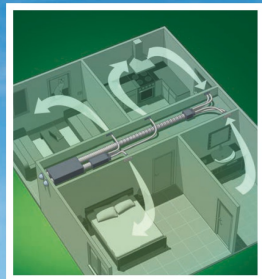


**IDRAULICA 62 - La distribuzione dell'aria
negli impianti di ventilazione meccanica**

14 Luglio 2022





La distribuzione dell'aria
negli impianti di
ventilazione meccanica.

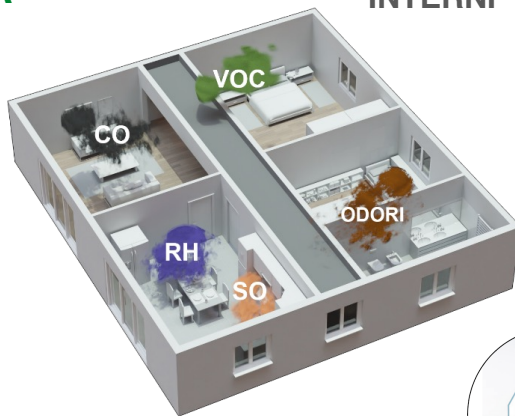
REDAZIONE E AMMINISTRAZIONE: PIAZZA DELL'INDUSTRIA, 1 - 20139 MILANO (MI) - ITALIA



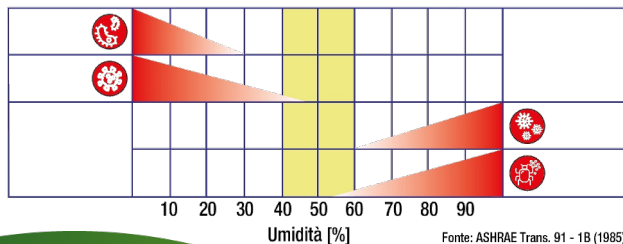
SISTEMI VMC

LA QUALITA' DELL'ARIA

GLI INQUINANTI INTERNI

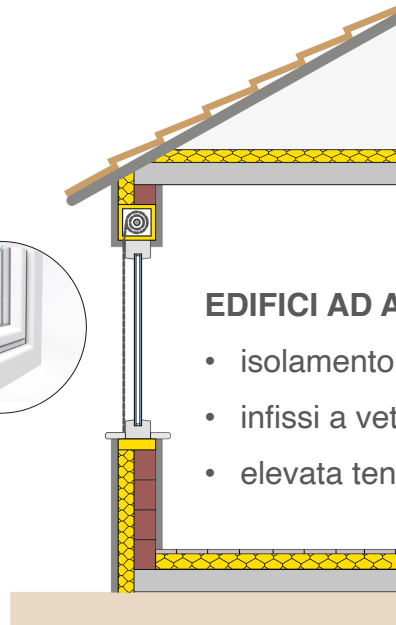
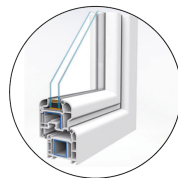


LIVELLO DI UMIDITÀ IDEALE PER LA SALUTE



EDIFICI AD ALTA EFFICIENZA

- isolamento termico
- infissi a vetro doppio o triplo
- elevata tenuta all'aria



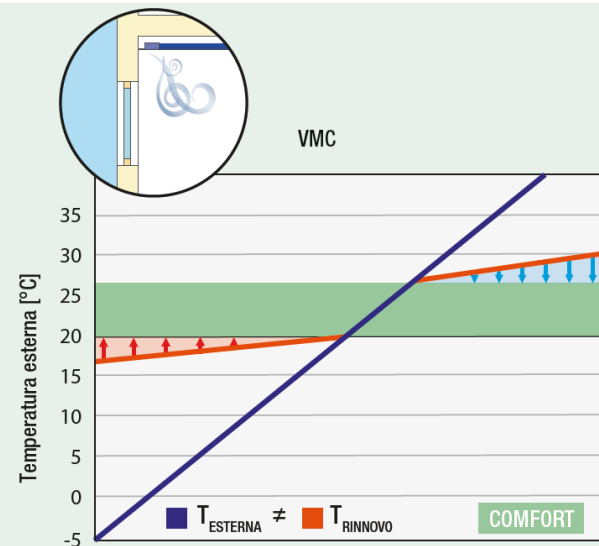
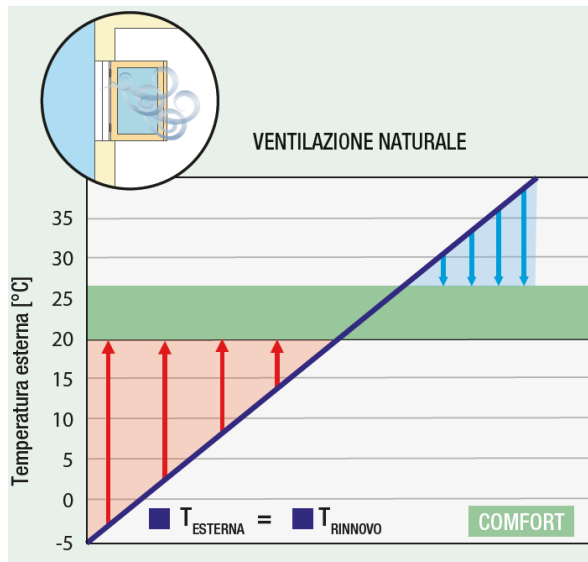
In assenza di adeguati ricambi d'aria gli inquinanti tendono ad accumularsi, modificando la salubrità dell'aria e rendendola viziata. L'aria viziata, immediatamente percepita dagli occupanti, viene spesso indicata tra le maggiori cause di scarso comfort.

Il rinnovo dell'aria tramite i sistemi VMC

RISPARMIO ENERGETICO CON I SISTEMI VMC

I sistemi **VMC** più efficienti sono in grado di rinnovare l'aria recuperando la maggior parte del calore dall'aria di ripresa.

L'energia da integrare risulta molto inferiore rispetto alla semplice ventilazione naturale.

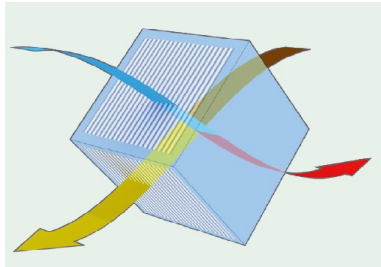


RECUPERO DEL CALORE

Tipologie di recuperatori

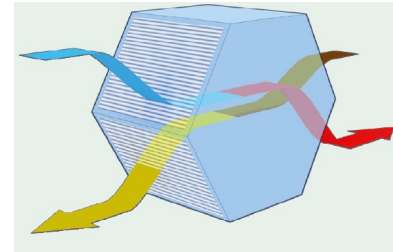
RECUPERATORE A FLUSSI INCROCIATI

I due flussi d'aria che scambiano calore hanno direzione perpendicolare tra di loro.



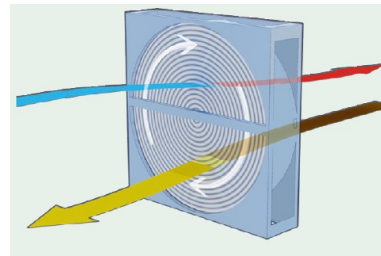
RECUPERATORE CONTROCORRENTE

I flussi d'aria si trovano ad avere direzioni opposte e parallele per gran parte del loro percorso.



RECUPERATORE ROTATIVO

Costituito da numerosi canali che formano un cilindro permeabile al passaggio dell'aria, che viene mantenuto in moto rotativo costante attorno al proprio asse.



RECUPERO DEL CALORE

Efficienza di recupero

Può essere espressa come il rapporto tra il calore recuperato rispetto a quello massimo recuperabile.

