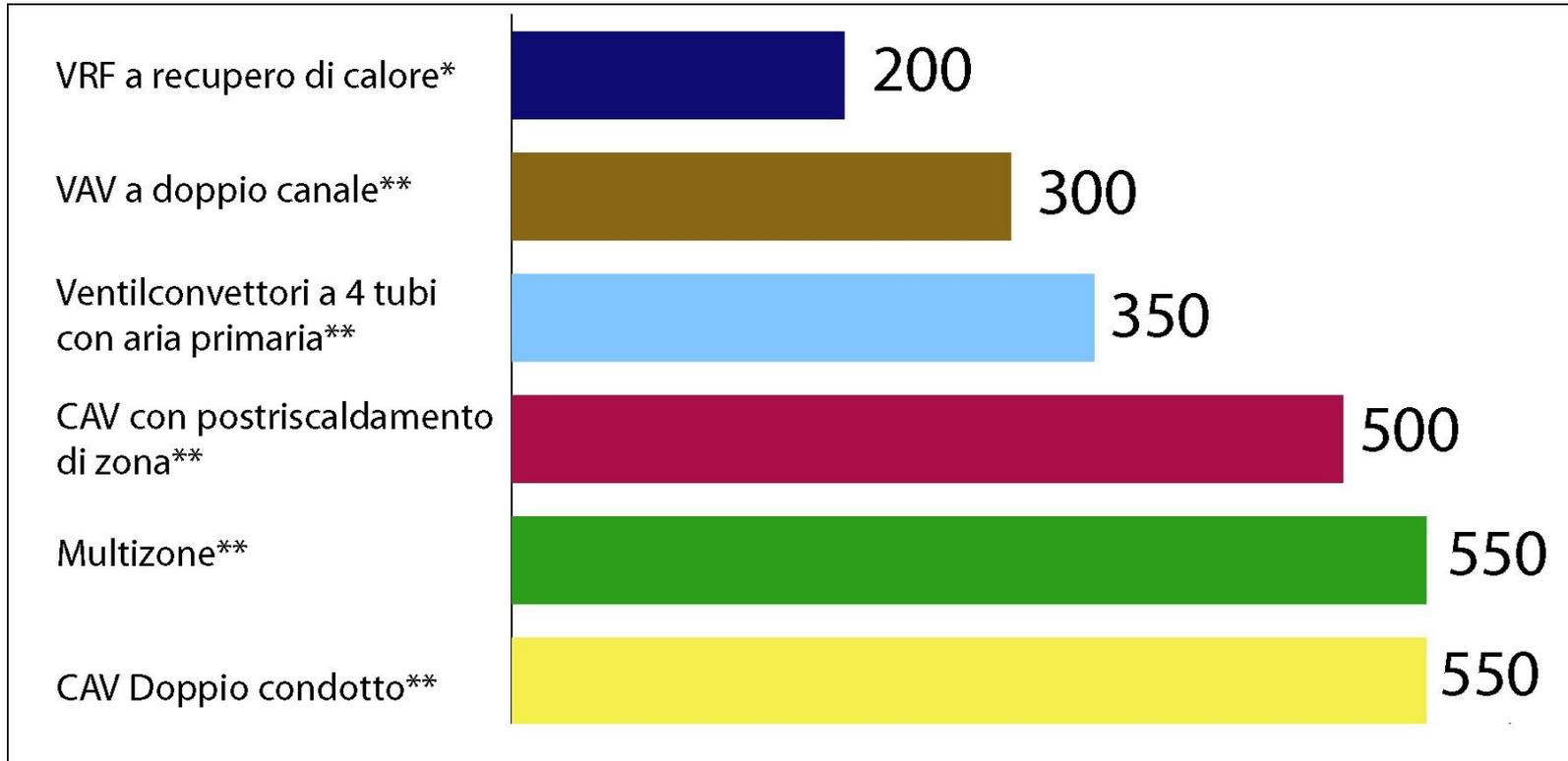
Impianti per raffreddamento e riscaldamento simultanei



