

## NOTE SULLE MISURE DI VELOCITA' E PORTATA DI ARIA

La portata di aria in un condotto è data dalla formula:

$$Q = A \times V_m$$

in cui : Q= portata

A= area della sezione del condotto

$V_m$ = velocità media

Per le misure di portata, bisogna quindi misurare la velocità.

Per le misure di velocità, si utilizzano normalmente i seguenti tipi di sonda, a seconda delle caratteristiche dell'ambiente e del campo di velocità

### **a) sonda a filo caldo:**

campo di impiego : da 0,01 a 50 m/s;

*caratteristiche positive:* ideale per misure di velocità basse. Date le piccole dimensioni, si inserisce agevolmente nei condotti per le misure

*caratteristiche negative:* non idonea per temperatura aria >90°C e per aria non pulita, che possa sporcare il sensore. Sensibile alle turbolenze

### **b) sonde a ventolina:**

campo di impiego: da 0,1 a 40 m/s

*caratteristiche positive:* opera in temperature fino a 140°C, insensibile alle turbolenze. Ventole di diametro 80-100 mm sono molto adatte per le misure all'uscita da griglie, bocchette: infatti la misura è mediata sull'area della ventola ed è quindi possibile effettuare misure veloci su uscite di aria di grandi dimensioni (specialmente utilizzando il metodo dello "spazzolamento": ossia si ricopre con un movimento regolare a serpentina tutta l'area della griglia di uscita, mentre lo strumento effettua una media integrale).

*caratteristiche negative:* poco precisa alle basse velocità. Dimensioni che obbligano a praticare fori più grandi nelle condotte per le misure; inoltre le dimensioni non piccole possono perturbare sensibilmente le misure. Sensibili agli urti e ai danneggiamenti meccanici. Non idonea per aria non pulita.

### **c) tubi di Pitot:**

campo di impiego: in generale, da 3 a 100m/s. Valori di inizio scala più bassi si hanno in abbinamento con micromanometri a risoluzione più elevata.

*caratteristiche positive:* massima robustezza, idonei per temperature fino a 600°C; non danneggiabili da aria sporca (si puliscono con facilità). Dimensioni piccole, per ottima inseribilità in condotti (anche di piccolo diametro), scarichi e griglie. Idonei anche per alte velocità

*caratteristiche negative:* non impiegabili per basse velocità (a meno di utilizzare micromanometri molto precisi)

### **Misura della velocità media**

Per la misura della velocità media, si deve tenere presente che in un condotto la velocità è massima al centro e minima al bordo. In regime laminare (ossia con i filetti di flusso regolari, lontani da perturbazioni), la distribuzione è simmetrica a forma di ogiva, mentre non lontano da curve il massimo si porta verso un lato.

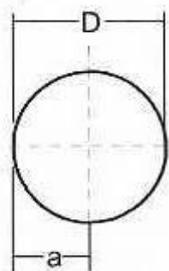
In regime perturbato (ossia vicino a variazioni di sezione o di direzione, dopo filtri, ventilatori ed altri organi) non si dovrebbero fare misure: in generale, il punto di misura deve stare ad una distanza di almeno 6 diametri da questi elementi perturbanti ed avere dietro almeno 2 diametri prima di altri elementi perturbanti.

E' quindi importante misurare correttamente la velocità media a seconda delle situazioni: per questo esistono molti metodi. Qui di seguito accenniamo al metodo suggerito dalle linee guida VDI/VDE 2640.

Vengono considerati diversi tipi di sezione ed indicate le posizioni in cui deve essere presa la misura. Come sonde, sono consigliabili quelle più puntiformi (come filo caldo e tubo di Pitot).

A seconda del metodo scelto, la velocità media effettiva sarà la media delle misure moltiplicata per il fattore correttivo K tipico di ogni metodo.

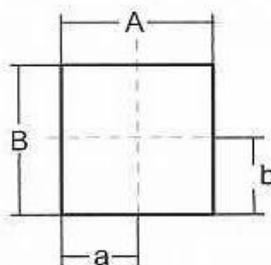
I. Metodo del punto centrale



$D = 100\%$   
 $a = 50\%$   
 $D < 250\text{mm}$

**$k = 0,8$**

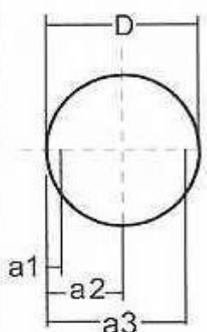
II. Metodo del punto centrale



$A = 100\%$   
 $B = 100\%$   
 $a = 50\%$   
 $b = 50\%$   
 $A \text{ u. } B < 250\text{mm}$   
 $A / B < 2$

