

ESERCIZI SULLE RETI DI DISTRIBUZIONE DEI FLUIDI TERMOVETTORI

1.1 Rete di tubazioni per la distribuzione dell'acqua

$$Q = m \cdot c_p \cdot \Delta T \quad (0.1)$$

dove:

- m è la portata in massa di acqua [kg/s];
- c_p è il calore specifico a pressione costante, pari a 4,186 [kJ/kgK];
- ΔT è la differenza tra la temperatura di andata e la temperatura di ritorno.

Tabella 0.1 – Differenze di temperatura tipiche per reti distribuzione acqua.

Rete di distribuzione	Acqua a 5-10°C	Acqua a 40-50°C	Acqua a 80-90°C	Acqua a 120-180°C
molto estesa			20°C	60°C
Estesa			15°C	50°C
normale	5°C	10°C	10-15°C	

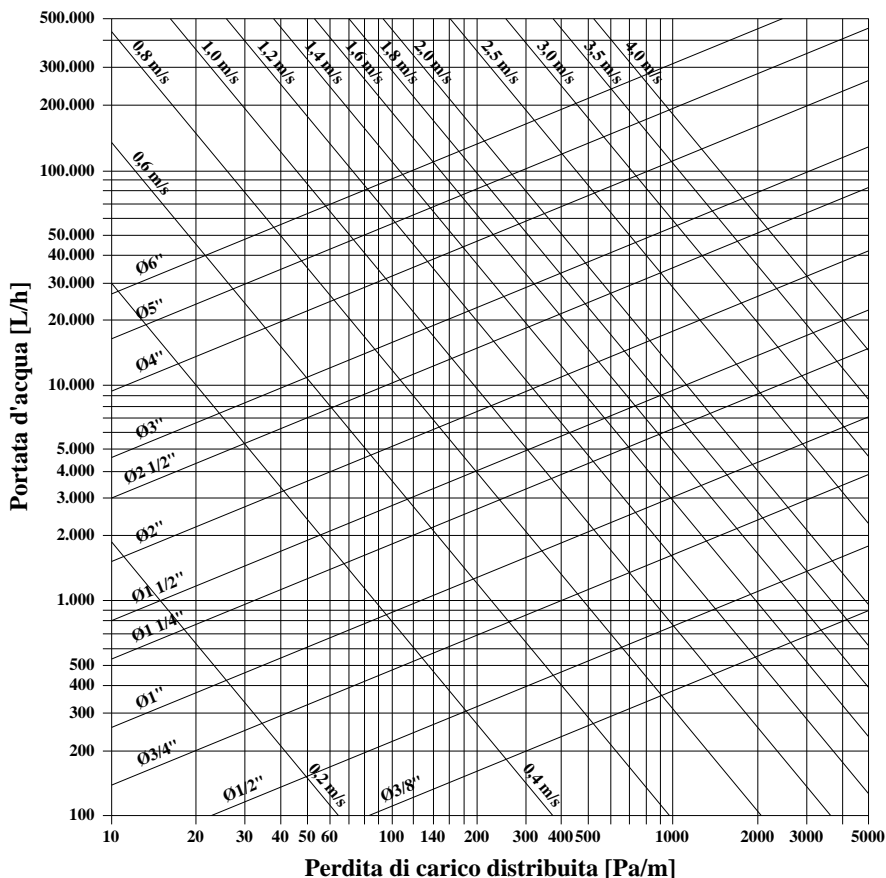


Figura 0.1 - Diagramma per il dimensionamento di tubazioni in acciaio.

Nel caso di **dimensionamento in funzione della velocità dell'acqua**, non conviene che il suo valore superi il limite di 1,5 m/s per evitare disturbi dovuti al rumore del fluido all'interno delle tubazioni, mentre non bisogna scendere al di sotto del limite di 0,3 m/s per favorire il trascinamento nel circuito dell'aria inizialmente presente.

Tabella 0.2 – Velocità dell'acqua consigliate per tubazioni [m/s].

Materiale	Acciaio	Rame
Tubazioni principali	1,5-2,5 m/s	0,9-1,2
Tubazioni secondarie	0,5-1,5	0,5-0,9
Derivazioni ai terminali	0,3-0,5	0,3-0,5

Nel caso di dimensionamento a **perdita di carico distribuita costante** è consigliabile assumere per tale perdita un valore di circa 100-200 Pa/m.

Tabella 0.3 – Valori del coefficiente ξ di perdita localizzata per tubazioni.

Tipo	Caratteristiche	Diametro tubi		
		3/8÷1/2"	3/4÷1"	> 1 1/4"
gomito a 90°		2	1,5	1
doppio gomito a 180°		3	2	1,5
curve a 90°	r/D = 1,5	2	1,5	1
	r/D = 2,5	1,5	1	0,5
	r/D=5	1	0,5	0,3
diramazione o confluenza	per il tronco che si dirama ad angolo retto	1,5		
	per il tronco che nella diramazione non cambia direzione	0		
	per il tronco che confluisce ad angolo retto	1		
	per il tronco che nella confluenza non cambia direzione	0,5		
T ad angolo retto	per i due tronchi in uscita	3		
	per il tronco in ingresso	0		
	per i due tronchi in ingresso	3		
	per il tronco in uscita	0		
T flusso avviato		metà dei valori previsti con T ad angolo retto		
cambiamento sezione	brusco allargamento di sezione, riferito alla velocità a monte	1		
	brusco restringimento di sezione, riferito alla velocità a monte	0,5		
Componente	caldaia	3		
	radiatore	3		
	piastra tubiera	5		
Valvole	valvole dirette	12		
	valvole a squadra	7		
	detentori diritti	20		
	detentori a squadra	8		
	Saracinesche			
	d = 10-15 mm	10		
	d = 20-25 mm	7		
	d = 32-40 mm	5		
d = 50 e oltre	4			

1.2 Rete di canalizzazioni per la distribuzione dell'aria

Nel caso di **dimensionamento in funzione della velocità dell'aria**, non conviene che il suo valore superi i limiti riportati nella seguente tabella.

