

*Sola Ing. Pierfranco*

**TERMOTECNICO**

**CERTIFICATORE ENERGETICO REGIONE PIEMONTE**

**TECNICO COMPETENTE IN ACUSTICA REGIONE PIEMONTE**

**PROFESSIONISTA ANTINCENDIO ISCRITTO NEGLI ELENCHI MINISTERO INTERNI**

*Via A. Savoia Duca d'Aosta n. 22 - 10022 – Carmagnola (TO)*

*Tel.- Fax: 011.971.58.93*

*Cell.: 347-43.08.192*

*E-mail: pierfranco.sola@gmail.com*

# ***LEZIONE SUGLI IMPIANTI DI VENTILAZIONE MECCANICA***

**Lombriasco - Venerdì 16 Gennaio 2015**

# ARGOMENTI TRATTATI

- **INTRODUZIONE GENERALE SULL'ARGOMENTO**
- **LA NORMA TECNICA UNI 10339**
- **ELEMENTI BASE DELL'IMPIANTO DI VENTILAZIONE MECCANICA**
- **ESEMPIO DI IMPIANTO IN AMBITO NON RESIDENZIALE**
- **ESEMPIO DI IMPIANTO IN AMBITO RESIDENZIALE**
- **UN CENNO SUGLI ANEMOMETRI**
- **CONCLUSIONI**

# INTRODUZIONE GENERALE SULL'ARGOMENTO

## ***OBIETTIVI DELLA VENTILAZIONE MECCANICA***

Gi impianti di ventilazione meccanica sono impianti che consentono di gestire il ricambio dell'aria di un ambiente con l'esterno.

Questo avviene senza l'apertura di finestre o porte, tramite condotte di ventilazione forzata, collegate con gli ambienti interni in modo da poter rimuovere l'aria viziata o inquinata ed immettere aria nuova.

Nella dizione comune tali impianti vengono anche definiti di ventilazione meccanica controllata (VMC).

La ventilazione meccanica può essere un sistema completamente indipendente oppure integrata nell'impianto di condizionamento.

A tal riguardo occorre però fare alcune puntualizzazioni proprio in merito alle definizioni degli impianti.

# ***DEFINIZIONI RIGUARDANTI GLI IMPIANTI***

Gli impianti sono realizzati con lo scopo di mantenere all'interno degli ambienti confinati condizioni termoigrometriche adeguate alla loro destinazione d'uso.

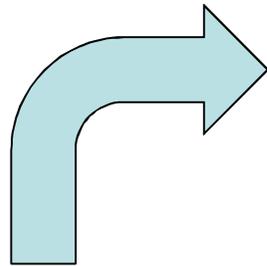
Possono essere essenzialmente classificati in:

- **1. Impianti di riscaldamento** (controllo della temperatura dell'aria in condizioni invernali);
- **2. Impianti di climatizzazione** (controllo della temperatura dell'aria in condizioni sia invernali che estive);
- **3. Impianti di condizionamento** (controllo di temperatura, umidità relativa, velocità e purezza dell'aria in condizioni sia invernali che estive);
- **4. Apparecchi autonomi** (controllo della temperatura dell'aria in un numero limitato di locali, in condizioni sia invernali che estive).

Gli impianti di condizionamento integrano sempre al loro interno anche la ventilazione meccanica e possono ancora essere suddivisi in due grandi famiglie.

# ***DEFINIZIONI RIGUARDANTI GLI IMPIANTI***

## **IMPIANTI DI CONDIZIONAMENTO**



### **IMPIANTI A TUTT'ARIA**

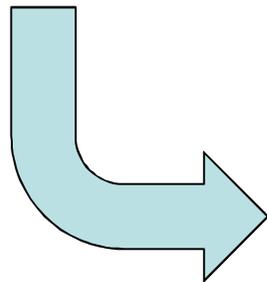
Il controllo di tutte le grandezze microclimatiche (temperatura, umidità relativa, purezza e velocità dell'aria) è effettuato esclusivamente mediante l'impiego di aria.

Sono utilizzati in edifici dove il volume da condizionare è costituito da **grandi ambienti** con condizioni termoigrometriche di progetto uniformi (teatri, cinema, auditorium, ecc.).

### **IMPIANTI AD ARIA PRIMARIA**

L'aria ha il solo scopo di assicurare il giusto grado di purezza dell'aria ambiente, l'adeguato tasso di umidità e di controllare la velocità.

La temperatura è invece controllata mediante la presenza di terminali disposti in ambiente (es. ventilconvettori).



# LA NORMA TECNICA UNI 10339

La Norma UNI 10339 attualmente in vigore risale all'anno 1995 ed è attualmente oggetto di aggiornamento e revisione.

Come recita il titolo tratta gli **“Impianti aeraulici ai fini di benessere. Generalità, classificazione e requisiti. Regole per la richiesta d'offerta, l'offerta, l'ordine e la fornitura”**.

Oltre ad essere una norma di settore con indicazioni di buona tecnica, con il passare del tempo ha assunto sempre maggior importanza e anche cogenza.

Ormai da parecchi anni infatti la UNI 10339 è richiamata nella gran parte dei regolamenti edilizi comunali e regolamenti d'igiene ogni qualvolta non venga rispettata l'aerazione naturale tramite il rapporto aerante minimo.

Inoltre, nell'ambito del risparmio energetico, da quando il DPR 59/09 ha stabilito l'obbligo di applicare le UNI TS 11300, indirettamente ha reso obbligatoria anche l'applicazione della UNI 10339 nella parte che riguarda i ricambi d'aria.

# LA NORMA TECNICA UNI 10339

La UNI prescrive che gli impianti, al fine di garantire livelli di benessere accettabili per le persone, contemperando le esigenze di contenimento dei consumi energetici, assicurino:

- **un'immissione di aria esterna almeno pari a determinati valori minimi in funzione della destinazione d'uso dei locali;**
- **una filtrazione minima dell'aria;**
- **una movimentazione dell'aria con velocità entro determinati limiti.**

Il tutto per mantenere nel volume convenzionalmente occupato dalle persone, adeguate caratteristiche termiche, igrometriche e di qualità dell'aria.

Vediamo brevemente questi aspetti.

Le portate d'aria esterna e di estrazione da adottare per le diverse destinazioni d'uso degli edifici sono definite in determinate condizioni termiche e di pressione atmosferica e per impianti a regime.

Ai fini del contenimento energetico, è concessa anche la riduzione di tali portate d'aria esterna durante la fase di avvio dell'impianto.

# LA NORMA TECNICA UNI 10339

Categorie di edifici	Portata di aria esterna o di estrazione		Note
	Q <sub>op</sub>	Q <sub>es</sub>	
	(10 <sup>-3</sup> m <sup>3</sup> /s per persona)	(10 <sup>-3</sup> m <sup>3</sup> /s per persona)	
<b>EDIFICI ADIBITI A RESIDENZA E ASSIMILABILI</b>			
RESIDENZE A CARATTERE CONTINUATIVO			
Abitazioni civili:			
soggiorni, camere da letto	11	-	-
cucina, bagni, servizi		estrazioni	Nei servizi 4 vol/h
-omissis-			
<b>EDIFICI PER UFFICI E ASSIMILABILI</b>			
uffici singoli	11	-	-
uffici open space	11	-	-
locali riunione	10	-	-
centri elaborazione dati	7	-	-
servizi		estrazioni	Nei servizi 8 vol/h
-omissis-			
<b>ATTIVITA' COMMERCIALI O ASSIMILABILI</b>			
grandi magazzini: piano interrato	9	-	verificare regolamenti
grandi magazzini: piani superiori	6,5	-	-
negozi o reparti di grandi magazzini:			
barbieri, saloni di bellezza	14	-	-
abbigliamento, calzature, mobili, ottici, fioristi, fotografi	11,5	-	-
alimentari, lavasecco, farmacie	9	-	-
zone pubblico banche, quartieri fieristici	10	-	-
-omissis-			

Estratto da  
prospetto III  
della norma UNI 10339  
(Portate di aria esterna).

