

Calcolo delle Condotte d'Aria

Marco Manzan

Università di Trieste
Dipartimento di Ingegneria e Architettura

ottobre 2024

Concetti base

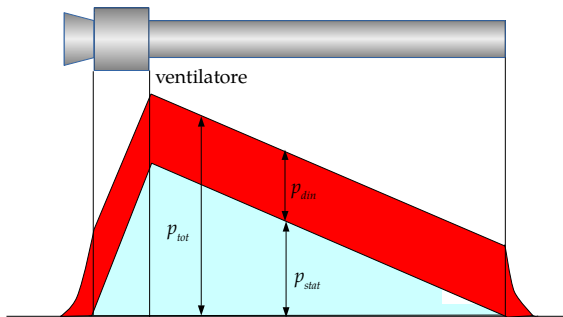
- A sezione costante a tratti (i cambi di sezione sono localizzati).
- Costituite da diversi rami, con diramazioni e confluenze che portano variazioni di portata.
- La velocità dell'aria nei condotti deve essere scelta in funzione dell'utilizzo dell'impianto e della posizione delle condotte al fine di limitare la rumorosità degli impianti
- La velocità è anche importante perché determina la distribuzione delle pressioni all'interno delle condotte.
- Nelle confluenze e nelle diramazioni tutti i rami hanno lo stesso valore di pressione statica.

Pressione dinamica e totale

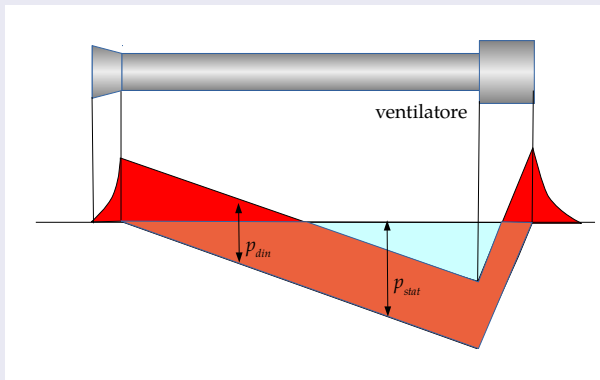
$$P_{dyn} = \frac{1}{2} \rho v^2 > 0 \text{ [Pa]}$$

$$P_{tot} = P_{dyn} + P_{stat}$$

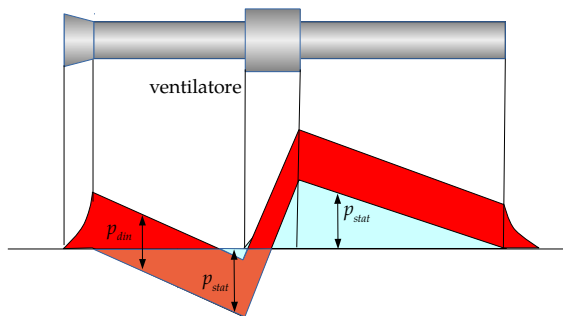
Andamento delle pressioni in un condotto



