

- 
- AREA TRASVERSALE
  - ☑ SISTEMA CASA

**EDILIZIA INNOVATIVA PER UN FUTURO SOSTENIBILE: DESIGN E MATERIALI ED EFFICIENTAMENTO ENERGETICO**

**22 NOVEMBRE 2018**

## **Ventilazione meccanica controllata negli edifici civili**

---

**Requisiti, prestazioni attese,  
soluzioni tecnologiche ed integrazione impiantistica**

# 1

---

## Requisiti di qualità dell'aria per gli edifici civili

# Degrado dell'aria interna

## DEGRADAZIONE DELLA QUALITÀ DELL'ARIA INTERNA

FENOMENI DI RISTAGNO DELLE SOSTANZE INQUINANTI

ALTERAZIONE DELLA COMPOSIZIONE RISPETTO ALL'ARIA ESTERNA

DEGRADO DIPENDENTE DA AFFOLLAMENTO E TIPOLOGIA DI ATTIVITÀ

### *Sick Building Syndrome*

- sintomi fisici quali irritazioni alla mucosa, agli occhi, al naso, alla pelle
- disagio nella permanenza in un ambiente confinato
- riduzione dell'efficienza lavorativa



## ARIA ESAUSTA

RIDUZIONE CONTENUTO DI OSSIGENO < 15%

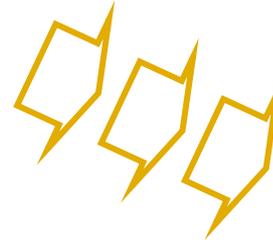
IMMISSIONE DI CO<sub>2</sub>, VAPORE ACQUEO E SOSTANZE PERCEPITE MALEODORANTI

CONCENTRAZIONE CO<sub>2</sub> > 0,07%

EMISSIONE DI PARTICELLE DA ELEMENTI D'INVOLUCRO INTERNO E ARREDO

# Purezza dell'aria interna

## VENTILAZIONE MECCANICA AMBIENTI CONFINATI



ASPORTO DI UMIDITÀ, CALORE  
E SOSTANZE INQUINANTI IN  
ECCESSO



APPROVVIGIONAMENTO  
ARIA DI RINNOVO



EFFICIENZA DELLA CLIMATIZZAZIONE



INEFFICACIA  
DELLA VENTILAZIONE NATURALE

## INDOOR AIR QUALITY



RICAMBIO D'ARIA  
ADEGUATO ALLE ATTIVITÀ PREVISTE



QUALITÀ DELL'ARIA ASSIMILABILE  
ALL'ARIA ESTERNA NON INQUINATA



GESTIONE LOCALI  
DESTINATI A SPECIFICI SERVIZI

La norma EN 16798-3:2017 riconosce 3 categorie di aria esterna: il livello ottimale pertiene alla categoria ODA 1, aria pura inquinata con polveri, ad esempio i pollini, solo temporaneamente.

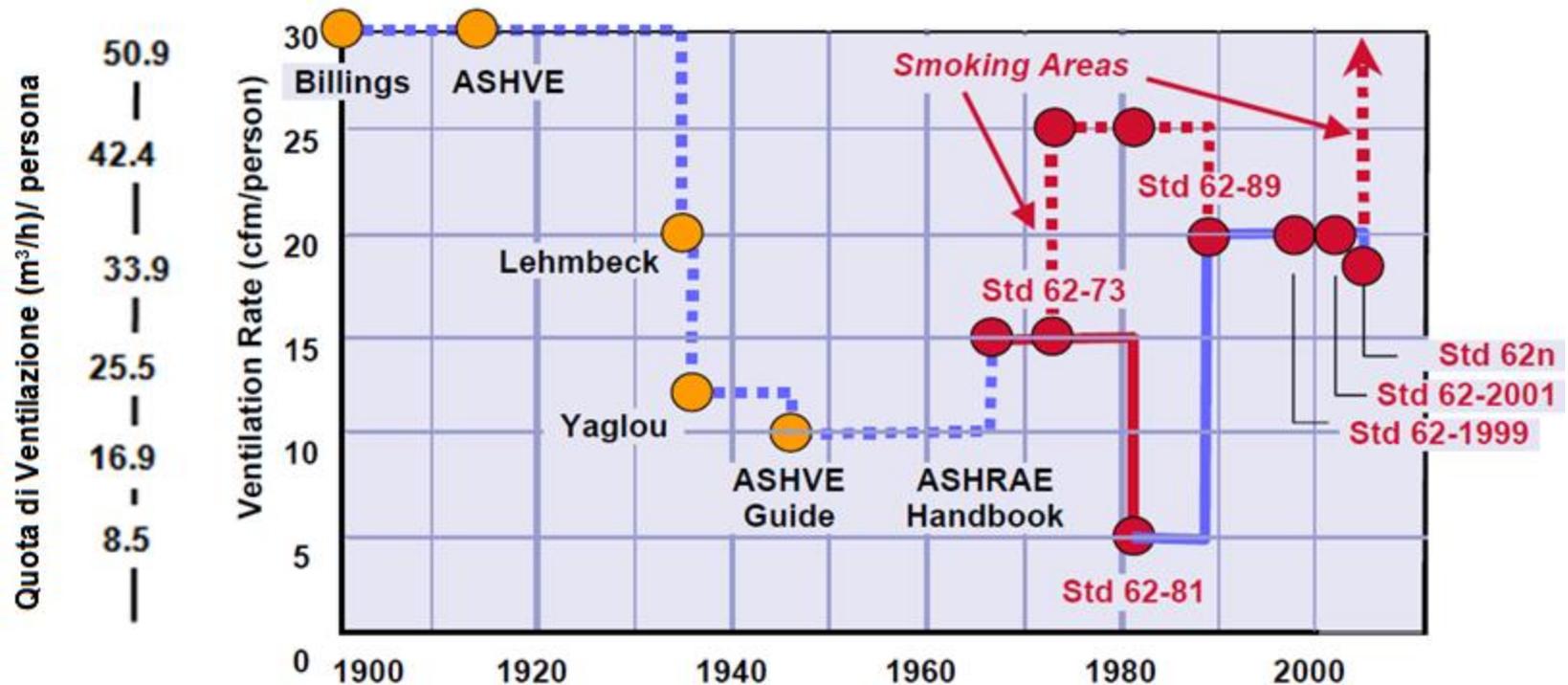
# 2

---

## Progettazione e norme di regola dell'arte

# Calcolo del fabbisogno d'aria

Evoluzione temporale del tasso minimo di ventilazione raccomandato. L'unità di misura in ordinata è il CFM, "Cubic Foot per Minute" ed equivale a 0,47 l/sec (fonte [www.ashraetcs.org](http://www.ashraetcs.org)).



# Calcolo del fabbisogno d'aria

## NORMATIVA DI RIFERIMENTO PER LA DEFINIZIONE DELLA QUALITÀ DELL'ARIA INDOOR

	UNI 10339	inquadra aspetti inerenti i requisiti di comfort di utenze in ambienti confinati, la messa in funzione e l'efficienza degli impianti di ventilazione e climatizzazione
	UNI EN 16798-3	si riferisce ai requisiti di prestazione dei sistemi di ventilazione e climatizzazione per edifici non residenziali (ex EN 13779)
	UNI EN 15251	definisce livelli prestazionali per i parametri di comfort indoor, ivi compresa la qualità dell'aria

N.B. Il recepimento della UNI EN 16798-3:2017 e della UNI EN 15251:2008 a livello nazionale (strumenti che fissano obiettivi di qualità) non comporta necessariamente l'obsolescenza della norma UNI 10339:1995, in quanto non ne è precluso l'impiego, in particolare in quegli ambiti in cui quest'ultima ha un campo di applicazione più esteso o avanzato (ad esempio le regole per l'ordinazione e la fornitura degli impianti).

