

# Generalità sui sistemi di diffusione dell'aria

## Le condizioni di benessere

Le condizioni di benessere in ambiente variano secondo il tipo di applicazione, l'attività svolta e l'abbigliamento indossato dalle persone.

La norma **UNI 10339** (attualmente in fase di revisione) raccomanda i seguenti valori di temperatura e umidità relativa per utenze di tipo civile e del terziario:

### Condizioni ambiente invernali

Temp. a bulbo secco (tbs):  $\leq 20$  °C

Umidità relativa: compresa tra 35 - 45%

### Condizioni ambiente estive

Temp. a bulbo secco (tbs):  $\geq 26$  °C

Umidità relativa: compresa tra 50 ÷ 60%

A questi valori la norma riconosce delle eccezioni per determinati tipi di utenze, quali: ospedali, scuole materne ed elementari, edifici storici e museali, centri di elaborazione dati, padiglioni fieristici, luoghi di culto ecc. Nella realtà, quindi, le condizioni ambiente applicate possono differire da quelle sopra enunciate; anche per le preferenze dei committenti.

Nella tab. 1 sono riportate le condizioni applicate per svariate utenze residenziali e del terziario. Tali dati sono proposti dall'**ASHRAE** (Associazione americana degli ingegneri del riscaldamento ventilazione condizionamento e refrigerazione) e pertanto risultano comprovati ed autorevoli. La tabella riporta per ciascuna utenza cinque serie di dati:

- temperatura estiva ed invernale
- umidità relativa estiva ed invernale
- velocità dell'aria,
- efficienza di filtrazione richiesta
- ora della giornata nella quale il carico termico raggiunge il valore massimo.

I valori di temperatura elencati dovrebbero essere rapportati alla temperatura esterna al fine di mantenere la differenza tra esterno ed interno non superiore a  $5 \div 7$  °C.

Lo scopo è duplice: primo, far sì che chi entra dall'esterno nell'ambiente climatizzato percepisca una condizione gradevole e non una improvvisa e fastidiosa sensazione di freddo (potenzialmente nociva); secondo, contenere il consumo energetico dell'impianto durante le punte di temperatura esterna.

La tab.1 non riporta le portate d'aria esterna di ventilazione necessarie. Esse vanno determinate facendo riferimento sempre alla norma UNI 10339.

Alcune portate d'aria esterna, secondo la norma UNI 10339, sono riportate nella tab. 2 per un gruppo di utenze tipiche di tipo civile.

Gli effetti delle velocità dell'aria nelle applicazioni di climatizzazione sono riassunti in modo schematico nella tab. 3.

Come si può vedere, il valore di comfort è compreso tra 0,13 e 0,25 m/s. Valori specifici per tipo di utenza sono comunque riportati sempre nella norma UNI 10339.

Tipo di applicazione	Inverno		Estate		Velocità aria	Rendimento filtri (ASHRAE std. 52-76) opacimetrico %	Ora di carico di punta
	°C	U.R. %	°C	U.R. %			
Alberghi - Camere	20 - 22	40 - 50	25 - 26	45 - 50	0,13 - 0,15	> 60	15.00 - 16.00
Appartamenti	20 - 22	40 - 50	24 - 26	45 - 50	0,13 - 0,15	> 35	14.00 - 15.00
Negozi in genere - Agenzie di banche ecc.	22 - 23	25 - 30	24 - 26	45 - 50	0,15 - 0,25	> 35	15.00 - 16.00
Caffetterie - Tavole calde	21 - 23	20 - 30	24 - 26	55 - 60	0,13 - 0,15	> 35	13.00 - 14.00
Ristoranti	21 - 23	20 - 30	26	40	0,25 a 1,8 mt. dal pavimento	> 35	13.00 - 14.00
Uffici	21 - 23	20 - 30	24 - 26	40 - 50	0,13 - 0,23	$\geq 60$	16.00

Fonte: ASHRAE

Negli impianti di condizionamento a tutta aria, il problema principale per raggiungere le condizioni di benessere consiste nella uniforme diffusione dell'aria in ambiente.

Il flusso d'aria di mandata deve lavare estesamente il locale, effettuando il numero di ricircoli prescritto, ma senza eccedere i valori di velocità indicati.

La maggior parte delle lamentele e contestazioni sono causate da un sistema di distribuzione dell'aria mal progettato o mal eseguito, o da entrambe le cose.

La scelta del tipo di diffusori non di rado è determinante per poter raggiungere delle soddisfacenti condizioni di benessere.