Tabella 0.4 – Velocità dell'aria: valori massimi consigliati [m/s].

Utenza	Residenziale	Pubblica	Industriale
presa aria esterna	2,5	2,5	2,5
bocca premente ventilatore	7	8	10
canali principali	4	6	8
canali secondari	3	4	5
Tronchi	2,5	3	4

Nel caso di **dimensionamento a perdita di carico distribuita costante**, il valore di perdita di carico unitaria distribuita consigliata vale circa 1-2 Pa/m.

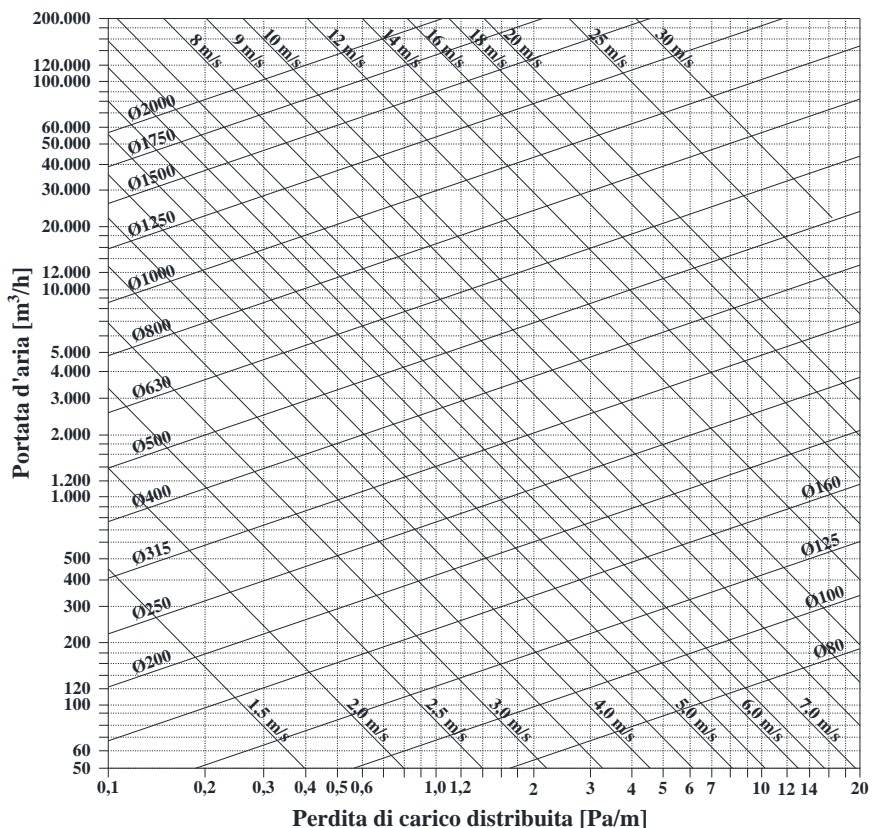


Figura 0.2 - Diagramma per il dimensionamento delle canalizzazioni dell'aria.

$$D_e = 1,3 \cdot \frac{(a \cdot b)^{0,625}}{(a + b)^{0,250}} \quad (0.2)$$

Tabella 0.5 – Diametri equivalenti per una condotta rettangolare.

		a [mm]							
		150	200	250	300	350	400	450	500
b [mm]	250	210	244	273					
	300	228	266	299	328				
	350	245	286	322	354	362			
	400	260	304	343	371	408	437		
	450	274	321	363	399	433	463	491	
	500	287	337	381	426	455	488	518	546
	550	299	351	397	439	476	511	543	573
	600	310	365	413	457	496	533	566	598
	650	321	378	428	474	515	553	588	622
	700	331	390	443	490	533	573	610	644
	750	340	402	456	505	550	591	630	666
	800	350	413	469	520	566	610	649	686
	850	359	424	482	534	582	626	667	706
	900	367	434	494	548	593	643	685	725
950	375	444	505	560	611	658	702	744	
1000	383	454	517	573	625	674	719	761	

Tabella 0.6 – Valori del coefficiente di perdita localizzata per canalizzazioni.

tipo	caratteristiche	ξ
Cambiamento di sezione	lenta variazione a mezzo divergente	0
	brusca variazione	0,5
Cambiamento di direzione	con angolo 90°, canale circolare o quadrato	1,5
	con angolo 90°, canale rettangolare	2
	con angolo 90° arrotondato	1
	con angolo 135°	0,5
	con angolo 90°, r/D < 5 (r raggio di raccordo, D diam. equiv.)	0,3
	con angolo 90°, r/D > 5 (r raggio di raccordo, D diam. equiv.)	0
Confluenza o diramazione	canale deviato di diametro D con raccordo	1,5
	canale non deviato di diametro d=D	1
	canale non deviato di diametro d > 1,5D	0,7
	canale non deviato di diametro d > 2D	0,4
	canale non deviato di diametro d > 3D	0,2
	canale non deviato di diametro d > 4D	0
	confluenza o diramazione a T	3
	confluenza o diramazione raccordata	1
Batterie di scambio termico	per rango	3,5
Bocchette e griglie	con sezione libera uguale a quella del canale	2
	rapporto sezione libera/sezione canale = 1,5	0,5

Esercizio 1: Dimensionamento di una canalizzazione per la distribuzione dell'aria

Si consideri la sala lettura di Figura 0.3, per la quale si voglia dimensionare una canalizzazione per la distribuzione dell'aria.

Il dato di input per il calcolo è la portata da distribuire.

Si consideri per la sala in oggetto una portata di aria pari a $1.200 \text{ m}^3/\text{h}$.