# Calcolo del fabbisogno d'aria

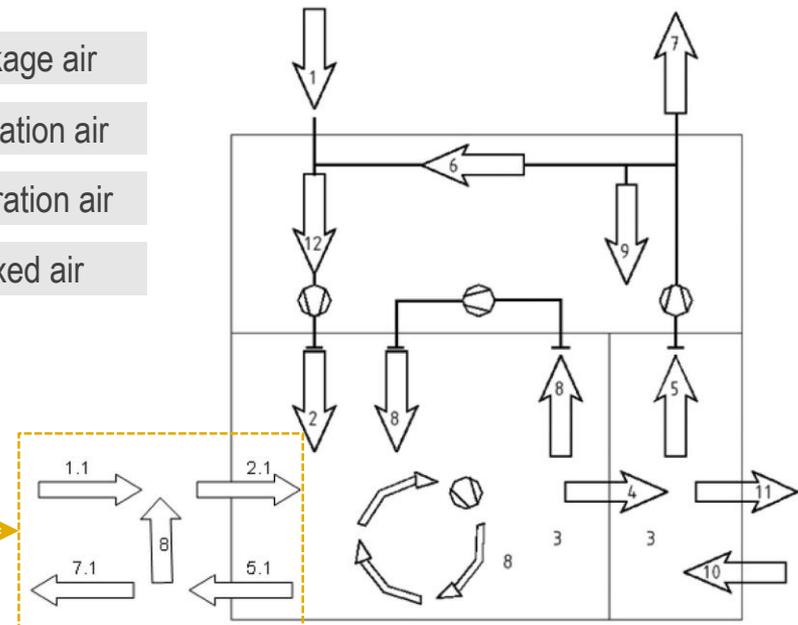
## UNI EN 16798 parte 3:2017

Stabilisce i fabbisogni d'aria standard negli organismi edilizi con destinazioni d'uso diverse da quella residenziale, analizzando gli aspetti progettuali della ventilazione meccanica e dei sistemi di condizionamento dei locali.

1	ODA	outdoor air
2	SUP	supply air
3	IDA	indoor air
4	TRA	transferred air
5	ETA	extract air
6	RCA	recirculated air
7	EHA	exhaust air
8	SEC	secondary air

9	LEA	leakage air
10	INF	infiltration air
11	EXF	exfiltration air
12	MIA	mixed air

caratterizzazione per singolo ambiente



# Calcolo del fabbisogno d'aria

## UNI EN 16798 parte 3:2017

Per quanto concerne l'aria interna (IDA), la norma **UNI EN 16798-3:2017** individua due principali riferimenti per la classificazione di qualità:

- in base al **livello di anidride carbonica** presente nell'aria;
- in base alla **quantità di aria esterna** richiesta per occupante (definito metodo di **classificazione indiretta**).

I valori di riferimento per la portata di rinnovo dell'aria interna, riferibili a condizioni normali di lavoro in **edifici** a destinazione d'uso **terziaria**, sono frequentemente impiegati per la progettazione dei sistemi di ventilazione meccanica.

La norma individua quindi **quattro categorie di qualità** dell'aria interna, **decrescenti** dalla classe 4 per qualità d'aria elevata fino alla classe 1, che rappresenta il livello minimo accettabile.

Classe	Livello di CO <sub>2</sub> [ppm]	Fabbisogno d'aria <sup>(1)</sup> [l/sec pers]
IDA 1	≤ 400	> 15
IDA 2	400 - 600	10 - 15
IDA 3	600 - 1000	6 - 10
IDA 4	> 1000	≤ 6

<sup>(1)</sup> I valori riportati sono riferiti ad aree per non fumatori; le aree fumatori presentano, per ciascuna classe, valori di portata doppi.

# Calcolo del fabbisogno d'aria

## UNI 10339:1995

La norma **UNI 10339:1995** stabilisce le **portate minime d'immissione d'aria**, differenziandone i valori per **destinazione d'uso**. Si evince che, per edifici in cui l'utenza permane a lungo e continuamente nei locali (residenze, uffici, strutture sanitarie, etc.) le portate richieste di aria esterna pro capite si collocano nella categoria IDA 2 secondo UNI EN 16798-3, valore in genere assunto come **riferimento e guida**.



FILTRAZIONE

fissa valori minimi convenzionali da raggiungere mediante l'impiego di filtri di classe appropriata



CORRENTI D'ARIA

fissa velocità dell'aria massime (inverno ed estate) in funzione della destinazione d'uso



TASSO DI RICAMBIO

definisce la quantità di aria esterna da immettersi rispetto al volume dell'ambiente da ventilare



RESIDENZE

è considerato sufficiente un tasso di ricambio pari a  $0,5 \text{ m}^3 \text{ m}^{-3} \text{ h}^{-1}$



SPAZI SENSIBILI

in alcuni ambienti (cucine, bagni), caratterizzati dall'impiego di acqua calda, cottura cibi, etc., è necessario incrementare il tasso di ricambio fino a  $1,5 \div 2,0 \text{ m}^3 \text{ m}^{-3} \text{ h}^{-1}$

## Calcolo del fabbisogno d'aria

## UNI 10339:1995

Destinazione d'uso	Valori tipici per persona [l sec <sup>-1</sup> ]	Valori tipici per superficie [l sec <sup>-1</sup> ]	Valori tipici per servizi [vol h <sup>-1</sup> ]
Residenze continuative	11		
Cucine, bagni e servizi di residenze			4
Alberghi	10-11		
Uffici	7-11		
Ospedali, cliniche e case di cura	11		
Infettivologia, terapia intensiva, sale operatorie			12-20
Attività scolastiche	4-7		
Attività commerciali	9-14		
Musei e biblioteche	5,5-6		
Cucine di ristoranti		16,5	

# Calcolo del fabbisogno d'aria

## UNI EN 15251:2008

Considera la qualità dell'aria interna allo scopo di fornire criteri per la progettazione degli ambienti interni, nell'ottica di una contenuta prestazione energetica.

Definisce **tre categorie prestazionali** per quanto concerne la qualità dell'aria interna stimando una percentuale di utenti insoddisfatti crescente con la categoria.

### VALORI NON COGENTI, MA UTILI PER...



STANDARD DI PROGETTAZIONE  
ENERGETICA ED IMPIANTISTICA



RIFERIMENTO PER L'EMANAZIONE DI  
REGOLAMENTI NAZIONALI E LOCALI



VALUTAZIONE IAQ  
DI LOCALI FUMATORI

# Calcolo del fabbisogno d'aria

## UNI EN 15251:2008 METODOLOGIE DI CALCOLO

	<b>TIPOLOGIA DI UTENZA</b>	<p>la prima si riferisce alla tipologia di utenza presente nei locali (fumatori o non fumatori) secondo un indice di affollamento e alla quantità legata alla componente d'inquinamento riferibile all'edificio ed ai suoi sistemi</p>
	<b>PER UNITÀ FUNZIONALE</b>	<p>la seconda modalità esplicita la richiesta di ricambio d'aria per persona, o per unità di superficie di pavimento</p>
	<b>DEGRADO DELL'ARIA</b>	<p>la terza modalità esprime dei criteri correlati alla concentrazione di CO<sub>2</sub> presente nell'aria</p>