A seconda delle condizioni di funzionamento e della tipologia di recuperatore utilizzato, si possono raggiungere valori di efficienza molto elevati, anche attorno al 90 %.

$$\eta = \frac{T_{\text{imm}} - T_{\text{ext}}}{T_{\text{a}} - T_{\text{ext}}}$$

Dove:

η = rendimento di recupero

T_{imm} = temp. di immissione [°C]

T_{ext} = temp. esterna [°C]

T_{a} = temp. ambiente [°C]

Formula 1

Esempio

Noti i seguenti dati:

Temp. esterna (T_{ext}) = 5 °C

Temp. ambiente (T_{a}) = 21 °C

Efficienza recupero (η) = 85 %

si ricava la temp. di immissione (T_{imm}):

$$T_{\text{imm}} = \eta \cdot (T_{\text{a}} - T_{\text{ext}}) + T_{\text{ext}}$$

$$T_{\text{imm}} = 0,85 \cdot (21 - 5) + 5 = 18,6 \text{ °C}$$

FILTRAZIONE DELL'ARIA

- Aria esterna. I prefiltri, le cui maglie sono meno fitte, hanno lo scopo di trattenere particelle più macroscopiche (insetti, pollini, etc.) mentre i filtri con passaggi più fini consentono di trattenere quelle con diametri anche molto ridotti, quali polveri sottili e particolato.
 - Aria ambiente. I filtri di ripresa dell'aria ambiente, invece, sono in genere poco selettivi in quanto devono solamente proteggere lo scambiatore di calore dalla polvere presente in casa.
- La pulizia dei filtri rappresenta l'operazione principale nella manutenzione delle unità VMC.

Classificazione dei filtri

La Normativa UNI EN ISO 16890:2017, definisce le classi di filtrazione dei filtri utilizzati nei comuni sistemi di ventilazione in base all'efficienza di cattura in riferimento alla grandezza del particolato PM.

Efficienza	Classe
< 50 % PM10	ISO Coarse
≥ 50 % PM10	ISO ePM10
≥ 50 % PM2,5	ISO ePM2,5
≥ 50 % PM1	ISO ePM1

Le tipologie di sistemi VMC

LE TIPOLOGIE DI SISTEMI VMC

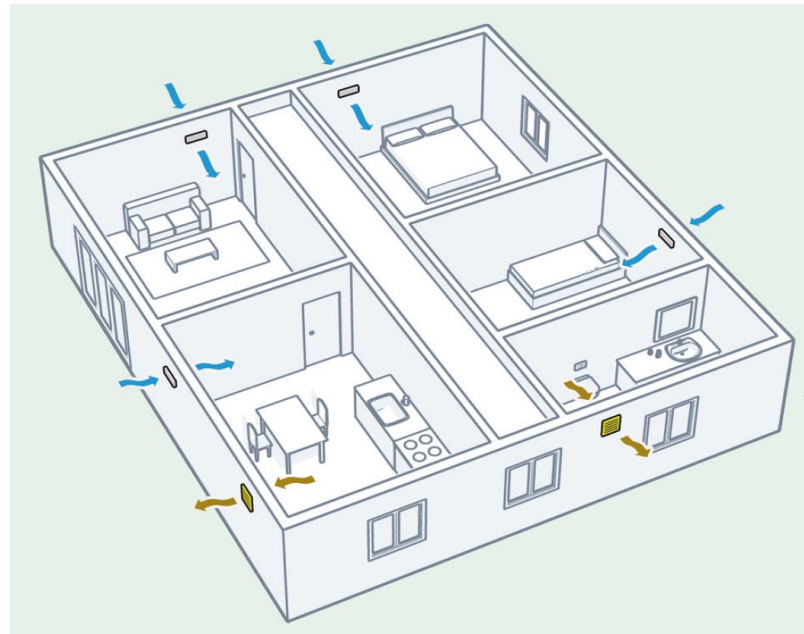
I sistemi VMC possono essere classificati a seconda della del loro principio di funzionamento, caratterizzato dai seguenti aspetti:

- la **gestione dei flussi d'aria**. Un sistema VMC è definito a “semplice flusso” nel caso in cui siano presenti ventilatori che movimentano l'aria in una sola direzione (tipicamente il flusso di estrazione). Sono, invece, definiti a “doppio flusso”, i sistemi VMC in cui sono presenti ventilatori dedicati ai flussi di immissione rispetto a quelli di estrazione;
- la **presenza di un sistema di recupero termico**, che permette di estrarre e di sfruttare gran parte del calore dall'aria espulsa;
- la **tipologia di applicazione**. I sistemi VMC più semplici sono detti “decentralizzati”, quando svolgono la loro funzione in un singolo ambiente. Si parla invece di sistema VMC “centralizzato”, quando l'impianto gestisce contemporaneamente più ambienti attraverso un opportuno sistema di distribuzione.

SISTEMI VMC DECENTRALIZZATI A SEMPLICE FLUSSO E A SOLA ESTRAZIONE

- Si tratta di un dispositivo a singolo canale progettato per la sola estrazione di piccoli volumi d'aria viziata
- Nonostante siano a servizio di piccoli ambienti, sono forniti di ventilatori in grado di gestire portate notevoli.
- Semplicità di utilizzo e costi relativamente bassi.
- sono sistemi alquanto rumorosi e non dispongono di un recuperatore di calore.

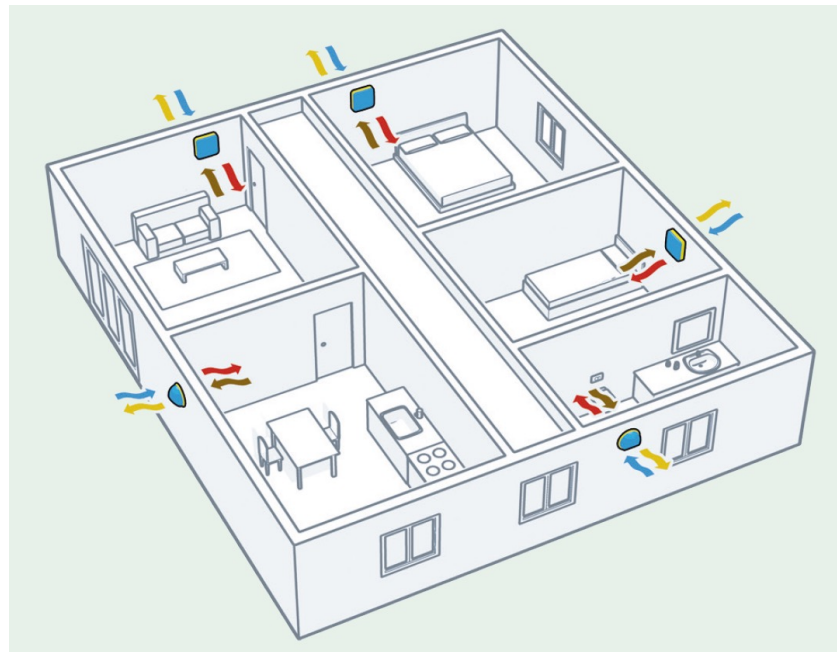
Tipologia di flusso	SEMPLICE – SOLO ESTRAZIONE
Tipologia di installazione	DECENTRALIZZATO
Recupero termico	NO
Portate elaborate	MAX 100 m ³ /h
Destinazione d'uso	BAGNI / CUCINE



SISTEMI VMC DECENTRALIZZATI A FLUSSO ALTERNATO

- Lavora localmente nell'ambiente in cui viene installata.
- Funziona alternando la rotazione della ventola in modo ciclico, gestendo sia l'immissione d'aria di rinnovo sia l'estrazione dell'aria viziata.
- E' un sistema che è in grado di effettuare il recupero di calore.
- Le prestazioni in termini di efficienza di recupero termico e di filtrazione, oltre alle ridotte portate elaborate, sono generalmente inferiori rispetto ad altri sistemi VMC.