*Per la visione completa  
delle categorie consultare  
la norma.*

**NOTA BENE**  
 $10^{-3} \text{ m}^3/\text{s} = 3,6 \text{ m}^3/\text{h}$

# LA NORMA TECNICA UNI 10339

Classificazione degli edifici per categorie	ns (persone / m <sup>2</sup> )
<b>EDIFICI ADIBITI A RESIDENZA E ASSIMILABILI</b>	
<b>RESIDENZE A CARATTERE CONTINUATIVO</b>	
Abitazioni civili: soggiorni, camere da letto	0,04
-omissis-	
<b>EDIFICI PER UFFICI E ASSIMILABILI</b>	
uffici singoli	0,06
uffici open space	0,12
locali riunione	0,6
centri elaborazione dati	0,08
-omissis-	
<b>ATTIVITA' COMMERCIALI O ASSIMILABILI</b>	
grandi magazzini	0,25
negozi o reparti di grandi magazzini:	
alimentari, abbigliamento, calzature, mobili, ottici, fioristi, fotografi	0,1
barbieri, saloni di bellezza, lavasecco, farmacie ,zone pubblico banche	0,2
quartieri fieristici	0,2
-omissis-	

Estratto da  
prospetto VIII  
della norma UNI 10339  
(Indici di affollamento "ns"  
per ogni metro quadrato di  
superficie).

*Per la visione completa  
delle categorie consultare  
la norma.*

# LA NORMA TECNICA UNI 10339

Ai fini della qualità dell'aria interna, è importante, se non fondamentale, anche la posizione della presa d'aria esterna.

La norma definisce dove **non** deve essere collocata, e in particolare:

- in prossimità di una strada di grande traffico;
- in prossimità di una ribalta di carico/scarico automezzi;
- in prossimità di scarichi di fumi o prodotti della combustione;
- in punti vicini ad espulsioni industriali, di servizi igienici o comunque di aria viziata o contaminata;
- in vicinanza di torri di raffreddamento o torri evaporative;
- oppure ad un'altezza minore di 4 m dal piano stradale più elevato di accesso all'edificio.

In ogni caso, sia l'aria esterna, che quella di ricircolo, devono essere filtrate tramite l'impiego di filtri di classe appropriata, funzione dell'efficienza degli stessi.

Ogni filtro facente parte una determinata categoria (M: media efficienza, A: alta efficienza, AS: altissima efficienza), deve essere preceduto da un filtro avente efficienza compresa nella categoria precedente.

# LA NORMA TECNICA UNI 10339

Classe	Efficienza del filtro	Campo di efficienza (%)				Metodo di prova
1	M			E <	65	ponderale
2	M	65	<	E <	80	ponderale
3	M	80	<	E <	90	ponderale
4	M	90	<	E		ponderale
5	A	40	<	E <	60	atmosferico
6	A	60	<	E <	80	atmosferico
7	A	80	<	E <	90	atmosferico
8	A	90	<	E <	95	atmosferico
9	A	95	<	E		atmosferico
10	AS	95	<	E <	99,9	fiamma sodio
11	AS	99,9	<	E <	99,97	fiamma sodio
12	AS	99,97	<	E <	99,99	fiamma sodio
13	AS	99,99	<	E <	99,999	fiamma sodio
14	AS	99,999	<	E		fiamma sodio

M = media efficienza | A = alta efficienza | AS = altissima efficienza e filtri assoluti

Estratto da  
prospetto V  
della norma UNI 10339  
(Classificazione dei filtri).

# LA NORMA TECNICA UNI 10339

Categorie di edifici	Classe di filtri		Efficienza di filtrazione
	min	max	
<b>EDIFICI ADIBITI A RESIDENZA E ASSIMILABILI</b>			
Abitazioni civili	4	7	M*, M+A
Collegi, luoghi di ricovero, case di pena, caserme, conventi	4	7	M*, M+A
Alberghi, pensioni	5	7	M+A
<b>EDIFICI PER UFFICIE ASSIMILABILI</b>			
uffici in genere	5	7	M+A
locali riunione	5	7	M+A
centri elaborazione dati	6	9	M+A
-omissis-			
<b>ATTIVITA' COMMERCIALI O ASSIMILABILI</b>			
grandi magazzini	4	6	M*, M+A
negozi in genere	4	6	M*, M+A
alimentari, fotografi, farmacie	5	6	M+A
zone pubblico banche	4	6	M*, M+A
quartieri fieristici	2	3	M
omissis			

**Estratto da  
prospetto VI  
della norma UNI 10339**  
(Classi di filtri ed efficienza  
di filtrazione richieste per  
varie categorie di edifici).

Nota:

M\*= Da adottare per  
efficienze sino a 4

*Per la visione completa  
delle categorie consultare  
la norma.*

# LA NORMA TECNICA UNI 10339

La UNI individua anche i parametri e i tassi di concentrazione limite dei diversi inquinanti (Biossido di zolfo, Particolato, Monossido di Carbonio, Ozono, Biossido di Azoto, Piombo) per la valutazione della qualità dell'aria.

Prescrive che la distribuzione dell'aria debba garantire che il flusso d'aria immesso si misceli con l'aria ambiente in tutto il volume convenzionale occupato, con velocità dell'aria all'interno del locale entro determinati limiti.

Le condizioni termoigrometriche all'interno dei locali dipendono dal regime di funzionamento (riscaldamento / raffrescamento), dalla località di installazione e dall'utilizzo dell'ambiente interno (livello di attività metabolica prevista, resistenza del vestiario, tempo di permanenza).

Temperature e tassi di umidità devono essere mantenuti da un sistema di regolazione automatica. Nella norma sono indicate le condizioni "standard":

Funzionamento invernale:

- umidità relativa esterna: 60%;
- temperatura interna: 20°C;
- umidità rel. interna: tra 35% e 45%.

Funzionamento estivo:

- temperatura interna 26°C;
- umidità rel. interna: tra 50% e 60%

# LA NORMA TECNICA UNI 10339

Categorie di edifici	Velocità dell'aria (m/s)	
	riscaldamento	raffrescamento
<b>EDIFICI ADIBITI A RESIDENZA E ASSIMILABILI</b> Abitazioni civili, collegi, luoghi di ricovero, case di pena, caserme, conventi, alberghi, pensioni	Da 0,05 a 0,15	Da 0,05 a 0,20
<b>EDIFICI PER UFFICI E ASSIMILABILI</b> uffici in genere, locali riunione, centri elaborazione dati  -omissis-	Da 0,05 a 0,15	Da 0,05 a 0,20
<b>ATTIVITA' COMMERCIALI O ASSIMILABILI</b> grandi magazzini, negozi in genere, zona pubblico banche quartieri fieristici  -omissis-	Da 0,05 a 0,15 Da 0,10 a 0,20	Da 0,05 a 0,20 Da 0,10 a 0,20

**Estratto da  
prospetto X  
della norma UNI 10339**  
(Velocità dell'aria "v" nel  
volume convenzionale  
occupato).

*Per la visione completa  
delle categorie consultare  
la norma.*

**volume convenzionale occupato:** Porzione del locale delimitata dalle seguenti superfici:

- il pavimento;
- una superficie orizzontale posta ad una altezza di 1,80 m al di sopra del pavimento;
- superfici verticali poste a distanza di 0,60 m da ciascuna delle pareti del locale o dalle apparecchiature per la climatizzazione ambientale.

# ELEMENTI BASE DELL'IMPIANTO DI VENTILAZIONE MECCANICA

## TIPOLOGIE IMPIANTI

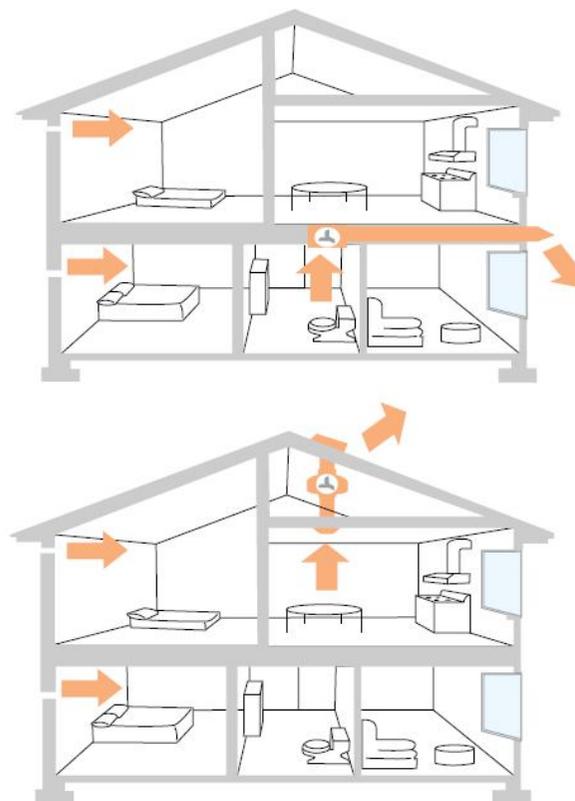
### ■ SEMPLICE FLUSSO

Gli impianti di questa tipologia realizzano l'aspirazione di aria dall'ambiente e la convogliano tramite canalizzazioni di varie lunghezze all'esterno.

