

Laboratorio di Progettazione 3M  
prof. Giovanni Longobardi

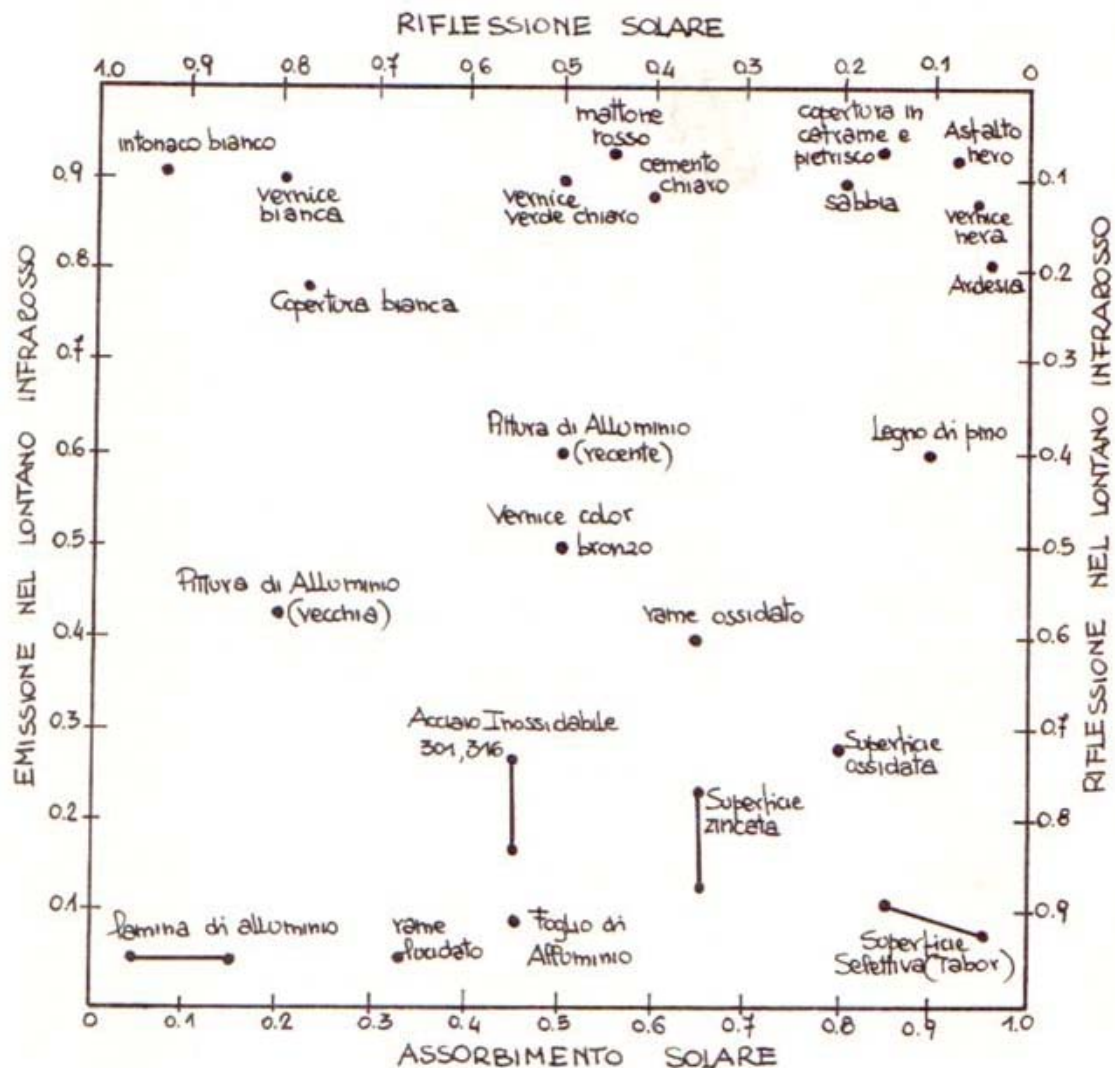
DIMENSIONAMENTO DEGLI  
IMPIANTI DI CLIMATIZZAZIONE  
prof. Marco Frascarolo

Università degli Studi di Roma Tre  
Facoltà di Architettura  
A.A. 2010- 2011

## Comportamento dei materiali in riflessione ed assorbimento per radiazione:

a alta T - solare: luce + calore (infrarossi) – vd. assi orizzontali

a bassa T - riemissione di solo calore (infrarossi) da parte dei materiali – vd. assi verticali



Laboratorio di Progettazione 3M - prof. Giovanni Longobardi  
Modulo di Fisica Tecnica - prof. Marco Frascarolo

# Tabella per il calcolo dei carichi termici estivi attraverso le superfici opache considerando il contributo dell'irraggiamento solare.