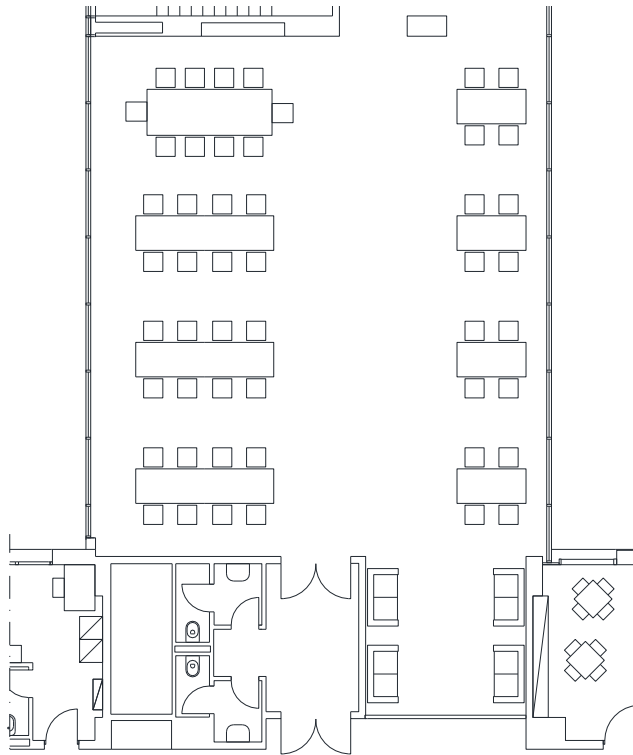


Figura 0.3 – Pianta della sala lettura.

Il primo passo da compiere è la schematizzazione delle canalizzazioni, che dovrà includere tutti gli elementi necessari ad una corretta definizione del problema:

- punto di inizio della canalizzazione;
- posizionamento delle bocchette di mandata e di ripresa dell'aria;
- indicazione di tutti i punti singolari (curve, diramazioni, ecc.).

Si è soliti procedere con la numerazione degli elementi caratteristici delle canalizzazioni (non esiste nessuna regola per la numerazione essendo i numeri funzionali unicamente all'identificazione), così come rappresentato in Figura

0.4; in tale Figura la mandata è rappresentata con linea continua e la ripresa con linea tratteggiata.

Per semplicità di esposizione, sarà trattata solo la sola canalizzazione di mandata, valendo per la canalizzazione di ripresa le medesime argomentazioni; per questo motivo, in Figura 0.4 si è proceduto alla numerazione degli elementi della sola canalizzazione di mandata.

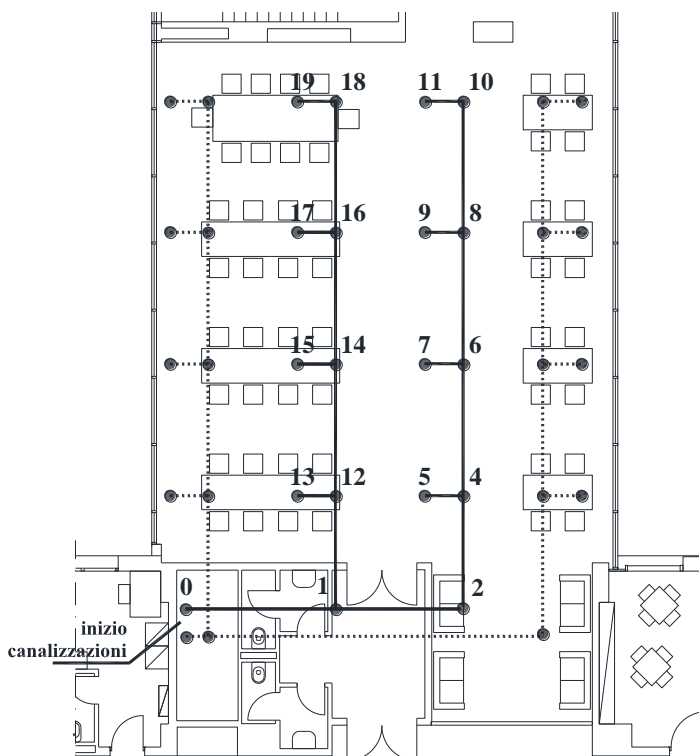


Figura 0.4 – Schematizzazione delle canalizzazioni.

Come si può osservare, si è cercato di realizzare una distribuzione uniforme dell'aria con bocchette di mandata (identificate dai numeri 5, 7, 9, 11, 13, 15, 17 e 19) collocate nella parte centrale della sala lettura e spaziate in maniera regolare all'interno dell'ambiente; in questo caso specifico le bocchette sono tutte uguali e hanno una portata da $150 \text{ m}^3/\text{h}$ cadauna.

Un ragionamento analogo è stato effettuato per il posizionamento delle bocchette di ripresa, spaziate regolarmente e collocate sui lati esterni della sala lettura.

Il dimensionamento di ogni tratto di canalizzazione dipende dalla portata d'aria che lo attraversa, che deve pertanto essere calcolata a partire dalla portata di ogni bocchetta (procedendo quindi da valle a monte).

Per calcolare le perdite di carico distribuite e concentrate è necessario caratterizzare opportunamente ogni tratto ed ogni elemento della canalizzazione, così come in Tabella 0.7.

Tabella 0.7 – Caratteristiche dimensionali e di portata della canalizzazione.