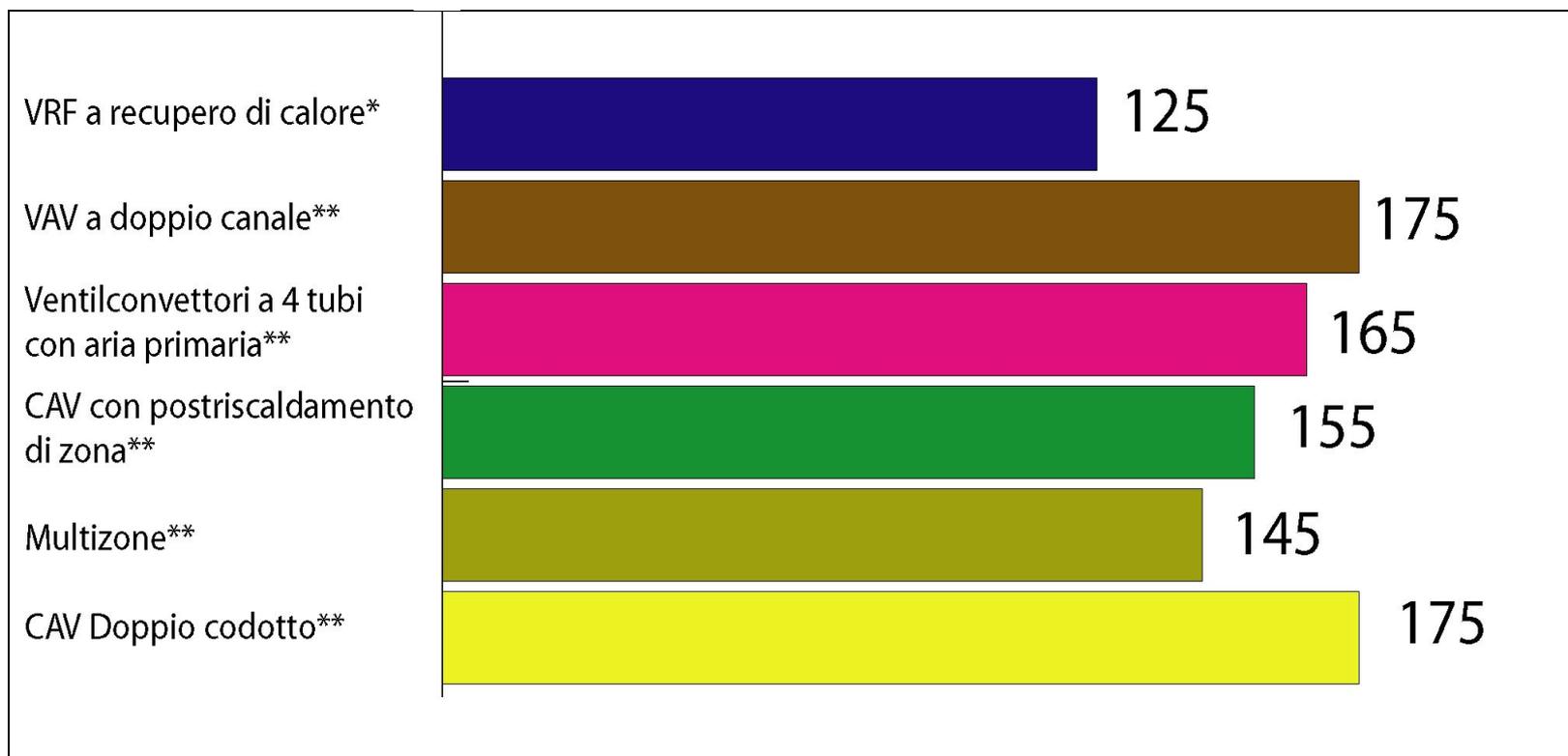
Impianti CAV, VAV e ventilconvettori composti da gruppo frigorifero + caldaia. Valori dei consumi totali equiparati in kWh. Per edifici del terziario tipici.

EMISSIONI SPECIFICHE ANNUE DI CO₂ IN ATMOSFERA, kg/m²

Impianti per raffreddamento e riscaldamento simultanei



I COSTI DI INSTALLAZIONE euro/m²



* Sistema di gestione con capacità di BMS (Building Management System) *compreso* nel prezzo dell'impianto.

** Sistema di gestione BMS *non compreso* nel prezzo dell'impianto.

CONFRONTO TRA SISTEMI VRF A POMPA DI CALORE E VENTILCONVETTORI A 2 TUBI

Caratteristica	Sistema VRF a pompa di calore	Impianto a ventilconvettori a 2 tubi	Rapporto tra sistema VRF e a ventilconvettori
Efficienza energetica	Elevata	Media	+20%
Silenziosità di funzionamento	Elevata	Medio / alta	-5 db(A)
Capacità del sistema di regolazione/gestione	Molto elevata	Medio / bassa	>2 volte le funzioni base
Spazi tecnici necessari per l'impianto	Minimi	Medio / grandi	da -30% a -50%
Spazi tecnici necessari per il passaggio delle linee frigorifere o idroniche	Minimi	Medio / grandi	-50%
Possibilità di installazioni in ristrutturazioni	Sempre	Raramente	+80% dei casi
Problemi di protezione contro il gelo nel periodo invernale	Nessuno	Frequenti	0
Costi di gestione	Bassi	Medi	da -20% a -30%
Manutenzione	Minima	Media	-30%

CONFRONTO TRA SISTEMI VRF A RECUPERO DI CALORE E VENTILCONVETTORI A 4 TUBI

Caratteristica	Sistema VRF a pompa di calore	Impianto a ventilconvettori a 4 tubi	Rapporto tra sistema VRF e a ventilconvettori
Efficienza energetica	Molto elevata	Medio / bassa	da +50% a + 100%
Silenziosità di funzionamento	Elevata	Medio / alta	-5 db(A)
Capacità del sistema di regolazione/gestione	Molto elevata	Medio / bassa	>3 volte le funzioni base
Spazi tecnici necessari per l'impianto	Minimi	Grandi	da -40% a -60%
Spazi tecnici necessari per il passaggio delle linee frigorifere o idroniche	Minimi	Grandi	da -50% a -70%
Possibilità di installazioni in ristrutturazioni	Sempre	Pressochè mai	100% dei casi
Problemi di protezione contro il gelo nel periodo invernale	Nessuno	Frequenti	0
Costi di gestione	Bassi	Medo/alti	da -40% a -70%
Manutenzione	Minima	Media	-30%



Impianti HVAC

Confronto tra sistemi idronici e VRF