Il ventilatore è solitamente collocato in posizione remota rispetto all'ambiente. La ripresa è effettuata tramite apposite feritoie posizionate sui muri perimetrali o sugli infissi.

In ambito residenziale l'aspirazione avviene di norma negli ambienti "umidi" (cucina, bagni, lavanderie...) mentre l'immissione avviene in soggiorno e nelle camere da letto.

In edifici amministrativi l'immissione avviene negli uffici e l'aspirazione dai corridoi tramite griglie collocate a soffitto e collegate alla canalizzazione di espulsione; il canale può essere portato in copertura dove normalmente si trovano anche i ventilatori.



# ELEMENTI BASE DELL'IMPIANTO DI VENTILAZIONE MECCANICA

## TIPOLOGIE IMPIANTI

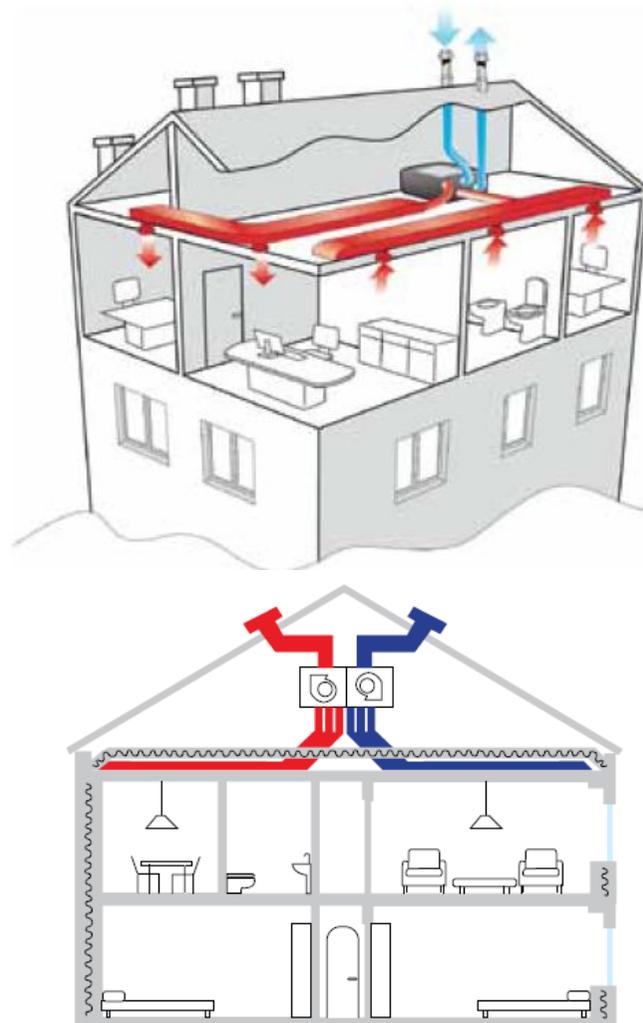
### ■ DOPPIO FLUSSO

Un impianto a doppio flusso provvede meccanicamente sia alla mandata che alla ripresa dell'aria in ambiente. L'estrazione avviene come descritto per un impianto a semplice flusso.

Anche l'immissione è realizzata tramite canalizzazioni e bocchette, con un circuito separato dal precedente. L'aria di rinnovo viene spinta da un ventilatore lungo la canalizzazione e viene distribuita in ambiente da diffusori. I flussi d'aria immessa ed estratta sono coordinati da un sistema di regolazione.

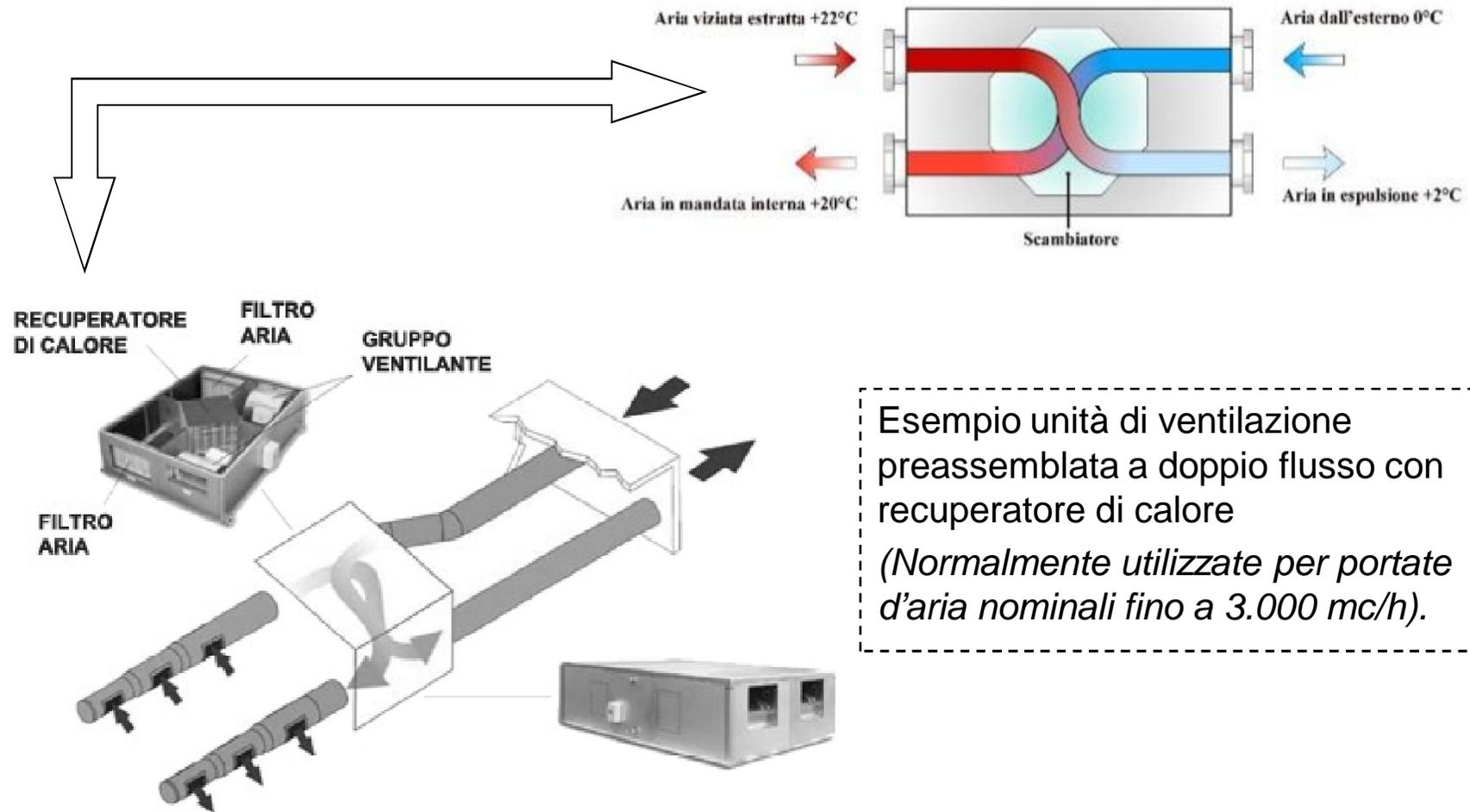
In sistemi più complessi è possibile trattare l'aria di rinnovo prima di immetterla nell'ambiente ossia filtrarla, raffreddarla o riscaldarla, umidificarla o deumidificarla.

Con sistemi a doppio flusso infine è possibile anche il recupero energetico dall'aria di espulsione attraverso i recuperatori di calore.



# ELEMENTI BASE DELL'IMPIANTO DI VENTILAZIONE MECCANICA

## UNITA' DI VENTILAZIONE (doppio flusso)



Esempio unità di ventilazione preassemblata a doppio flusso con recuperatore di calore  
(Normalmente utilizzate per portate d'aria nominali fino a 3.000 mc/h).