Attraverso il concetto di temperatura equivalente si possono utilizzare le relazioni valide in regime stazionario

**Tab. 2-73 - Differenze di temperatura equivalente  $\Delta T_{eq}$  (°C) per calcolare il calore entrante attraverso i muri esposti al sole e muri in ombra.** Valida per <sup>(1)</sup>: muri di colore scuro - temperatura esterna al bulbo asciutto 34°C - temperatura ambiente 26°C - escursione termica giornaliera 11°C - mese luglio - 40° latitudine nord <sup>(2)</sup>

Parete rivolta a	Peso del muro (kg m <sup>-2</sup> ) <sup>(3)</sup>	Ora solare											
		6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
Nord-Est	100	2.5	8.1	11.9	12.5	13.1	10.2	7.4	6.9	6.4	6.9	7.4	7.4
	300	-0.8	-1.4	-1.4	2.5	13.1	11.9	10.8	8.1	5.3	5.8	6.4	6.9
	500	1.9	1.3	1.9	1.9	1.9	5.3	8.1	7.4	6.4	5.3	5.8	5.8
	700	2.5	2.5	3	3	3	3	3	5.3	7.4	8.5	7.4	6.4
Est	100	0.2	9.2	16.4	18.1	19.7	19.2	17.4	10.8	6.4	6.9	7.4	7.4
	300	-0.8	-0.8	-0.3	11.3	16.4	16.9	16.9	10.2	7.4	6.9	6.4	6.9
	500	2.5	2.5	3	4.2	7.4	10.8	13.1	13.6	13.1	10.8	9.7	8.5
	700	5.8	5.3	5.3	4.7	4.2	4.7	5.3	8.1	9.7	10.2	9.7	9.2
Sud-Est	100	5.3	3	6.9	10.2	14.1	14.7	15.2	14.1	13.1	10.2	8.5	8.1
	300	0.2	0.2	-0.3	6.9	10.8	13.1	15.2	14.1	13.6	11.3	9.7	8.1
	500	3.6	3.6	3	3	3	5.8	8.5	9.2	9.7	10.2	9.7	8.5
	700	4.7	4.2	4.2	4.2	4.2	3.6	3	5.8	7.4	8.1	8.5	9.7
Sud	100	-0.8	-1.4	0.2	1.9	7.4	11.9	14.7	16.4	15.2	14.1	14.1	10.8
	300	-0.8	-1.9	-1.9	-1.4	3.6	6.4	10.8	13.1	13.6	14.1	14.1	12.5
	500	1.9	1.9	0.8	0.8	1.3	1.9	4.1	6.4	8.1	8.5	8.5	9.7
	700	3.6	3	2.5	1.9	1.9	1.9	1.9	3.6	5.3	5.3	5.3	6.9
Sud-Ovest	100	-1.4	-2.5	-2.5	-1.4	-0.3	1.9	3	10.2	14.1	18.6	21.9	22.5
	300	0.8	0.2	-0.3	-0.3	-0.3	0.2	0.8	4.2	6.4	13.1	17.5	10.2
	500	3.6	2.5	3	2.5	1.9	2.5	3	3.6	4.2	6.4	7.4	10.2
	700	4.2	4.2	4.2	4.2	4.2	3.6	3	3	3.6	4.2	4.7	4.7
Ovest	100	-1.4	-1.9	-2.5	-1.4	-0.3	1.3	3	7.4	10.8	17.5	21.9	24.7
	300	0.8	0.2	-0.3	-0.3	-0.3	0.8	1.9	3.6	5.3	10.2	14.2	18.6
	500	3.6	3.6	3	3	3	3	3	3.6	4.2	5.3	6.4	9.2
	700	6.4	5.8	5.3	4.7	4.2	4.2	4.2	4.7	5.3	5.3	5.3	5.8
Nord-Ovest	100	-1.9	-2.5	-2.5	-0.3	1.3	1.3	3	5.3	6.4	10.2	13.1	18.1
	300	-1.4	-1.9	-2.5	-1.4	-0.3	0.8	3	4.2	5.3	6.4	11.3	11.3
	500	2.5	1.9	1.9	1.9	1.9	1.9	1.9	1.9	1.9	2.5	3	4.7
	700	4.2	3.6	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3.6
Nord (omb.)	100	-1.9	-1.9	-2.5	-1.9	-1.4	0.2	1.9	4.2	5.3	6.4	7.4	6.9
	300	-1.9	-1.9	-2.5	-1.9	-1.4	-0.8	-0.3	1.3	3	4.2	5.3	5.8
	500	0.2	0.2	-0.3	-0.3	-0.3	-0.3	0.2	0.8	1.3	1.9	2.5	2.5
	700	0.2	0.2	-0.3	-0.3	-0.3	-0.3	-0.2	0.2	0.8	1.3	1.3	1.3