**Tab. 2 Portate d'aria esterna per persona, secondo norma UNI 10339**

Tipo di edificio o ambiente		Portata d'aria esterna per persona	
		l/s	m <sup>3</sup> /h
Edifici	- Abitazioni residenziali	11	40
	- Camere	11	40
Alberghi	- Sale da pranzo	10	36
	- Sale conferenza	5,5	20
Uffici	- Singoli e open space	11	40
	- Locali riunione	10	36
	- Centri elaborazioni dato	7	25
Edifici adibiti ad attività ricreative, associative di culto	- Cinema, teatri	5,5	20
	- Musei, sale esposizioni	6	22
	- Bar	11	40
	- Ristoranti e self-service	10	36
	- Pasticcerie	6	22
Grandi magazzini	- Sale da ballo, discoteche	16,5	60
	- Piano interrato	9	32
Negozi e reparti di grandi magazzini	- Piani superiori	6,5	23
	- Saloni bellezza, barbieri	14	50
	- Abbigliamento, calzature, mobili, ottici, fioristi, fotografi	11,5	41
Zone pubbliche	- Alimentari, lavasecco, farmacie	9	32
	- Banche, padiglioni fieristici	10	36

**Tab. 3 Effetti della velocità dell'aria in ambiente sulle persone**

Velocità m/s	Effetti sulle persone	Applicazioni caratteristiche
0 - 0,08	Oppressione, aria stagnante	Nessuna
0,13	Condizioni ideali di progetto	Impianti di benessere residenziali e del terziario
0,13 - 0,25	Condizioni idonee per ambienti commerciali. La velocità di 0,25 m/s risulta la massima accettabile per queste utenze	Impianti di tipo commerciale
0,35	Sensazioni di fastidio, movimento di fogli di carta di piccolo formato	Impianti su grandi magazzini, supermercati, ecc.
0,40	Limite delle condizioni accettabili per persone in leggero movimento	Impianti per grandi magazzini, capannoni artigianali, ecc.

### Calore emesso dalle persone e moti d'aria convettivi

Il corpo umano, come è noto, produce calore con continuità, secondo la massa e l'attività svolta. Questo calore genera dei moti d'aria convettivi attorno alla persona, poiché l'aria circostante viene riscaldata per contatto, diminuisce la propria densità e risale verso l'alto.

Si tratta di moti d'aria costanti dei quali è necessario tenere conto soprattutto nei casi di forte affollamento o di concentrazione di persone, come nei padiglioni fieristici, nei teatri, cinema ecc.

### Consigli applicativi e funzionali

Prima di affrontare l'argomento specifico della diffusione dell'aria, riportiamo alcuni consigli di carattere generale per la scelta degli impianti e l'applicazione dei diffusori ed elementi di ripresa.

- Per locali ampi e affollati sono raccomandati gli impianti a tutta aria
- La diffusione dell'aria in locali di grande superficie è effettuata meglio per mezzo di diffusori a soffitto, o di diffusori a dislocamento, piuttosto che con bocchette a parete.
- E' importante stabilire la posizione degli elementi di ripresa in modo che non si producano corto-circuiti tra mandata e ripresa.
- Quando è richiesto un numero elevato di ricambi d'aria, è opportuno scegliere dei diffusori ad alta induzione. Essi equalizzano rapidamente le condizioni dell'aria di mandata rispetto alle condizioni dell'aria ambiente e prevengono cadute d'aria fredda.
- A parità di portata d'aria è meglio utilizzare più diffusori di piccole dimensioni anziché un solo diffusore di grande capacità. Si ottiene una diffusione più uniforme ed una maggiore silenziosità.
- Per neutralizzare gli effetti di ampie pareti vetrate si raccomanda l'installazione di diffusori lineari in prossimità. Il getto d'aria a tutta lunghezza può neutralizzarne gli effetti sia in estate che in inverno, meglio di molte altre soluzioni.
- E' importante stabilire la suddivisione in zone dell'impianto, per garantire una regolazione quanto più rispondente ai gruppi di persone che si trovano soggette alle medesime condizioni. Tuttavia è importante ricordare che maggiore è il numero di zone, maggiore è il costo dell'impianto.
- La posizione del termostato ambiente può essere decisiva ai fini del benessere. Essa va scelta con grande attenzione. Un termostato investito da una corrente d'aria reagirà in modo anomalo provocando un funzionamento irregolare dell'impianto. In particolare, il termostato non deve essere situato in prossimità di una bocchetta o un diffusore di mandata, e neppure in prossimità di una griglia di ripresa.
- La posizione delle griglie di prelievo dell'aria esterna di ventilazione e degli elementi di espulsione dell'aria viziata deve essere scelta con cura per evitare soprattutto:
  - immissione di aria espulsa da torri di raffreddamento in prossimità. Questa è una condizione importantissima per evitare il rischio di diffusione in ambiente dei batteri della legionella (la "malattia dei legionari", che può avere esito letale)
  - corto circuiti tra aria espulsa e aria immessa nell'edificio
  - effetti di venti prevalenti che, a causa della pressione o depressione esercitata sull'edificio, possono alterare la regolare distribuzione dell'aria
  - prelievo di aria inquinata da fumi di scarico, traffico urbano ecc.



Fig. 1 Moto convettivo

Tab. 4 Calore emesso da una persona media e portata d'aria convettiva attorno ad essa		
Attività svolta dalla persona	Calore emesso W	Portata aria convettiva l/s
a riposo, seduta	100	8 - 10
in attività, seduta	130	10 - 12
leggera attività, in piedi	170	25 - 30
media attività, in piedi	200	30 - 35
intensa attività, in piedi	300	35 - 40

# Concetti di base sulla diffusione dell'aria

## Induzione

L'induzione è un fenomeno in base al quale l'aria primaria, o di mandata, emessa dal diffusore trascina una certa quantità d'aria ambiente.

