

# **COMPONENTI PER IMPIANTI DI CONDIZIONAMENTO**

**PROF. ING. GIULIANO CAMMARATA**

# **MACCHINE FRIGORIFERE**

**PROF. ING. GIULIANO CAMMARATA**

# Tipologia degli impianti frigoriferi

Gli impianti frigoriferi e in generale la *Tecnica del Freddo* rivestono oggi un'importanza fondamentale nella vita moderna industriale e civile.

Essi infatti debbono garantire temperature di processo negli impianti industriali, la conservazione di derrate alimentari nell'industria alimentare (*catena del freddo*) e debbono produrre fluidi di lavoro (acqua, aria, freon,...) a bassa temperatura per gli impianti di climatizzazione.

Possiamo classificare gli impianti frigoriferi a seconda della temperatura minima che consentono di raggiungere e della potenza impegnata, secondo la tabella seguente.

<i>Tipo di Impianto</i>	<i>Temperatura minima (°C)</i>	<i>Pressione lavoro (Bar)</i>	<i>Potenza frigorifera (kW)</i>
Compressione di vapore	-25 ciclo semplice - 60 ciclo a doppia compressione e doppia laminazione -150 cicli in cascata	>1	<i>Con compressore volumetrico:</i> 0.1÷ 30 ermetico 3÷300 rotativo 30÷ 250 semiermetico 250÷500 aperto 400÷3000 a vite <i>Con compressore centrifugo</i> 300÷6000 chiuso 300÷30000 aperto
Assorbimento (fluido frigorifero/solvente)	• (H <sub>2</sub> O-BrLi) -60 (NH <sub>3</sub> /H <sub>2</sub> O)	0.01 0.2	350÷5000 5000÷10000
Vapore d'acqua	0 -20 salamoia	0.006 0.0013	30÷3000
Compressione di gas	-25 (aria)	1	10
Effetto termoelettrico	-33 -103	-	<7

# Impianti a compressione di gas

Gli impianti a compressione di gas (ciclo Joule inverso, vedi ) sono utilizzati soprattutto in aeronautica. L'efficienza di questi cicli è data da:

$$\varepsilon = \frac{Q_2}{L}$$

che in questo caso diviene:

$$\varepsilon = \frac{\dot{m}q_2}{\dot{m}L} = \frac{q_2}{q_1 - q_2} = \frac{1}{\frac{c_p(T_B - T_C)}{c_p(T_A - T_D)} - 1} = \frac{1}{\left(\frac{p_B}{p_A}\right)^{\frac{k-1}{k}} - 1}$$

ove si ha:

$\dot{m}$  portata massica del fluido frigorifero di lavoro

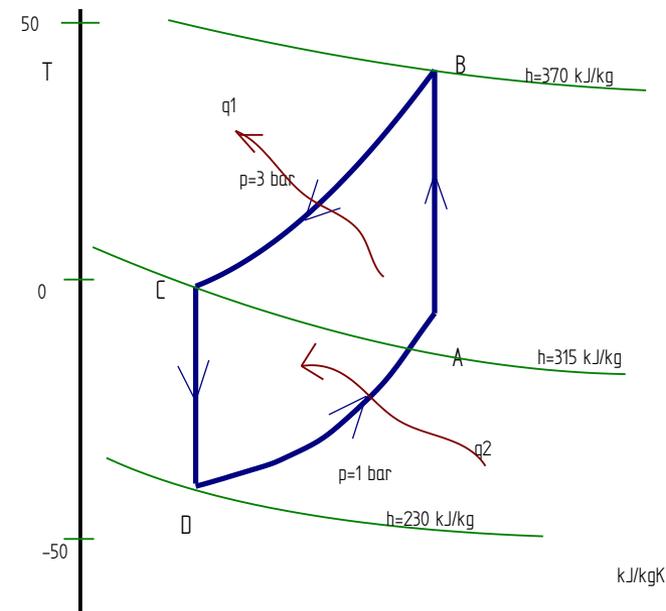
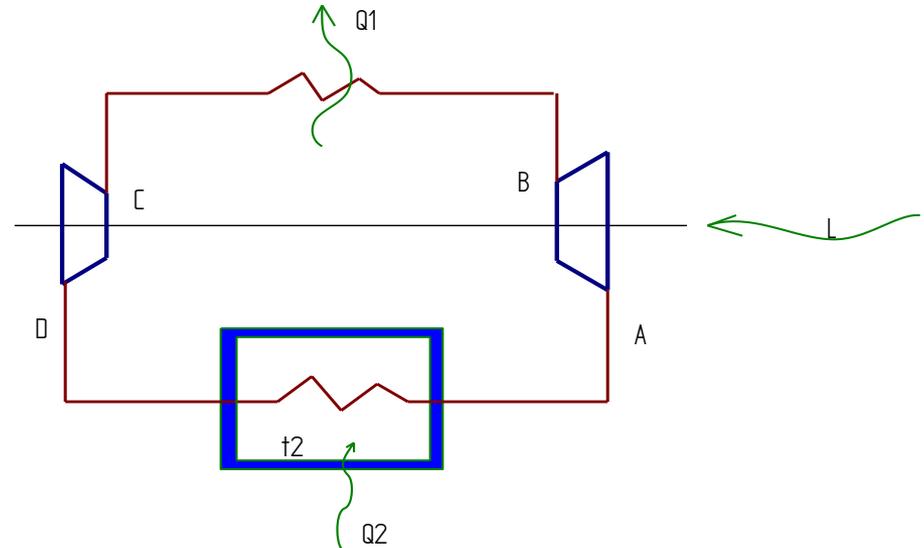
$q_1$  calore massico ceduto all'esterno lungo l'isobara BC (in valore assoluto)

$q_2$  calore massico ricevuto dall'esterno (cioè sottratto all'ambiente a  $t_2$ ) lungo la isobara DA

$L$  lavoro massico netto fornito dall'esterno al ciclo (in valore assoluto)

$c_p$  calore specifico dell'aria a pressione costante

$k$  rapporto di adiabacità dell'aria



# La Laminazione

La laminazione è una applicazione dell'effetto *Joule Thompson* (vedi corso di Fisica Tecnica) con il quale si fa passare un fluido da una pressione maggiore ad una minore attraverso uno strozzamento del condotto o mediante una valvola di laminazione appositamente predisposta.

L'effetto *Joule Thompson* è caratterizzato dal coefficiente definito da:

$$\xi = \left( \frac{\partial T}{\partial p} \right)_h$$

che può essere positivo, negativo o nullo a seconda delle proprietà del fluido e il campo di temperature e pressioni iniziali.

Dal punto di vista impiantistico interessa definire la differenza di temperatura che subisce il fluido:

$$T_u - T_i = \int_{p_i}^{p_u} \xi dp$$

Se  $\xi > 0$  allora si ha una diminuzione di temperatura mentre se è  $\xi < 0$  si ha un aumento di temperatura. La laminazione viene realizzata con speciali organi, detti di laminazione, che rivestono notevole importanza negli impianti frigoriferi.

# Diffusione degli impianti di climatizzazione



# Fluidi Frigorigeni

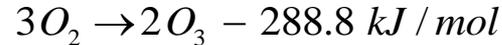
I fluidi di lavoro degli impianti frigoriferi sono detti *fluidi frigorigeni*. Questi fino all'inizio del 1900 erano naturali ma sono stati poi rimpiazzati con fluidi artificiali quali gli idrocarburi alogenati (*CFC* e *CHFC*) della serie *Freon* F11, F12, F22, F13 (o gli equivalenti con sigle internazionali R11, R12, R22, R13).

Gli idrocarburi alogenati presentano proprietà termofisiche interessanti che li hanno reso prevalenti sugli altri fluidi frigorigeni: essi sono stabili chimicamente, non infiammabili, non tossici, inodori e insapori, hanno un buon calore latente di vaporizzazione e un accettabilmente basso lavoro specifico di compressione.

Purtroppo la recente scoperta della pericolosità del Fluoro e del Cloro per la fascia di ozono nell'atmosfera ha cambiato tutti i giudizi su questi fluidi refrigeranti ed anzi sono state approvate convenzioni internazionali per la totale messa al bando degli HCFC entro un breve lasso di tempo.

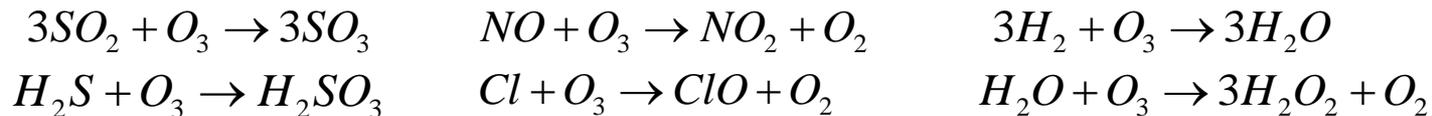
# Il problema dell'Ozono

L'ozono,  $O_3$ , ha la caratteristica di assorbire le radiazioni solari ultraviolette (nell'infrarosso di  $0.25 \mu m$ ) e quindi di esercitare una vitale funzione protettiva sull'Uomo. Esso si forma dalle molecole di  $O_2$  mediante la reazione endotermica:

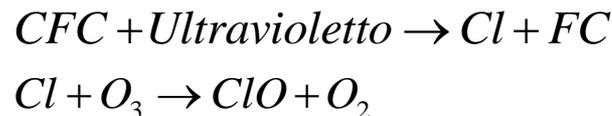


L'ozono è uno stato allotropico dell' $O_2$  ed è piuttosto instabile. La costante di equilibrio della precedente reazione è  $K=10^{-54}$ . L'input energetico è fornito sia dalla radiazione solare che dalle scariche elettriche atmosferiche. La radiazione solare è molto intensa ad alta quota (stratosfera, da 25 a 50 km s.l.m) e in corrispondenza dell'equatore. La maggior quantità di ozono si ha ai poli per effetto del trasporto dovuto ai moti planetari dell'aria. La concentrazione dell'ozono nell'aria è molto bassa e pari a 0.375 ppm.

I processi che possono provocare la formazione e la distruzione dell'ozono possono essere molteplici e in particolare si segnalano le seguenti reazioni:



Si vede, quindi, che alla distruzione dell' $O_3$  concorrono anche alcuni inquinanti atmosferici quali l' $SO_2$ ,  $H_2S$ ,  $NO$ ,.... A queste reazioni si aggiunge anche quella di attacco dei CFC secondo il seguente schema:



Pertanto il cloro (ma è presente anche un'analogia reazione per il fluoro presente in minor quantità) attacca l'ozono eliminandolo dall'atmosfera. Le intuizioni dei ricercatori *Rowland* e *Molina* (1974) sull'azione dei CFC è stata confermata dalle osservazioni fatte dal 1978 al 1989 che hanno mostrato una riduzione del 9% di ozono nell'emisfero Sud e 4% nell'emisfero Nord.

I CFC più aggressivi sono quelli più stabili, cioè con una molecola priva di legami deboli. L'R12 è una molecola composta da  $CCl_2F_2$  e quindi molto stabile: è questa la molecola più aggressiva. Per destabilizzare i CFC (*clorofluoro carburi*) si preferisce usare molecole con presenza del legame a idrogeno, come avviene nelle molecole HCFC (*idrociorofluoro carburi*).

# Il Problema dell'Ozono

Si definisce indice di distruzione dell'ozono (Ozone Depletion Index), *ODP*, l'effetto sull'ozono valutato in rapporto a quello dell'R11. Si ha la seguente tabella comparativa

<i>Composto</i>	<i>Formula</i>	<i>ODP</i>	<i>Stabilità (anni)</i>	<i>Utilizzazione</i>
<i>R11</i>	<i>CCl<sub>3</sub>F</i>	<i>1</i>	<i>60</i>	<i>FF AE SL PS</i>
<i>R12</i>	<i>CCl<sub>2</sub>F<sub>2</sub></i>	<i>0.86</i>	<i>120</i>	<i>FF AE CD PS</i>
<i>R114</i>	<i>CClF<sub>2</sub>-CClF<sub>2</sub></i>	<i>0.8</i>	<i>250</i>	<i>FF</i>
<i>Halon</i>		<i>3÷10</i>		<i>EI</i>

Ove vale il seguente simbolismo:

- FF**      **Fluido frigorifero**
- PS**      **Propellente spray**
- EI**      **Estinzione incendi**
- AE**      **Agente espandente**
- SL**      **Solvente – Detergente**
- CD**      **Congelamento derrate alimentari.**

Dall'esame della tabella si osserva la grande flessibilità d'uso dei CFC.

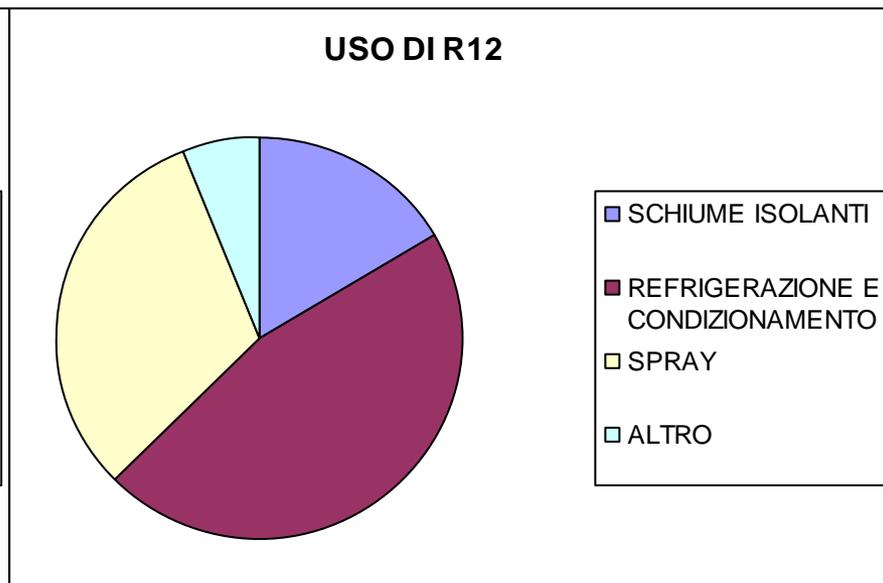
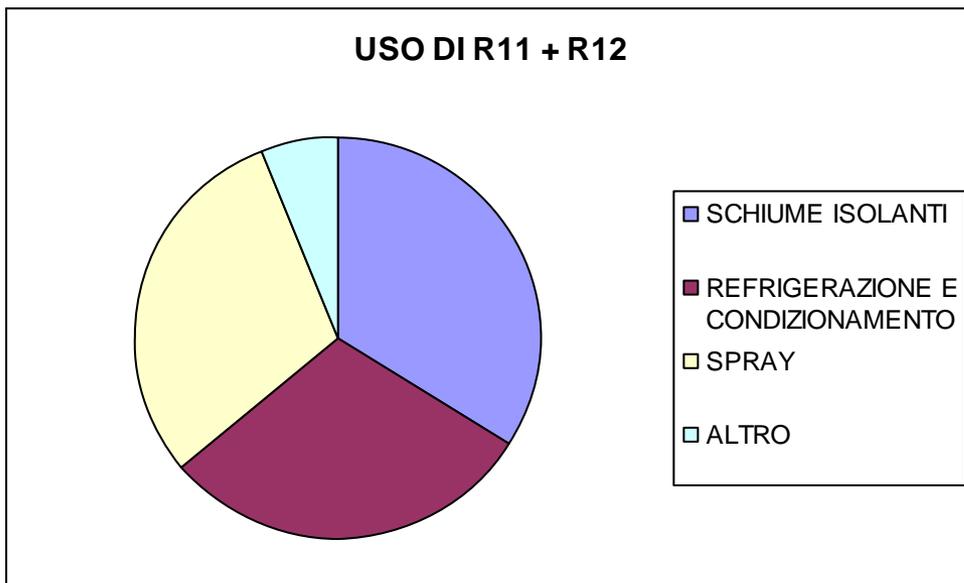
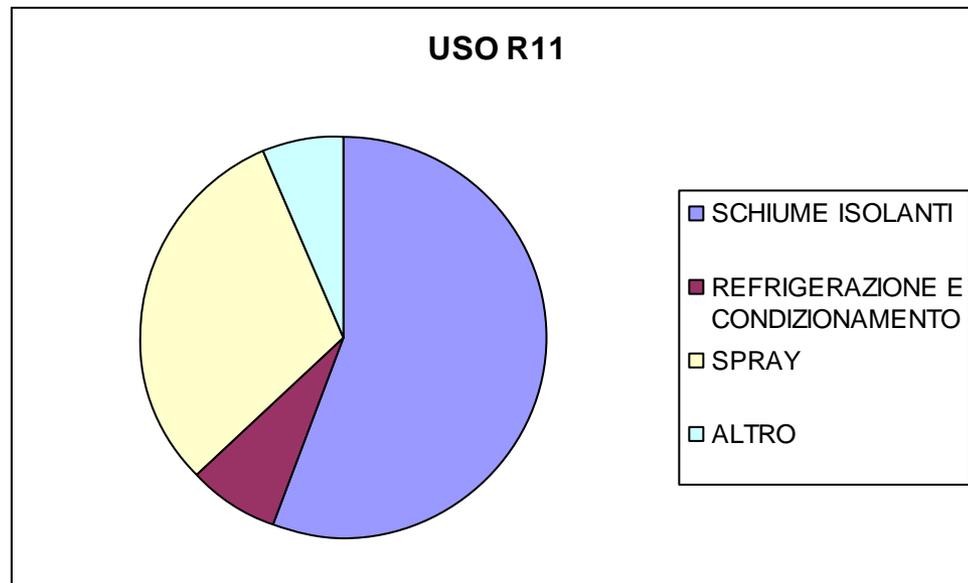
## Rilascio dei CFC in ambiente

I CFC vengono rilasciati nell'ambiente attraverso vari processi che qui si elencano:

Manipolazione dei CFC nei processi di produzione e lavorazione, Fughe accidentali dagli impianti, Smantellamento di impianti esistenti (frigoriferi, pompe di calore, ...), Collaudo degli impianti, Estinzione incendi, Uso di bombolette spray.

# Utilizzo dei CFC

Con riferimento all'Occidente (esclusa la Cina e l'India che pure sono oggi grandi produttrici di CFC) si hanno i diagrammi indicati in figura in alto per l'R11, in figura in basso per l'R12 e in per l'uso combinato di R11 ed R12.



# Indice TEWI

Dalla Tabella appare evidente che i HCFC hanno impatti diversi nell'atmosfera, nei riguardi dell'ozono. Tuttavia è da prendere in considerazione (anche alla luce degli accordi di Kyoto) l'effetto serra ai fini del surriscaldamento terrestre. I CFC e HCFC hanno anche un effetto serra considerevole e l'indice GWP (*Greenhouse Warming Potential*) del F123 risulta pari a 120 e cioè 1 kg di F123 equivale a 123 kg di CO<sub>2</sub>.

Di recente si è considerato un nuovo indice, denominato TEWI (*Total Equipment Warming Impact*) che tiene conto dell'effetto globale, ai fini dell'effetto serra, che si ha in una macchina che utilizza i fluidi frigoriferi sopra indicati e che consuma energia elettrica per il suo funzionamento (si pensi ad una macchina frigorifera).

Per produrre l'energia elettrica consumata da questa macchina si deve bruciare combustibile in una centrale termoelettrica producendo gas serra CO<sub>2</sub>. L'indice TEWI è allora definito dalla seguente relazione:

Ove vale il seguente simbolismo:

*m* massa totale di fluido frigorifero emessa in atmosfera;

GWP potenziale di effetto serra del fluido rispetto alla CO<sub>2</sub>;

ASHRAE N° (classificaz.)	Composizione (% fraz. di massa) o Formula Chimica	NBP <sup>1</sup> (°C) (bolla/rugiada)	Vita atmosferica (anni)	GWP <sub>100y</sub> <sup>2</sup> (CO <sub>2</sub> =1)	Sostituto di
R-32 (A2)	CH <sub>2</sub> F <sub>2</sub>	-51,7	5,6	880 (650)	HCFC-22 (?)
R-125 (A1)	CHF <sub>2</sub> CF <sub>3</sub>	-48,6	32,6	3800 (2800)	
R-143a (A2)	CF <sub>3</sub> CH <sub>3</sub>	-47,4	53,5	5400 (3800)	
R-134a (A1)	CH <sub>2</sub> FCF <sub>3</sub>	-26,1	13,6	1600 (1300)	CFC-12
R-404A (A1)	R-125/143a/134a (44/52/4)	(-46,5/0,8)		4500 (3300)	HCFC-22
R-407C (A1)	R-32/125/134a (23/25/52)	(-43,6/6,8)		2000 (1500)	HCFC-22
R-407E (A1)	R-32/125/134a (25/15/60)	(-42,8/7,3)		1750 (1400)	HCFC-22
R-410A (A1)	R-32/125 (50/50)	(-51,4/<0,1)		2300 (1700)	HCFC-22
R-717 (B2)	[ammoniaca]	-33,3		<1	HCFC-22
R-290 (A3)	[propano]	-42,1		3	HCFC-22
R-744 (A1)	[anidride carbonica]	-78,4 (sublimazione)	>50	1.0	

Refrigerant type/no.	Substitute for	ODP	GWP	Cond. temp. at 26 bar (°C)	Sat. temp. at 1 bar abs °C
<b>HCFC (short term)</b>					
R22	R502, R12	0.05	1700	63	-41
<b>HFC/HCFC/HFC service-blends (transitional alternatives)</b>					
R401A	R12	0.03	1080	80	-33
R401B	R12	0.035	1190	77	-35
R409A	R12	0.05	1440	75	-34
<b>HFC-Chlorine free (long-term alternative)</b>					
R134A	R12, R22	0	1300	80	-26
<b>HFC-Chlorine free-blends-(long-term alternatives)</b>					
R404A	R502	0	3750	55	-47
R407A	R502	0	1920	56	-46
R407B	R502	0	2560	53	-48
R407C	R22	0	1610	58	-44
ISCEON 59	R22	0	2120	68	-43
R410A	R22, R13B1	0	1890	43	-51
R411B	R12, R22, R502	0.045	1602	65	-42
<b>Halogen free (long-term alternatives)</b>					
R717 ammonia	R22, R502	0	0	60	-33
R600a isobutane	R114	0	3	114	-12
R290 propane	R12, R22, R502	0	3	70	-42
R1270 propylene	R12, R22, R502	0	3	61	-48

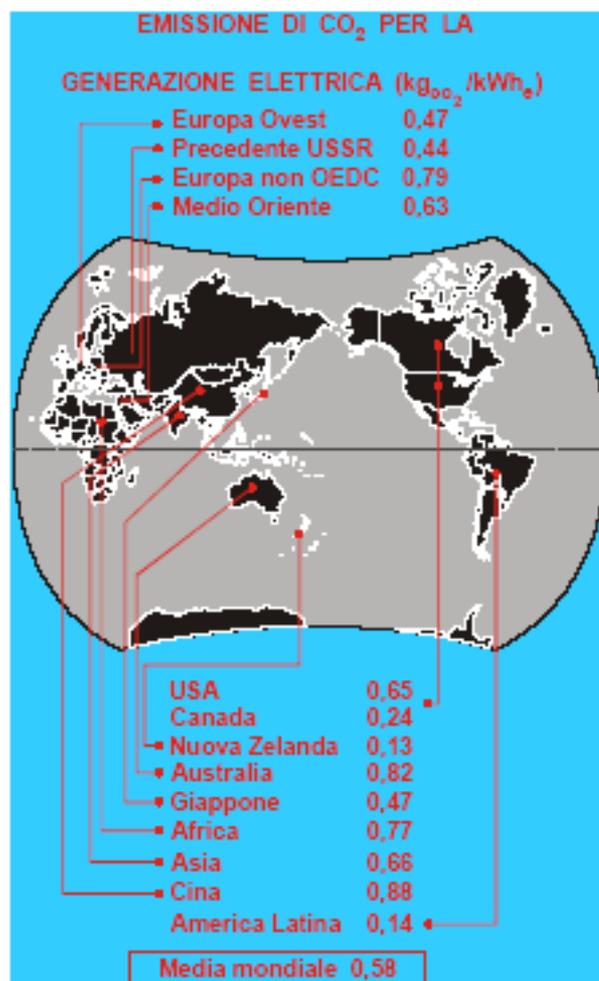
# Indice GWP

Gas	GWP Radiative forcing diretto <sup>a</sup>	GWP Radiative forcing indiretto <sup>b</sup>	Vita atm. (anni)	GWP UNFCCC <sup>c</sup>
<b>CFC</b>				
CFC-12	10.720 ± 3.750	-1.920 ± 1.630	100	n.d. <sup>d</sup>
CFC-114	9.880 ± 3.460	n.d.	300	n.d. <sup>d</sup>
CFC-115	7.250 ± 2.540	n.d.	1.700	n.d. <sup>d</sup>
CFC-113	6.030 ± 2.110	-2.250 ± 1.890	85	n.d. <sup>d</sup>
CFC-11	4.680 ± 1.640	-3.420 ± 2.710	45	n.d. <sup>d</sup>
<b>HCFC</b>				
HCFC-142b	2.270 ± 800	-337 ± 237	17,9	n.d. <sup>d</sup>
HCFC-22	1.780 ± 620	-269 ± 183	12	n.d. <sup>d</sup>
HCFC-141b	713 ± 250	-631 ± 424	9,3	n.d. <sup>d</sup>
HCFC-124	599 ± 210	-114 ± 76	5,8	n.d. <sup>d</sup>
HCFC-225cb	586 ± 205	-148 ± 98	5,8	n.d. <sup>d</sup>
HCFC-225ca	120 ± 42	-91 ± 60	1,9	n.d. <sup>d</sup>
HCFC-123	76 ± 27	-82 ± 55	1,3	n.d. <sup>d</sup>
<b>HFC</b>				
HFC-23	14.310 ± 5.000	~0	270	11.700
HFC-143a	4.400 ± 1.540	~0	52	3.800

# Indice GWP

Gas	GWP Radiative forcing diretto <sup>a</sup>	GWP Radiative forcing indiretto <sup>b</sup>	Vita atm. (anni)	GWP UNFCCC <sup>c</sup>
HFC-125	3.450 ± 1.210	~0	29	2.800
HFC-227ea	3.140 ± 1.100	~0	34,2	2.900
HFC-43-10mee	1.610 ± 560	~0	15,9	1.300
HFC-134a	1.410 ± 490	~0	14	1.300
HFC-245fa	1.020 ± 360	~0	7,6	n.d. <sup>d</sup>
HFC-365mfc	782 ± 270	~0	8,6	n.d. <sup>d</sup>
HFC-32	670 ± 240	~0	4,9	650
HFC-152a	122 ± 43	~0	1,4	140
<b>PFCs</b>				
C <sub>2</sub> F <sub>6</sub>	12.010 ± 4.200	~0 10.000	n.d.	9.200
C <sub>6</sub> F <sub>14</sub>	9.140 ± 3.200	~0 3.200	n.d.	7.400
CF <sub>4</sub>	5.820 ± 2.040	~0 50.000	n.d.	6.500
<b>Halon</b>				
Halon-1301	7.030 ± 2.460	-32.900 ± 27.100	65	n.d. <sup>d</sup>
Halon-1211	1.860 ± 650	-28.200 ± 19.600	16	n.d. <sup>d</sup>
Halon-2402	1.620 ± 570	-43.100 ± 30.800	20	n.d. <sup>d</sup>
<b>Altri alogenocarburi</b>				
Tetracloruro di carbonio (CCl <sub>4</sub> )	1.380 ± 480	-3.330 ± 2.460	26	n.d. <sup>d</sup>
Metilcloroformio (CH <sub>3</sub> CCl <sub>3</sub> )	144 ± 50	-610 ± 407	5,0	n.d. <sup>d</sup>
Bromuro di metile (CH <sub>3</sub> Br)	5 ± 2	-1.610 ± 1.070	0,7	n.d. <sup>d</sup>

# Indice CO<sub>2</sub> per i vari stati



*Austria 0,22 kg(CO<sub>2</sub>)/kWh*

*Francia 0,09*

*Germania 0,61*

*Italia 0,59*

*Norvegia 0,00*

*Svezia 0,04*

*U.K. 0,64*

*Giappone 0,47*

*Sud Africa 1,03*

*Nuova Zelanda 0,13*

# Protocollo di Montreal

Nel 1987 è stato firmato il *Protocollo di Montreal*, con l'adesione di 24 paesi industrializzati, con il quale si prevede:

*Il congelamento della produzione dei CFC ai livelli del 1986 e fino al 1993*

*Riduzione all'80% entro il 1998*

*Riduzione al 50% entro il 2000.*

Sono stati proposti riduzioni ancora più radicali. In ogni caso occorre ottimizzare i processi tecnologici e produttivi in modo da minimizzare i rilasci, ridisegnare agli organi di tenuta e giunzioni degli impianti esistenti. Per la sostituzione completa dei CFC occorre trovare nuovi fluidi frigorigeni che abbiano caratteristiche chimico – fisiche ottimali:

*Non devono inquinare*

*Non essere volatili*

*Essere chimicamente stabili*

*Non corrodere i metalli costitutivi degli impianti*

*Non essere infiammabili*

*Avere buona capacità di trasporto termico e quindi elevato calore latente di vaporizzazione*

*Basso costo*

*Possibilità di adattarsi ai compressori e alle attuali tecnologie del freddo*

**Possibili sostituti dei CFC sono:**

*Solo in fase transitoria gli idrocarburi alogenati insaturi, HCHFC*

*Gli Idro fluoro Alcani, HFA, come R123, R124, R134a, R141b*

Si tenga presente che il problema della sostituzione dei CFC è di enormi proporzioni sia per la ormai grandissima produzione industriale attuale di questi fluidi, sia per il necessario lavoro di adattamento della meccanica (compressori) alle mutate caratteristiche termofisiche e infine per il problema posto dai nuovi componenti (R123, R134a,...) di essere diluenti delle guarnizioni utilizzate nella costruzione degli stessi compressori.

# Caratteristiche Termofisiche dei Fluidi Frigorigeni

Al fine di dimensionare gli impianti frigoriferi è necessario conoscere le caratteristiche termofisiche dei fluidi di lavoro oggi più utilizzati, quali l'R22, l'R134a e l'ammoniaca (R717).

Nelle tabelle nelle figure seguenti si riportano queste caratteristiche, per altro reperibili nei manuali specializzati per impianti frigoriferi e

fluido	p. cond. [bar]	p. evap. [bar]	COP	$Q_{ov}$ [kJ/m <sup>3</sup> ]	$t_{fc}$ [°C]
R12	7,5	1,5	4,07	1053	39,9
R134a	7,7	1,3	3,98	980	36,9
R600a	4,04	0,72	4,03	529	30 (vap. umido)
R22	11,9	2,4	4,04	1724	56,5
R717	11,7	1,9	4,10	1759	112,0
R407C	12,7	2,4	3,88	1667	49,2
R32/125/134a (23/25/52)					
R410A R32/125 (50/50)	18,9	4,0	3,76	2564	56,1
R290	10,5	2,39	3,95	1477	37,3
R502 R22/115 (48,8/51,2)	13,2	2,9	3,78	1754	38,9
R404A R125/143a/134a (44/52/4)	14,3	3,1	3,60	1756	35,5
R507 R125/143a (50/50)	14,7	3,2	3,57	1786	34,8

fluido	p.e.n. (glide) [°C]	t. critica [°C]	ODP R11=1	vita media atmosfera [anni]	GWP CO <sub>2</sub> = 1 100 anni	gruppo sicurezza ASHRAE <sup>2</sup>
R12	-29,8	111,8	0,9	102	8100	A1
R134a	-26,1	101,1	0	15	1300	A1
R600a	-11,8	135,0	0	3	3	A3
R22	-40,8	96,2	0,05	12	1500	A1
R717	-33,3	133,0	0	1	<1	B2
R407C	-43,6 (7,0)	86,7	0		1530	A1/A1
R32/125/134a (23/25/52)				6/33/15		
R410A R32/125 (50/50)	-51,4 (<0,1)	72,5	0	6/33	1730	A1/A1
R290	-42,1	96,8	0	3	20	A3
R502 R22/115 (48,8/51,2)	-45,4	82,2	0,3	12/1700	5490	A1
R404A R125/143a/134a (44/52/4)	-46,4 (0,9)	72,1	0	33/49/15	3260	A1/A1
R507 R125/143a (50/50)	-46,7	70,9	0	33/49	3300	A1

Legenda: ODP: potenziale distruttivo dell'ozono stratosferico, riferito a R11=1.

GWP: potenziale di effetto serra, con tempo di integrazione 100 anni, riferito a CO<sub>2</sub>=1.

# Caratteristiche Termofisiche dei Fluidi Frigorigeni

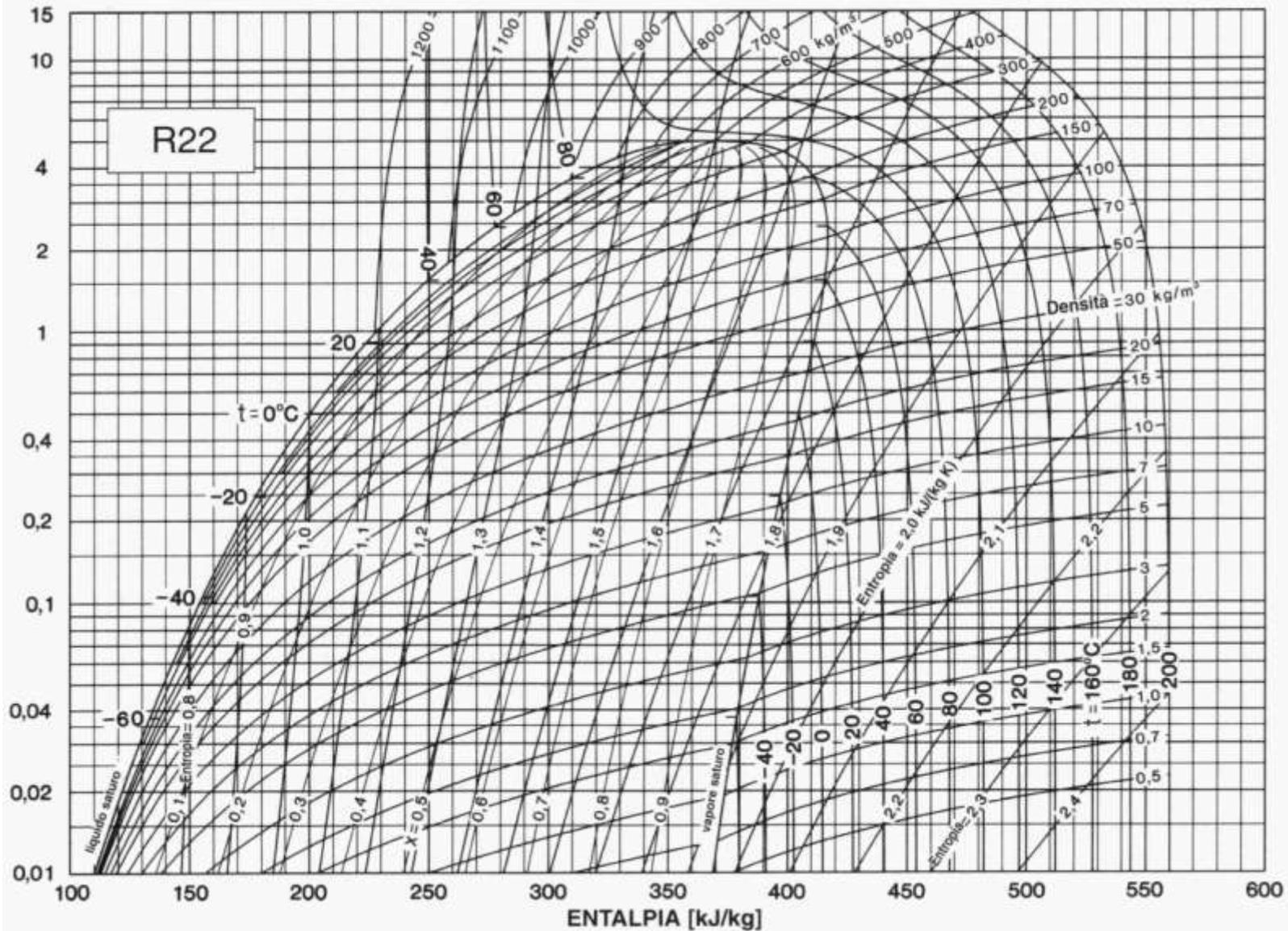
Dati termofisici per

R<sub>22</sub>

$t$ [°C]	$p$ [kPa]	$\rho_l$ $\left[\frac{\text{kg}}{\text{m}^3}\right]$	$v_v$ $\left[\frac{\text{m}^3}{\text{kg}}\right]$	$h_l$ $\left[\frac{\text{kJ}}{\text{kg}}\right]$	$h_v$ $\left[\frac{\text{kJ}}{\text{kg}}\right]$	$cp_l$ $\left[\frac{\text{kJ}}{\text{kg} \text{ } ^\circ\text{C}}\right]$	$cp_v$ $\left[\frac{\text{kJ}}{\text{kg} \text{ } ^\circ\text{C}}\right]$	$\mu_l$ [μPa s]	$\mu_v$ [μPa s]	$\lambda_l$ $\left[\frac{\text{mW}}{\text{m} \text{ } ^\circ\text{C}}\right]$	$\lambda_v$ $\left[\frac{\text{mW}}{\text{m} \text{ } ^\circ\text{C}}\right]$
-40	105,2	1407	0,20450	156,4	385,9	1,106	0,619	332,4	9,85	115,40	7,85
-35	132,0	1392	0,16530	161,6	388,1	1,114	0,633	313,9	10,07	113,10	8,11
-30	163,9	1377	0,13490	166,9	390,3	1,123	0,648	297,0	10,29	110,80	8,37
-25	201,4	1362	0,11110	172,3	392,5	1,132	0,664	281,5	10,52	108,50	8,63
-20	245,3	1346	0,09215	177,7	394,6	1,143	0,681	267,2	10,74	106,20	8,90
-15	296,2	1331	0,07703	183,2	396,7	1,154	0,699	254,0	10,97	103,80	9,17
-10	354,8	1315	0,06482	188,7	398,7	1,166	0,719	241,7	11,20	101,50	9,44
-5	421,8	1298	0,05488	194,3	400,6	1,180	0,739	230,2	11,43	99,09	9,72
0	498,0	1282	0,04672	200,0	402,4	1,194	0,761	219,4	11,66	96,71	10,01
5	584,1	1264	0,03998	205,8	404,2	1,209	0,785	209,1	11,90	94,34	10,30
10	680,9	1247	0,03437	211,6	405,8	1,226	0,811	199,3	12,15	91,97	10,60
15	789,3	1229	0,02966	217,6	407,4	1,245	0,839	189,9	12,39	89,61	10,90
20	909,9	1210	0,02570	223,7	408,8	1,265	0,870	180,8	12,65	87,25	11,22
25	1044	1191	0,02233	229,8	410,1	1,288	0,905	171,9	12,92	84,91	11,54
30	1192	1171	0,01946	236,1	411,3	1,314	0,944	163,3	13,19	82,58	11,88
35	1355	1150	0,01700	242,5	412,3	1,343	0,988	154,7	13,48	80,28	12,23
40	1534	1129	0,01487	249,1	413,1	1,376	1,038	146,3	13,78	78,01	12,60
45	1729	1106	0,01302	255,8	413,7	1,416	1,098	137,9	14,11	75,78	13,00
50	1943	1082	0,01141	262,7	414,1	1,463	1,170	129,5	14,46	73,61	13,43
55	2175	1057	0,01000	269,8	414,1	1,521	1,258	121,1	14,84	71,52	13,90
60	2428	1030	0,00875	277,1	413,8	1,595	1,370	112,6	15,26	69,54	14,43

# Caratteristiche Termofisiche dei Fluidi Frigorigeni

## Diagramma hp per R22



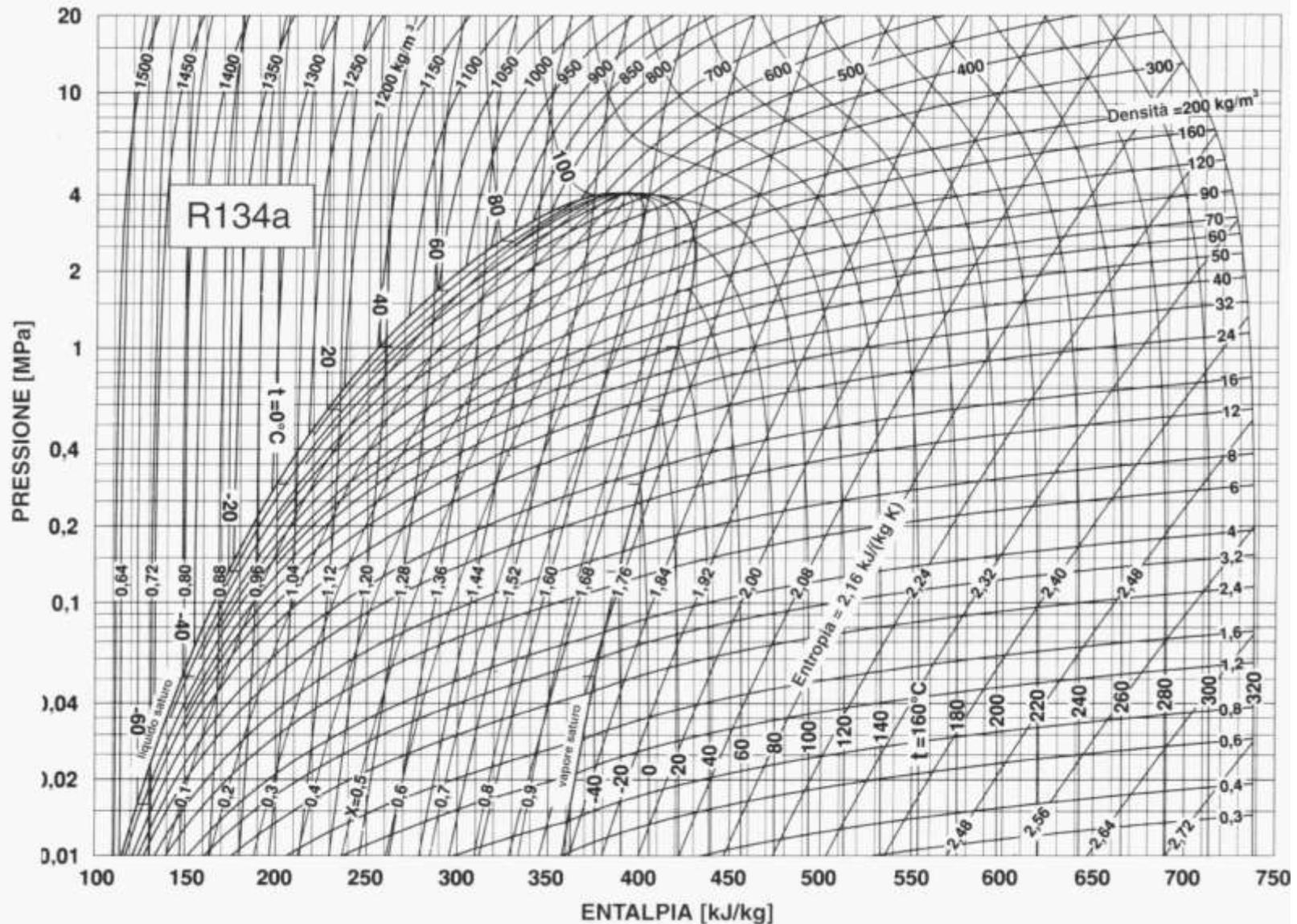
# Caratteristiche Termofisiche dei Fluidi Frigorigeni

## Dati termofisici per R134a

$t$ [°C]	$p$ [kPa]	$\rho_l$ $\left[\frac{\text{kg}}{\text{m}^3}\right]$	$v_v$ $\left[\frac{\text{m}^3}{\text{kg}}\right]$	$h_l$ $\left[\frac{\text{kJ}}{\text{kg}}\right]$	$h_v$ $\left[\frac{\text{kJ}}{\text{kg}}\right]$	$cp_l$ $\left[\frac{\text{kJ}}{\text{kg} \text{ } ^\circ\text{C}}\right]$	$cp_v$ $\left[\frac{\text{kJ}}{\text{kg} \text{ } ^\circ\text{C}}\right]$	$\mu_l$ [μPa s]	$\mu_v$ [μPa s]	$\lambda_l$ $\left[\frac{\text{mW}}{\text{m} \text{ } ^\circ\text{C}}\right]$	$\lambda_v$ $\left[\frac{\text{mW}}{\text{m} \text{ } ^\circ\text{C}}\right]$
-40	51,2	1415	0,36090	148,6	374,2	1,243	0,740	501,4	9,20	114,00	8,06
-35	66,1	1400	0,28400	154,8	377,3	1,251	0,756	465,0	9,41	111,60	8,55
-30	84,4	1386	0,22600	161,1	380,4	1,260	0,771	432,3	9,62	109,10	9,04
-25	106,4	1371	0,18170	167,4	383,6	1,270	0,788	402,7	9,83	106,60	9,53
-20	132,7	1356	0,14740	173,8	386,7	1,282	0,805	375,7	10,05	104,10	10,00
-15	163,9	1341	0,12070	180,3	389,7	1,293	0,823	351,0	10,26	101,50	10,47
-10	200,5	1326	0,09963	186,8	392,8	1,306	0,842	328,3	10,48	98,92	10,94
-5	243,2	1310	0,08284	193,4	395,7	1,320	0,862	307,3	10,70	96,41	11,40
0	292,7	1294	0,06935	200,0	398,7	1,335	0,883	287,9	10,92	93,89	11,85
5	349,5	1277	0,05841	206,7	401,6	1,350	0,906	269,8	11,14	91,34	12,31
10	414,5	1260	0,04948	213,5	404,4	1,367	0,930	252,9	11,37	88,79	12,76
15	488,3	1243	0,04212	220,4	407,2	1,385	0,955	237,1	11,60	86,23	13,21
20	571,6	1225	0,03603	227,4	409,8	1,404	0,982	222,2	11,84	83,69	13,66
25	665,3	1206	0,03094	234,5	412,4	1,425	1,012	208,2	12,08	81,16	14,12
30	770,1	1187	0,02667	241,6	414,9	1,447	1,044	195,0	12,33	78,63	14,58
35	886,9	1167	0,02306	248,9	417,3	1,472	1,080	182,4	12,58	76,13	15,05
40	1016	1147	0,01999	256,4	419,6	1,500	1,120	170,5	12,85	73,64	15,54
45	1160	1125	0,01737	263,9	421,7	1,532	1,166	159,1	13,13	71,17	16,05
50	1318	1102	0,01511	271,6	423,6	1,569	1,218	148,2	13,42	68,71	16,59
55	1491	1078	0,01316	279,4	425,4	1,611	1,280	137,7	13,74	66,27	17,17
60	1682	1052	0,01146	287,5	426,9	1,663	1,354	127,6	14,09	63,85	17,80

# Caratteristiche Termofisiche dei Fluidi Frigorigeni

Diagramma hp per R134a



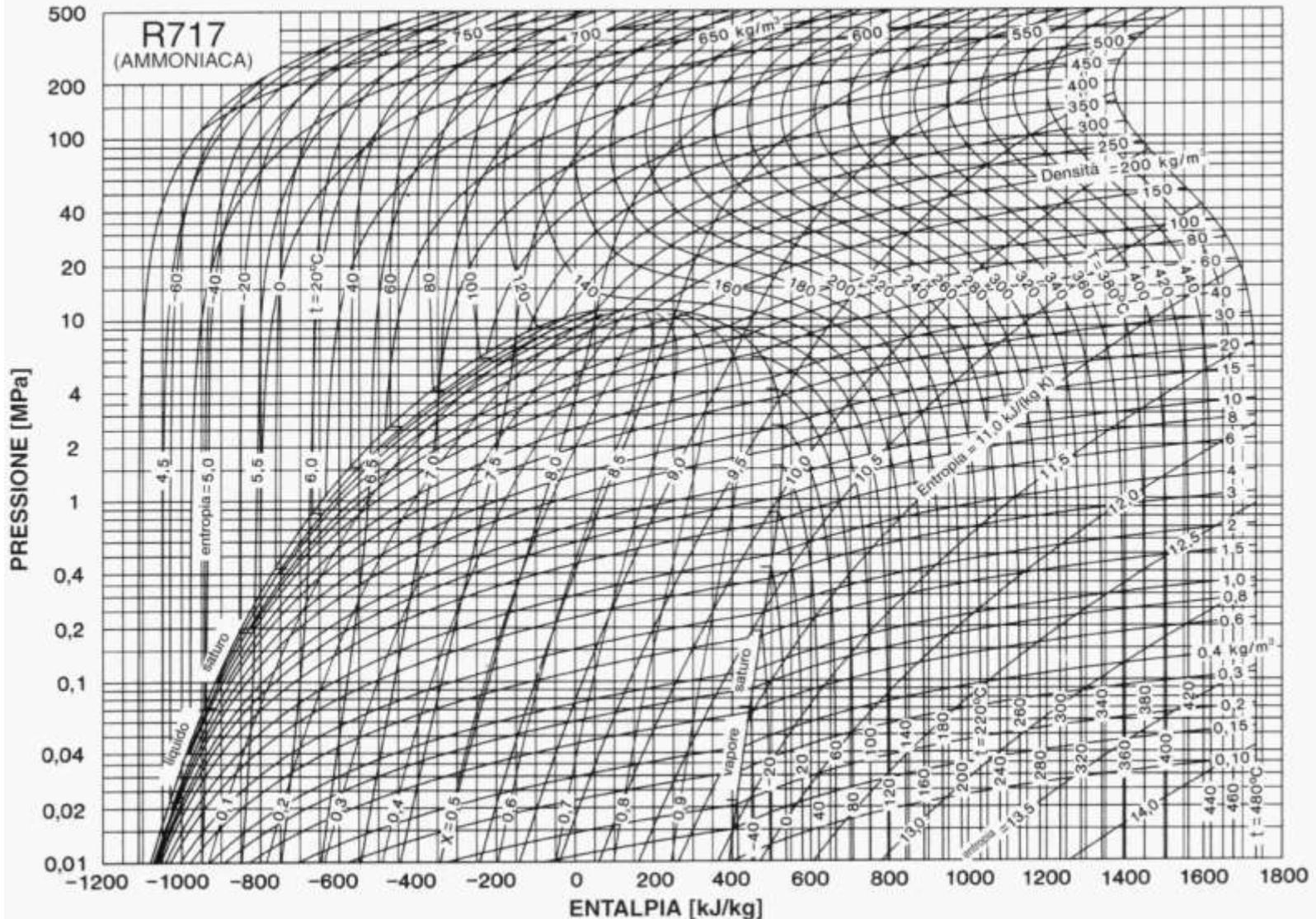
# Caratteristiche Termofisiche dei Fluidi Frigorigeni