Id.	Tipo	Lunghezza [m]	Portata [m ³ /h]	Id.	Tipo	Lunghezza [m]	Portata [m ³ /h]
0	Inizio canalizzazione		1.200				
0-1	Tratto rettilineo	3,9	1.200				
1	Diramazione	-	1.200				
1-2	Tratto rettilineo	3,3	600				
2	Curva a 90°	-	600				
2-4	Tratto rettilineo	3,0	600	1-12	Tratto rettilineo	3,0	600
4	Diramazione	-	600	12	Diramazione	-	600
4-5	Tratto rettilineo	1,0	150	12-13	Tratto rettilineo	1,0	150
5	Bocchetta	-	150	13	Bocchetta	-	150
4-6	Tratto rettilineo	3,0	450	12-14	Tratto rettilineo	3,0	450
6	Diramazione	-	450	14	Diramazione	-	450
6-7	Tratto rettilineo	1,0	150	14-15	Tratto rettilineo	1,0	150
7	Bocchetta	-	150	15	Bocchetta	-	150
6-8	Tratto rettilineo	3,0	300	14-16	Tratto rettilineo	3,0	300
8	Diramazione	-	300	16	Diramazione	-	300
8-9	Tratto rettilineo	1,0	150	16-17	Tratto rettilineo	1,0	150
9	Bocchetta	-	150	17	Bocchetta	-	150
8-10	Tratto rettilineo	3,0	150	16-18	Tratto rettilineo	3,0	150
10	Curva a 90°	-	150	18	Curva a 90°	-	150
10-11	Tratto rettilineo	1,0	150	18-19	Tratto rettilineo	1,0	150
11	Bocchetta	-	150	19	Bocchetta	-	150

A questo punto, utilizzando il diagramma di Figura 0.2 (riportato per estratto in Figura 0.5) è possibile procedere al dimensionamento dei diversi tratti di canalizzazione, utilizzando come dati di input la portata e la perdita di carico, cercando di mantenere la perdita di carico tra 1 e 2 Pa/m; qualora risultassero velocità alte rispetto ai valori di Tabella 0.4, si procederà incrementando la sezione e riducendo perdita di carico e velocità.

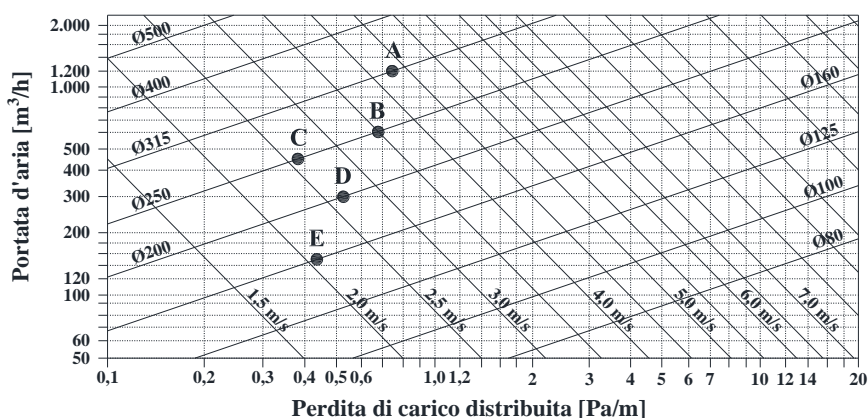


Figura 0.5 – Punti di lavoro.

Sul diagramma sono riportati 5 punti di lavoro (indicati con le lettere A, B, C, D, E) corrispondenti alle 5 portate individuate in Tabella 0.7 (rispettivamente 1.200, 600, 450, 300, 150 m³/h). Ad ogni punto di lavoro corrispondono portata d'aria, perdita di carico distribuita, diametro e velocità, così come riportato in Tabella 0.8; nel caso specifico, tutti i punti di lavoro sono al di fuori del range 1-2 Pa/m, essendo stati rideterminati per la necessità di mantenere la velocità al di sotto dei valori consigliati.

Tabella 0.8 – Caratteristiche dei punti di lavoro.

Id.	Portata [m ³ /h]	Perdita di carico distribuita [Pa/m]	Diametro [mm]	Velocità [m/s]	Note
A	1.200	0,75	315	4,3	Perdita di carico inferiore al range 1-2 Pa/m
B	600	0,68	250	3,5	Perdita di carico inferiore al range 1-2 Pa/m
C	450	0,38	250	2,6	Perdita di carico inferiore al range 1-2 Pa/m
D	300	0,53	200	2,7	Perdita di carico inferiore al range 1-2 Pa/m
E	150	0,44-	160	2,1	Perdita di carico inferiore al range 1-2 Pa/m

A questo punto si può procedere con il calcolo delle perdite di carico di ognuno dei circuiti dell'aria, dall'inizio della canalizzazione ad ognuna delle bocchette di uscita. Nel caso specifico, è possibile individuare 8 circuiti, quante sono le bocchette di mandata dell'aria.

Nel calcolo automatico, effettuato attraverso un calcolatore, si procederà a calcolare tutti i circuiti, essendo minime le risorse di calcolo necessarie.

Nel calcolo manuale, conviene individuare il circuito più sfavorito (o i circuiti apparentemente più sfavoriti, nel caso in cui l'individuazione non risulti immediata), ovvero il circuito caratterizzato dalle maggiori perdite di carico: per le modalità di dimensionamento utilizzate è, con ottime probabilità, il circuito più lungo.

Per comprendere quanto affermato di seguito saranno esposti i calcoli:

- del circuito 0-13 (il più favorito, perché più corto);
- del circuito 0-7 (intermedio);
- del circuito 0-11 (il più sfavorito, perché più lungo).

Tabella 0.9 – Circuito 0-13 – Perdite di carico distribuite e concentrate.

Id.	Tipo	Portata [m ³ /h]	L [m]	Perdita di carico distribuita [Pa/m]	Velocità [m/s]	ξ	Δp_d [Pa]	Δp_c [Pa]	
0	Inizio canalizzazione	1.200							
0-1	Tratto rettilineo	1.200	3,9	0,75	4,3	-	2,9		
1	Diramazione	1.200	-	-	4,3	1,5		16,6	
1-12	Tratto rettilineo	600	3,0	0,68	3,5		2,0		
12	Diramazione	600	-		3,5	1,5		11,0	
12-13	Tratto rettilineo	150	1,0	0,44	2,1		0,4		
13	Bocchetta	150	-		2,1	0,5		1,3	
Totale							5,3	28,9	
								34,2	

Tabella 0.10 – Circuito 0-7 – Perdite di carico distribuite e concentrate.