Parete rivolta a	Peso del muro (kg m <sup>-2</sup> ) <sup>(3)</sup>	Ora solare											
		18	19	20	21	22	23	24	1	2	3	4	5
Nord-Est	100	7.4	6.4	5.3	4.2	3	1.9	0.8	-0.3	-1.4	-1.9	-2.5	-1.4
	300	7.4	6.9	6.4	5.8	5.3	4.2	3	1.9	0.8	0.2	-0.3	-0.8
	500	6.4	6.4	6.4	5.8	5.3	4.7	4.2	3.6	3	3	2.5	2.5
	700	5.3	5.3	5.3	5.3	5.3	5.3	5.3	4.7	4.7	4.2	3.6	3.6
Est	100	7.4	6.4	5.3	4.2	3	1.9	0.8	-0.3	-0.8	-1.4	-1.9	-1.9
	300	7.4	6.9	6.4	5.8	5.3	4.2	2.5	1.9	1.3	0.2	0.2	-0.3
	500	7.4	7.4	7.4	6.9	6.4	5.8	5.3	4.7	4.2	3.6	3.6	3
	700	8.5	7.4	6.4	6.9	7.4	7.4	6.9	6.9	6.9	6.4	6.4	6.4
Sud-Est	100	7.4	6.4	5.3	4.2	3	1.9	0.8	-0.3	-0.8	-0.8	-1.4	-1.4
	300	7.4	6.9	6.4	5.8	5.3	4.2	3	2.5	1.9	1.3	1.3	0.8
	500	7.4	6.9	7.4	5.8	5.3	5.3	4.7	4.7	4.2	4.2	4.2	3.6
	700	8.5	8.1	7.4	6.9	6.4	6.4	6.4	5.8	5.8	5.3	5.3	4.7
Sud	100	8.5	6.4	5.3	3.6	3	1.3	0.8	0.2	0.2	-0.3	-0.3	-0.8
	300	10.8	8.1	6.4	5.3	4.2	3	1.9	0.8	0.2	0.2	-0.3	-0.8
	500	9.7	8.1	7.4	5.8	5.3	4.7	4.2	4.2	3.6	3	3	2.5
	700	7.4	8.1	8.5	8.5	7.4	6.4	5.3	5.3	4.7	4.7	4.2	3.6
Sud-Ovest	100	23.1	16.4	13.1	6.4	3	1.9	0.8	0.2	0.2	-0.3	-0.8	-0.8
	300	19.7	19.2	18.6	10.8	5.3	3.6	3	2.5	1.9	1.9	1.3	1.3
	500	11.9	12.5	13.1	12.5	11.9	8.1	5.3	5.3	4.7	4.7	4.2	3.6
	700	5.3	8.1	9.7	10.2	10.8	6.9	4.7	4.2	4.2	4.2	4.2	4.2
Ovest	100	26.3	18.6	11.9	7.4	4.2	2.5	0.8	0.2	-0.3	-0.3	-0.8	-0.8
	300	21.9	22.5	19.7	15.2	8.5	5.3	3	2.5	1.9	1.3	1.3	0.8
	500	10.8	13.6	15.2	14.7	14.1	10.2	7.4	6.4	5.8	5.3	4.7	4.2
	700	6.4	7.4	8.5	11.3	11.9	12.5	11.9	10.8	9.7	8.5	8.1	6.9
Nord-Ovest	100	21.9	20.3	18.6	9.7	3	1.9	0.8	-0.3	-0.8	-0.8	-1.4	-1.4
	300	16.4	16.9	17.5	11.3	6.4	4.2	3	1.9	1.3	0.2	-0.3	-0.8
	500	6.4	9.1	10.8	11.3	11.9	7.4	4.2	3.6	3.6	3	3	2.5
	700	4.2	4.7	5.3	7.4	9.7	10.2	10.8	8.5	6.9	5.8	5.3	4.7
Nord (omb.)	100	6.4	5.3	4.2	3	1.9	0.8	-0.3	-0.3	-0.8	-0.8	-1.4	-1.4
	300	6.4	6.4	6.4	5.3	4.2	3	1.9	0.8	0.2	-0.3	-0.8	-1.4
	500	2.5	2.5	4.2	3.6	3	2.5	1.9	1.3	1.3	0.8	0.8	0.2
	700	1.9	2.5	3	3.6	4.2	3.6	3	1.9	1.3	0.8	0.8	0.2

(1) Tutti i valori sono validi sia per muri isolati che per muri non isolati (2) Per altre condizioni riferirsi alle correzioni della Tab. 2-75. (3) Per muri di peso inferiore ai 100 Kg m<sup>-2</sup> impiegare i dati relativi a 100 Kg m<sup>-2</sup> Fonte: CARRIER Corporation.

**Tab. 2-74 - Differenze di temperatura equivalente  $\Delta T_{eq}$  (°C) per calcolare il calore entrante attraverso tetti soleggiati e tetti in ombra, colore scuro.** Valida per <sup>(1)</sup>: temperatura esterna al bulbo asciutto 34°C - temperatura ambiente 26°C - escursione termica giornaliera 11°C - mese luglio - 40° latitudine nord <sup>(2)</sup>

Tetto	Peso del tetto (kg m <sup>-2</sup> )	Ora solare											
		6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
Esposto al sole	50	-2.5	-3.6	-4.1	-3.1	-0.8	3.6	8.1	13.1	17.5	20.8	23.6	25.2
	100	-0.3	-0.8	-1.4	-0.8	0.8	4.7	8.5	12.5	16.4	19.7	22.5	23.6
	200	1.9	1.3	0.8	1.3	3	5.3	8.5	12.5	15.2	18.1	20.8	21.9
	300	4.7	4.2	3	3.6	4.2	5.8	8.5	11.9	14.7	16.9	19.2	20.8
	400	6.9	6.4	5.8	5.8	6.4	6.9	8.5	11.9	14.1	15.2	17.5	19.2
Ricoperto di acqua	100	-3.1	-1.4	-0.3	0.8	1.9	5.3	8.5	10.2	11.9	10.8	9.7	8.5
	200	-1.9	-1.4	-0.8	-0.8	-0.3	2.5	5.3	6.9	8.1	8.1	8.5	8.1
	300	-0.8	-1.4	-1.4	-1.4	-1.4	0.8	2.5	3.6	5.3	6.4	7.4	8.1
Irrorato di acqua	100	-2.5	-1.4	-0.3	0.8	1.9	4.2	6.4	8.1	9.7	9.2	8.5	8.1
	200	-1.4	-1.4	-0.8	-0.8	-0.3	0.8	2.5	4.7	6.9	7.4	7.4	7.4
	300	-0.8	-1.4	-1.4	-1.4	-1.4	-0.3	0.8	2.5	4.2	8.5	6.4	6.9
In ombra	100	-3.1	-3.1	-2.5	-1.4	-0.3	0.8	3	4.7	6.4	6.9	7.4	6.9
	200	-3.1	-3.1	-2.5	-1.9	-1.4	-0.3	0.8	2.5	4.2	5.3	6.4	6.9
	300	-1.9	-1.9	-1.4	-1.4	-1.4	-0.3	0.8	1.9	3	4.2	4.7	4.7