# ELEMENTI BASE DELL'IMPIANTO DI VENTILAZIONE MECCANICA

## UNITA' DI VENTILAZIONE (doppio flusso)



Nella sua configurazione tipo il recuperatore energetico non è un generatore di calore né un refrigeratore d'aria, pertanto deve essere utilizzato ad integrazione di un impianto di riscaldamento e/o climatizzazione.

La macchina è costituita principalmente dai seguenti componenti:

**Involucro** - oltre ad avere la funzione di alloggiare i vari componenti della macchina provvede ad isolare acusticamente la stessa: può essere realizzato in lamiera zincata, lamiera plastofilmata, in semplice o doppia pannellatura o materiali plastici. All'interno può essere applicato un isolante acustico al fine di diminuire la rumorosità irraggiata.

**Ventilatori** - impongono il movimento all'aria: sono presenti un ventilatore di immissione (flusso dall'esterno del locale verso l'interno) ed un ventilatore di espulsione (flusso dall'interno del locale verso l'esterno).

**Scambiatore di calore** - è il cuore del recuperatore. È qui che avviene lo scambio termico tra i flussi di immissione e di espulsione. Esistono varie tipologie di pacco di scambio.

**Filtri** - all'interno della macchina sono solitamente inseriti dei filtri che hanno lo scopo di proteggere i motori dei ventilatori da eventuale pulviscolo, ma soprattutto di filtrare l'aria sia immessa che espulsa.

# ELEMENTI BASE DELL'IMPIANTO DI VENTILAZIONE MECCANICA

## UNITA' DI VENTILAZIONE (doppio flusso)

### ■ IL RENDIMENTO ENERGETICO

Si possono dare molte definizioni di rendimento energetico, o efficienza di scambio termico ( $\eta$ ) per una unità di recupero calore.

Generalmente è intesa come il rapporto tra la differenza reale ( $\Delta T_{(reale)}$ ) e la differenza teorica ( $\Delta T_{(teorico)}$ ) delle temperature delle arie in ingresso ed uscita (supposte le due portate in massa eguali):

$$\eta = \frac{\Delta T_{(reale)}}{\Delta T_{(teorico)}} \\ = \frac{(T \text{ aria immessa} - T \text{ aria esterna})}{(T \text{ aria interna} - T \text{ aria esterna})}$$

Per capire l'importanza dell'efficienza dello scambiatore di calore, di seguito riportiamo alcuni esempi pratici:

**Aria esterna** alla casa: - 5 °C  
**Aria interna** alla casa: +20°C  
**Aria immessa** tramite lo scambiatore: da determinare

$$\Delta T_{(teorico)} = 20 - (-5) = 25 \text{ °C}$$

$$\Delta T_{(reale)} = \eta * (\Delta T_{(teorico)}) = \eta * 25, \text{ cioè}$$

$$T \text{ aria immessa} = \eta * 25 + T \text{ aria esterna}$$

Per contro, con uno scambiatore di efficienza  $\eta = 80\%$ , sarà:

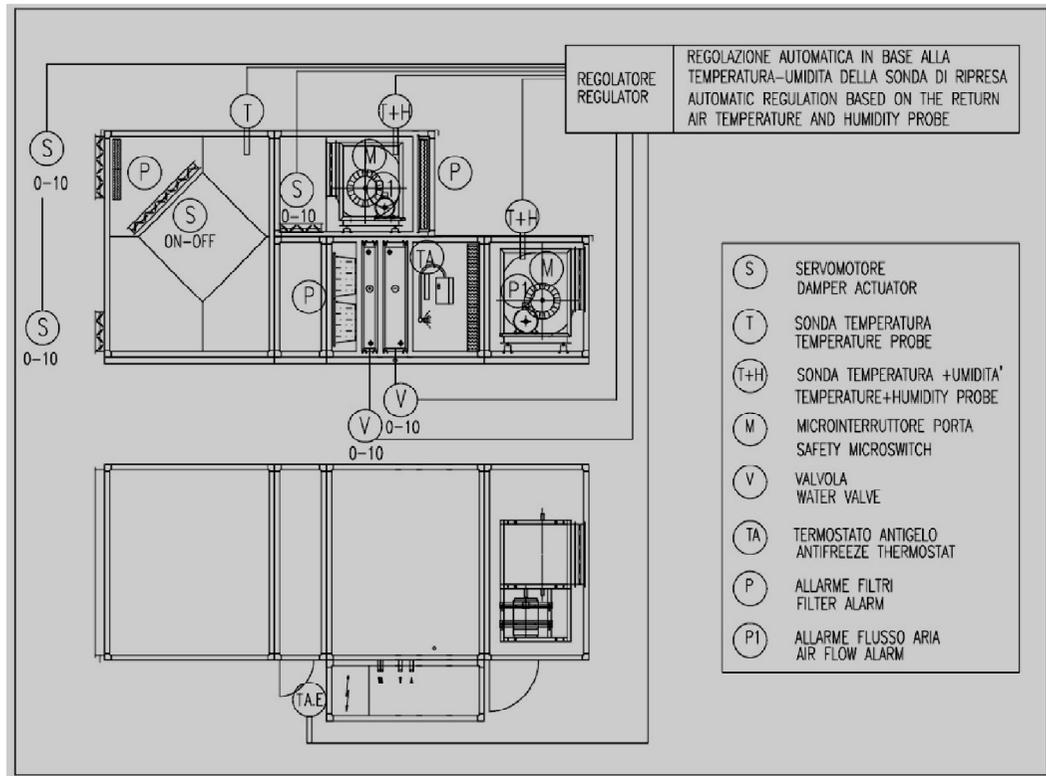
$$T \text{ aria immessa in casa} = 0.8 * 25 + (-5) = 15 \text{ °C.}$$

E ancora, se lo scambiatore ha una efficienza  $\eta = 90\%$ , si avrà:

$$T \text{ aria immessa in casa} = 0.9 * 25 + (-5) = 17.5 \text{ °C.}$$

# ELEMENTI BASE DELL'IMPIANTO DI VENTILAZIONE MECCANICA

## UNITA' DI VENTILAZIONE (doppio flusso)



Esempio di unità trattamento aria  
primaria con recuperatore di calore e  
batterie di riscald./raffrescamento  
*(Normalmente utilizzate per impianti  
medio-grandi).*

# ELEMENTI BASE DELL'IMPIANTO DI VENTILAZIONE MECCANICA

## RETE DISTRIBUZIONE ARIA E TERMINALI DI IMMISSIONE-RIPRESA



Esempio reti  
canalizzazioni aria  
(Impianti medio-grandi)



(Immissione)



(Ripresa)

Esempio bocchette

# ELEMENTI BASE DELL'IMPIANTO DI VENTILAZIONE MECCANICA

## CONCETTI FONDAMENTALI DI AERAUCAICA:

*Velocità raccomandate massime [m/s] dell'aria nelle canalizzazioni*

Applicazioni	Canali principali	Canali secondari/Finali
<b>Teatri</b>		
Auditorium	3.5/4.0	2.5/3.5
Ospedali		
<b>Appartamenti</b>		
Alberghi	4.0	3.0/3.5
Biblioteche		
<b>Uffici privati</b>		
Uffici direzionali	5.0/6.0	3.5/4.0
<b>Uffici aperti</b>		
Ristoranti	5.0/6.5	3.5/4.0
Banche		
<b>Bar</b>		
Magazzini	6.0/7.0	4.0/4.5
<b>Industrie</b>	6.5/9.0	4.5/6.0

$$\text{Portata} = \text{Sezione} \times \text{Velocità}$$

### Esempio Calcolo Can. Rett.

Portata	1.000 mc/h	
Base	250 mm	
Altezza	250 mm	
Sezione	0,0625 mq	
<b>Velocità</b>	<b>4,4 m/s</b>	<b>OK</b>

Portata	1.000 mc/h	
Base	200 mm	
Altezza	200 mm	
Sezione	0,0400 mq	
<b>Velocità</b>	<b>6,9 m/s</b>	<b>NO</b>

### Esempio Calcolo Can. Circ.

Portata	1.000 mc/h	
Diam.	250 mm	
Sezione	0,0491 mq	
<b>Velocità</b>	<b>5,7 m/s</b>	<b>OK</b>