Id.	Tipo	Portata [m ³ /h]	L [m]	Perdita di carico distribuita [Pa/m]	Velocità [m/s]	ξ	Δp_d [Pa]	Δp_c [Pa]	
0	Inizio canalizzazione	1.200							
0-1	Tratto rettilineo	1.200	3,9	0,75	4,3	-	2,9		
1	Diramazione	1.200	-	-	4,3	1		11,0	
1-2	Tratto rettilineo	600	3,3	0,68	3,5		2,2		
2	Curva a 90°	600	0		3,5	1		7,3	
2-4	Tratto rettilineo	600	3	0,68	3,5		2,0		
4	Diramazione	600			3,5	0,7		5,1	
4-6	Tratto rettilineo	450	3	0,38	2,6		1,1		
6	Diramazione	450			2,6	1,5		6,0	
6-7	Tratto rettilineo	150	1	0,44	2,1		0,4		
7	Bocchetta	150	-		2,1	0,5		1,3	
Totale							8,6	30,7	39,3

Tabella 0.11 – Circuito 0-11 – Perdite di carico distribuite e concentrate.

Id.	Tipo	Portata [m ³ /h]	L [m]	Perdita di carico distribuita [Pa/m]	Velocità [m/s]	ξ	Δp_d [Pa]	Δp_c [Pa]	
0	Inizio canalizzazione	1.200							
0-1	Tratto rettilineo	1.200	3,9	0,75	4,3	-	2,9		
1	Diramazione	1.200	-	-	4,3	1		11,0	
1-2	Tratto rettilineo	600	3,3	0,68	3,5		2,2		
2	Curva a 90°	600	0		3,5	1		7,3	
2-4	Tratto rettilineo	600	3	0,68	3,5		2,0		
4	Diramazione	600			3,5	0,7		5,1	
4-6	Tratto rettilineo	450	3	0,38	2,6		1,1		
6	Diramazione	450			2,6	0,7		2,8	
6-8	Tratto rettilineo	300	3,0	0,53	2,7		1,5		
8	Diramazione	300	-		2,7	0,7		3,0	
8-10	Tratto rettilineo	150	3,0	0,44	2,1		1,3		
10	Curva a 90°	150	-		2,1	1		2,6	
10-11	Tratto rettilineo	150	1,0	0,44	2,1		0,4		
11	Bocchetta	-	150		2,1	0,5		1,3	
Totale							11,4	33,1	44,5

Avendo concluso i calcoli:

- il circuito 0-13 (il più favorito, perché più corto) presenta una perdita di carico di 34,2 Pa;
- il circuito 0-7 (intermedio) presenta una perdita di carico di 39,3 Pa;
- il circuito 0-11 (il più sfavorito, perché più lungo) presenta una perdita di carico di 44,5 Pa;
- tutti gli altri circuiti (intermedi), analogamente al circuito 0-7, presenteranno perdite di carico comprese tra 34,2 Pa e 44,5 Pa.

Per il dimensionamento del ventilatore si dovrà utilizzare la perdita di carico più alta, quella del circuito più sfavorito; per l'equilibratura dei diversi circuiti si dovranno aggiungere serrande di taratura su tutti i circuiti, in grado di compensare le differenze di perdita di carico tra un circuito e l'altro.

Ripetendo i calcoli per la canalizzazione di ripresa, si ottiene il dimensionamento di Figura 0.6.

Le canalizzazioni di ripresa, in questo caso specifico, sono più piccole essendo la portata di ripresa minore della portata di mandata ($1.000 \text{ m}^3/\text{h}$, contro $1.200 \text{ m}^3/\text{h}$).

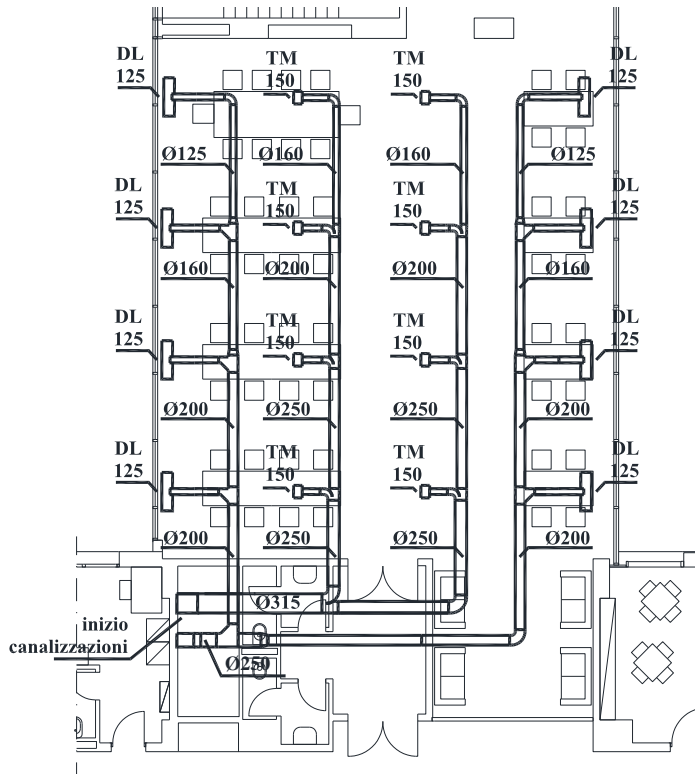


Figura 0.6 – Pianta con canalizzazioni dimensionate.

Esercizio 2: Dimensionamento di una rete di tubazioni per la distribuzione dell'acqua

Si consideri la sala lettura di Figura 0.7, per la quale si voglia dimensionare una rete di tubazioni per la distribuzione di acqua come fluido termovettore, necessario all'alimentazione di ventilconvettori a due tubi.

Il dato di input per il calcolo è la potenza invernale ed estiva dei ventilconvettori, dalla quale calcolare la portata di acqua da distribuire.