I due flussi si miscelano tra loro e la temperatura si equalizza.

Si dice "rapporto di induzione" di un diffusore il numero di parti d'aria ambiente che viene trascinato da una parte d'aria di mandata ad una distanza di riferimento dal diffusore stesso.

Maggiore è il rapporto di induzione, tanto più rapida è la miscelazione tra i due flussi d'aria e l'equalizzazione della temperatura. I diffusori ad alta induzione sono perciò particolarmente adatti per ambienti dove è richiesto un numero elevato di ricambi d'aria poiché essi realizzano una buona diffusione con grandi portate e prevengono cadute d'aria fredda.

I diffusori ad alta induzione hanno la caratteristica di distribuire l'aria con rapporti di induzione molto elevati e sono perciò in grado di funzionare con ampi differenziali di temperatura che raggiungono i 14 K. Ciò consente di ridurre le portate d'aria necessarie rispetto ai diffusori tradizionali.

Essi funzionano sul principio di emettere numerosi getti individuali, direttamente verso la zona occupata, perciò con andamento non-tangenziale, come rappresentato nei disegni qui a lato.

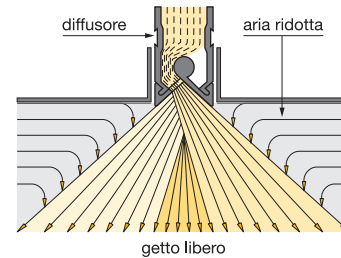


Fig. 4 Sistema a induzione

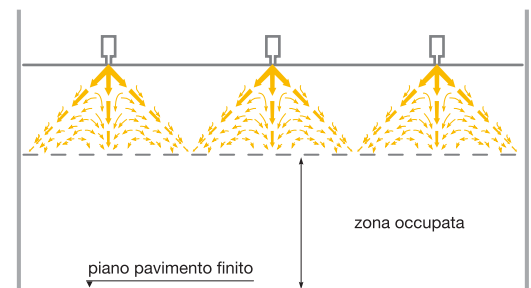


Fig. 5 Esempio di distribuzione dell'aria con sistema a induzione

## Sezione effettiva di passaggio

La sezione effettiva di passaggio dell'aria ( $A_k$ ) attraverso una bocchetta o un diffusore è la sezione realmente utilizzata dal flusso d'aria per la sua uscita. Essa è influenzata dalla contrazione dei filetti fluidi del flusso e risulta minore della sezione geometrica ( $A_{geom}$ ) netta del diffusore di un certo fattore  $K$  detto "fattore di contrazione" che dipende dalla forma geometrica dell'aletta.

Vale la regola:  $A_k = A_{geom} \times K$

Il fattore  $K$  vale da 0,7 a 0,9 per la mandata e da 0,5 a 0,8 per la ripresa.

La velocità dell'aria effettiva ( $V_k$ ) dell'aria in uscita dal diffusore si determina come segue:

$$V_k = \text{Portata} : A_k$$

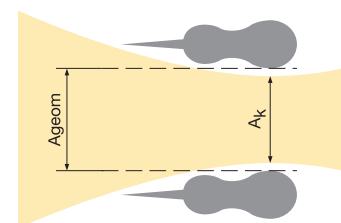


Fig. 6 Contrazione della vena del flusso d'aria

### Effetto Coanda

L'effetto Coanda (dal nome del fisico che lo scoprì), detto anche "effetto soffitto", consiste nell'aderenza al soffitto del flusso d'aria in uscita da un diffusore o da una bocchetta. L'effetto Coanda si realizza solo se l'aria viene emessa entro una certa altezza dal soffitto stesso (max 30 cm). Esso contribuisce ad aumentare il lancio del diffusore (circa il 20% in più rispetto ad un diffusore che non usufruisce dell'effetto Coanda) prevenendo anche cadute d'aria fredda in ambiente. L'effetto Coanda richiede che la velocità effettiva ( $V_k$ ) dell'aria in uscita dal diffusore sia maggiore di **2 m/s**.

### Inviluppo

L'inviluppo rappresenta la superficie geometrica del flusso d'aria di mandata sulla quale la velocità dell'aria misurata mantiene il medesimo valore.

### Lancio

Il lancio è la distanza massima tra il centro del diffusore e un piano tangente ad un determinato inviluppo, perpendicolare alla direzione del flusso, in cui la velocità dell'aria ( $V_t$ ), nelle tabelle di scelta dei ns. prodotti, è di **0,33 m/s**.

### Caduta

E' la distanza verticale tra il centro del diffusore o bocchetta e il punto più basso sul piano orizzontale tangente ad un inviluppo in cui la velocità dell'aria è di 0,25 m/s.

La caduta è riferita in generale alla immissione in ambiente di aria fredda.

### Risalita

E' la distanza verticale tra il centro del diffusore o bocchetta e il punto più alto sul piano orizzontale tangente ad un inviluppo in cui la velocità dell'aria è di 0,25 m/s.

La risalita è riferita in generale alla immissione in ambiente di aria calda.