Tetto	Peso del tetto (kg m <sup>-2</sup> )	Ora solare											
		18	19	20	21	22	23	24	1	2	3	4	5
Esposto al sole	50	24.7	22.5	19.2	15.2	11.9	8.5	5.3	3.6	1.3	0.2	-0.8	-1.9
	100	23.6	21.9	19.2	16.4	13.6	10.8	8.1	6.4	4.2	3	3	0.8
	200	22.5	21.3	19.2	17.5	15.2	13.1	10.8	9.2	6.9	5.8	5.8	3
	300	21.3	20.8	19.7	18.6	16.9	15.2	13.6	11.9	9.7	8.5	8.5	5.8
	400	20.3	20.3	19.2	18.6	18.6	17.5	16.4	14.7	12.5	10.8	10.8	7.4
Ricoperto di acqua	100	7.4	6.4	5.3	3	0.8	0.2	0.2	-0.8	-1.4	-1.9	-2.5	-3.1
	200	8.1	7.4	6.4	5.3	3.6	2.5	1.3	0.2	-0.8	-1.4	-1.9	-1.9
	300	8.5	8.1	7.4	6.4	5.3	4.2	3	1.9	1.3	0.8	0.2	-0.3
Irrorato di acqua	100	7.4	6.4	5.3	3	0.8	0.2	-0.3	-0.8	-1.4	-1.4	-1.9	-1.9
	200	7.4	6.9	6.4	4.7	3.6	2.5	1.3	0.2	-0.3	-0.3	-0.8	-0.8
	300	7.4	6.9	6.4	5.8	5.3	4.2	3	1.9	0.8	0.2	-0.3	-0.8
In ombra	100	6.4	5.3	4.2	2.5	0.8	0.2	-0.3	-0.8	-1.9	-2.5	-3.1	-3.1
	200	6.4	5.8	5.3	4.2	3	1.9	0.8	-0.3	-0.8	-1.9	-2.5	-3.1
	300	5.3	5.3	5.3	4.7	4.2	3	1.9	0.8	0.2	-0.3	-0.8	-1.4

(1) Nel caso in cui il sottotetto sia ventilato e il soffitto isolato, ridurre la differenza di temperatura equivalente del 25%. Per tetti inclinati, si usi l'area del tetto proiettata su un piano orizzontale (2) Per altre condizioni riferirsi alle correzioni della Tab. 2-75. (3) Per muri di peso inferiore ai 100 Kg m<sup>-2</sup> impiegare i dati relativi a 100 Kg m<sup>-2</sup> Fonte: CARRIER Corporation.

$m_f$  massa frontale è la somma della densità di ogni strato moltiplicata per la superficie: determina lo smorzamento ed il tempo di ritardo dell'onda termica  
 In una trattazione più approfondita andrebbero inseriti coefficienti correttivi che tengono conto del colore della parete e dei diversi andamenti di temperatura dell'aria esterna

Laboratorio di Progettazione 3M  
 prof. Giovanni Longobardi  
 Modulo di Fisica Tecnica prof. Marco Frascarolo

# Calcolo dei carichi termici interni

Potenze termiche emesse dalle persone  
(valide per una temperatura ambiente di 26 °C).

Attività	Applicazione	Flusso termico sensibile [W]	Flusso termico latente [W]	Flusso termico totale [W]
Seduto a riposo	Teatri	60	40	100
Lavoro leggero	Scuole	60	50	110
Attiv. moderata	Uffici, alberghi	55	70	125
Passeggio	Farmacie, negozi	55	80	135
Lavoro sedentario	Banche	55	80	135
Lavoro in piedi	Ristoranti	70	90	160
Cammino 5 km/h	Fabbriche	100	190	290
Ballo moderato	Discoteche	80	170	250
Lavoro pesante	Fabbriche	145	280	425

Il flusso sensibile rappresenta il calore, il latente è collegato alla produzione di vapor d'acqua con la respirazione e l'evaporazione cutanea e quindi all'esigenza di deumidificazione: per un primo dimensionamento si consideri il flusso totale, come carico termico legato alla presenza di persone.

## Potenza termica emessa dalle lampade:

**5-25 W/m<sup>2</sup>** (al variare dei flussi installati: 5-10 per lampade a scarica e fluorescenti, 15-25 per lampade ad incandescenza). Valori bassi per illuminazione diretta, alti per illuminazione indiretta

## Dimensionamento di massima delle centrali tecnologiche

Impianto	Componente	Potenzialità	Dimensioni centrale tecnologica	
			Superficie in pianta	Altezza
Climatizzazione: centrali tecnologiche	Centrale termica	100 kW	15 mq	3 m
		200 kW	25 mq	3 m
		1000 kW	80 mq	3,5 m
		4000 kW	200 mq	3,5 m
	Centrale frigorifera	250 kW	40 mq	3 m
		500 kW	55 mq	3 m
		1000 kW	80 mq	3,5 m
		2000 kW	100 mq	3,5 m
Climatizzazione: centrale di trattamento dell'aria	UTA: tutt'aria con ricircolo	8 mq per ogni mc/sec di aria trattata		3,5 m
	UTA: tutt'aria esterna (impianto aria primaria e fan-coil)	5 mq per ogni mc/sec di aria trattata		3,5 m
Elettrico	Cabina di trasformazione	200-1000 kVA	40 mq	3,5 m
		2000 kVA	70 mq	3,5 m
	Gruppo elettrogeno	P	15 + P / 30	3,5 m