## Dati termofisici per ammoniaca, R717

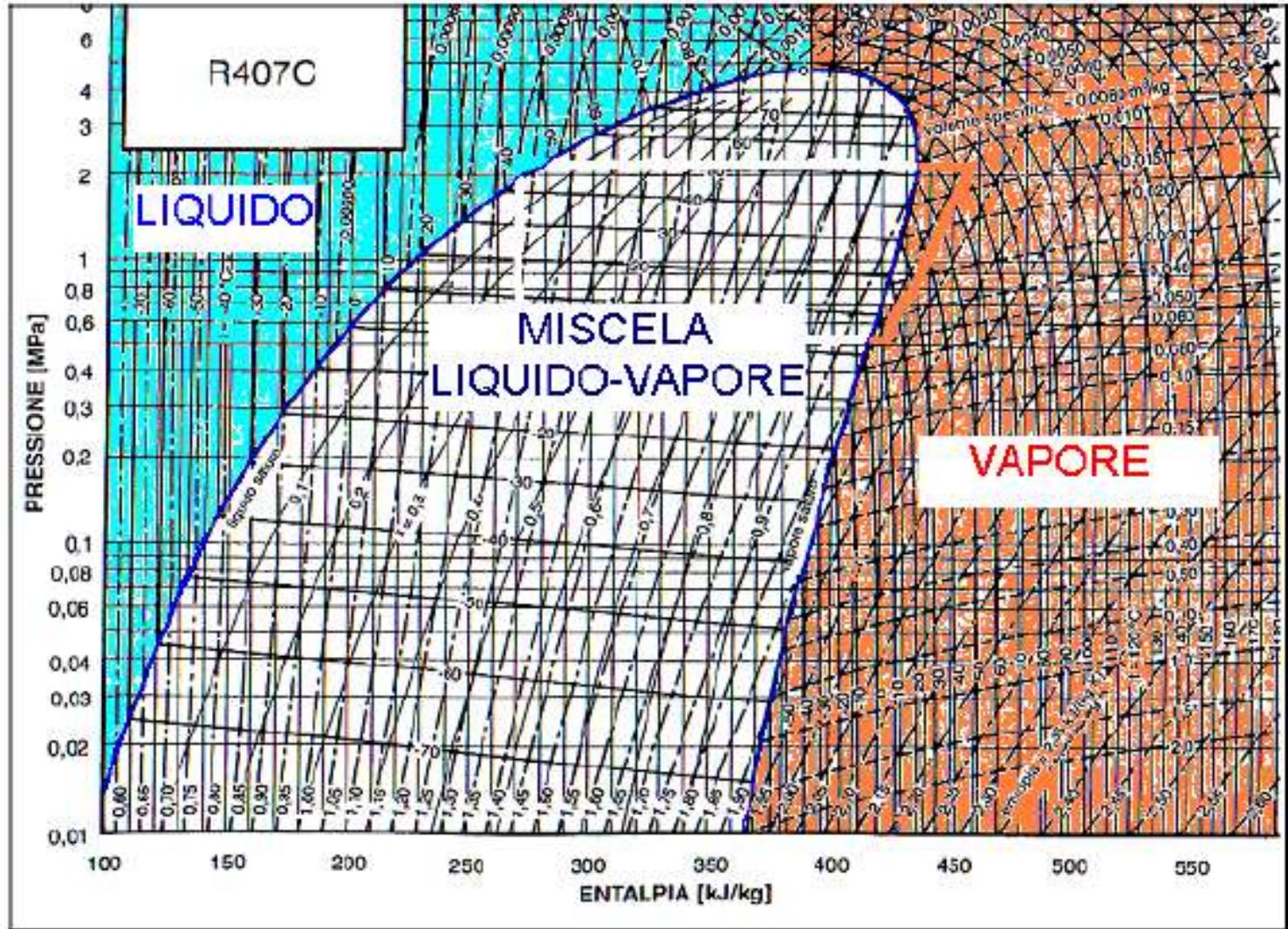
$t$ [°C]	$p$ [kPa]	$\rho_l$ [ $\frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$ ]	$v_v$ [ $\frac{\text{m}^3}{\text{kg}}$ ]	$h_l$ [ $\frac{\text{kJ}}{\text{kg}}$ ]	$h_v$ [ $\frac{\text{kJ}}{\text{kg}}$ ]	$cp_l$ [ $\frac{\text{kJ}}{\text{kg} \text{ } ^\circ\text{C}}$ ]	$cp_v$ [ $\frac{\text{kJ}}{\text{kg} \text{ } ^\circ\text{C}}$ ]	$\mu_l$ [ $\mu\text{Pa s}$ ]	$\mu_v$ [ $\mu\text{Pa s}$ ]	$\lambda_l$ [ $\frac{\text{mW}}{\text{m} \text{ } ^\circ\text{C}}$ ]	$\lambda_v$ [ $\frac{\text{mW}}{\text{m} \text{ } ^\circ\text{C}}$ ]
-40	71,7	690	1,55300	19,6	1408,4	4,396	2,176	302,4	8,06	592,10	23,13
-35	93,1	684	1,21600	41,7	1416,2	4,421	2,219	285,3	8,22	584,70	23,65
-30	119,5	678	0,96350	63,9	1423,6	4,447	2,268	268,5	8,39	576,90	24,18
-25	151,5	671	0,77130	86,2	1430,8	4,474	2,321	252,4	8,56	568,80	24,72
-20	190,1	665	0,62350	108,7	1437,6	4,501	2,379	237,4	8,73	560,40	25,26
-15	236,2	658	0,50850	131,3	1444,2	4,528	2,442	223,4	8,90	551,60	25,80
-10	290,8	652	0,41820	154,0	1450,4	4,556	2,510	210,5	9,07	542,50	26,36
-5	354,8	645	0,34660	176,9	1456,3	4,586	2,582	198,4	9,25	533,10	26,91
0	429,4	639	0,28930	200,0	1461,8	4,617	2,660	187,2	9,43	523,30	27,47
5	515,7	632	0,24310	223,2	1466,9	4,649	2,743	176,7	9,60	513,20	28,04
10	615,0	625	0,20550	246,6	1471,7	4,683	2,831	166,9	9,78	508,80	28,61
15	728,4	618	0,17470	270,2	1475,9	4,720	2,926	157,8	9,96	499,40	29,18
20	857,3	611	0,14930	293,9	1479,8	4,758	3,027	149,3	10,15	489,40	29,76
25	1003	603	0,12810	317,9	1483,1	4,799	3,135	141,3	10,34	479,00	30,35
30	1167	595	0,11050	342,0	1485,9	4,843	3,252	133,9	10,53	468,20	30,94
35	1350	588	0,09567	366,4	1488,2	4,891	3,378	126,9	10,72	454,60	31,54
40	1555	580	0,08313	391,1	1489,8	4,943	3,515	120,3	10,92	441,00	32,14
45	1782	571	0,07247	415,9	1490,8	5,001	3,666	114,2	11,12	427,40	32,74
50	2033	563	0,06336	441,1	1491,1	5,066	3,831	108,4	11,32	414,10	33,36
55	2310	554	0,05554	466,6	1490,6	5,140	4,015	103,0	11,53	384,80	33,98
60	2614	545	0,04880	492,4	1489,3	5,225	4,220	97,9	11,75	370,30	34,61

# Caratteristiche Termofisiche dei Fluidi Frigorigeni

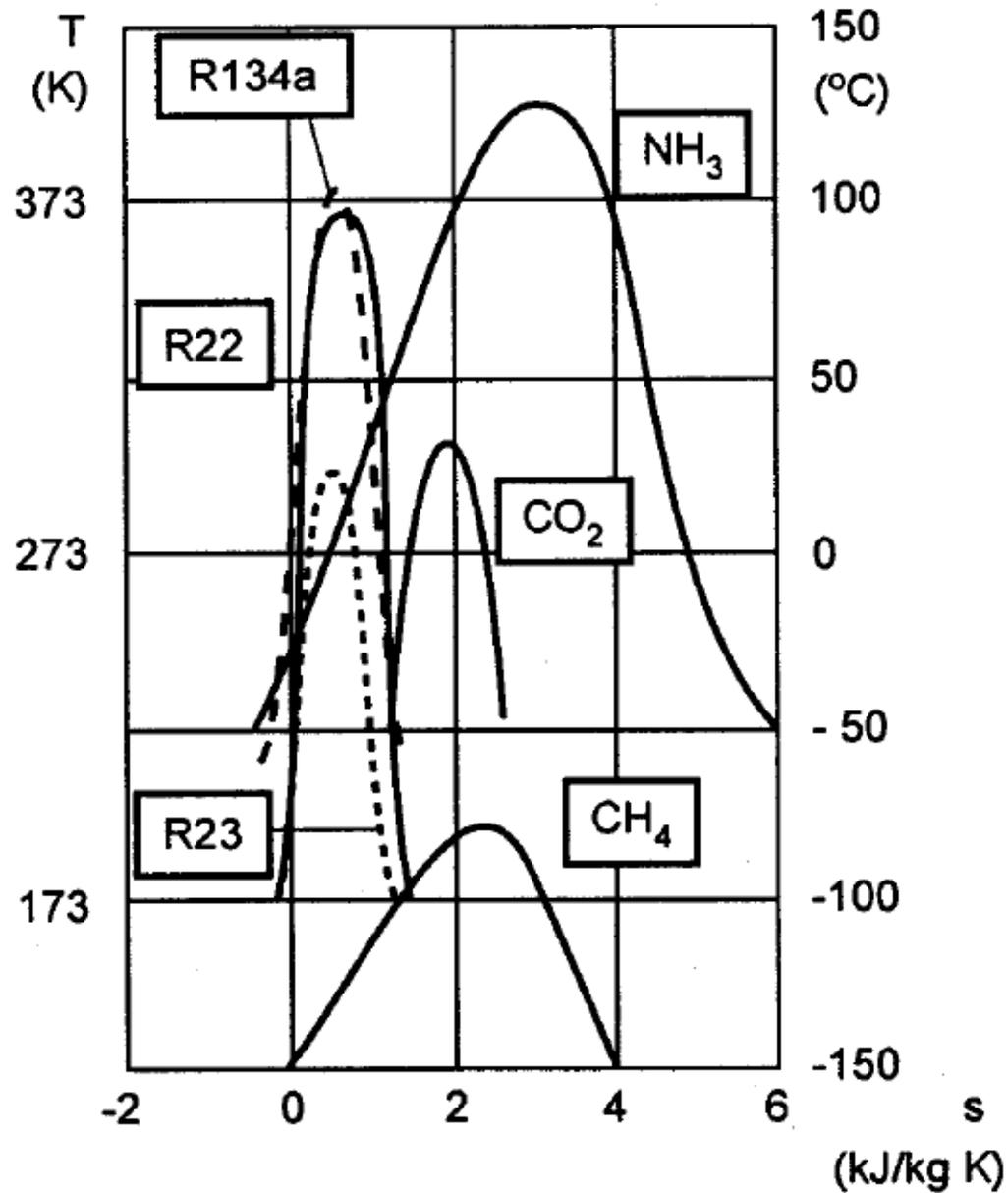
## Diagramma hp per ammoniaca, R717



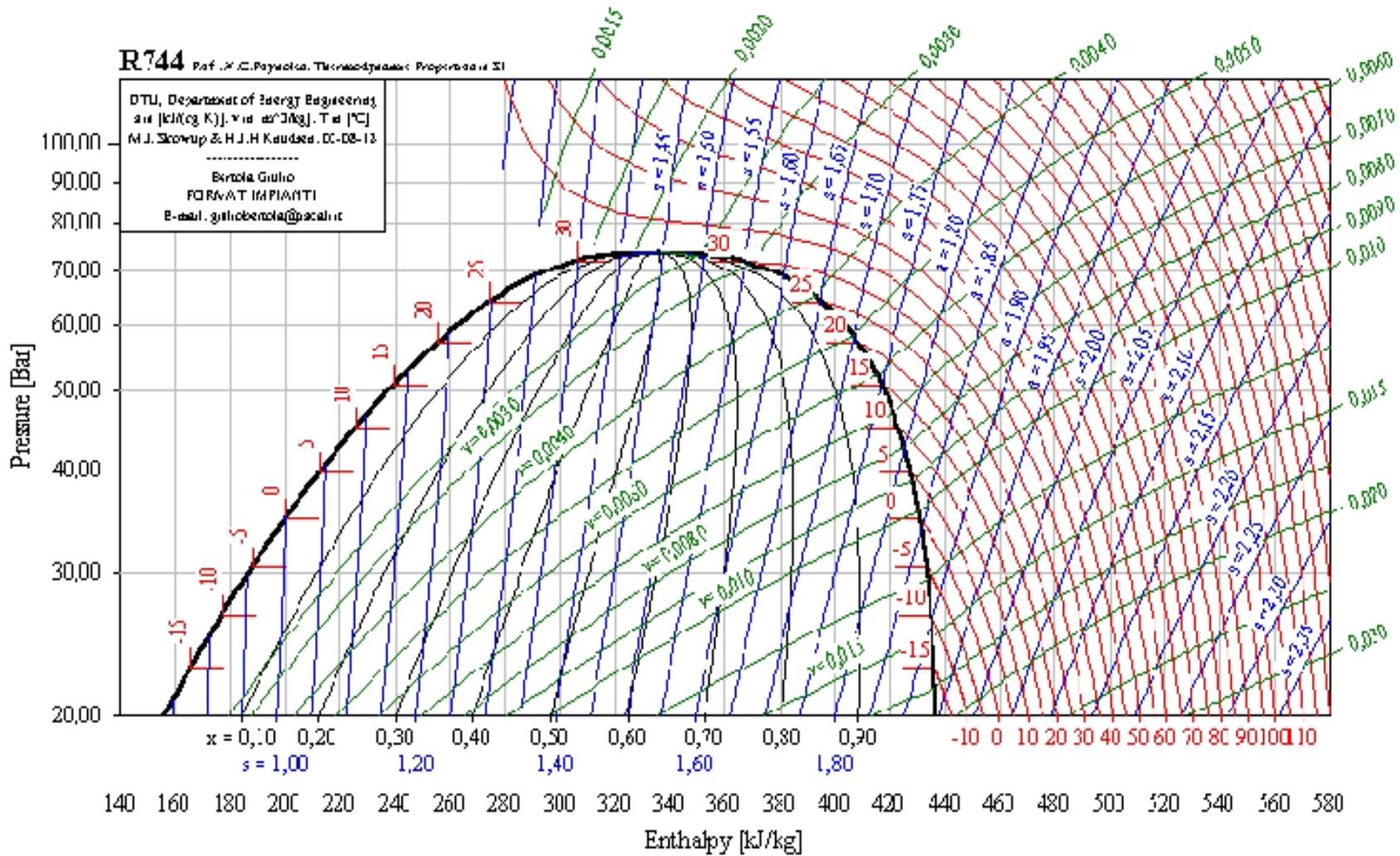
# Caratteristiche Termofisiche dei Fluidi Frigoriferi



# Curve di Gibbs per alcuni fluidi frigoriferi

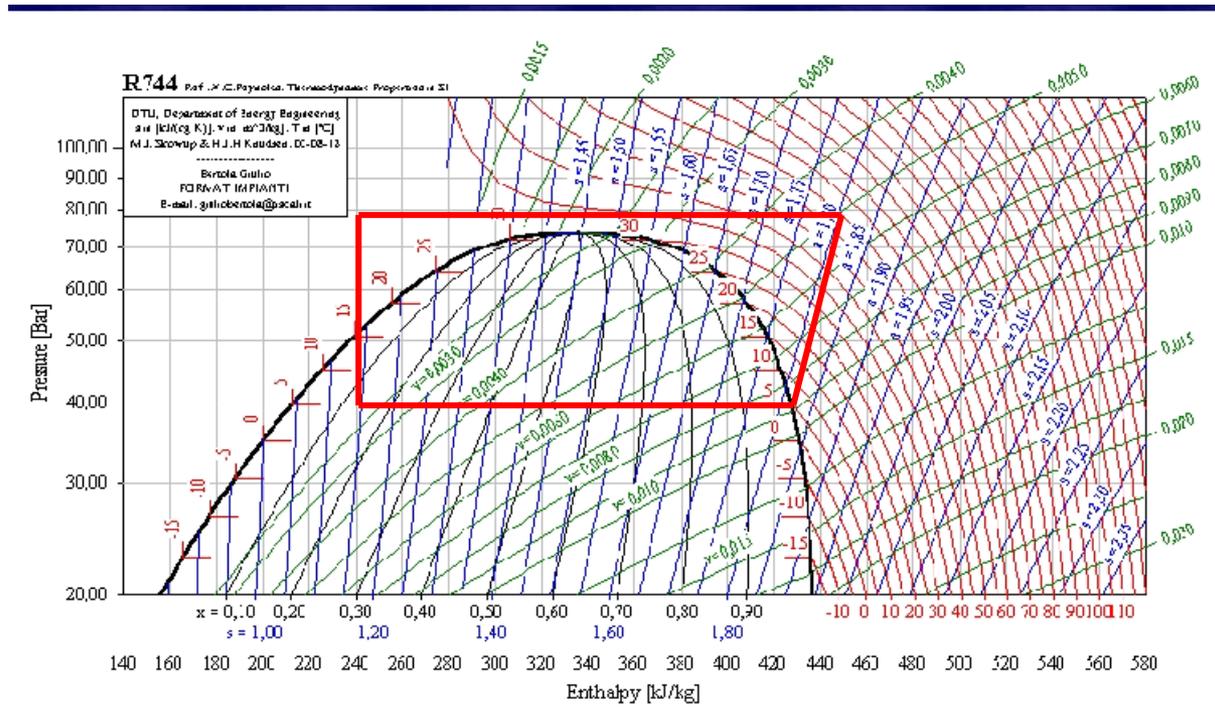


# Diagramma hp per la CO<sub>2</sub>

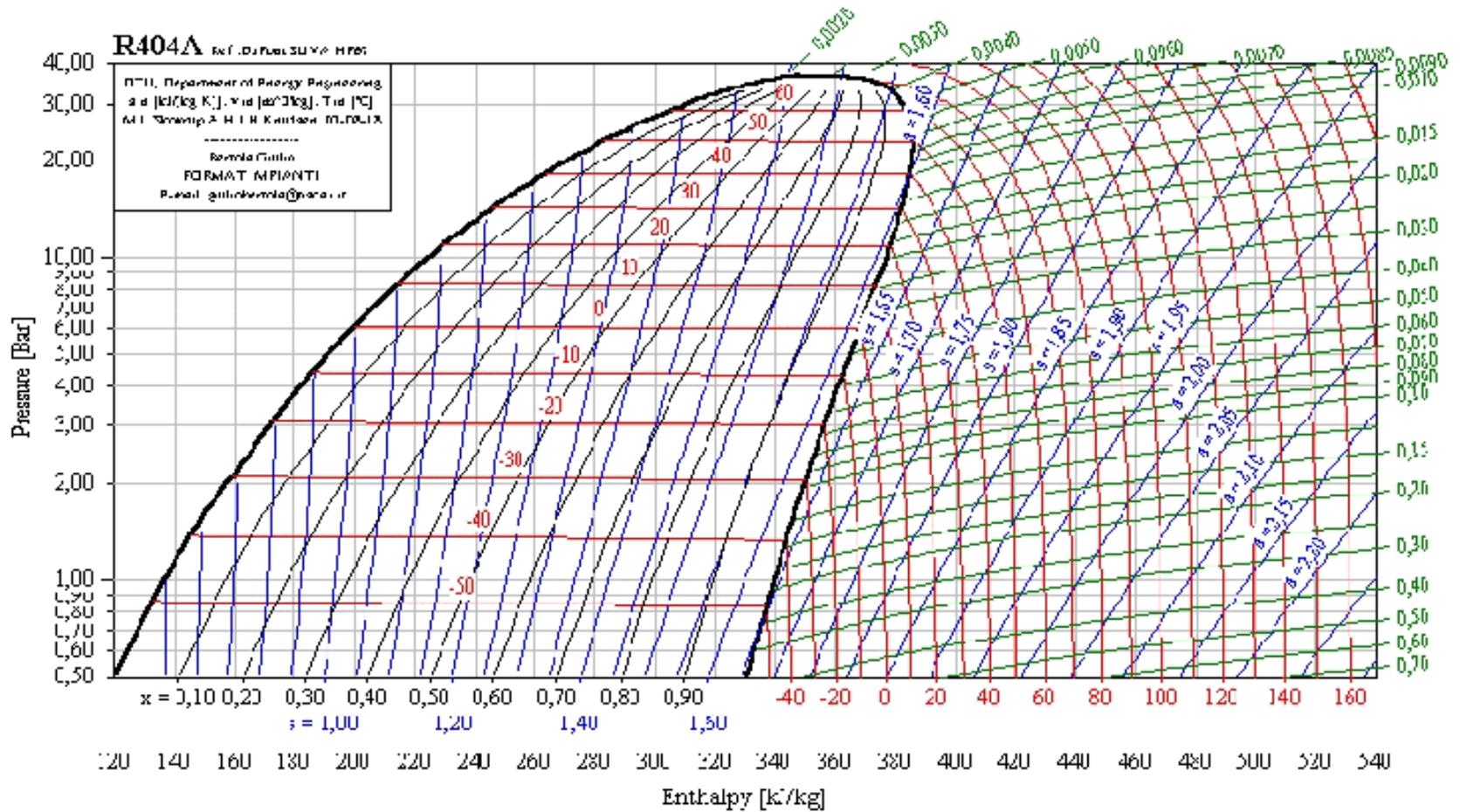


# Cicli transcritici – La CO<sub>2</sub>

In Figura 255 si possono osservare le curve di Gibbs per alcuni gas frigoriferi. La CO<sub>2</sub> ha una temperatura critica di 30 °C a circa 75 bar. Ne consegue che la CO<sub>2</sub> se usata come fluido frigorifero dà luogo a cicli transcritici e in particolare la fase di raffreddamento normalmente effettuata al condensatore viene ora effettuata con uno scambiatore di calore (*gas cooler*). Pertanto la CO<sub>2</sub> (classificata anche come R744 dall'ASHRAE) richiede un circuito frigorifero leggermente diverso da quello usuale. Inoltre la CO<sub>2</sub> opera a pressioni elevate (oltre 60 bar) e quindi tutti gli organi di impianto debbono essere progettati per queste pressioni. Tuttavia la CO<sub>2</sub> ha densità elevata e pertanto i diametri, a parità di flusso di massa, sono minori di quelli usuali e la diminuzione del diametro compensa la maggior resistenza alla pressione di esercizio.

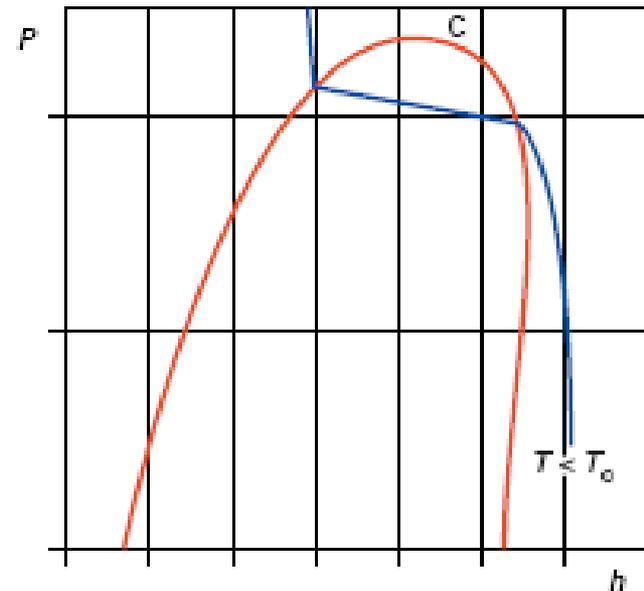
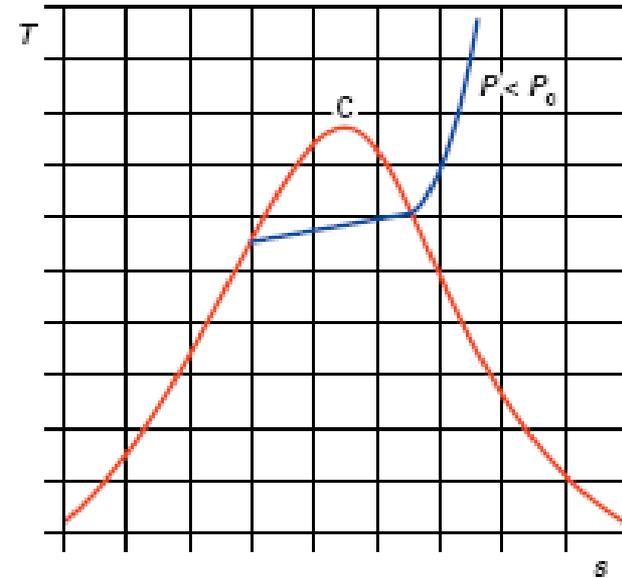


# Diagramma hp per R404a



# Refrigeranti composti

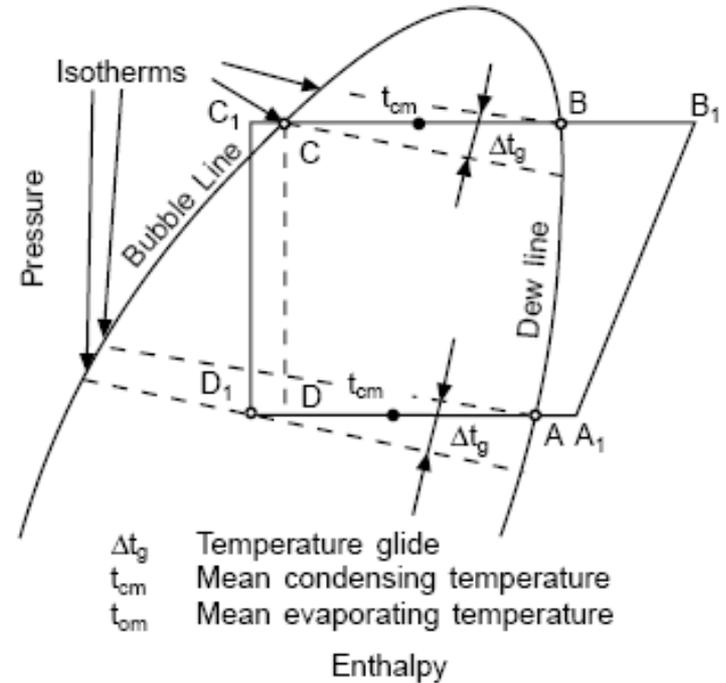
Molti nuovi refrigeranti sono composti da miscele (*Blend*) di refrigeranti (in genere due o tre). Si tratta di miscele *zeotropiche* caratterizzate dall'aver temperature di vaporizzazione e di condensazione variabili con le percentuali dei componenti. Il ciclo frigorifero a miscela di vapori saturi si trasforma come indicato in Figura. Per confrontare le caratteristiche dei refrigeranti singoli o delle miscele azeotropiche occorre confrontare i punti A e B di Figura. La variazione delle temperature di vaporizzazione e di condensazione corrispondenti al ciclo può portare a qualche vantaggio nel progetto degli scambiatori di calore. Va osservato che una fuga della miscela zeotropica porta alla variazione della composizione della miscela residua con conseguente possibile variazione delle caratteristiche del fluido di lavoro. Tuttavia si è osservato che fughe di piccole quantità di fluidi non porta a grandi inconvenienti meccanici. Per questo motivo i compressori che usano miscele zeotropiche sono già pre-caricati con liquido refrigerante in modo da evitare spostamenti di concentrazioni. Inoltre è spesso utilizzato un componente infiammabile nella miscela e quindi è necessario evitare ogni contatto con l'aria. Questa considerazione ha portato ad avere locali tecnologici per i refrigeratori separati dagli altri locali e soprattutto dalle centrali termiche con caldaie all'interno.



# Modifica del ciclo frigorifero con refrigeranti composti

Un effetto del comportamento delle miscele zeotropiche è il fenomeno detto *glide* cioè della differenza di temperatura che si ha fra la condensazione e l'evaporazione, come illustrato anche in Figura.

Questa differenza di temperatura può variare da 7,4 °C per l'R407C a meno di 0.2 °C per l'R410A, come illustrato nella Tabella

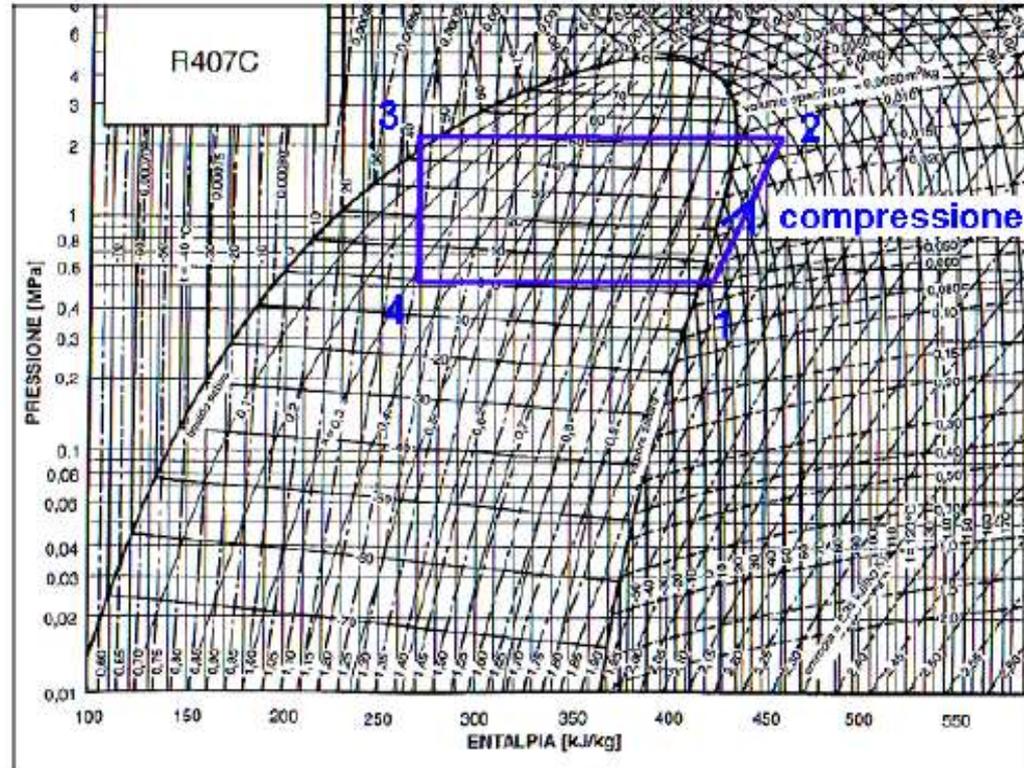


Nom	ODP	GWP	$\Delta T_g$ (°C)	$M$ (kg/kmol)	$T_b$ (°C)	$T_c$ (°C)	$P_c$ (bar)
R 502	0,4	5 490	0	111,6	- 46	82	40,2
R 404A	0	3 260	0,7	97,6	- 47	73	37,4
R 407C	0	1 530	7,4	86,2	- 44	87	46,3
R 410A	0	1 730	< 0,2	72,6	- 51	72	49,5

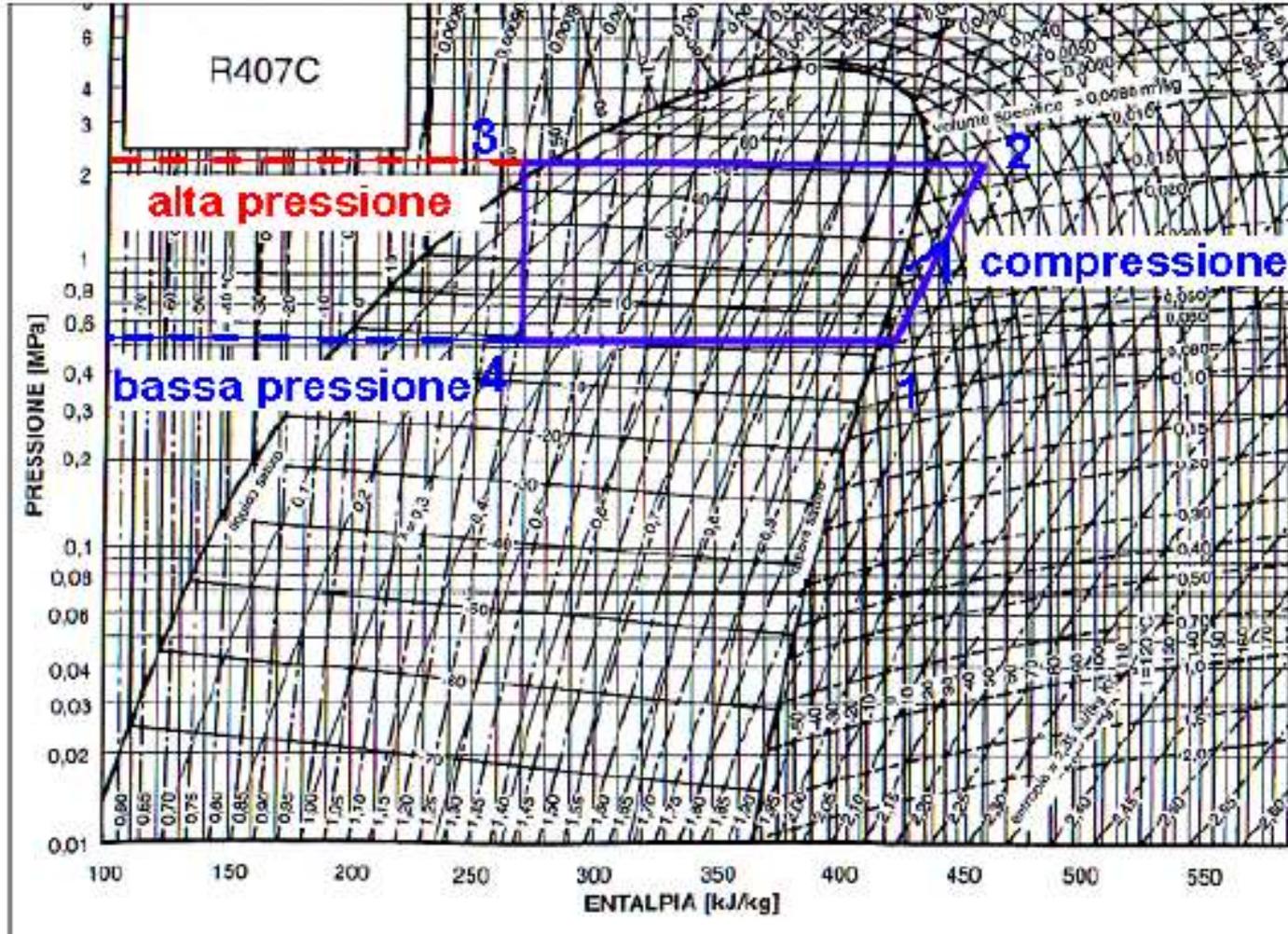
# Tracciamento di un ciclo frigorifero

I diagrammi (h,p) sono molto utili per tracciare i cicli frigoriferi poiché hanno in assi coordinati le principali grandezze di controllo (l'entalpia nelle ascisse e la pressione nelle ordinate). In figura si ha un esempio di tracciamento di ciclo frigorifero a compressione di vapori saturi nel piano (h,p): scelte le pressioni massima e minima (funzione delle temperature estreme di ciclo) si ha un immediato disegno del ciclo frigorifero (1234) con le seguenti fasi:

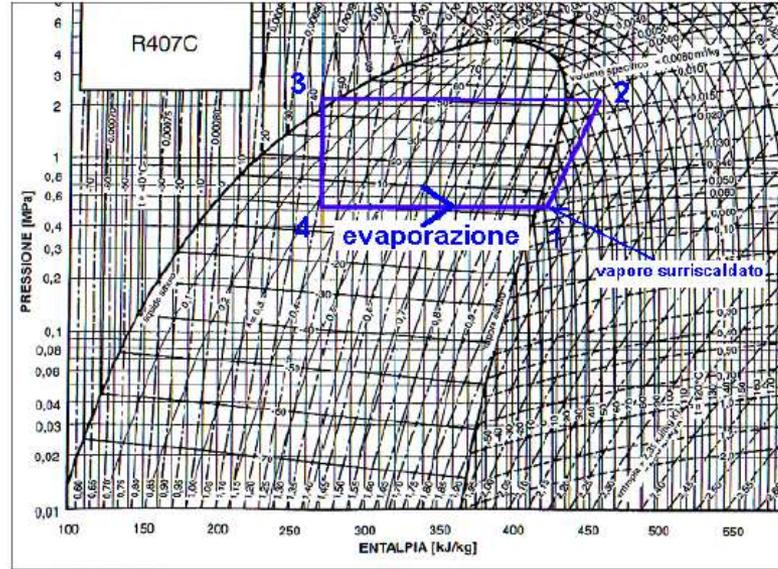
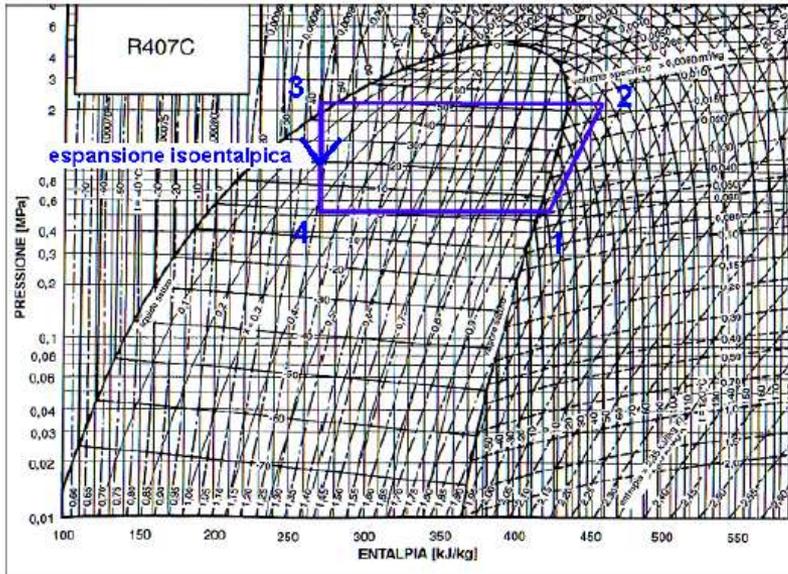
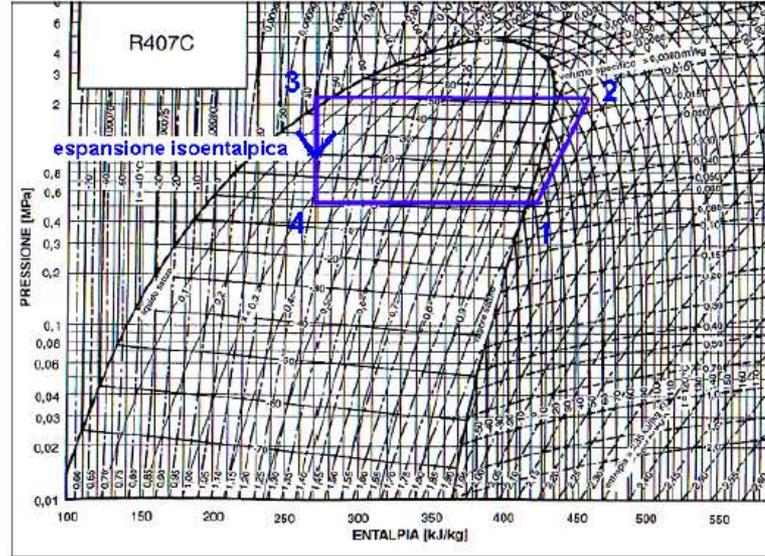
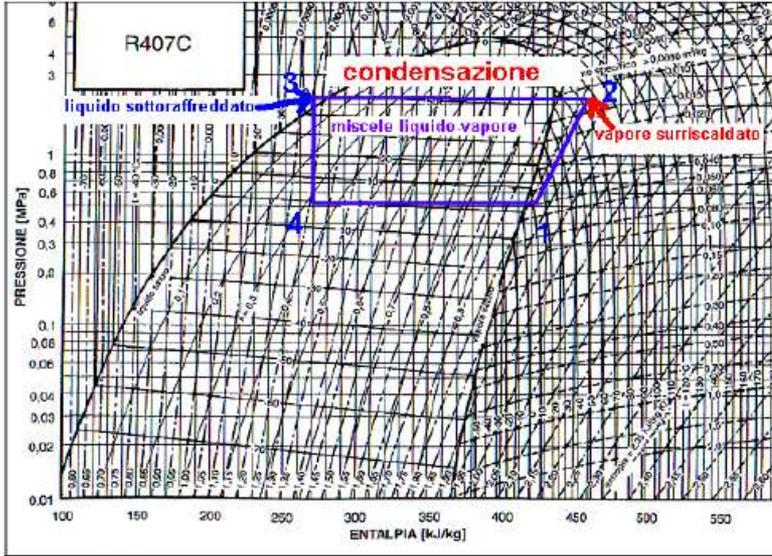
- 12** compressione isoentropica;
- 23** desurriscaldamento e condensazione del fluido refrigerante;
- 34** laminazione fra pressione superiore e pressione inferiore (isoentalpica);
- 41** evaporazione del fluido refrigerante.



# Tracciamento di un ciclo frigorifero



# Tracciamento di un ciclo frigorifero

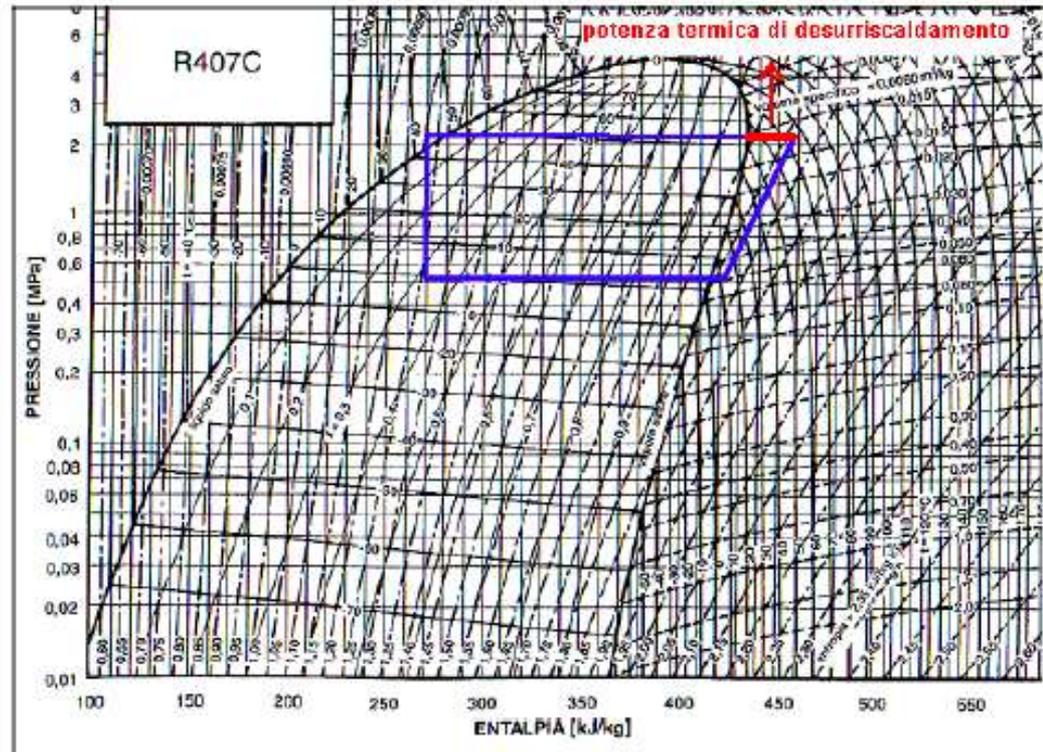
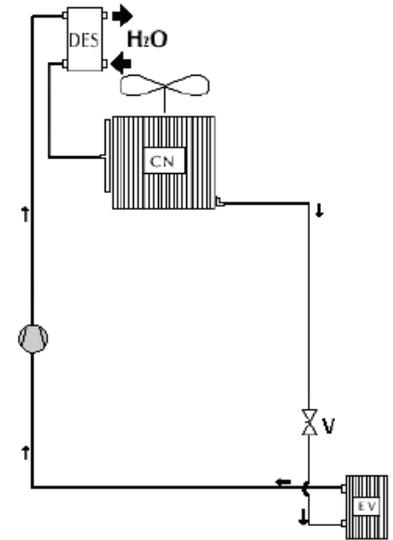


# Recupero parziale del Calore

Volendo recuperare calore di condensazione, anche ai fini di un corretto risparmio energetico negli impianti di climatizzazione, si può pensare o inserire uno scambiatore di calore nel quale il fluido frigorifero in uscita dal compressore possa cedere il calore di desurriscaldamento o il calore totale di condensazione.

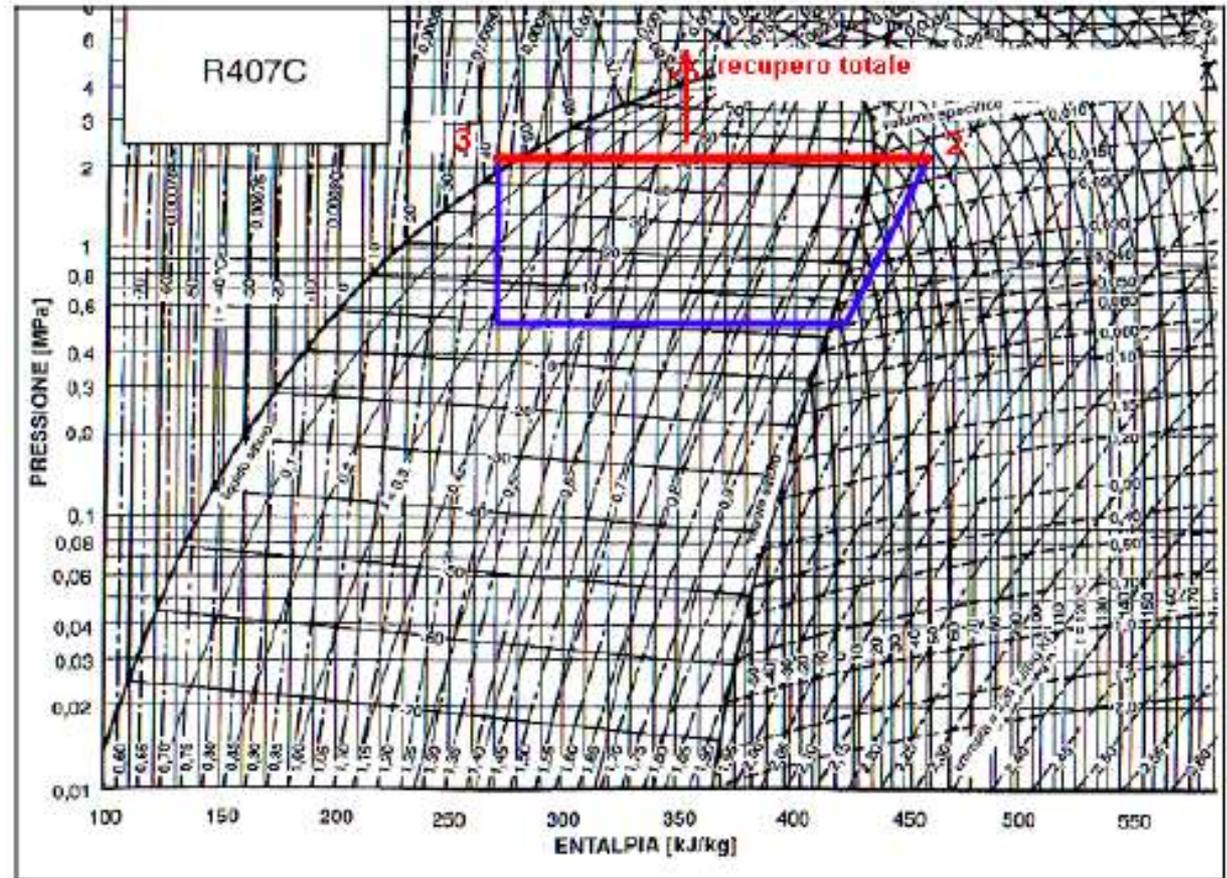
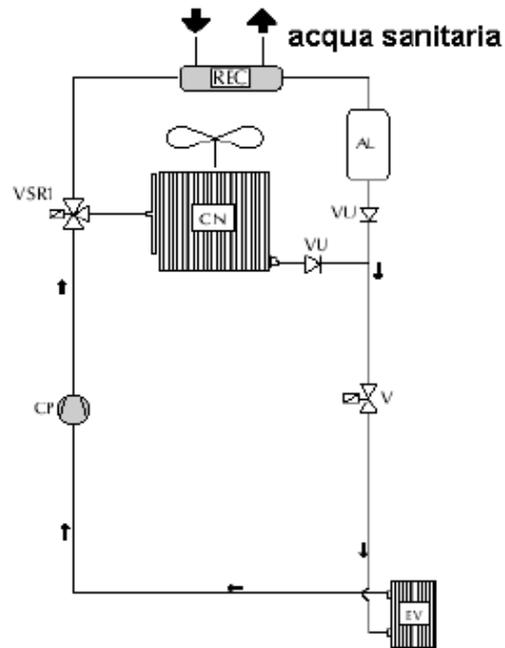
Nel primo caso si ha la situazione di figura e nel piano (h,p) si ha l'evidenziazione del tratto relativo al desurriscaldamento.

In termini quantitativi si recupera circa il 30% del calore totale al condensatore.



# Recupero totale del Calore

Nel caso in cui si desideri recuperare del tutto il calore normalmente ceduto nel condensatore allora si opera come indicato in figura e il calore recuperato può essere calcolato mediante il diagramma (h,p).



## **Recupero totale del Calore - Osservazioni**

**Si osservi che quando si modifica il ciclo frigorifero, con l'inserimento del desurriscaldatore o del recuperatore totale, occorre comunque assicurare che esso funzioni correttamente.**

**Pertanto se si opera a ciclo continuo la quantità di energia che viene normalmente riversata nel condensatore deve essere sempre smaltita o in aria (per macchine raffreddate ad aria) o in acqua (per macchine frigorifere raffreddate ad acqua) o nello scambiatore di calore di recupero (parziale o totale). L'utilizzo di quest'ultima quantità di calore deve essere sempre assicurato dall'impianto pena il malfunzionamento del ciclo frigorifero.**

**In pratica l'Utente deve prendersi carico del calore che la macchina pensa di smaltire al condensatore.**

**Se l'applicazione di questo recupero è di tipo saltuario e/o discontinua e quindi non può assicurare il corretto funzionamento del ciclo allora occorre prevedere l'inserimento di dissipatori di calore (ad esempio ventole che disperdono calore in aria) in modo da avere sempre il corretto smaltimento del calore di condensazione.**

# Indici di Prestazione

Prima di affrontare l'analisi dei vari tipi di compressori frigoriferi è bene avere presenti le definizioni più frequenti degli indici energetici. L'efficienza frigorifera è definita, come già indicato in precedenza, dal rapporto:

$$\varepsilon = \frac{\text{Energia _ Frigorifera _ ottenuta}}{\text{Energia _ elettrica _ al _ compressore}} = \frac{Q_2}{L}$$

Spesso tale indice è definito, riprendendo la definizione anglosassone, come COP (*Coefficient Of Performance*). E' uno degli indici di maggior uso nella pratica e nella documentazione tecnica dei Costruttori. L'ARI (Associazione delle industrie di refrigerazione) definisce anche l'indice EER (*Energy Energy Ratio*) sostanzialmente analogo al precedente salvo a non avere unità omogenee come, ad esempio, BTU/kW o altre di uso comune mentre il COP è definito in unità omogenee (kW/kW).

Un altro indice utilizzato è l'EER<sub>G</sub> (EER Globale) dato dal rapporto:

$$EER_G = \frac{\text{Potenza _ Frigorifera _ Ottenuta}}{\text{Potenza _ Totale _ Spesa}} = \frac{Q_2}{L + L_V + L_P}$$

Ove si hanno i seguenti simboli:

$Q_2$	<i>Potenza frigorifera ottenuta, kW</i>
$L$	<i>Potenza ceduta al compressore, kW</i>
$L_V$	<i>Potenza ceduta ai ventilatori, kW</i>
$L_P$	<i>Potenza ceduta alle pompe di circolazione, kW</i>

# Indici di prestazione

Un andamento tipico dell'efficienza energetica totale al variare del carico è riportata in Figura ove, a partire dall'alto, si hanno le curve di efficienza per compressori scroll, per compressori a vite con rapporto di compressione 2,5 e compressori a vite con rapporti di compressione 3,5 a più gradini e on – off

Poiché il carico frigorifero varia continuamente, almeno per gli impianti civili, al variare delle condizioni climatiche esterne, si è soliti definire un indice di prestazioni medio calcolato su 4 punti. In particolare si hanno:

$$IPLV = (PE_{100\%} EER_{100\%} + PE_{75\%} EER_{75\%} + PE_{50\%} EER_{50\%} + PE_{25\%} EER_{25\%})$$

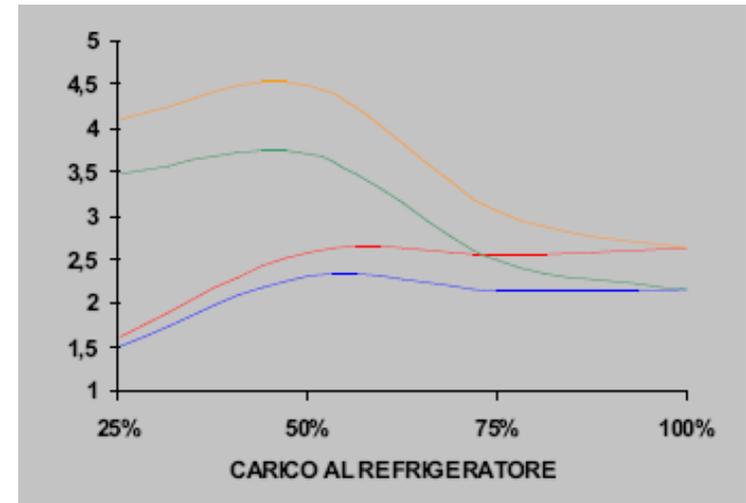
Ove si hanno le seguenti definizioni:

$PE_p$  *peso energetico: energia prodotta alle condizioni di carico considerate (p=100%, 75%, 50% e 25%) su energia totale erogata nella stagione;*

$EER_p$  *efficienza energetica del condizionatore alle condizioni di carico (p=100%, 75%, 50% e 25%) e a condizioni di temperatura all'evaporatore e al condensatore rappresentative dell'intera stagione estiva.*

Un analogo indice è stato definito dall'AICARR, l'EMPE (*Efficienza Media Ponderata Estiva*) ma con percentuali di carico diverse per tenere conto delle condizioni climatiche dell'Italia.