**$k = 0,8$**

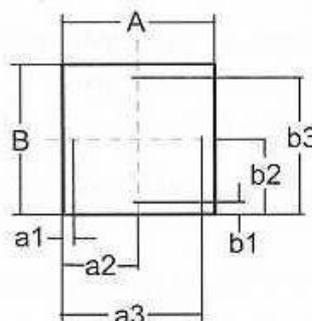
III. Metodo dei 5 punti



$D = 100\%$   
 $a_1 = 10\%$   
 $a_2 = 50\%$   
 $a_3 = 90\%$   
 $D = 150..400\text{mm}$

**$k = 1,0$**

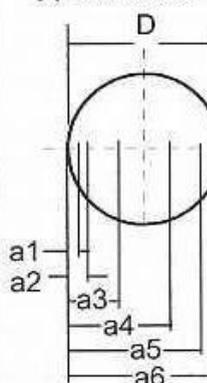
IV. Metodo dei 5 punti



$A = 100\%$   
 $B = 100\%$   
 $a_1, b_1 = 10\%$   
 $a_2, b_2 = 50\%$   
 $a_3, b_3 = 90\%$   
 $A, B = 150..500\text{mm}$   
 $A / B < 2$

**$k = 0,96$**

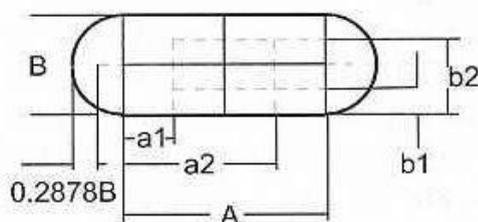
V. Metodo dei 12 punti



$D = 100\%$   
 $a_1 = 3.2\%$   
 $a_2 = 13.5\%$   
 $a_3 = 32.1\%$   
 $a_4 = 67.9\%$   
 $a_5 = 86.5\%$   
 $a_6 = 96.8\%$   
 $D > 250\text{mm}$

**$k = 1,0$**

VII. Metodo delle aree



2 punti di misura nelle aree a semicerchio  
 Per l'area rettangolare: vedere punto VI

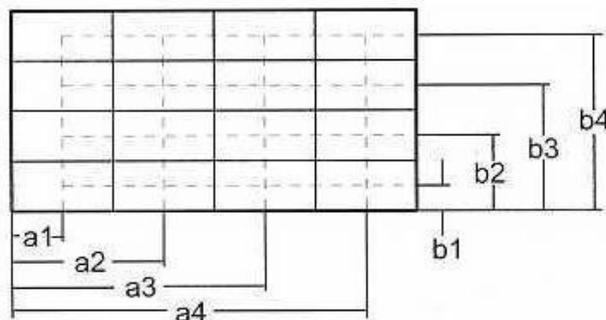
$A \text{ e } B > 50\text{mm}$   **$k = 0,96$**

VI. Metodo delle aree

Numero dei punti di misura

A	<	200..	500..	>
B mm	200	500	800	1000
< 200	2x2	2x3	2x4	2x5
200.. 500	3x2	3x3	3x4	3x5
500.. 800	4x2	4x3	4x4	4x5
> 1000	5x2	5x3	5x4	5x5

La sezione viene divisa in aree uguali con il punto di misura al centro di ogni area



$A \text{ and } B > 100 \text{ mm}$

**$k = 0,96$**

### Influenza della temperatura e pressione atmosferica

La velocità dell'aria misurata con i vari strumenti è riferita alle condizioni standard ( 20 °C e 1013 mbar, o come precisato dalle specifiche costruttive).

Nei casi in cui ci si discosti sensibilmente da queste condizioni, bisognerebbe correggere la misura in conseguenza: la tabella seguente indica i fattori di correzione

Temperatura aria	940 mbar	960 mbar	980 mbar	1000 mbar	1020 mbar	1040 mbar
- 30 °C	0.942	0.932	0.922	0.913	0.904	0.895
- 20 °C	0.961	0.951	0.941	0.932	0.923	0.914
- 10 °C	0.98	0.97	0.96	0.95	0.941	0.931
0 °C	0.998	0.988	0.978	0.968	0.958	0.949
10 °C	1.016	1.005	0.995	0.985	0.975	0.966
20 °C	1.035	1.024	1.013	1.003	0.993	0.983
30 °C	1.051	1.04	1.029	1.019	1.009	0.999
40 °C	1.069	1.057	1.047	1.036	1.026	1.016
50 °C	1.085	1.074	1.063	1.052	1.042	1.031
60 °C	1.102	1.09	1.079	1.068	1.057	1.047
70 °C	1.118	1.106	1.095	1.084	1.073	1.063
80 °C	1.135	1.123	1.111	1.1	1.089	1.078
90 °C	1.151	1.139	1.127	1.116	1.105	1.094
100 °C	1.167	1.154	1.142	1.131	1.12	1.109
150 °C	1.242	1.229	1.216	1.204	1.192	1.18
200 °C	1.314	1.3	1.287	1.274	1.261	1.249
250 °C	1.381	1.367	1.353	1.339	1.326	1.313
300 °C	1.446	1.431	1.416	1.402	1.388	1.375
400 °C	1.567	1.55	1.534	1.519	1.504	1.489
500 °C	1.68	1.663	1.646	1.629	1.613	1.597
600 °C	1.784	1.766	1.748	1.73	1.713	1.696
700 °C	1.884	1.865	1.846	1.827	1.809	1.791