## Dimensionamento del camino di espulsione dei fumi di caldaia

Altezza camino, collegamenti esclusi			Sez.int.del camino
$H < 10$ m	$10$ m $< H < 20$ m	$H > 20$ m	$A$ [cm <sup>2</sup> ]
$P_n$ , kW			sezione circolare
fino a 30 kW	fino a 30 kW	fino a 30 kW	79
fino a 35 kW	fino a 35 kW	fino a 46 kW	95
fino a 46 kW	fino a 46 kW	fino a 70 kW	123
fino a 58 kW	fino a 70 kW	fino a 93 kW	154
fino a 70 kW	fino a 93 kW	fino a 122 kW	189
fino a 80 kW	fino a 122 kW	fino a 145 kW	226
fino a 93 kW	fino a 145 kW	fino a 180 kW	255
fino a 116 kW	fino a 180 kW	fino a 210 kW	314
fino a 140 kW	fino a 210 kW	fino a 250 kW	380
fino a 160 kW	fino a 230 kW	fino a 300 kW	452
fino a 200 kW	fino a 280 kW	fino a 350 kW	531

# IMPIANTI A TUTT'ARIA

## DIMENSIONAMENTO DEI CANALI DELL'ARIA

I canali vengono dimensionati sulla portata calibrata sul massimo tra le seguenti esigenze:

- portata di aria esterna richiesta dalla normativa per garantire livelli di igiene adeguati
- portata necessaria per l'abbattimento dei carichi termici invernali
- portata necessaria per l'abbattimento dei carichi termici estivi

Negli **impianti misti** i canali vengono dimensionati solo sulle esigenze di purezza e di controllo dell'UR (entrambi dipendenti fortemente dall'affollamento). Il raggiungimento della T di progetto viene garantito dalle unità locali (fan-coil, pannelli radianti, etc.)

## Portate di aria esterna in edifici adibiti ad uso civile.

Classificazione edifici per categorie	Portata d'aria esterna o di estrazione		
	m <sup>3</sup> h <sup>-1</sup> pers <sup>-1</sup>	m <sup>3</sup> h <sup>-1</sup> m <sup>2</sup>	vol h <sup>-1</sup>
1 Edifici adibiti a residenza e assimilabili			
1 (1) Residenze a carattere continuativo			
Abitazioni civili			
soggiorni, camere da letto	40	—	—
cucina, bagni, servizi		Estrazioni	
Collegi, luoghi di ricovero, case di pena, caserme, conventi			
sale riunioni	32	—	—
dormitori/camere	40	—	—
cucina	—	60	—
bagni/servizi		Estrazioni	
1 (2) Residenze occupate saltuariamente			
Case per vacanze			
come residenze continuative			
1 (3) Alberghi, pensioni, ecc.			
ingresso, soggiorni	40	—	—
sale conferenze piccole	20	—	—
auditori grandi	20	—	—
sale da pranzo	35	—	—
camere da letto	40	—	—
bagni, servizi		Estrazioni	

## Portate di aria esterna richieste dalla normativa per garantire livelli di igiene adeguati.

In alternativa possono essere calibrate sul numero delle persone – 1r colonna (cautelativamente, per attività ad alto affollamento) o sul volume dell'ambiente - 3r colonna (per attività a basso affollamento).

*Con volumi / ora si intende una quantità d'aria pari al volume totale dell'ambiente climatizzato immessa nell'unità di tempo di 1 ora.*

Laboratorio di Progettazione 3M

prof. Giovanni Longobardi

Modulo di Fisica Tecnica prof. Marco Frascarolo

Classificazione edifici per categorie	Portata d'aria esterna o di estrazione		
	m <sup>3</sup> h <sup>-1</sup> pers <sup>-1</sup>	m <sup>3</sup> h <sup>-1</sup> m <sup>2</sup>	vol h <sup>-1</sup>
2 Edifici per uffici e assimilabili			
uffici singoli	40	—	—
uffici open space	40	—	—
locali riunione	32	—	—
centri elaborazione dati	28	—	—
servizi		Estrazioni	
4 Edifici adibiti ad attività ricreativa, associativa, di culto			
4 (1) Cinema, teatri, sale riunioni congressi			
biglietteria, ingressi	—	50 in estr.	—
teatri, platee, loggioni, aree pubblico	20	—	—
paleo scenici, studi TV	45	—	—
cinematografi	20	—	—
servizi		Estrazioni	
borse titoli	37	—	—
sale attesa stazioni e metropolitane, ecc.		Estrazioni	
4 (2) Mostre, musei, biblioteche, luoghi di culto			
sale mostre, pinacoteche, musei	22	—	—
sala lettura biblioteca	20	—	—
depositi libri	—	5	—
luoghi di culto	22	—	—
servizi		Estrazioni	
4 (3) Bar, ristoranti, sale ballo			
bar	40	—	—
pasticceria	21	—	—
sale pranzo ristoranti e self-service	35	—	—
sale ballo	60	—	—
cucine	—	60	—
servizi		Estrazioni	
5 Attività commerciali e assimilabili			
grandi magazzini piano interrato	32	—	—
grandi magazzini piani superiori	23	—	—
negozi o reparti di grandi magazzini:			
barbieri, salone di bellezza	50	—	—
abbigliamento, calzature, mobili, ottici, fioristi, fotografi	41	—	—
alimentari, lavasecco, farmacie	32	—	—
zone pubblico banche, quartieri fieristici	35	—	—
6 Edifici attività sportive			
6 (1) Piscine, saune e assimilabili			
piscine (sala vasca)	—	—	5
spogliatoio/servizi		Estrazioni	
saune	—	—	5
ingressi	—	50 in estr.	—
6 (2) Palestre e assimilabili			
campi gioco	60	—	—
zone spettatori	23	—	—
palazzetti sportivi	23	—	—
bowling	35	—	—
ingressi	—	50 in estr.	—
spogliatoi/servizi atleti		Estrazioni	
servizi pubblico		Estrazioni	
7 Edifici attività scolastiche			
asili nido e scuole materne	15	—	—
aule scuole elementari	18	—	—