### Raggio di diffusione

(per diffusori convenzionali con altezza del locale di 3 m)

E' la distanza tra il centro del diffusore e un piano verticale tangente a un inviluppo in cui la velocità dell'aria ha tre determinati valori:

- raggio minimo: distanza tra il centro del diffusore con velocità dell'aria  $V_t$  di 0,6 m/s e il piano verticale tangente all'inviluppo con velocità dell'aria residua  $V_r$  di 0,25 m/s
- raggio medio: distanza tra il centro del diffusore con velocità dell'aria  $V_t$  di 0,33 m/s e il piano verticale tangente all'inviluppo con velocità dell'aria residua  $V_r$  di 0,17 m/s
- raggio massimo: distanza tra il centro del diffusore con velocità dell'aria  $V_t$  di 0,25 m/s e il piano verticale tangente all'inviluppo con velocità dell'aria residua  $V_r$  di 0,12 m/s.

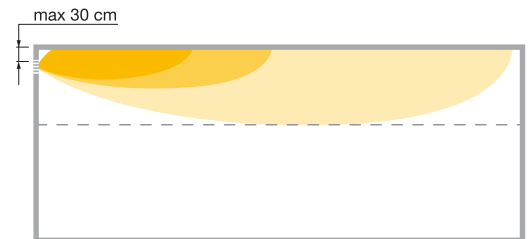


Fig. 7 Vena d'aria con effetto Coanda in raffreddamento

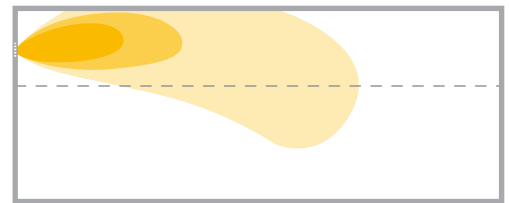


Fig. 8 Vena d'aria senza effetto Coanda in raffreddamento

# Sistemi di diffusione dell'aria

La diffusione dell'aria in ambiente può essere effettuata mediante due sistemi profondamente diversi:

- sistema a miscelazione
- sistema a dislocamento

## Il sistema a miscelazione

Utilizzato tradizionalmente dagli albori del condizionamento dell'aria fino ad oggi e sul quale sono basati la stragrande maggioranza di bocchette e diffusori sul mercato.

Esso consiste nella miscelazione tra l'aria primaria, emessa dalla bocchetta o dal diffusore, e l'aria secondaria (l'aria presente nell'ambiente), con equalizzazione di temperatura e velocità.

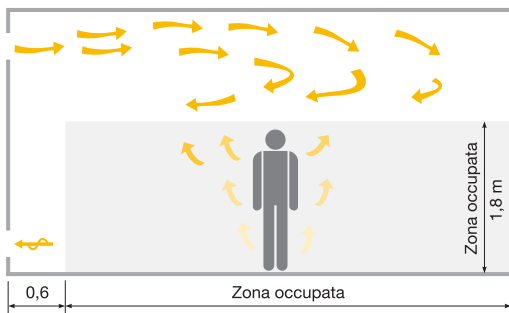


Fig. 2 Sistema a miscelazione

## Il sistema a dislocamento

È molto più recente ed è stato sviluppato all'origine nel Nord Europa per gli ambienti industriali.

Esso consiste nell'emissione dal basso di un flusso d'aria fresca, con determinate caratteristiche, che non si miscela con l'aria presente nell'ambiente, bensì la solleva con continuità e la trasporta verso l'alto, dove essa viene ripresa da griglie o da altri terminali ed espulsa totalmente o parzialmente.

Su questo principio funzionano i cosiddetti "diffusori a dislocamento", descritti nel seguito.

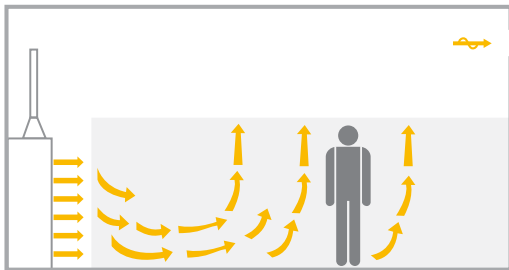


Fig. 3 Sistema a dislocamento

## Requisiti di base

Indipendentemente dal sistema scelto, vi sono delle funzioni e dei requisiti che devono essere raggiunti.

L'aria deve essere diffusa uniformemente nell'intero ambiente, in modo da poterne effettuare un completo lavaggio e deve realizzare le condizioni seguenti:

- neutralizzazione dei carichi termici, positivi o negativi, presenti nel locale
- mantenimento di gradienti di temperatura entro limiti determinati sul piano verticale e sul piano orizzontale
- sviluppo di moti uniformi entro determinati valori di velocità nell'intero ambiente
- raccolta del pulviscolo in sospensione nel locale e suo trasporto verso gli elementi di ripresa.

Invece **non** devono realizzarsi altre condizioni che possono produrre disagio per le persone:

- velocità dell'aria eccessiva
- formazione di zone stagnanti e di stratificazioni;
- cadute d'aria fredda in ambiente
- formazione di correnti localizzate (dovute spesso a disuniforme distribuzione dell'aria)
- variazioni eccessive della temperatura ambiente sul piano verticale e/o orizzontale.
- corto circuiti dell'aria di mandata verso la ripresa.