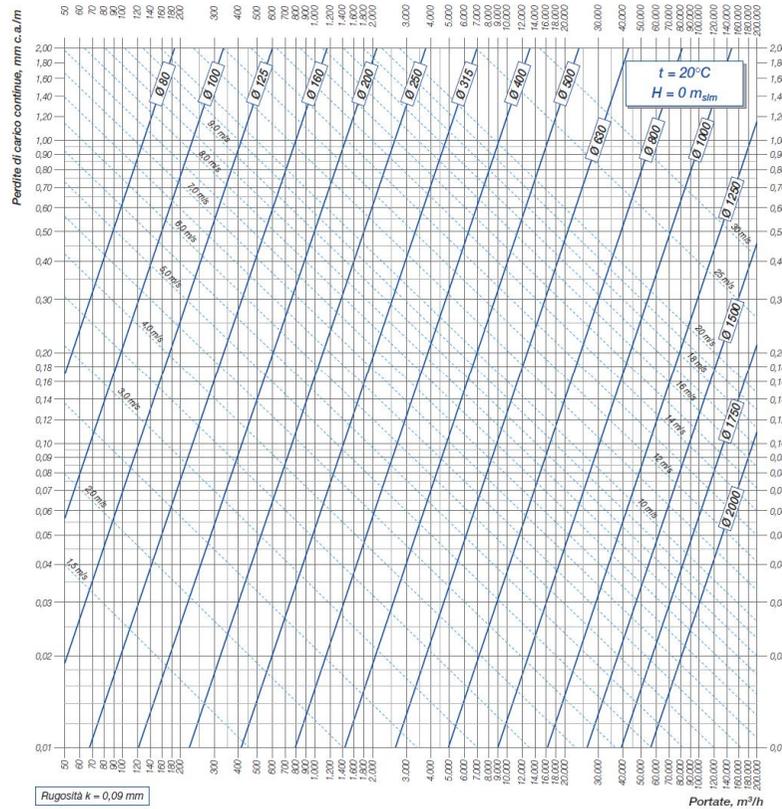
Portata	1.000 mc/h	
Diam.	200 mm	
Sezione	0,0314 mq	
<b>Velocità</b>	<b>8,8 m/s</b>	<b>NO</b>

# ELEMENTI BASE DELL'IMPIANTO DI VENTILAZIONE MECCANICA

## CONCETTI FONDAMENTALI DI AEREAULICA:

Esempio diagrammi e tabelle per la determinazione delle perdite di carico continue

Perdite di carico continue dell'aria – CONDOTTI CIRCOLARI "LISCI" –  $t = 20^{\circ}\text{C}$ ,  $H = 0 \text{ m}_{slm}$



Canali rettangolari: diametri equivalenti per la determinazione delle perdite di carico continue

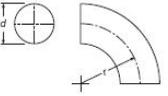
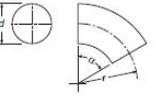
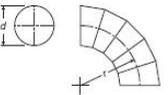
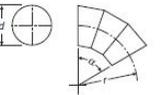
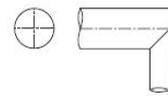
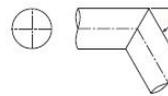
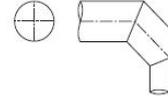
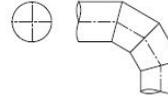
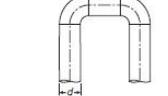
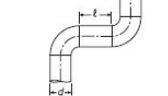
a, b = dimensioni rettangolo/quadrato, mm		$\phi_e$ = diametro equivalente, mm																f = fattore correttivo velocità	
b	a	100	150	200	300	350	400	450	500	550	600	650	700	750	800	a	b		
100	$\phi_e$	109	133	162	169	183	196	207	217	227	236	245	253	261	268	275	$\phi_e$	100	
	f	0,94	0,91	0,89	0,88	0,87	0,86	0,84	0,82	0,81	0,80	0,79	0,77	0,76	0,75	0,74	$\phi_e$	150	
150	$\phi_e$	133	164	189	210	229	245	260	274	287	299	310	321	331	341	350	$\phi_e$	150	
	f	0,91	0,93	0,94	0,94	0,93	0,92	0,91	0,90	0,89	0,88	0,87	0,86	0,85	0,84	0,83	$\phi_e$	200	
200	$\phi_e$	152	189	219	244	266	296	306	321	337	352	365	378	391	402	414	$\phi_e$	200	
	f	0,91	0,93	0,94	0,94	0,93	0,92	0,91	0,90	0,89	0,88	0,87	0,86	0,85	0,84	0,83	$\phi_e$	250	
250	$\phi_e$	169	210	244	273	299	322	343	363	381	398	414	429	443	457	470	$\phi_e$	250	
	f	0,89	0,92	0,94	0,94	0,94	0,93	0,92	0,91	0,90	0,89	0,88	0,87	0,86	0,85	0,84	$\phi_e$	300	
300	$\phi_e$	183	229	266	299	328	354	378	400	420	439	457	474	490	506	520	$\phi_e$	300	
	f	0,87	0,91	0,93	0,94	0,94	0,94	0,93	0,92	0,91	0,90	0,89	0,88	0,87	0,86	0,85	$\phi_e$	350	
350	$\phi_e$	196	246	286	322	354	383	409	433	456	477	496	516	533	550	567	$\phi_e$	350	
	f	0,86	0,90	0,92	0,93	0,94	0,94	0,94	0,93	0,92	0,91	0,90	0,89	0,88	0,87	0,86	$\phi_e$	400	
400	$\phi_e$	207	260	306	343	378	409	437	464	488	511	533	553	573	592	609	$\phi_e$	400	
	f	0,84	0,89	0,91	0,93	0,93	0,94	0,94	0,94	0,94	0,93	0,92	0,91	0,90	0,89	0,88	$\phi_e$	450	
450	$\phi_e$	217	274	321	363	400	433	464	492	518	543	567	589	610	630	649	$\phi_e$	450	
	f	0,82	0,87	0,90	0,92	0,93	0,93	0,94	0,94	0,94	0,94	0,93	0,92	0,91	0,90	0,89	$\phi_e$	500	
500	$\phi_e$	227	287	337	381	420	456	488	518	547	573	598	622	644	666	687	$\phi_e$	500	
	f	0,81	0,86	0,89	0,91	0,92	0,93	0,94	0,94	0,94	0,94	0,94	0,93	0,92	0,91	0,90	$\phi_e$	550	
550	$\phi_e$	236	299	352	398	439	477	511	543	573	601	628	653	677	700	722	$\phi_e$	550	
	f	0,80	0,85	0,88	0,90	0,92	0,93	0,93	0,94	0,94	0,94	0,94	0,94	0,93	0,92	0,91	$\phi_e$	600	
600	$\phi_e$	245	310	366	414	457	496	533	567	598	628	656	683	708	732	755	$\phi_e$	600	
	f	0,79	0,84	0,87	0,90	0,91	0,92	0,93	0,93	0,94	0,94	0,94	0,94	0,94	0,94	0,93	$\phi_e$	650	
650	$\phi_e$	253	321	378	429	474	516	553	589	622	653	683	711	737	763	787	$\phi_e$	650	
	f	0,77	0,83	0,86	0,89	0,90	0,92	0,92	0,93	0,93	0,94	0,94	0,94	0,94	0,94	0,94	$\phi_e$	700	
700	$\phi_e$	261	331	391	443	490	533	573	610	644	677	708	737	765	792	818	$\phi_e$	700	
	f	0,76	0,82	0,86	0,89	0,90	0,91	0,92	0,93	0,93	0,94	0,94	0,94	0,94	0,94	0,94	$\phi_e$	750	
750	$\phi_e$	268	341	402	457	506	550	592	630	666	700	732	763	792	820	847	$\phi_e$	750	
	f	0,75	0,81	0,85	0,87	0,89	0,91	0,92	0,92	0,93	0,93	0,94	0,94	0,94	0,94	0,94	$\phi_e$	800	
800	$\phi_e$	276	350	414	470	520	567	609	649	687	722	755	787	818	847	875	$\phi_e$	800	
	f	0,74	0,80	0,84	0,87	0,89	0,90	0,91	0,92	0,93	0,93	0,93	0,94	0,94	0,94	0,94	$\phi_e$	850	
850	$\phi_e$	282	359	424	482	534	582	626	668	706	743	778	811	842	872	901	$\phi_e$	850	
	f	0,74	0,79	0,83	0,86	0,88	0,89	0,91	0,92	0,92	0,93	0,93	0,93	0,94	0,94	0,94	$\phi_e$	900	
900	$\phi_e$	289	367	436	494	548	597	643	686	726	763	799	833	866	897	927	$\phi_e$	900	
	f	0,73	0,79	0,82	0,85	0,87	0,89	0,90	0,91	0,92	0,92	0,93	0,93	0,93	0,94	0,94	$\phi_e$	950	
950	$\phi_e$	295	376	445	506	561	612	659	703	744	783	820	856	889	921	952	$\phi_e$	950	
	f	0,72	0,78	0,82	0,85	0,87	0,89	0,90	0,91	0,92	0,92	0,93	0,93	0,93	0,94	0,94	$\phi_e$	1000	
1000	$\phi_e$	301	384	454	517	574	626	674	719	762	802	840	876	911	944	976	$\phi_e$	1000	
	f	0,71	0,77	0,81	0,84	0,86	0,88	0,89	0,90	0,91	0,92	0,92	0,93	0,93	0,93	0,94	$\phi_e$	1000	