*VLPB – Very Low Polluting Buildings*  
*LPB - Low Polluting Buildings*  
*NLPB – Non-Low Polluting Buildings*

...in funzione dell'accuratezza nella **scelta dei materiali** e dell'**emissione** di **agenti inquinanti** in fase di svolgimento delle **attività** previste

## Calcolo del fabbisogno d'aria

UNI EN 15251:2008  
METODOLOGIE DI CALCOLO

$$1 \quad Q_{Vent} = S_{U,TOT} \cdot q_{ACR}$$

prodotto della superficie utile complessiva dell'alloggio  $S_{U,TOT}$   
per il tasso di ricambio  $q_{ACR}$

$$2 \quad Q_{Vent} = \max \left[ \left( \sum S_{U,i} \cdot q_{ACR,i} \right); \left( n_{PER} \cdot q_{PER} \right) \right]$$

massimo tra: somma dei prodotti delle superfici utili di ciascun vano principale  $S_{U,i}$  per la portata d'aria di rinnovo  $q_{ACR,i}$ ; prodotto che considera il numero previsto di occupanti e la portata di rinnovo per persona

$$3 \quad Q_{Vent} = \sum q_{EAF}$$

somma delle portate di estrazione  $q_{EAF}$  nei locali che ne necessitano.

$$4 \quad Q_{Vent} = n \cdot q_P + A \cdot q_B$$

valuta due diverse quote di ventilazione da assicurare, riferite rispettivamente all'utenza ed ai componenti / elementi tecnici

PER EDIFICI NON RESIDENZIALI

# Calcolo del fabbisogno d'aria

## UNI EN 15251:2008 – APPENDICE B VALORI TABULATI PER EDIFICI RESIDENZIALI

Classe prestazionale	(1) Portata di rinnovo $q_{ACR}$ Air Change Rate [l/(sec m <sup>2</sup> )]	(2) Portata di rinnovo locali principali		(3) Estrazioni di aria esausta $q_{EAF}$ [l/sec]		
		$q_{PER}$ [l/(sec pers)]	$q_{ACR,i}$ [l/(sec m <sup>2</sup> )]	cucine	bagni	WC
I	0,49	10	1,4	28	20	14
II	0,42	7	1,0	20	15	10
III	0,35	4	0,6	14	10	7

Il valore di riferimento della portata sarà pari al massimo dei valori desunti dalle equazioni (1) e (2), con successivo adeguamento in base al risultato ottenuto dalla formula (3) considerando che la portata in uscita dovrà essere pari alla portata in ingresso.

## Calcolo del fabbisogno d'aria

UNI EN 15251:2008 – APPENDICE B  
VALORI TABULATI PER EDIFICI RESIDENZIALI

Classe prestazionale	Quota riferita all'utenza $q_p$ [l/(sec pers)]	Quota riferita all'edificio $q_B$ [l/sec m <sup>2</sup> ]		
		VLPB	LPB	NLPB
I	10	0,50	1,00	2,00
II	7	0,35	0,70	1,40
III	4	0,30	0,40	0,80

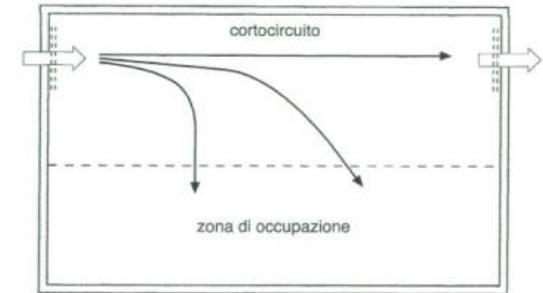
È inoltre previsto un eventuale terzo addendo, da applicarsi qualora sia consentito fumare all'interno del locale.

# Efficienza della ventilazione

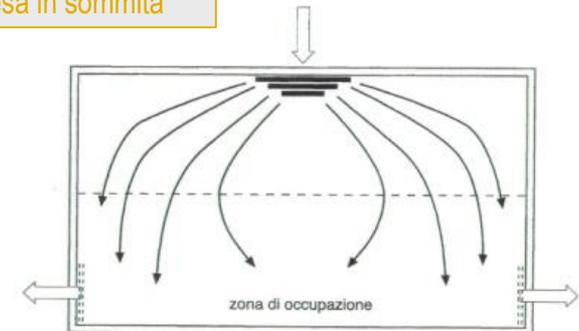
Il raggiungimento di un'accettabile qualità dell'aria interna non dipende esclusivamente dalla portata di aria di rinnovo immessa nell'ambiente confinato, ma anche dalle **caratteristiche** del **sistema d'immissione** e **diffusione** dell'aria impiegato, in relazione alla **conformazione geometrica** dei locali e alle **sorgenti contaminanti** presenti nei locali stessi.

Diverse disposizioni possibili comportano, a parità di portata d'aria immessa, **differenti capacità** di **rimozione** dei **carichi di contaminazione**, e sono quindi caratterizzate da differenti valori di efficienza convenzionale, definita in base alla **concentrazione c di inquinanti** nell'aria interna, nell'aria immessa ed estratta.

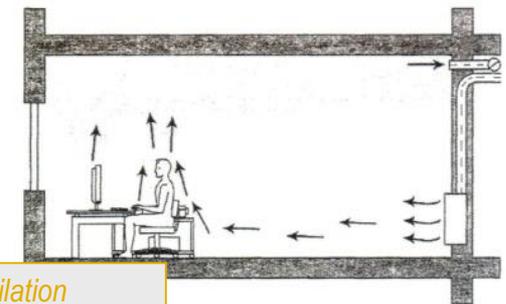
$$\varepsilon_V = \frac{C_{ETA} - C_{SUP}}{C_{IDA} - C_{SUP}} \quad Q_{ER} = \frac{Q_E}{\varepsilon_V}$$



immissione e ripresa in sommità



diffusione dall'alto con bocchette



displacement ventilation

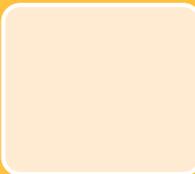
# Efficienza della ventilazione



## *Impianti a tutta aria*

*con immissione al di sopra del volume occupato*

- Diffusori ad effetto turbolento:  $\epsilon_v=1,00$
- Diffusori lineari a feritoia:  $\epsilon_v=0,75\div 0,90$
- Bocchette a filari di alette:  $\epsilon_v=0,60\div 0,70$



## *Impianti a tutta aria*

*con immissione al di sotto o all'interno del volume occupato*

- Diffusori ad effetto turbolento:  $\epsilon_v=1,10\div 1,20$
- Diffusori a sottopoltrona o a battiscopa:  $\epsilon_v=1,30$