Nella seguente Tabella sono riportati i valori di PE<sub>p</sub> e di temperatura di ingresso nel condensatore (corrispondente alla temperatura esterna) adottati nei due casi..



carico	ARI		AICARR	
	Peso energ.	temp. aria ing. cond.	peso energ.	temp. aria ing. cond.
%	%	°C	%	°C
100%	1%	35	10%	35
75%	42%	26,7	30%	31,3
50%	45%	18,3	40%	27,5
25%	12%	12,8	20%	23,8

# Indice ESEER

Nel 2005 l'Unione Europea ha proposto un indice avente la stessa formulazione analitica dei precedenti ma con percentuali di produzione energetica e temperature dell'aria al condizionatore diverse (ottimizzate per i paesi europei). Tale indice è denominato ESEER (*European Seasonal EER*). Si hanno i seguenti valori di calcolo.

Nelle applicazioni pratiche il confronto fra l'IPLV e EMPE mostra che quest'ultimo ha valore inferiori al primo a causa delle diverse percentuali energetiche e temperature dell'aria di condensazione. Mediamente si hanno valori dell'EMPE minori del 30-40% rispetto all'IPLV.

Carico	Peso Energetico PE	Temperatura Aria Condensatore
%	%	°C
100	3	30
75	33	25
50	41	20
25	23	20

## Osservazioni sugli indici di prestazioni stagionali

Spesso i dati di targa dei refrigeratori riportano le tipologie dei compressori (alternativi, scroll, vite, ..) e l'efficienza frigorifera (EER in unità omogenee per l'Italia). Questi dati non sono certo sufficienti per conoscere la reale efficienza media dei refrigeratori nell'arco di una stagione allorquando i carichi frigoriferi variano al variare delle condizioni climatiche e variano anche i rendimenti dei compressori sia per tipologia che per numero di gradini possibili.

Così, ad esempio, un refrigeratore a compressori alternativi avente un COP nominale di 3,5 con due gradini di regolazione raggiunge un indice medio stagionale EMPE pari a 4,5. Un refrigeratore con compressori scroll di tipo gemellati (due per circuito) hanno un rendimento dei compressori minore, pari a 3,0, ma una efficienza media stagionale EMPE pari a 4,5, come per il caso precedente.

Per un compressore Turbocor® (vedi più avanti) il valore dell'indice ILPV (*Integrated Part Load Value*) risulta molto elevato per refrigeratori raffreddati ad acqua (9) ma anche per i refrigeratori raffreddati ad aria si ha un beneficio sensibile (5,9).

Va ancora tenuto presente che le percentuali energetiche indicate dai vari indici al variare del carico sono solo di riferimento e nelle applicazioni reali si possono avere risultati anche molti discosti da quelli calcolati.

Tuttavia un confronto fra diverse macchine a parità di indice medio stagionale può essere utile per scegliere il refrigeratore migliore.

# Compressori Alternativi per Impianti Frigoriferi

I compressori utilizzati sono molteplici e ciascuna tipologia è indicata per applicazioni particolari o per potenzialità compresa in determinati intervalli. Possiamo qui riassumere la situazione attuale come descritto in .

Le condizioni nominali di riferimento sono:

$$t_{ev} = -10 \text{ }^\circ\text{C}, \quad T_c = 25 \text{ }^\circ\text{C}$$

Un'altra classificazione dei compressori può essere:

**Compressori Aperti:** quando l'albero di trasmissione esce dal carter

**Compressori Ermetici:** se dal carter escono solo le tubazioni di aspirazione e di mandata del fluido, nonché i cavi elettrici

**Compressori Semiermetici:** se il carter è apribile (cioè è imbullonato ma non saldato).

Tipologia	Potenza Frigorifera (kW)	Rumorosità prodotta
<i>Alternativi</i> Ermetici Semiermetici Aperti	1÷10 30÷250 300÷500	Medio grande con produzione di rumore e vibrazioni
<i>Rotativi</i> A palette A vite Scroll	1.5÷7 200÷3000 50÷2000	Silenziosi e stabili
<i>Centrifughi</i> Semiermetici Aperti	300÷6000 300÷30.000	Necessari pavimenti antivibranti e cuffie afoniche

# Rendimento Volumetrico dei compressori

Con riferimento alla figura, definiamo **rendimento volumetrico** di un compressore alternativo il rapporto:

$$\eta_v = \frac{V_a}{V_g}$$

ove :

$V_a$  volume aspirato,

$V_g$  volume generato

$V_n$  volume nocivo.

Risulta:

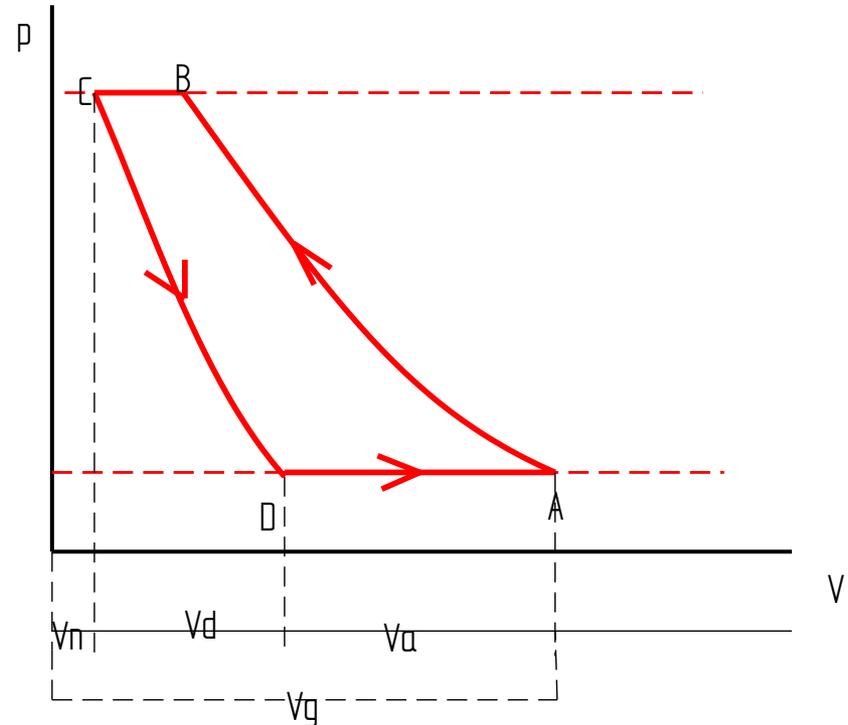
$$V_g + V_n = V_a + V_d$$

ed inoltre, essendo la CD adiabatica (almeno con riferimento al ciclo ideale), si ha:

$$\frac{V_d}{V_c} = \left( \frac{p_c}{p_d} \right)^{\frac{1}{k}} = \rho^{\frac{1}{k}}$$

Combinando le ultime relazioni si ottiene:

$$\eta_v = 1 + \frac{V_n}{V_g} \left( 1 - \rho^{\frac{1}{k}} \right)$$



# Cilindrata del Compressore

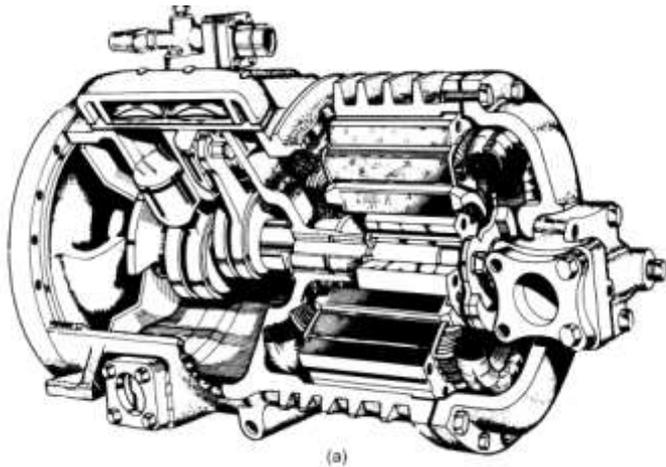
La cilindrata del compressore è pari a:

$$V = \frac{\dot{V}}{\eta_v n} = \frac{\dot{m} v_a}{\eta_v n}$$

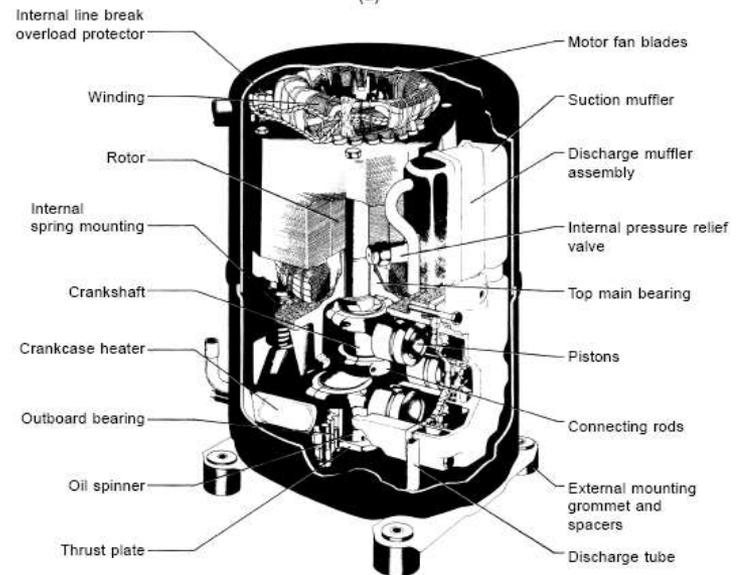
Ove:

- $\dot{V}$  è la portata volumetrica
- $\dot{m}$  è la portata massica
- $v_a$  il volume specifico in aspirazione
- $n$  il numero di giri.

Naturalmente i valori reali sono discosti da quelli teorici per effetto sia delle irreversibilità che dei volumi morti che si vengono a generare in aspirazione.



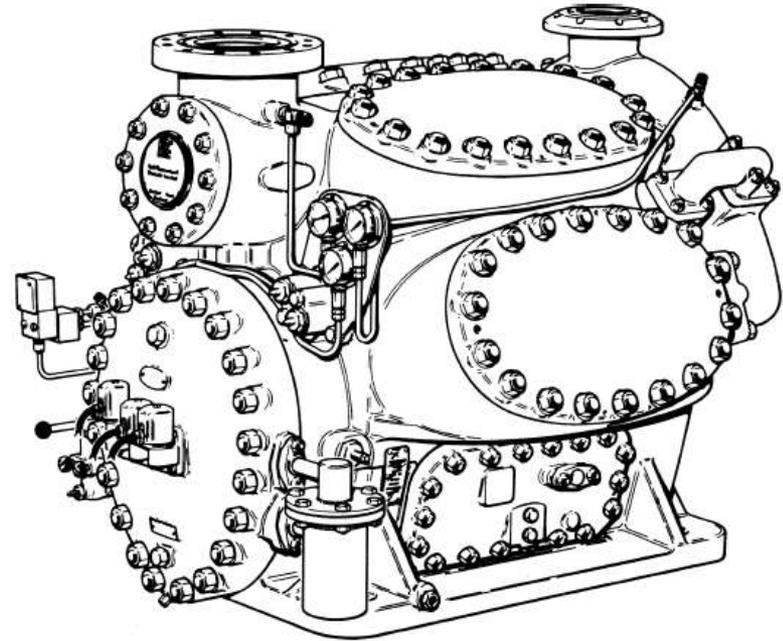
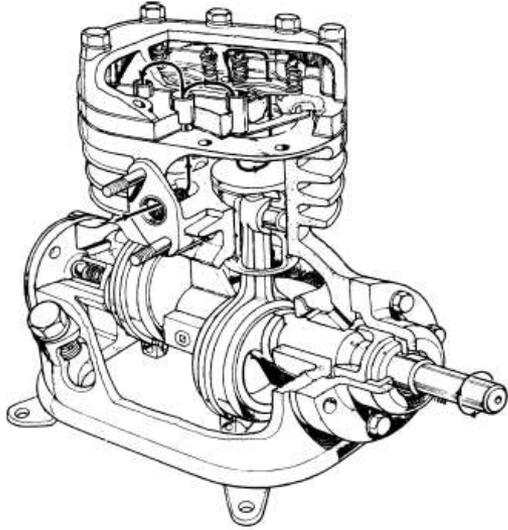
Compressore semiermetico



Compressore ermetico

# Assemblaggio dei compressori alternativi

**Compressore a due cilindri**



**compressore a quattro cilindri**

# Regolazione dei compressori alternativi

La regolazione dei compressori alternativi può essere effettuata con uno dei seguenti modi:

*funzionamento intermittente, ON-OFF*

*frazionamento del carico su più compressori*

*variazione della velocità di rotazione*

*combinazione delle due precedenti modalità.*

Si possono altresì variare le grandezze caratteristiche del compressore, cioè:

*con un by – pass aspirante – premete*

*mediante sollevamento delle valvole di aspirazione (capacity control)*

*variazione dello spazio nocivo*

*variazione della corsa utile di aspirazione.*

Gli ultimi due metodi sono raramente usati.

Il funzionamento *ON OFF (Funzionamento Intermittente)* può essere attuato spegnendo il compressore in modo programmato o automatico in concomitanza alla riduzione del carico termico.

In quest'ultimo caso si ha una variazione della temperatura di evaporazione e quindi della pressione di evaporazione che viene rilevata da un pressostato differenziale che provvede a chiudere il solenoide sull'alimentazione della batteria fredda. Il compressore viene anche arrestato ad opera del compressore di bassa pressione.

# Frazionamento del carico su più compressori

I gruppi frigoriferi dotati di 2, 3 o 4 compressori permettono di avere i seguenti gradi di parzializzazione:

Numero di compressori	1° gradino	2° gradino	3° gradino	4° gradino	5° gradino
2	0	50%	100%		
3	0	33%	66%	100%	
4	0	25%	50%	75%	100%

# Variazione della velocità del compressore

La velocità può essere variata se si hanno motori elettrici con due avvolgimenti statorici distinti:

*a 4 poli per l'alta velocità;*

*a 8 poli per la bassa velocità.*

La velocità di rotazione viene calcolata dal numero di coppie,  $p$ , del motore mediante la relazione:

$$n = \frac{50(\text{Hz}) \cdot 60(\text{sec/min})}{p}$$

Pertanto si hanno:

*750 gpm per motori a 8 poli;*

*1500 gpm per motori a 4 poli;*

*3000 gpm per motori a 2 poli.*

## Combinazione delle precedenti tecniche

Un gruppo frigorifero con due compressori, ciascuno a doppia velocità, permette, come sopra detto, i seguenti gradi di parzializzazione (fine):

*a 2 compressori: 0, 25%, 50%, 75 %, 100%*

*a 4 compressori: 0, 12.5%, 25%, 37.5%, 50%, 62.5%, 75%, 87.5%, 100%.*

# Prestazioni dei compressori alternativi

Le prestazioni dei compressori alternativi dipendono dalla temperatura di evaporazione e dalla temperatura di condensazione. Per comodità i cataloghi forniscono le potenze rese ed assorbite con riferimento alla temperatura dell'acqua in uscita dall'evaporatore e dell'acqua di condensazione.

Si fa osservare che sulla potenza dei compressori c'è da scrivere un romanzo giallo: a pari costruttore del compressore, modello e condizioni d'uso si hanno prestazioni dichiarate dai costruttori dei gruppi frigoriferi (dei quali i compressori sono solo un componente) che differiscono fino al 100% rispetto a quelle nominali del compressore.

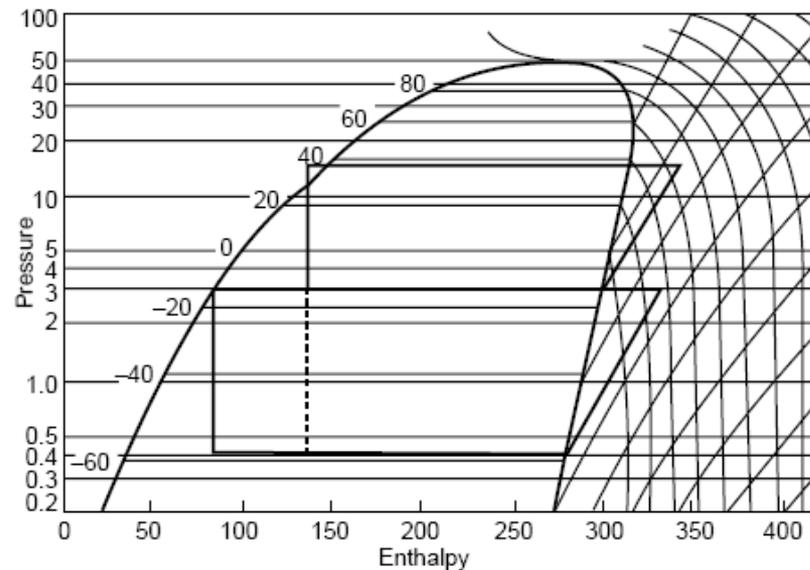
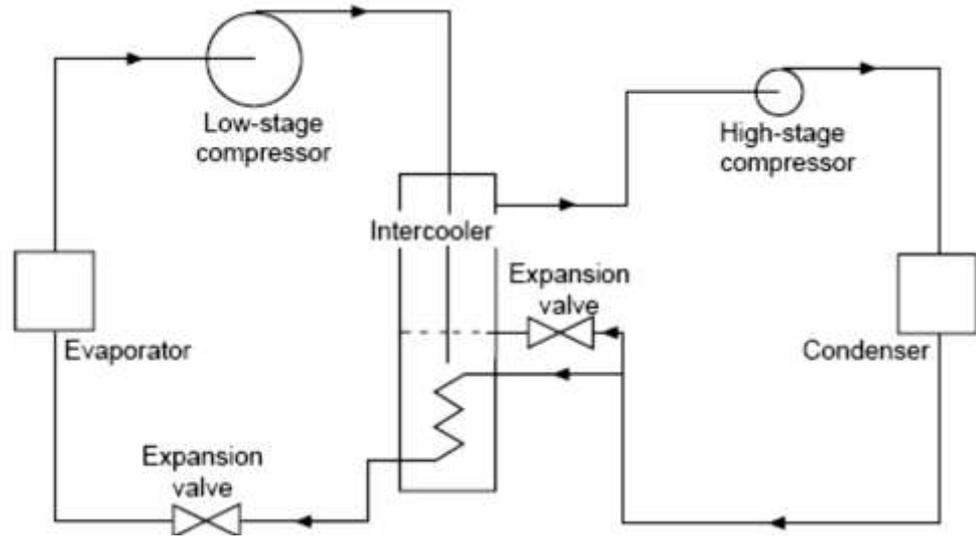
Purtroppo la scarsa chiarezza delle condizioni d'uso spesso ingenerano questi errori. Occorre prestare molta attenzione alle condizioni di riferimento dei cataloghi commerciali per evitare spiacevoli sorprese in sede di costruzione dell'impianto. Nella tabella si ha, per ogni temperatura di condensazione, sia la potenza frigorifera resa che la potenza elettrica assorbita.

Si osservi come la potenzialità frigorifera diminuisca sensibilmente al crescere della temperatura dell'acqua di condensazione. Pertanto quando non si può utilizzare acqua di fiume o di pozzo (di solito a bassa temperatura in estate) ma acqua di torre evaporativa (vedi nel prosieguo) occorre tenere conto di questo degrado delle prestazioni.

# Cicli frigoriferi multistadio

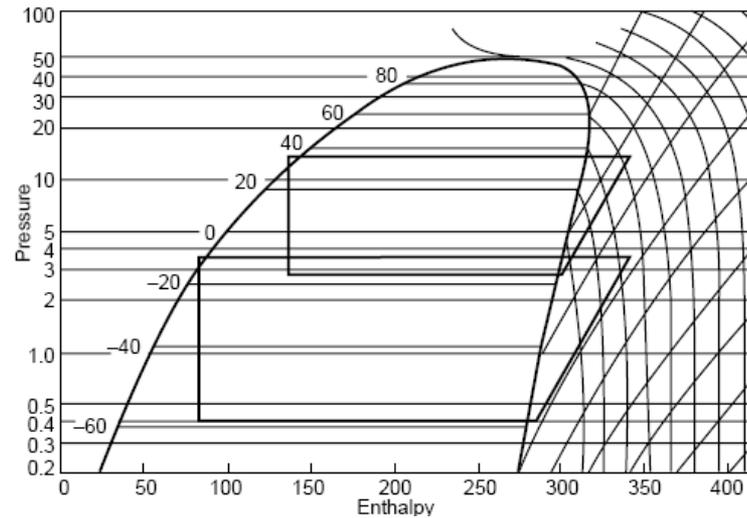
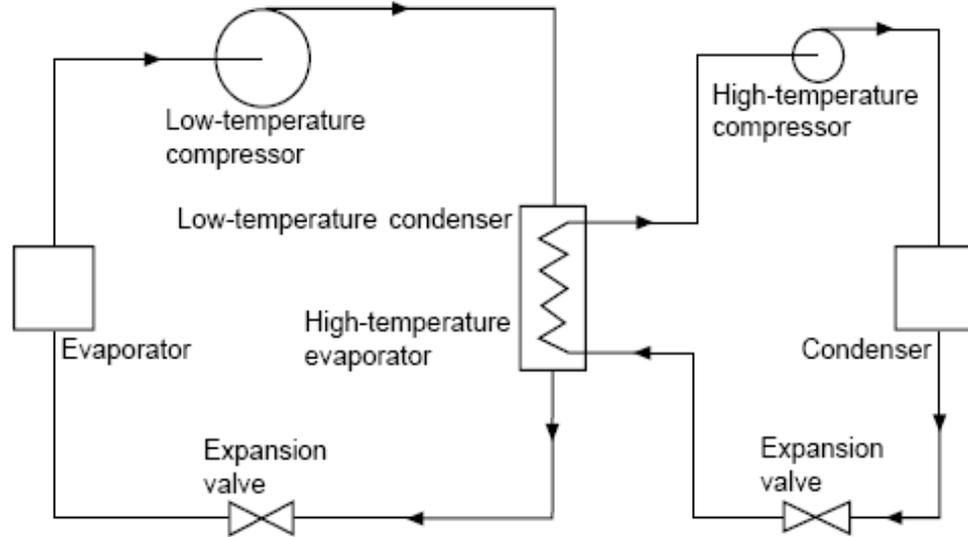
Per evitare un eccessivo riscaldamento del gas in uscita dal compressore e per ridurre il lavoro di compressione si utilizzano i cicli multistadio. In questi cicli (detti *composti*) lo stesso refrigerante subisce due o più stadi di compressione.

Il gas in uscita dal primo stadio viene raffreddato (intercooler) prima di essere inviato al secondo stadio di compressione.



# Cicli frigoriferi multistadio

## Ciclo bistadio in cascata



# Prestazioni dei Compressori

Le prestazioni dei compressori alternativi dipendono dalla *temperatura di evaporazione* e dalla *temperatura di condensazione*. Per comodità i cataloghi forniscono le potenze *rese* ed assorbite con riferimento alla temperatura dell'acqua in uscita dall'evaporatore e dell'acqua di condensazione.

La tabella evidenzia le *prestazioni standard* di compressori alternativi al variare della temperatura dell'acqua all'evaporatore e al condensatore. Ogni sezione è riferita ad un modello commerciale diverso. Nella tabella si ha, *per ogni temperatura di condensazione*, sia la potenza frigorifera resa che la potenza elettrica assorbita. Si osservi come la *potenzialità frigorifera diminuisca sensibilmente al crescere della temperatura dell'acqua di condensazione*.

Pertanto quando non si può utilizzare acqua di fiume o di pozzo (di solito a bassa temperatura in estate) ma acqua di torre evaporativa occorre tenere conto di questo degrado delle

Temp. acqua usc. evap. - °C	TEMPERATURA ACQUA DI CONDENSAZIONE - °C											
	22		26		30		34		38		42	
	Potenz. frigorif.	Potenza assorb.	Potenz. frigorif.	Potenza assorb.	Potenz. frigorif.	Potenza assorb.	Potenz. frigorif.	Potenza assorb.	Potenz. frigorif.	Potenza assorb.	Potenz. frigorif.	Potenza assorb.
	kW	kW	kW	kW	kW	kW	kW	kW	kW	kW	kW	kW
4	146,4	33,2	138,3	34,5	130,3	36,8	122,2	37,2	114,1	37,9	108,0	39,3
5	151,3	33,5	143,3	34,8	135,2	36,2	127,0	37,7	118,8	38,8	110,8	40,0
6	156,2	33,8	148,2	35,2	140,0	36,6	131,8	38,2	123,6	39,3	115,3	40,7
7	161,2	34,0	153,1	35,4	144,9	37,0	136,6	38,6	128,3	40,0	119,9	41,4
8	166,1	34,2	158,0	35,7	149,7	37,3	141,4	39,1	133,0	40,7	124,6	42,1
9	171,0	34,3	162,9	35,8	154,6	37,6	146,2	39,5	137,7	41,4	129,2	42,8
4	182,9	41,5	172,9	43,1	162,9	44,7	152,8	46,5	142,6	47,3	132,4	49,1
5	189,1	41,9	179,1	43,5	168,9	45,3	158,7	47,1	148,5	48,2	138,2	50,0
6	195,2	42,2	185,1	44,0	175,0	46,8	164,7	47,7	154,4	49,1	144,1	50,9
7	201,4	42,5	191,3	44,3	181,0	46,2	170,7	48,3	160,3	50,0	149,8	51,8
8	207,6	42,7	197,4	44,6	187,1	46,6	176,7	48,9	166,2	50,9	155,6	52,6
9	213,8	42,9	203,5	44,8	193,2	47,0	182,7	49,4	172,1	51,8	161,4	53,5
4	221,8	49,5	209,7	51,4	197,5	53,4	185,2	55,5	173,0	56,5	160,7	58,7
5	229,2	50,0	217,1	51,9	204,9	54,0	192,5	56,2	180,2	57,6	167,7	59,7
6	236,7	50,3	224,5	52,4	212,1	54,6	199,7	56,9	187,3	58,7	174,7	60,8
7	244,1	50,6	231,8	52,8	219,5	55,1	207,0	57,6	194,4	59,7	181,7	61,9
8	251,5	50,9	239,2	53,1	226,8	55,6	214,2	58,2	201,5	60,8	188,8	62,9
9	259,0	51,1	246,6	53,4	234,1	55,9	221,4	58,8	208,6	61,8	196,7	64,0
4	268,6	57,7	242,6	59,8	228,5	62,2	214,4	64,8	200,2	66,7	186,9	68,3
5	268,2	58,2	251,1	60,5	237,0	62,9	222,8	66,5	208,4	67,0	194,1	69,5
6	273,8	58,7	259,7	61,1	245,4	63,8	231,1	66,3	216,7	68,2	202,2	70,8
7	282,4	59,0	268,2	61,6	253,9	64,2	239,5	67,1	224,9	69,5	210,3	72,0
8	291,0	59,4	276,8	61,9	262,4	64,8	247,8	67,8	233,2	70,7	218,4	73,2
9	299,6	59,6	285,3	62,3	270,8	65,2	256,2	68,5	241,4	71,9	226,5	74,4
4	296,4	66,1	279,2	68,6	263,0	71,3	246,7	74,1	230,4	75,4	214,0	78,3
5	306,3	66,7	289,2	69,3	273,0	72,1	256,3	75,1	239,9	76,9	223,3	79,8
6	315,2	67,2	298,9	70,0	282,5	72,9	266,0	76,0	249,4	78,3	232,6	81,2
7	325,1	67,6	308,8	70,5	292,3	73,6	275,6	76,9	258,9	79,7	242,0	82,6
8	336,0	68,0	318,6	70,9	302,0	74,2	285,2	77,8	268,4	81,1	251,3	84,0
9	346,0	68,2	328,5	71,3	311,8	74,7	294,9	78,6	277,8	82,6	260,7	85,4
4	354,2	79,3	340,2	83,0	326,0	86,8	311,7	90,6	297,2	94,5	282,6	98,3
5	368,5	80,5	353,9	84,3	339,3	88,2	324,4	92,1	309,3	96,1	294,2	100,0
6	382,8	81,8	367,7	85,7	352,5	89,7	337,0	93,7	321,4	97,7	305,7	101,7
7	397,0	83,0	381,4	87,0	365,6	91,1	349,6	95,2	333,5	99,3	317,1	103,4
8	411,1	84,3	395,0	88,4	378,6	92,5	362,1	96,7	345,4	100,9	328,5	105,2
9	425,2	85,6	408,6	89,8	391,7	94,0	374,6	98,3	357,3	102,6	339,9	106,9
4	441,0	98,8	423,7	103,5	406,1	109,2	388,4	113,0	370,4	117,8	362,3	122,6
5	456,8	100,2	440,8	105,1	422,6	110,0	404,2	114,9	385,5	119,8	366,7	124,7
6	476,6	101,9	458,0	106,8	439,1	111,7	419,9	116,7	400,6	121,8	381,0	126,9
7	494,3	103,5	476,0	108,5	455,4	113,5	435,6	118,6	415,6	123,8	395,3	129,0
8	512,0	106,0	492,0	110,2	471,7	115,3	451,3	120,5	430,5	125,8	409,6	131,1
9	529,6	106,6	508,9	111,9	488,0	117,1	466,8	122,5	445,4	127,8	423,7	133,2
4	527,5	118,3	507,0	123,9	486,0	129,6	464,9	135,3	443,5	141,1	421,8	146,9
5	549,0	120,1	527,6	126,9	505,8	131,7	483,8	137,6	461,5	143,5	439,1	149,4
6	570,3	122,0	548,1	127,9	525,5	133,8	502,7	139,8	479,6	145,9	456,3	152,0
7	591,5	123,9	568,5	129,9	545,1	136,0	521,5	142,1	497,6	148,3	473,4	154,5
8	612,7	126,8	588,8	131,9	564,7	138,1	540,2	144,4	515,5	150,7	490,4	157,0
9	633,8	127,7	609,1	133,9	584,1	140,3	558,9	146,6	533,3	153,1	507,4	159,5
4	618,5	138,3	594,2	144,9	569,5	151,5	544,6	158,2	519,4	164,9	493,9	171,7
5	643,5	140,5	618,2	147,2	592,7	154,0	566,8	160,8	540,6	167,7	514,1	174,7
6	668,5	142,7	642,3	149,5	615,7	156,5	588,8	163,6	561,7	170,5	534,3	177,5
7	693,3	144,9	666,2	151,9	638,7	159,0	610,9	166,1	582,7	173,3	554,3	180,6
8	718,1	147,1	690,0	154,2	661,5	161,5	632,8	168,8	603,7	176,2	574,2	183,6
9	742,7	149,3	713,7	156,6	684,3	164,0	654,8	171,5	624,5	179,0	594,1	186,6
4	704,2	157,9	676,8	166,4	648,5	172,9	620,3	180,6	591,7	188,3	562,7	196,1
5	732,7	160,3	704,0	169,0	675,0	176,8	646,6	183,6	615,8	191,5	586,8	199,4
6	761,1	162,8	731,3	170,7	701,2	178,6	670,7	186,6	639,9	194,7	608,7	202,8
7	789,4	165,3	758,6	173,4	727,4	181,5	695,8	189,6	663,8	197,9	631,5	206,2
8	817,8	167,9	785,7	176,1	753,4	184,3	720,7	192,7	687,7	201,1	654,3	209,6
9	846,7	170,4	812,7	178,8	779,4	187,2	745,6	195,7	711,4	204,3	676,9	213,0

# Compressori centrifughi per impianti frigoriferi

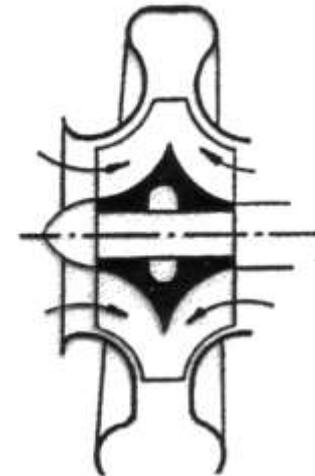
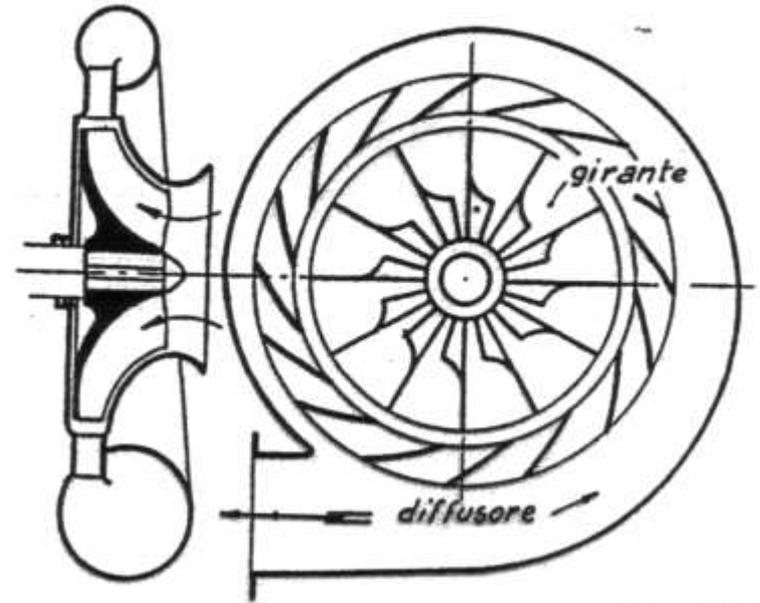
Lo schema di funzionamento è dato in figura nella quale si evidenzia una girante (opportunamente profilata) che opera una compressione del fluido convertendo energia cinetica in aumento di pressione dinamica (si ricordi l'equazione di Bernoulli) ed un diffusore di uscita del fluido compresso.

Si possono avere compressori con più giranti (a due o più stadi) a seconda della compressione desiderata. Questi compressori si caratterizzano da quelli alternativi per il *funzionamento continuo* (mentre in quelli alternativi la fase di compressione è una sola) e per l'assenza di valvole di immissione.

Sono compressori di potenza media – grande e vengono usati principalmente per impianti che richiedono grande potenza (100÷5000 kW) caratterizzati da un funzionamento continuo, come, ad esempio, nei sistemi di processo industriali, negli ospedali, ...

Una differenza importante con i compressori alternativi è data dall'assenza del mescolamento dell'olio di lubrificazione e non soffrono le elevate temperature in uscita dalla compressione.

La conversione di pressione dinamica in pressione statica è attuata dal diffusore (di sezione toroidale a sezione crescente) dove la velocità del fluido si riduce fino quasi ad annullarsi.



# Dimensionamento di massima dei Compressori centrifughi

Con riferimento alla figura calcoliamo il lavoro motore che è dato dal prodotto della portata per la variazione del momento della quantità di moto del fluido. Indicate  $V_{t1}$  e  $V_{t2}$  le componenti tangenziali della velocità sul profilo alare in ingresso e in uscita dalla girante, si ha:

$$q = \dot{m} \cdot V_t$$

Per la quantità di moto:

Per il momento della quantità di moto:  $P = \dot{m} \cdot V_t \cdot r$

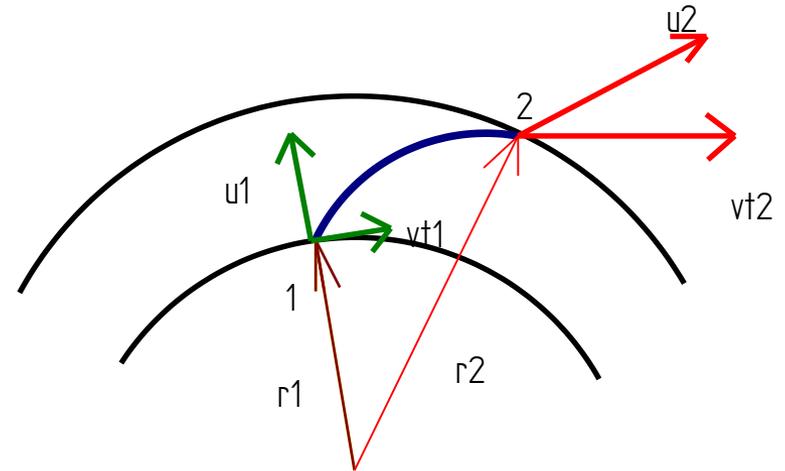
Il lavoro motore è dato da:

$$L = \dot{m}(V_{t2}r_2 - V_{t1}r_1) \cong \dot{m}V_{t2}r_2$$

essendo il raggio esterno molto maggiore di quello interno e la velocità all'ingresso  $V_{t1} \approx 0$ . La potenza motrice è data dalla relazione:

$$W = L\omega = L \frac{V_{t2}}{r_2} = \dot{m}V_{t2}^2$$

Da questa segue che  $V_{t2} = \sqrt{\Delta h}$  da cui si ricava:  $r_2 = \frac{\sqrt{h_2 - h_1}}{\omega}$



Fluido	$P_1$ (bar)	$P_2$ (bar)	$R=p_1/p_2$	$h_1$ (kcal/kg)	$k$
NH <sub>3</sub>	3	10.6	3.5	400	1.312
R11	0.26	1.2	4.62	145	1.124

# Dimensionamento di massima dei Compressori centrifughi

Dalle precedenti relazioni dati si possono calcolare:

$$T_2 = T_1 R^{\frac{k-1}{k}} \quad h_2 = f(T_2, p_2)$$

$$V_{t2} = \sqrt{4186(h_2 - h_1)} \quad r = \frac{V_{t2}}{\omega}$$

$$\omega = \frac{np}{60} \quad r = \frac{V_{t2}}{\omega} = \frac{\sqrt{h_2 - h_1}}{\frac{np}{60}}$$

Assumendo per la rete europea  $\omega = 50$  Hz e ricordando la si hanno i risultati di tabella. Le dimensioni delle giranti sono enormi per cui si ricorre ad un moltiplicatore di giri per ridurne le dimensioni. Come si osserva dai risultati ottenuti, le dimensioni della girante per R11 sono inferiori a quelle per l'NH<sub>3</sub>.

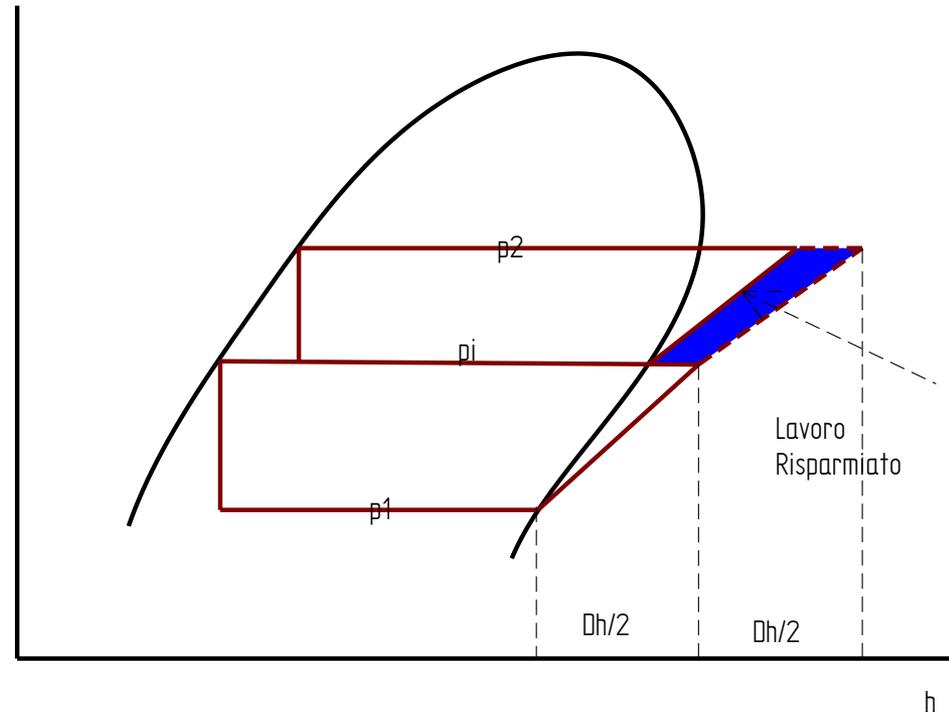
<i>Dimensioni delle giranti (m)</i>			
<i>Tipologia</i>	<i>N</i> <i>(gpm)</i>	<i>NH<sub>3</sub></i> <i>(V<sub>t2</sub>=419 m/s)</i>	<i>R11</i> <i>(V<sub>t2</sub>=158 m/s)</i>
p=1, $\omega=50$ Hz Senza moltiplicatore di giri	3000	8.4	3.1
p=1, $\omega=50$ Hz con moltiplicatore di giri	6000	4.2	1.6
	12000	2.1	0.8

# Compressori centrifughi bistadio

Si ha un miglioramento sostanziale se si effettua una compressione bistadio con una pressione intermedia data dalla media geometrica delle pressioni estreme:  $p_i = \sqrt{p_1 p_2}$

Nel piano ( $pv$ ) si ha l'andamento di  $i$  e in  $si$  ha la rappresentazione nel piano ( $hp$ ). In entrambe le figure è anche segnata l'area corrispondente al risparmio conseguito con questo metodo.

Dall'osservazione della  $si$  si osserva che, in questa ipotesi, su ogni girante si ha un salto entalpico dimezzato rispetto al caso di compressione ad unico stadio. Ripetendo i calcoli in questa nuova ipotesi si ottiene la seguente tabella.



Tipologia	Dimensioni delle giranti (m)		
	N (gpm)	NH <sub>3</sub> (V <sub>2</sub> =419 m/s)	R11 (V <sub>2</sub> =158 m/s)
p=1, ω=50 Hz Senza moltiplicatore di giri	3000	6.3	2.2
p=1, ω=50 Hz con moltiplicatore di giri	6000	3.2	1.1
	12000	1.6	0.5

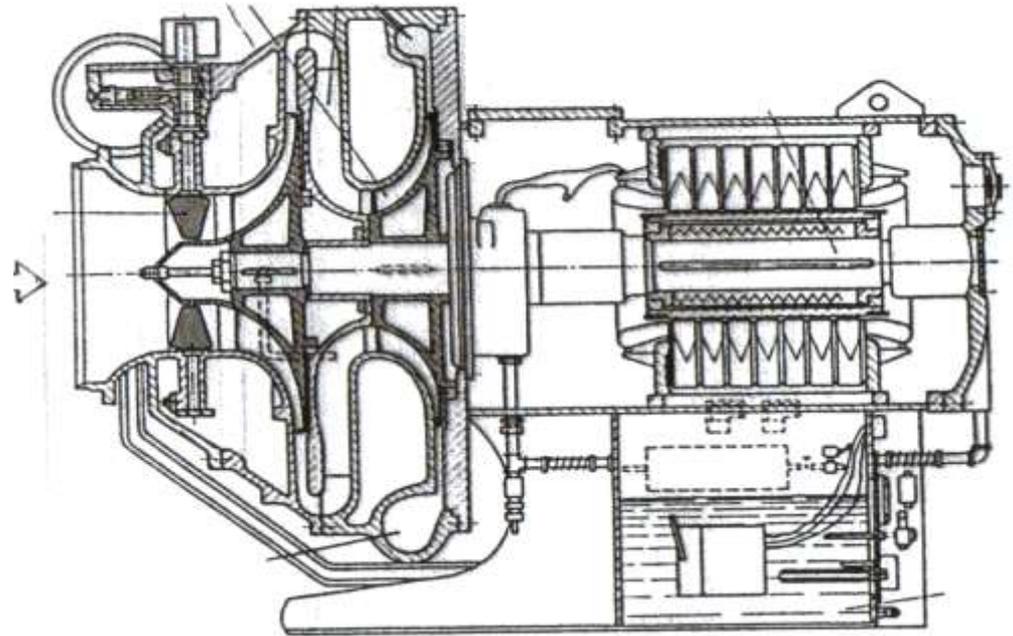
# CFC utilizzati per i compressori centrifughi bistadio

Per R11 in configurazione bistadio si ha un raggio, con moltiplicatore di giri, accettabile. Nella pratica si possono anche utilizzare più fluidi di lavoro (ad esempio R11 nel 1° stadio e R13 nel 2° stadio). Il guadagno di pressione è dato da: con  $\rho$  densità del fluido. Allora si ha  $\Delta p$  maggiore con fluidi ad elevato peso molecolare (e quindi grande densità). Si ha la seguente tabella di confronto per i CFC più usati commercialmente.

$$\Delta p = \rho \frac{v_2^2 - v_1^2}{2}$$

<i>Fluido</i>	<i>Peso Molecolare</i>
R113	187.5
R503	174.5
R114	171.0
R11	137.4
R12	120.9
R14	88.0
R22	86.5
R717 (NH <sub>3</sub> )	17

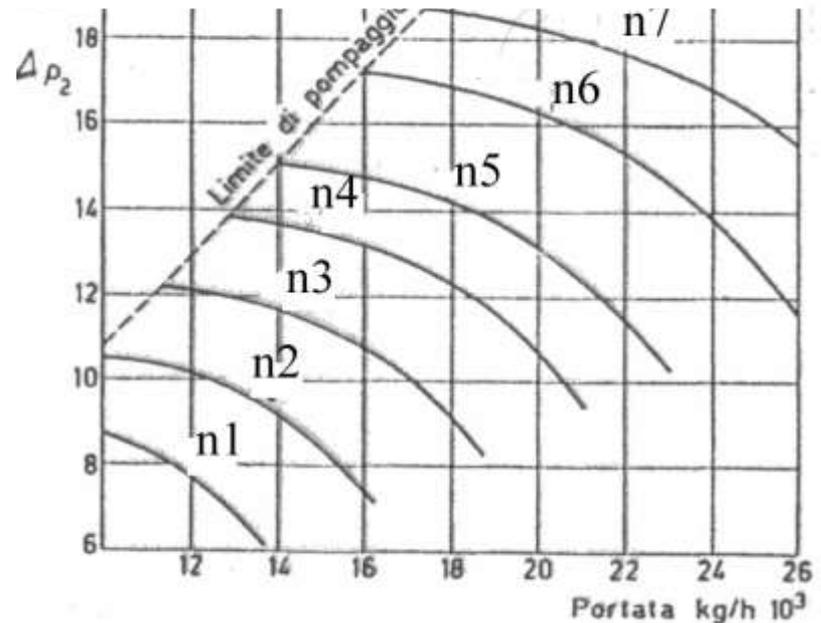
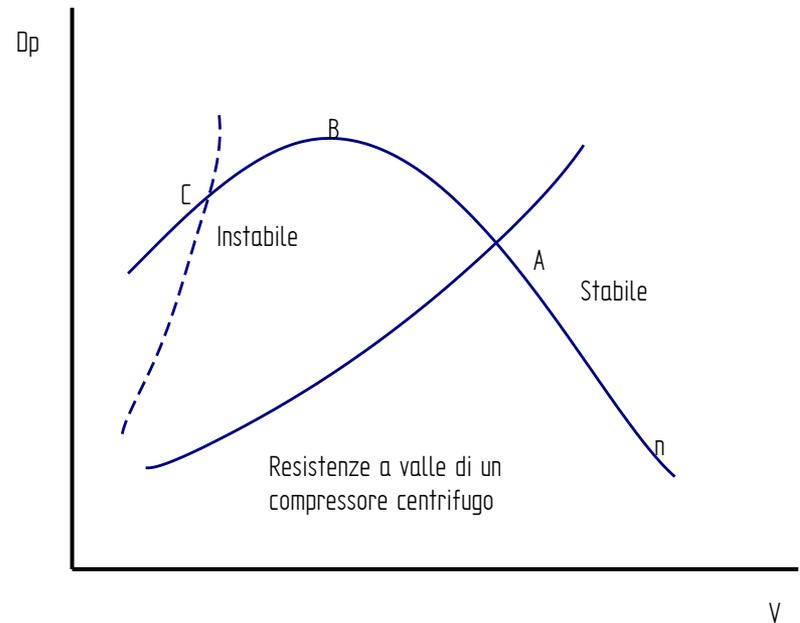
Uno schema costruttivo di un compressore centrifugo bistadio è dato in figura.



# Pompaggio nei Compressori Centrifughi

La curva delle caratteristiche idrauliche dei compressori centrifughi è del tutto simile a quella di una pompa, come indicato in figura. La curva di carico del circuito incontra la curva caratteristica del compressore in un punto. In figura si hanno due casi: nel caso che il punto di incontro, A, sia a destra del massimo della caratteristica, B, allora il funzionamento risulta stabile, nel caso di incontro a sinistra di B, si ha, punto C, un funzionamento instabile. La giustificazione deriva dall'osservare che in A una variazione  $\Delta V$  della portata volumetrica comporta una corrispondente variazione  $\Delta p$  della pressione prodotta in senso opposto. e quindi tale da riportare il punto di lavoro in A. L'opposto avviene se il punto di lavoro è C: una variazione di portata porta ad una variazione di uguale segno della pressione che fa spostare sempre più C dal punto iniziale. Il punto B è il *punto limite* detto anche *punto di pompaggio*. Il raggiungimento del punto B è possibile a seguito di ampie parzializzazioni del compressore centrifugo. La presenza del limite di pompaggio porta ad avere diagrammi caratteristici del tipo indicato in nel quale si ha una linea che segna il *limite di pompaggio*.

In figura in basso si hanno le *curve caratteristiche di un compressore centrifugo al variare della temperatura di uscita*.

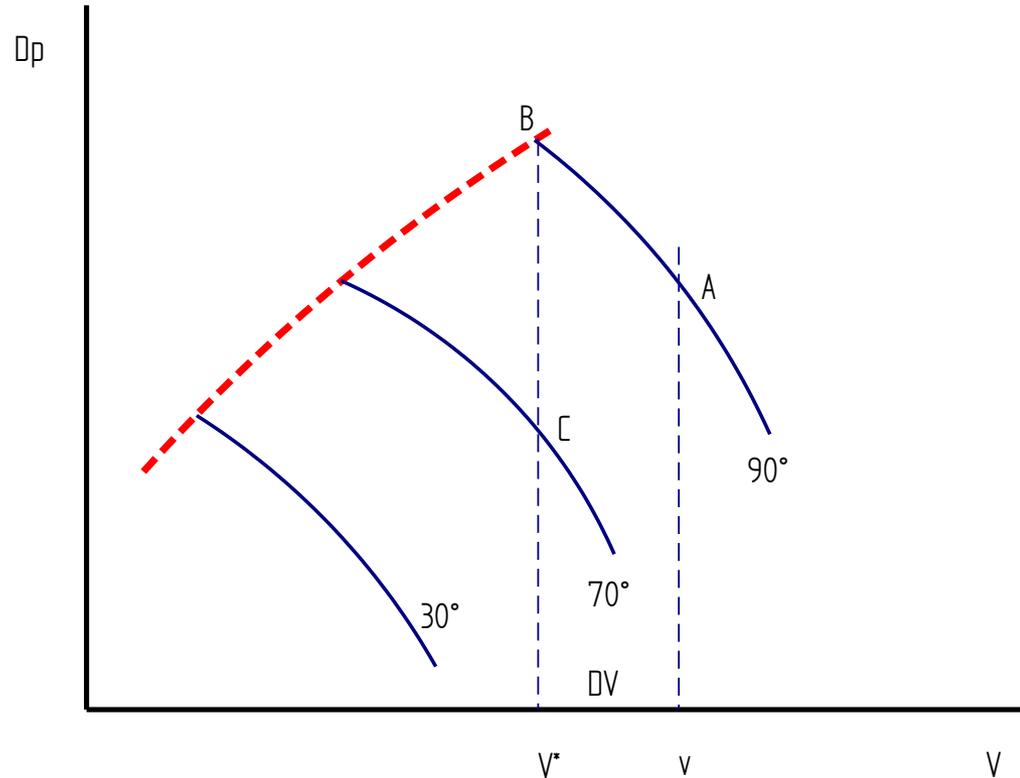


# Alettature Mobili nei Compressori Centrifughi

Per allontanare il limite di pompaggio si inserisce nel compressore centrifugo una fila di *palettature mobili*, cioè orientabili, collocata sulla bocca aspirante. La rotazione di queste palette modifica le condizioni fluidodinamiche all'aspirazione e quindi, per conseguenza, anche la curva delle prestazioni (o curva caratteristica) del compressore centrifugo.