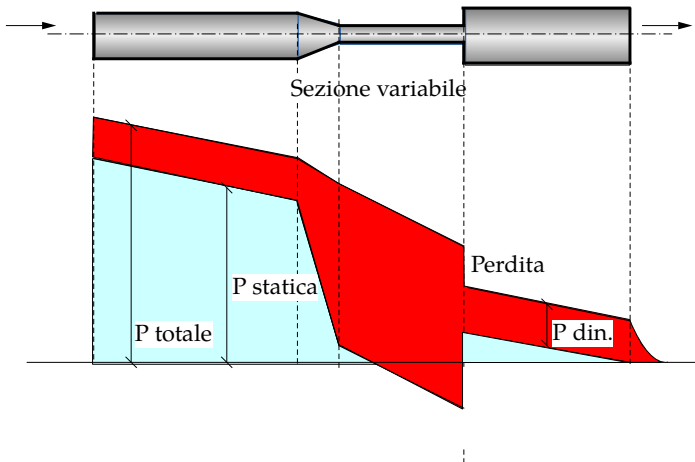
aspirante



ventilatore intermedio



Sezione variabile



Velocità dell'aria nelle condotte

Componente	Impianti		
	residenziali (m/s)	commerciali (m/s)	industriali (m/s)
Prese aria esterna	2,5-4,0	2,5-4,5	2,5-6,0
Filtri	1,3-1,5	1,5-1,8	1,8-2,5
Batterie fredde	1,5-2,0	2,0-2,5	2,5-3,8
Batterie calde	2,3-2,5	2,5-4,0	3,5-5,0
Ingresso ventilatore	3,5-4,5	4,0-5,0	5,0-7,0
Mandata ventilatore	5,8-8,5	6,5-11,0	8,0-14,0
Canali principali	3,5-6,0	5,0-8,0	6,0-11,0
Canali derivati	3,0-5,0	3,0-6,5	4,5-9,0

Perdite distribuite

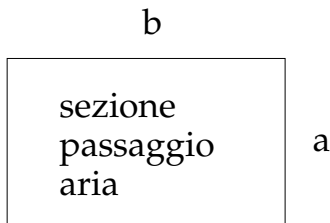
$$\Delta P_{dist} = \frac{f_a}{D_h} \rho \frac{v^2}{2} L = \frac{f}{D} P_{dyn} L$$

f_a fattore d'attrito

ρ densità del fluido

L è la lunghezza del condotto

D_h diametro del condotto se circolare



Diametro equivalente

$$D_{eq} = 1,3 \frac{(ab)^{0,625}}{(a+b)^{0,25}}$$

$$1 \leq \frac{b}{a} \leq 4$$

Condotte dimensioni normalizzate

lunghezza del lato [mm]	100	150	200	250	300	400	500	600	800	1000	1200	
200	0,02	0,03	0,04									A ₁
	133	171	200									d ₁
	149	186	218									d ₁
	0,6	0,7	0,8									A ₁
250	0,025	0,038	0,05	0,063								A ₁
	143	188	222	250								d ₁
	165	206	241	273								d ₁
	0,7	0,8	0,9	1								A ₁
300	0,03	0,045	0,06	0,075	0,09							A ₁
	150	200	240	273	300							d ₁
	180	224	262	296	327							d ₁
	0,3	0,9	1	1,1	1,2							A ₁
400	0,04	0,06	0,08	0,1	0,12	0,16						A ₁
	160	218	267	308	343	400						d ₁
	205	255	299	337	373	436						d ₁
	1	1,1	1,2	1,3	1,4	1,6						A ₁
500		0,075	0,1	0,13	0,15	0,2	0,25					A ₁
		231	286	333	375	444	500					d ₁
		283	331	374	413	483	545					d ₁
		1,3	1,4	1,5	1,6	1,8	2					A ₁
600		0,09	0,12	0,15	0,18	0,24	0,3	0,36				A ₁
		240	300	353	400	480	545	600				d ₁
		307	359	406	448	524	592	654				d ₁
		1,5	1,6	1,7	1,8	2	2,2	2,4				A ₁
800			0,16	0,2	0,24	0,32	0,4	0,48	0,64			A ₁
			320	381	436	533	615	686	800			d ₁
			410	463	511	598	675	745	872			d ₁
			2	2,1	2,2	2,4	2,6	2,8	3,2			A ₁

lunghezza del lato [mm]	100	150	200	250	300	400	500	600	800	1000	1200	
1000				0,25	0,3	0,4	0,5	0,6	0,8	1		A ₁
				400	462	571	667	750	889	1000		d ₁
				512	566	662	747	825	965	1090		d ₁
				2,5	2,6	2,8	3	3,2	3,6	4		A ₁
1200				0,36	0,48	0,6	0,72	0,96	1,2	1,44		A ₁
				480	600	706	800	960	1091	1200		d ₁
				614	719	812	896	1049	1184	1308		d ₁
				3	3,2	3,4	3,6	4	4,4	4,8		A ₁
1400					0,56	0,7	0,84	1,12	1,4	1,68		A ₁
					622	737	840	1018	1167	1292		d ₁
					771	871	962	1125	1270	1403		d ₁
					3,6	3,8	4	4,4	4,8	5,2		A ₁
1600					0,64	0,8	0,96	1,28	1,6	1,92		A ₁
					640	762	873	1067	1231	1371		d ₁
					819	925	1022	1195	1350	1491		d ₁
					4	4,2	4,4	4,8	5,2	5,6		A ₁
1800						0,9	1,08	1,44	1,8	2,16		A ₁
						783	900	1108	1286	1440		d ₁
						976	1078	1261	1424	1573		d ₁
						4,6	4,8	5,2	5,6	6		A ₁
2000						1	1,2	1,6	2	2,4		A ₁
						800	923	1143	1333	1500		d ₁
						1024	1131	1323	1494	1650		d ₁
						5	5,2	5,6	6	6,4		A ₁