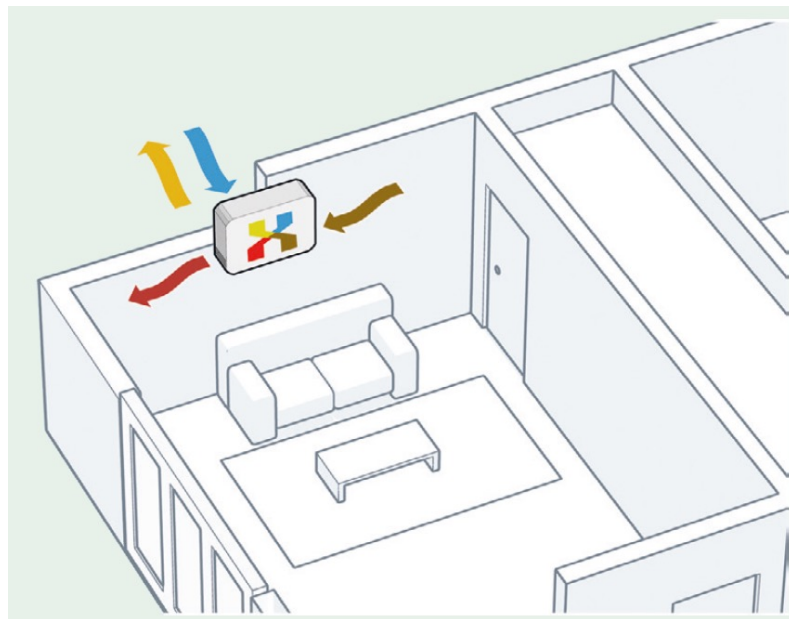
Tipologia di flusso	FLUSSO ALTERNATO
Tipologia di installazione	DECENTRALIZZATO
Recupero termico	SI
Portate elaborate	MAX 50 m ³ /h – A CICLI
Destinazione d'uso	SINGOLE STANZE 30 m ²



SISTEMI VMC DECENTRALIZZATI A DOPPIO FLUSSO

- Dispongono di due canali distinti, uno dedicato al flusso di immissione e uno dedicato al flusso di estrazione.
- Le portate elaborate e l'efficienza di recupero risultano superiori rispetto alla soluzione decentralizzata a flussi alternati.
- Rappresentano un buon compromesso tra le prestazioni e la semplicità di installazione

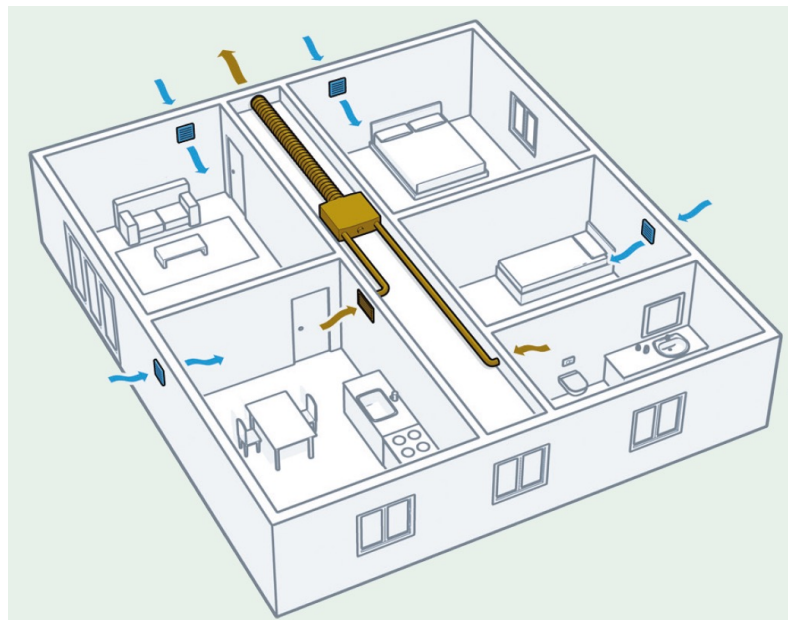
Tipologia di flusso	DOPPIO FLUSSO
Tipologia di installazione	DECENTRALIZZATO
Recupero termico	SI
Portate elaborate	MAX 100 m ³ /h
Destinazione d'uso	SINGOLI AMBIENTI - PICCOLI APPARTAMENTI 70 m ²



SISTEMI VMC CENTRALIZZATI A SEMPLICE FLUSSO E A SOLA ESTRAZIONE

- E' un sistema che prevede un impianto canalizzato per la sola estrazione dell'aria.
- E' costituito da una rete di distribuzione e una unità che include il ventilatore di aspirazione. Viene abbinato a bocchette di ripresa, semplici o igroregolabili.
- Il sistema non effettua il recupero termico ma solo il rinnovo dell'aria ambiente.

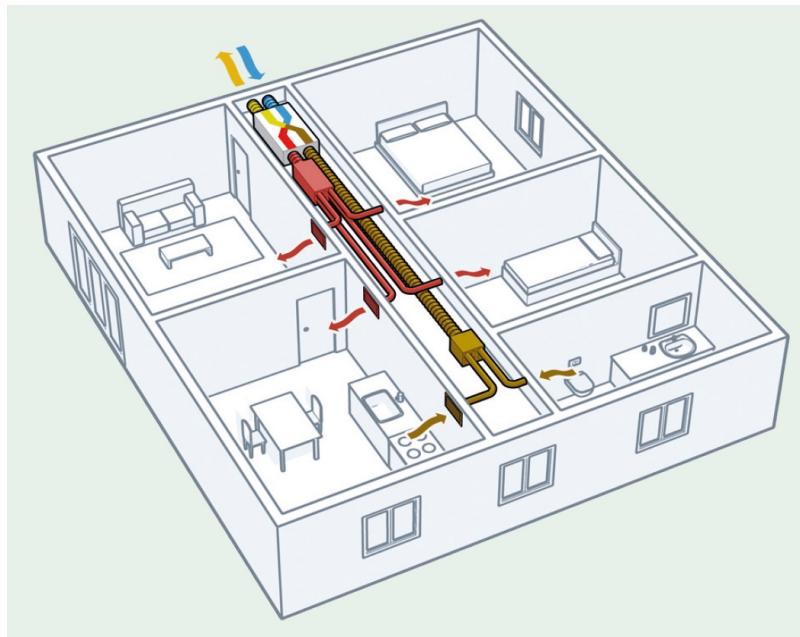
Tipologia di flusso	SEMPLICE – SOLO ESTRAZIONE
Tipologia di installazione	CENTRALIZZATO
Recupero termico	NO
Portate elaborate	MAX 400 m ³ /h
Destinazione d'uso	APPARTAMENTI 50 - 200 m ²