In pratica variando l'angolo delle palette mobili si ha un effetto simile a quello della variazione del numero di giri visto in precedenza. L'azione delle palette mobili è rappresentata in figura. Se il compressore in condizioni normali si trova nelle condizioni del punto A e per effetto di una parzializzazione della portata  $\Delta V$  si porta in B (punto limite).

Se il sistema di controllo fa variare l'orientamento delle palette mobili la curva caratteristica si sposta (in figura è segnata l'apertura a 70°) e il nuovo punto di funzionamento diviene C, lontano dal punto limite



## Compressori centrifughi con inverter

Di recente sono stati introdotti nel mercato refrigeratori centrifughi con variazione continua del numero di giri mediante inverter. In figura si ha una veduta di un refrigeratore centrifugo commerciale che appare del tutto simile ad un normale refrigeratore centrifugo. Il sistema di controllo è in grado di operare in modo tale che la macchina abbia la possibilità di funzionare a velocità ridotta nei tre seguenti campi di funzionamento:

- alette di prerotazione completamente aperte e riduzione di velocità di rotazione per ottenere l'effetto di riduzione dei consumi più significativo, ove possibile:
- alette di prerotazione parzialmente chiuse e comunque velocità ridotta al valore minimo consentito dalle effettive richieste di rapporto di compressione (bassi carichi e rapporti di compressione vicini a quello di progetto), così come determinate dalla logica adattativa
- alette di prerotazione in progressiva chiusura alla minima velocità di rotazione.



# Prestazione di un compressore centrifugo con inverter

% carico	Pot. Frig. kW	Pot. Ass. (STD) kW	Pot. Ass. (VSD) kW	C.O.P. (STD)	C.O.P. (VSD)
100%	1800	304	318	5.9	5.7
90%	1620	257	253	6.3	6.4
80%	1440	216	200	6.7	7.2
70%	1260	183	155	6.9	8.1
60%	1080	157	114	6.9	9.5
50%	900	134	84	6.7	10.7
40%	720	117	69	6.2	10.4
30%	540	100	59	5.4	9.2
20%	360	82	48	4.4	7.5
14.6%	263	72	43	3.7	6.1

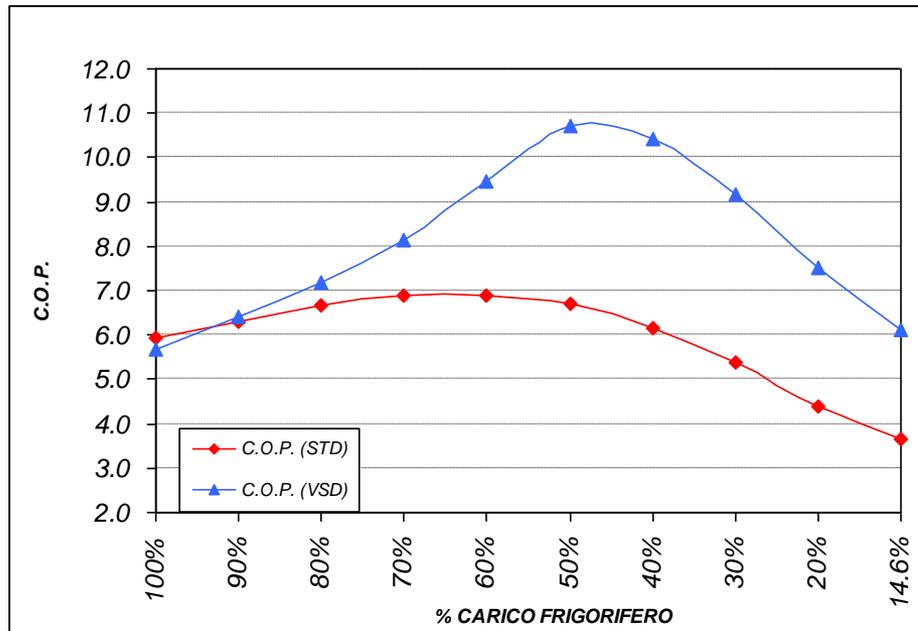
A=COP a 100%; B=COP a 75%; C=COP a 50%; D=COP a 25%

C.O.P. (medio stagionale) =  $0,01 \times A + 0,42 \times B + 0,45 \times C + 0,12 \times D = 6.5$

C.O.P. (medio stagionale) =  $0,01 \times A + 0,42 \times B + 0,45 \times C + 0,12 \times D = 9.1$

STD

VSD



Con questi nuovi compressori si possono ottenere risparmi energetici considerevoli (oltre il 30% stagionale) in considerazione della variabilità sia delle condizioni climatiche che del carico interno degli ambienti.

Le curve del COP, infatti, mostrano un picco per una potenzialità pari al 50% del valore di picco

# Prestazione di un compressore centrifugo con inverter

Modello	YK	YK	YK	YK	YK	YK	YK	YK	YK	YK	YK	YK	YK	YK	YK	YK	YK	YK	YK	YK	YK	YK	
Evaporatore	AC	AD	AD	BC	CC	DC	DD	EB	FB	FC	GB	GD	HF	HH	HH	JF	TF	TG	VF	VH	WF		
Condensatore	AC	AC	AC	BC	CD	DB	DD	EB	EB	FA	FB	FD	GB	HD	GD	HB	TB	TB	TB	TB	TB	VB	
Compressore	PI	PI	PA	PA	G4	HA	HA	HS	HS	H6	H7	HB	J1	J1	J1	J2	J2	J3	J3	J4	J4		
Motore	5CE	5CG	5CH	5CI	5CK	5CL	5CM	5CO	5CP	5CS	5CT	5CU	5CV	5CX	5DA	5DA	5DB	5DC	5DE	5DF	5DG		
Armatore Elettronico SSS	14L-50	14L-50	14L-50	14L-50	14L-50	26L-50	26L-50	26L-50	26L-50	26L-50	26L-50	33L-50	33L-50	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	
Variazore Velocità VSD <sup>(1)</sup>	198/292	198/292	198/292	198/292	321/353	390/419	390/419	462/546	462/546	575/658	704/800	704/800	704/800	850/900	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	
<b>Potenza frigorifera</b>	<b>KW</b>	<b>900</b>	<b>1050</b>	<b>1200</b>	<b>1350</b>	<b>1448</b>	<b>1695</b>	<b>1849</b>	<b>2152</b>	<b>2391</b>	<b>2841</b>	<b>3094</b>	<b>3305</b>	<b>3671</b>	<b>4079</b>	<b>4220</b>	<b>4687</b>	<b>5019</b>	<b>5500</b>	<b>6186</b>	<b>6803</b>	<b>7526</b>	
<b>Dati Elettrici<sup>(2,3)</sup></b>																							
Potenza Elettrica Assorbita	SSS/VSD	KW	157/163	182/188	206/213	236/245	255/270	292/310	318/338	371/384	417/442	485/523	514/537	564/592	615/636	699/730	765	773	844	877	1000	1094	1212
Max Pot. Elet. Assorbita <sup>(4)</sup>	SSS/VSD	KW	160/170	201/212	215/226	254/265	277/289	306/319	329/344	391/415	429/449	516/539	553/573	589/610	630/652	706/732	785	785	863	942	1093	1171	1288
C.O.P. <sup>(5)</sup>	SSS/VSD		5,67/8,02	5,82/8,68	6,04/9,03	6,04/9,45	5,76/7,96	6,30/8,36	6,30/8,68	6,15/8,83	6,32/8,97	6,42/9,16	6,55/9,50	6,63/9,42	6,53/8,98	6,34/9,19	6,17	6,67	6,84	7,44	6,87	7,43	7,21
	* al 100%		5,73/5,52	5,77/5,58	5,82/5,63	5,77/5,51	5,69/5,37	5,80/5,46	5,82/5,48	5,78/5,61	5,73/5,42	5,74/5,43	6,02/5,76	5,84/5,58	5,94/5,74	5,84/5,59	5,52	5,96	5,97	6,27	5,91	6,30	6,21
	* al 75%		6,02/7,02	6,12/7,49	6,31/7,69	6,27/7,81	6,13/7,19	6,63/7,28	6,68/7,45	6,48/7,50	6,60/7,58	6,65/7,64	6,81/8,06	6,80/7,76	6,84/7,68	6,61/7,80	6,39	6,87	6,99	7,54	6,93	7,52	7,27
	* al 50%		5,28/9,35	5,95/10,10	6,25/10,75	6,25/11,24	5,86/9,13	6,49/9,74	6,50/10,19	6,34/10,53	6,52/10,65	6,65/10,99	6,80/11,16	6,80/11,09	6,74/10,65	6,56/10,85	6,34	6,92	7,11	7,75	7,18	7,75	7,51
	* al 25%		181/6,34	400/7,19	427/7,66	431/8,55	395/6,49	450/7,20	458/7,61	431/7,37	461/7,83	478/7,92	478/8,64	512/9,28	468/7,53	463/8,16	4,80	5,23	5,45	6,00	5,68	6,05	5,95
Consumo Pieno Carico	SSS/VSD	A	268/269	310/311	356/358	399/399	457/468	505/516	543/554	664/670	704/720	850/863	908/922	958/972	1021/1034	1158/1163	153	154	170	175	215	217	241
Consumo Costo Circuito	A		1736	2257	2594	2954	3211	3553	3895	4632	4737	5780	5780	6645	7046	7794	871	871	1115	1115	1415	1415	1415
Consumo Avviamento <sup>(6)</sup>	SSS/VSD <sub>max</sub>	A	777/268	1015/310	1167/356	1329/399	1375/457	1520/505	1666/543	1980/654	2025/706	2170/850	2470/909	2840/958	3010/1021	...../1150	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....
<b>Evaporatore<sup>(7)</sup></b>																							
Portata Acqua Refrigerata	l/s	43,0	50,2	57,3	64,5	69,3	81,1	88,5	102,7	114,2	115,7	148,3	157,7	175,4	194,3	201,5	220,1	238,5	260,3	306,6	329,2	359,5	
HP Passi		2	3	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	
Perdita di Carico	MPa	32	96	39	88	100	87	74	95	89	97	91	65	95	86	92	81	106	107	107	104	96	
Dimensioni Attacchi	DN	200	200	200	200	200	200	200	250	250	250	300	300	300	300	300	350	350	350	400	400	450	
<b>Condensatore<sup>(8)</sup></b>																							
Portata Acqua Raffreddamento	l/s	58,3	58,6	66,4	75,0	81,1	94,6	103,2	119,4	132,5	159,3	172,1	184,9	204,4	227,1	237,0	258,7	280,4	306,7	356,6	385,9	418,0	
HP Passi		3	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	
Perdita di Carico	MPa	87	37	46	73	87	90	78	79	94	102	90	86	77	48	75	68	61	71	92	105	80	
Dimensioni Attacchi	DN	200	200	200	200	200	200	200	250	250	300	300	300	350	400	400	400	400	400	400	400	450	
<b>Dati Dimensionali</b>																							
Larghezza	mm	4397	4397	4397	5616	4985	4985	4985	4985	4985	4985	4985	4985	5245	5330	5245	5330	5975	5975	5975	5975	6065	
Larghezza <sup>(9)</sup>	mm	1676	1676	1676	1676	1854	1930	1930	1930	1981	2108	2184	2426	2426	2578	2680	2578	2896	2947	2947	2947	3201	
Altezza	SSS/VSD	mm	2149/2238	2149/2238	2149/2238	2149/2238	2473/2524	2473/2537	2473/2537	2486/2626	2486/2626	2549/2699	2549/2699	2549/2699	2860/3060	2860/3060	2860	3013	3007	3089	3089	3216	
Peso Vuoto	SSS/VSD	kg	5720/6150	6050/6480	6170/6600	6685/7185	8620/9120	9720/10170	9865/10315	10665/11475	11225/12135	11675/12585	13905/15070	14405/15570	15515/16675	16925/18525	16440	17900	20215	20855	21830	22180	24530
Peso in Funzione	SSS/VSD	kg	6825/7255	7200/7630	7320/7750	8095/8595	9840/10360	11155/11610	11470/11875	12365/13275	13250/14155	13880/14785	16365/17530	17075/18235	18280/19425	20445/22045	19790	21605	24735	25370	26800	27185	30735

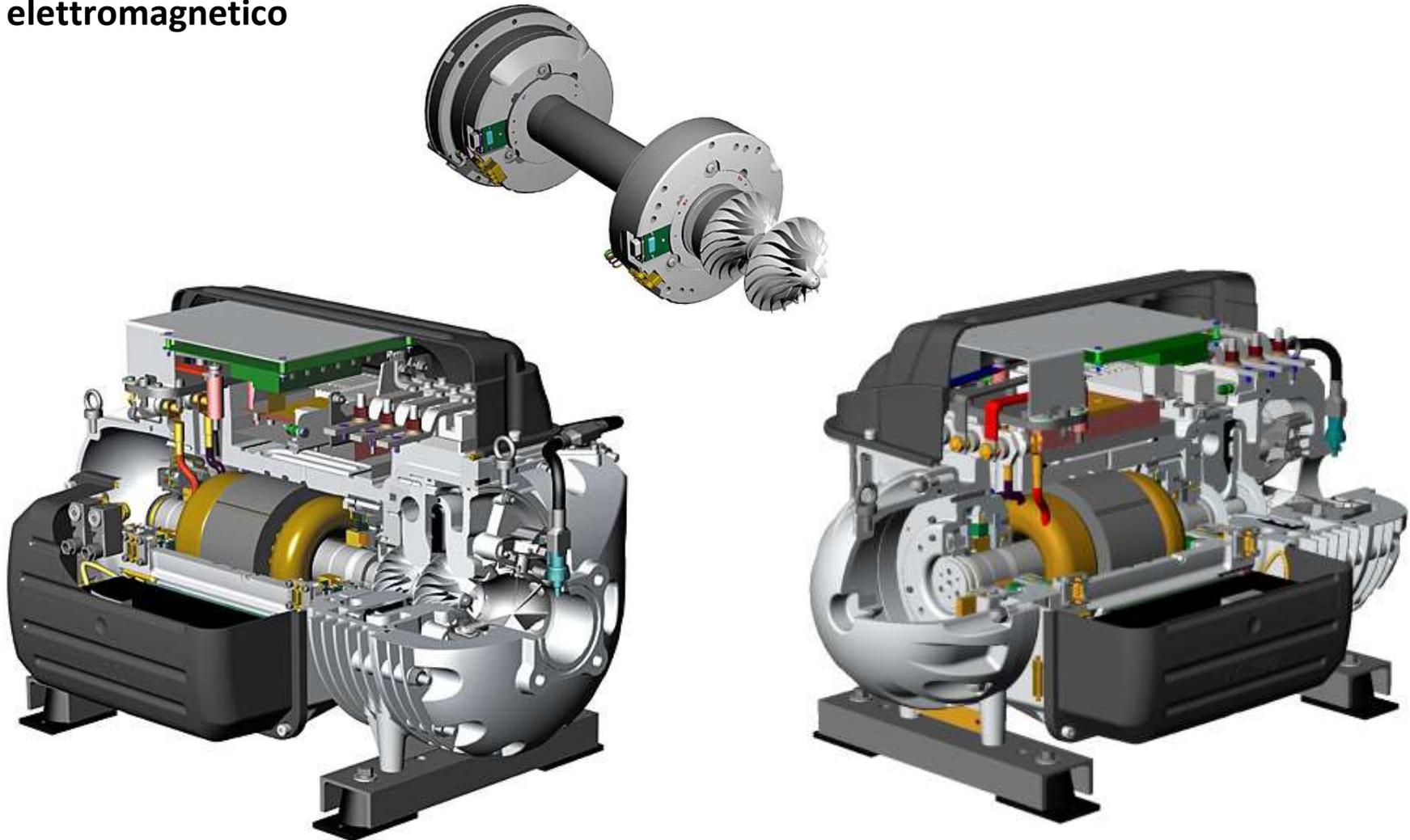
I dati sono soggetti a modifica senza preavviso

# Compressore centrifugo con inverter



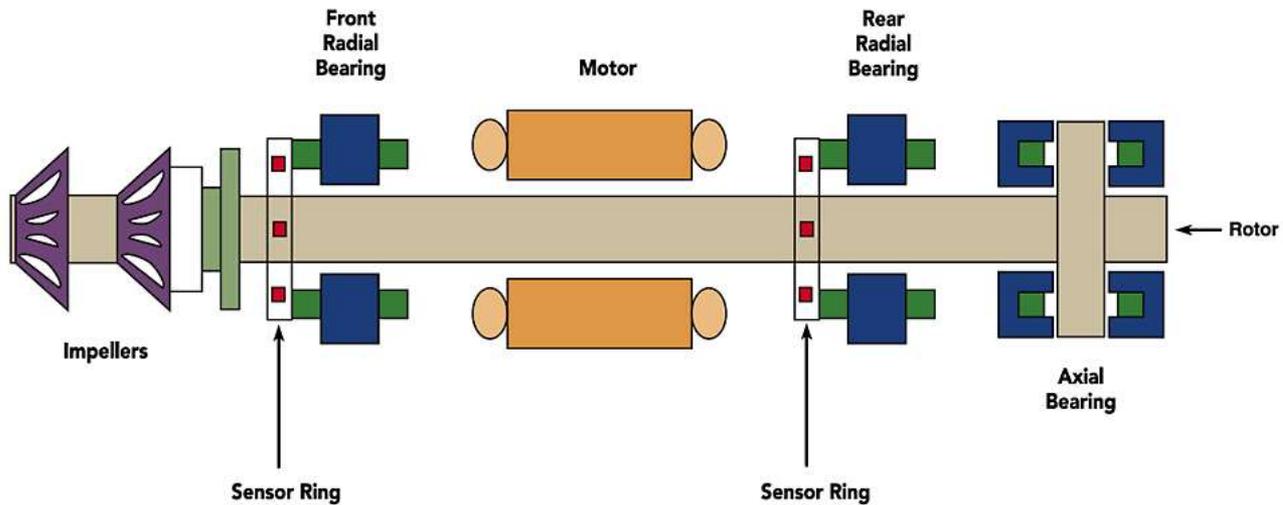
## Compressore Turbocor

Di recente sono stati presentati una nuova tipologia di compressori centrifughi aventi caratteristiche avanzate e molto interessanti. Il compressore Turbocor® è di tipo centrifugo con inverter incorporato. Esso utilizza tecnologie avanzate derivate dalla tecnologia aeronautica. In particolare i cuscinetti di tenuta dell'albero motore sono di tipo elettromagnetico



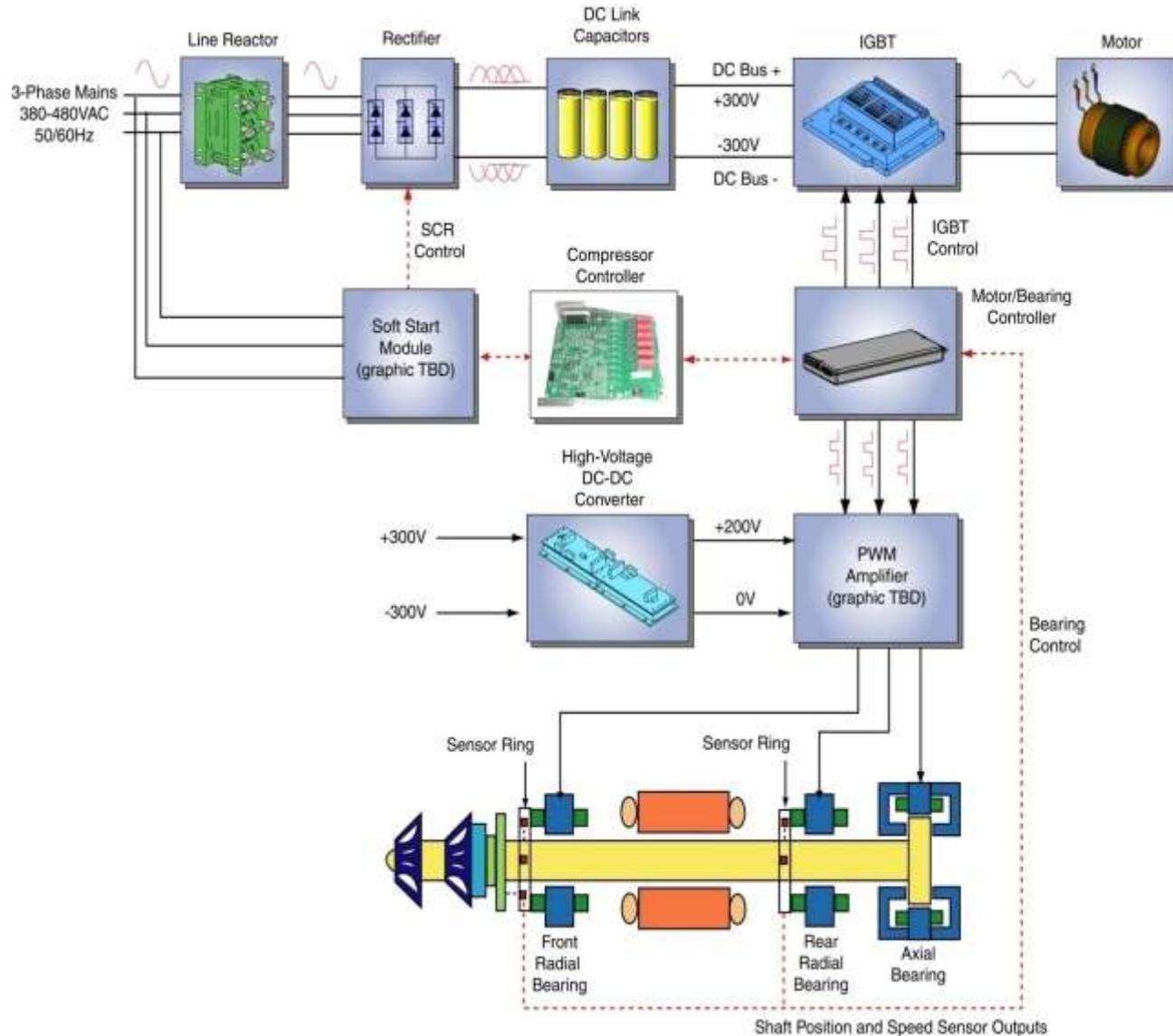
# Compressore Turbocor

## Elementi costruttivi del Turbocor

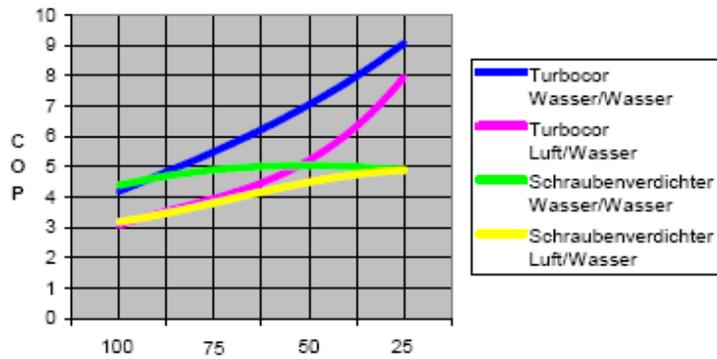
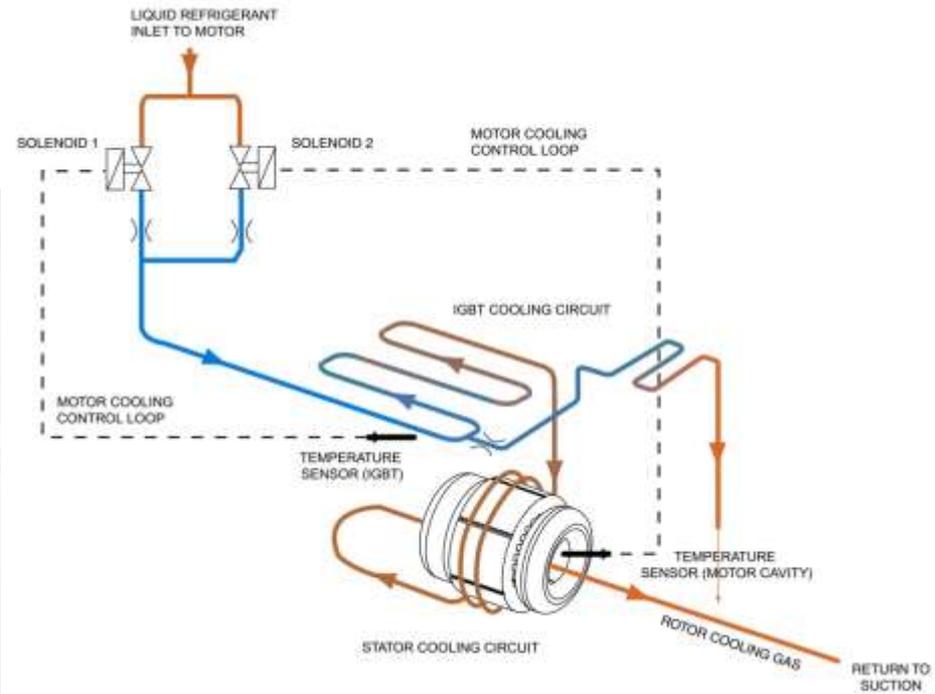


# Compressore Turbocor

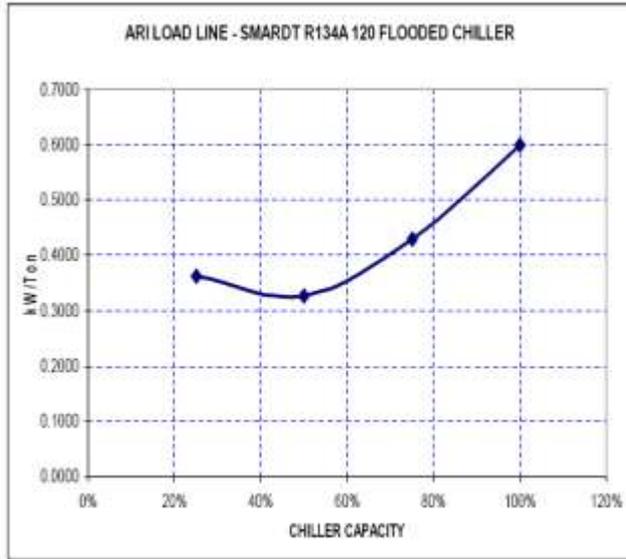
## Sistema di controllo



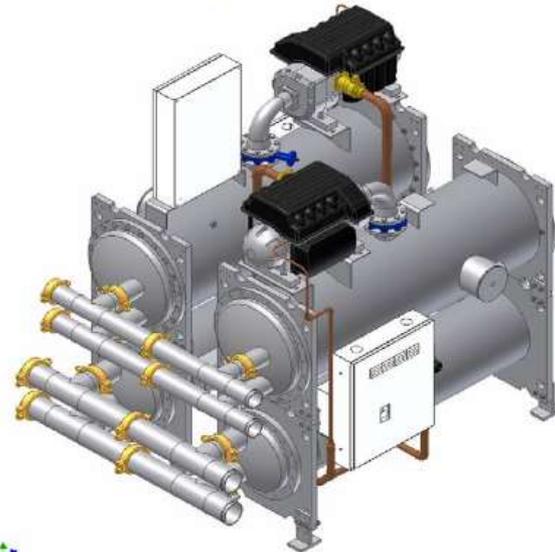
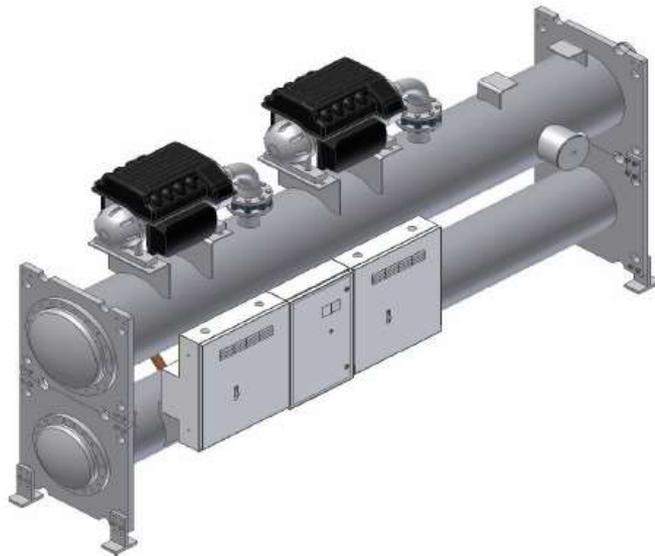
# Compressore Turbocor



# Compressor Turbocor



Frequency	Operational Mode of Compressor			
	250 kW		350 kW	
64 Hz	38 dB(A)	48 dB(Lin)	38 dB(A)	48 dB(Lin)
125 Hz	48 dB(A)	57 dB(Lin)	54 dB(A)	60 dB(Lin)
250 Hz	48 dB(A)	55 dB(Lin)	53 dB(A)	57 dB(Lin)
500 Hz	48 dB(A)	51 dB(Lin)	54 dB(A)	56 dB(Lin)
1 kHz	56 dB(A)	56 dB(Lin)	58 dB(A)	58 dB(Lin)
2 kHz	52 dB(A)	51 dB(Lin)	56 dB(A)	55 dB(Lin)
4 kHz	54 dB(A)	52 dB(Lin)	57 dB(A)	56 dB(Lin)



# Compressore Turbocor



# Compressore Turbocor

## Alcuni dati caratteristici

MODELLI - MODELS		1604	1804	2004	2204	2404
<b>SRAQ/B</b>						
<i>Solo refrigerazione - Refrigeration only</i>						
Potenza frigorifera - <i>Cooling capacity</i> ①	kW	436	487	526	577	617
Potenza assorbita compressori - <i>Power input</i> ①	kW	163	178	195	226	256
Potenza assorbita totale - <i>Total power input</i> ①	kW	188	208	224	255	286
<i>Solo riscaldamento - Heating only</i>						
Potenza termica - <i>Heating capacity</i> ②	kW	489	549	604	665	723
Potenza assorbita compressori - <i>Power input</i> ②	kW	161	180	201	226	255
Potenza assorbita totale - <i>Total power input</i> ②	kW	186	209	231	255	284
<i>In refrigerazione con recupero - Refrigeration with heat recovery</i>						
Potenza frigorifera - <i>Cooling capacity</i> ① ③	kW	427	473	511	572	623
Potenza assorbita compressori - <i>Power input</i> ① ③	kW	165	184	203	228	252
Potenza assorbita totale - <i>Total power input</i> ① ③	kW	165	184	203	228	252
Pot. termica al recup. - <i>Heat recovery thermal cap.</i> ① ③	kW	583	646	701	786	859
<i>Peso in funzionamento - Operating weight</i>						
Potenza sonora - <i>Sound power level</i> ④	dB(A)	100	101	101	101	101
Pressione sonora - <i>Sound pressure level</i> ④	dB(A)	84	84	84	84	84

# Compressore Turbocor – Confronto fra le tipologie impiantistiche

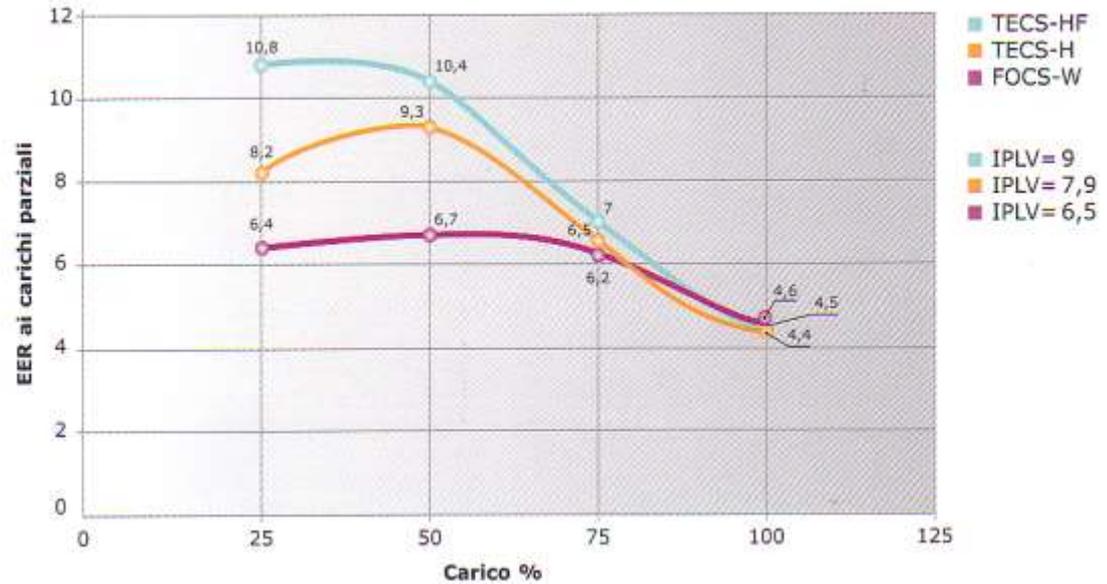
Confronto fra Turbocor raffreddati ad acqua e ad aria.

In figura si hanno gli andamenti degli indici EER e IPLV per le due configurazioni con raffreddamento ad acqua e ad aria con condensatore a secco (H) e con condensatore allagato (HF) rispetto ad analoghi refrigeratori con compressori centrifughi senza inverter.

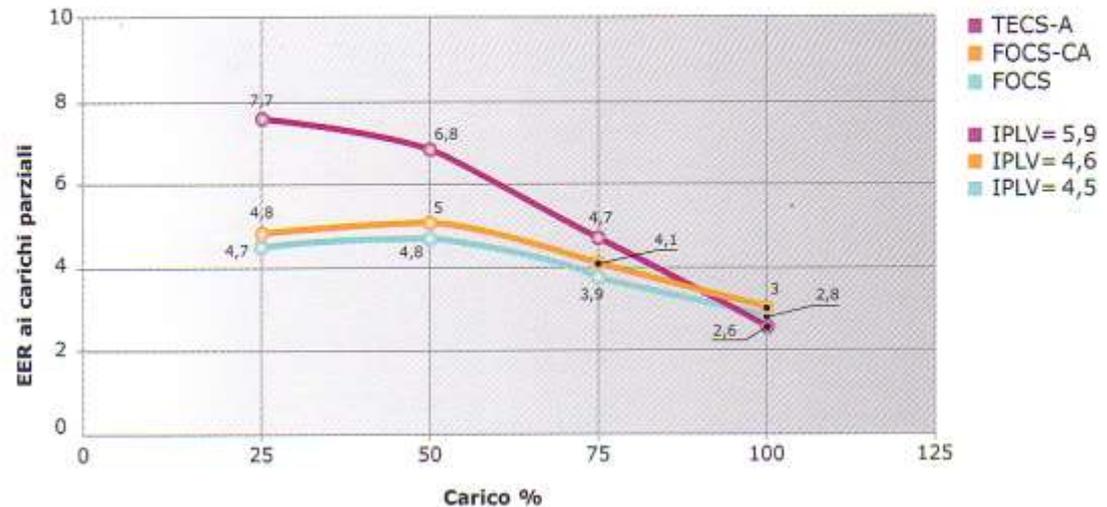
Si può osservare come l'andamento di entrambi gli indici siano molto favorevoli a questo tipo di refrigeratori, specialmente ai carichi parziali.

Inoltre il valore dell'indice ILPV (*Integrated Part Load Value*) risulta molto elevato per refrigeratori raffreddati ad acqua (9 contro 6,5) ma anche per i refrigeratori raffreddati ad aria si ha un beneficio sensibile (5,9 contro 4,5).

Refrigeratori di liquido condensati ad acqua



Refrigeratori di liquido condensati ad aria



# Compressore Turbocor

Esempio di retrofitting



## Compressore Turbocor – Problematiche attuali

**I compressori Turbocor<sup>®</sup>, anche alla luce di quanto sopra esposto, si presentano come una vera innovazione tecnologica nel campo delle macchine di refrigerazione. Tuttavia oltre ai tanti vantaggi già esposti (leggerezza, silenziosità, frictionless, regolazione continua, COP e IPLV elevati,..) occorre tenere conto di alcune attuali limitazioni alla loro diffusione.**

**In primo luogo il costo di questi compressori è ancora elevato e si pone al di sopra degli attuali costi di compressori di paragonabile potenza. In secondo luogo è da considerare che la novità spesso è un ostacolo alla diffusione: la tecnologia avanzata utilizzata (vedasi cuscinetti a lievitazione magnetica) suscita timori e perplessità, specialmente se si considerano le limitate conoscenze di questo tipo di compressori e le difficoltà che si verrebbero a porre in caso di interventi on site per guasti.**

**Ma probabilmente il limite maggiore deriva dalla temperatura limite che questo compressore oggi consente di raggiungere a fine fase compressione e pari a 42 °C. Ciò pone grosse difficoltà per la condensazione in climi caldi ed esclude, almeno fino ad oggi, la possibilità di utilizzare questo compressore per refrigeratori a pompe di calore.**

**Passando, ad esempio, da una temperatura dell'aria esterna da 35 a 32 °C si ha un incremento di circa il 14,5% di potenza frigorifera.**

**I costruttori di refrigeratori d'acqua sono tutt'ora scettici. Ad oggi, in Italia, si hanno pochissimi refrigeratori con Turbocor<sup>®</sup> in catalogo e spesso le loro caratteristiche non sono facilmente reperibili. Molti costruttori stanno a guardare l'evoluzione del mercato prima di scommettersi in produzioni ritenute costose ed ancora azzardate.**

**Tuttavia si ritiene che questa tecnologia risulti vincente nell'immediato futuro sia per le caratteristiche innovative del prodotto che per le alte prestazioni ottenibili.**

# Compressori Rotativi

I compressori rotativi stanno vivendo oggi un momento di gloria per le caratteristiche positive che presentano.

Essi, infatti, producono una  $\Delta p$  che risulta indipendente dalla pressione a monte e a valle dello stesso compressore, non hanno bisogno di valvole (essendo rotativi sono anche a flusso continuo) anche se hanno bisogno di una abbondante lubrificazione.

Anche per questi compressori restano validi i concetti di spazio nocivo e di rendimento volumetrico.

Possono essere:

***A palette***

***A vite***

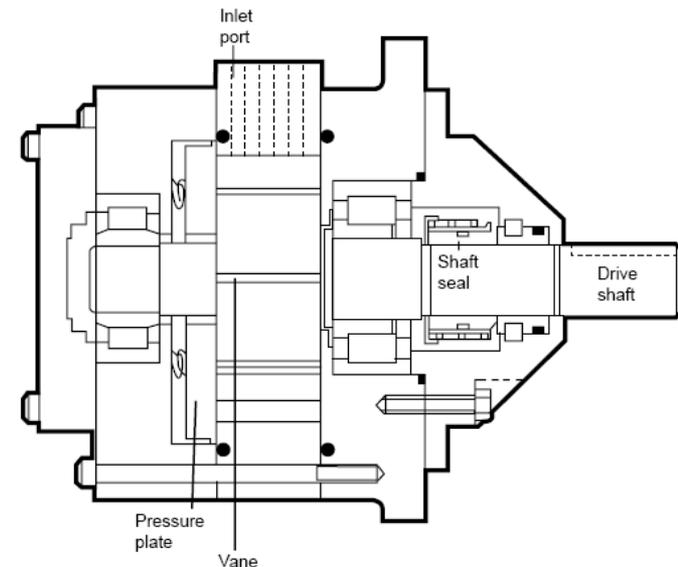
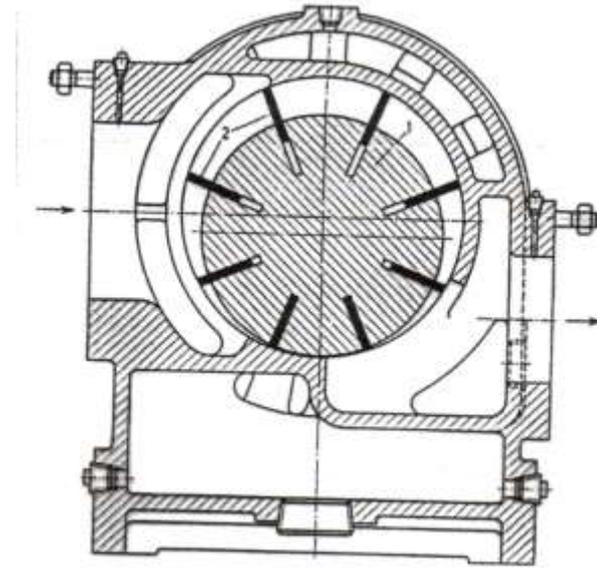
***A spirale orbitante (scroll)***

# Compressori Rotativi a palette multiple e a lobiv

E' un compressore che utilizza lo schema di compressione per rotazione asimmetrica con *palette mobili* che si spostano radialmente in modo da confinare il fluido in lobi ben precisi, come indicato in figura. Anche in questo caso, come per i compressori centrifughi, si ha un *collettore di raccolta esterno* che converte la pressione dinamica in pressione statica.

Questo tipo di compressori è utilizzato per *impianti di potenzialità limitata* (qualche kW) ed ha un suo punto di forza nella compattezza, regolarità di funzionamento e nella richiesta di poca manutenzione.

*I rendimenti volumetrici non sono elevati* e così pure i rapporti di compressione per cui sono convenienti solo con quei fluidi frigorigeni che possono essere utilizzati in questi range di lavoro



# Compressori a Vite

I compressori a vite sono caratterizzati da *due viti controrotanti*, dette maschio e femmina, in modo da trasportare e comprimere il fluido all'interno dei lobi in accoppiamento. Queste sono poste all'interno di un contenitore (*carter*) nel quale fluisce sia il fluido frigorigeno che il lubrificante. Il funzionamento del compressore a vite è il seguente: il fluido è portato dall'ingresso verso l'uscita per effetto della rotazione delle viti e contemporaneamente viene compresso con rapporto di compressione funzione della distanza degli assi delle viti.

Una particolarità interessante dei compressori a vite è la loro *capacità di variare il carico di lavoro dal 10 al 100%* del valore nominale con continuità e non a gradini, come già visto per i compressori alternativi. Ciò viene realizzato mediante un *cassonetto* che posto al di sopra del carter bypassa il fluido refrigerante da comprimere facendolo passare in uscita. La posizione del cassonetto viene stabilita dal sistema di regolazione in funzione del carico di lavoro. *La potenza di spunto a carichi ridotti può essere maggiore rispetto ai compressori alternativi.*

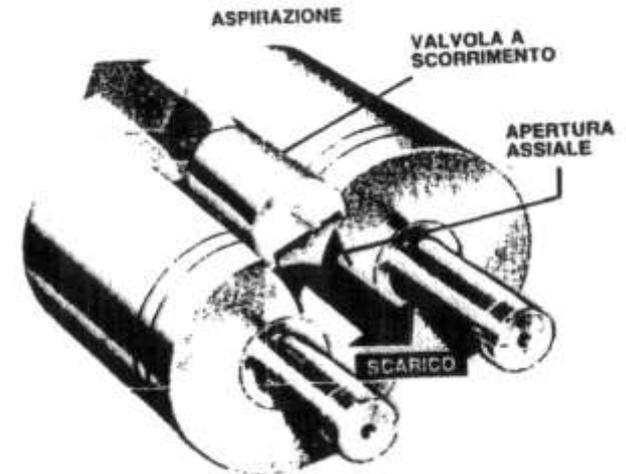
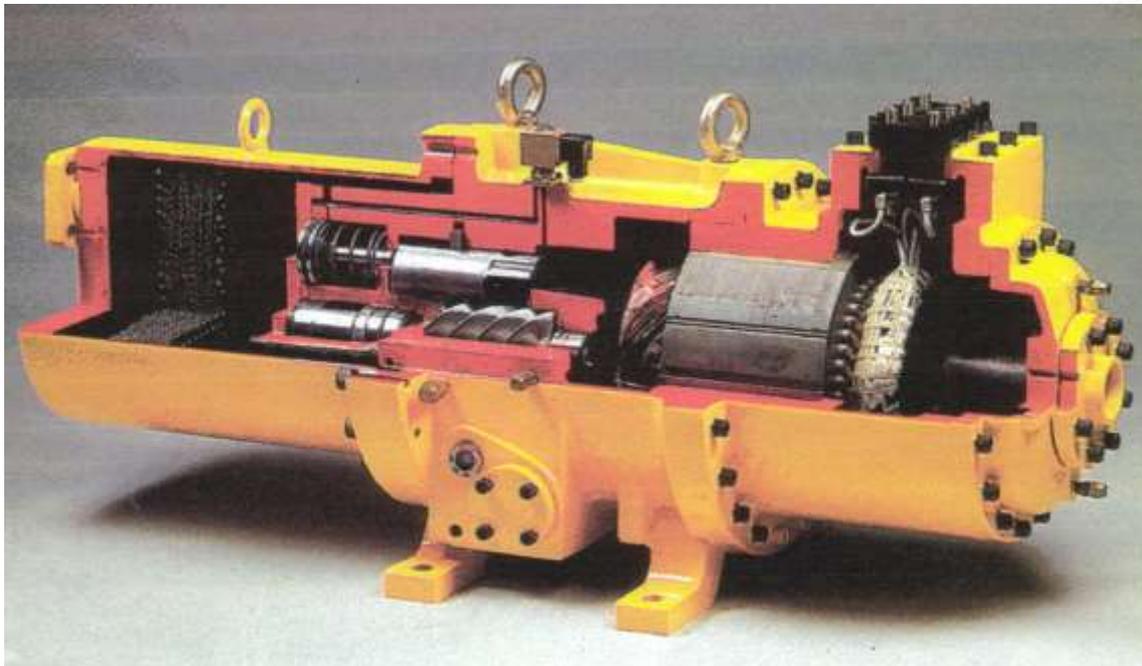
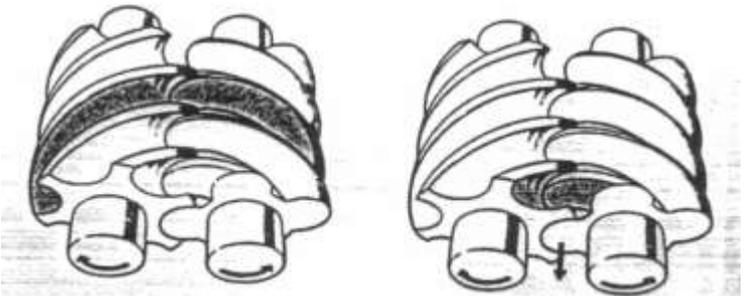
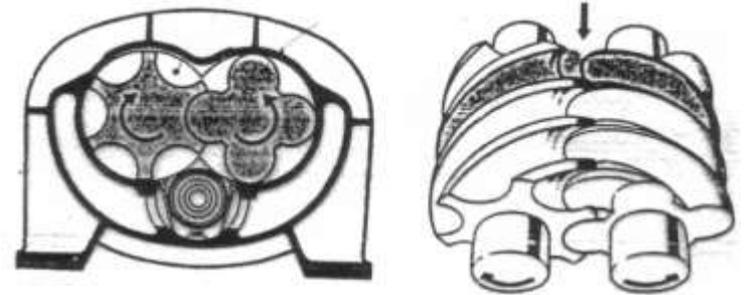
Questa caratteristica di variazione continua del carico rende questi compressori molto comodi nelle applicazioni impiantistiche che richiedono un forte adattamento al carico in condizioni molto variabili. Si pensi, ad esempio, alle applicazioni *free cooling* (stagione primaverile o autunnale) quando i carichi termici sono molto bassi e le condizioni termometriche dell'aria esterna sono ideali per la



# Compressori a Vite

Questi compressori hanno un *sistema corposo di separazione dell'olio di lubrificazione*, sono relativamente rumorosi (ai regimi estremi) ma presentano un buon rendimento di compressione ed un elevato rendimento volumetrico.

Inoltre *la temperatura di mandata di questi compressori è notevolmente inferiore a quella dei compressori alternativi o a pistoni*. I compressori a vite sono macchine a funzionamento continuo e pertanto risultano di dimensioni molto compatte.



# Compressore a vite raffreddato ad acqua



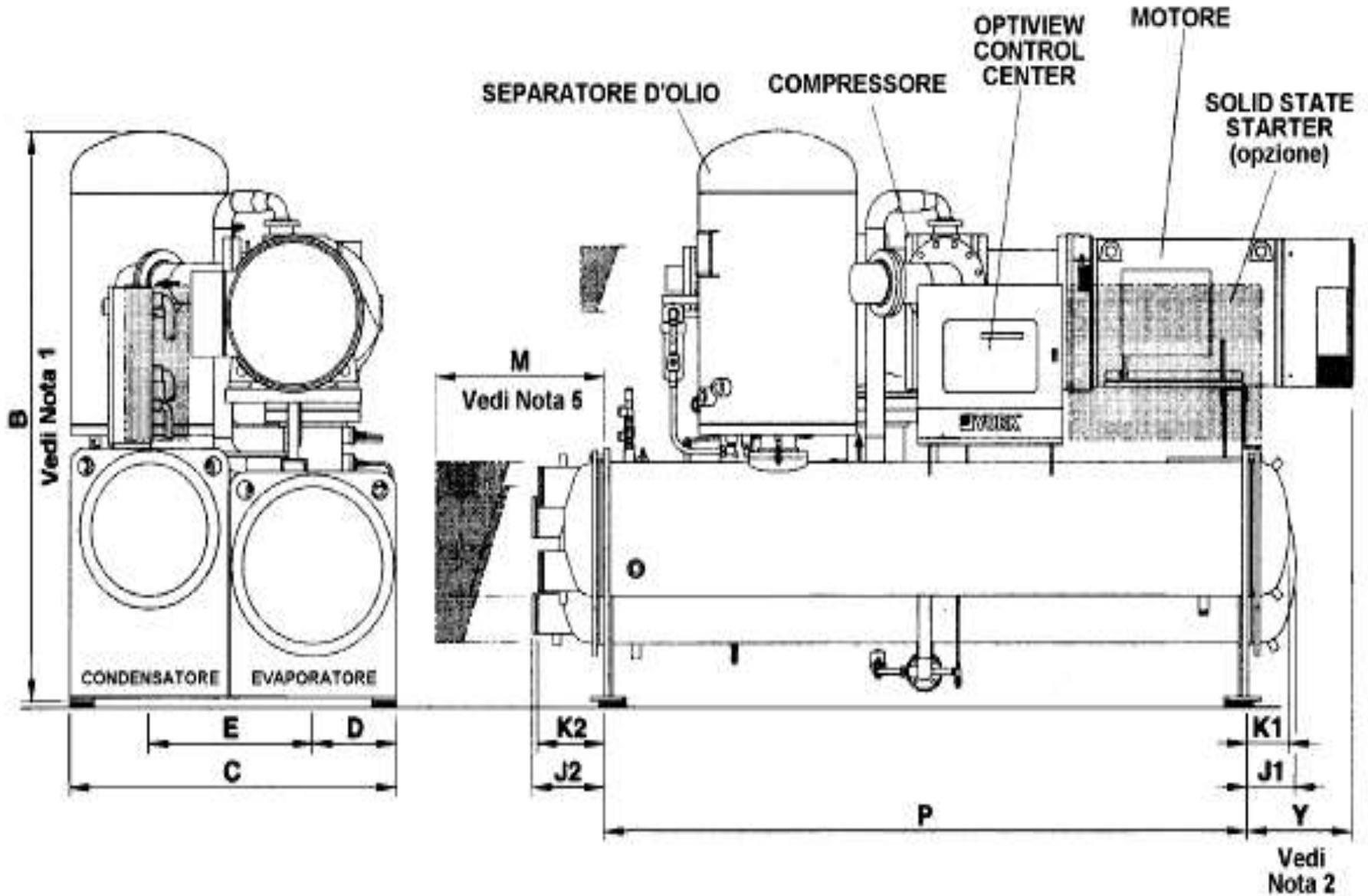
## Compressore a vite raffreddato ad acqua – Dati Tecnici

MODELLO		YN	YN	YN	YN	YN	YN	YN
EVAPORATORE		RB	RB	RD	RD	SA	SD	SD
CONDENSATORE		RB	RB	RB	RD	SA	SA	SD
COMPRESSORE		S2	S3	S3	S4	S4	S5	S5
MOTORE		5CC	5CE	5CE	5CG	5CF	5CJ	5CI
AVVIATORE ELETTRONICO \$\$\$		7L-50A	14L-50A	14L-50A	14L-50A	14L-50A	14L-50A	14L-50A
POTENZA FRIGORIFERA	kW	577	752	771	1003	1037	1306	1316
<b>DATI ELETTRICI (1, 2)</b>								
POTENZA ELETTRICA ASSORBITA	kW	101	137	137	177	175	227	213
C.O.P.	-	5,72	5,49	5,63	5,68	5,94	5,76	6,19
C.O.P. MEDIO STAGIONALE (3)	-	7,00	6,34	6,49	6,74	6,97	6,84	7,26
MAX. POT. Elett. ASSORBITA (4)	kW	121	160	160	201	180	254	231
CORRENTE PIENO CARICO	A	163	224	224	288	288	364	342
CORRENTE CORTO CIRCUITO	A	1316	1726	1726	2257	1990	2954	2726
CORRENTE AVVIAMENTO (5)	A	592	777	777	1016	896	1329	1227
<b>EVAPORATORE (6)</b>								
PORTATA ACQUA REFRIGERATA	l/s	27,5	35,9	36,8	47,8	49,4	62,3	62,8
N° PASSI	n°	2	2	2	2	2	2	2
PERDITA DI CARICO	kPa	65	90	60	75	80	60	60
DIAMETRO ATTACCHI	DN	150	150	150	150	200	200	200
<b>CONDENSATORE (7)</b>								
PORTATA ACQUA RAFFREDDAMENTO	l/s	32,5	42,6	43,5	56,6	58,1	73,6	73,4
N° PASSI	n°	2	2	2	2	2	1	2
PERDITA DI CARICO	kPa	40	65	65	65	80	25	45
DIAMETRO ATTACCHI	DN	150	150	150	150	200	300	200
<b>DATI DIMENSIONALI</b>								
LUNGHEZZA	mm	3770	3770	3770	3770	4319	4319	4319
LARGHEZZA	mm	1549	1549	1549	1549	1676	1700	1700
ALTEZZA	mm	2425	2425	2425	2425	2525	2525	2525
PESO DI SPEDIZIONE	kg	4964	5048	5148	5816	6467	7000	7330
PESO IN FUNZIONE	kg	5594	5878	5818	6516	7577	8145	8609

# Compressore a vite raffreddato ad acqua – Condizioni Nominali

1. Alimentazione 400V/1 $\phi$ /50Hz.
  2. Alimentazione pannello di controllo: 115V/1 $\phi$ /50Hz per 1.5kVA. Con SSS collegamento già cablato in fabbrica.
  3. Dato calcolato secondo ARI 550/590-98.
  4. Massima potenza assorbita ai morsetti alla massima corrente consentita.
  5. In caso di avviamento stella-triangolo la corrente di avviamento è pari a 1/3 della corrente di corto circuito.
  6. Acqua refrigerata: 12/7 °C. Fattore di sporcammento 0.018 m<sup>2</sup>°C/kW secondo ARI 550/590-98.
  7. Acqua di raffreddamento: 29.5/34.5 °C. Fattore di sporcammento 0.044 m<sup>2</sup>°C/kW secondo ARI 550/590-98.
- <sup>1</sup> Gli uffici York sono a disposizione per selezioni conformi alle effettive condizioni di lavoro dell'impianto specifico in esame.
- <sup>2</sup> Gli uffici York sono a disposizione per selezioni di unità in versione "Pompa di Calore".
- <sup>3</sup> Gli uffici York sono a disposizione per selezioni di unità in versione "Recupero di Calore".