Si consideri per la sala in oggetto una potenza invernale dei ventilconvettori pari a 8,0 kW ed una potenza estiva pari a 10,0 kW.

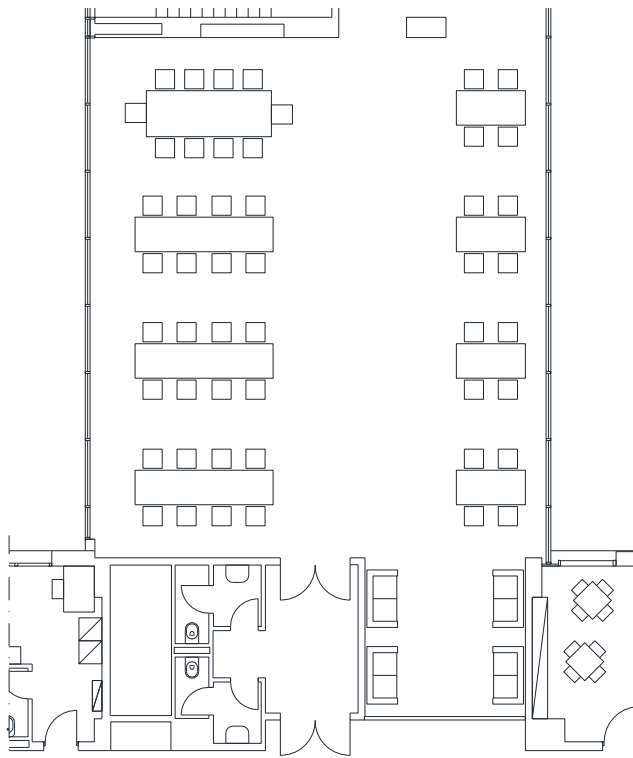


Figura 0.7 – Pianta della sala lettura.

Il primo passo da compiere è la schematizzazione delle tubazioni, che dovrà includere tutti gli elementi necessari ad una corretta definizione del problema:

- punto di inizio della tubazione;
- posizionamento dei ventilconvettori;
- indicazione di tutti i punti singolari (curve, diramazioni, ecc.).

Si procede con la numerazione degli elementi caratteristici delle tubazione (non esiste nessuna regola per la numerazione essendo i numeri funzionali unicamente all'identificazione), così come rappresentato in Figura 0.8.

Il circuito di distribuzione dell'acqua, a differenza di quanto visto per l'aria, è un circuito chiuso, con una tubazione di andata ed una tubazione di ritorno; nella maggior parte dei casi le tubazioni di andata e di ritorno hanno le medesime caratteristiche e corrono l'una parallela all'altra. Nello schema di Figura 0.8 si è inteso rappresentare con un solo tratto entrambe le tubazioni.

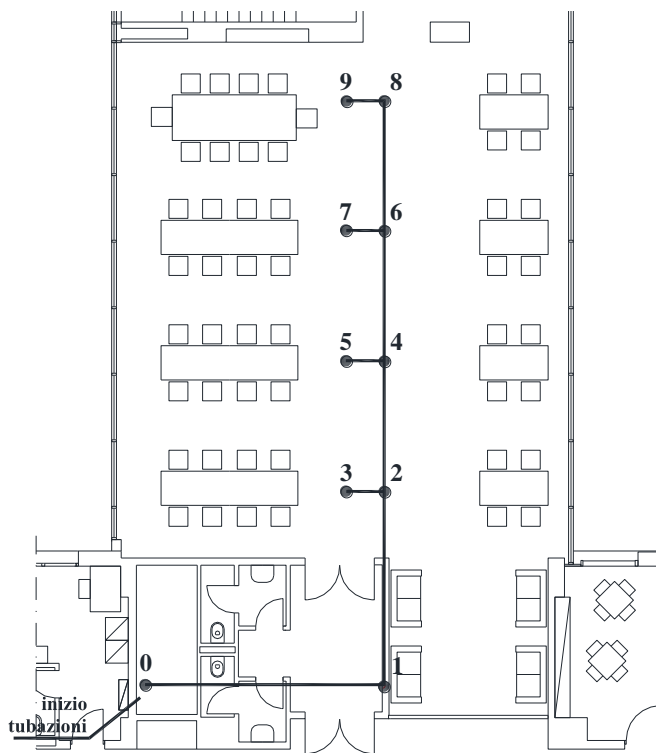


Figura 0.8 – Schematizzazione delle tubazioni.

Come si può osservare, si è cercato di distribuire uniformemente i ventilconvettori (identificati dai numeri 3, 5, 7, e 9) all'interno della sala lettura; in questo caso specifico, i ventilconvettori sono tutti uguali e hanno una potenza invernale di 2,0 kW cadauno ed una potenza estiva di 2,5 kW cadauno.

Il dimensionamento di ogni tratto di tubazione dipende dalla portata d'acqua che lo attraversa, che deve pertanto essere calcolata (procedendo da monte a valle o viceversa), a partire dalla potenza di ogni ventilconvettore e dalle differenze di temperatura di esercizio della rete. Nel caso specifico, per il calcolo della portata si considera una differenza di temperatura di 10°C in inverno e di 5°C in estate.

Per calcolare le perdite di carico distribuite e concentrate è necessario caratterizzare opportunamente ogni tratto ed ogni elemento della tubazione, così come in Tabella 0.12.

Tabella 0.12 – Caratteristiche dimensionali e di portata delle tubazioni.