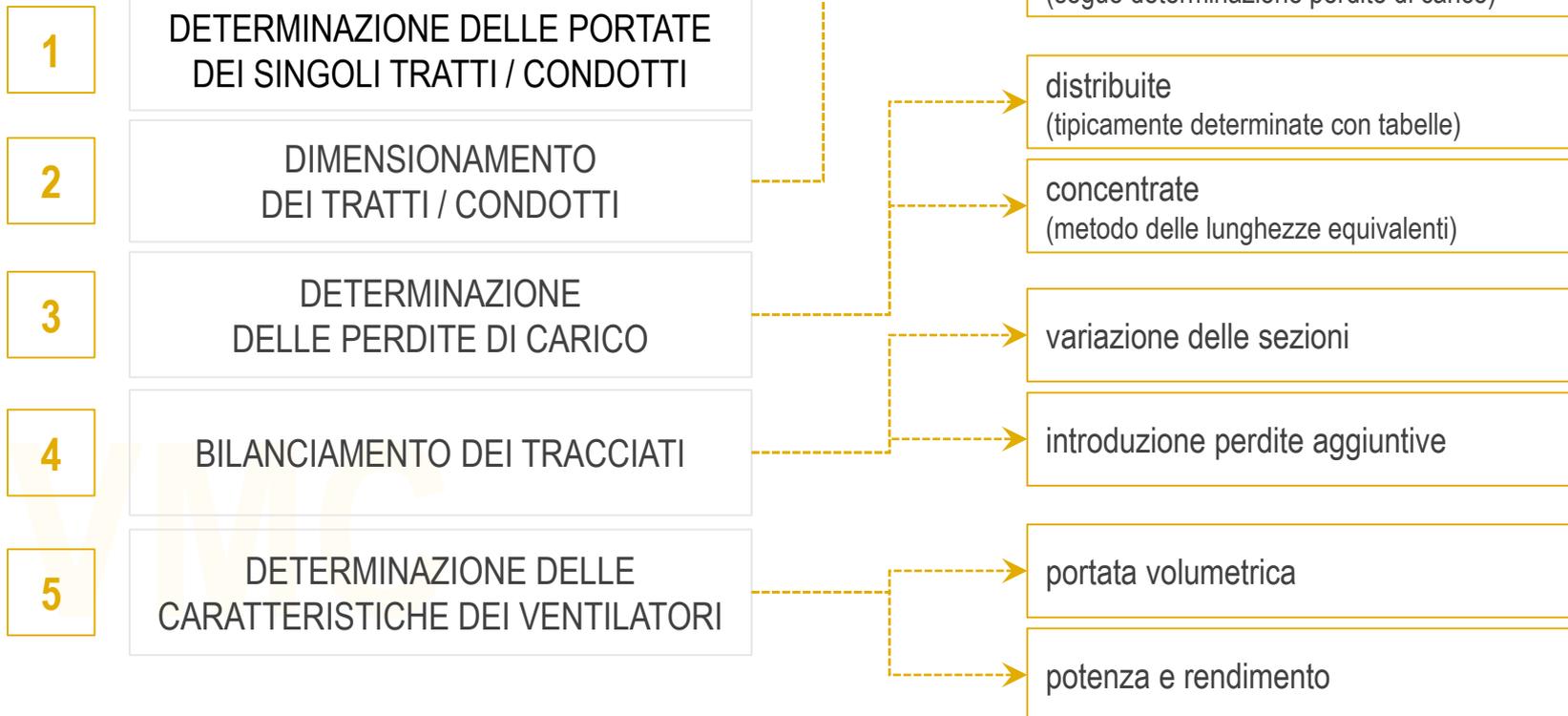
## *Impianti misti con pannelli radianti: $\epsilon_v=1,00$*

*Impianti misti con ventilconvettori*

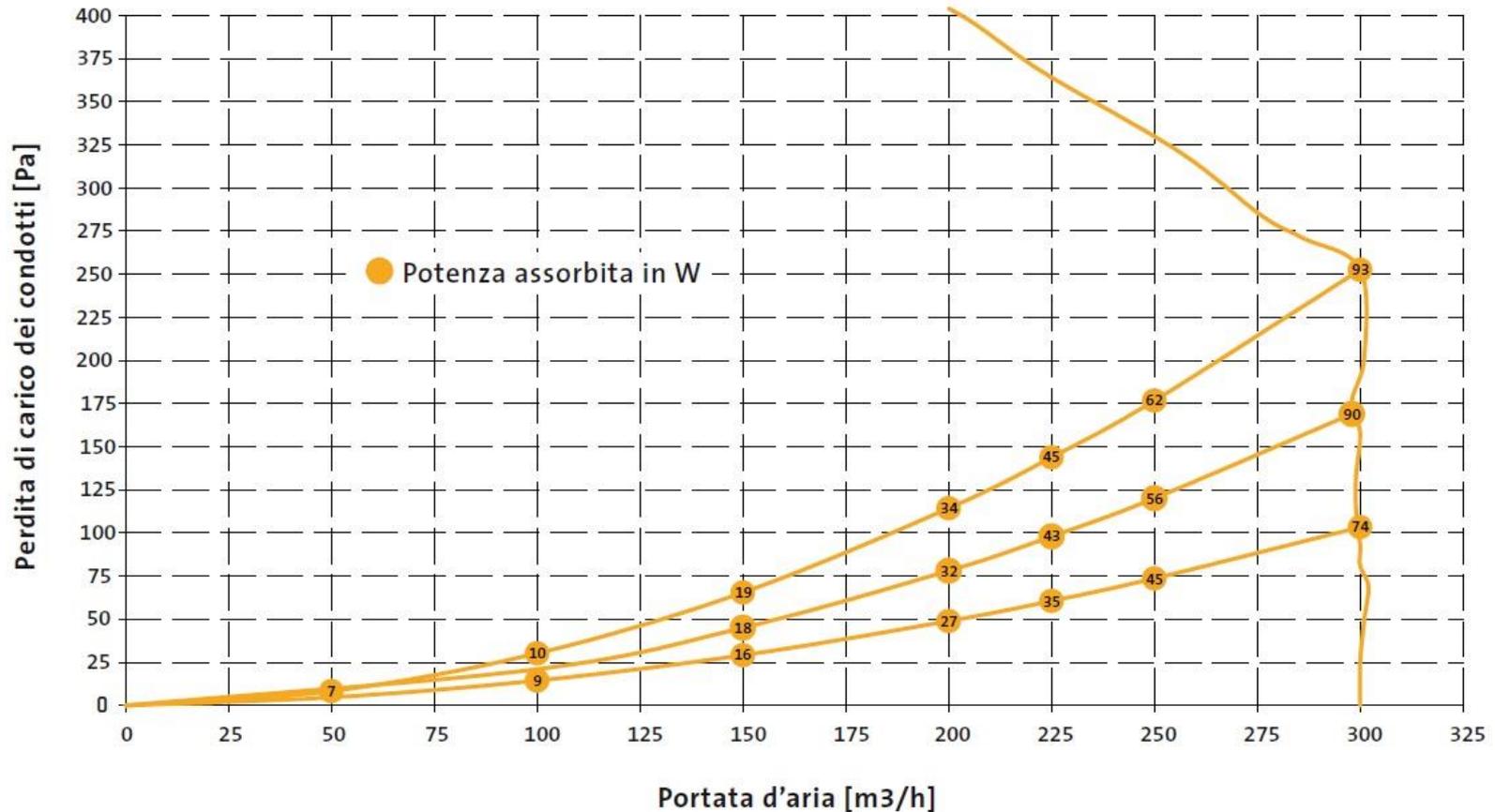
- Flusso discorde rispetto alla mandata del ventilconvettore:  $\epsilon_v=1,15$
- Flusso concorde rispetto alla mandata del ventilconvettore:  $\epsilon_v=0,95$
- Aria immessa da diffusore centrale:  $\epsilon_v=1,05$

# Reti di distribuzione per sistemi centralizzati

## DIMENSIONAMENTO RETE DI DISTRIBUZIONE ARIA



## Reti di distribuzione per sistemi centralizzati



# 3

---

## Soluzioni tecnologiche

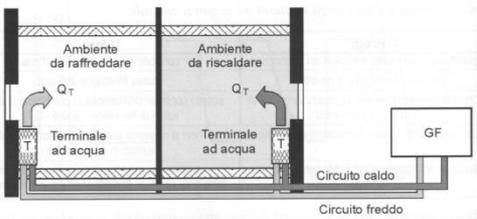
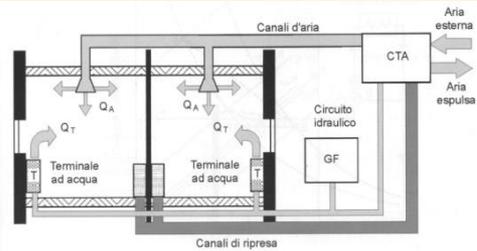
# Classificazione dei componenti in base alle funzioni