# Compressore a vite raffreddato ad acqua



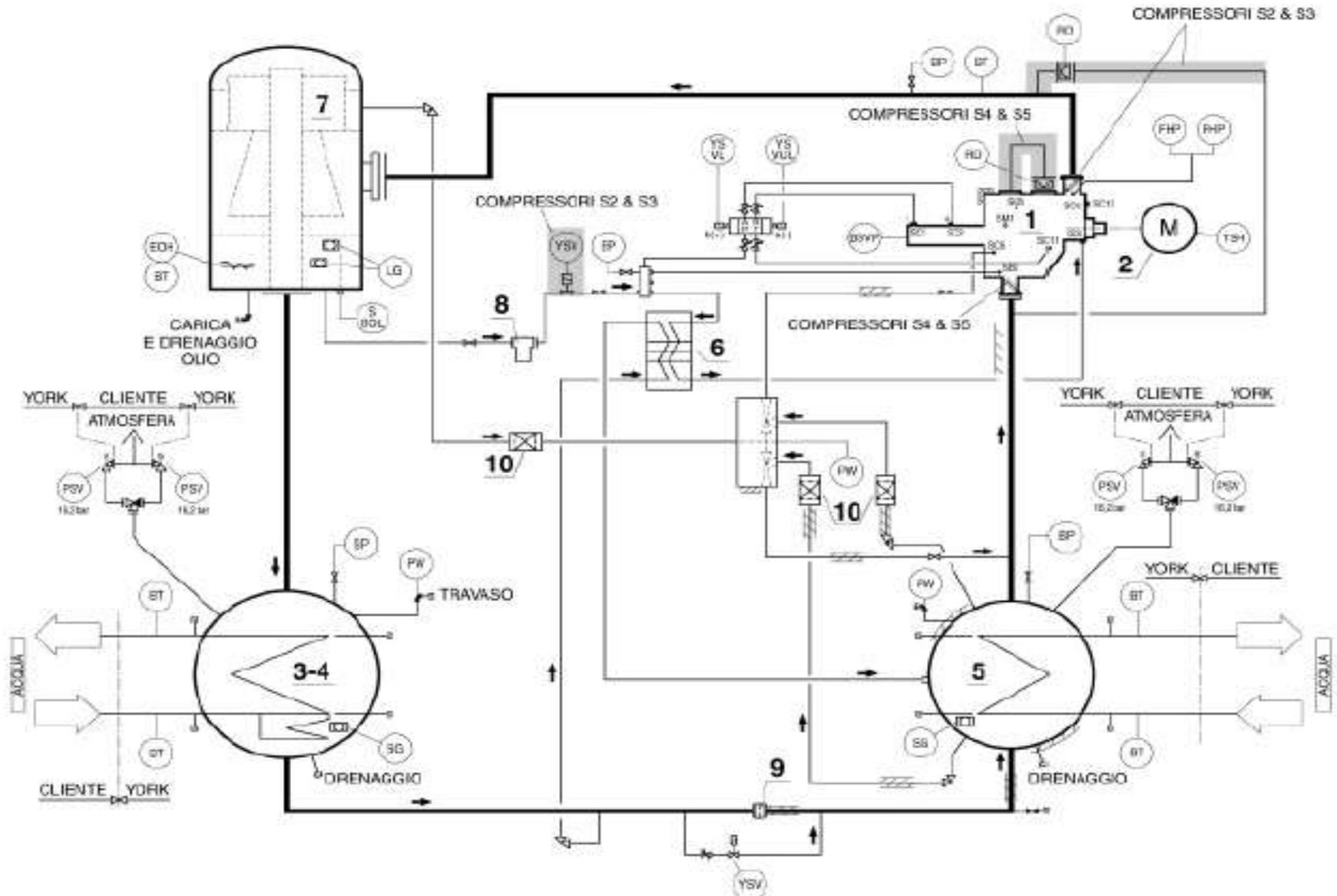
## Compressore a vite raffreddato ad acqua

Compressore	Codice Scambiatori (Evap.-Cond.)	B	C	D	E	M <sup>(6)</sup>	Y <sup>(2)</sup>	P
S2, S3	R - R	2400	1549	394	775	3050	52	3048
S4	R - R	2400	1549	394	775	3050	245	3048
	S - S	2500	1678	445	838	3650	50	3657
S5	R - R	2410	1585	394	775	3050	494	3048
	S - S	2500	1700	445	738	3650	300	3657

### DIMENSIONI CASSE D'ACQUA STANDARD

Dim. <sup>(4)</sup>	CODICE EVAPORATORI						Dim. <sup>(4)</sup>	CODICE CONDENSATORI					
	R			S				R			S		
	1 Passo	2 Passi	3 Passi	1 Passo	2 Passi	3 Passi		1 Passo	2 Passi	3 Passi	1 Passo	2 Passi	3 Passi
J1	-	171	-	-	187	-	K1	-	156	-	-	172	-
J2	361	361	361	367	367	367	K2	356	356	356	367	367	367

# Compressore a vite raffreddato ad acqua – Schema di Flusso



# Compressore a vite raffreddato ad acqua – Schema di Flusso - Didascalìa

## LEGENDA

1	COMPRESSORE
2	MOTORE
3	CONDENSATORE
4	SOTTO-RAFFREDDATORE
5	EVAPORATORE
6	RAFFREDDATORE OLIO (Opzione)
7	SEPARATORE D'OLIO
8	FILTRO
9	ORIFICIO
10	FILTRO DEIDRATORE

BP	TRASDUTTORE DI PRESSIONE
BSVP	POTENZIOMETRO DI POSIZIONE
BT	TRASDUTTORE DI PRESSIONE
EOH	SCALDIGLIA OLIO
FHP	PRESSOSTATO DI ALTA
LG	INDICATORE DI LIVELLO
PSV	VALVOLA DI SICUREZZA
PW	POZZETTO MANOMETRICO
RD	DISCO DI ROTTURA
SG	VETRO SPIA LIVELLO
SSOL	SICUREZZA BASSO LIVELLO
TSH	TERMOSTATO DI ALTA
YSV	SOLENOIDE
YSVL	SOLENOIDE CARICO COMPRESSORE
YSVUL	SOLENOIDE SCARICO COMPRESSORE

# Compressori Rotativo – Rapporto Volumetrico Intrinseco

I compressori rotativi comprimono il gas fino ad una pressione finale che è indipendente dalla pressione iniziale nel condotto di mandata. Ai fini del calcolo della potenza assorbita ( $W$ ) possiamo definire *rendimento del compressore rotativo* il rapporto:

$$\eta_{rot} = \frac{L_{eff. \text{speso}}}{L_{ottenuto. \text{max}}}$$

Occorre anche tenere conto del *rendimento volumetrico intrinseco* dato da:

$$r_{vi} = \frac{V_{\text{max}}}{V_{\text{min}}} = \frac{v_a}{v_p}$$

Assumendo una compressione politropica si ha:

$$p_p = p_a \left( \frac{v_a}{v_p} \right)^n = p_a r_{vi}^n$$

Il *rendimento del compressore rotativo* può allora scriversi nella forma:

$$\eta_{Rot} = f \left( \frac{p_p}{p_p} \right) = f \left( \frac{p_a r_{vi}}{p_m} \right) = f \left( \frac{r_{vi}^n}{\rho} \right) = f(r_{vi}, \rho)$$

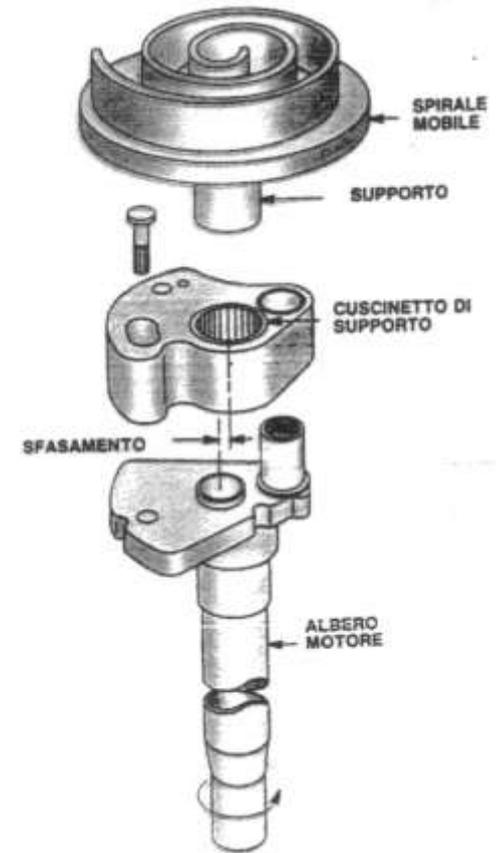
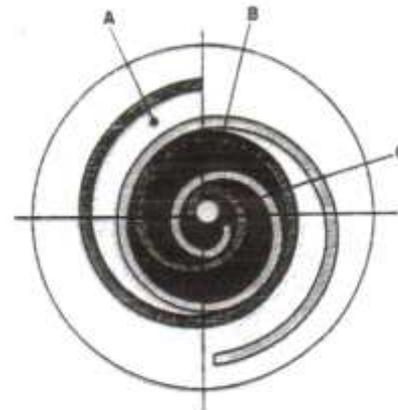
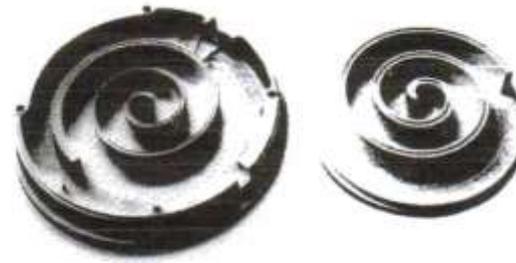
ove  $p_M$  è la pressione di mandata,  $p_a$  la pressione minima. La *potenza assorbita* vale:

$$W = \dot{m} \Delta h_{com} = \frac{\dot{V}}{v_1} \frac{\eta_v}{\eta_{Rot}} \Delta h_{com}$$

# Compressori a Spirale – Scroll

Sono detti anche *compressori scroll* e sono l'ultima novità nel campo dei compressori frigoriferi. In essi una spirale orbitante, vedi figura, in modo eccentrico produce la compressione di lobi e lo spostamento del fluido compresso verso il punto di uscita.

Il movimento orbitale provoca l'accumulo nelle spirali accoppiate di sacche di gas che, con il progredire del movimento, vengono spostate verso l'uscita.



# Compressori a Spirale – Scroll

Osservando il ciclo completo si nota che le tre fasi:

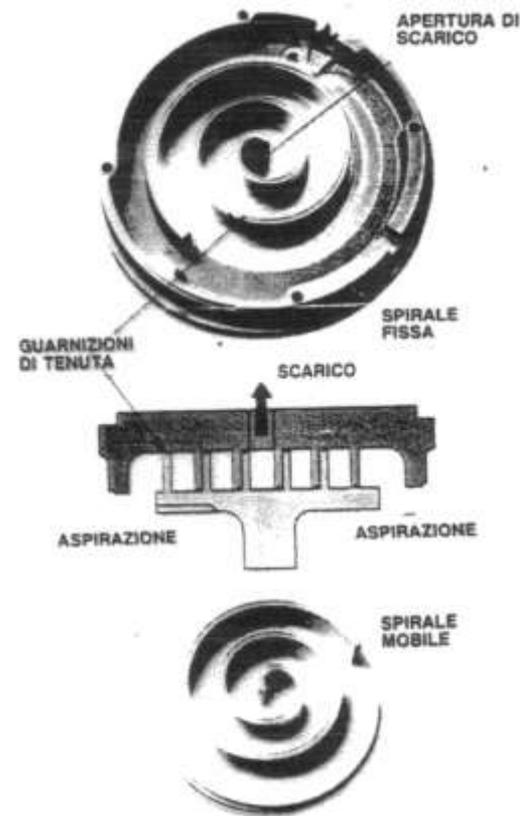
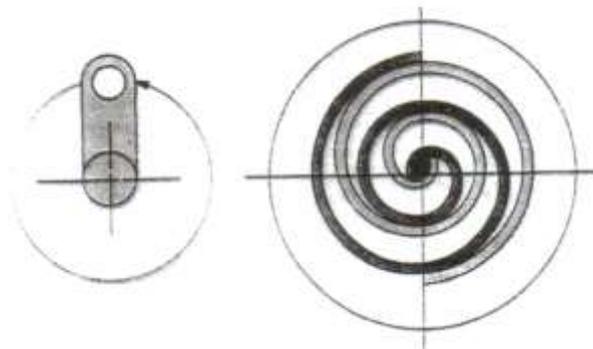
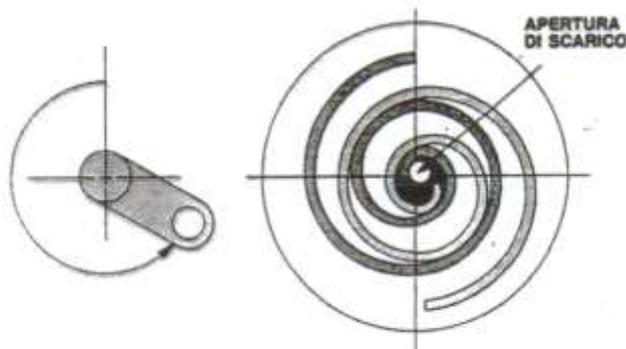
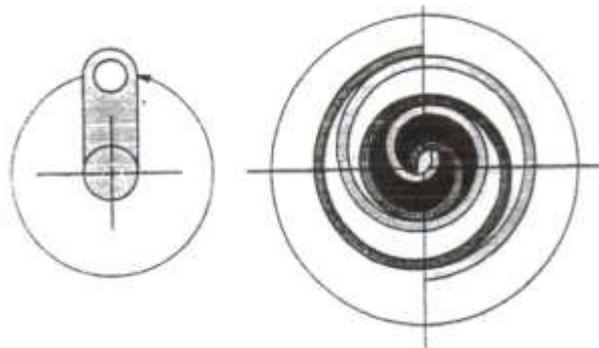
(A) di *aspirazione*,

(B) di *compressione*,

(C) di *scarico*, avvengono simultaneamente in sequenza dinamica.

In figura si ha il particolare dell'accoppiamento *faccia a faccia* delle spirali: la spirale superiore è fissa e contiene l'apertura per lo scarico del gas compresso, la spirale inferiore è quella mobile in moto orbitante (non rotativo). L'aspirazione del gas avviene sul bordo esterno del complesso a spirale.

I bordi superiori delle spirali sono muniti di guarnizione che fanno tenuta stagna sulla superficie della spirale opposta.



# Compressori scroll

In figura si ha una sezione di un compressore scroll completo nella quale sono visibili tutti i particolari descritti in precedenza, il motore elettrico e gli ingombri.

I compressori scroll (detti anche più semplicemente, *scroll*) arrivano a potenze massime di  $30\div 50\text{ kW}$  e sono caratterizzati da una buona silenziosità di marcia, da rendimenti volumetrici elevati (rispetto agli alternativi), buoni rendimenti isoentropici di compressione.

La loro diffusione è oggi elevata nei gruppi frigoriferi per applicazioni di climatizzazione di media taglia ( $< 50\text{ kW}$  per compressore).

Possono anche aversi gruppi frigoriferi a *più compressori scroll* fino a potenzialità totali massime dell'ordine di  $200\text{ kW}$ .

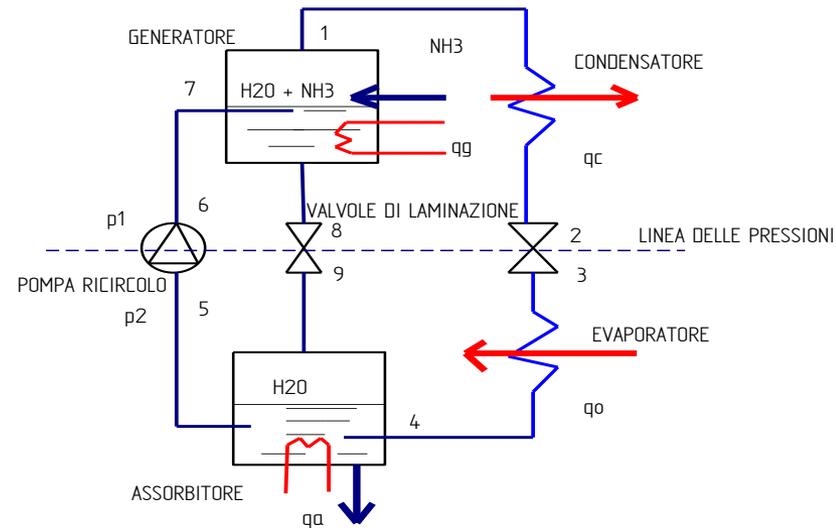


# Refrigeratori ad assorbimento

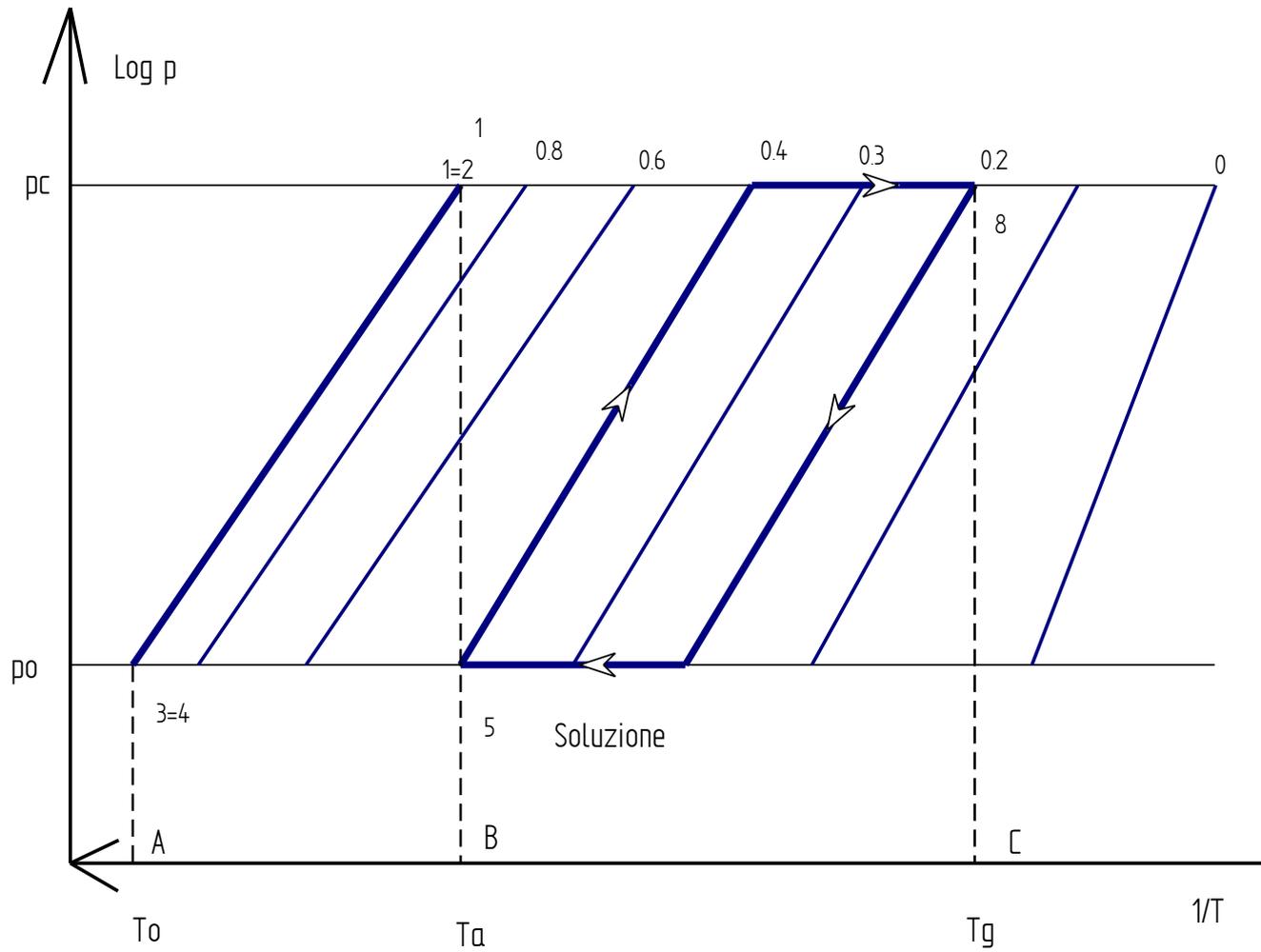
All'interno del generatore si ha una miscela di soluto e solvente.

Per effetto del calore  $Q_4$  ceduto al serbatoio superiore (detto *generatore*) si libera  $\text{NH}_3$  allo stato quasi puro e ad alta pressione. L' $\text{NH}_3$  inizia il ciclo classico di condensazione, laminazione ed evaporazione (presente anche nel ciclo frigorifero classico a compressione di vapori saturi). All'uscita dell'evaporatore l' $\text{NH}_3$  si ricombina nel serbatoio inferiore, detto *assorbitore*, con la miscela di acqua-ammoniaca impoverita di ammoniaca e proveniente dal serbatoio superiore (tramite una valvola di laminazione perché in basso c'è una pressione inferiore a quella presente in alto).

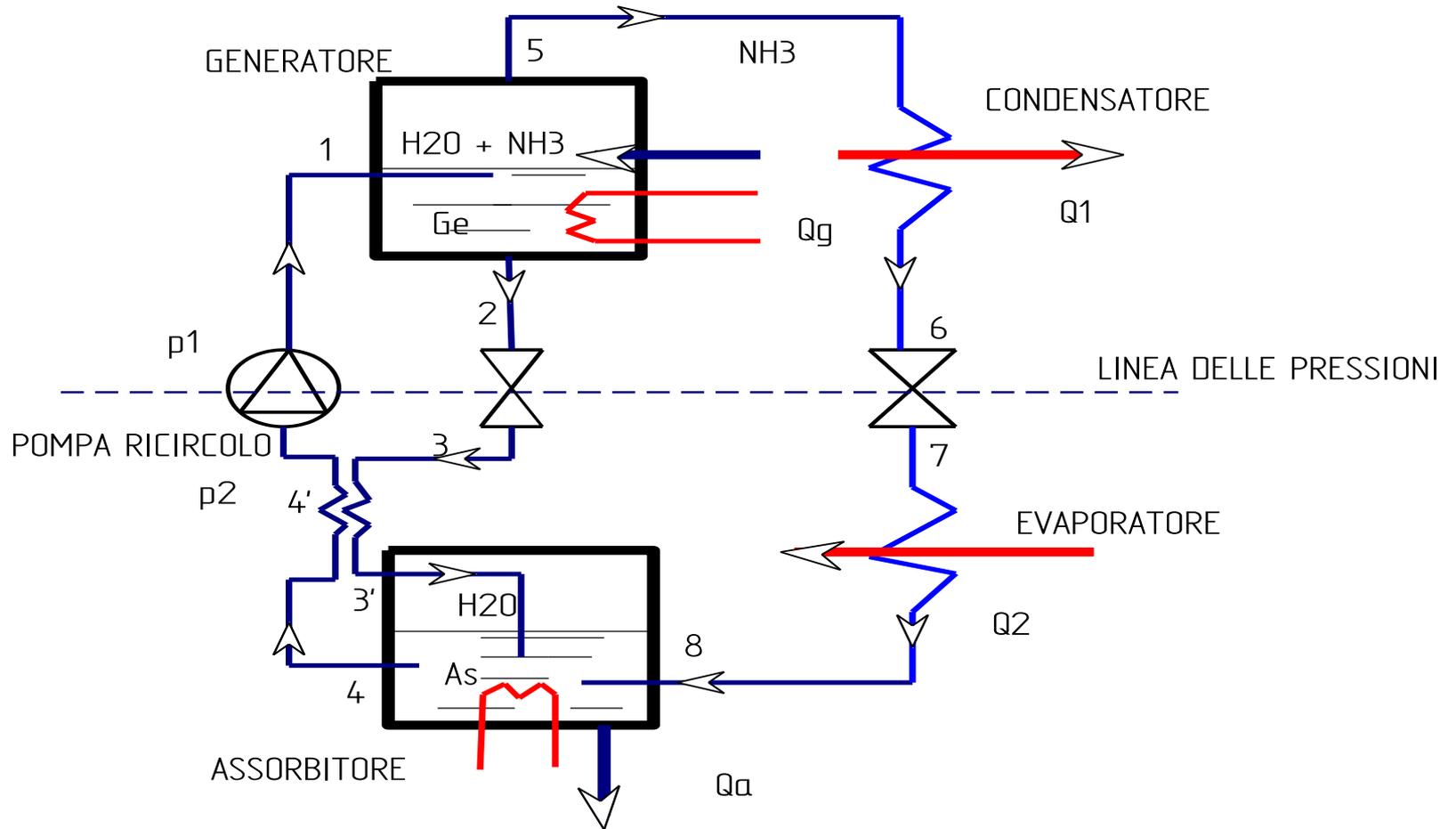
La reazione di assorbimento è *esotermica* e quindi cede calore  $Q_4$  all'esterno. Una pompa provvede a riportare la miscela di acqua e ammoniaca ricomposta al serbatoio superiore (generatore) e si riprende il ciclo. Le temperature tipiche di utilizzo della macchina ad assorbimento dipendono dal fluido di lavoro. Per acqua ed ammoniaca si hanno circa  $130\div 150\text{ }^\circ\text{C}$  al generatore e circa  $45\div 55\text{ }^\circ\text{C}$  all'assorbitore e al condensatore. La temperatura all'evaporatore è funzione della pressione di esercizio ed è di qualche grado sotto lo zero. Oltre alla miscela acqua-ammoniaca si utilizzano oggi anche miscele *acqua-bromuro di litio* o anche *acqua-fluoruro di litio*: in questi casi è l'acqua il componente più volatile. Queste macchine hanno il pregio di funzionare a temperatura inferiore (circa  $80\text{ }^\circ\text{C}$ ) rispetto a quella ad ammoniaca ( $130\div 150\text{ }^\circ\text{C}$ ).



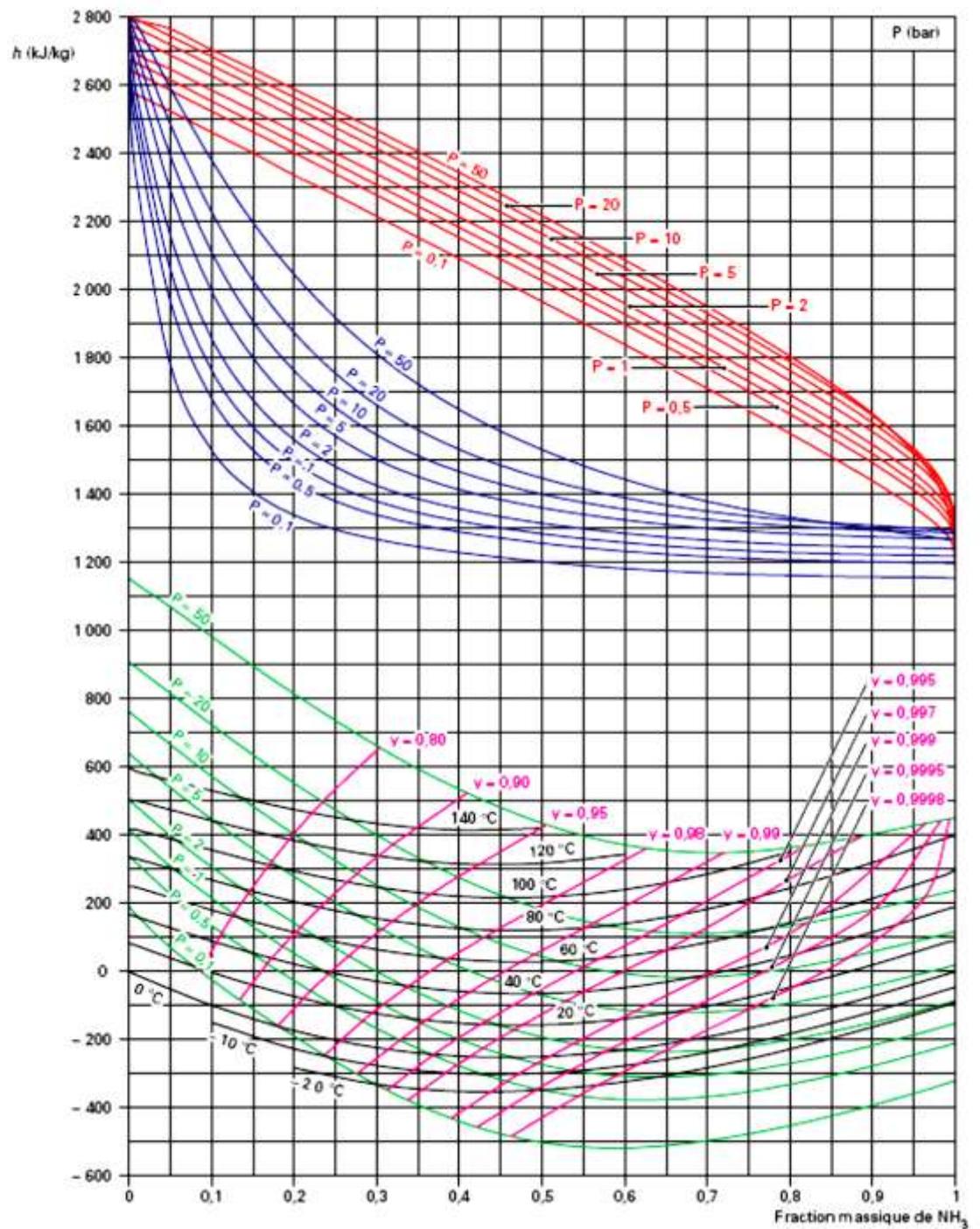
# Refrigeratori ad assorbimento – Ciclo Termodinamico



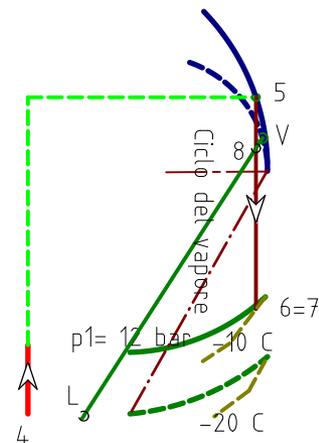
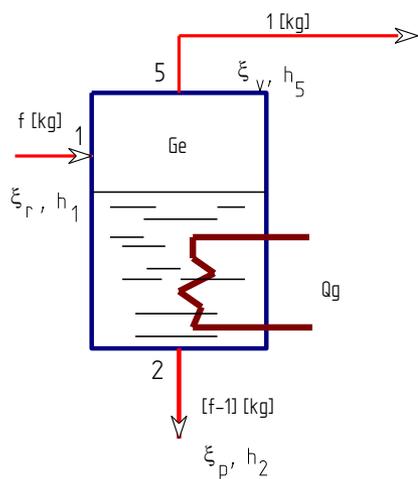
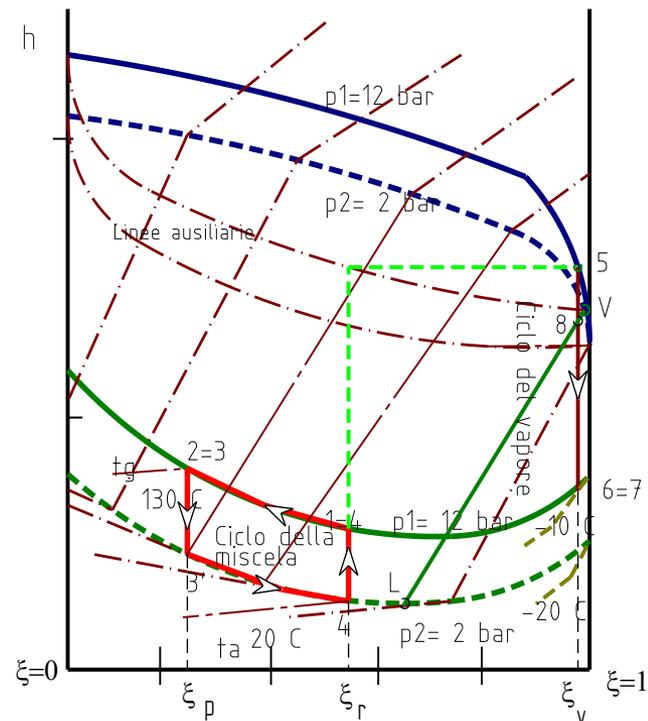
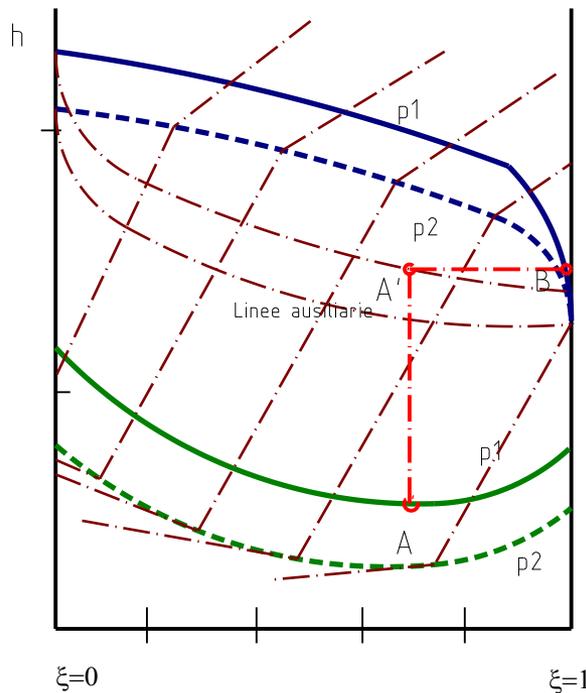
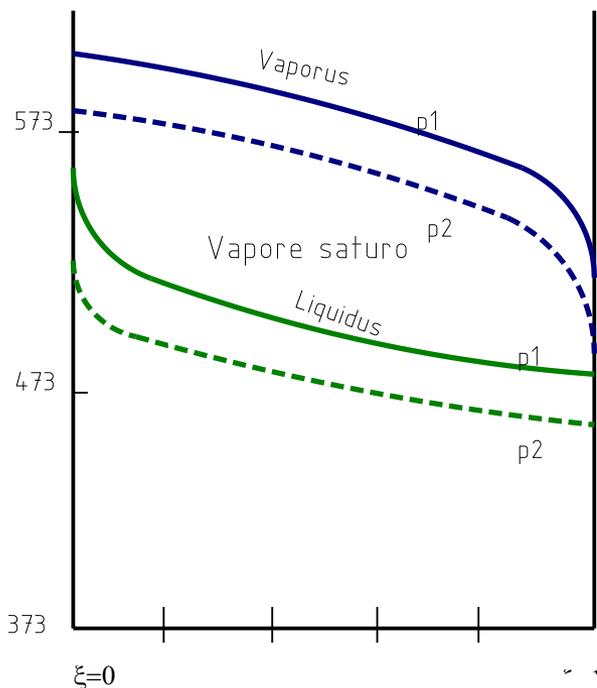
# Ciclo ad assorbimento con recupero di calore



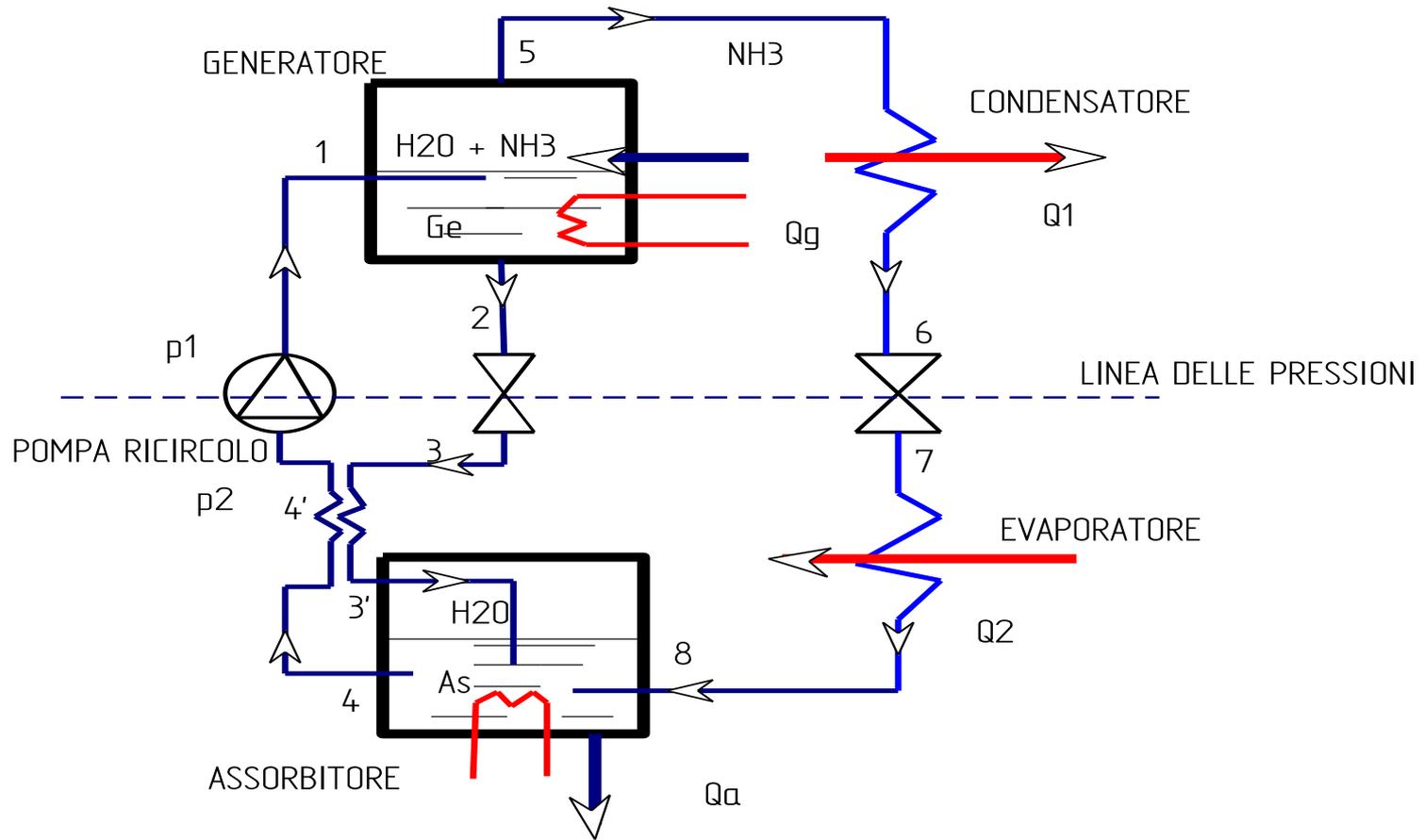
# Curve di Bosnjacovic



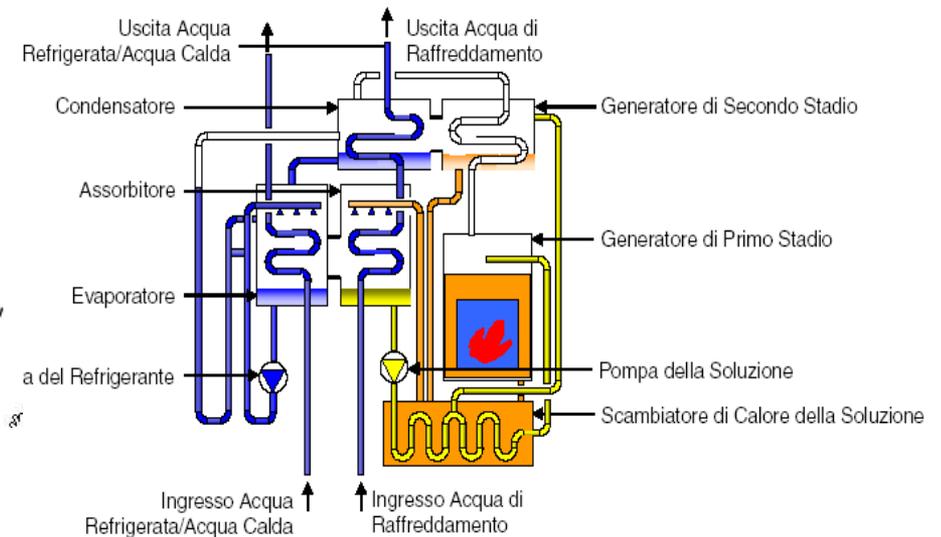
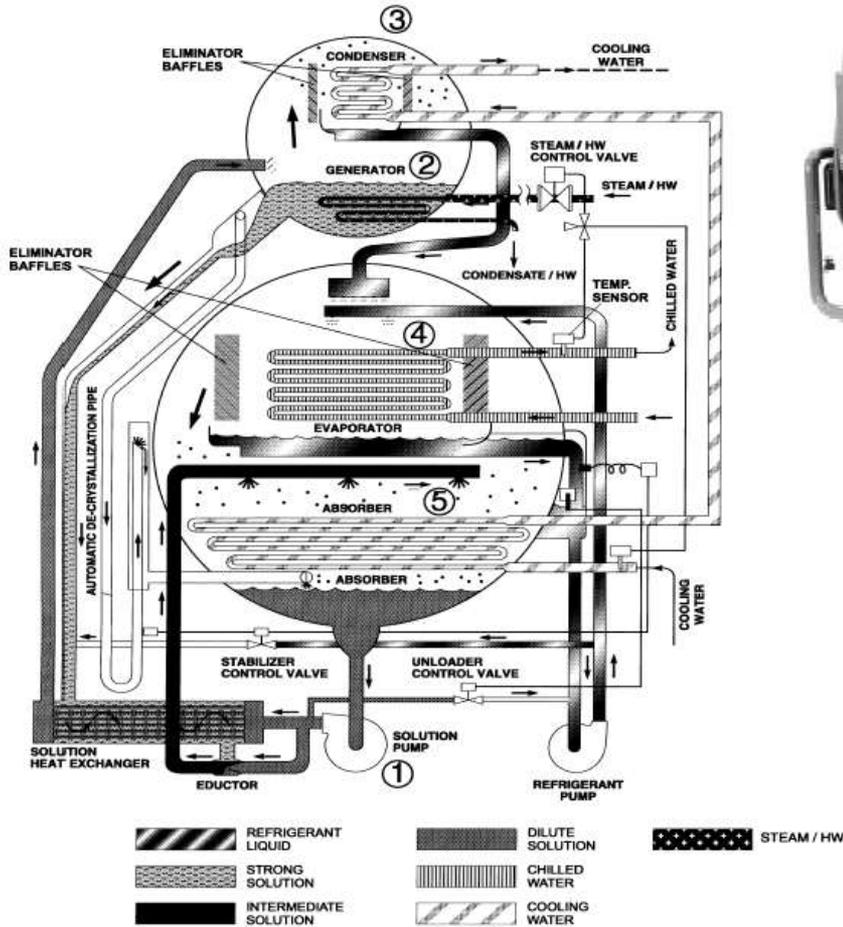
# Refrigeratori ad assorbimento – Diagramma liquidus - Vaporus



# Ciclo ad assorbimento a recupero di calore



# Refrigeratori ad assorbimento commerciali

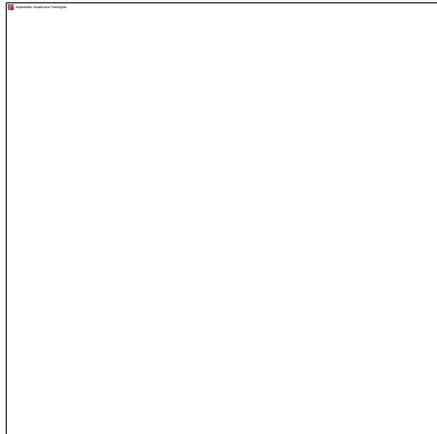


## Assorbitore a due stadi



# Accumulo inerziale

La frequenza limite accensione/spegnimento in un sistema a compressori frigoriferi non è determinabile a priori con precisione: il periodo di spegnimento minimo è legato alla esigenza che si bilancino alta e bassa pressione, al fine di contenere l'intensità di corrente allo spunto (questa esigenza è meno sentita nei compressori scroll che si avviano senza carico, anche in condizioni di pressioni non bilanciate), mentre il tempo minimo di funzionamento è legato alla necessità di assicurare il ritorno dell'olio al compressore dopo l'avviamento (verificabile mediante l'indicatore di livello di cui sono dotati i compressori). Ogni refrigeratore di acqua, pertanto, ha un suo tempo minimo di funzionamento per ogni compressore ed in linea di massima, questo tempo minimo cade fra i 3 ed i 5 min per macchine di potenza medio/alta. Da questo punto di vista, ed in una macchina multicompressore, la situazione più critica si ha quando il carico impianto è di poco superiore a quello coperto da un numero intero di compressori (ad es. in una macchina a 4 compressori una situazione critica è costituita dal carico 55%, coperto quasi integralmente da n° 2 compressori, mentre il terzo lavora solo per il 5% del tempo). Occorre fare in modo che il compressore in funzionamento intermittente, una volta avviato rimanga attivo per non meno di 3-5 min.



# Accumulo inerziale

In condizioni di parziale copertura del carico estivo la temperatura media dell'acqua nel circuito sale in quanto l'apporto di calore da parte del sistema condizionato è superiore alla sottrazione di calore operata dal refrigeratore d'acqua: in pratica, aumenta progressivamente la temperatura di ritorno all'evaporatore finché, raggiunto il set interstadio, si avvia il compressore in funzionamento intermittente. A compressore attivo si attua una sottrazione di calore maggiore del necessario e un conseguente raffreddamento dell'acqua in circolazione: si ha, in particolare, una progressiva riduzione della temperatura di ritorno all'evaporatore finché, raggiunto il set interstadio inferiore, il sistema di controllo disinserisce il compressore.

Ai fini del tempo minimo di funzionamento la situazione limite si ha quando praticamente tutta la capacità frigo. addizionale va solo in raffreddamento dell'acqua in circolazione. Si ha:

$$\Delta P = \frac{V \cdot n \cdot \Delta T \cdot 60}{\Delta T_{\min} \cdot 860}$$

ove:

$D_p$  la capacità frigorifera addizionale, in kW, con l'inserimento del compressore in funzionamento discontinuo;

860 fattore di conversione da kW a kcal/h;

$DT_{\min}$  il tempo minimo di attivazione del compressore necessario per assicurare il ritorno dell'olio al carter;

$V$  il volume di acqua nell'impianto, litri;

$DT$  la differenza di temperatura di settaggio interstadio, °C.

Pertanto il volume di acqua necessario risulta:

$$V = \frac{\Delta P \cdot \Delta T_{\min} \cdot 860}{n \cdot \Delta T \cdot 60}$$

con n numero degli stadi di funzionamento.

# Accumulo inerziale

Per compressori di piccola taglia il tempo minimo di attivazione può essere di 1-3 minuti.

Può risultare comoda la Tabella 6.

Alcuni autori (Portoso, Vio) propongono una formula più semplificata e conservativa:

$$V = \frac{P \cdot 860}{300}$$

con P in kW.

Potenza frigorifera Kw	$\Delta t$ evaporatore (°C)							
	4		5		6		7	
	ottimale	minimo	ottimale	minimo	ottimale	minimo	ottimale	minimo
50	0,63	0,36	0,51	0,29	0,42	0,24	0,36	0,20
100	1,27	0,72	1,01	0,57	0,84	0,48	0,72	0,41
200	2,53	1,43	2,03	1,15	1,69	0,96	1,45	0,82
300	3,80	2,15	3,04	1,72	2,53	1,43	2,17	1,23
400	5,06	2,87	4,05	2,29	3,38	1,91	2,89	1,64
500	6,33	3,58	5,10	2,87	4,20	2,39	3,60	2,00

REFRIGERATORI D'ACQUA				
Potenzialità frigo.	Gradini di parz.	Tempo min. di attivazione compressore $\Delta t$ min	$\Delta T$ interstadio	Volume inerziale tot.
kWf	n	min.	°C	l
20	1	1,5	2,5	172
25	1	1,5	2,5	215
30	1	1,5	2,5	258
40	1	1,5	2,5	344
45	2	2	2	322
55	2	2	2	394
65	2	2	2	466
75	2	2	2	537
90	2	2	2	645
105	2	2	2	752
120	2	2	2	860
150	4	2	1,25	860
175	4	2	1,25	1003
205	4	2	1,25	1175
225	4	2	1,25	1290
250	4	2	1,25	1433
270	4	3	1,25	2321
325	4	3	1,25	2794
420	4	3	1,25	3611
510	4	3	1,25	4385
590	4	3	1,25	5073
650	4	3	1,25	5589
690	4	3	1,25	5933
800	4	3	1,25	6878
860	4	3	1,25	7394
940	4	3	1,25	8082
1020	4	3	1,25	8770

# Accumulo inerziale

Nel caso di pompe di calore le esigenze dei compressori sono all'incirca quelle sopra indicate, anche se occorre fronteggiare alla richiesta di energia termica durante i cicli di sbrinamento.