# Caratteristiche del sistema a miscelazione

Nel sistema a miscelazione l'andamento della circolazione d'aria in un locale può consistere di numerose combinazioni di correnti, sub correnti e vortici, secondo l'ampiezza del locale stesso, la posizione di divisori e mobili, l'attività degli occupanti, i gradienti di temperatura, la posizione dei diffusori di mandata e degli elementi di ripresa, ecc.

La circolazione dell'aria in ambiente dipende soprattutto dalla velocità di efflusso e dalle caratteristiche fisiche del diffusore. Esiste una relazione tra la turbolenza del flusso d'aria nella zona occupata e le caratteristiche dei getti d'aria del diffusore stesso.

I diffusori devono essere scelti per offrire una distribuzione dell'aria uniforme senza produrre cadute dirette di aria fredda nello spazio occupato. Essi devono venire dimensionati per la massima velocità dell'aria che non ecceda il livello sonoro specificato per l'ambiente.

I terminali e diffusori più comunemente utilizzati sono i seguenti:

## Bocchette a parete

Presentano un costo contenuto e una maggior facilità di installazione rispetto ad altri terminali, ma pongono dei limiti al trattamento dei carichi termici di alta densità e per l'uniformità di diffusione dell'aria in locali di una certa ampiezza. Il loro design è oggi rifiutato dagli architetti negli ambienti di prestigio.

## Diffusori a soffitto

Possono essere circolari, quadrati o rettangolari, del tipo a cono o elementi concentrici, o forellati.

Le capacità di trattamento dei carichi termici e di diffusione dell'aria risultano favorevoli, ma richiedono generalmente un controsoffitto.

## Diffusori lineari a soffitto

Consentono una buona diffusione dell'aria in ambienti lunghi e permettono di neutralizzare efficacemente l'effetto di estese superfici vetrate.

Il loro design è ben accetto dall'architettura moderna, anche perché essi tendono a scomparire nel controsoffitto.

## Diffusori ad alta induzione

Negli ultimi anni sono stati sviluppati dei diffusori che si discostano da quelli elencati e che presentano caratteristiche di funzionamento ad alta induzione.

I più conosciuti sono i seguenti:

- diffusori a flusso elicoidale (twist), da soffitto e parete, a geometria fissa e variabile
- diffusori lineari, quadrati, rettangolari o circolari a getti multipli
- diffusori da pavimento
- ugelli
- diffusori da piede di poltrona.

Come si è detto, tutti questi diffusori, compresi quelli elencati in precedenza, funzionano sul principio della miscelazione: l'aria condizionata distribuita nel locale si miscela con l'aria ambiente per effetto dell'induzione del diffusore.

Essi sono descritti nella presente pubblicazione, insieme ai modelli normali sopra elencati.

Tipo di diffusore	Portata aria per m <sup>2</sup> di superficie pavimento l/s x m <sup>2</sup>	Numero* max di ricircoli/ora	Differenza tipica temperatura ( $\Delta t$ ) aria ambiente/immessa raffredd./riscald. °C
Bocchette	3 - 6	7	-8 / 15
Diffusori lineari	4 - 10	12	-11 / 15
Diffusori forellati	5 - 15	18	-11 / 11
Diffusori concentrici	5 - 8	20	-11 / 20

\* Numero di ricircoli/ora riferiti ad un'altezza del soffitto di 3 m

Altezza installazione	
min. - max per diffusori fissi	2,4 - 2,5 m
max per diffusori regolabili	20 m
Differenziale di temperatura tra aria ambiente e aria di mandata	
raffreddamento	- 14 °C
riscaldamento	+ 20 °C
Capacità di rimozione del carico termico ambiente secondo l'altezza del diffusore	
h = 2,2 m	100 W/m <sup>2</sup>
h = 2,7 m	125 W/m <sup>2</sup>
h = 3,0 m	140 W/m <sup>2</sup>
Numero max di ricambi aria/h	
	> 30

# La scelta dell'unità terminale

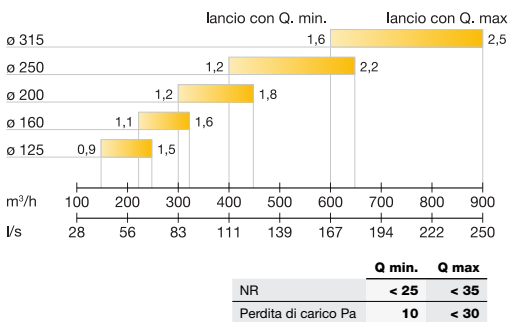
Per tutti i diffusori e bocchette a miscelazione, una volta scelto il modello è necessario determinarne la portata d'aria, la velocità di efflusso, il lancio, la perdita di carico ed il livello sonoro.

Nella tab. 5 sono riportate delle prestazioni indicative per i normali diffusori e bocchette.

In base a tali dati è abbastanza agevole verificare la rispondenza, o meno, di un certo terminale ai requisiti di portata, numero di ricircoli necessari e differenza di temperatura.