### Calcolo della portata

Come sopra detto, la portata di aria in un condotto si calcola con la formula:

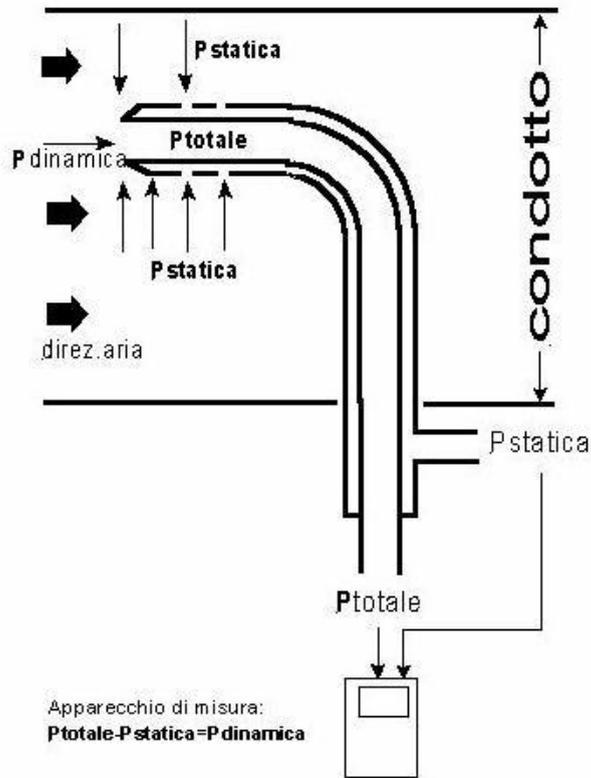
$$Q = A \times V_m$$

Per avere la portata in  $m^3/h$  utilizzando le unità di misura comuni, ossia : area della sezione in  $cm^2$  e velocità media in  $m/s$ , la formula sopra diventa:

$$Q(m^3/h) = 0,36 \times A(cm^2) \times V_m (m/s)$$

Nota: per il calcolo della portata all'uscita da griglie e bocchette bisogna tenere presente che i filetti di aria escono dalla sezione aprendosi ( a forma di tromba), per cui per effettuare misure precise, sarebbe opportuno usare un imbuto di portata. Questi sono dispositivi (in fibra di vetro, tela ed altro) con cui tutta l'aria in uscita viene convogliata in una sezione di misura in cui i filetti di aria possono essere ancora abbastanza paralleli.

**Principio di funzionamento del tubo di Pitot**



Il tubo di Pitot è realizzato con 2 tubi coassiali che costituiscono 2 camere indipendenti:

- il tubo interno fa capo al foro sulla punta e riceve la pressione dovuta alla velocità dell'aria e alla pressione statica presente nella tubazione (cioè riceve la pressione totale=  $P_{dinamica} + P_{statica}$ )
- il tubo esterno è forellinato lateralmente in modo che i filetti di aria in movimento passino tangenzialmente : in tal modo, attraverso questi forellini arriva alla camera del tubo esterno solo la pressione statica (quella indipendente dalla velocità).

Tramite tubazioni flessibili le pressioni delle 2 camere vengono portate allo strumento di misura che ne effettua la differenza:

$$P_{totale} - P_{statica} = P_{dinamica}$$

Dalla pressione dinamica lo strumento ricava la velocità dell'aria, attraverso la formula:

$$V = \sqrt{\frac{2P}{\rho}}$$

dove: P = press. dinamica  
 ρ = densità dell'aria

Nel caso lo strumento sia un semplice manometro che non effettua la conversione in velocità, si può riferirsi in prima approssimazione alla seguente tabella (riferimento a temperatura T=22°C):