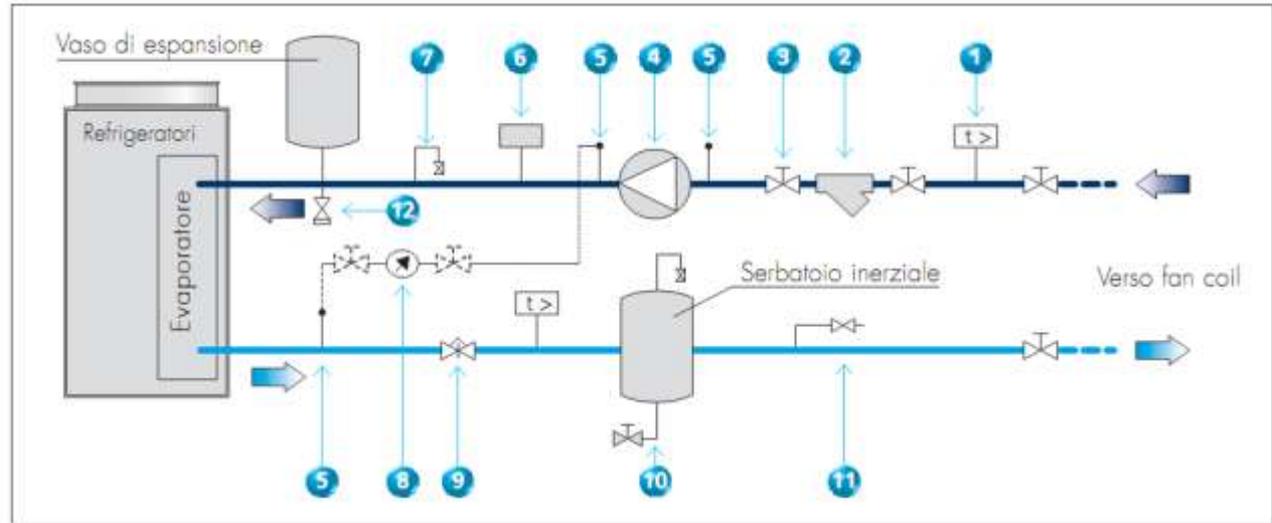
Se lo sbrinamento avviene per inversione di ciclo allora nel circuito frigorifero interessato si ha asporto di calore dall'acqua in circolazione che, aumentato dell'equivalente termico della potenza elettrica assorbita dal compressore, va nella batteria brinata liberandola dal ghiaccio formato sui tubi e sulle alettature.

Per le pompe di calore del tipo aria – acqua vale orientativamente la Tabella.

Potenzialità nominale	Volume inerziale	Caduta di temperatura media in fase di sbrinamento ( $\Delta T_{sb}$ )				
		Ciclo sbrinam. unico Potenza integr. 0%	Ciclo sbrin. unico Potenza integr. 50%	Cicli sbrin. indipend. Potenza integr. 0%	Cicli sbrin. indipend. Potenza integr. 50%	Ciclo sbrin. unico Potenza integr. 50%. Arresto terminali
kWf/kWc	l	°C	°C	°C	°C	°C
<b>Unità monocircuito</b>						
20	172	10,5	8	10,5	8	3
25	215	10,5	8	10,5	8	3
30	258	10,5	8	10,5	8	3
40	344	10,5	8	10,5	8	3
<b>Unità bicircuito</b>						
45	322	12,6	9,6	6,0	3,0	3,6
55	394	12,6	9,6	6,0	3,0	3,6
65	466	12,6	9,6	6,0	3,0	3,6
75	537	12,6	9,6	6,0	3,0	3,6
90	645	12,6	9,6	6,0	3,0	3,6
105	752	15,8	9,6	6,0	3,0	3,6
120	860	15,8	9,6	6,0	3,0	3,6
150	860	15,8	12,0	7,5	3,8	4,5
175	1003	15,8	12,0	7,5	3,8	4,5
205	1175	10,5	12,0	7,5	3,8	4,5
225	1290	10,5	12,0	7,5	3,8	4,5
250	1433	10,5	12,0	7,5	3,8	4,5
270	2321	10,5	8,0	5,0	2,5	3,0
325	2794	10,5	8,0	5,0	2,5	3,0
420	3611	10,5	8,0	5,0	2,5	3,0
510	4385	10,5	8,0	5,0	2,5	3,0
590	5073	10,5	8,0	5,0	2,5	3,0
650	5589	10,5	8,0	5,0	2,5	3,0
690	5933	10,5	8,0	5,0	2,5	3,0
800	6878	10,5	8,0	5,0	2,5	3,0
860	7394	10,5	8,0	5,0	2,5	3,0
940	8082	10,5	8,0	5,0	2,5	3,0
1020	8770	10,5	8,0	5,0	2,5	3,0

# Accumulo inerziale – Schemi di installazione

Centrale frigorifera  
tipo aria - acqua



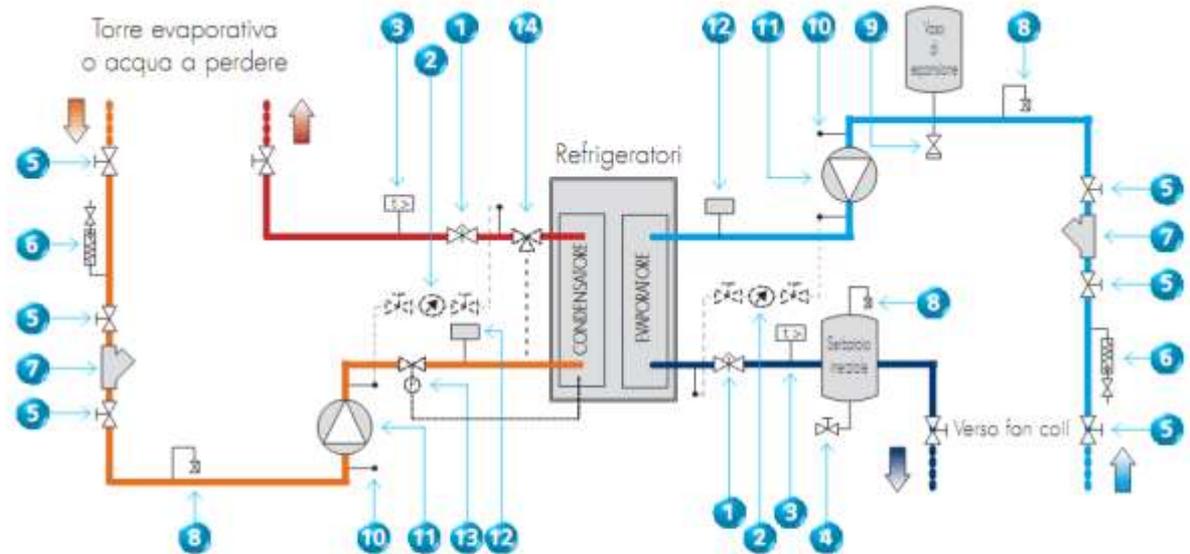
- 1 Sensore di temperatura
- 2 Filtro
- 3 Valvola di intercettazione
- 4 Pompa

- 5 Attacco pressione
- 6 Flussostato
- 7 Scarico
- 8 Manometro pressione

- 9 Valvola regolatrice pressione
- 10 Valvola di scarico
- 11 Valvola di riempimento
- 12 Valvola di sicurezza

# Accumulo inerziale – Schemi di installazione

Centrale frigorifera  
tipo acqua acqua



- 1 Valvola di taratura
- 2 Manometro pressione
- 3 Sensore di temperatura
- 4 Valvola di scarico
- 5 Valvola di intercettazione

- 6 Valvola di riempimento
- 7 Filtro
- 8 Scarico
- 9 Valvola di sicurezza
- 10 Attacco pressione

- 11 Pompa
- 12 Flussostato
- 13 Valvola regolatrice pressione
- 14 Valvola bypass

# Vasi di espansione per centrali frigorifere

**Come negli impianti di riscaldamento, anche nelle centrali frigorifere devono essere installati vasi di espansione per consentire la dilatazione termica dell'acqua contenuta nei circuiti, al variare della temperatura.**

**Nelle centrali frigorifere, comunque si prevedono valvole di sicurezza come protezioni dalle sovrappressioni che si possono verificare sia sui circuiti pressurizzati dell'acqua sia su quelli del fluido refrigerante.**

**Lo scarico di queste valvole deve essere convogliato all'esterno mediante tubazioni in acciaio di diametro non inferiore a quello delle valvole in maniera da non arrecare danno a cose e persone in caso di apertura.**

# Condensatori

I condensatori sono scambiatori di calore utilizzati dai gruppi frigoriferi nel ciclo inverso a condensazione di vapori saturi.

Essi sono installati a valle dei compressori e possono essere di due tipi:

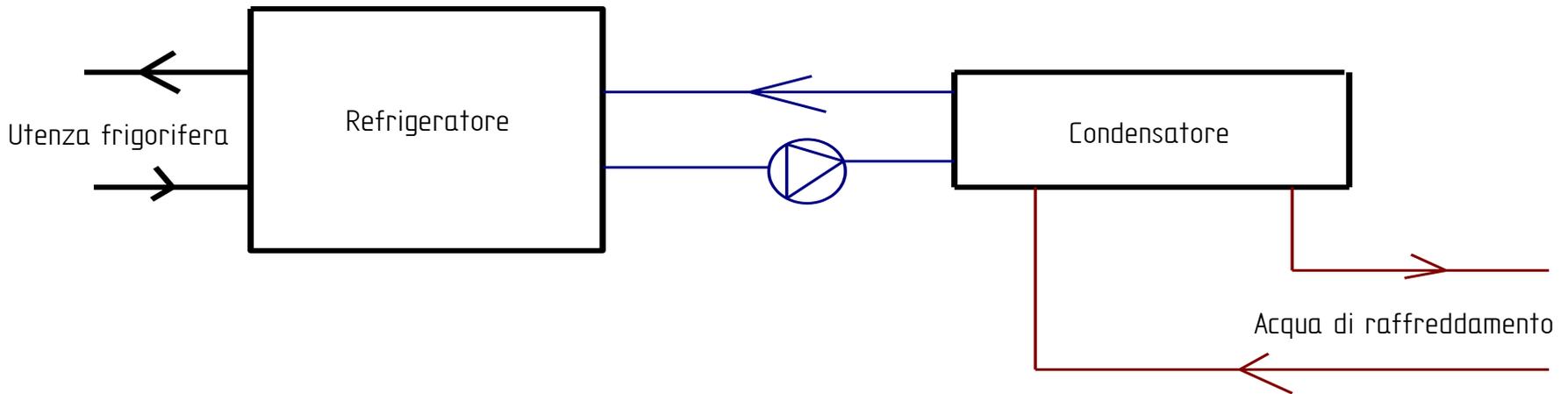
***Raffreddati ad acqua***

***Raffreddati ad aria***

Queste tipologie condizionano molto tutta l'impiantistica relativa al gruppo frigorifero sia per le dimensioni totali occupate dai gruppi che per la collocazione nell'edificio che risulta possibile.

## Condensatori raffreddati ad acqua

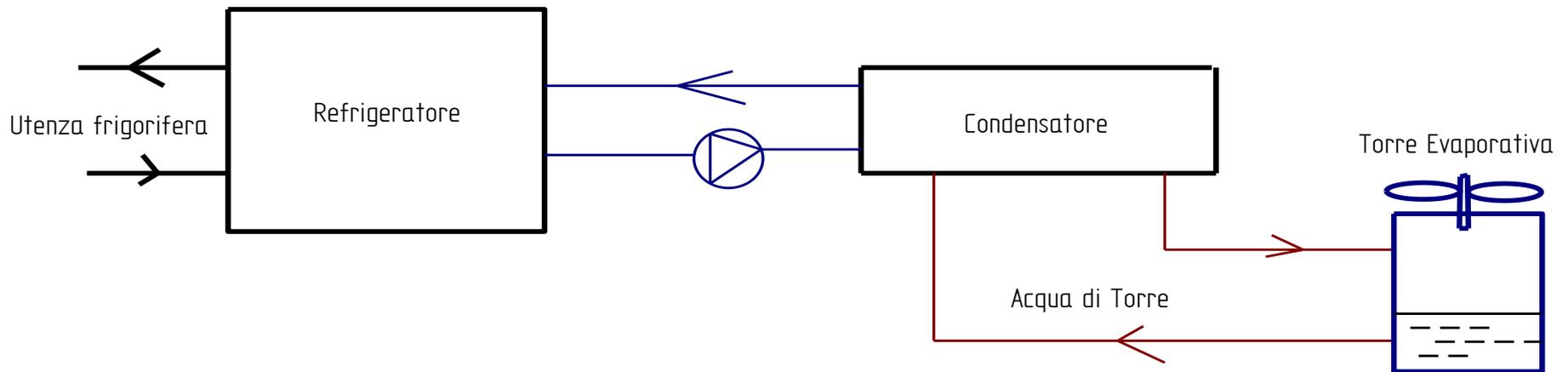
Sono quelli di dimensioni minori per effetto dell'elevata efficienza dello scambio convettivo con l'acqua. Per contro hanno bisogno di *acqua di raffreddamento a ciclo continuo* e pertanto possono essere utilizzati solo se si dispone di acqua corrente (di fiume o di lago) o in congiunzione alle torri di raffreddamento. In figura si ha uno schema semplificato di installazione di un condensatore raffreddato ad acqua corrente con un gruppo frigorifero. Questo sistema consente di posizionare il *gruppo frigorifero – condensatore* all'interno degli edifici, pur con il necessario collegamento al serbatoio di prelievo dell'acqua che, di norma, è esterno all'edificio. Questa soluzione è la più silenziosa avendosi solo la rumorosità prodotta dalle pompe di circolazione. In esecuzione monoblocco possiamo vedere un esempio in *ove* il condensatore è in basso al gruppo di refrigerazione.



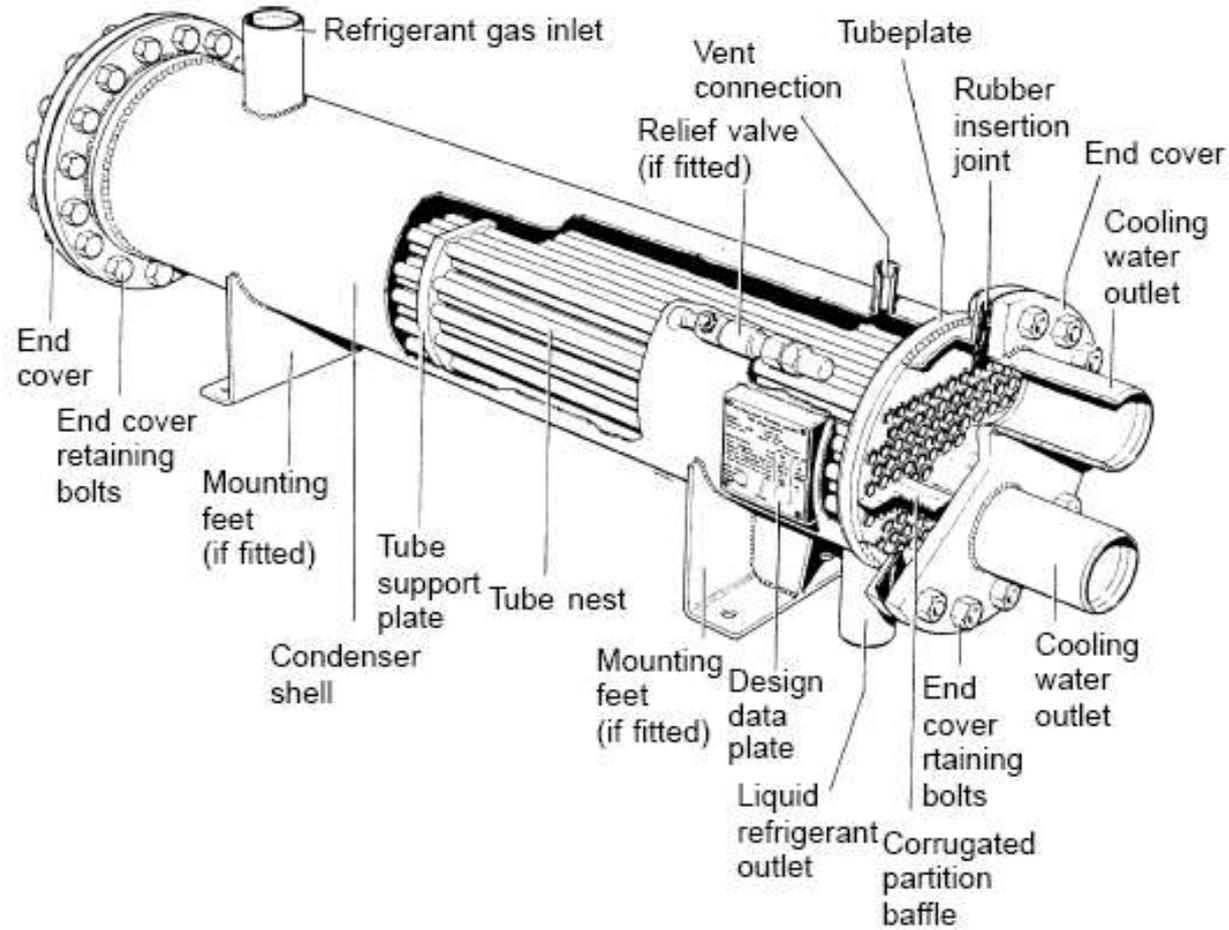
# Condensatori raffreddati ad acqua di torre

In si ha l'analogo schema ma con raffreddamento con *acqua di torre*. In questo caso occorre prevedere l'installazione della torre di raffreddamento fuori dall'edificio con le difficoltà architettoniche ed impiantistiche che questa può generare.

Le *torri di raffreddamento* possono generare fastidiosi fruscii di funzionamento e pertanto questa soluzione impiantistica può essere più rumorosa della precedente.



# Condensatori raffreddati ad acqua



# Condensatori raffreddati ad acqua

In figura si ha un refrigeratore d'acqua con condensatore raffreddato ad acqua.



# Condensatori raffreddati ad aria

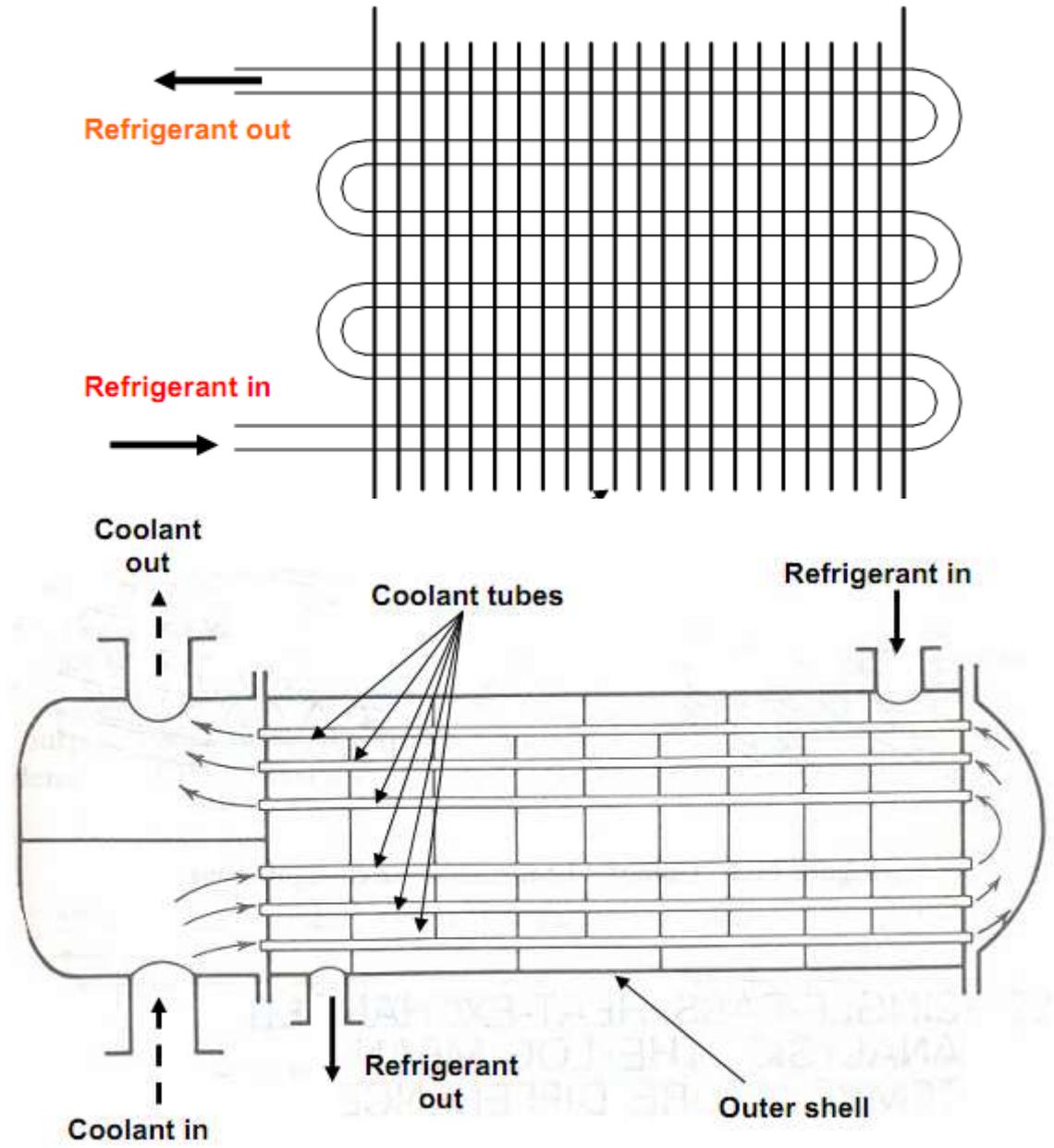
Lo scambio con aria è più difficoltoso rispetto a quello con acqua ed pertanto i condensatori ad aria sono *più ingombranti* dei precedenti. Inoltre la necessità di avere aria esterna di raffreddamento disponibile obbliga a posizionare questi condensatori sui tetti o al di fuori dell'edificio in spazi aperti. L'aria di raffreddamento viene mossa da *ventole* poste orizzontalmente o anche inclinate (per ridurre l'ingombro totale) e pertanto si hanno i *problemi di rumorosità* connessi con i ventilatori. Se si vuole ridurre il rumore occorre prevedere ventole con *motori ad elevato numero di poli (>4)*. Risulta utile, spesso, prevedere dei muretti di protezione (*schermi*) nel caso di vicinanza di ambienti abitati.

I condensatori ad aria vengono di solito, tranne in installazioni industriali e/o di grande potenza, inseriti nello stesso gruppo di refrigerazione (così come i condensatori ad acqua) costituendo un *monoblocco* compatto, come si può osservare in dove il condensatore è posto in sommità e sono ben visibili quattro ventole di raffreddamento. Per ridurre le dimensioni di ingombro dei refrigeratori (per potenzialità elevate si raggiungono anche qualche decina di metri quadrati di occupazione totale) si pongono i condensatori non più orizzontali (in copertura) bensì *inclinati*.



# Condensatori raffreddati ad aria

Tipici condensatori raffreddati ad aria e a shell and tube



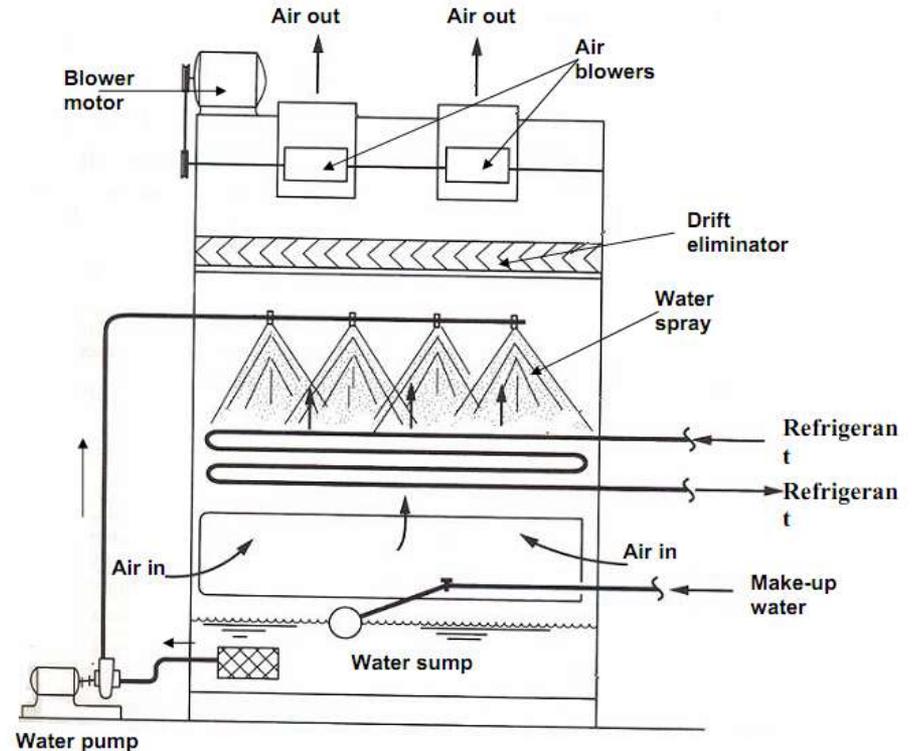
# Condensatori evaporativi

In questi condensatori si utilizzano sia l'aria che l'acqua per la funzione di condensazione.

In pratica questo condensatore unisce in uno le funzioni della torre di raffreddamento (vedi dopo) e del condensatore raffreddato ad acqua. L'acqua viene spruzzata dall'alto su un banco di tubi, che trasportano il refrigerante all'interno, e al tempo stesso si insuffla aria dal basso. Il piccolo strato di acqua attorno ai tubi da luogo al raffreddamento evaporativo. Il coefficiente di trasmissione per i condensatori evaporativi è molto alto e ciò consente di avere una temperatura di funzionamento bassa (circa 11-13 °C al di sopra della temperatura a bulbo umido dell'aria).

L'acqua in controcorrente all'aria insufflata dal basso agisce come nelle torri di raffreddamento. L'aria in pratica accresce la velocità di evaporazione dell'acqua. Le portate d'aria richieste sono di circa 350-500 m<sup>3</sup>/h per MW di capacità di refrigerazione. Questo tipo di condensatori si usano per sistemi di taglia intermedia e risultano più convenienti rispetto ai condensatori raffreddati ad acqua con torre di evaporazione aggiuntiva.

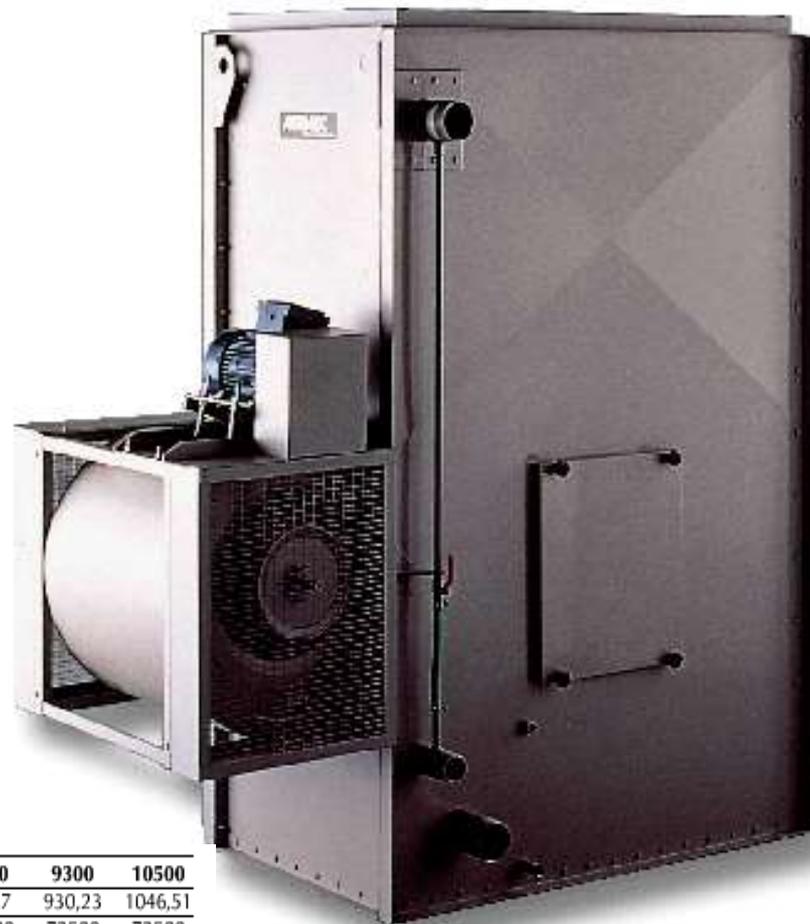
Essi si usano in zona ove vi è scarsità d'acqua che viene circolata a circuito chiuso con minime perdite per evaporazione. Si ha una perdita di acqua pari a circa il 5% di un equivalente sistema con condensatore raffreddato ad acqua e con torre di raffreddamento.



# Torri di Raffreddamento

Le torri di raffreddamento sono utilizzate negli impianti con gruppi di refrigerazione raffreddati ad acqua non corrente.

Esse consentono di raffreddare l'acqua in uscita dal condensatore mediante evaporazione parziale del vapore d'acqua in aria ambiente.



Mod. AT		3000	4000	4700	5200	6000	7000	7900	9300	10500
Potenzialità	kW	302,33	395,35	465,12	523,26	604,65	697,67	790,7	930,23	1046,51
Portata aria	m <sup>3</sup> /h	27200	27200	36300	36300	54400	54400	54400	72500	72500
Portata acqua	l/h	43330	56670	66670	75000	86670	100000	113330	133330	150000
Perdite di carico	kPa	21,6	32,4	28,4	33,4	21,6	27,5	32,4	29,4	34,3
Potenza motore	kW	4,05	4,05	5,52	5,52	9,19	9,19	9,19	11,03	11,03
Ventilatori	n°	1	1	1	1	2	2	2	2	2
	g/m	390	390	365	365	410	410	410	365	365
Ugelli	n°	84	84	112	112	168	168	168	224	224
Contenuto acqua	l	625	625	920	920	1370	1370	1370	1830	1830

Alimentazione elettrica = 230 V - 3 - 50Hz; 400 V - 3+N - 50Hz.

Le prestazioni sono riferite alle seguenti condizioni:

temperatura aria entrante 23,5 °C B.U.;

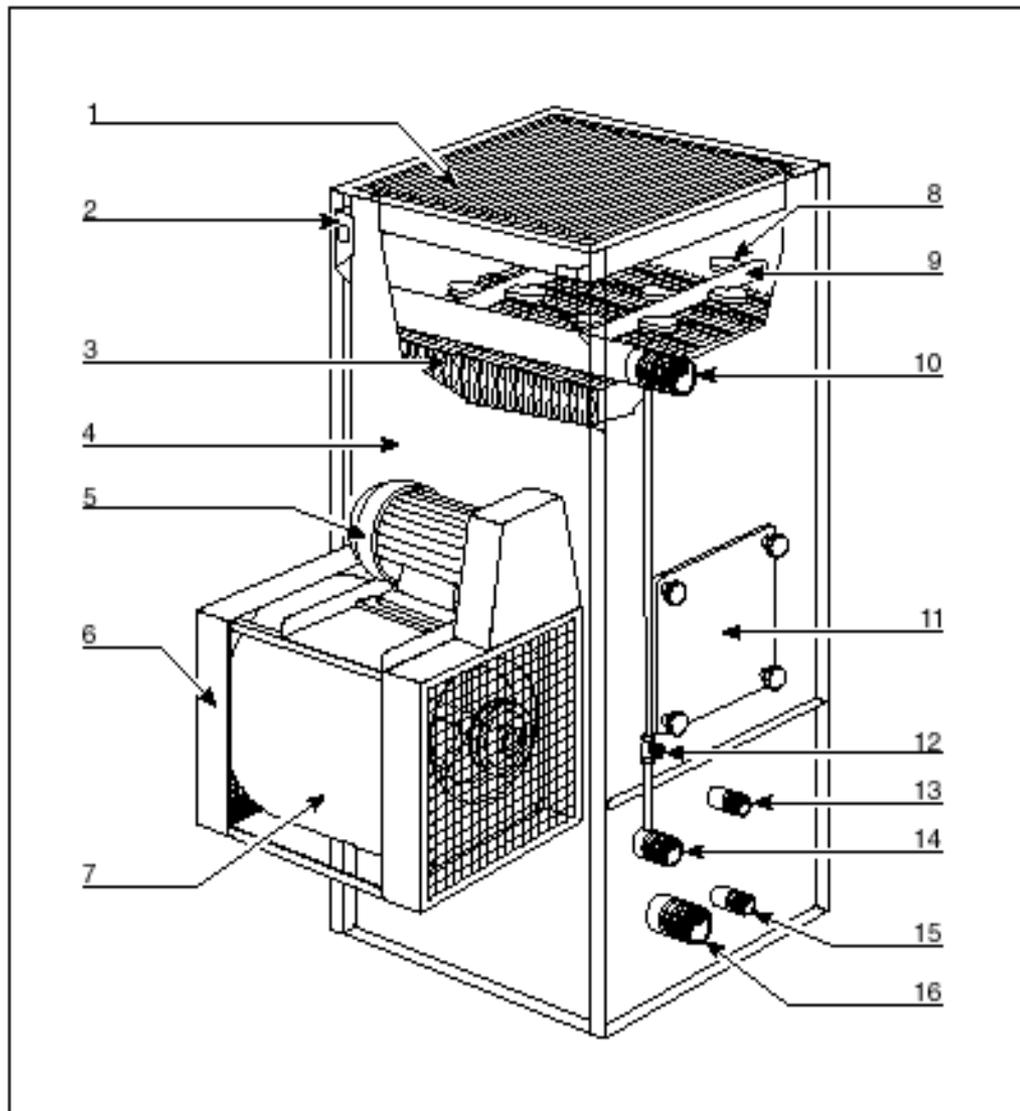
temperatura acqua entrante 35 °C;

temperatura acqua uscente 29 °C

# Torri di Raffreddamento

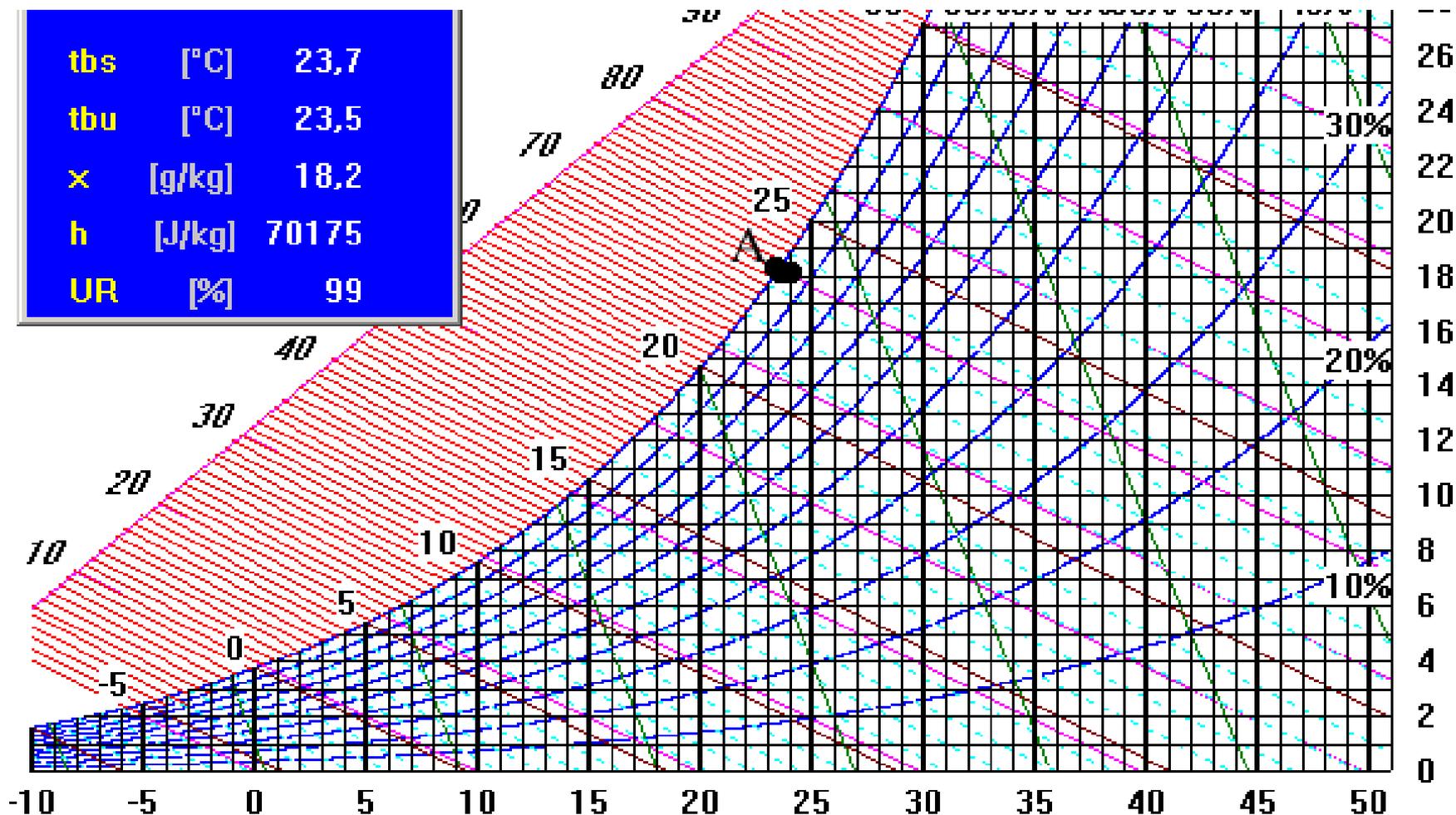
In figura si ha un esempio di torre di evaporazione compatta ad uso commerciale e lo schema costruttivo interno con la seguente descrizione delle voci.

- 1 Separatore di gocce
- 2 Orecchie per il sollevamento
- 3 Pacco di scambio
- 4 Mobile metallico
- 5 Motore elettrico
- 6 Rete di protezione
- 7 Ventilatore
- 8 Ugello
- 9 Distributore d'acqua
- 10 Collettore di ingresso
- 11 Portina d'ispezione
- 12 Rubinetto di by pass
- 13 Attacco reintegro acqua
- 14 Attacco di troppo pieno
- 15 Attacco di scarico acqua
- 15 Attacco uscita acqua



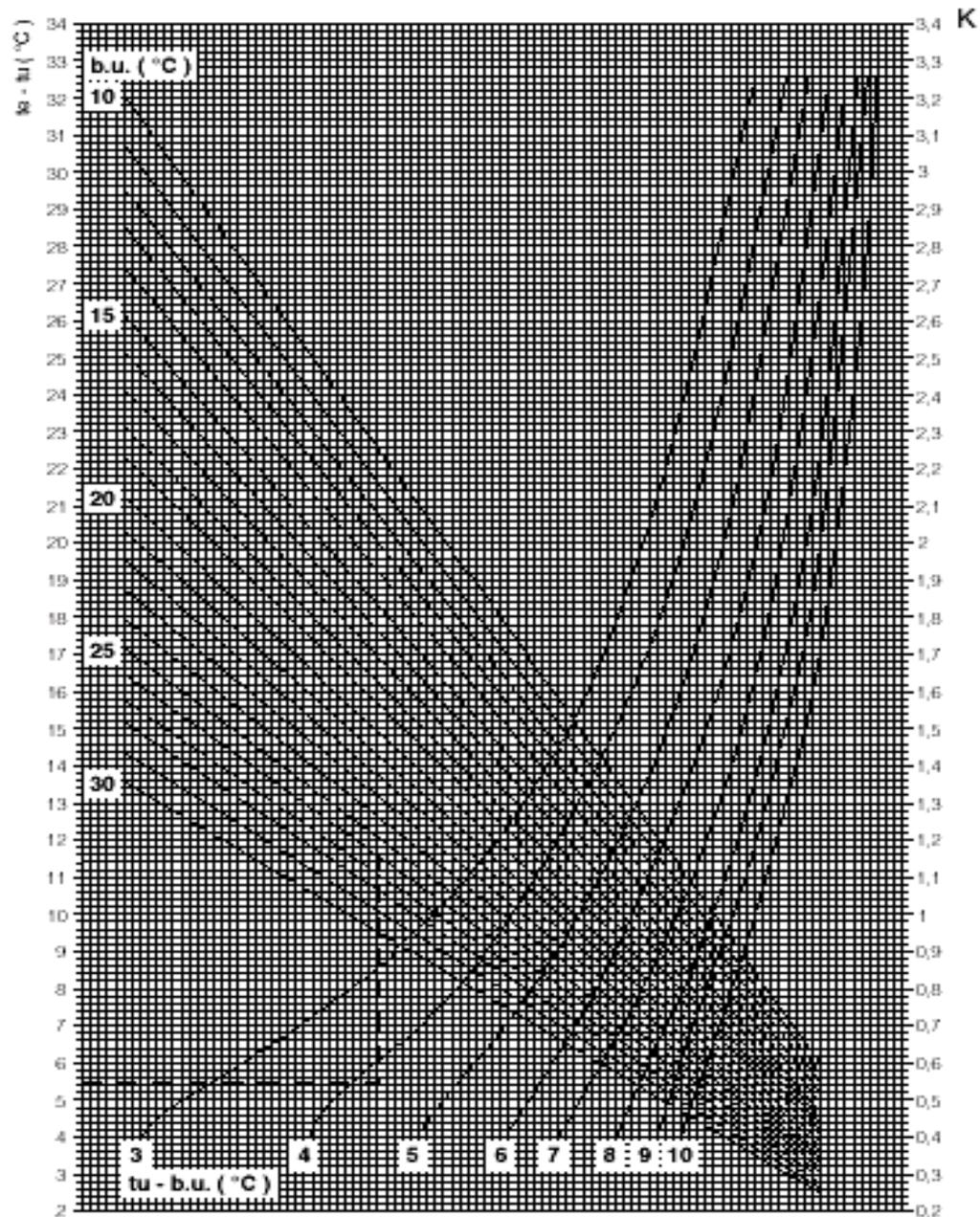
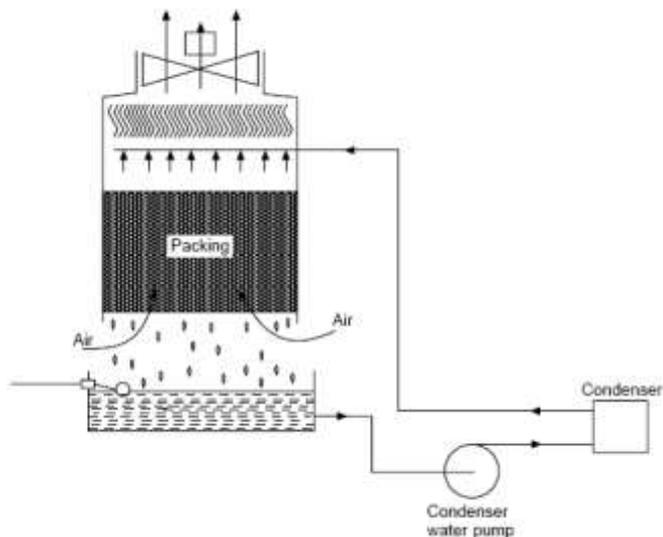
# Torri di Raffreddamento – Condizioni di riferimento

Le condizioni ambientali di riferimento sono pari a  $23,5\text{ }^{\circ}\text{C a b.u.}$ , come illustrato in figura. Queste sono molto lontane da quelle corrispondenti ai nostri climi e pertanto occorre apportare sempre una correzione significativa ai dati nominali indicati dai costruttori.



# Torri di Raffreddamento – Fattore Correttivo

Nel caso di condizioni esterne diverse da quelle nominali si apportano correzioni mediante abachi opportunamente predisposti dalle case costruttrici del tipo di quello riportata in figura nel quale a destra degli assi si ha il fattore correttivo  $K$  in funzione delle differenze di temperature di ingresso e di uscita rispetto alla temperatura a bulbo umido effettiva.



# Torri di Raffreddamento – Efficienza evaporativa

L'efficienza di una torre evaporativa è definita dal rapporto:

$$\varepsilon = \frac{Q_{condensato}}{Q_{massimo}} = \frac{c_p \dot{m} (t_i - t_u)}{c_p \dot{m} (t_i - t_u)_{max}} \cong \frac{\Delta t}{t_i - (t_{bu})_{aria}} \cong \frac{5 \div 6^\circ C}{t_i - (t_{bu})_{aria}}$$

La portata di acqua da raffreddare (proveniente dal condensatore) è data da:

$$\dot{m} = \frac{Q_c}{c_p \Delta t} \quad (l/h)$$

Con riferimento alla figura inferiore si può scrivere:

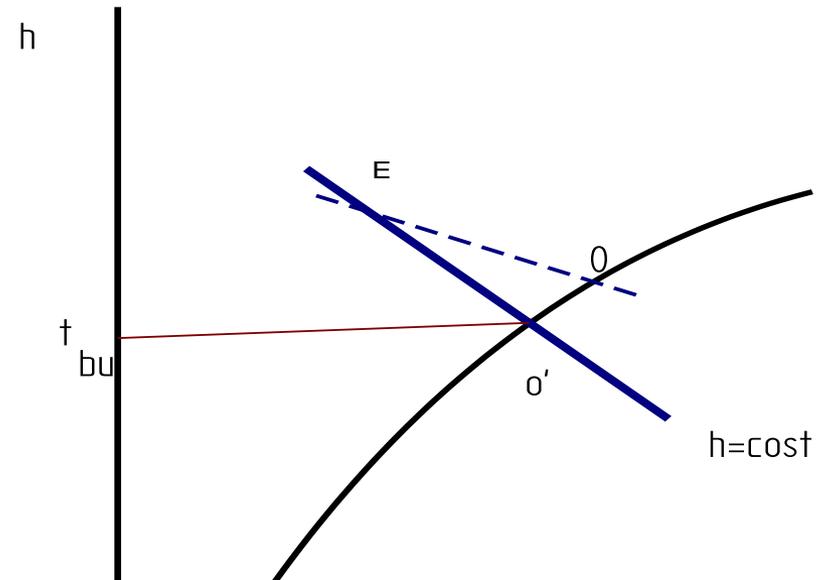
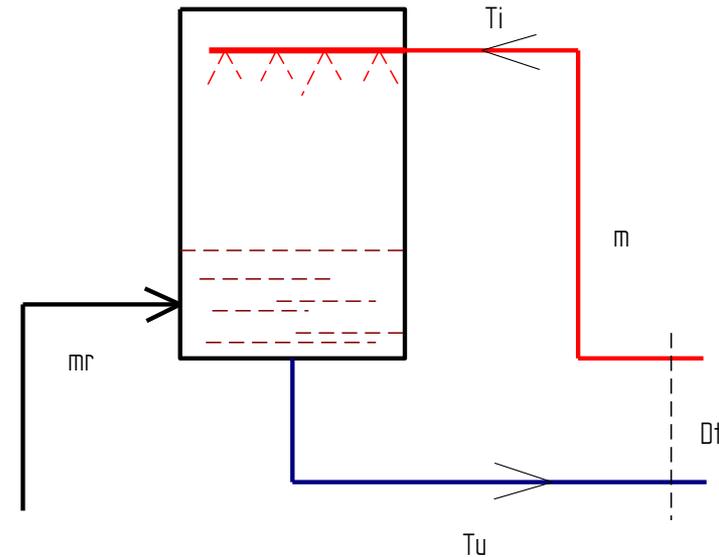
$$h_o = h_E + \frac{Q_c}{G \cdot 1.2}$$

Letto  $x_o$  dal diagramma psicrometrico si calcola la portata d'aria necessaria nella torre:

$$G \cong 0.2 \left( \frac{m^3/h}{kcal/h} \right) \cdot Q_c$$

e la portata di alimento, in l/h:

$$\dot{m}_r = G (x_E - x_o) \cdot 10^{-3} \cdot 1.2$$



# Esempio di Dimensionamento di una Torre Evaporativa

Si suppongano i seguenti dati:

$$Q_c = 172.000 \text{ kcal/h}$$

$$T_c = 45 \text{ }^\circ\text{C}$$

$$R_E = 35 \text{ }^\circ\text{C}$$

$$\varphi_E = 40 \%$$

$$T_i = 40 \text{ }^\circ\text{C}$$

Con riferimento alle figure precedenti si hanno i seguenti calcoli :

Portata d'acqua: 
$$\dot{m} = \frac{Q_c}{\Delta t c_p} = \frac{172000}{5.5 \cdot 1} = 31270 \text{ l/h}$$

Portata d'aria: 
$$G \cong \frac{200 \text{ (m}^3/\text{h)}}{1000 \text{ (kcal/h)}} Q_c = 0.2 \cdot 172000 = 34400 \text{ m}^3/\text{h}$$

Entalpia iniziale (dal diagramma psicrometrico):  $h_E = 21.4 \text{ kcal/kg}$

Bilancio entalpico torre evaporativa: 
$$h_0 = h_E + \frac{Q_c}{1.2G} = 21.4 + \frac{172000}{1.2 \cdot 34400} = 25.5 \text{ kcal/kg}$$

Umidità specifiche (dal Mollier):  $x_0 = 30 \text{ g/kg}_{as}$ ,  $x_E = 21.5 \text{ g/kg}_{as}$ ,  $T_0 = 28 \text{ }^\circ\text{C}$

Portata acqua di reintegro: 
$$\dot{m}_r = 1.2\dot{m}(x_E - x_0) = 1.2 \cdot 34400 \cdot (30 - 21.5)10^{-3} = 350 \text{ l/h}$$

Efficienza: 
$$\varepsilon = \frac{\Delta T}{T_i - T_0} = \frac{5.5}{40 - 28} = 46\%$$

# Tipologia delle Torri di raffreddamento commerciali

Si hanno varie tipologie costruttive di torri di raffreddamento a seconda della potenzialità (e quindi delle dimensioni) e delle condizioni climatologiche esterne (temperatura a bulbo umido reale).

Va tenuto presente che le torri di raffreddamento hanno necessità di flussi notevoli di aria esterna per potere asportare efficacemente calore dall'acqua per evaporazione.

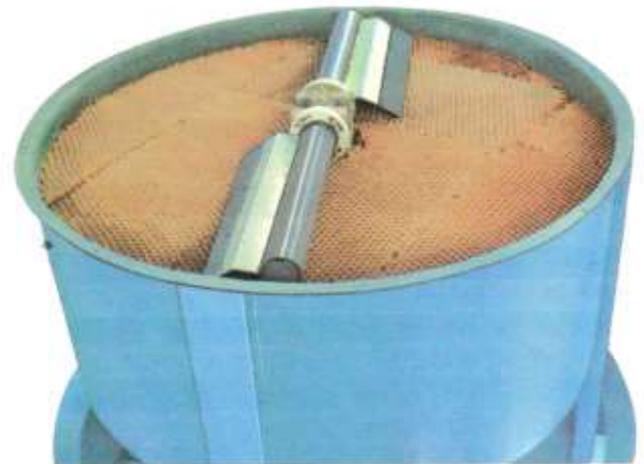
Questa condizione obbliga ad installarle in luoghi aperti o nelle coperture degli edifici.

Nella zona etnea si può verificare la necessità di dovere adoperare torri a flusso orizzontali e non verticali perché la ricaduta di *polverino vulcanico* può provocare *l'intasatura dei filtri* e dei condotti di adduzione dell'acqua, oltre a continui interventi di manutenzione e pulitura.

Per questa ragione nella nostra area si preferisce utilizzare, quando possibile, il raffreddamento dei condensatori ad aria.

# Torri di Raffreddamento Assiali

Hanno potenzialità variabile da 40 a 500 kW e sono caratterizzate da una esecuzione compatta, vedi figura. La distribuzione dell'acqua sul pacco di scambio termico avviene uniformemente dall'alto della torre tramite un distributore rotante. Il distributore non richiede alcuna pressione di polverizzazione dell'acqua, limitando la prev. circo



# Torri di Raffreddamento Assiali – Potenzialità termiche

In figura si hanno le potenzialità nominali di questo tipo di torri di raffreddamento.