SISTEMI VMC CENTRALIZZATI A DOPPIO FLUSSO CON RECUPERO DI CALORE

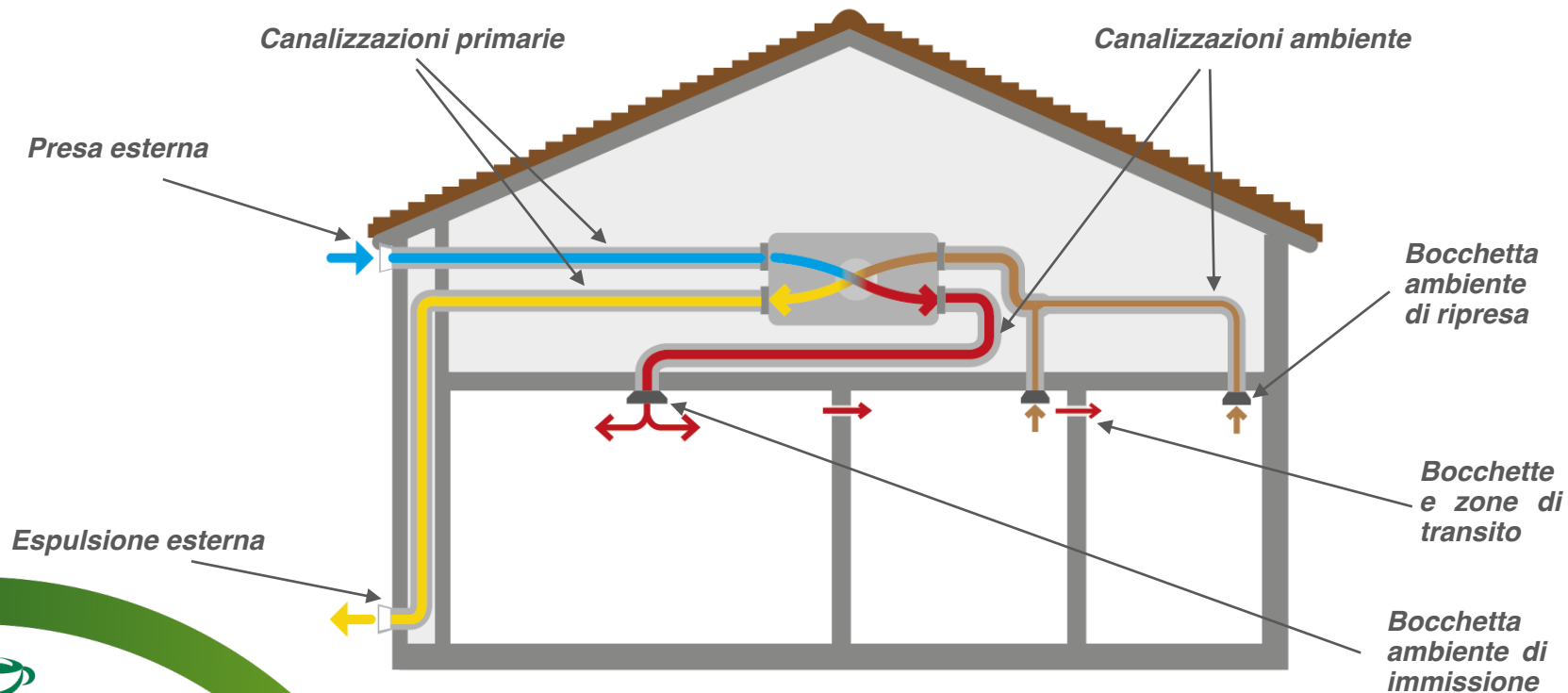
- L'unità VMC è dotata di ventilatori separati per i due flussi d'aria. Al suo interno sono inoltre presenti i componenti dedicati alla filtrazione e lo scambiatore per il recupero termico.
- Rappresentano il sistema di ventilazione meccanica di riferimento, poiché più **completi ed efficienti** rispetto altre tipologie
- Possono adattarsi alle esigenze specifiche degli edifici in cui sono installate, ma devono necessariamente essere accompagnate da un'adeguata progettazione e dimensionamento.

Tipologia di flusso	DOPPIO FLUSSO
Tipologia di installazione	CENTRALIZZATO
Recupero termico	SI
Portate elaborate	MAX 500 m ³ /h
Destinazione d'uso	APPARTAMENTI 70 - 200 m ²



La distribuzione dell'aria

DISTRIBUZIONE DELL'ARIA



DISTRIBUZIONE DELL'ARIA INTERNA

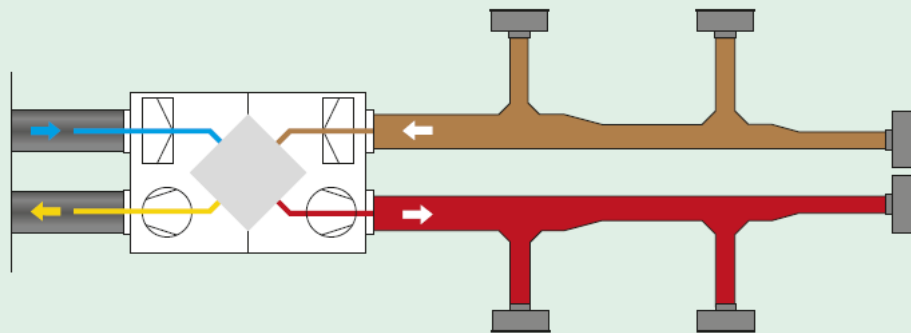
Distribuzione ramificata

- Prevede una canalizzazione principale che distribuisce l'aria attraverso derivazioni detti stacchi o rami.
- Generalmente viene posta nei controsoffitti per via delle dimensioni del canale principale.

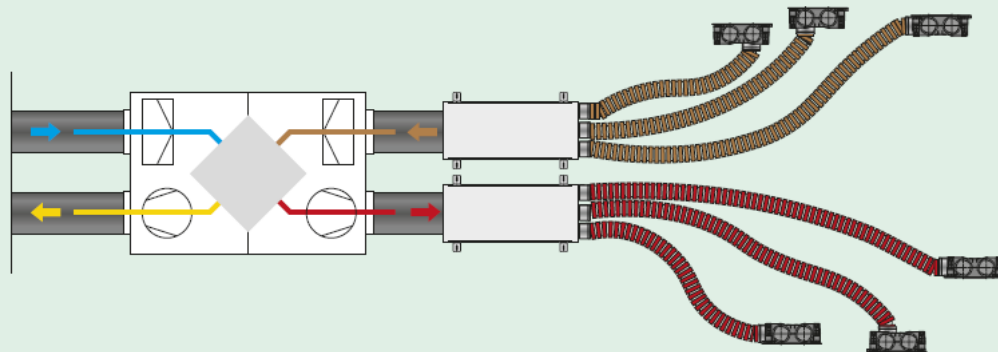
Distribuzione a Plenum

- Prevede l'inserimento di plenum di derivazione ai quali sono collegate le tubazioni di distribuzione secondarie
- La progettazione ed il dimensionamento risultano semplici
- Il bilanciamento delle portate è agevole

DISTRIBUZIONE RAMIFICATA



DISTRIBUZIONE A PLENUM

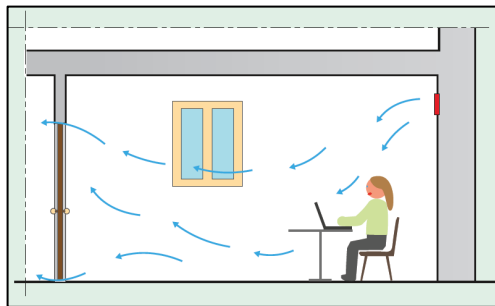
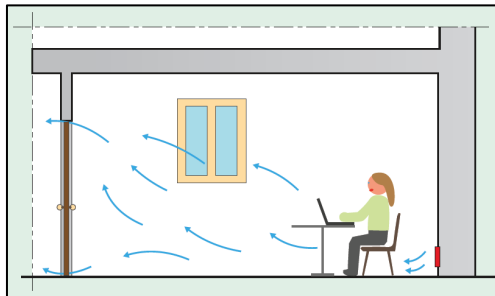


POSIZIONAMENTO DELLE BOCCHETTE AMBIENTE

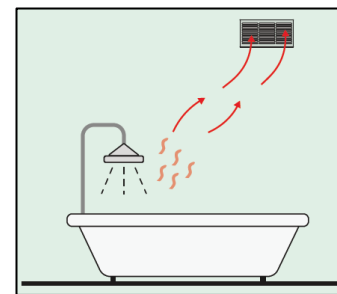
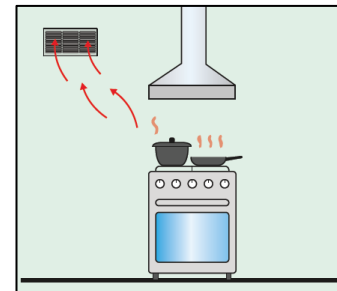
Il corretto posizionamento delle bocchette ambiente deve:

- garantire una buona distribuzione dell'aria per evitare zone di ristagno;
- evitare correnti di aria fredda che investono direttamente gli occupanti;
- evitare correnti con velocità eccessive;
- garantire il corretto lavaggio dei locali.