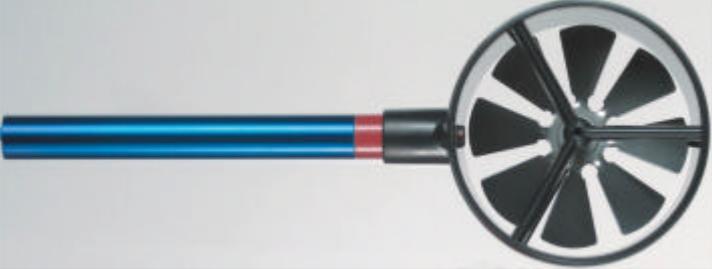
Pressione dinamica (Pa)	Velocità aria (m/s)
1	1,29
2	1,83
3	2,24
4	2,59
5	2,89
10	4,09
20	5,78
30	7,08
40	8,18
50	9,14
100	12,93

## Alcune sonde per la misura di velocità

### Sonde a filo caldo

<p><b>Termoanemometro (direzionale)</b></p> <p><b>FVA645TH2:</b> 0,1...2,000 m/s (risoluz. 0,001m/s) <b>FVA645TH3:</b> 0,1...15,00 m/s (risoluz. 0,01 m/s) campo mis. temperatura: -20,0...+80,0°C temp. ambiente: 0...+40°C sonda a filo caldo con sensore protetto ed elettronica in modulo separato, con connettore ALMEMO alimentaz. sensore: fornita da strumento ALMEMO lunghezza cavo: 1,5 m</p>	
<p><b>Termoanemometro (omnidirezionale)</b></p> <p><b>FVA 605 TA10:</b> 0,01...1 m/s (risoluz. 0,001 m/s) <b>FVA 605 TA50:</b> 0,15...5 m/s (risoluz. 0,01 m/s)</p>	

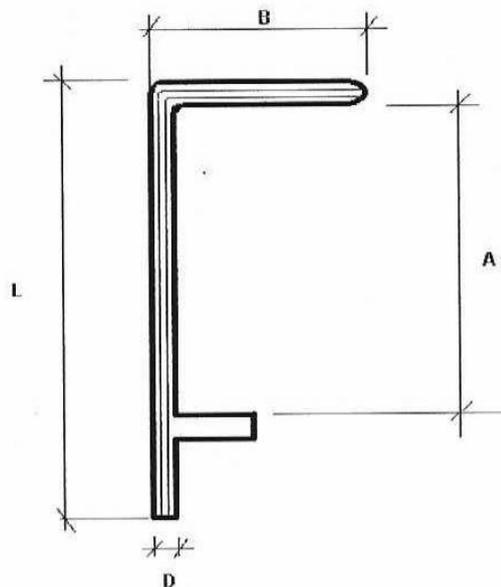
### Sonde a ventola

<p><b>FVA 915 S120/S140</b> diametro testa: 22 mm testa estraibile per ricambio S120: campo misura 0,3..20 m/s S140: campo misura 0,4..40 m/s precisione: <math>\pm 0,5\%</math> fondo scala (oppure <math>\pm 1,5\%</math> val.mis.) temper. lavoro: da -20 a +140°C lunghezza sensore: 175 mm cavo uscente 1,5 m</p>	
<p><b>FVA 915 S220/S240</b> diametro testa: 11 mm testa estraibile per ricambio S220: campo misura 0,5..20 m/s S240: campo misura 0,6..40 m/s precisione: <math>\pm 1\%</math> fondo scala (oppure <math>\pm 3\%</math> val.mis.) temper. lavoro: da -20 a +140°C lunghezza sensore: 165 mm cavo uscente 1,5 m</p>	
<p><b>FVA 915 SMA1</b> diametro testa: 80 mm testa estraibile per ricambio campo misura 0,1..20 m/s precisione: <math>\pm 0,5\%</math> fondo scala (oppure <math>\pm 1,5\%</math> val.mis.) temper. lavoro: da -20 a +140°C lunghezza sensore: 235 mm cavo uscente 1,5 m</p>	

## Trasduttori di pressione per tubi di Pitot

<p><b>FDA 602 S1K/S6K</b>          Connettore trasduttore compatto per press. differenziale, misura indipendente da posizione  <b>S1K:</b> campo pressione: <math>\pm 1250</math> Pa          campo velocità: 1...40 m/s  <b>S6K:</b> campo pressione: <math>\pm 6800</math> Pa          campo velocità: 2...90 m/s          dimensioni:</p>	
<p><b>FDA602M6</b>          trasduttore per press. differenziale, misura indipendente da posizione          campo pressione: <math>\pm 6800</math> Pa          campo velocità: 2...90 m/s          dimensioni: 37x36x22 mm</p>	

## TUBI DI PITOT



	<b>D (mm)</b>	<b>L(mm)</b>	<b>A (mm)</b>	<b>B (mm)</b>
TP-20/2.5	2.5	215	175	40
TP-30/4	4	285	240	60
TP-35/7	7	370	315	72
TP-50/7	7	502	442	72
TP-75/7	7	750	690	72
TP-100/7	7	1000	943	72
TP-150/7	7	1520	1440	72