Modello		TY 45	TY 90	TY 160	TY 230	TY 315	TY 400	TY 500
Potenza resa								
*temp. aria 25,6°C b.u.	kW	47	96	159	242	319	401	510
*temp. uscita acqua 29,4°C	(kcal/h)	(40700)	(82500)	(137500)	(209000)	(275000)	(346000)	(440000)
**temp. aria 22°C b.u.	kW	52	106	177	269	354	446	566
**temp. uscita acqua 28°C	(kcal/h)	(45200)	(91600)	(152500)	(232000)	(305000)	(385000)	(488000)
Potenza installata	kW	0,47	0,75	1,1	1,5	1,5	2,2	2,2
Livello pressione sonora***	dB(A)	46	51	59	60	52	50	57

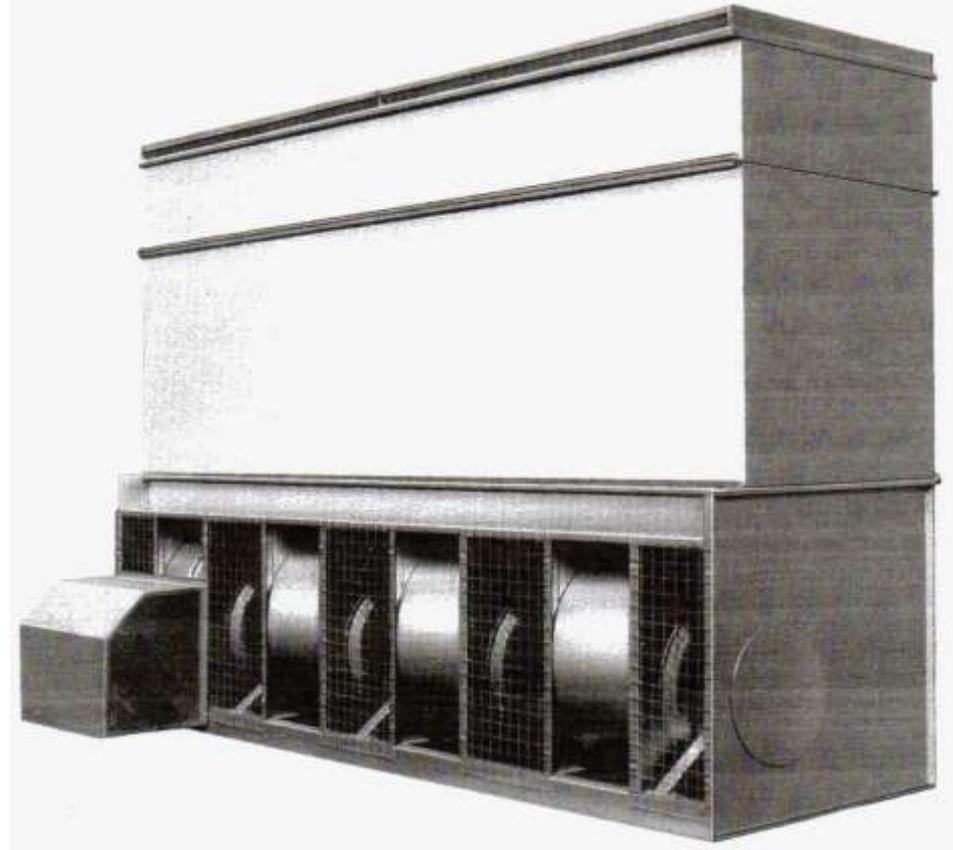
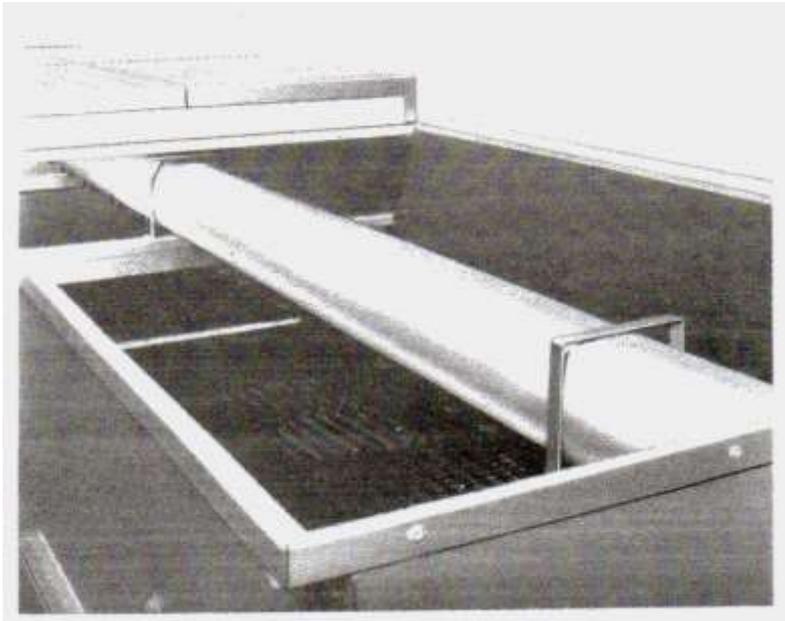
\*  $\Delta$  sull'acqua di 5,6°C

\*\* Riferita a un  $\Delta t$  sull'acqua di 5,5°C

\*\*\* Livello a pressione sonora a 10 m in condizioni di irraggiamento emisferico

# Torri di Raffreddamento Centrifugo

Queste torri possono smaltire potenzialità nominali da *80 a 900 kW* e sono costruite come indicato in figura: nella parte inferiore si hanno i ventilatori e il bacino di raccolta dell'acqua raffreddata, la parte mediana contiene il pacco di scambio termico mentre la parte superiore comprende la distribuzione dell'acqua calda e l'attacco di entrata.



# Torri di Raffreddamento Centrifugo – Potenzialità Termiche

TE		80	100	160	200	240	300
Potenza resa*							
temp. bulbo umido aria 25,6 °C	kW	87	104	174	208	246	301
temp. uscita acqua 29,4 °C	kcal/h	75000	89000	150000	179000	212000	259000
temp. bulbo umido aria 22 °C	kW	116	139	234	277	318	373
temp. uscita acqua 28 °C	kcal/h	100000	120000	201000	238000	273000	321000
Motore elettrico - prevalenza: 0 Pa (0 mm c.a)							
Potenza installata	kW	1,5	2,2	3,0	4,0	5,5	5,5
Motore elettrico - prevalenza: 100 Pa (10 mm c.a)							
Potenza installata	kW	2,2	3,0	4,0	5,5	7,5	7,5
TE		320	400	480	600	640	800
Potenza resa*							
temp. bulbo umido aria 25,6 °C	kW	335	406	509	615	667	876
temp. uscita acqua 29,4 °C	kcal/h	288000	349000	438000	529000	574000	754000
temp. bulbo umido aria 22 °C	kW	428	508	651	762	822	1091
temp. uscita acqua 28 °C	kcal/h	368000	437000	560000	655000	707000	938000
Motore elettrico - prevalenza: 0 Pa (0 mm c.a)							
Potenza installata	kW	5,5	7,5	9,2	11,0	11,0	2x7,5
Motore elettrico - prevalenza: 100 Pa (10 mm c.a)							
Potenza installata	kW	7,5	9,2	11,0	15,0	15,0	2x9,2

\* Prestazioni riferite a:  $\Delta t$  sull'acqua 5,5 °C

# Torri di raffreddamento commerciali



# Torri di raffreddamento commerciali



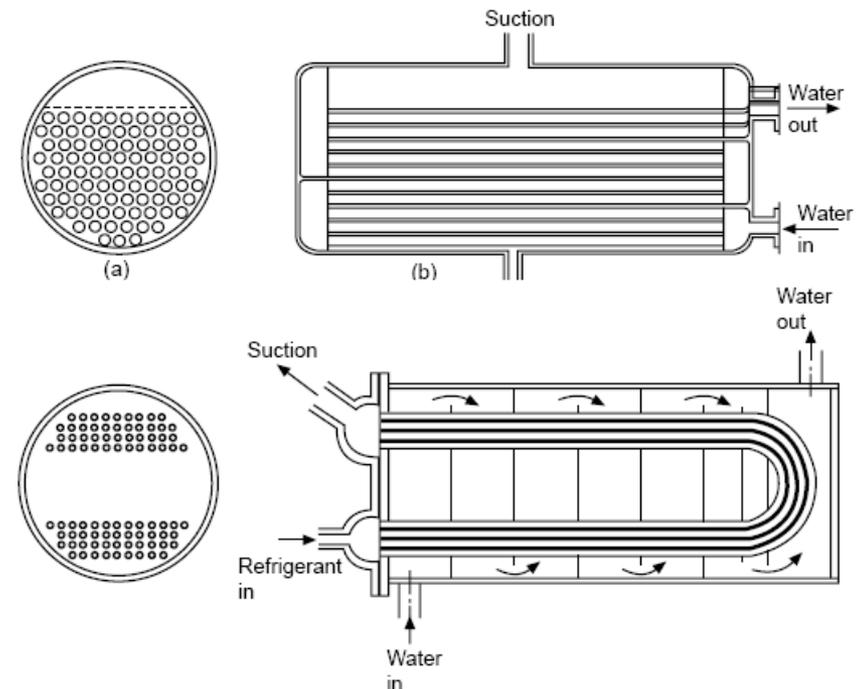
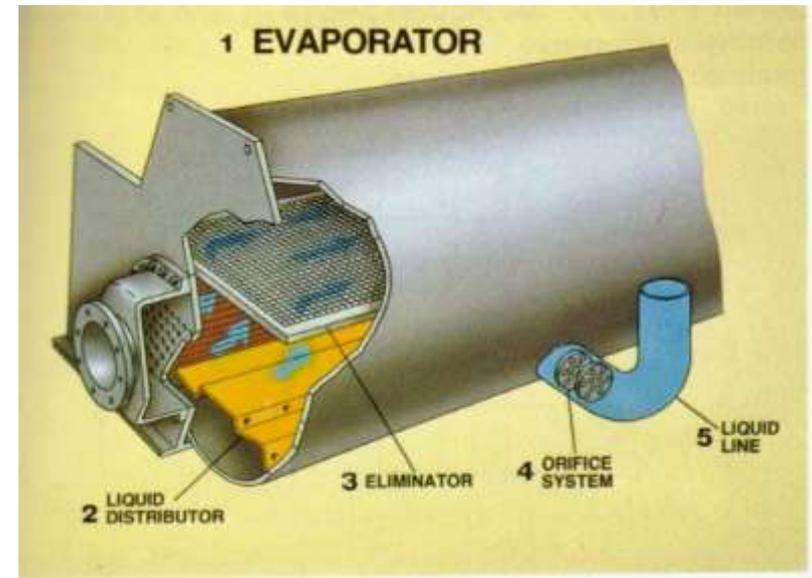
# Evaporatori

L'evaporatore è il componente dell'impianto di refrigerazione nel quale il fluido, a bassa pressione, evapora sottraendo calore all'ambiente esterno.

Qui si verifica la fase utile dell'impianto frigorifero. Si tratta ancora una volta di uno scambiatore di calore a fascio tubiero nel quale circola, all'interno, il fluido frigorifero e all'esterno il fluido da raffreddare (acqua o aria).

Nel caso di evaporatori inseriti in un impianto monoblocco di refrigerazione d'acqua esso si trova nello stesso corpo del gruppo e l'acqua refrigerata viene poi inviata all'utenza mediante un circuito apposito.

In alcuni casi (vedi ad esempio i sistemi *split*) si preferisce far avvenire l'espansione (fase utile di raffreddamento) in una speciale batteria detta *ad espansione diretta* nella quale il fluido frigorifero scambia calore con l'aria esterna (canalizzata o direttamente circolata dall'ambiente) ottenendo, così, elevate efficienze di scambio, non avendo scambi termici intermedi.



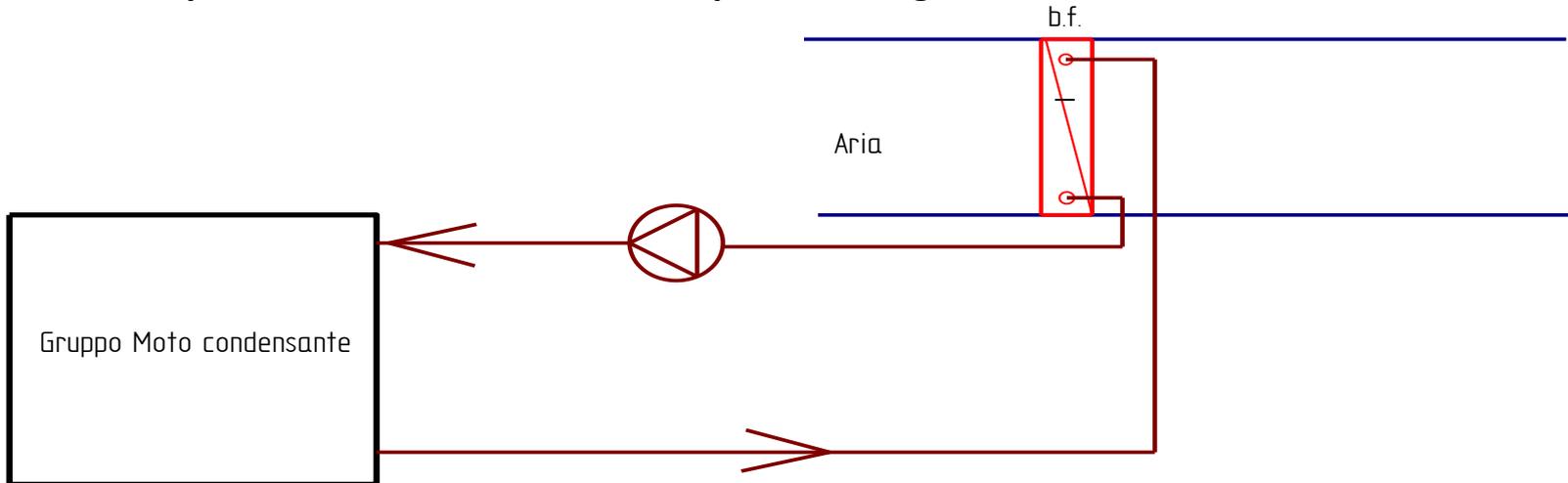
# Evaporatori

Si hanno evaporatori:

Alimentati ad acqua:

Ad espansione diretta.

Si osservi che i circuiti di alimentazione delle batterie ad espansione diretta sono di solito limitati ad una *decina di metri* e per distanza superiori occorre prevedere una opportuna pompa di circolazione. L'espansione diretta è praticamente obbligata quando la temperatura di evaporazione è di 2÷3 °C per evitare il pericolo della ghiacciatura dell'acqua dei normali evaporatori. Questo pericolo è sempre presente anche nei gruppi monoblocco poiché, per evidenti motivi di bilancio energetico, se manca la circolazione esterna dell'acqua da refrigerare allora la temperatura di evaporazione si abbassa e l'acqua stagnante contenuta nel mantello esterno dello scambiatore di calore *gela* con aumento di volume e conseguente distruzione del fascio tubiero interno. Per evitare il pericolo della gelatura della batteria di evaporazione è necessario inserire una *valvola rivelatrice di flusso* che, se questo è assente, blocca il compressore frigorifero.



# Batterie ad espansione diretta

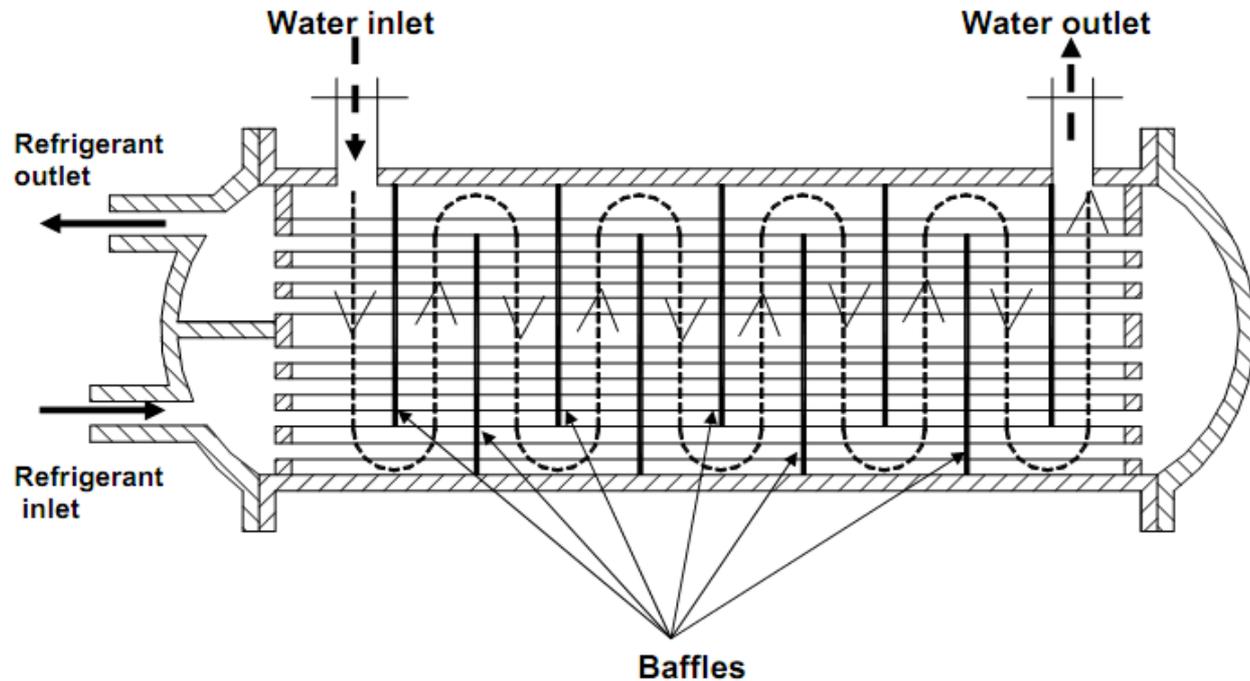
Si hanno due tipologie di batterie ad espansione diretta:

***Ad espansione secca.*** In questo caso il fluido frigorifero evapora completamente nella batteria fino ad avere  $x_u=1$ . Questa tipologia si usa per impianti di piccolo o media potenzialità.

***Ad espansione umida (o allagata):*** in questo caso non si raggiunge  $x=1$  all'uscita della batteria e si ha ancora presenza di liquido frigorifero. E' necessario, quindi, prevedere un separatore di liquido. Queste batterie sono utilizzate per impianti di grande potenzialità.

# Evaporatori a fascio tubiero

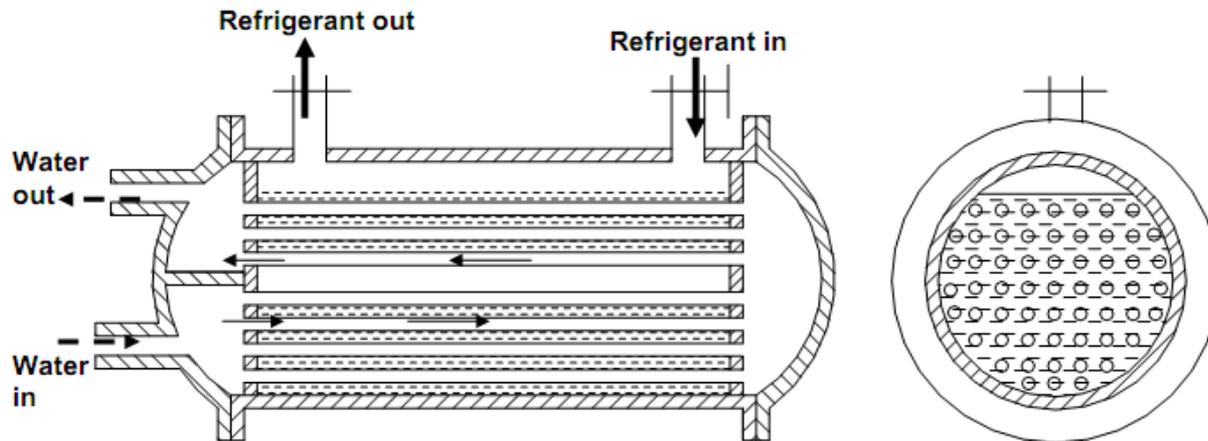
In Figura si ha un evaporatore a fascio tubiero classico con acqua che scorre nel mantello e con la presenza dei setti per i cambi di direzione.



# Evaporatore annegato

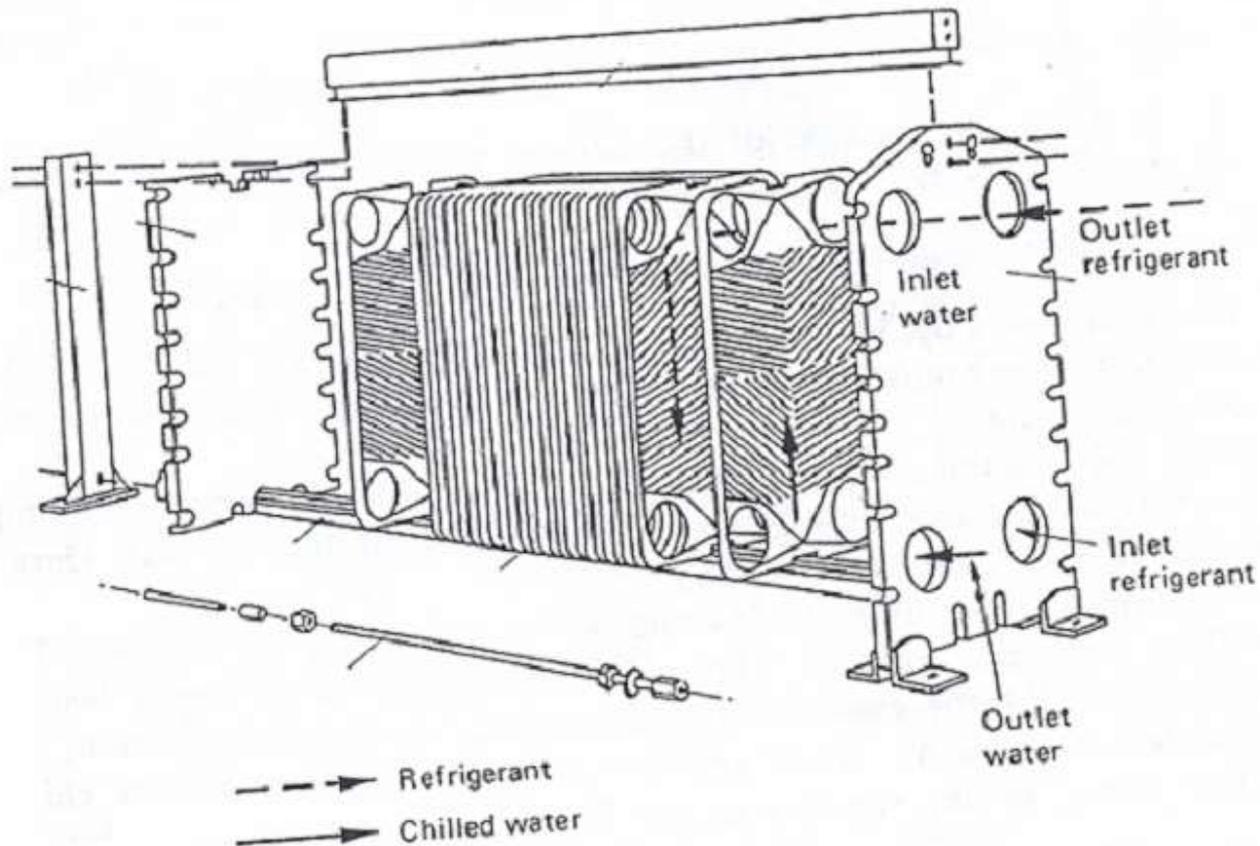
In questo tipo di evaporatori a fascio tubiero l'acqua scorre nei tubi e il refrigerante nella shell. L'alimentazione di refrigerante avviene tramite una valvola termostatica ad espansione.

Si possono avere più passaggi attraverso i divisori. Il liquido da raffreddare scorre attraverso il mantello. La presenza di setti costringe il fluido a girare attorno agli stessi creando un effetto di turbolenza che accresce il coefficiente di scambio termico.



# Evaporatori a piastra

Si possono utilizzare anche scambiatori a piastra per gli evaporatori, come indicato in Figura 229. Questo tipo di scambiatore di calore è molto efficiente e consente differenze di temperatura fra fluidi di  $0,5\text{ }^{\circ}\text{C}$  o anche meno. E' un tipo di evaporatore utilizzato nell'industria, specialmente alimentare quali latterie, birrerie, ... Le piastre sono normalmente costituite in acciaio e fra queste scorrono i fluidi refrigeranti e quelli da raffreddare. La trasmittanza termica è molto elevata potendo raggiungere i  $4500\text{ W}/(\text{m}^2.\text{K})$  per acqua-ammoniaca e  $3000\text{ W}/(\text{m}^2.\text{K})$  per acqua e freon.



# Valvola Termostatica

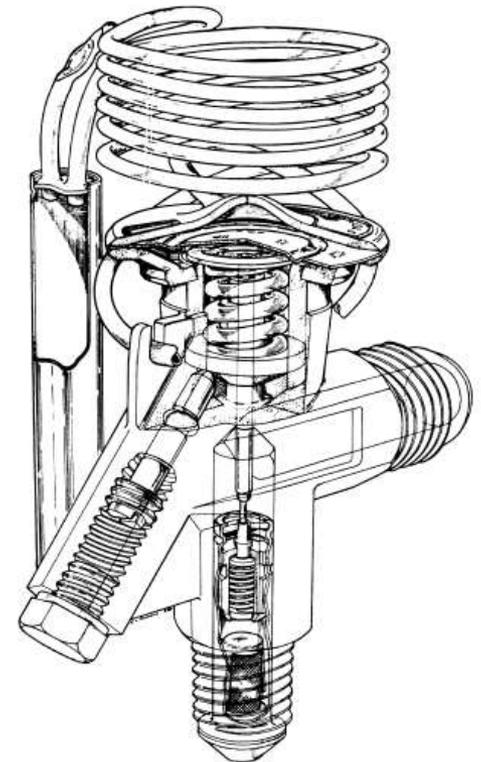
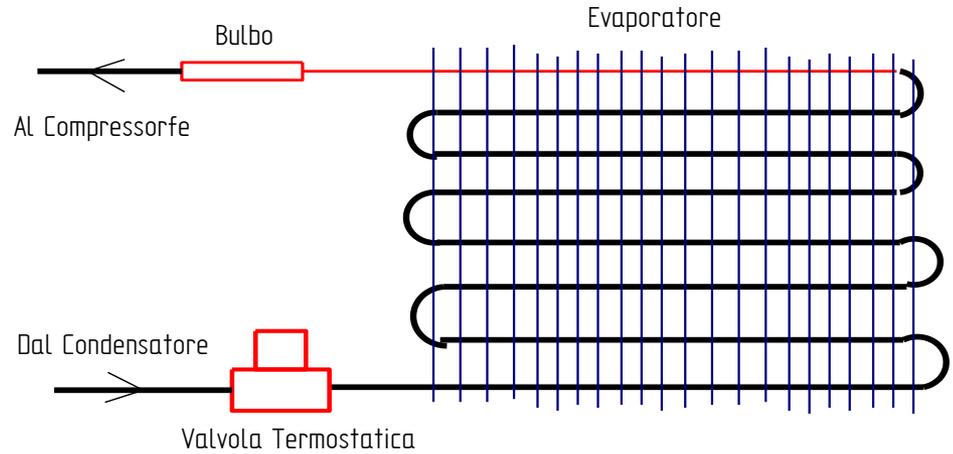
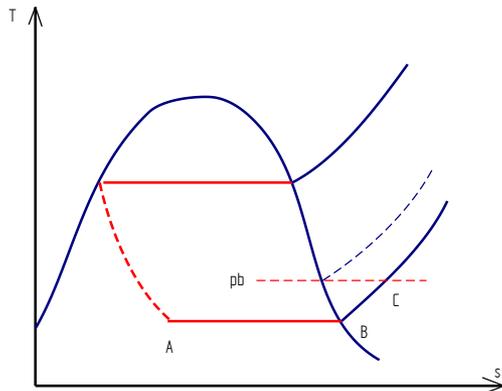
Le batterie evaporatrici sono dotate di *valvola termostatica* che provvede a diverse funzioni quali:

*Laminazione del fluido frigorifero* per portarlo dall'alta alla bassa pressione;

*Regolazione automatica* del ciclo frigorifero;

*Separazione e blocco di liquido* in modo da preservare il compressore.

In figura si ha l'effetto di abbassamento della pressione del bulbo associato alla valvola termostatica sul diagramma entropico



# Valvola Termostatica

In figura si ha il layout della valvola termostatica che è una comune valvola a funzionamento automatico *regolata dalla temperatura all'evaporatore*. In funzione della temperatura di questo si ha una pressione nel bulbo, indicato con 6, che produce sulla parte superiore della membrana, indicata con 1, la forza  $f_b$ . Se, ad esempio, la temperatura sale, allora aumenta la pressione del fluido contenuto nel bulbo che esercita sulla membrana una forza verso il basso. Lo stelo, indicato con 2, trasla verticalmente e l'otturatore, indicato con 3, scende rispetto alla sede, indicata con 7, che rimane fissa fino, all'equilibrio con la forza della molla,  $f_m$ , e la forza dovuta alla pressione all'evaporatore,  $f_e$ . La molla di taratura è regolabile con la vite indicata con 5. Possiamo fare un bilancio del forze sul diaframma della valvola termostatica. Con riferimento alla si ha:

$$P_A + P_m = P_b \equiv P_D$$

Sommando e sottraendo  $p_B$  si ottiene:

$$\underbrace{(P_A - P_B)}_{\Delta p_\xi} - \underbrace{(P_D - P_B)}_{\Delta p_{suff}} + P_m = 0$$

Possiamo allora scrivere:

$$\Delta p_\xi - \Delta p_{suff} + P_m = 0$$

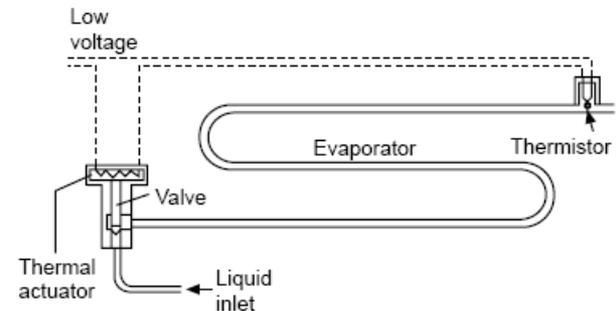
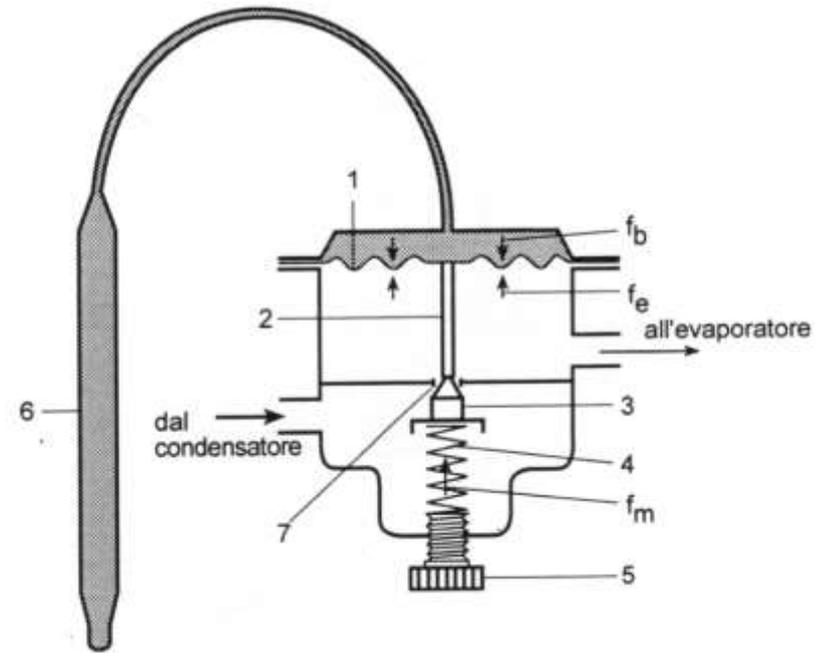
ove si ha:

$\Delta p_\xi$  perdite di carico sull'evaporatore

$\Delta p_{suff} = f(\Delta T_s)$  con  $\Delta T_s = 4 \div 7 \text{ }^\circ\text{C}$ .

Per dimensionare la molla di spinta occorre avere:

$$P_m = \Delta p_{suff} - \delta p_\xi$$



# Separatori di Liquido

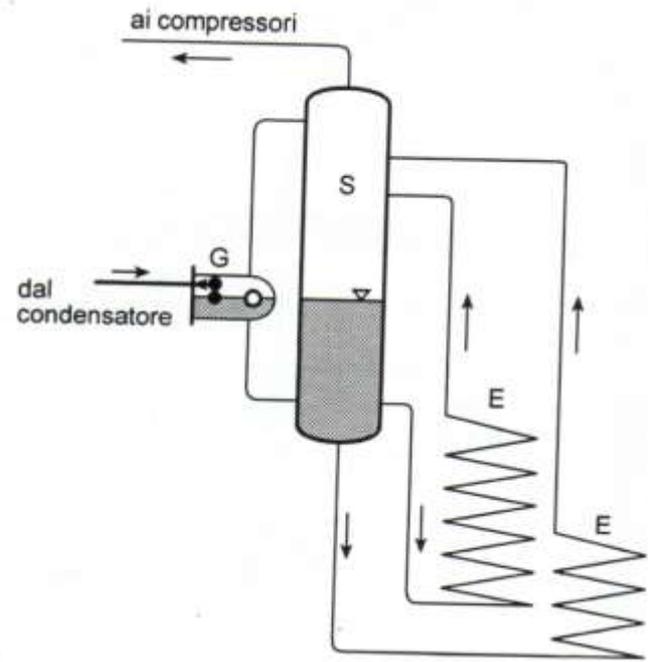
Questi componenti sono necessari quando all'uscita dall'evaporatore  $x < 1$ . Pertanto sono installati immediatamente a *monte del compressore* per evitare che vi giungano particelle liquide. Essi sono praticamente obbligatori nel caso di evaporatori ad espansione diretta del tipo allagati. In figura si ha il layout di un separatore di liquido con valvola a galleggiante sulla bassa pressione: con S è indicato il separatore liquido-vapore, con E l'evaporatore allagato e con G il galleggiante. La separazione del liquido dal vapore può avvenire per diversi meccanismi che qui si riassumono.

## Separazione per Decantazione

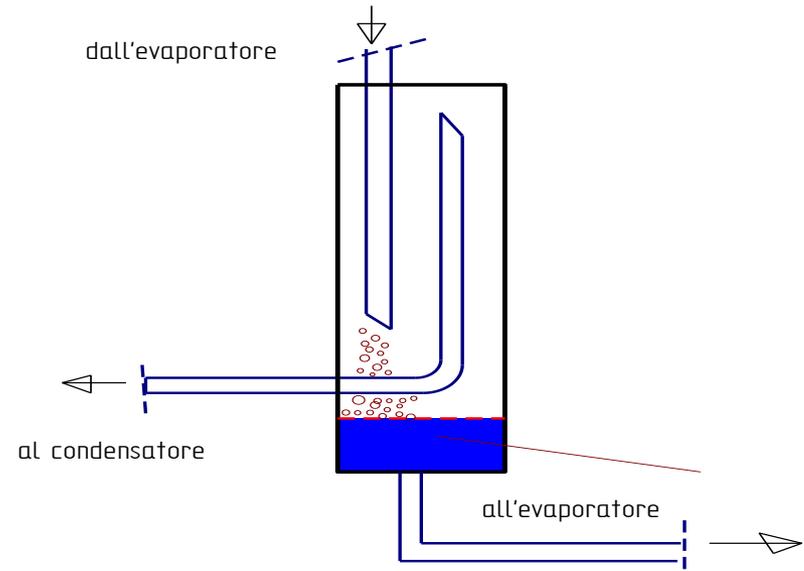
Sono del tipo indicato in e la separazione avviene in basso del separatore dove si accumula il liquido mentre il vapore viene separato in alto ed inviato al compressore.

## Rallentamento del fluido

Negli impianti con evaporatori ad espansione secca si utilizzano separatori: il separatore funge da *trappola del liquido* e per effetto di un brusco allargamento di sezione rallenta la sua velocità facendo sì che il vapore si liberi.



## TRAPPOLA DI LIQUIDO

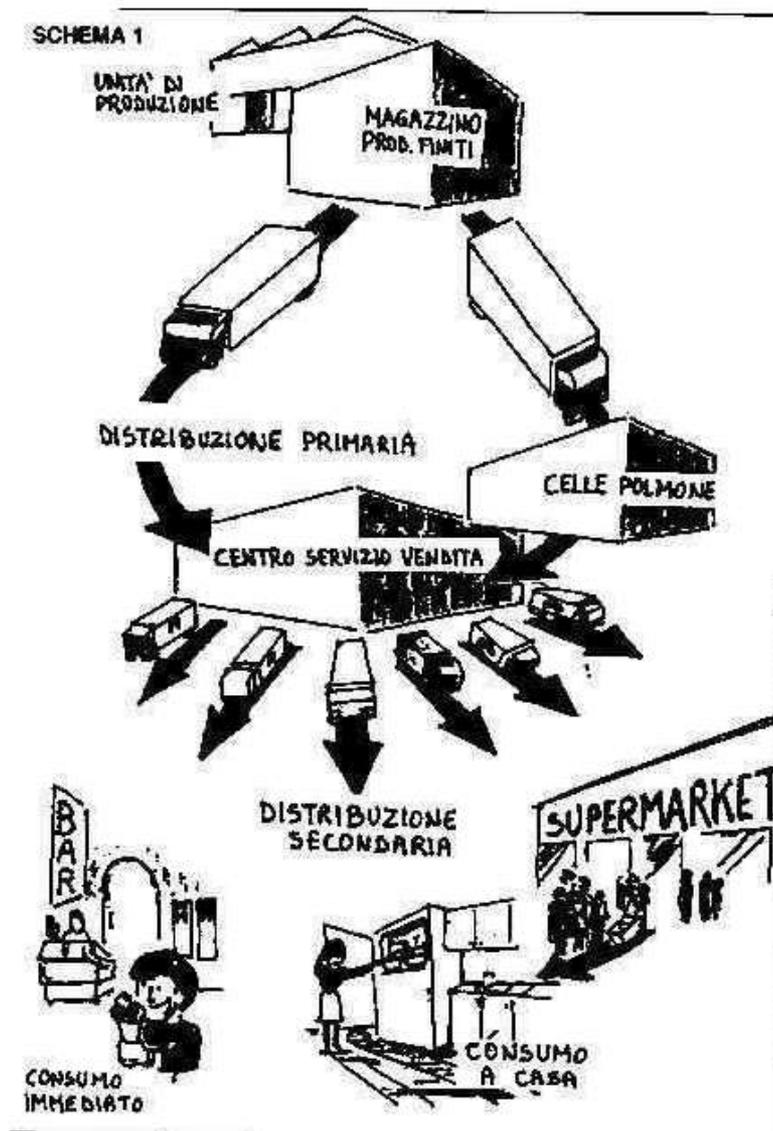


## La Catena del Freddo

La disponibilità di impianti frigoriferi è stata fondamentale per la climatizzazione degli edifici (civile ed industriali) e per le applicazioni industriali di processo (vedansi industrie chimiche, elettroniche con le camere bianche, ecc .....

Possiamo considerare una applicazione della tecnica del freddo anche la cosiddetta *Catena del Freddo* che consente di trasportare dagli stabilimenti di produzione fino ai magazzini e qui di conservare le derrate alimentari. Anche la conservazione dei cibi nei frigoriferi domestici può considerarsi parte della Catena del Freddo.

Il prodotto gelato o surgelato prosegue il viaggio verso il consumatore frazionandosi in una rete di celle di dimensioni più piccole e distribuite sul territorio in modo capillare. E' ovvio che le quantità trasportate diminuiscono in volume, quanto aumentano in numero di raggruppamenti. Per la distribuzione capillare si affrontano percorsi di pochi km, con viaggi articolati in numerose consegne e quindi della durata di 8-10 ore.



# La Catena del Freddo

Per la distribuzione capillare si affrontano percorsi di pochi km, con viaggi articolati in numerose consegne e quindi della durata di 8-10 ore.

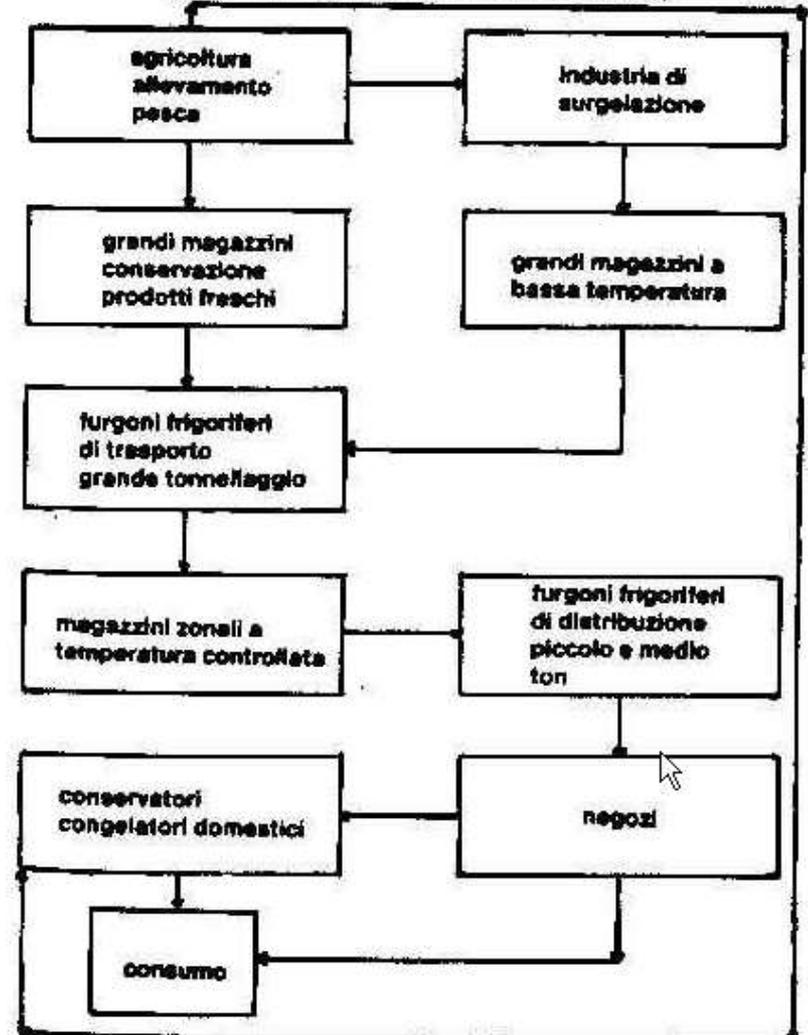
In un viaggio di consegna sono quindi di più le ore di sosta per la consegna di quelle di viaggio vero. Quindi si ricorre ad autocarri refrigerati con accumulo di freddo, invece di quelli dotati di produttore di freddo durante il viaggio. Si opera quasi sempre in area urbana, dove il gruppo autonomo a scoppio è mal tollerato.

L'accumulo è fatto tramite il gruppo frigorifero di bordo, mosso da motore elettrico e quindi meno ingombrante e costoso di un gruppo autonomo, che durante la sosta notturna "*carica*" gli accumulatori di freddo, siano questi a piastre o a tubi, contenenti *soluzioni eutettiche* con temperature di congelamento a valori utili per il mantenimento delle condizioni di norma a  $-20^{\circ}\text{C}$ .

Sono gli autocarri dotati di cella e di gruppo frigorifero rispondenti alle norme ATP secondo la sigla IRC.

Un tipico diagramma a blocchi rappresentante la catena del freddo

(da un convegno del Centro Studi Galileo)



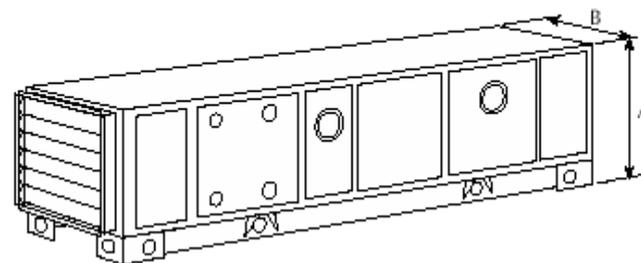
# CENTRALI DI TRATTAMENTO ARIA

Regole pratiche, Nomogrammi, Abachi

# Centrale di Trattamento Aria

Moderna CTA a pannelli rinforzati con struttura di appoggio antivibrante

Dati dimensionali (mm)



	Sezione A	Sezione B
NCT 1	645	735
NCT 2	805	735
NCT 3	805	895
NCT 4	805	1055
NCT 5	805	1215
NCT 6	805	1375
NCT 7	1125	1055
NCT 8	1125	1215
NCT 9	1125	1375
NCT 10	1125	1695
NCT 11	1445	1375
NCT 12	1445	1695

	Sezione A	Sezione B
NCT 13	1765	1695
NCT 14	1765	2015
NCT 15	2085	2015
NCT 16	2085	2335
NCT 17	2405	2335
NCT 18	2405	2655
NCT 19	2405	2975
NCT 20	2405	3295
NCT 21	2405	3615
NCT 22	2405	3935
NCT 23	2405	4255
NCT 24	2405	4575

	Portata aria m <sup>3</sup> /h	Sezione batteria m <sup>2</sup>
NCT 1	1250	0,126
NCT 2	2050	0,202
NCT 3	2800	0,278
NCT 4	3500	0,348
NCT 5	4300	0,425
NCT 6	5050	0,502
NCT 7	5700	0,566
NCT 8	6950	0,690
NCT 9	8200	0,815
NCT 10	10600	1,053
NCT 11	12000	1,191
NCT 12	15500	1,539

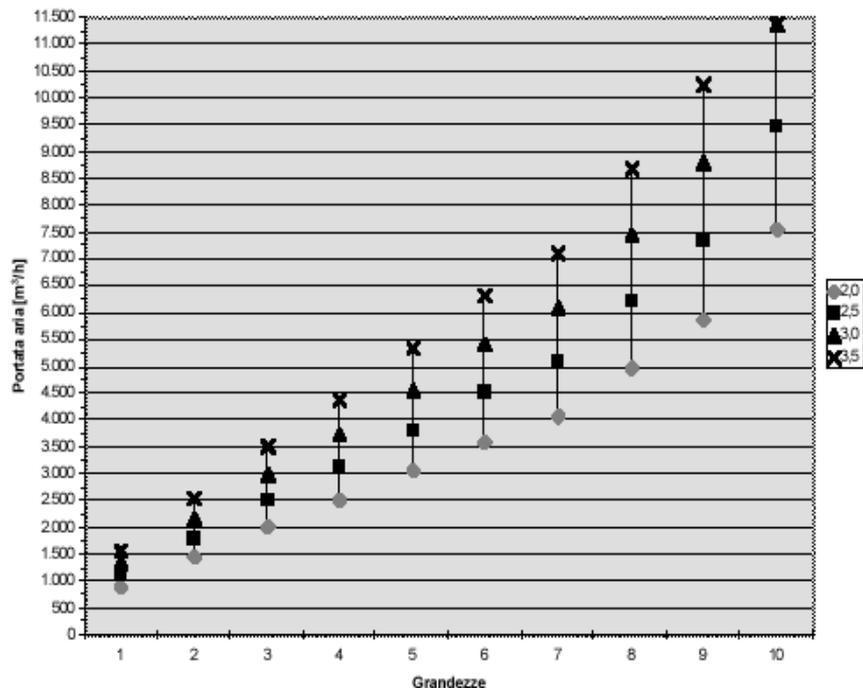
	Portata aria m <sup>3</sup> /h	Sezione batteria m <sup>2</sup>
NCT 13	19600	1,944
NCT 14	23900	2,369
NCT 15	28850	2,862
NCT 16	34450	3,419
NCT 17	41600	4,127
NCT 18	48350	4,799
NCT 19	55150	5,471
NCT 20	61900	6,143
NCT 21	68700	6,815
NCT 22	75450	7,487
NCT 23	82250	8,159
NCT 24	89000	8,831

Le prestazioni sono riferite ad una velocità dell'aria attraverso le batterie pari a 2,8 m/s.

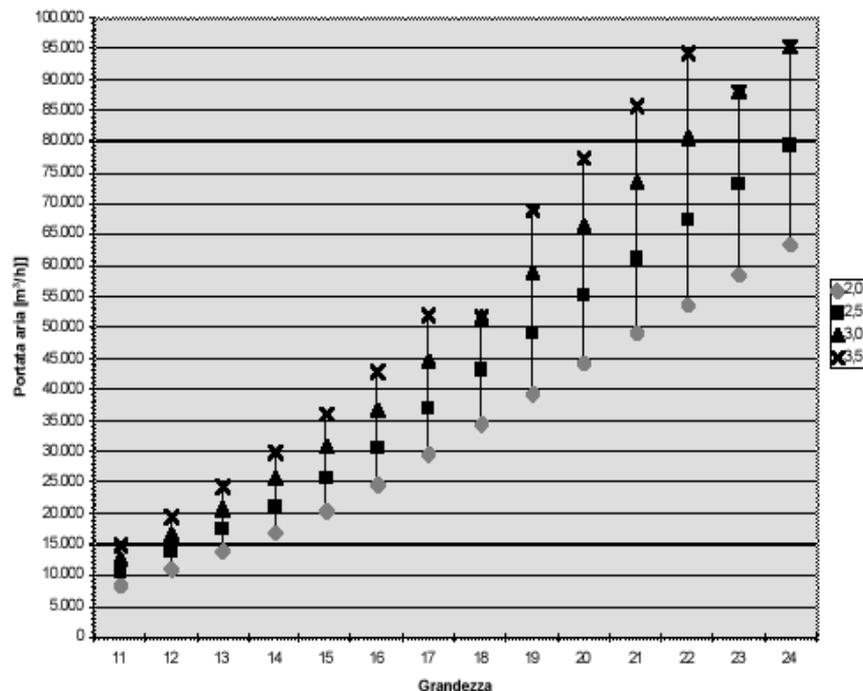
# Centrali di Trattamento Aria

## Selezione approssimata della classe della CTA

Centrali di trattamento aria serie NCT  
Grandezze 01-10



Centrali di trattamento aria serie NCT  
Grandezze 11-24



Nelle colonne della tabella seguente sono indicate:

- Grandezza della centrale sigla NCT;
- Altezza nominale in moduli della centrale (hm);
- Larghezza nominale in moduli della centrale (wm);
- Altezza, piedini inclusi, della centrale in mm (h);
- Larghezza della centrale in mm (m);
- Superficie frontale delle batterie in m<sup>2</sup>;
- Portata in m<sup>3</sup>/s della centrale corrispondente ad una velocità frontale sulle batterie di 2, 2.5, 3 e 3.5 m/s;
- Portata in m<sup>3</sup>/h della centrale corrispondente ad una velocità frontale sulle batterie di 2, 2.5, 3 e 3.5 m/s;
- Incremento percentuale della superficie frontale della batteria e quindi della portata della grandezza *n* rispetto alla *n-1*.