# ELEMENTI BASE DELL'IMPIANTO DI VENTILAZIONE MECCANICA

## CONCETTI FONDAMENTALI DI AERAUCA:

Esempio tabelle per la determinazione delle perdite di carico localizzate

Canali circolari - valori indicativi dei coefficienti  $\xi$  - curve

<p>Curva a 90°</p>  <table border="1"> <thead> <tr> <th>r/d</th> <th><math>\xi</math></th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>0,50</td><td>0,9</td></tr> <tr><td>0,75</td><td>0,5</td></tr> <tr><td>1,00</td><td>0,4</td></tr> <tr><td>1,50</td><td>0,3</td></tr> <tr><td>2,00</td><td>0,2</td></tr> </tbody> </table>	r/d	$\xi$	0,50	0,9	0,75	0,5	1,00	0,4	1,50	0,3	2,00	0,2	<p>Curve a 30°, 45° e 60°</p>  <table border="1"> <thead> <tr> <th rowspan="2">r/d</th> <th colspan="3"><math>\xi</math></th> </tr> <tr> <th><math>\alpha=30^\circ</math></th> <th><math>\alpha=45^\circ</math></th> <th><math>\alpha=60^\circ</math></th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>0,50</td><td>0,3</td><td>0,5</td><td>0,7</td></tr> <tr><td>0,75</td><td>0,2</td><td>0,3</td><td>0,3</td></tr> <tr><td>1,00</td><td>0,1</td><td>0,2</td><td>0,3</td></tr> <tr><td>1,50</td><td>0,1</td><td>0,2</td><td>0,2</td></tr> <tr><td>2,00</td><td>0,1</td><td>0,1</td><td>0,1</td></tr> </tbody> </table>	r/d	$\xi$			$\alpha=30^\circ$	$\alpha=45^\circ$	$\alpha=60^\circ$	0,50	0,3	0,5	0,7	0,75	0,2	0,3	0,3	1,00	0,1	0,2	0,3	1,50	0,1	0,2	0,2	2,00	0,1	0,1	0,1
r/d	$\xi$																																							
0,50	0,9																																							
0,75	0,5																																							
1,00	0,4																																							
1,50	0,3																																							
2,00	0,2																																							
r/d	$\xi$																																							
	$\alpha=30^\circ$	$\alpha=45^\circ$	$\alpha=60^\circ$																																					
0,50	0,3	0,5	0,7																																					
0,75	0,2	0,3	0,3																																					
1,00	0,1	0,2	0,3																																					
1,50	0,1	0,2	0,2																																					
2,00	0,1	0,1	0,1																																					
<p>Curva ad settori a 90°</p>  <table border="1"> <thead> <tr> <th>r/d</th> <th><math>\xi</math></th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>0,50</td><td>1,1</td></tr> <tr><td>0,75</td><td>0,6</td></tr> <tr><td>1,00</td><td>0,4</td></tr> <tr><td>1,50</td><td>0,3</td></tr> <tr><td>2,00</td><td>0,2</td></tr> </tbody> </table>	r/d	$\xi$	0,50	1,1	0,75	0,6	1,00	0,4	1,50	0,3	2,00	0,2	<p>Curve ad settori a 30°, 45° e 60°</p>  <table border="1"> <thead> <tr> <th rowspan="2">r/d</th> <th colspan="3"><math>\xi</math></th> </tr> <tr> <th><math>\alpha=30^\circ</math></th> <th><math>\alpha=45^\circ</math></th> <th><math>\alpha=60^\circ</math></th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>0,50</td><td>0,4</td><td>0,6</td><td>0,7</td></tr> <tr><td>0,75</td><td>0,2</td><td>0,3</td><td>0,4</td></tr> <tr><td>1,00</td><td>0,1</td><td>0,2</td><td>0,3</td></tr> <tr><td>1,50</td><td>0,1</td><td>0,2</td><td>0,2</td></tr> <tr><td>2,00</td><td>0,1</td><td>0,1</td><td>0,1</td></tr> </tbody> </table>	r/d	$\xi$			$\alpha=30^\circ$	$\alpha=45^\circ$	$\alpha=60^\circ$	0,50	0,4	0,6	0,7	0,75	0,2	0,3	0,4	1,00	0,1	0,2	0,3	1,50	0,1	0,2	0,2	2,00	0,1	0,1	0,1
r/d	$\xi$																																							
0,50	1,1																																							
0,75	0,6																																							
1,00	0,4																																							
1,50	0,3																																							
2,00	0,2																																							
r/d	$\xi$																																							
	$\alpha=30^\circ$	$\alpha=45^\circ$	$\alpha=60^\circ$																																					
0,50	0,4	0,6	0,7																																					
0,75	0,2	0,3	0,4																																					
1,00	0,1	0,2	0,3																																					
1,50	0,1	0,2	0,2																																					
2,00	0,1	0,1	0,1																																					
<p>Curva con spigolo vivo a 90°</p>  <p><math>\xi = 1,4</math></p>	<p>Curve con spigolo vivo a 30°, 45° e 60°</p>  <table border="1"> <thead> <tr> <th rowspan="2"><math>\xi</math></th> <th colspan="3"></th> </tr> <tr> <th><math>\alpha=30^\circ</math></th> <th><math>\alpha=45^\circ</math></th> <th><math>\alpha=60^\circ</math></th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>0,4</td><td>0,7</td><td>1,0</td><td></td></tr> </tbody> </table>	$\xi$				$\alpha=30^\circ$	$\alpha=45^\circ$	$\alpha=60^\circ$	0,4	0,7	1,0																													
$\xi$																																								
	$\alpha=30^\circ$	$\alpha=45^\circ$	$\alpha=60^\circ$																																					
0,4	0,7	1,0																																						
<p>Curva ad un segmento a 90°</p>  <p><math>\xi = 1,3</math></p>	<p>Curva a due segmenti a 90°</p>  <p><math>\xi = 1,2</math></p>																																							
<p>Curva doppia</p>  <table border="1"> <thead> <tr> <th>l/d</th> <th><math>\xi</math></th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>&lt; 1</td><td>4,0</td></tr> <tr><td>1 + 2</td><td>3,0</td></tr> <tr><td>&gt; 2</td><td>2,0</td></tr> </tbody> </table>	l/d	$\xi$	< 1	4,0	1 + 2	3,0	> 2	2,0	<p>Curva e controcurva</p>  <table border="1"> <thead> <tr> <th>l/d</th> <th><math>\xi</math></th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>&lt; 1</td><td>3,5</td></tr> <tr><td>1 + 2</td><td>2,7</td></tr> <tr><td>&gt; 2</td><td>2,0</td></tr> </tbody> </table>	l/d	$\xi$	< 1	3,5	1 + 2	2,7	> 2	2,0																							
l/d	$\xi$																																							
< 1	4,0																																							
1 + 2	3,0																																							
> 2	2,0																																							
l/d	$\xi$																																							
< 1	3,5																																							
1 + 2	2,7																																							
> 2	2,0																																							