Sistema	Ventilatore SUP	Ventilatore ETA	Ventilatore SEC	Recupero calore	Filtrazione	Riscaldamento	Raffrescamento	Umidificazione	Deumidificazione
Fornitura unidirezionale aria di rinnovo	X				/	/			
Estrazione unidirezionale aria esausta		X							
Ventilazione bilanciata	X	X		X	X	/			
Ventilazione bilanciata con umidificazione	X	X		X	X	/		X	
Ventilazione bilanciata con air-conditioning	X	X		X	X	/	X	/	X
Condizionamento a tutta aria	X	X		X	X	X	X	X	X
Condizionamento singolo ambiente			X		/	/	X		X

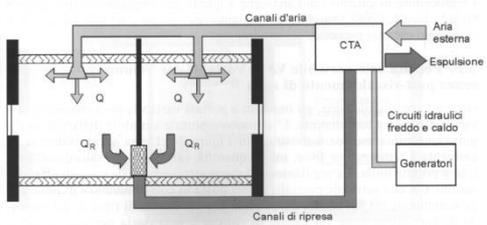
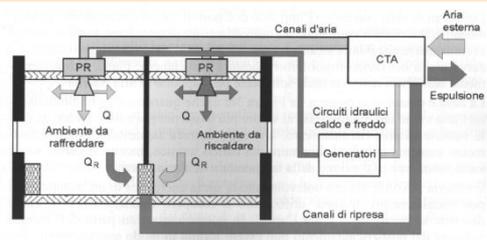
«X»: equipaggiamento previsto

«/»: equipaggiamento previsto per specifiche esigenze

# Classificazione dei componenti in base alle funzioni

Posizione del terminale rispetto all'ambiente	Tipologia a fluido intermedio	Tipologia ad espansione diretta
<p>Terminale in ambiente (nessun controllo dei ricambi d'aria)</p> 	<p>Impianti ad acqua</p> <p>Fan coil a 2 tubi</p> <p>Fan coil a 4 tubi</p>	<p>Impianti con condizionatori autonomi</p> <p>Split-system e multisplit</p> <p>Sistemi ad anello d'acqua</p>
<p>Sistema misto (elevata regolabilità da parte dell'utenza)</p> 	<p>Fan coil a 2 e 4 tubi + aria primaria</p> <p>Sistema radiante + aria primaria</p>	<p>Impianti misti</p> <p>Sistemi a portata d'aria costante o variabile + recupero di calore</p> <p>Sistemi ad anello d'acqua + aria primaria</p>

# Classificazione dei componenti in base alle funzioni

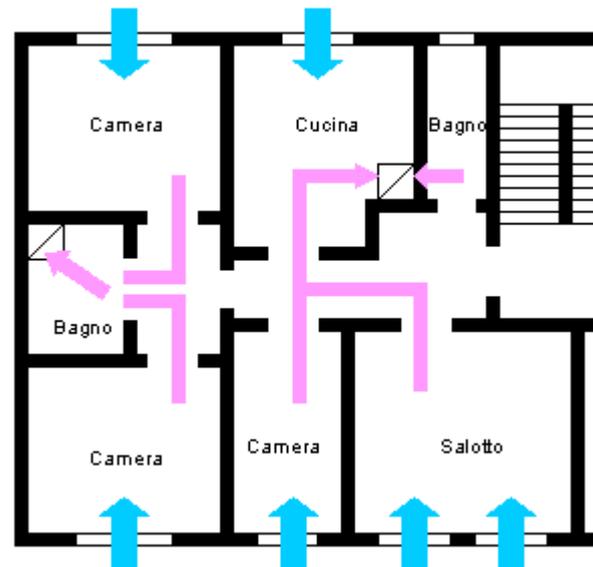
Posizione del terminale rispetto all'ambiente	Tipologia a fluido intermedio	Tipologia ad espansione diretta
<p style="text-align: center;">Terminale remoto</p>  	<p style="text-align: center;">Impianti ad aria</p> <p>Per singola zona, a portata costante o variabile <i>(non possibile la parzializzazione della regolazione)</i></p> <p>Per singola zona, a portata costante o variabile, con postriscaldamento di zona</p> <p>Multizona – portata variabile <i>(controllo limitato di temperatura e umidità relativa)</i></p> <p>Doppio canale, a portata costante o variabile <i>(controllo della temperatura per miscelazione dell'aria in ingresso)</i></p>	<p style="text-align: center;">Condizionatori canalizzabili</p>

## Tipologie di impianti VMC

### ESTRAZIONE ED ESPULSIONE EHA

I più semplici impianti di ventilazione meccanica consentono l'**asportazione** e la conseguente **espulsione** dell'aria esausta (**EHA**) da un locale; di conseguenza, l'aria di **rinnovo** proviene **dall'esterno** attraverso appositi aeratori (prese) o da altri locali, nel qual caso l'aria è definita trasferita (TRA).

La ventilazione per sola aspirazione è **efficace solo** se l'aria di **rinnovo** può **transitare**, liberamente e senza ostacoli, dai **punti d'immissione** a quelli di **aspirazione senza** attraversare locali in cui possa **ridursi in qualità**.  
**Non è possibile** l'integrazione con un sistema di **recupero del calore**.



# Tipologie di impianti VMC

## VENTILAZIONE BILANCIATA

I sistemi di ventilazione meccanica controllata **a due flussi** asportano l'aria esausta (**EHA**) e al contempo forniscono l'aria di approvvigionamento (**SUP**); il loro impiego è auspicabile in tutti quei contesti, o per quelle destinazioni d'uso in cui l'aria deve essere trattata, sia nelle sue **condizioni termoigrometriche** che per quanto concerne la **qualità** e la **concentrazione** di **inquinanti** nell'aria stessa.

presa d'aria esterna

unità trattamento aria

rete di distribuzione

### Applicazione

- impianti centralizzati
- impianti decentralizzati

### Integrazioni possibili

- condizionamento estivo
- condizionamento invernale
- recupero energetico
- pretemperazione geotermica

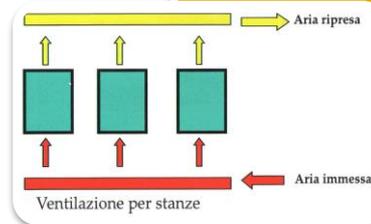
# Tipologie di impianti VMC

## ALCUNE CONSIDERAZIONI

	<p>APPLICAZIONE</p>	<p>Un impianto a doppio flusso centralizzato ben si può collocare in un edificio costituito da una sola unità immobiliare, funzionalmente autonoma.  <b>portate di aria trattata quasi costanti</b></p>
	<p>DIVERSIFICAZIONE E ATTIVITÀ</p>	<p>Eventuali variazioni imposte dall'utenza richiedono una modulazione della portata alla UTA e dispositivi di regolazione automatizzati ai rami periferici</p>
	<p>EDIFICI RESIDENZIALI</p>	<p>In edifici plurialloggio, si può ricorrere alla VMC per garantire il ricambio d'aria volto a preservare l'integrità dei componenti.</p>
	<p>SOVRAPPRESSIONI</p>	<p>Per mantenere un ambiente di volume <math>V</math> in sovrappressione è necessaria una portata aggiuntiva <math>Q_{sp}</math> alla portata di rinnovo <math>Q_r</math> rispetto a quella estratta <math>Q_{im}</math></p>

$$Q_r = Q_{im} - Q_{sp} \qquad Q_{sp} = \frac{zV}{3600}; \quad z = 0,7 - 1,3$$

# Tipologie di impianti VMC



## Sistemi ad anello

- è possibile ventilare i locali in modo indipendente
- la distribuzione, costituita da una tubazione di mandata ed una di ripresa e dagli stacchi ai singoli locali, è piuttosto semplice
- è necessario adottare elementi insonorizzanti poiché c'è comunicazione diretta tra diversi locali