## IMPIANTI A TUTT'ARIA - CASO INVERNALE

### Calcolo della portata d'aria necessaria ad abbattere il carico termico totale

(finalizzato al dimensionamento dei canali dell'aria)

Ogni mc di aria trattata è in grado di abbattere una quotaparte del carico termico che dipende dalla temperatura di immissione dell'aria. La  $T_{\text{immissione}}$  può variare in funzione delle caratteristiche dell'ambiente ed in particolare della distanza delle bocchette di immissione dalle persone e della Velocità di immissione.

Si assuma  $T_{\text{immissione}} = 28^{\circ}\text{C}$ .

$$Q_{\text{totale}} = c_p \times \delta \times G_{\text{aria}} \times (T_{\text{immissione}} - T_{\text{esterna}})$$

che, risolta rispetto all'incognita  $G_{\text{aria}}$ , diventa:

$$G_{\text{aria}} = Q_{\text{totale}} / [c_p \times \delta \times (T_{\text{immissione}} - T_{\text{esterna}})]$$

dove:

$G_{\text{aria}}$  è la portata totale nel caso di impianti a tutt'aria, la portata di sola aria esterna (aria primaria), nel caso di impianti misti aria-acqua (aria primaria e fan-coil)

$c_p$  è il calore specifico a pressione costante dell'aria e vale  $1,3 \text{ W} / (\text{mc} \times \text{K})$

$\delta$  è la densità dell'aria e serve per trasformare la portata in volume in portata in massa e vale  $1.000 \text{ kg} / \text{mc}$

## IMPIANTI A TUTT'ARIA - CASO ESTIVO

### Calcolo della portata d'aria necessaria ad abbattere il carico termico totale

(finalizzato al dimensionamento dei canali dell'aria)

Ogni mc di aria trattata è in grado di abbattere una quotaparte del carico termico che dipende dalla temperatura di immissione dell'aria. La  $T_{\text{immissione}}$  può variare in funzione delle caratteristiche dell'ambiente ed in particolare della distanza delle bocchette di immissione dalle persone e della Velocità di immissione.

Si assuma  $T_{\text{immissione}} = 16^{\circ}\text{C}$ .

$$Q_{\text{totale}} = c_p \times \delta \times G_{\text{aria}} \times (T_{\text{immissione}} - T_{\text{esterna}})$$

che, risolta rispetto all'incognita  $G_{\text{aria}}$ , diventa:

$$G_{\text{aria}} = Q_{\text{totale}} / [c_p \times \delta \times (T_{\text{immissione}} - T_{\text{esterna}})]$$

dove:

$G_{\text{aria}}$  è la portata totale nel caso di impianti a tutt'aria, la portata di sola aria esterna (aria primaria), nel caso di impianti misti aria-acqua (aria primaria e fan-coil)

$c_p$  è il calore specifico a pressione costante dell'aria e vale  $1,3 \text{ W} / (\text{mc} \times \text{K})$

$\delta$  è la densità dell'aria e serve per trasformare la portata in volume in portata in massa e vale  $1.000 \text{ kg} / \text{mc}$

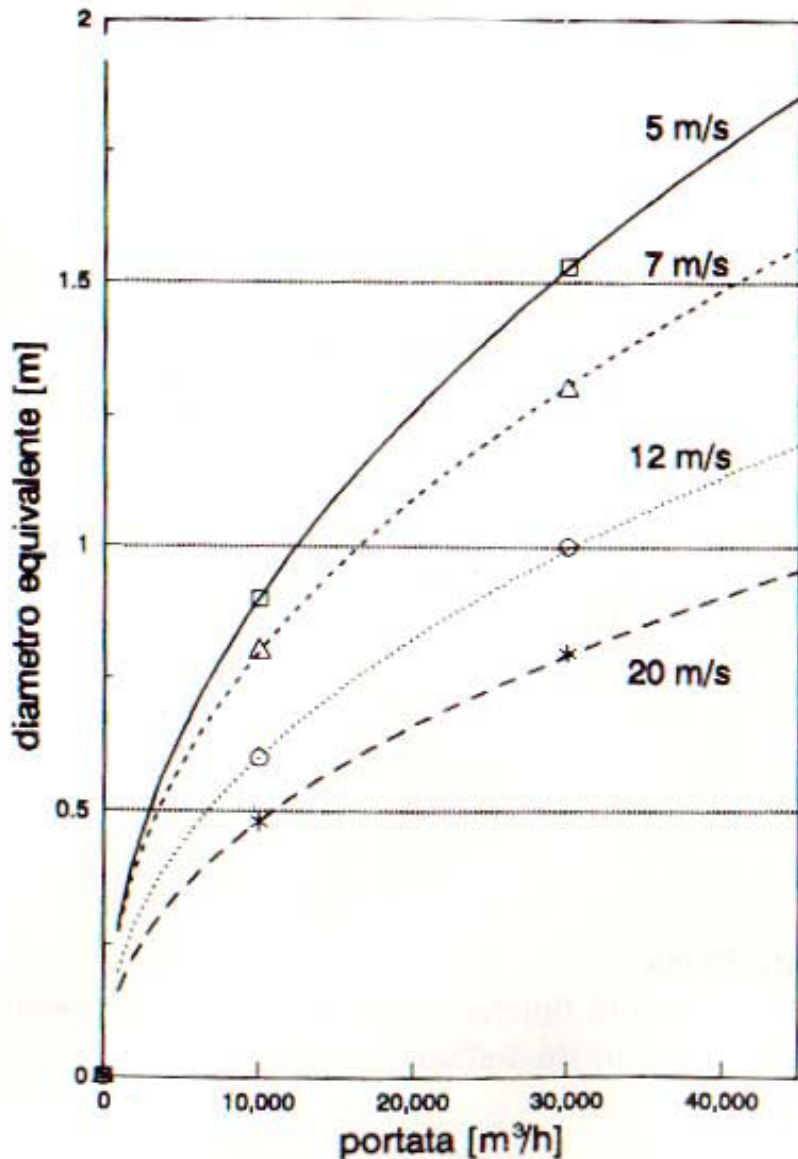
# Dimensionamento dei canali per la distribuzione dell'aria