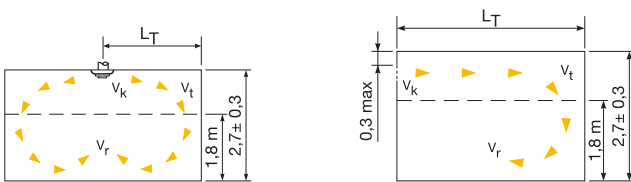
## Esempio di selezione rapida

Ogni singola selezione rapida è stata determinata utilizzando i valori di NR e perdite di carico (Pa) indicati a margine di ciascuna tabella.



## Il lancio

Il lancio del diffusore o bocchetta, deve essere pari alla lunghezza del locale. I valori riportati nelle tabelle di scelta rapida dei ns. prodotti sono riferiti ad una velocità terminale ( $V_t$ ) di 0,33 m/s, e ad una velocità residua ( $V_r$ ) nella zona occupata di 0,17 m/s con un'altezza del locale di 3 m.



## Certificazioni qualità prodotti

I valori di portata e perdita di carico riportati nelle schede tecniche dei prodotti principali in questa pubblicazione, sono certificati secondo le Norme UNI 8728 e prEN 12238, da organismo notificato indipendente nel rispetto della legislazione vigente relativa al risparmio energetico.

## La perdita di carico

La determinazione della perdita di carico del terminale va fatta in base alle condizioni di lavoro previste. E' bene che essa venga mantenuta quanto minore possibile, per due ragioni:

- limitare il livello sonoro, per ottenere una maggior silenziosità
- limitare il consumo energetico del ventilatore.

Nella tab. 6 sono riportati dei dati di riferimento per diffusori ad alta induzione con flussi elicoidali (*Twist*).

## Criteri di scelta

E' opportuno sottolineare alcuni concetti nella scelta dei diffusori, normali o ad alta induzione.

1. Se nel capitolato sono specificati dei livelli sonori, la scelta del diffusore dovrà essere fatta in modo da soddisfare questo requisito. Quindi portate d'aria, perdite di carico, velocità dell'aria emessa dovranno essere stabilite in modo che il diffusore produca un livello sonoro non superiore a quello di capitolato. Questo però può non essere sufficiente a causa di eventuali rumori generati nell'impianto: es. *ventilatore, serrande parzialmente chiuse, variazioni di sezione dei canali troppo brusche ecc.* In questi casi è necessario un progetto acustico dell'impianto a cura di un esperto. Fare attenzione perché un'installazione impropria del diffusore può peggiorare notevolmente la rumorosità, (*consultare il Capitolato dell'Acustica*).
2. Tenere presente che un qualsiasi diffusore scelto "al limite" o sottodimensionato è sempre più rumoroso che in condizioni nominali.
3. Nel caso di ambienti ad alta densità di carichi termici, la scelta di diffusori ad alta induzione è quasi sempre da raccomandare. Scegliere il diffusore sulla base delle portate specificate e quindi verificarne il livello sonoro emesso. Se esso eccede i valori tipici ammessi per il genere di applicazione, ricorrere ad un modello di maggior grandezza, o verificare l'opportunità di utilizzare due diffusori per un miglior trattamento dell'ambiente.
4. Per la scelta di un diffusore ad alta induzione seguire scrupolosamente le istruzioni riportate nella documentazione tecnica, eventualmente richiedendo l'assistenza del nostro ufficio tecnico. Rispetto alle normali bocchette e diffusori, i modelli ad alta induzione richiedono degli accorgimenti in più per utilizzarne al massimo le caratteristiche.



# Caratteristiche del sistema a dislocamento

La diffusione d'aria a dislocamento opera su un principio diverso da quello tradizionale.

Essa non realizza la miscelazione tra l'aria immessa e l'aria ambiente. Infatti l'aria viene emessa quasi sempre dal basso e risale verso l'alto, asportando il calore dalle superfici calde (*lampade, mobili, computer, persone*) e trascinando con sé gli inquinanti dispersi nel locale.

L'aria calda e inquinata viene prelevata da elementi di ripresa a soffitto ed espulsa o parzialmente riciclata.

Per questa caratteristica nell'ambiente si produce uno "strato limite" di separazione ad una certa altezza: al di sotto di esso si realizzano condizioni di pulizia dell'aria e di temperatura controllata, mentre al di sopra si produce un accumulo di inquinanti ed un aumento di temperatura.

Nei normali ambienti d'ufficio, dove le persone svolgono soprattutto attività sedentarie, lo strato limite è intorno a 1,5 m dal pavimento.

Invece, negli ambienti commerciali, artigianali o industriali dove le persone sono prevalentemente in piedi, l'altezza dello strato limite può essere fissata intorno a 1,8 m. Pertanto la diffusione a dislocamento risponde molto bene alle applicazioni in ambienti con soffitti alti, poiché la zona controllata rimane al di sotto di un'altezza definita (1,5 o 1,8 metri) perciò con gli ovvi vantaggi che se ne ottengono.