## Sistemi a cascata

- la lunghezza delle tubazioni è ridotta (sola immissione e ripresa)
- l'aria deve poter transitare da un locale all'altro e necessitano quindi di griglie di passaggio



## Sistemi a dislocamento

- l'immissione dell'aria fresca avviene negli spazi principali o comunque a permanenza continuata dell'utenza
- la ripresa avviene nei locali di servizio in cui avviene la produzione di sostanze inquinanti
- la lunghezza delle tubazioni è ridotta, è necessario predisporre più bocchette d'immissione e ripresa
- si ottiene la sovrappressione degli spazi principali rispetto agli spazi di servizio, e ciò impedisce il reflusso

# Filtrazione dell'aria

## SISTEMI DI FILTRAZIONE

L'impiego di sistemi di filtrazione deve avvenire nel caso in cui le **condizioni di qualità da garantire** all'aria interna in determinati locali **non siano raggiungibili** impiegando direttamente l'**aria esterna**.



EN 779

PREFILTRI E FILTRI INTERMEDI



EN 1822

FILTRI ASSOLUTI (HEPA E ULPA)

Un filtro, opponendosi ad un flusso d'aria, manifesta una perdita di carico dipendente dal grado di intasamento del filtro stesso; i produttori definiscono quindi una perdita di carico finale, alla quale il filtro deve essere sostituito.

# Filtrazione dell'aria

## SISTEMI DI FILTRAZIONE

L'efficienza di un filtro R è definita in base alla concentrazione delle particelle a monte I ed a valle E

$$R = 100 \cdot \frac{I - E}{I} [\%]$$

HEPA

I filtri assoluti HEPA (*High Efficiency Particulate Air*) si impiegano negli edifici ospedalieri e sono adatti a complessi operatori, aree di terapia intensiva, rianimazione.

ULPA

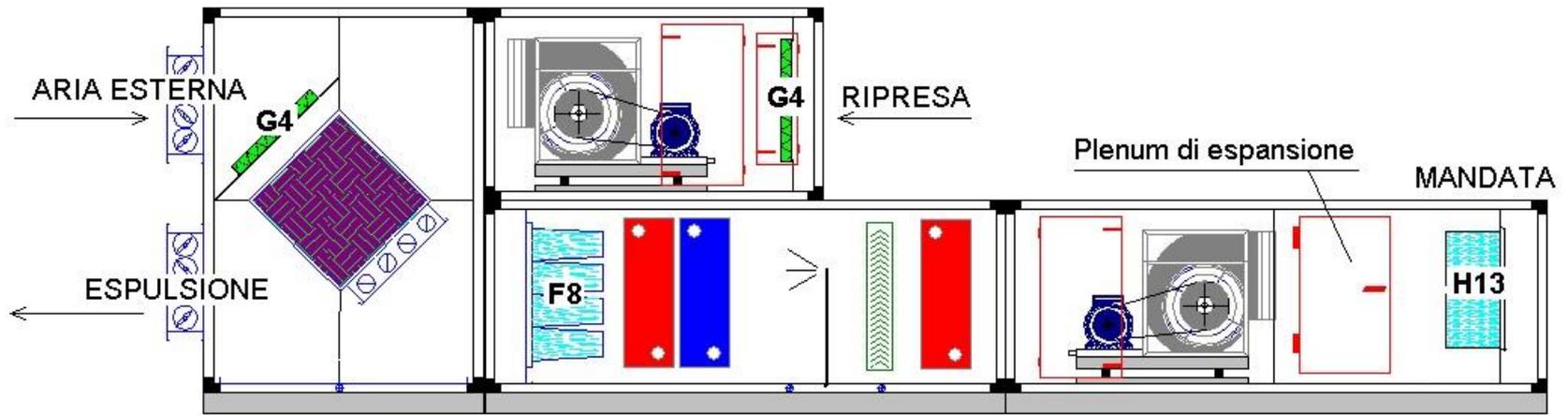
I filtri assoluti di maggiore efficienza (ULPA, *Ultra Low Penetration Air*), realizzati in genere con fogli in fibra di vetro piegati ad onda, sono impiegati in sale operatorie di alta chirurgia ed in locali che ospitano prematuri acuti.

## SISTEMI DI FILTRAZIONE

Tipo di filtro	Norma di riferimento e sigla	Efficacia
Prefiltri $P_{\max, \text{fin}} = 250 \text{ Pa}$	EN 779	Arrestanza [%]
	- G1	60÷65
	- G2	70÷80
	- G3	80÷85
	- G4	85÷95
Filtri intermedi $P_{\max, \text{fin}} = 450 \text{ Pa}$	EN 779	Efficienza colorimetrica [%]
	- F5	50÷55
	- F6	60÷65
	- F7	80÷85
	- F8	90÷95
Filtri assoluti HEPA	EN 1822	Passaggio particelle inferiori a $0,3 \mu\text{m}$ [%]
	- H10	> 95
	- H11	> 98
	- H12	> 99
	- H13	> 99,997
Filtri assoluti ULPA	EN 1822	Passaggio particelle inferiori a $0,12 \mu\text{m}$ [%]
	- U15	> 99,9995
	- U16	> 99,99995
	- U17	> 99,999995



## SISTEMI DI FILTRAZIONE



# Filtrazione dell'aria

## SISTEMI DI FILTRAZIONE

Qualità dell'aria esterna	Qualità dell'aria interna			
	IDA 1	IDA 2	IDA 3	IDA 4
ODA 1	F9	F8	F7	F6
ODA 2	F7+F9	F6+F8	F6+F7	G4+F6
ODA 3	F7+F9	F8	F7	F6
ODA 4	F7+F9	F6+F8	F6+F7	G4+G6
ODA 5	F6+GF(*)+F9	F6+GF(*)+F9	F6+F7	G4+F6

(\*) Filtri dedicati per i gas (filtri a carboni) e/o filtri chimici.

Il filtraggio dell'aria esterna è dunque scelto per soddisfare i requisiti inerenti l'aria interna (IDA) dell'edificio, in relazione alla categoria dell'aria esterna (ODA).

# Filtrazione dell'aria

## SISTEMI DI FILTRAZIONE

### PREFILTRI Gx

Sono impiegati per ridurre la concentrazione di polvere nell'aria esterna che perviene all'unità di ventilazione e per mantenere in buone condizioni di pulizia l'attrezzatura per la ventilazione; pur incrementando i costi di installazione e manutenzione della sezione filtrante, il prefiltro estenderà la durata del secondo filtro, posticipandone il momento della sostituzione.

### SEZIONI DI FILTRAGGIO

L'impiego di più sezioni di filtraggio (definiti stadi) è legato al principio per il quale ogni filtro di data efficienza deve essere preceduto da un filtro avente un'efficienza appartenente alla categoria precedente. Per filtrazioni a singolo stadio, il filtro dovrebbe essere posto a valle del ventilatore premente; in caso di due o più stadi, la prima sezione filtrante dovrebbe porsi a monte del trattamento dell'aria, le rimanenti a valle.