## Canali d'aria

Velocità dell'aria	3-5 m/s (bassa velocità) 7,5-15 m/s (alta velocità)
Perdite di carico	1 Pa/m (bassa velocità) 8 Pa/m (alta velocità)

## Velocità consigliate dell'aria [m/s]

Applicazione	Residenziale	Commerciale	Industriale
Filtri	1,3-1,5	1,5-1,8	1,8-2,5
Batterie raffreddamento.	1,5-2,0	2,0-2,5	2,5-3,5
Batterie riscaldamento	2,3-2,5	2,5-4,0	3,5-5,0
Preso aria esterna	2,5-4,0	2,5-4,5	2,5-6,0
Umidificatori	2,5-3,0	2,5-3,0	2,5-3,0
Ingresso ventilatore	3,5-4,5	4,0-5,0	5,0-7,0
Mandata ventilatore	5,0-8,5	6,5-11	8,0-14
Canali principali	3,5-6,0	5,0-8,0	6,0-11
Canali secondari	3,0-5,0	3,0-6,5	4,5-9,0



Ingombro delle canalizzazioni dell'aria.

Diagramma che consente di ricavare il diametro (equivalente) di un canale, nota la portata e la velocità dell'aria desiderata

**Diametro equivalente** è il diametro di Un condotto circolare capace di causare la stessa perdita di pressione a parità di portata d'aria e coefficiente di attrito.

$d_{eq}$  è il diametro effettivo del canale per canali a sezione circolare

$d_{eq} = 1,3x(a \times b)^{0,625} / (a + b)^{0,625}$   
per canali a sezione rettangolare

dove a, b sono le dimensioni della sezione del canale

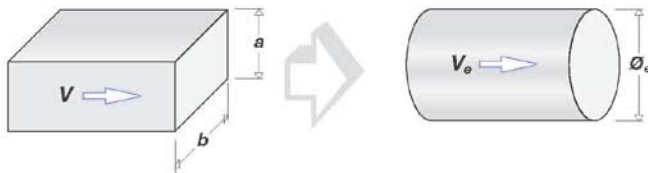
**Tabella che fornisce il diametro equivalente corrispondente a canali rettangolari di lato a,b.  
E' sconsigliato un rapporto tra i lati superiore ad 1:3**

b [mm]	a [mm]							
	150	200	250	300	350	400	450	500
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	583	643	685	725
950	375	444	505	560	611	658	702	744
1.000	383	454	517	573	625	674	719	761
1.050	391	463	527	586	639	689	735	778
1.100	398	472	538	597	652	703	755	795
1.150	406	481	548	609	665	717	765	811
1.200	413	490	558	620	677	730	780	827

# Tabella che fornisce il diametro equivalente corrispondente a canali rettangolari di lato a,b E' sconsigliato un rapporto tra i lati superiore ad 1:3