Calcolo del fattore d'attrito

Colebrook

$$\frac{1}{\sqrt{f_a}} = -2 \log \left(\frac{\varepsilon}{3,7 \cdot D} + \frac{2,51}{Re \cdot \sqrt{f_a}} \right)$$

Atshul e Tsaal

$$f' = 0,11 \cdot \left(\frac{\varepsilon}{D_h} + \frac{68}{Re} \right)^{0,25}$$

$$\text{se } f' \geq 0,018 : f_a = f'$$

$$\text{se } f' < 0,018 : f_a = 0,85 \cdot f' + 0,0028$$

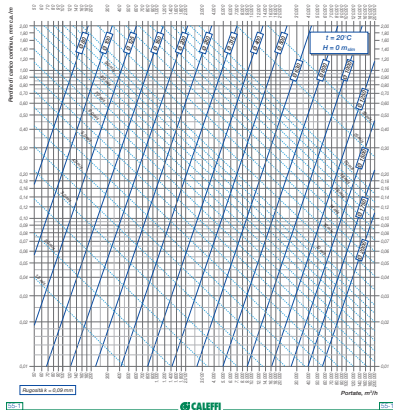
ε rugosità del condotto

Re numero di Reynolds

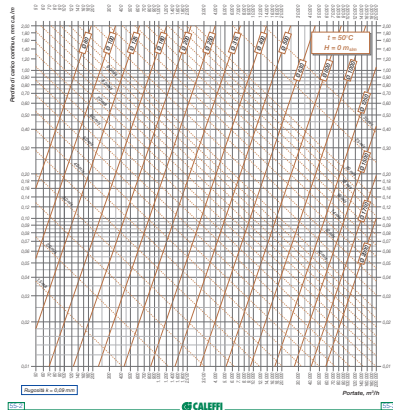
tipologia	tipologia	rugosità ε [mm]
PVC		0,01-0,05
Alluminio	liscio	0,01-0,05
Acciaio non rivestito		0,05
lamiera zincata		0,05-0,10
lamiera zincata continuo	medio	0,06 - 0,12
lamiera zincata spirale		0,09 - 0,12
flessibile metallico		1,2-2,1
flessibile non metallico	rugoso	1,0-4,6

Diagrammi di scelta

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

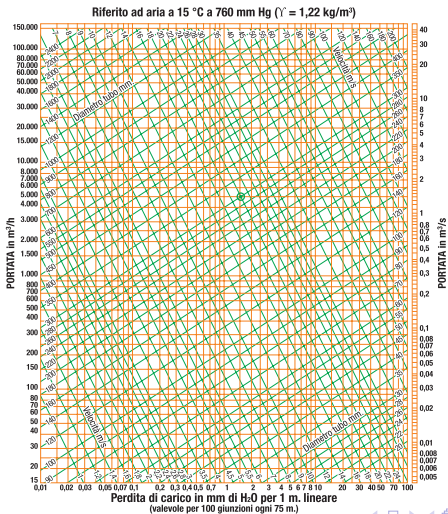


Perdite di carico continue dell'aria – CONDOTTI CIRCOLARI "LISCII" – $t = 50^\circ\text{C}$, $H = 0 \text{ m}_{\text{am}}$