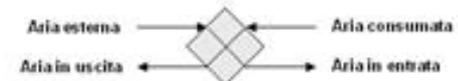
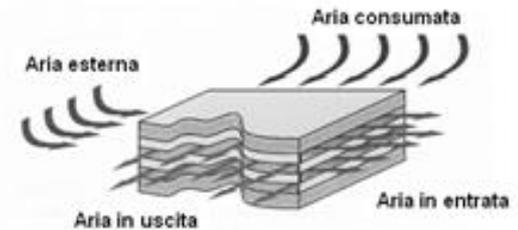
# VMC

## Recupero del calore

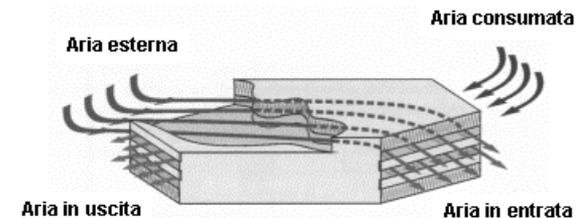
## SCAMBIATORI DI CALORE A FLUSSI D'ARIA

Il raggiungimento di un'accettabile qualità dell'aria interna non dipende esclusivamente dalla portata di aria di rinnovo immessa nell'ambiente confinato, ma anche dalle **caratteristiche** del **sistema d'immissione** e **diffusione** dell'aria impiegato, in relazione alla **conformazione geometrica** dei locali e alle **sorgenti contaminanti** presenti nei locali stessi.

Diverse disposizioni possibili comportano, a parità di portata d'aria immessa, **differenti capacità** di **rimozione** dei **carichi** di **contaminazione**, e sono quindi caratterizzate da differenti valori di efficienza convenzionale, definita in base alla **concentrazione c di inquinanti** nell'aria interna, nell'aria immessa ed estratta.



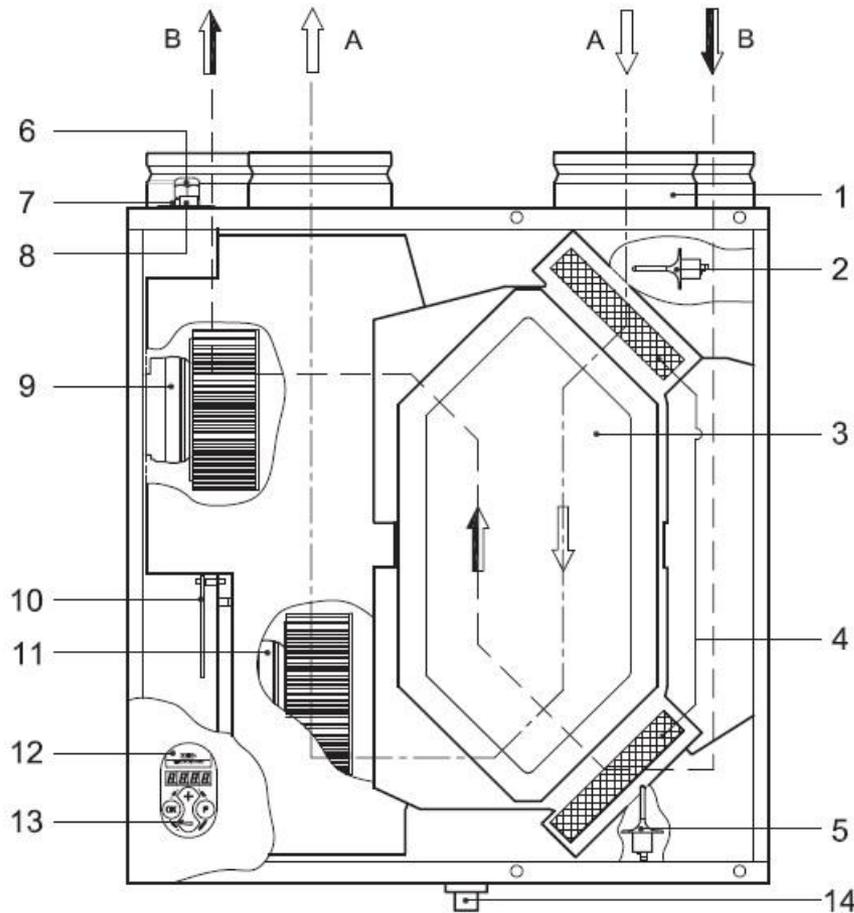
Scambiatore a vie incrociate



Con uno scambiatore a flusso inverso si ottiene un recupero tra il 75 e il 95 % del calore

Scambiatore a flusso inverso

## Recupero del calore

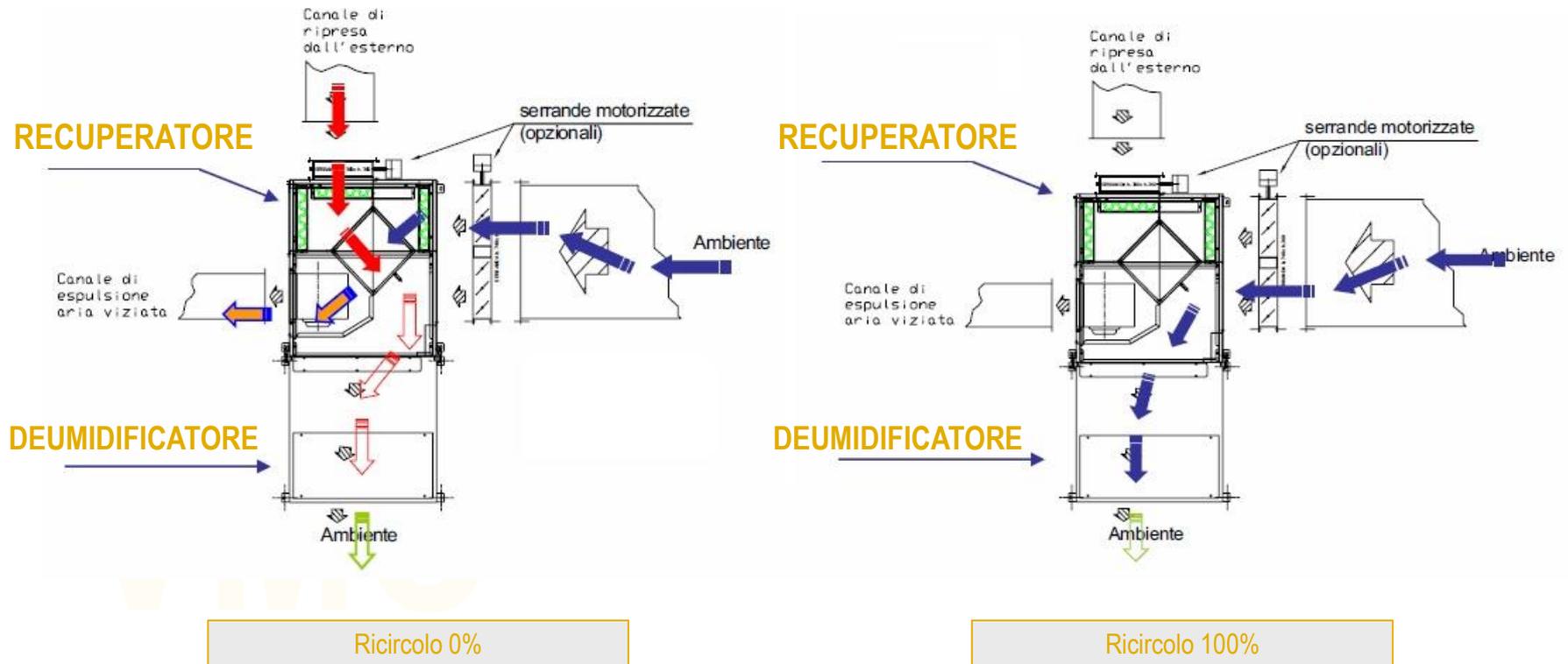


1	Raccordo canali
2	Sonda temperatura ambiente
3	Scambiatore di calore
4	Filtro
5	Sonda temperatura esterna
6	Interfaccia di comando
7	Passacavo
8	Presa
9	Ventilatore di mandata
10	Scheda base centrale
11	Ventilatore di ripresa
12	Interfaccia computer
13	Pannello di comando
14	Collegamento scarico condensa