Id.	Tipo	Lungh. [m]	Pot. invern. [kW]	ΔT invern. [°C]	Portata invern. [kg/s]	Pot. estiva [kW]	ΔT estivo [°C]	Portata estiva [kg/s]	Portata di progetto [kg/s]	Portata di progetto [L/h]
0	Inizio tubazione		8,00	10	0,191	10,00	5	0,477	0,477	1717
0-1	Tratto rettilineo	6,3	8,00	10	0,191	10,00	5	0,477	0,477	1717
1	Curva a 90°	-	8,00	10	0,191	10,00	5	0,477	0,477	1717
1-2	Tratto rettilineo	5,2	8,00	10	0,191	10,00	5	0,477	0,477	1717
2	Diramazione	-	8,00	10	0,191	10,00	5	0,477	0,477	1717
2-3	Tratto rettilineo	1	2,00	10	0,047	2,50	5	0,119	0,119	428
3	Ventilconvettore, con valvole di collegamento	-	2,00	10	0,047	2,50	5	0,119	0,119	428
2-4	Tratto rettilineo	3,4	6,00	10	0,143	7,50	5	0,358	0,358	1289
4	Diramazione	-	6,00	10	0,143	7,50	5	0,358	0,358	1289
4-5	Tratto rettilineo	1	2,00	10	0,047	2,50	5	0,119	0,119	428
5	Ventilconvettore, con valvole di collegamento	-	2,00	10	0,047	2,50	5	0,119	0,119	428
4-6	Tratto rettilineo	3,4	4,00	10	0,095	5,00	5	0,238	0,238	857
6	Diramazione	-	4,00	10	0,095	5,00	5	0,238	0,238	857
6-7	Tratto rettilineo	1	2,00	10	0,047	2,50	5	0,119	0,119	428
7	Ventilconvettore, con valvole di collegamento	-	2,00	10	0,047	2,50	5	0,119	0,119	428
6-8	Tratto rettilineo	3,4	2,00	10	0,047	2,50	5	0,119	0,119	428
8	Curva a 90°	-	2,00	10	0,047	2,50	5	0,119	0,119	428
8-9	Tratto rettilineo	1	2,00	10	0,047	2,50	5	0,119	0,119	428
9	Ventilconvettore, con valvole di collegamento	-	2,00	10	0,047	2,50	5	0,119	0,119	428

La portata di progetto, riportata nelle ultime due colonne di destra della tabella, è la maggiore tra la portata invernale e la portata estiva. La conversione dell'unità di misura serve per utilizzare il diagramma di Figura 0.1.

A questo punto, è possibile procedere al dimensionamento dei diversi tratti di tubazione, utilizzando come dati di input la portata e la perdita di carico, cercando di mantenere la perdita di carico tra 100 e 200 Pa/m; qualora risultassero velocità al di fuori degli intervalli di Tabella 0.2, si procederà con i necessari aggiustamenti incrementando (o decrementando) la sezione e riducendo (o aumentando) perdita di carico e velocità.

In Figura 0.9 (diagramma estratto dalla Figura 0.1), sono riportati i 4 punti di lavoro (indicati con le lettere A, B, C, D) corrispondenti alle 4 portate individuate in Tabella 0.12 Tabella 0.7 (rispettivamente 1.717, 1.289, 857 e 428 L/h). Ad ogni punto di lavoro corrispondono portata d'acqua, perdita di carico distribuita, diametro e velocità, così come riportato in Tabella 0.13; nel caso specifico, per verificare le velocità dell'acqua i diversi tratti sono stati assimilati a "derivazione ai terminali".

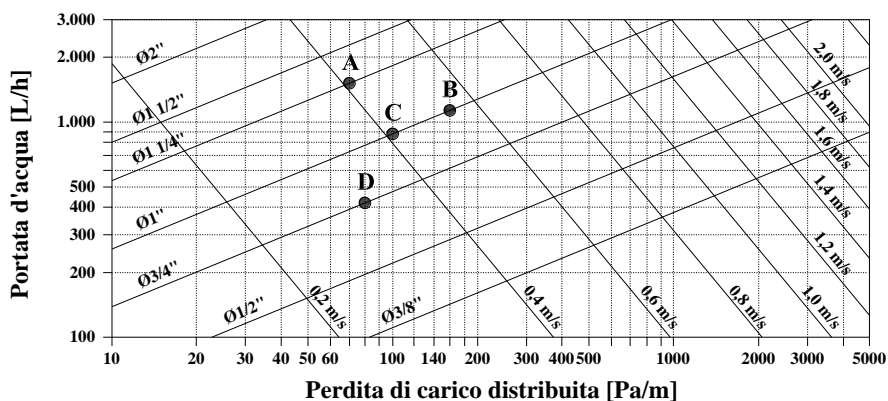


Figura 0.9 – Punti di lavoro.

Tabella 0.13 – Caratteristiche dei punti di lavoro.

Id.	Portata [L/h]	Perdita di carico distribuita [Pa/m]	Diametro [mm]	Velocità [m/s]	Note
A	1.717	70	1 1/4"	0,42	Perdita di carico inferiore al range 100-200 Pa/m
B	1.289	160	1"	0,55	
C	857	100	1"	0,43	
D	428	80	3/4"	0,33	Perdita di carico inferiore al range 100-200 Pa/m

A questo punto si può procedere con il calcolo delle perdite di carico di ognuno dei circuiti dell'acqua, dall'inizio della tubazione ad ognuno dei ventilconvettori, considerando per le tubazioni un percorso di andata ed un percorso di ritorno. Nel caso specifico, è possibile individuare 4 circuiti, quanti sono i ventilconvettori.

Nel calcolo automatico, effettuato attraverso un calcolatore, si procederà a calcolare tutti i circuiti, essendo minime le risorse di calcolo necessarie.

Nel calcolo manuale, conviene individuare il circuito più sfavorito (o i circuiti apparentemente più sfavoriti, nel caso in cui l'individuazione non risulti immediata), ovvero il circuito caratterizzato dalle maggiori perdite di carico: per le modalità di dimensionamento utilizzate è, con buona probabilità, il circuito più lungo.

Per comprendere quanto affermato di seguito saranno esposti i calcoli:

- del circuito 0-3 (il più favorito, perché più corto);
- del circuito 0-9 (il più sfavorito, perché più lungo).