*Bocchette
di immissione*



*Bocchette
di ripresa*



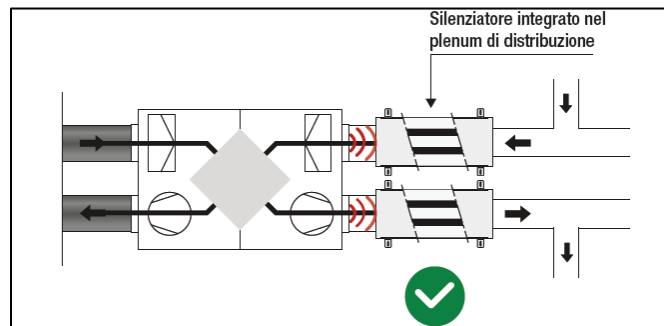
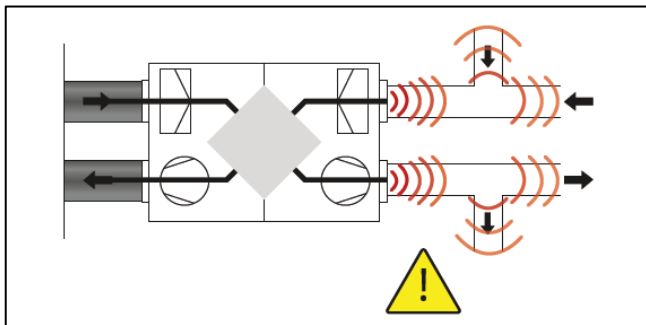
COME ATTENUARE IL RUMORE NEGLI IMPIANTI VMC?

Può essere originato da:

- Rotazione dei ventilatori nell'unità di ventilazione
- Vortici e turbolenze causate da bruschi cambi di direzione nelle canalizzazioni
- Errori di dimensionamento che determinano velocità dell'aria troppo elevate
- Collegamento acustico tra gli ambienti interni o con l'esterno

Per limitare la rumorosità è necessario inserire sia sul condotto di mandata sia su quello di ripresa, degli opportuni silenziatori. Questi elementi possono essere del tipo:

- circolari;
- rettangolari a setti;
- integrati nei plenum di distribuzione.



I criteri di dimensionamento delle canalizzazioni aerauliche

Dimensionamento aeraulico

Nelle normali applicazioni impiantistiche, le differenze di pressione relative alla quota sono trascurabili. La pressione totale all'interno di una condotta può essere quindi considerata formata da due fattori:

- la pressione statica, che agisce in tutte le direzioni;
- la pressione dinamica, che varia in funzione della velocità del fluido.

Il movimento dell'aria in un tratto di condotta avviene quando vi è una **differenza di pressione statica** tra l'ingresso e l'uscita.

$$p_t = \rho \cdot \frac{w^2}{2} + \rho \cdot g \cdot z + p \quad [\text{Pa}]$$

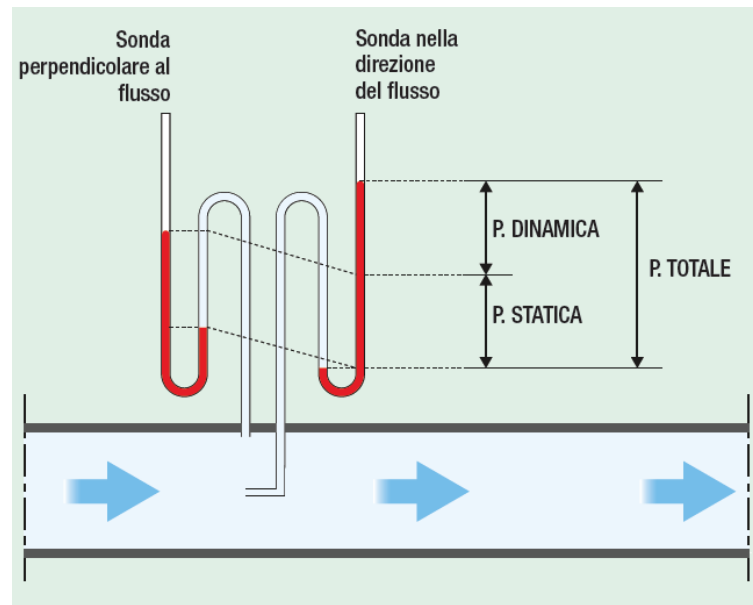
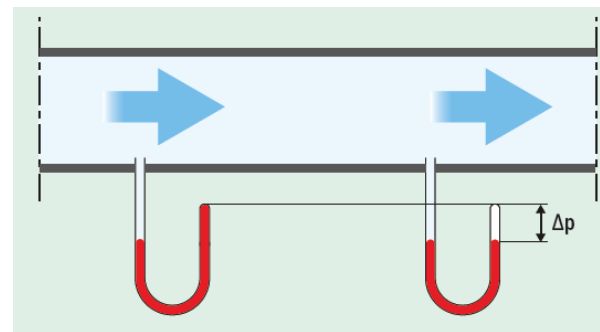
Dove

p_t : pressione totale nella sezione considerata

$\rho \cdot w^2/2$: pressione dinamica (equivalente all'energia cinetica del fluido)

$\rho \cdot g \cdot z$: pressione di quota.

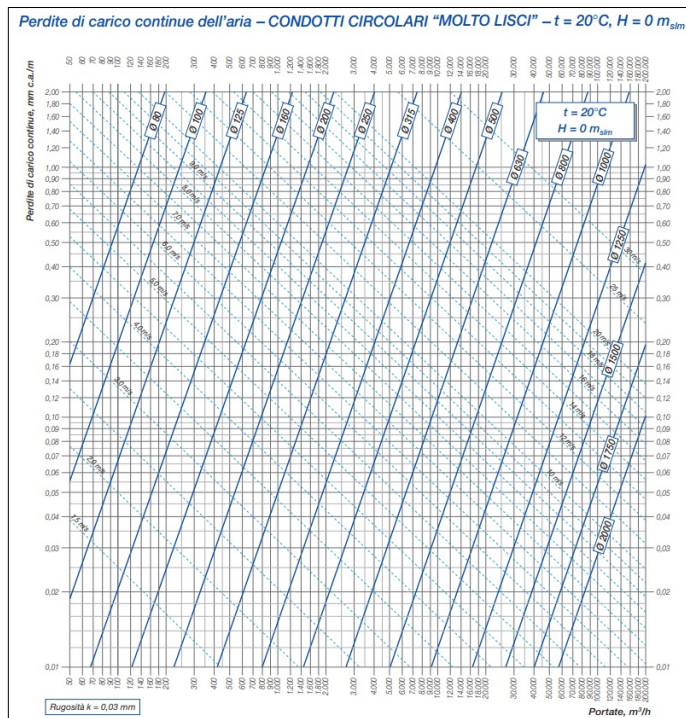
p : pressione statica esercitata dall'aria perpendicolarmente alle pareti del condotto)



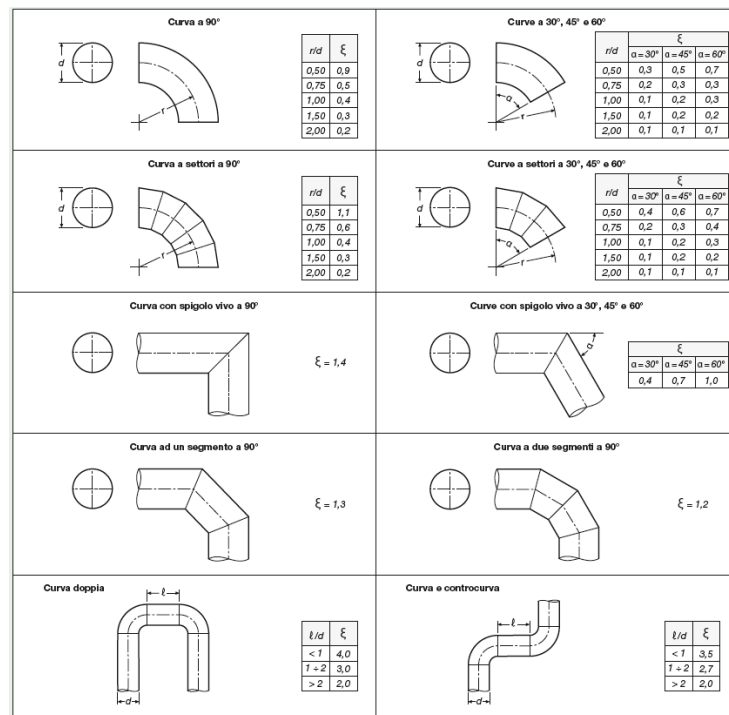
Calcolo delle perdite di carico nei condotti aeraulici

La prevalenza sviluppata dai ventilatori (differenza tra la pressione a monte e a valle del ventilatore) dovrà uguagliare le perdite distribuite e localizzate dell'intero circuito.