A = Evacuazione  
B = Immissione

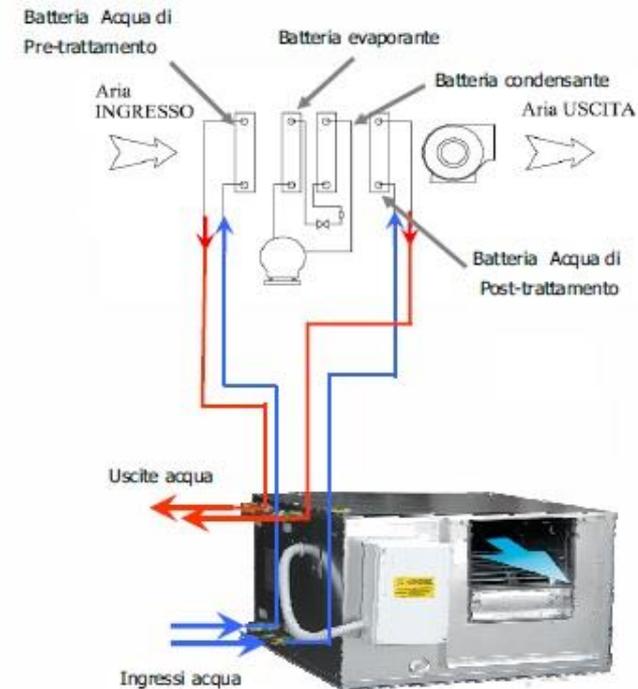
# Deumidificazione in associazione a sistemi radianti

## CONTROLLO UMIDITÀ RELATIVA NELLA STAGIONE ESTIVA



# Deumidificazione in associazione a sistemi radianti

## CONTROLLO UMIDITÀ RELATIVA NELLA STAGIONE ESTIVA



# Reti di distribuzione

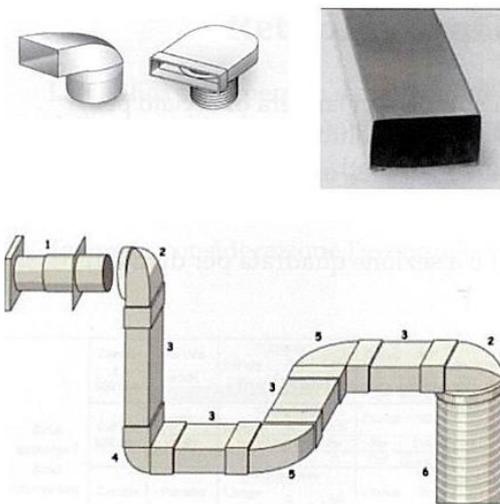


## TUBI FLESSIBILI IN HDPE



- liscio internamente
- privo di curve
- ingombro di cantiere
- collettore voluminoso

## TUBI OVALI



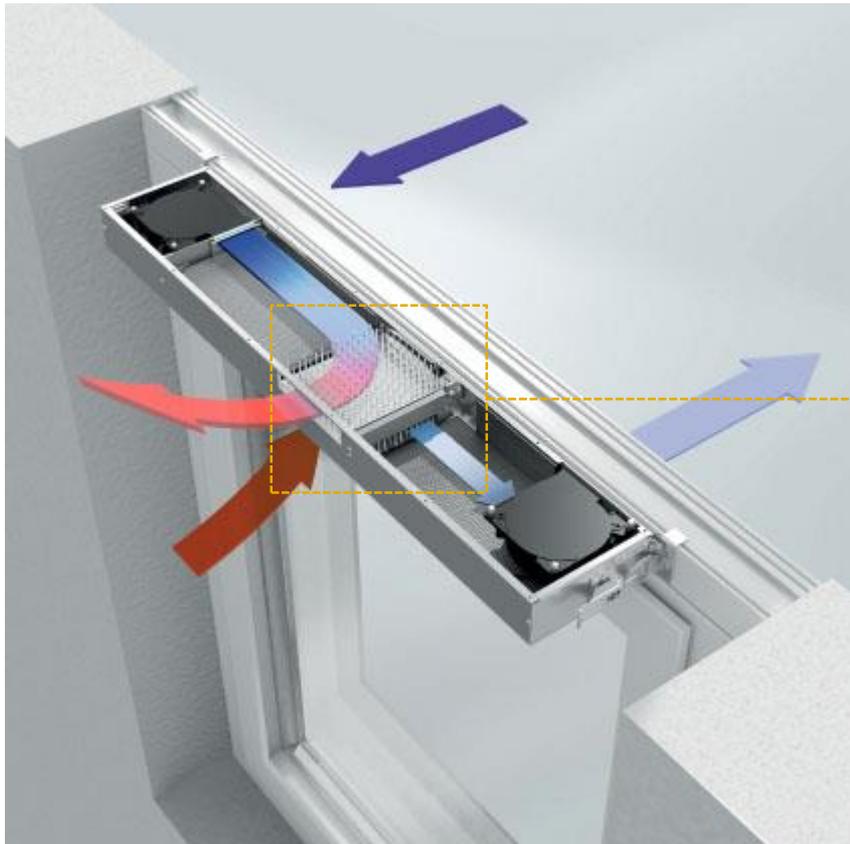
- libertà di scelta della portata
- ingombro contenuto
- posa a pavimento
- richiedono progettazione di dettaglio di curve, passaggi e montaggio

## Reti di distribuzione

### TUBI FLESSIBILI CORRUGATI



- ridotto ingombro
- possibile posa a pavimento
- privo di curve
- non calpestabile in fase di posa
- elevati raggi di curvatura



## VMC DECENTRALIZZATA

*VMC integrata  
nel serramento*

*Scambiatore di calore inserito  
nel soprafinestra*

*Attivazione con sensori di  
temperatura, concentrazione  
CO<sub>2</sub> e filtro F7*

*Intervento privo di canali  
d'aria*

## Bibliografia e siti consultati

- [www.ubbink.co.uk](http://www.ubbink.co.uk)
- [www.zehnder.it](http://www.zehnder.it)
- [www.aldes.it](http://www.aldes.it)
- [www.rdz.it](http://www.rdz.it)
- [www.schueco.com](http://www.schueco.com)
- Lechner N., *Heating, cooling, lighting*. 4<sup>o</sup> ed., Wiley, NY, 2016.
- Lena S., *Tecnica degli impianti domestici – impianti di ventilazione*. Modulo 8 del Corso Avanzato per Progettisti Casaclima, APE Udine, 2012.
- Vio M., *Impianti di climatizzazione*. Editoriale Delfino, Milano, 2008.
- Wienke U., *Aria, calore, luce. Il comfort ambientale negli edifici*. Tipografia del Genio Civile, Roma, 2005.

# VMC