## Funzionamento

La temperatura dell'aria emessa dai diffusori a dislocamento è molto vicina a quella di comfort. Negli ambienti civili, la temperatura dell'aria emessa è intorno a 20/23 °C, perciò con differenziali di temperatura intorno ai 2 ÷ 5 K. Invece, nei locali caratterizzati da attività più intense, quali grandi magazzini di vendita, strutture ricreative, atri ecc. la temperatura di immissione può scendere a 18 °C. Nelle stagioni intermedie, quando le condizioni lo consentono, i sistemi a dislocamento possono funzionare in free cooling utilizzando sola aria esterna. L'aria viene emessa dal diffusore con una velocità frontale inferiore a 0,20 ÷ 0,25 m/s, per non produrre turbolenze. Il flusso d'aria in uscita ha all'inizio un andamento a cascata che scende verso il pavimento. Il raggio d'azione dei diffusori a dislocamento (da non confondersi con il lancio dei normali diffusori) può raggiungere i 15 metri, secondo i modelli e la portata.

L'effetto di dislocamento si produce solo se l'aria immessa è a temperatura inferiore a quella dell'ambiente. Invece, se il diffusore viene alimentato con aria calda si perde l'effetto del dislocamento e si produce la normale miscelazione.

Il riscaldamento, deve pertanto essere effettuato da un sistema tradizionale separato (*es. radiatori, pavimento radiante, ecc.*).

E' utile precisare che il dislocamento può essere previsto per tutto l'anno, perciò anche in inverno, per controllare la qualità dell'aria.

Il riscaldamento viene realizzato con un impianto separato a pannelli radianti o con radiatori sotto finestra. In generale, il livello di potenza sonora dei diffusori a dislocamento si mantiene inferiore o uguale a 35 dB(A) alle condizioni nominali per applicazioni nel settore civile.

Nella maggioranza dei casi, dunque, il livello di pressione sonora percepito in ambiente risulta accettabile senza arrecare alcun disturbo.

## Costruzione

Il diffusore a dislocamento tipico è a sviluppo verticale cilindrico, semicilindrico, ad angolo o rettangolare.

Secondo il modello, l'installazione può essere a pavimento, al centro del locale, o contro parete, o in angolo. Il diffusore viene alimentato da un condotto circolare verticale dall'alto o dal basso.

La superficie frontale del diffusore è costituita da una lamiera forellata, dalla quale l'aria fuoriesce a bassa velocità uniformemente su tutta la superficie del medesimo e si distribuisce nell'ambiente.

I modelli di tipo rettangolare sono costituiti da un mobile di ridotta profondità e possono essere incassati a filo parete o, più correntemente, applicati contro la parete, sporgenti nell'ambiente.

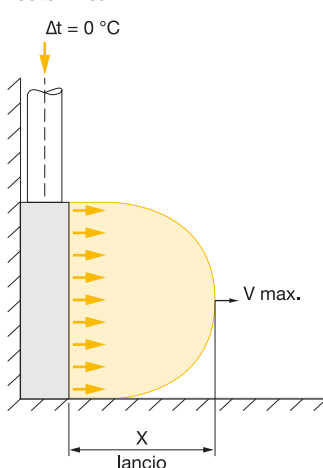
I diffusori a dislocamento possono essere installati sia in locali con dimensioni limitate, ad es. uffici, ristoranti, negozi, sia in vasti ambienti quali centri commerciali.

## Scelta

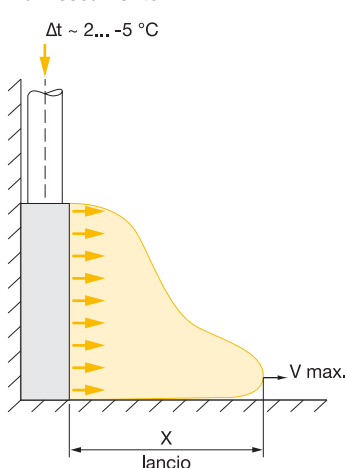
Esiste un metodo definito per la scelta dei diffusori a dislocamento che differisce da quello utilizzato per i diffusori a miscelazione.

Riferirsi alla documentazione tecnica dei prodotti e richiedere eventualmente l'assistenza al nostro ufficio tecnico.

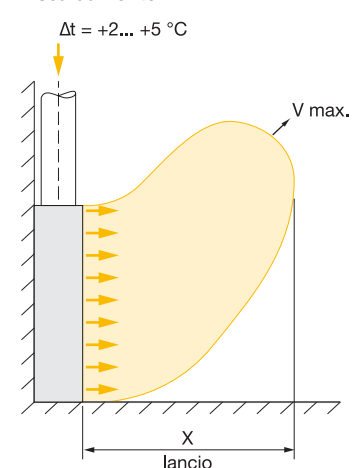
### Isotermica



### Raffrescamento



### Riscaldamento



# La scelta del sistema di diffusione aria

La scelta del sistema di diffusione d'aria si può suddividere inizialmente tra:

- diffusione a miscelazione
- diffusione a dislocamento

Le tab. 8 e 9 realizzano un confronto tra le caratteristiche dei due sistemi, utile per una prima selezione. La scelta dei diffusori può essere realizzata in base al tipo di utenza, come dimostra la tab. 10 dove vengono riportate le scelte più comuni.

Tuttavia le preferenze del progettista o dell'installatore possono orientarsi verso soluzioni diverse. Infine, per stabilire orientativamente le portate d'aria medie richieste in varie applicazioni si può fare riferimento alla tab. 11. In essa le portate (in l/s per metro quadrato di superficie di pavimento) sono riferite anche all'esposizione dei locali e agli spazi interni (privi di finestre), se presenti.