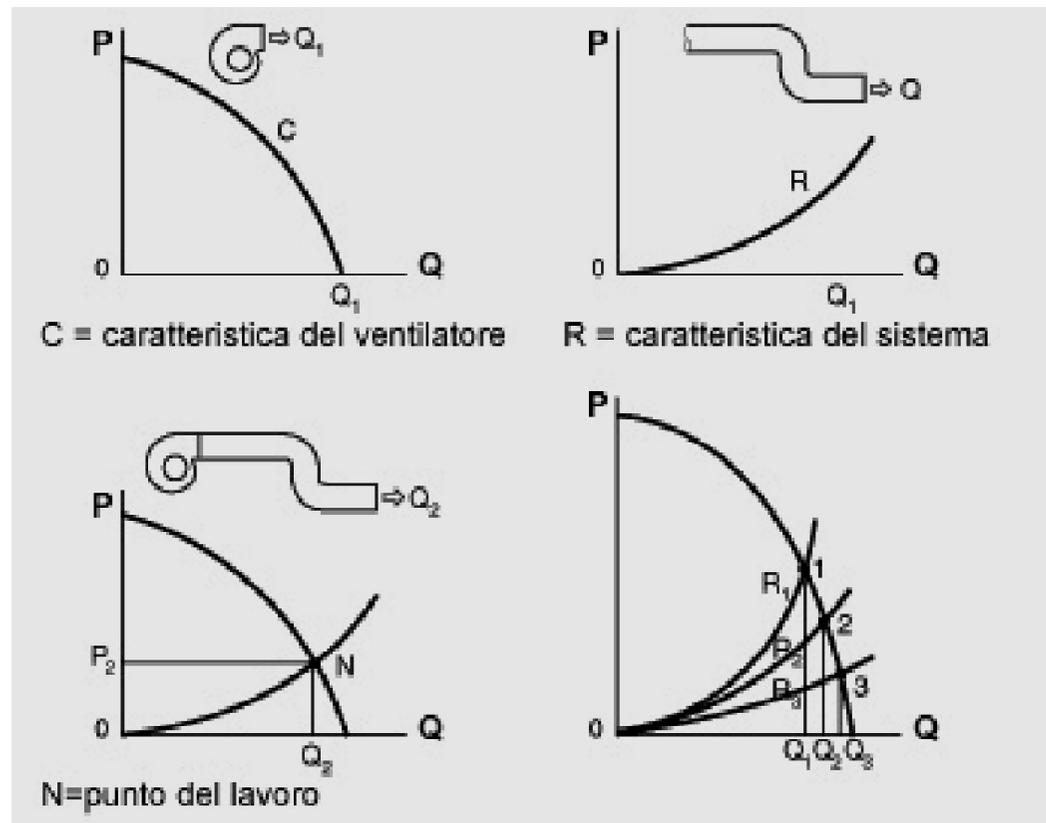
Perdite di carico localizzate per  $\Sigma \xi = 1 \rightarrow 10$  (temperatura aria = 20°C - H = 0 m<sub>slm</sub>)

v	$\Sigma \xi$	$\Sigma \xi =$ sommatoria coefficienti perdite localizzate, adimensionale										$\Sigma \xi$	v
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10		
1,0	z	0,06	0,12	0,18	0,25	0,31	0,37	0,43	0,49	0,55	0,61	z	1,0
1,5	z	0,14	0,28	0,41	0,55	0,69	0,83	0,97	1,10	1,24	1,38	z	1,5
2,0	z	0,25	0,49	0,74	0,98	1,23	1,47	1,72	1,96	2,21	2,45	z	2,0
2,5	z	0,38	0,77	1,15	1,53	1,92	2,30	2,68	3,07	3,45	3,83	z	2,5
3,0	z	0,55	1,10	1,66	2,21	2,76	3,31	3,86	4,41	4,97	5,52	z	3,0
3,2	z	0,63	1,26	1,88	2,51	3,14	3,77	4,40	5,02	5,65	6,28	z	3,2
3,4	z	0,71	1,42	2,13	2,84	3,54	4,25	4,96	5,67	6,38	7,09	z	3,4
3,6	z	0,79	1,59	2,38	3,18	3,97	4,77	5,56	6,36	7,15	7,95	z	3,6
3,8	z	0,89	1,77	2,66	3,54	4,43	5,31	6,20	7,08	7,97	8,85	z	3,8
4,0	z	0,98	1,96	2,94	3,92	4,91	5,89	6,87	7,85	8,83	9,81	z	4,0
4,2	z	1,08	2,16	3,24	4,33	5,41	6,49	7,57	8,65	9,73	10,8	z	4,2
4,4	z	1,19	2,37	3,56	4,75	5,94	7,12	8,31	9,50	10,7	11,9	z	4,4
4,6	z	1,30	2,59	3,89	5,19	6,49	7,78	9,08	10,4	11,7	13,0	z	4,6
4,8	z	1,41	2,83	4,24	5,65	7,06	8,48	9,89	11,3	12,7	14,1	z	4,8
5,0	z	1,53	3,07	4,60	6,13	7,66	9,20	10,7	12,3	13,8	15,3	z	5,0
5,2	z	1,66	3,32	4,97	6,63	8,29	9,95	11,6	13,3	14,9	16,6	z	5,2
5,4	z	1,79	3,59	5,36	7,15	8,94	10,7	12,5	14,3	16,1	17,9	z	5,4
5,6	z	1,92	3,85	5,77	7,69	9,61	11,5	13,5	15,4	17,3	19,2	z	5,6
5,8	z	2,06	4,13	6,19	8,25	10,3	12,4	14,4	16,5	18,6	20,6	z	5,8
6,0	z	2,21	4,41	6,62	8,83	11,0	13,2	15,5	17,7	19,9	22,1	z	6,0
6,2	z	2,36	4,71	7,07	9,43	11,8	14,1	16,5	18,9	21,2	23,6	z	6,2
6,4	z	2,51	5,02	7,53	10,0	12,6	15,1	17,6	20,1	22,6	25,1	z	6,4
6,6	z	2,67	5,34	8,01	10,7	13,4	16,0	18,7	21,4	24,0	26,7	z	6,6
6,8	z	2,84	5,67	8,51	11,3	14,2	17,0	19,8	22,7	25,5	28,4	z	6,8
7,0	z	3,00	6,01	9,01	12,0	15,0	18,0	21,0	24,0	27,0	30,0	z	7,0
7,2	z	3,18	6,36	9,54	12,7	15,9	19,1	22,3	25,4	28,6	31,8	z	7,2
7,4	z	3,36	6,72	10,1	13,4	16,8	20,1	23,5	26,9	30,2	33,6	z	7,4
7,6	z	3,54	7,08	10,6	14,2	17,7	21,2	24,8	28,3	31,9	35,4	z	7,6
7,8	z	3,73	7,46	11,2	14,9	18,7	22,4	26,1	29,8	33,6	37,3	z	7,8
8,0	z	3,92	7,85	11,8	15,7	19,6	23,5	27,5	31,4	35,3	39,2	z	8,0
8,5	z	4,43	8,86	13,3	17,7	22,2	26,6	31,0	35,4	39,9	44,3	z	8,5
9,0	z	4,97	9,93	14,9	19,9	24,8	29,8	34,8	39,7	44,7	49,7	z	9,0
9,5	z	5,53	11,1	16,6	22,1	27,7	33,2	38,7	44,3	49,8	55,3	z	9,5
10,0	z	6,13	12,3	18,4	24,5	30,7	36,8	42,9	49,1	55,2	61,3	z	10,0

# ELEMENTI BASE DELL'IMPIANTO DI VENTILAZIONE MECCANICA

## CONCETTI FONDAMENTALI DI AERAUCA:

*Curve caratteristiche e punto di lavoro*



# **ESEMPIO DI IMPIANTO IN AMBITO NON RESIDENZIALE**

## **(Descrizione e Calcoli)**

### **Caso di studio**

Ufficio open space destinato a call-center (nuova realizzazione).

Superficie netta in pianta complessiva: 183 m<sup>2</sup>.

Impianto di ventilazione meccanica a doppio flusso (con recuperatore di calore).

### **Calcolo e verifica della portata d'immissione aria**

Classificazione adottata in base a norma tecnica di riferimento UNI 10339:

Uffici open space (EDIFICI PER UFFICI E ASSIMILABILI).

Portata aria esterna da immettere secondo UNI 10339:

$11 \times 10^{-3} \text{ m}^3/\text{s}$  (per persona) = 39,6 m<sup>3</sup>/h (per persona).

Affollamento UNI 10339: 0,12 pers. /m<sup>2</sup> x 183 m<sup>2</sup> = 22 persone

Si assume un affollamento massimo di 25 persone > 22 persone di calcolo.