fonte Caleffi

> Diagramma perdite di carico <



Metodo diretto

$$\Delta P_{conc} = \xi \frac{\rho v^2}{2} \text{ [Pa]}$$

$$\Delta P_{conc} = \xi_1 \frac{\rho v_1^2}{2} = \xi_2 \frac{\rho v_2^2}{2}$$

lunghezze equivalenti

$$L_{eq} = f \left(\frac{L}{D} \right)$$

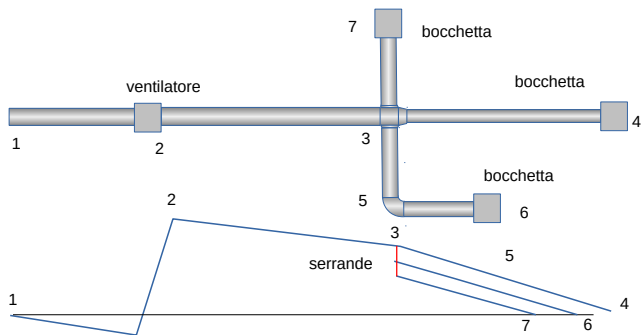
$$L_{tot} = L_{effettiva} + \sum L_{eq}$$

Perdita di carico uniforme

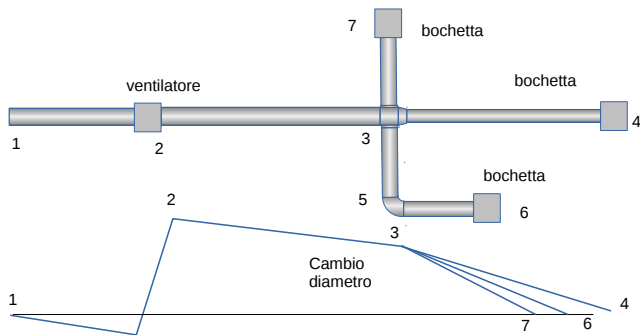
- metodo semplice e veloce
- ideale per sistemi simmetrici con simili distanze tra bocchette e ventilatori
- i canali vengono dimensionati con la stessa perdita di carico per unità di lunghezza
- si deve controllare che la pressione alle bocchette sia sufficiente
- devono essere bilanciati
 - cambio di dimensioni
 - inserimento di serrande

perdita di carico uniforme

bilanciamento con serrande

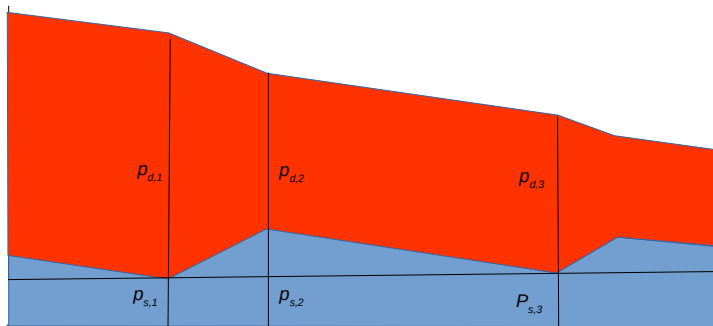
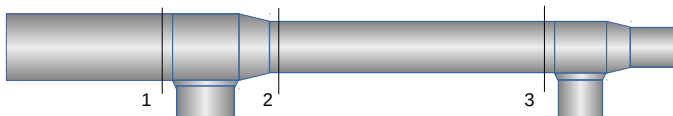


bilanciamento con riduzione di diametro



metodo del recupero della pressione statica

- ad ogni variazione di sezione si fa in modo da trasformare la pressione dinamica in statica
- si recupera il valore di P_{stat} all'inizio del tratto
- si cerca di mantenere una pressione statica uniforme
- posso assumerlo basso, basse pressioni alle pareti
- soluzione iterativa
- rete più bilanciata



determinazione delle dimensioni

pressioni

$$p_{t,1} = p_{s,1} + p_{d,1}$$

$$p_{t,3} = p_{s,3} + p_{d,3}$$

evidenziando la pressione statica

$$p_{s,1} = p_{t,1} - p_{d,1}$$

$$p_{s,3} = p_{t,3} - p_{d,3}$$

uguaglianza delle pressioni

$$p_{s,1} - p_{s,3} = p_{t,1} - p_{t,3} - (p_{d,1} - p_{d,3}) = 0$$

$$p_{s,1} - p_{s,3} = (p_{t,1} - p_{t,2}) + (p_{t,2} - p_{t,3}) - (p_{d,1} - p_{d,3}) = 0$$