Tab. 8 Vantaggi e limiti della diffusione a miscelazione		
	Si	No
Utilizzabile per raffreddamento e riscaldamento	•	
Funzionamento possibile con $\Delta t$ elevati	•	
Rischi di cadute di aria fredda	•	
Ingombri in ambiente		•
Rischi di correnti d'aria	•	
Rischi di cortocircuiti tra mandata e ripresa	•	
Rimozione degli inquinanti		•
Idonea per ambienti a soffitto alto	•	
Gradiente di temperatura verticale elevato		•
Adatta per forti carichi di raffreddamento	•	

Tab. 9 Vantaggi e limiti della diffusione a dislocamento		
	Si	No
Utilizzabile per raffreddamento e riscaldamento	•*	
Funzionamento possibile con $\Delta t$ elevati		•
Rischi di cadute di aria fredda		•
Ingombri in ambiente	•	
Rischi di correnti d'aria		•
Rischi di cortocircuiti tra mandata e ripresa		•
Rimozione degli inquinanti	•	
Idonea per ambienti a soffitto alto	•	
Gradiente di temperatura verticale elevato	•	
Adatta per forti carichi di raffreddamento	• (con $\Delta t$ ridotti)	• (con $\Delta t$ ridotti)

\* Nel riscaldamento con aria calda si perde l'effetto di dislocamento, soprattutto con applicazioni industriali

**Tab. 10 Scelta dei diffusori in base al tipo di applicazione**

Applicazioni	Bocchette	Diffusori circolari o quadrati	Diffusori forellati	Diffusori lineari	Diffusori ad alta induzione a flusso elicoidale	Ugelli	Diffusori a pavimento	Diffusori a geometria variabile
Appartamenti	sì	no	no	no	sì	no	no	no
Cinema - Teatri	no	sì	no	sì	sì	sì	no	sì
Aule universitarie	no	no	no	sì	sì	no	no	no
Ospedali	Camere degenti	sì	sì	no	no	no	no	no
	Spazi pubblici	sì	sì	sì	sì	no	no	no
Hotel - Motel	sì	sì	sì	sì	sì	no	no	no
Biblioteche e musei	no	no	sì	sì	sì	sì	no	sì
Edifici per uffici	sì	sì	sì	sì	sì	no	sì	no
Uffici privati	sì	sì	sì	sì	no	no	sì	no
Utenze residenziali	Grandi	no	sì	sì	no	no	no	no
	Medie	sì	sì	sì	no	no	no	no
Ristoranti	Grandi	no	sì	sì	sì	no	no	no
	Medi	sì	sì	sì	no	no	no	no
Centri commerciali	no	sì	sì	sì	sì	sì	no	sì
Grandi magazzini	no	sì	sì	sì	sì	sì	no	sì
Negozi (generici)	sì	sì	sì	sì	sì	no	no	no

**Tab. 11 Portate d'aria tipiche, in l/s per m<sup>2</sup> di superficie, per applicazioni diverse secondo l'esposizione dei locali**

Utenza	SUD - EST - OVEST			NORD			Spazi interni			
	Min.	Media	Max	Min.	Media	Max	Min.	Media	Max	
Appartamenti	4,1	6,1	8,6	2,5	4,1	8,6	-	-	-	
Cinema - Teatri	-	-	-	-	-	-	5,1	10,2	15,2	
Aule universitarie	10,2	8,1	11,2	4,6	6,6	10,2	4,1	6,1	9,7	
Ospedali	Camere degenti	5,1	7,6	10,2	4,1	6,1	7,1	3,6	5,1	5,6
	Spazi pubblici	5,1	6,4	7,4	5,1	5,6	6,1	4,8	5,1	5,6
Hotel - Motel	5,1	7,1	7,6	4,6	6,1	7,1	-	-	-	
Biblioteche e musei	5,1	8,1	10,7	4,6	5,6	6,6	4,6	5,1	5,6	
Edifici per uffici	5,1	8,1	11,2	4,6	6,6	10,2	4,1	5,1	6,1	
Uffici privati	6,1	9,1	12,2	5,6	7,6	9,1	4,1	6,1	7,1	
Utenze residenziali	Grandi	4,1	6,1	8,1	2,5	4,1	6,6	-	-	-
	Medie	3,6	5,6	7,1	2,5	3,6	6,1	-	-	-
Ristoranti	Grandi	9,1	12,2	18,8	6,1	8,1	10,7	4,6	5,6	7,1
	Medi	7,6	10,2	15,2	5,6	7,14	9,1	4,6	5,1	6,6
Centri commerciali	7,6	13,2	21,3	5,6	8,6	13,2	4,6	6,6	10,2	
Grandi magazzini	Piano interrato	-	-	-	-	-	-	3,6	5,1	6,1
	Piano principale	-	-	-	-	-	-	4,6	7,1	10,2
	Piani superiori	-	-	-	-	-	-	4,1	5,1	6,1
Negozi abbigliamento	4,6	6,1	8,1	3,6	5,1	7,1	3,0	4,1	5,6	
Negozi calzature	6,1	8,1	10,7	5,1	7,1	9,1	4,1	5,1	6,1	

Fonte ASHRAE