Portata aria calcolata (richiesta): 25 pers. x 39,6 m<sup>3</sup>/(h pers.) = 990 m<sup>3</sup>/h

Portata aria di progetto: 1.000 m<sup>3</sup>/h > 990 m<sup>3</sup>/h

→ VERIFICA POSITIVA



# **ESEMPIO DI IMPIANTO IN AMBITO NON RESIDENZIALE**

**(Foto realizzazione)**



# **ESEMPIO DI IMPIANTO IN AMBITO RESIDENZIALE**

## **(Descrizione)**

### **Caso di studio**

Villetta a schiera a due piani fuori terra (nuova realizzazione).

Superficie netta in pianta complessiva: 176 m<sup>2</sup>.

Impianto di ventilazione meccanica a semplice flusso (senza recuperatore di calore).

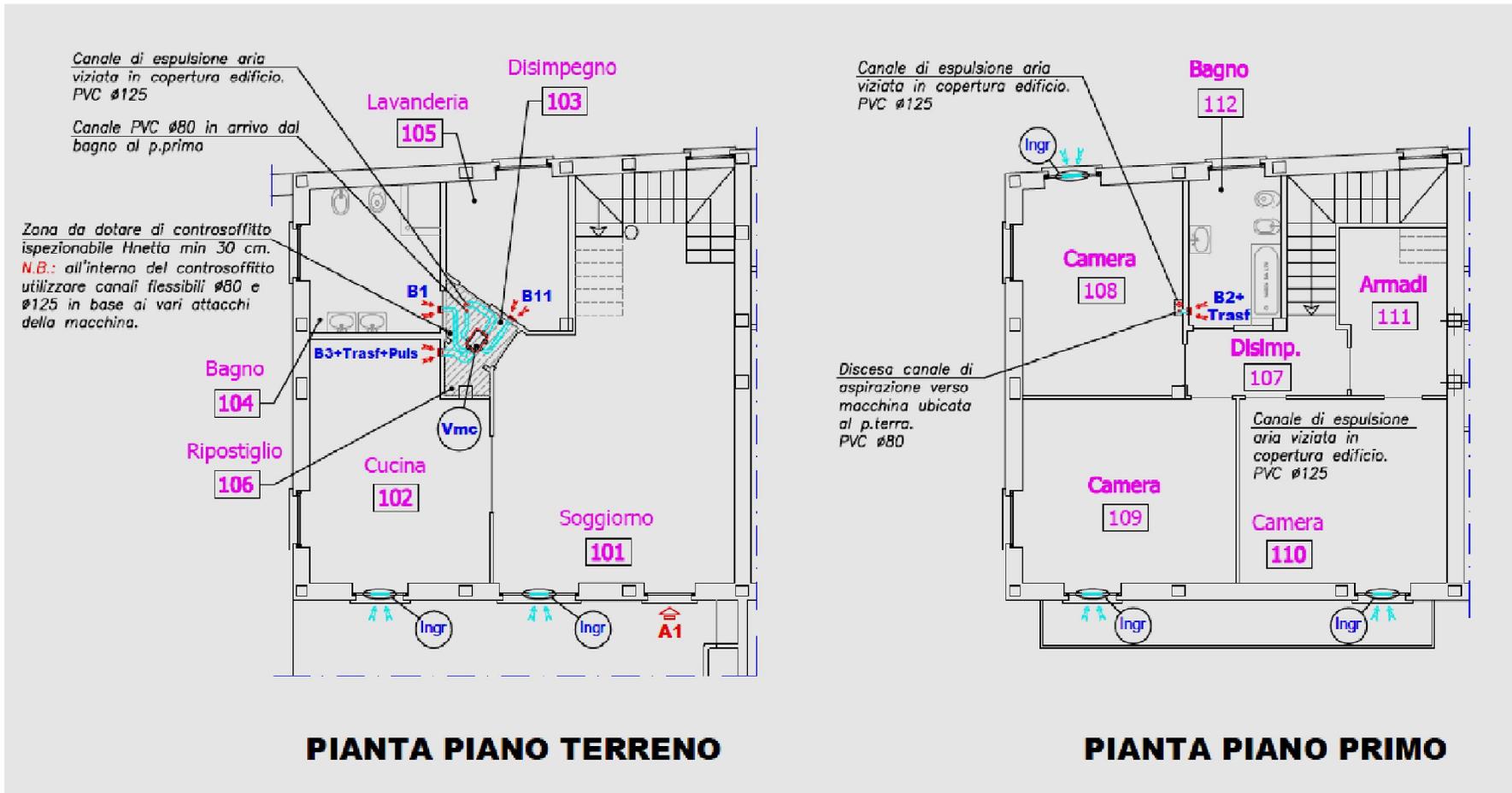
In ambito residenziale la ventilazione meccanica controllata (*sia quella a semplice flusso che la più completa e costosa doppio flusso*), ha finalità che prescindono della normativa in quanto la superficie aerante viene già soddisfatta e pertanto ci si potrebbe accontentare del ricambio d'aria naturale legato all'apertura dei serramenti.

In questo caso le prerogative della VMC sono le seguenti:

- **COMFORT.** Elevata qualità dell'aria, clima confortevole e sano in tutti i locali abitativi.
- **IGIENE.** Evita la formazione di muffe e condense, diluisce la concentrazione di virus e delle sostanze inquinanti.
- **RISPARMIO.** Meno perdite di calore, meno consumi energetici inutili e quindi minori costi di riscaldamento (*in particolare con sistemi a doppio flusso dotati di recuperatore di calore*).

# ESEMPIO DI IMPIANTO IN AMBITO RESIDENZIALE

## (Tavola grafica di progetto)



## **ESEMPIO DI IMPIANTO IN AMBITO RESIDENZIALE**

(Foto realizzazione)



# ***UN CENNO SUGLI ANEMOMETRI***

## **ANEMOMETRO A VENTOLINA**

Questa categoria utilizza per la determinazione della velocità dell'aria il moto rotatorio di una ventolina (avente dimensioni variabili in base alle applicazioni). L'anemometro a ventolina trova la sua miglior applicazione nelle misurazioni di flussi d'aria in entrata ed uscita di bocchette o condotti in genere.

Da tenere bene in considerazione, è il fatto che la ventolina è prettamente direzionale, quindi non si presta a rilevazioni in ambiente o dove vi sia la necessità di una rilevazione omnidirezionale.



# UN CENNO SUGLI ANEMOMETRI

## ANEMOMETRO A FILO CALDO

È composto da una termoresistenza (filo con spessore di pochi micron), ovvero una resistenza il cui valore è proporzionale alla temperatura, che alimentata per mezzo di una corrente elettrica di intensità nota, tale da portarla ad una temperatura superiore a quella del fluido da misurare.

Questa resistenza viene immersa nel fluido di cui si vuole misurare la velocità. Il fluido raffredderà la resistenza in maniera proporzionale alla sua velocità permettendo di risalire alla stessa.

Utilizzato normalmente per determinare la velocità dell'aria nelle canalizzazioni.



# CONCLUSIONI

L'argomento trattato in questa presentazione è molto vasto e denso di collegamenti interdisciplinari che naturalmente hanno portato a fare delle scelte di sintesi per ovvi motivi di tempo.

A mio parere è fondamentale innanzi tutto avere un quadro complessivo della normativa e dello stato dell'arte.

Sapendo poi che esistono delle specifiche problematiche da risolvere, di volta in volta sarà opportuno cercare i mezzi tecnici più idonei con il supporto di professionisti specializzati nel settore, in modo da raggiungere il miglior risultato prezzo/prestazioni.

*Sola Ing. Pierfranco*

**TERMOTECNICO**

**CERTIFICATORE ENERGETICO REGIONE PIEMONTE**

**TECNICO COMPETENTE IN ACUSTICA REGIONE PIEMONTE**

**PROFESSIONISTA ANTINCENDIO ISCRITTO NEGLI ELENCHI MINISTERO INTERNI**

*Via A. Savoia Duca d'Aosta n. 22 - 10022 – Carmagnola (TO)*

*Tel.- Fax: 011.971.58.93*

*Cell.: 347-43.08.192*

*E-mail: pierfranco.sola@gmail.com*

***Grazie per l'attenzione***

**Lombriasco - Venerdì 16 Gennaio 2015**