Tabella 0.14 – Circuito 0-3 – Perdite di carico distribuite e concentrate.

Id.	Tipo	Portata [L/h]	L [m]	Perdita di carico distribuita [Pa/m]	Velocità [m/s]	ξ	Δp_d [Pa]	Δp_c [Pa]
0	Inizio tubazione	1.717						
0-1	Tratto rettilineo	1.717	12,6 (A+R)	70	0,42	-	882	
1	Curva a 90°	1.717	-	-	0,42	1		88
1-2	Tratto rettilineo	1.717	10,4 (A+R)	70	0,42		728	
2	Diramazione	1.717	-		0,42	1,5		132
2-3	Tratto rettilineo	428	2 (A+R)	80	0,33		160	
3	Ventilconvettore, con valvole di collegamento	428	-		0,33	5+7+7=19		1035
TOTALE							1.770	1.255
							3.025	

Tabella 0.15 – Circuito 0-9 – Perdite di carico distribuite e concentrate.

Id.	Tipo	Portata [L/h]	L [m]	Perdita di carico distribuita [Pa/m]	Velocità [m/s]	ξ	Δp_d [Pa]	Δp_c [Pa]
0	Inizio tubazione	1.717						
0-1	Tratto rettilineo	1.717	12,6 (A+R)	70	0,42	-	882	
1	Curva a 90°	1.717	-	-	0,42	1		88
1-2	Tratto rettilineo	1.717	10,4 (A+R)	70	0,42		728	
2	Diramazione	1.717	-		0,42	0		-
2-4	Tratto rettilineo	1.289	6,8 (A+R)	160	0,55		1 088	
4	Diramazione	1.289	-		0,55	0		-
4-6	Tratto rettilineo	857	6,8 (A+R)	100	0,43		680	
6	Diramazione	857	-		0,43	0		-
6-8	Tratto rettilineo	428	6,8 (A+R)	80	0,33		544	
8	Curva a 90°	428	-		0,33	1		54
8-9	Tratto rettilineo	428	2 (A+R)	80	0,33		160	
9	Ventilconvettore, con valvole di collegamento	428	-		0,33	5+7+7=19		1 035
TOTALE							4.082	1.177
							5.259	

Avendo concluso i calcoli:

- il circuito 0-3 (il più favorito, perché più corto) presenta una perdita di carico di 3.025 Pa;
- il circuito 0-9 (il più sfavorito, perché più lungo) presenta una perdita di carico di 5.259 Pa;
- tutti gli altri circuiti (intermedi), presenteranno perdite di carico comprese tra 3.025 Pa e 5.259 Pa.

Per il dimensionamento della pompa di circolazione si dovrà utilizzare la perdita di carico più alta, quella del circuito più sfavorito; per l'equilibratura dei diversi circuiti si dovranno aggiungere valvole di taratura su tutti i circuiti, in grado di compensare le differenze di perdita di carico tra un circuito e l'altro.

In Figura 0.10 è riportata la rete di tubazioni, con relativo dimensionamento.

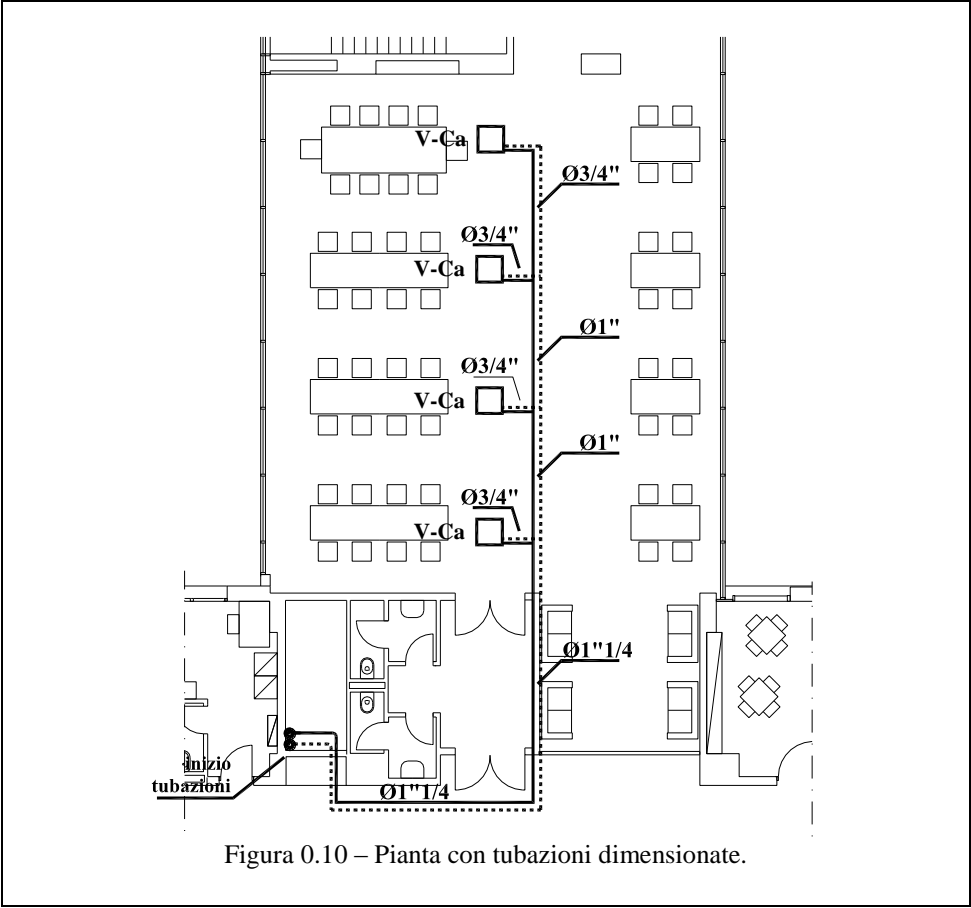


Figura 0.10 – Pianta con tubazioni dimensionate.