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	850	900	950	1000	1100	1200	1300	1400	1500	1600	1700	1800	1900	2000	2200	a	b
850	$\phi_e$	929	956	982	1.007	1.055	1.100	1.143	1.183	1.222	1.259	1.295	1.329	1.362	1.394	1.455	$\phi_e$	850
	f	0,94	0,94	0,94	0,94	0,93	0,93	0,93	0,92	0,92	0,92	0,91	0,91	0,90	0,90	0,89	f	
900	$\phi_e$	956	984	1.011	1.037	1.086	1.133	1.177	1.220	1.260	1.298	1.335	1.371	1.405	1.438	1.501	$\phi_e$	900
	f	0,94	0,94	0,94	0,94	0,94	0,93	0,93	0,93	0,92	0,92	0,92	0,91	0,91	0,90	0,89	f	
950	$\phi_e$	982	1.011	1.039	1.065	1.117	1.165	1.211	1.255	1.297	1.336	1.375	1.412	1.447	1.482	1.547	$\phi_e$	950
	f	0,94	0,94	0,94	0,94	0,94	0,94	0,93	0,93	0,93	0,92	0,92	0,92	0,91	0,91	0,90	f	
1000	$\phi_e$	1.007	1.037	1.065	1.093	1.146	1.196	1.244	1.289	1.332	1.373	1.413	1.451	1.488	1.523	1.591	$\phi_e$	1000
	f	0,94	0,94	0,94	0,94	0,94	0,94	0,93	0,93	0,93	0,92	0,92	0,92	0,92	0,91	0,90	f	
1100	$\phi_e$	1.055	1.086	1.117	1.146	1.202	1.256	1.306	1.354	1.400	1.444	1.486	1.527	1.566	1.604	1.675	$\phi_e$	1100
	f	0,93	0,94	0,94	0,94	0,94	0,94	0,94	0,94	0,93	0,93	0,93	0,92	0,92	0,92	0,91	f	
1200	$\phi_e$	1.100	1.133	1.165	1.196	1.256	1.312	1.365	1.416	1.464	1.511	1.555	1.598	1.640	1.680	1.756	$\phi_e$	1200
	f	0,93	0,93	0,94	0,94	0,94	0,94	0,94	0,94	0,93	0,93	0,93	0,93	0,92	0,92	0,92	f	
1300	$\phi_e$	1.143	1.177	1.211	1.244	1.306	1.365	1.421	1.475	1.526	1.574	1.621	1.667	1.710	1.753	1.833	$\phi_e$	1300
	f	0,93	0,93	0,93	0,93	0,94	0,94	0,94	0,94	0,94	0,93	0,93	0,93	0,93	0,93	0,92	f	
1400	$\phi_e$	1.183	1.220	1.255	1.289	1.354	1.416	1.475	1.530	1.584	1.635	1.684	1.732	1.778	1.822	1.906	$\phi_e$	1400
	f	0,92	0,93	0,93	0,93	0,94	0,94	0,94	0,94	0,94	0,94	0,93	0,93	0,93	0,93	0,93	f	
1500	$\phi_e$	1.222	1.260	1.297	1.332	1.400	1.464	1.526	1.584	1.640	1.693	1.745	1.794	1.842	1.889	1.977	$\phi_e$	1500
	f	0,92	0,92	0,93	0,93	0,93	0,94	0,94	0,94	0,94	0,94	0,94	0,94	0,94	0,93	0,93	f	
1600	$\phi_e$	1.259	1.298	1.336	1.373	1.444	1.511	1.574	1.635	1.693	1.749	1.803	1.854	1.904	1.952	2.044	$\phi_e$	1600
	f	0,92	0,92	0,92	0,93	0,93	0,93	0,94	0,94	0,94	0,94	0,94	0,94	0,94	0,94	0,93	f	
1700	$\phi_e$	1.295	1.335	1.375	1.413	1.486	1.555	1.621	1.684	1.745	1.803	1.858	1.912	1.964	2.014	2.110	$\phi_e$	1700
	f	0,91	0,92	0,92	0,92	0,93	0,93	0,93	0,94	0,94	0,94	0,94	0,94	0,94	0,94	0,93	f	
1800	$\phi_e$	1.329	1.371	1.412	1.451	1.527	1.598	1.667	1.732	1.794	1.854	1.912	1.968	2.021	2.073	2.173	$\phi_e$	1800
	f	0,91	0,91	0,92	0,92	0,92	0,93	0,93	0,93	0,94	0,94	0,94	0,94	0,94	0,94	0,94	f	
1900	$\phi_e$	1.362	1.405	1.447	1.488	1.566	1.640	1.710	1.778	1.842	1.904	1.964	2.021	2.077	2.131	2.233	$\phi_e$	1900
	f	0,90	0,91	0,91	0,92	0,92	0,93	0,93	0,93	0,94	0,94	0,94	0,94	0,94	0,94	0,94	f	
2000	$\phi_e$	1.394	1.438	1.482	1.523	1.604	1.680	1.753	1.822	1.889	1.952	2.014	2.073	2.131	2.186	2.292	$\phi_e$	2000
	f	0,90	0,90	0,91	0,91	0,92	0,92	0,93	0,93	0,93	0,94	0,94	0,94	0,94	0,94	0,94	f	
2200	$\phi_e$	1.455	1.501	1.547	1.591	1.676	1.756	1.833	1.906	1.977	2.044	2.110	2.173	2.233	2.292	2.405	$\phi_e$	2200
	f	0,89	0,89	0,90	0,90	0,91	0,92	0,92	0,93	0,93	0,93	0,94	0,94	0,94	0,94	0,94	f	



$$v = v_e \cdot f$$

- v = velocità condotto rettangolare, m/s
- $v_e$  = velocità condotto circolare equivalente, m/s
- f = fattore correttivo

Nota:  
la velocità [v] serve a determinare le perdite di carico localizzate dei condotti rettangolari.

Laboratorio di Progettazione 3M  
prof. Giovanni Longobardi  
Modulo di Fisica Tecnica  
prof. Marco Frascarolo

Laboratorio 3M - modulo di Fisica Tecnica – A.A. 2006-2007  
Integrazione/correzione documentazione didattica  
(5 Febbraio 2007)

Diapositiva 1: Coefficienti di riflessione da utilizzare per il calcolo del FLD

Diapositiva 2: Raggi di curvatura dei canali dell'aria

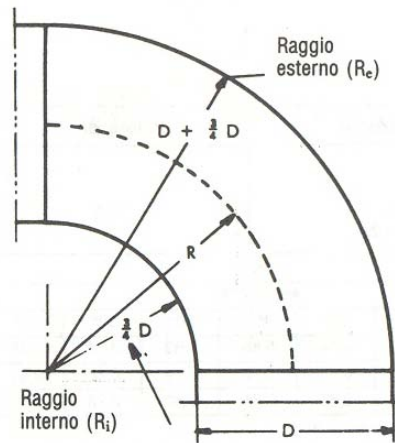


Fig. 7.10 - Curva a sezione rettangolare a grande raggio

Diapositiva 3: Formula corretta per il calcolo dell'energia necessaria per la deumidificazione dell'aria (sostituisce la diapo 44 della lezione sul calcolo dei carichi termici)