Perdite di carico distribuite



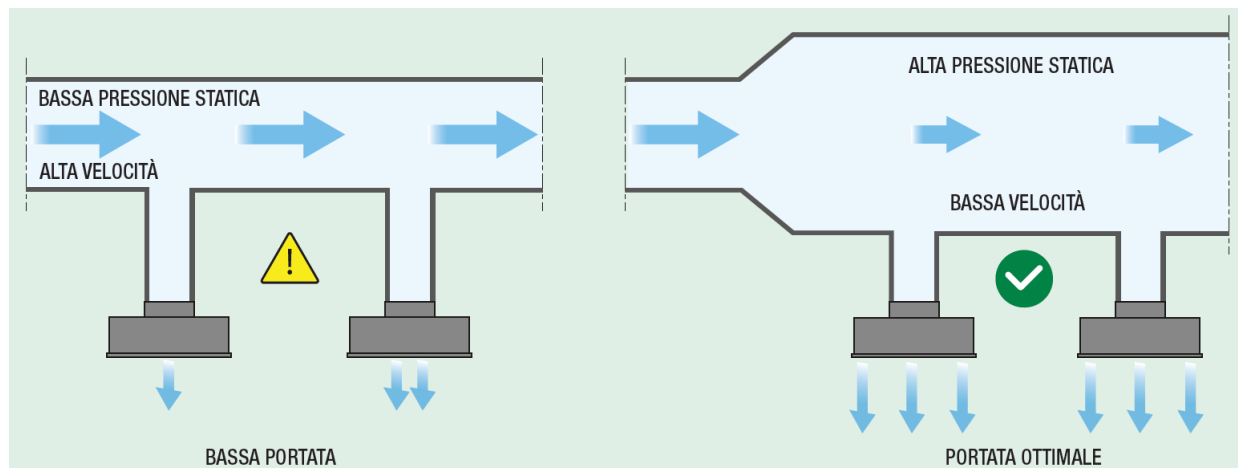
Perdite di carico localizzate



Calcolo delle perdite di carico nei condotti aeraulici

La densità dell'aria è notevolmente minore rispetto a quella dell'acqua (circa mille volte). Ciò comporta che, a parità di portata di massa, le condotte d'aria siano di dimensioni maggiori e le velocità al loro interno risultino più alte rispetto a quelle di una tubazione idronica.

Per questo motivo, la pressione dinamica nelle reti aerauliche è un fattore da tenere opportunamente in considerazione.



Effetto della velocità nelle condotte aerauliche

Dimensionamento aeraulico

Metodo di calcolo a perdita di carico costante

Con questo metodo si dimensionano i vari rami della rete aeraulica mantenendo una perdita di carico lineare costante.

Tipologia	Perdita di carico costante [Pa/m]
Canali principali	0,7
Canali secondari	0,4
Canali di ritorno	0,3
Tratti terminali	1-3

Metodo di calcolo a velocità costante

Con questo metodo, il dimensionamento delle canalizzazioni viene eseguito mantenendo a valori predefiniti e costanti la velocità del flusso nei condotti.

Tipo di condotto	Impianto ad alto comfort (residenziale - uffici) [m/s]	Impianti industriali [m/s]	Sistemi ad alta velocità [m/s]
Condotto principale	5-7,5	7,5-12	10-12
Diramazione secondaria	3-4	5-8	6-12
Tratto finale	2-3	3-4	4-5

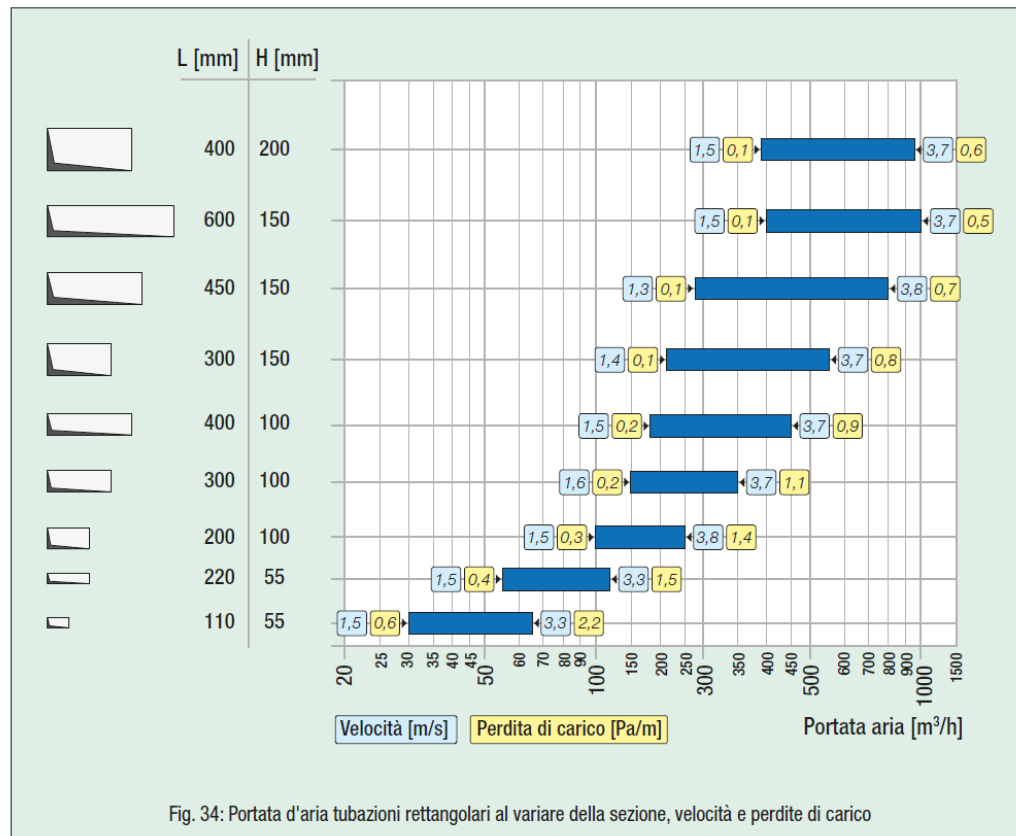
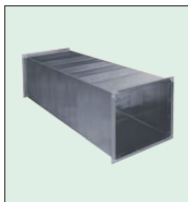
Metodo di calcolo a recupero di pressione statica

Questo metodo si basa sulla conversione della pressione dinamica in pressione statica, fenomeno che avviene ogni volta che si verifica una riduzione della velocità in una canalizzazione. Le velocità all'interno del condotto vengono progressivamente ridotte lungo tutta la rete di distribuzione.

Dimensionamento della distribuzione interna nei sistemi VMC

Tubazioni rettangolari

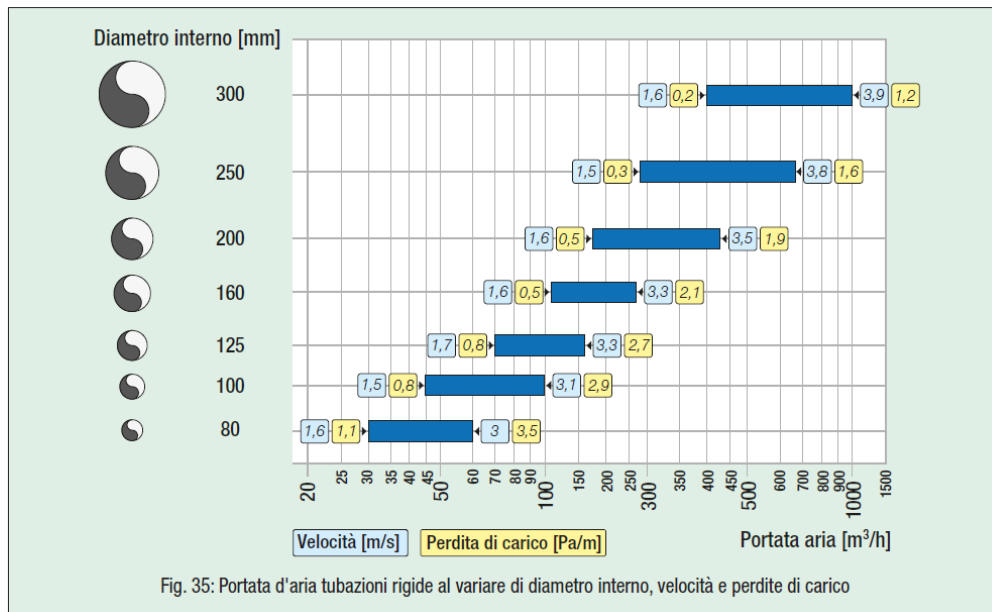
Vengono utilizzate per realizzare i tratti principali delle reti di distribuzione. Sono fabbricate in acciaio zincato, tranne per le piccole dimensioni dove vengono impiegati materiali plastici.



Dimensionamento della distribuzione interna nei sistemi VMC

Tubazioni circolari rigide

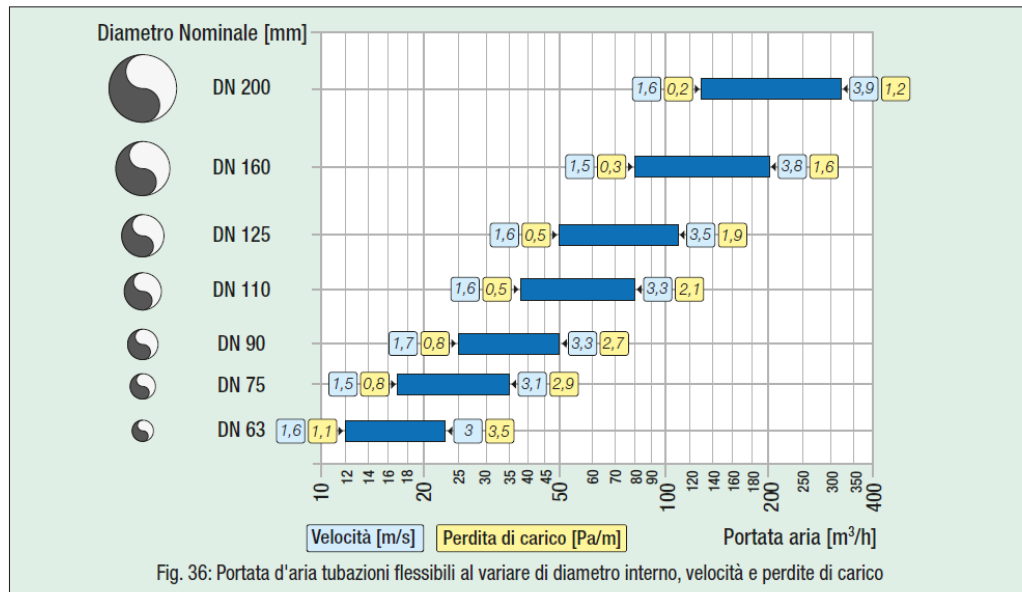
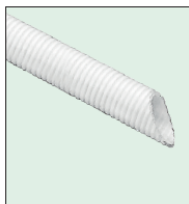
Vengono utilizzate per realizzare i tratti principali delle reti di distribuzione. Sono fabbricate in materiale plastico o, più comunemente, in acciaio zincato.



Dimensionamento della distribuzione interna nei sistemi VMC

Tubazioni circolari flessibili

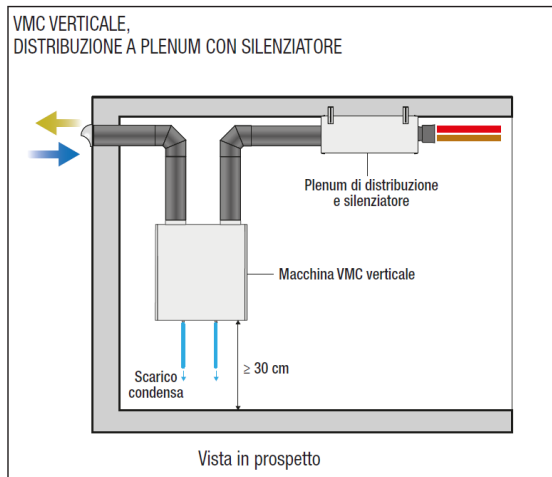
In genere le misure di diametro più piccolo sono di tipo “a schiacciamento” per poter essere annegate nei massetti delle pavimentazioni. Le misure più grandi, in genere utilizzate per il collegamento delle canalizzazioni primarie, sono normalmente realizzate con un'anima a spirale metallica, che permette di avere una struttura flessibile.



Schemi impianti VMC a uso residenziale

Appartamento quadrilocale di medie dimensioni:

Impianto VMC con unità a installazione verticale



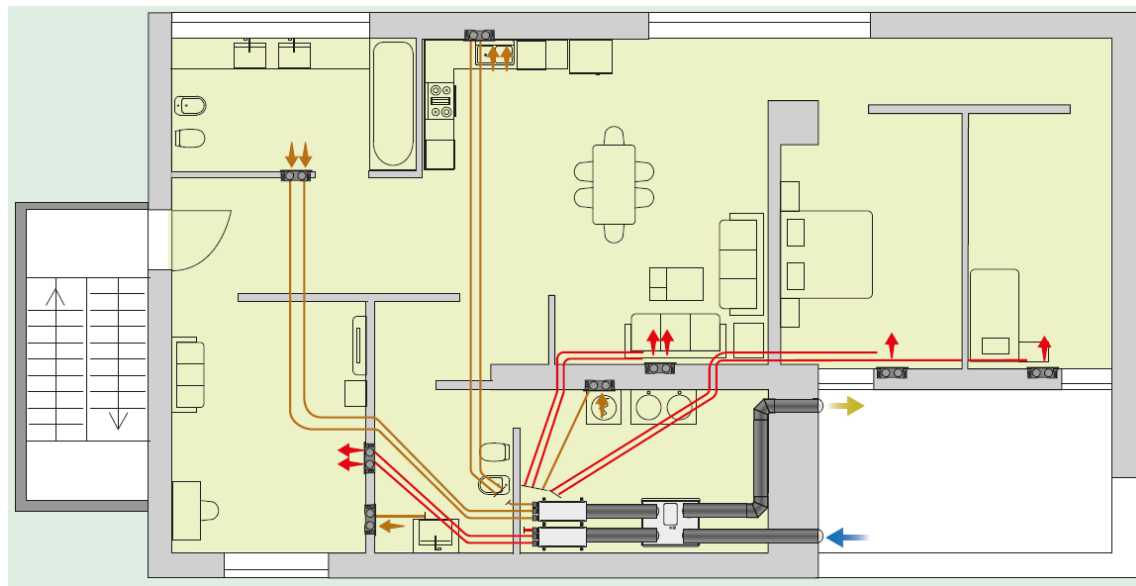
Difficoltà installazione MEDIO/ALTA

Ingombro ALTO

Rumorosità BASSA

Difficoltà di bilanciamento MEDIA

Difficoltà manutenzione BASSA



Canalizzazione flessibile ambiente di immissione aria a controsoffitto

Canalizzazione flessibile ambiente di ripresa aria a controsoffitto



Bocchetta ambiente immissione



Bocchetta ambiente ripresa

Canalizzazione rigida

Curva 90°



Griglia presa aria esterna



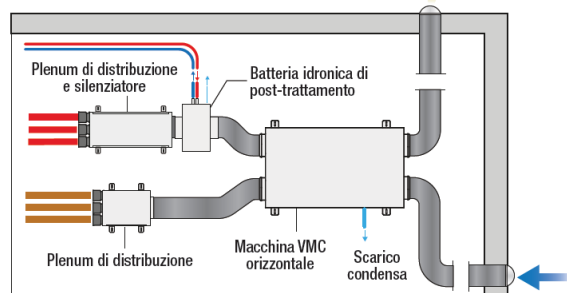
Griglia espulsione aria esterna

Appartamento quadrilocale di piccole dimensioni:

Impianto VMC con unità ad installazione orizzontale con batteria di integrazione



VMC ORIZZONTALE INTEGRATA,
DISTRIBUZIONE A PLENUM CON SILENZIATORE



Vista in pianta

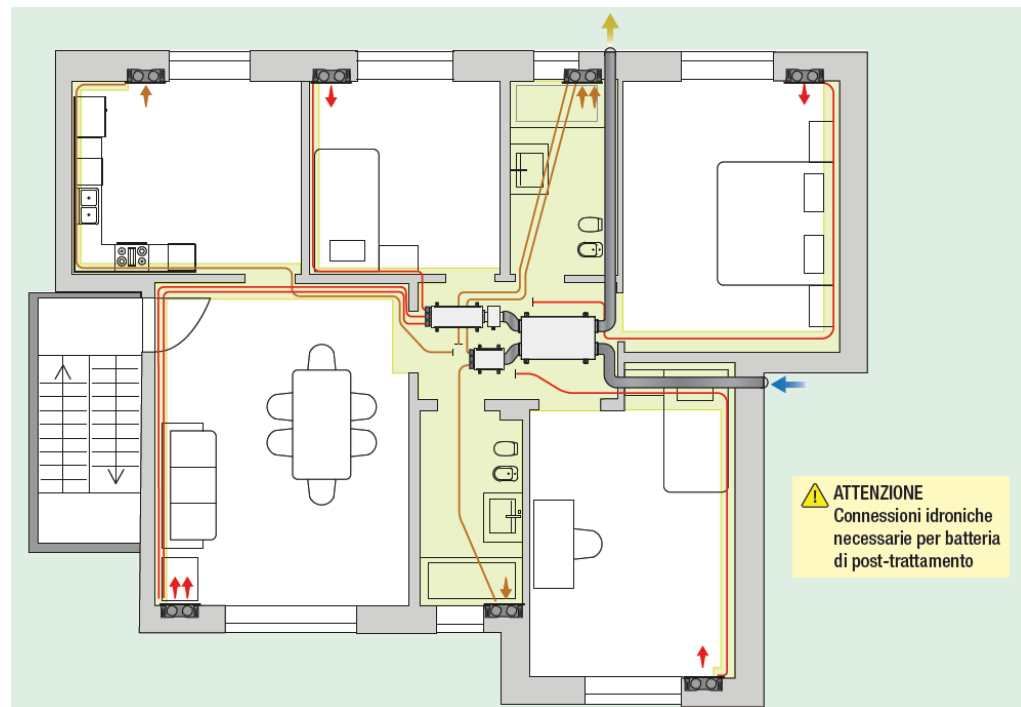
Difficoltà installazione MEDIO/ALTA

Ingombro MEDIO/ALTO

Rumorosità MEDIO/BASSA

Difficoltà di bilanciamento MEDIA

Difficoltà manutenzione MEDIA/ALTA



ATTENZIONE
Connessioni idroniche
necessarie per batteria
di post-trattamento



Canalizzazione flessibile ambiente di
immissione aria a controsoffitto

Canalizzazione flessibile ambiente di
ripresa aria a controsoffitto



Bocchetta ambiente
immissione

Bocchetta ambiente
ripresa

Canalizzazione flessibile
termoisolante e
fonoisolante

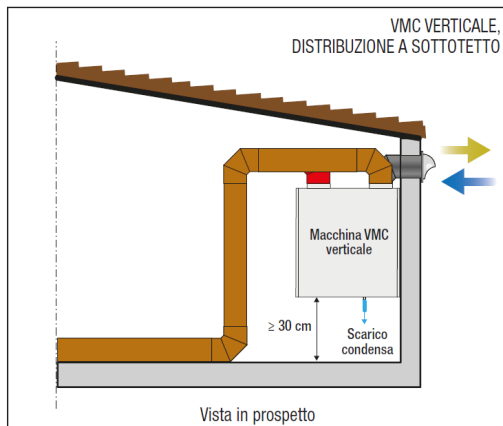


Griglia presa
aria esterna

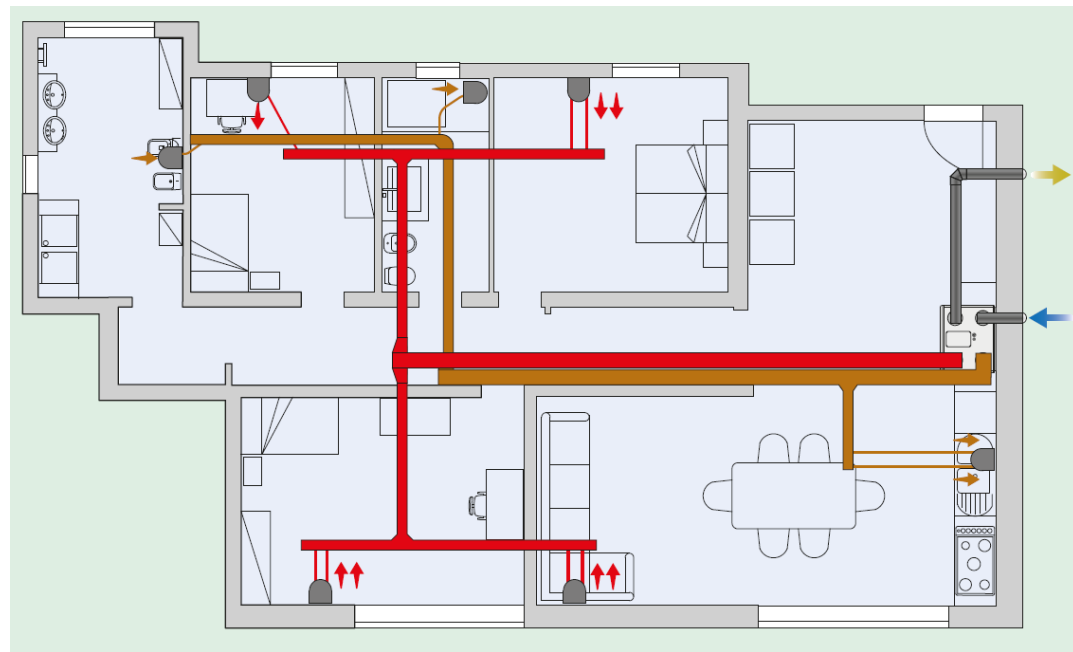
Griglia espulsione
aria esterna

Abitazione privata con sottotetto:

Impianto VMC con unità a installazione verticale con distribuzione ramificata



Difficoltà installazione	MEDIO/BASSA
Ingombro	BASSO
Rumorosità	BASSA
Difficoltà di bilanciamento	ALTA
Difficoltà manutenzione	MEDIO/BASSA



Canalizzazione rigida ambiente di immissione aria a sottotetto

Canalizzazione flessibile ambiente di immissione aria a sottotetto

Bochetta ambiente di immissione circolare

Canalizzazione rigida

Griglia presa aria esterna

Canalizzazione rigida ambiente di ripresa aria a sottotetto

Canalizzazione flessibile ambiente di ripresa aria a sottotetto

Bochetta ambiente di ripresa circolare

Curva 90°
Sottotetto

Griglia espulsione aria esterna

GRAZIE PER L'ATTENZIONE



S.R. 229, n. 25
28010 Fontaneto d'Agogna (NO) Italy
Tel. +39 0322 8491 / Fax +39 0322 863305
info@caleffi.com
www.caleffi.com



[youtube/CaleffiVideoProjects/](https://www.youtube.com/CaleffiVideoProjects/)



[linkedin/caleffi-s-p-a-/](https://www.linkedin.com/company/caleffi-s-p-a-/)



[facebook /CaleffiItalia/](https://www.facebook.com/CaleffiItalia/)

Elia Cremona
elia.cremona@caleffi.com

Pietro Malavolta
pietro.malavolta@caleffi.com