### Caratteristiche di isolamento acustico della pannellatura

PERDITA DI TRASMISSIONE SONORA (STL) ATTRAVERSO LE PARETI [dB]

Frequenza centro banda	Hz	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
STL	dB	34	38	40	43	42	55	62	59

Valori relativi alla esecuzione  
Preverniciato/Zincato

# Selezione dei Filtri per le CTA

CLASSIFICAZIONE secondo EN 779		CLASSIFICAZIONE secondo EN 1822
<b>FILTRI PER POLVERI GROSSOLANE</b>	<b>FILTRI PER POLVERI FINI</b>	<b>FILTRI AD ALTISSIMA EFFICIENZA (ASSOLUTI "HEPA")</b>
Efficienza ponderale (A)	Efficienza colorimetrica (E)	Efficienza (E) riferita al diametro delle particelle
Prova secondo ASHRAE 52.1-1992	Prova secondo ASHRAE 52.1-1992	Prova secondo DIN 24183 parte 1
Metodo gravimetrico	Metodo opacimetrico	Metodo contatore particelle MPPS=diametro particelle di max penetrazione

## 8- Filtri

Sono previsti i tipi di filtri seguenti:

- celle filtranti a setti filtranti in maglia metallica di alluminio
- celle filtranti a setti filtranti in fibre poliestere apprettate con resine sintetiche montati su guide classe G3
- celle filtranti a setti filtranti in fibre poliestere apprettate con resine sintetiche montati su telaio (con filtri a tasche) classe G3
- filtro a tasche flosce a setti filtranti in fibra di vetro submicronica rinforzata con velo ad alta resistenza L=550 classe F7-F8
- filtro a tasche rigide realizzate in carta di fibra di vetro L=290 classe F7-F8
- filtro rotativo in fibra di vetro apprettata con resine sintetiche classe G3
- celle filtranti di tipo assoluto in microfibra di vetro a vetrocellulosa apprettata con resine speciali classe H13
- celle filtranti a carbone attivo per l'assorbimento degli odori
- lampade germicida

Classe	A%	Classe	E%	E% (0,3 µm)	E% (MMPS)	Classe	E% (0,3 µm)	EURO VENT
G1	65	F5	40 60	90 95	98	H10	95	
G2	65 80	F6	60 80	95 99,5	98 99,99	H11	95 99,9	EU10
G3	80 90	F7	80 90	99,5 99,95	99,99 99,997	H12	99,9 99,95	EU11
G4	90	F8	90 95	99,95 99,995	99,997 99,999	H13	99,95 99,99	EU12
		F9	95	99,995 99,9995	99,999	H13	99,99 99,999	EU13
						H14	99,999	EU14

# Efficienza dei Filtri per CTA

TIPO FILTRO	ESEMPI DI PARTICELLE TRATTENUTE	CLASSE EUROVENT	APPLICAZIONI
Media efficienza	Insetti Fibre tessili e capelli Sabbia Ceneri Pollini Spore Polvere di cemento	EU 1 EU 2	Applicazioni semplici (es. protezione da insetti in piccoli apparecchi)
		EU 3 EU 4	Prefiltri per filtri di classe EU6 fino ad EU8 Estrattori industriali e per cucine Protezione contro lo sporco di piccoli apparecchi per il condizionamento
Alta efficienza	Pollini Spore Polvere di cemento Batteri e germi depositati su particelle Fumi d'olio e fuliggine Fumo di sigaretta Fumi di ossidi di metallo	EU 5	Estrattori per locali con prescrizioni poco severe (es. laboratori, garages)
		EU 5 EU 6 EU 7	Prefiltri o filtri per apparecchi di aerazione Filtri terminali per negozi, uffici, reparti produttivi. Prefiltri per filtri di classe EU11 ed EU12
		EU 7 EU 8 EU 9	Filtri terminali uffici, reparti produttivi, ospedali, CED. Prefiltri per filtri di classe EU11 ed EU12 e per filtri di a carboni attivi.
		EU 10 EU 11 EU 12	Filtri terminali per ambienti con prescrizioni restrittive (es. industria farmaceutica, meccanica di precisione, ottica, elettronica)
		EU 11 EU 12 EU 13 EU 14	Filtri terminali per camere bianche classe 100000 fino a 10000 Filtri terminali per camere bianche classe 100000 fino a 10000 Estrattori per impianti nucleari
Assoluti	Germi, batteri, virus Fumo di sigaretta Fumi di ossidi di metallo		

FILTRI ONDULATI SU GUIDE					
Grand.	Celle 592	Celle 490	Celle 287	Sup. front.	Vel. a 3m/s su batteria
	592	592	592	m <sup>2</sup>	m/s
1			1	0,17	2,22
2		1		0,29	2,08
3		1		0,29	2,88
4		1		0,29	3,60
5			2	0,34	3,75
6		2		0,58	2,59
7	1		2	0,69	2,46
8	1	1	1	0,81	2,56
9	2		2	1,04	2,35
10	2		3	1,21	2,61
11	4			1,40	2,55
12	4		2	1,74	2,65
13	4		4	2,08	2,80
14	6		3	2,61	2,72
15	9			3,15	2,72
16	9		3	3,66	2,80
17	9		6	4,17	2,97
18	12		4	4,89	2,95
19	12		7	5,39	3,04
20	15		5	6,11	3,02
21	15		8	6,62	3,09
22	18		6	7,33	3,06
23	18		9	8,35	2,93
24	21		7	8,55	3,10

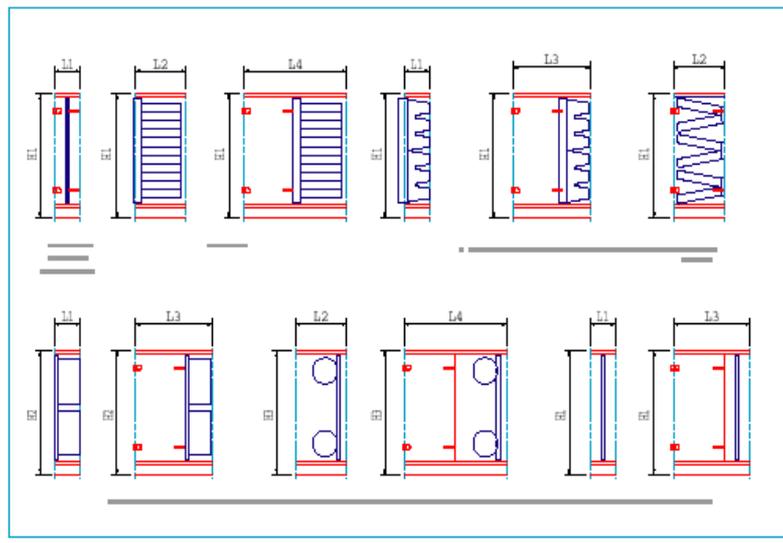
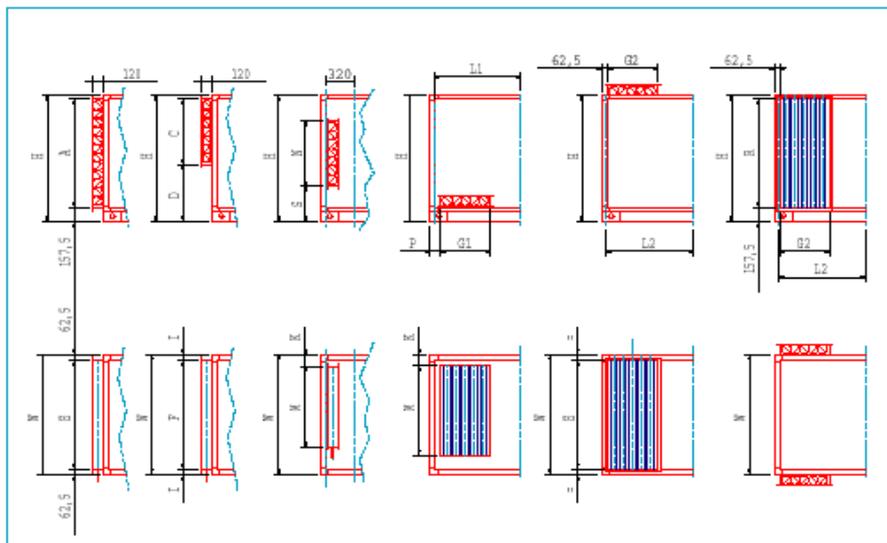
FILTRI A TASCHE					
Grand.	Celle 592	Celle 490	Celle 287	Sup. front.	Vel. a 3m/s su batteria
	592	592	592	m <sup>2</sup>	m/s
1			1	0,17	2,22
2		1		0,29	2,08
3		1		0,29	2,88
4		1		0,29	3,60
5		1		0,29	4,39
6		2		0,58	2,59
7		1	2	0,63	2,69
8		1	2	0,63	3,29
9		2	2	0,92	2,66
10		2	3	1,09	2,90
11	2		2	1,28	2,79
12	2	2	1	1,45	3,18
13	4		4	2,08	2,80
14	6		3	2,61	2,72
15	9			3,15	2,72
16	9		3	3,66	2,80
17	9		6	4,17	2,97
18	12		4	4,89	2,95
19	12		7	5,39	3,04
20	15		5	6,11	3,02
21	15		8	6,62	3,09
22	18		6	7,33	3,06
23	18		9	7,84	3,12
24	21		7	8,55	3,10

FILTRI A RULLO							
Grand.	N° rulli	Svolgimento rullo	H altezza filtro mm	L altezza rullo 1 mm	L altezza rullo 2 mm	Sup. frontale m <sup>2</sup>	Vel. a 3m/s su batteria m/s
1 - 6	non	disponibile					
7	1	Orizzontale	1200	830		0,438	3,87
8	1	Orizzontale	1200	830		0,438	4,73
9	1	Orizzontale	1200	830		0,438	5,58
10	1	Orizzontale	1500	830		0,657	4,81
11	1	Verticale	1200	1230		0,678	5,27
12	1	Verticale	1200	1530		0,858	5,38
13	1	Verticale	1500	1530		1,287	4,53
14	1	Verticale	1500	1830		1,557	4,56
15	1	Verticale	1800	1830		2,076	4,14
16	1	Verticale	1800	2130		2,436	4,21
17	1	Verticale	2100	2130		3,045	4,07
18	2	Verticale	2100	1230	1230	3,39	4,25
19	2	Verticale	2100	1530	1230	3,84	4,27
20	2	Verticale	2100	1530	1530	4,29	4,30
21	2	Verticale	2100	1830	1530	4,74	4,31
22	2	Verticale	2100	1830	1830	5,19	4,33
23	2	Verticale	2100	2130	1830	5,64	4,34
24	2	Verticale	2100	2130	2130	6,09	4,35

# Efficienza dei Filtri Assoluti per CTA

FILTRI ASSOLUTI					
Grand.	Celle 592 x 592	Celle 490 x 592	Celle 287 x 592	Sup. front.  m <sup>2</sup>	Vel. a 3m/s su batteria m/s
1			1	0,17	2,22
2		1		0,29	2,08
3		1		0,29	2,88
4		1		0,29	3,60
5		1		0,29	4,39
6		2		0,58	2,59
7		1	2	0,63	2,69
8		1	2	0,63	3,29
9		2	2	0,92	2,66
10		2	3	1,09	2,90
11	2	2		1,28	2,79
12	2	2	1	1,45	3,18
13	4		4	2,08	2,80
14	6		3	2,61	2,72
15	9			3,15	2,72
16	9		3	3,66	2,80
17	9		6	4,17	2,97
18	12		4	4,89	2,95
19	12		7	5,39	3,04
20	15		5	6,11	3,02
21	15		8	6,62	3,09
22	18		6	7,33	3,06
23	18		9	7,84	3,12
24	21		7	8,55	3,10

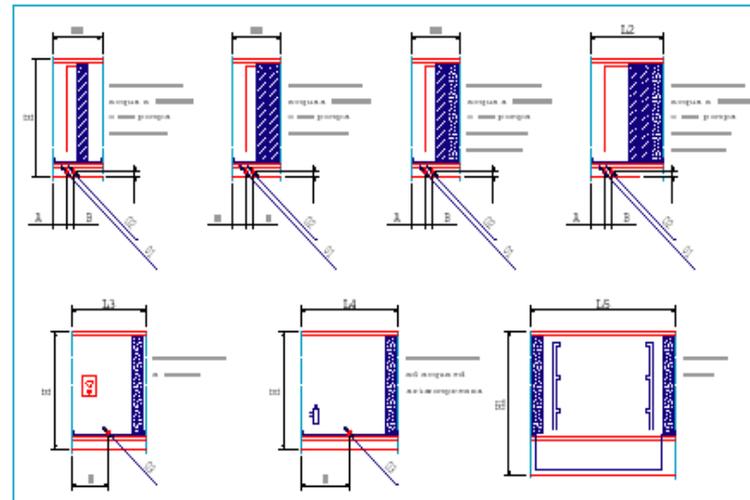
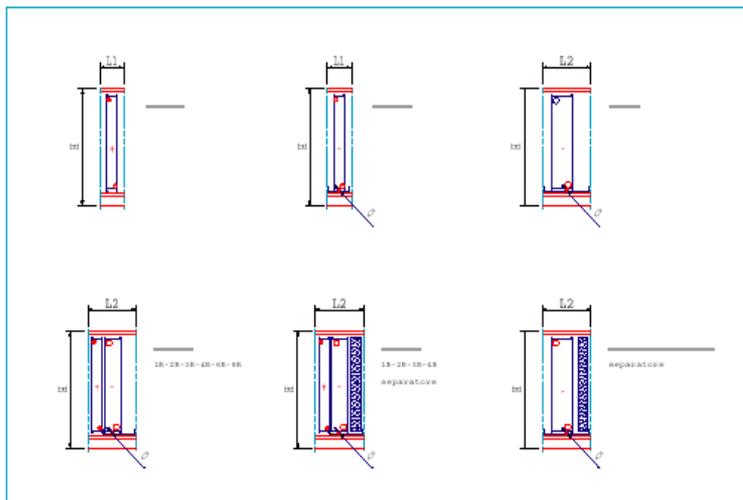
# Dimensioni della Bocche di Aspirazione e dei Filtri per CTA



BOCCHIE DI ASPIRAZIONE																			
Gr	W	H	L1	L2	A	C	D	E	G	F	I	K	M	N	P	G1	G2	R	S
	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm
1	735	645	640	320	450	300	308	610	300	610	62,5	123	450	300	218	300	300	450	233
2	735	805	640	320	610	300	468	610	300	610	62,5	123	450	450	218	300	300	610	238
3	895	805	640	320	610	300	468	770	300	770	62,5	123	610	450	218	300	300	610	238
4	1055	805	640	320	610	300	468	930	300	930	62,5	123	770	450	218	300	300	610	238
5	1215	805	640	640	610	300	468	1090	610	1090	62,5	123	930	450	218	300	610	610	238
6	1375	805	640	640	610	300	468	1250	610	1250	62,5	123	1090	450	218	300	610	610	238
7	1055	1125	960	640	930	610	478	930	610	930	62,5	123	770	770	223	610	610	930	238
8	1215	1125	960	640	930	610	478	1090	610	1090	62,5	123	930	770	223	610	610	930	238
9	1375	1125	960	640	930	610	478	1250	610	1250	610	1250	610	1090	770	223	610	610	930
10	1695	1125	960	640	930	610	478	1570	610	1570	62,5	123	1410	770	223	610	610	930	238
11	1375	1445	960	640	1250	930	478	1250	610	1250	62,5	123	1090	1090	223	610	610	1250	238
12	1695	1445	1280	960	1250	930	478	1570	930	1570	62,5	123	1250	1090	223	930	930	1250	238
13	1695	1765	1280	960	1570	930	798	1570	930	1570	62,5	223	1250	1250	223	930	930	1570	318
14	2015	1765	1280	960	1570	930	798	1890	930	1890	62,5	223	1570	1250	223	930	930	1570	318
15	2015	2085	1280	1280	1890	1250	798	1890	1250	1890	62,5	223	1570	1570	223	930	1250	1890	318
16	2335	2085	1280	1280	1890	1250	798	2210	1250	2210	62,5	223	1890	1570	223	930	1250	1890	318
17	2335	2405	1280	1280	2210	1570	798	2210	1250	2210	62,5	223	1890	1890	223	930	1250	2210	318
18	2655	2405	1280	1280	2210	1570	798	2530	1570	2530	62,5	223	2210	1890	223	930	1250	2210	318
19	2975	2405	1280	1280	2210	2210	158	2850	1570	1890	543	223	2530	1890	223	930	1250	2210	318
20	3295	2405	1280	1280	2210	2210	158	3170	1570	2210	543	223	2850	1890	223	930	1250	2210	318
21	3615	2405	1280	1280	2210	2210	158	3490	1570	2530	543	223	3170	1890	223	930	1250	2210	318
22	3935	2405	1280	1280	2210	2210	158	3810	1570	2850	543	223	3490	1890	223	930	1250	2210	318
23	4255	2405	1280	1280	2210	2210	158	4130	1570	3170	543	223	3810	1890	223	930	1250	2210	318
24	4575	2405	1280	1280	2210	2210	158	4450	1570	3490	543	223	4130	1890	223	930	1250	2210	318

FILTRI								
Grand.	W	H1	H3	H2	L1	L2	L3	L4
	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm
1	735	645	-	645	320	640	960	1280
2	735	805	-	805	320	640	960	1280
3	895	805	-	805	320	640	960	1280
4	1055	805	-	805	320	640	960	1280
5	1215	805	-	805	320	640	960	1280
6	1375	805	-	805	320	640	960	1280
7	1055	1125	1125	1125	320	640	960	1280
8	1215	1125	1125	1125	320	640	960	1280
9	1375	1125	1125	1125	320	640	960	1280
10	1695	1125	1125	1125	320	640	960	1280
11	1375	1445	1445	1445	320	640	960	1280
12	1695	1445	1445	1445	320	640	960	1280
13	1695	1765	1765	1765	320	640	960	1280
14	2015	1765	1765	1765	320	640	960	1280
15	2015	2085	2085	2085	320	640	960	1280
16	2335	2085	2085	2085	320	640	960	1280
17	2335	2405	2405	2405	320	640	960	1280
18	2655	2405	2405	2405	320	640	960	1280
19	2975	2405	2405	2405	320	640	960	1280
20	3295	2405	2405	2405	320	640	960	1280
21	3615	2405	2405	2405	320	640	960	1280
22	3935	2405	2405	2405	320	640	960	1280
23	4255	2405	2405	2405	320	640	960	1280
24	4575	2405	2405	2405	320	640	960	1280

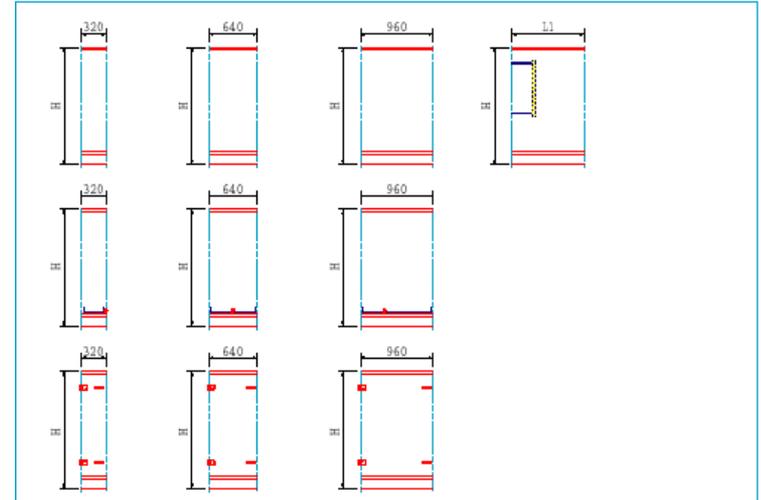
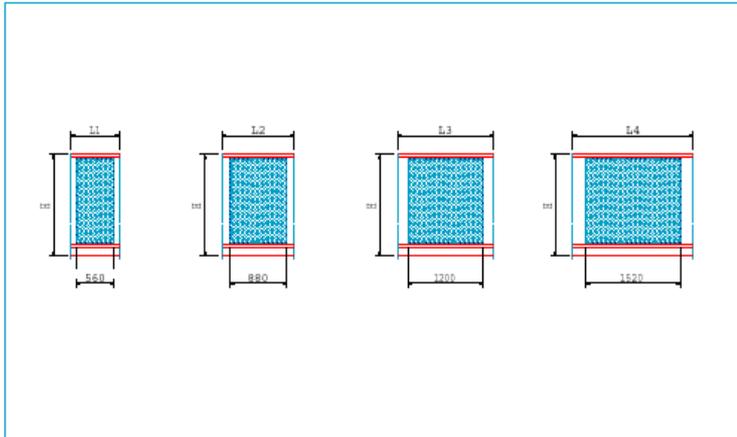
# Dimensioni delle Batterie e sezioni Umidificazione per CTA



BATTERIE					
Grand.	W mm	H mm	L1 mm	L2 mm	Φ mm
1	735	645	320	640	1" G
2	735	805	320	640	1" G
3	895	805	320	640	1" G
4	1055	805	320	640	1" G
5	1215	805	320	640	1" G
6	1375	805	320	640	1" G
7	1055	1125	320	640	1" G
8	1215	1125	320	640	1" G
9	1375	1125	320	640	1" G
10	1695	1125	320	640	1" G
11	1375	1445	320	640	1" G
12	1695	1445	320	640	1" G
13	1695	1765	320	640	1" G
14	2015	1765	320	640	1" G
15	2015	2085	320	640	1" G
16	2335	2085	320	640	1" G
17	2335	2405	320	640	1" G
18	2655	2405	320	640	1" G
19	2975	2405	320	640	1" G
20	3295	2405	320	640	1" G
21	3615	2405	320	640	1" G
22	3935	2405	320	640	1" G
23	4255	2405	320	640	1" G
24	4575	2405	320	640	1" G

UMIDIFICAZIONI													
Grand.	W mm	H mm	H1 mm	L1 mm	L2 mm	L3 mm	L4 mm	L5 mm	A mm	B mm	C mm	D mm	E mm
1	735	645	965	960	960	960	1280	1920					
2	735	805	1125	960	960	960	1280	1920					
3	895	805	1125	960	960	960	1280	1920					
4	1055	805	1125	640	960	960	1280	1920					
5	1215	805	1125	640	960	960	1280	1920					
6	1375	805	1125	640	960	960	1280	1920					
7	1055	1125	1445	640	960	960	1280	1920					
8	1215	1125	1445	640	960	960	1280	1920					
9	1375	1125	1445	640	960	960	1280	1920					
10	1695	1125	1445	640	960	960	1280	1920					
11	1375	1445	1765	640	960	960	1280	1920					
12	1695	1445	1765	640	960	960	1280	1920					
13	1695	1765	2085	640	960	960	1280	1920					
14	2015	1765	2085	640	960	960	1280	1920					
15	2015	2085	2405	640	960	960	1280	1920					
16	2335	2085	2405	640	960	960	1280	1920					
17	2335	2405	2405	640	960	960	1280	1920					
18	2655	2405	2405	640	960	960	1280	1920					
19	2975	2405	2405	640	960	960	1280	1920					
20	3295	2405	2405	640	960	960	1280	1920					
21	3615	2405	2405	640	960	960	1280	1920					
22	3935	2405	2405	640	960	960	1280	1920					
23	4255	2405	2405	640	960	960	1280	1920					
24	4575	2405	2405	640	960	960	1280	1920					

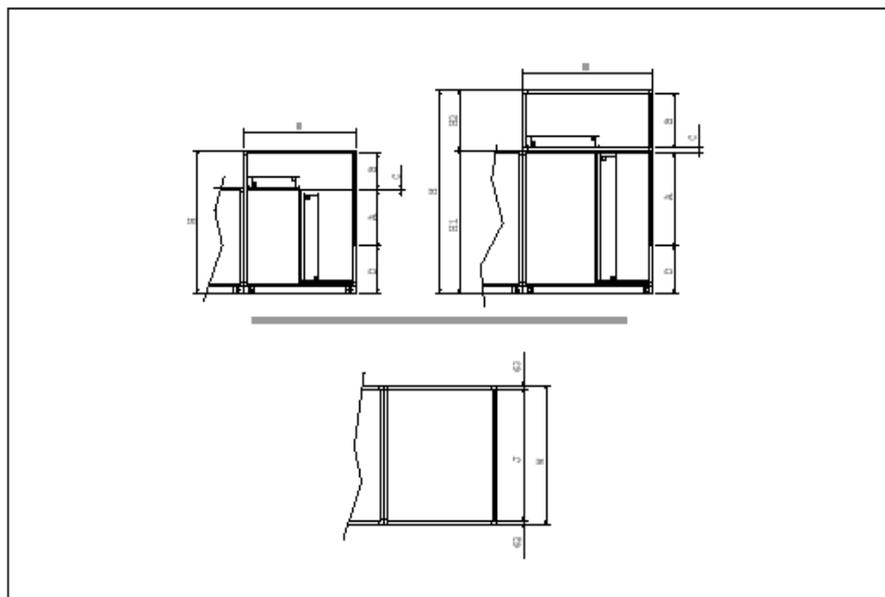
# Dimensioni dei Silenziatori per CTA



SILENZIATORI						
Grand.	W mm	H mm	L1 mm	L2 mm	L3 mm	L4 mm
1	735	645	640	960	1280	1600
2	735	805	640	960	1280	1600
3	895	805	640	960	1280	1600
4	1055	805	640	960	1280	1600
5	1215	805	640	960	1280	1600
6	1375	805	640	960	1280	1600
7	1055	1125	640	960	1280	1600
8	1215	1125	640	960	1280	1600
9	1375	1125	640	960	1280	1600
10	1695	1125	640	960	1280	1600
11	1375	1445	640	960	1280	1600
12	1695	1445	640	960	1280	1600
13	1695	1765	640	960	1280	1600
14	2015	1765	640	960	1280	1600
15	2015	2085	640	960	1280	1600
16	2335	2085	640	960	1280	1600
17	2335	2405	640	960	1280	1600
18	2655	2405	640	960	1280	1600
19	2975	2405	640	960	1280	1600
20	3295	2405	640	960	1280	1600
21	3615	2405	640	960	1280	1600
22	3935	2405	640	960	1280	1600
23	4255	2405	640	960	1280	1600
24	4575	2405	640	960	1280	1600

PLENUM E SEZIONI VUOTE						
Grand.	W mm	H mm	L1 mm	L2 mm	L3 mm	L4 mm
1	735	645	320	320	640	960
2	735	805	320	320	640	960
3	895	805	320	320	640	960
4	1055	805	320	320	640	960
5	1215	805	320	320	640	960
6	1375	805	320	320	640	960
7	1055	1125	640	320	640	960
8	1215	1125	640	320	640	960
9	1375	1125	640	320	640	960
10	1695	1125	640	320	640	960
11	1375	1445	960	320	640	960
12	1695	1445	960	320	640	960
13	1695	1765	960	320	640	960
14	2015	1765	960	320	640	960
15	2015	2085	960	320	640	960
16	2335	2085	960	320	640	960
17	2335	2405	960	320	640	960
18	2655	2405	960	320	640	960
19	2975	2405	960	320	640	960
20	3295	2405	960	320	640	960
21	3615	2405	1280	320	640	960
22	3935	2405	1280	320	640	960
23	4255	2405	1280	320	640	960
24	4575	2405	1280	320	640	960

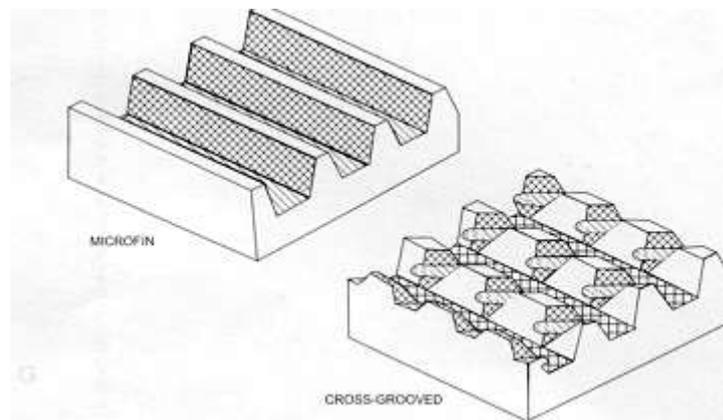
# Dimensioni delle sezioni a doppio condotto per CTA



SEZIONI DOPPIO CONDOTTO E MULTIZONA											
Grand.	W mm	L mm	Configuraz.	H1 mm	H2 mm	H mm	J mm	A mm	B mm	C mm	D mm
1	735	1375	A			1125	610	290	290	30	317,5
2	735	1375	A			1125	610	450	290	30	317,5
3	895	1375	A	P		1125	770	450	290	30	317,5
4	1055	1375	A			1125	930	450	290	30	317,5
5	1215	1375	A			1125	1090	450	290	30	317,5
6	1375	1375	A			1125	1250	450	290	30	317,5
7	1055	1695	A			1765	930	610	610	30	477,5
8	1215	1695	A			1765	1090	610	610	30	477,5
9	1375	1695	A			1765	1250	610	610	30	477,5
10	1695	1695	A			1765	1570	610	610	30	477,5
11	1375	1695	A			2085	1250	930	610	30	477,5
12	1695	1695	A			2085	1570	930	610	30	477,5
13	1695	2015	A			2405	1570	930	610	30	797,5
14	2015	2015	A			2405	1890	930	610	30	797,5
15	2015	2015	B	1965	685	2770	1890	1250	610	75	797,5
16	2335	2015	B	1965	685	2770	2210	1250	610	75	797,5
17	2335	2335	B	2285	1005	3410	2210	1570	930	75	797,5
18	2655	2335	B	2285	1005	3410	2530	1570	930	75	797,5
19	2975	2335	B	2285	1005	3410	2850	1570	930	75	797,5
20	3295	2335	B	2285	1005	3410	3170	1570	930	75	797,5
21	3615	2335	B	2285	1005	3410	3490	1570	930	75	797,5
22	3935	2335	B	2285	1005	3410	3810	1570	930	75	797,5
23	4255	2335	B	2285	1005	3410	4130	1570	930	75	797,5
24	4575	2335	B	2285	1005	3410	4450	1570	930	75	797,5

# Batterie di scambio termico

Tipologie di batterie di scambio termico



# Prestazioni delle Batterie di Riscaldamento

NCT 1		Potenza termica			riscaldamento			
Portata [m <sup>3</sup> /h]		1089			1225			1361
Acqua entrante [°C] / Δt [°C]		80/10			80/10			80/10
Aria entrante [°C/% U.R.]		-5/85	.5/85	.15/70	-5/85	.5/85	.15/70	-5/85 .5/85 .15/70
Ranghi		[kW]			[kW]			[kW]
1		6,8	5,8	4,8	7,1	6,1	5	7,4 6,3 5,2
2		12	10,3	8,5	12,7	10,8	9	13,3 11,3 9,4
3		16,1	13,7	11,4	17,1	14,6	12,1	18 15,3 12,7
4		19,9	16,9	14,1	21,3	18,1	15,1	22,5 19,2 16

NCT 1		Potenza termica			riscaldamento			
Portata [m <sup>3</sup> /h]		1089			1225			1361
Acqua entrante [°C] / Δt [°C]		50/5			50/5			50/5
Aria entrante [°C/% U.R.]		-5/85	.5/85	.15/70	-5/85	.5/85	.15/70	-5/85 .5/85 .15/70
Ranghi		[kW]			[kW]			[kW]
1		4,4	3,4	2,5	4,6	3,6	2,6	4,8 3,7 2,7
2		7,8	6,1	4,4	8,2	6,4	4,6	8,6 6,7 4,8
3		10,5	8,1	5,9	11,1	8,6	6,2	11,7 9,1 6,6
4		12,9	10,1	7,4	13,8	10,8	7,9	14,6 11,5 8,4

NCT 1		Potenza termica			raffreddamento			
Portata [m <sup>3</sup> /h]		1089			1225			1361
Acqua entrante [°C] / Δt [°C]		7,0/5,0			7,0/5,0			7,0/5,0
Aria entrante [°C/% U.R.]		33/55	29/55	26/50	33/55	29/55	26/50	33/55 29/55 26/50
Ranghi		[kW]			[kW]			[kW]
4		7,2	4,4	2,7	7,6	4,6	2,9	8 4,8 3
6		11,7	8,1	4,9	12,7	8,7	5,2	13,6 9,2 5,5
8		13,1	9	5,5	14,1	9,7	5,9	15,2 10,5 6,2
8S		14,1	9,7	5,8	15,263	10,5	6,3	16,2 11,2 6,7

NCT 2		Potenza termica			riscaldamento			
Portata [m <sup>3</sup> /h]		1742			1960			2177
Acqua entrante [°C] / Δt [°C]		80/10			80/10			80/10
Aria entrante [°C/% U.R.]		-5/85	.5/85	.15/70	-5/85	.5/85	.15/70	-5/85 .5/85 .15/70
Ranghi		[kW]			[kW]			[kW]
1		11,4	9,8	8,2	11,9	10,3	8,6	12,4 10,7 9,0
2		20,2	17,3	14,5	21,3	18,3	15,3	22,3 19,1 16,0
3		27,0	23,1	19,3	28,7	24,6	20,5	30,2 25,9 21,7
4		32,9	28,2	23,6	35,2	30,2	25,3	37,4 32,0 26,8

NCT 2		Potenza termica			riscaldamento			
Portata [m <sup>3</sup> /h]		1742			1960			2177
Acqua entrante [°C] / Δt [°C]		50/5			50/5			50/5
Aria entrante [°C/% U.R.]		-5/85	.5/85	.15/70	-5/85	.5/85	.15/70	-5/85 .5/85 .15/70
Ranghi		[kW]			[kW]			[kW]
1		7,4	5,9	4,3	7,8	6,1	4,5	8,1 6,4 4,7
2		13,2	10,3	7,6	13,9	10,9	8,0	14,5 11,4 8,4
3		17,6	13,8	10,1	18,7	14,7	10,8	19,7 15,5 11,4
4		21,4	16,9	12,5	22,9	18,1	13,4	24,4 19,2 14,2

NCT 2		Potenza termica			raffreddamento			
Portata [m <sup>3</sup> /h]		1742			1960			2177
Acqua entrante [°C] / Δt [°C]		7,0/5,0			7,0/5,0			7,0/5,0
Aria entrante [°C/% U.R.]		33/55	29/55	26/50	33/55	29/55	26/50	33/55 29/55 26/50
Ranghi		[kW]			[kW]			[kW]
4		13,7	9,1	5,0	14,6	9,6	5,3	15,4 10,0 5,6
6		19,0	13,2	8,1	20,4	14,1	8,6	20,4 15,0 9,1
8		20,7	14,3	8,9	22,4	15,4	9,3	24,1 16,6 9,6
8S		22,0	15,2	9,2	23,9	16,6	9,8	25,7 17,6 10,5

Nelle pagine seguenti sono riportate le prestazioni delle batterie alettate alle condizioni seguenti:

portate: corrispondenti ad una velocità frontale sulle batterie rispettivamente di:

2.4 m/s

2.7 m/s

3.0 m/s.

temperature in riscaldamento: aria entrante a -5

aria entrante a 5

aria entrante a 15 °C

acqua entrante 80°C

acqua uscente 70°C

acqua entrante 50°C

acqua uscente 45°C

temperature in raffreddamento: aria entrante a 33°C con UR 55%

aria entrante a 29°C con UR 55%

aria entrante a 26°C con UR 50%

acqua entrante 7°C

acqua uscente 12°C

# Prestazioni delle Batterie di Riscaldamento

NCT 3		Potenza termica			riscaldamento		
Portata [m³/h]		2405		2706		3007	
Acqua entrante [°C] / Δt [°C]		80/10		80/10		80/10	
Aria entrante [°C/% U.R.]		-5/85 .5/85 .15/70		-5/85 .5/85 .15/70		-5/85 .5/85 .15/70	
Ranghi		[kW]		[kW]		[kW]	
1		15,2 13 10,8		15,8 13,6 11,3		16,5 14,1 11,8	
2		26,1 22,2 18,4		27,5 23,4 19,4		28,8 24,5 20,3	
3		37,4 32 26,8		39,7 34 28,4		41,9 35,9 30	
4		45,6 39 32,6		48,8 41,8 35		51,7 44,3 37,1	

NCT 3		Potenza termica			riscaldamento		
Portata [m³/h]		2405		2706		3007	
Acqua entrante [°C] / Δt [°C]		50/5		50/5		50/5	
Aria entrante [°C/% U.R.]		-5/85 .5/85 .15/70		-5/85 .5/85 .15/70		-5/85 .5/85 .15/70	
Ranghi		[kW]		[kW]		[kW]	
1		9,9 7,7 5,6		10,3 8,1 5,9		10,7 8,4 6,1	
2		17 13,2 9,5		17,9 13,9 10		18,7 14,5 10,4	
3		24,3 19,1 14,1		25,9 20,3 14,9		27,3 21,4 15,8	
4		29,7 23,4 17,3		31,8 25 18,5		33,7 26,6 19,7	

NCT 3		Potenza termica			raffreddamento		
Portata [m³/h]		2405		2706		3007	
Acqua entrante [°C] / Δt [°C]		7,0/5,0		7,0/5,0		7,0/5,0	
Aria entrante [°C/% U.R.]		33/55 29/55 26/50		33/55 29/55 26/50		33/55 29/55 26/50	
Ranghi		[kW]		[kW]		[kW]	
4		19,1 12,6 7,1		20,3 13,4 7,5		21,4 14,1 7,9	
6		25,3 17,2 10,3		27,2 18,5 10,9		29 19,6 11,6	
8		29,4 20,5 12,6		31,9 22,4 13,6		34,2 24 14,3	
8S		31,264 21,8 13,4		33,9 23,7 14,5		36,6 25,3 15,6	

NCT 4		Potenza termica			riscaldamento		
Portata [m³/h]		3007		3383		3758	
Acqua entrante [°C] / Δt [°C]		80/10		80/10		80/10	
Aria entrante [°C/% U.R.]		-5/85 .5/85 .15/70		-5/85 .5/85 .15/70		-5/85 .5/85 .15/70	
Ranghi		[kW]		[kW]		[kW]	
1		18,5 15,8 13,1		19,3 16,5 13,7		20,1 17,1 14,2	
2		35,3 30,3 25,4		37,2 31,9 26,8		38,9 33,5 28,1	
3		46,7 40 33,4		49,7 42,5 35,6		52,3 44,8 37,5	
4		56,9 48,8 40,8		61 52,2 43,7		64,7 55,4 46,4	

NCT 4		Potenza termica			riscaldamento		
Portata [m³/h]		3007		3383		3758	
Acqua entrante [°C] / Δt [°C]		50/5		50/5		50/5	
Aria entrante [°C/% U.R.]		-5/85 .5/85 .15/70		-5/85 .5/85 .15/70		-5/85 .5/85 .15/70	
Ranghi		[kW]		[kW]		[kW]	
1		12 9,4 6,7		12,6 9,8 7		13 10,1 7,3	
2		23 18,1 13,4		24,2 19,1 14,1		25,4 20 14,8	
3		30,4 23,9 17,6		32,3 25,4 18,7		34,1 26,8 19,7	
4		37,1 29,2 21,6		39,7 31,3 23,2		42,1 33,2 24,6	

NCT 4		Potenza termica			raffreddamento		
Portata [m³/h]		3007		3383		3758	
Acqua entrante [°C] / Δt [°C]		7,0/5,0		7,0/5,0		7,0/5,0	
Aria entrante [°C/% U.R.]		33/55 29/55 26/50		33/55 29/55 26/50		33/55 29/55 26/50	
Ranghi		[kW]		[kW]		[kW]	
4		23,9 15,8 15,1		25,4 16,8 9,4		26,7 17,6 9,9	
6		33 23,1 14,1		35,5 24,6 15		38 26,1 15,9	
8		35,4 24,3 12,6		38,4 26,2 15,5		41,2 28,2 14,3	
8S		37,731 25,9 15,6		41,038 28 16,6		44 30,3 17,9	

NCT 5		Potenza termica			riscaldamento		
Portata [m³/h]		3670		4129		4588	
Acqua entrante [°C] / Δt [°C]		80/10		80/10		80/10	
Aria entrante [°C/% U.R.]		-5/85 .5/85 .15/70		-5/85 .5/85 .15/70		-5/85 .5/85 .15/70	
Ranghi		[kW]		[kW]		[kW]	
1		22,3 19 15,8		23,3 19,9 16,5		24,2 20,6 17,1	
2		41,9 35,9 30		44,2 37,8 31,6		46,2 39,6 33,1	
3		57,1 48,9 40,9		60,7 52 43,5		64 54,8 45,9	
4		69,6 59,6 49,9		74,5 63,8 53,4		79 67,7 56,8	

NCT 5		Potenza termica			riscaldamento		
Portata [m³/h]		3670		4129		4588	
Acqua entrante [°C] / Δt [°C]		50/5		50/5		50/5	
Aria entrante [°C/% U.R.]		-5/85 .5/85 .15/70		-5/85 .5/85 .15/70		-5/85 .5/85 .15/70	
Ranghi		[kW]		[kW]		[kW]	
1		14,5 11,2 8,1		15,1 11,7 8,4		15,7 12,2 8,7	
2		27,3 21,4 15,7		28,8 22,6 16,5		30,1 23,6 17,3	
3		37,1 29,2 21,5		39,5 31 22,9		41,7 32,8 24,1	
4		45,3 35,7 26,4		48,5 38,2 28,3		51,5 40,6 30	

NCT 5		Potenza termica			raffreddamento		
Portata [m³/h]		3670		4129		4588	
Acqua entrante [°C] / Δt [°C]		7,0/5,0		7,0/5,0		7,0/5,0	
Aria entrante [°C/% U.R.]		33/55 29/55 26/50		33/55 29/55 26/50		33/55 29/55 26/50	
Ranghi		[kW]		[kW]		[kW]	
4		29,3 19,4 18,5		31,2 20,6 11,5		32,9 21,7 12,2	
6		39,5 27 16,2		42,5 29 17,5		45,4 30,7 18,3	
8		44,1 30,5 18,7		47,8 32,9 19,8		51,2 35,6 21,2	
8S		47,3 32,7 19,7		51,6 35,5 21,4		54,9 37,8 22,7	

NCT 6		Potenza termica			riscaldamento		
Portata [m³/h]		4334		4876		5417	
Acqua entrante [°C] / Δt [°C]		80/10		80/10		80/10	
Aria entrante [°C/% U.R.]		-5/85 .5/85 .15/70		-5/85 .5/85 .15/70		-5/85 .5/85 .15/70	
Ranghi		[kW]		[kW]		[kW]	
1		27,9 24 20,1		29,1 25 20,9		30,3 26 21,8	
2		51,1 43,9 36,9		53,9 46,3 38,9		56,4 48,5 40,8	
3		66,8 57,1 47,7		71 60,7 50,7		74,8 64 53,5	
4		82,2 70,4 58,9		88 75,4 63,2		93,4 80 67,1	

NCT 6		Potenza termica			riscaldamento		
Portata [m³/h]		4334		4876		5417	
Acqua entrante [°C] / Δt [°C]		50/5		50/5		50/5	
Aria entrante [°C/% U.R.]		-5/85 .5/85 .15/70		-5/85 .5/85 .15/70		-5/85 .5/85 .15/70	
Ranghi		[kW]		[kW]		[kW]	
1		18,2 14,3 10,5		19 14,9 10,9		19,7 15,5 11,3	
2		33,3 26,3 19,5		35,1 27,8 20,5		36,8 29,1 21,5	
3		43,5 34,1 25		46,2 36,2 26,6		48,7 38,2 28	
4		53,5 42,2 31,2		57,3 45,2 33,4		60,8 48 35,5	

NCT 6		Potenza termica			raffreddamento		
Portata [m³/h]		4334		4876		5417	
Acqua entrante [°C] / Δt [°C]		7,0/5,0		7,0/5,0		7,0/5,0	
Aria entrante [°C/% U.R.]		33/55 29/55 26/50		33/55 29/55 26/50		33/55 29/55 26/50	
Ranghi		[kW]		[kW]		[kW]	
4		34,7 23,1 13,1		37 24,4 13,8		39,1 25,8 14,4	
6		46,6 32,1 19,5		50,6 34,6 20,8		54,1 36,6 22	
8		54,7 38,5 24,4		62,2 41,7 26,1		63,7 44,6 27,7	
8S		58,3 41,0 26,1		66,4 44,5 28,1		68,27 47,8 29,9	

# Prestazioni delle Batterie di Riscaldamento

NCT 7		Potenza termica			riscaldamento					
Portata [m³/h]		4886			5497			6107		
Acqua entrante [°C] / Δt [°C]		80/10			80/10			80/10		
Aria entrante [°C/% U.R.]		-5/85 .5/85 .15/70			-5/85 .5/85 .15/70			-5/85 .5/85 .15/70		
Ranghi		[kW]			[kW]			[kW]		
1		31,8	27,4	23	33,3	28,6	24	34,5	29,7	24,9
2		57,2	49,1	41,2	60,3	51,8	43,4	63,1	54,2	45,5
3		76	65,1	54,4	80,8	69,2	57,9	85,2	73	61,1
4		94	80,6	67,6	100,7	86,4	72,5	106,8	91,7	77

NCT 7		Potenza termica			riscaldamento					
Portata [m³/h]		4886			5497			6107		
Acqua entrante [°C] / Δt [°C]		50/5			50/5			50/5		
Aria entrante [°C/% U.R.]		-5/85 .5/85 .15/70			-5/85 .5/85 .15/70			-5/85 .5/85 .15/70		
Ranghi		[kW]			[kW]			[kW]		
1		20,7	16,3	12	21,7	17,1	12,5	22,5	17,7	13
2		37,3	29,4	21,7	39,3	31	22,8	41,2	32,5	23,9
3		49,4	38,9	28,6	52,6	41,3	30,4	55,5	43,6	32,1
4		59,3	48,4	36	63,5	51,9	38,6	67,5	52,9	41

NCT 7		Potenza termica			raffreddamento					
Portata [m³/h]		4886			5497			6107		
Acqua entrante [°C] / Δt [°C]		7,0/5,0			7,0/5,0			7,0/5,0		
Aria entrante [°C/% U.R.]		33/55 29/55 26/50			33/55 29/55 26/50			33/55 29/55 26/50		
Ranghi		[kW]			[kW]			[kW]		
4		42	28,5	17,2	44,7	30,3	18,1	47,1	31,9	18,9
6		53,8	37,7	23	58	40,1	24,7	60,3	42,7	26
8		59	40,9	24,8	64	44,2	26,6	68,6	47,1	28,4
8S		62,8	43,5	26,5	68,3	47,2	28,6	73,7	50,6	30,5

NCT 8		Potenza termica			riscaldamento					
Portata [m³/h]		5964			6710			7455		
Acqua entrante [°C] / Δt [°C]		80/10			80/10			80/10		
Aria entrante [°C/% U.R.]		-5/85 .5/85 .15/70			-5/85 .5/85 .15/70			-5/85 .5/85 .15/70		
Ranghi		[kW]			[kW]			[kW]		
1		38,5	33,1	27,7	40,2	34,6	28,9	41,8	35,9	30,1
2		69,9	60	50,4	73,7	63,3	53,1	77,2	66,3	55,7
3		93,4	80	67	99,2	85,1	71,2	104,6	89,7	75,1
4		114,2	97,9	82,1	122,4	104,9	88	129,9	111,4	93,4

NCT 8		Potenza termica			riscaldamento					
Portata [m³/h]		5964			6710			7455		
Acqua entrante [°C] / Δt [°C]		50/5			50/5			50/5		
Aria entrante [°C/% U.R.]		-5/85 .5/85 .15/70			-5/85 .5/85 .15/70			-5/85 .5/85 .15/70		
Ranghi		[kW]			[kW]			[kW]		
1		25,1	19,7	14,5	26,2	20,6	15,1	27,2	21,4	15,7
2		45,6	35,9	26,5	48	37,9	27,9	50,3	39,7	29,3
3		60,8	47,9	35,3	64,6	50,9	37,5	68,1	53,7	39,5
4		74,4	58,8	43,6	78,1	63	46,8	82,9	66,9	49,6

NCT 8		Potenza termica			raffreddamento					
Portata [m³/h]		5964			6710			7455		
Acqua entrante [°C] / Δt [°C]		7,0/5,0			7,0/5,0			7,0/5,0		
Aria entrante [°C/% U.R.]		33/55 29/55 26/50			33/55 29/55 26/50			33/55 29/55 26/50		
Ranghi		[kW]			[kW]			[kW]		
4		50,2	33,9	19,9	53,7	36	21,1	56,4	37,9	22,1
6		64,1	44,2	27	70	47,6	28,6	73,5	50,4	30,2
8		74,6	52,5	32,7	81	57,3	35,3	86,9	61,4	37,5
8S		79,3	55,8	35,3	86,2	61,0	37,8	92,7	65,5	40,4

NCT 9		Potenza termica			riscaldamento					
Portata [m³/h]		7043			7923			8803		
Acqua entrante [°C] / Δt [°C]		80/10			80/10			80/10		
Aria entrante [°C/% U.R.]		-5/85 .5/85 .15/70			-5/85 .5/85 .15/70			-5/85 .5/85 .15/70		
Ranghi		[kW]			[kW]			[kW]		
1		45,2	38,8	32,5	47,2	40,5	33,9	49,1	42,1	35,2
2		82,6	71	59,5	87,1	74,8	62,8	91,2	78,4	65,8
3		110	94,2	78,7	116,9	100,1	83,8	123,2	105,6	88,4
4		135,2	115,9	97,2	144,8	124,2	104,3	153,7	131,9	110,8

NCT 9		Potenza termica			riscaldamento					
Portata [m³/h]		7043			7923			8803		
Acqua entrante [°C] / Δt [°C]		50/5			50/5			50/5		
Aria entrante [°C/% U.R.]		-5/85 .5/85 .15/70			-5/85 .5/85 .15/70			-5/85 .5/85 .15/70		
Ranghi		[kW]			[kW]			[kW]		
1		29,5	23,1	16,9	30,8	24,2	17,7	32	25,1	18,3
2		53,9	42,5	31,4	56,7	44,8	33,1	59,5	46,9	34,6
3		71,6	56,3	41,4	76,1	59,9	44,1	80,3	63,2	46,5
4		88,1	69,6	51,7	92,8	74,6	55,4	98,5	79,2	58,9

NCT 9		Potenza termica			raffreddamento					
Portata [m³/h]		7043			7923			8803		
Acqua entrante [°C] / Δt [°C]		7,0/5,0			7,0/5,0			7,0/5,0		
Aria entrante [°C/% U.R.]		33/55 29/55 26/50			33/55 29/55 26/50			33/55 29/55 26/50		
Ranghi		[kW]			[kW]			[kW]		
4		59,8	40,6	24,1	63,8	43,1	25,6	67,5	45,6	26,7
6		76,9	53,6	32,7	82,8	57,7	34,9	88,4	60,9	36,9
8		88,4	62,2	39	100,2	67,4	41,9	103,1	72	45
8S		94,2	66,3	42,0	107,6	72,4	45,3	111,4	77,8	48,1

NCT 10		Potenza termica			riscaldamento					
Portata [m³/h]		9098			10235			11372		
Acqua entrante [°C] / Δt [°C]		80/10			80/10			80/10		
Aria entrante [°C/% U.R.]		-5/85 .5/85 .15/70			-5/85 .5/85 .15/70			-5/85 .5/85 .15/70		
Ranghi		[kW]			[kW]			[kW]		
1		59,9	51,5	43,3	62,5	53,8	45,2	65	55,9	47
2		105,9	90,9	76,1	111,6	95,8	80,3	116,9	100,4	84,1
3		142,2	121,8	101,9	151,2	129,5	108,3	159,4	136,6	114,4
4		175,1	150,2	126	187,6	161	135,1	199,1	170,9	143,6

NCT 10		Potenza termica			riscaldamento					
Portata [m³/h]		9098			10235			11372		
Acqua entrante [°C] / Δt [°C]		50/5			50/5			50/5		
Aria entrante [°C/% U.R.]		-5/85 .5/85 .15/70			-5/85 .5/85 .15/70			-5/85 .5/85 .15/70		
Ranghi		[kW]			[kW]			[kW]		
1		39	30,8	22,7	40,8	32,2	23,7	42,4	33,5	24,7
2		68,9	54,3	40	72,7	57,3	42,2	76,2	60	44,2
3		92,6	72,9	53,7	98,4	77,5	57,1	103,7	81,7	60,1
4		113	90,2	67,1	121	96,7	71,9	128,4	102,7	76,4

NCT 10		Potenza termica			raffreddamento					
Portata [m³/h]		9098			10235			11372		
Acqua entrante [°C] / Δt [°C]		7,0/5,0			7,0/5,0			7,0/5,0		
Aria entrante [°C/% U.R.]		33/55 29/55 26/50			33/55 29/55 26/50			33/55 29/55 26/50		
Ranghi		[kW]			[kW]			[kW]		
4		78,4	53,4	31,8	83,6	56,7	34	88	59,8	35,5
6		100	70	42,8	107,8	74,6	46	115,1	79,2	48,3
8		113,7	79,9	49,8	128,5	86,4	53,6	132,4	92,5	57,5
8S		121,0	85,0	53,7	138,0	92,8	57,5	142,7	99,7	61,5

# Prestazioni delle Batterie di Riscaldamento

NCT 11		Potenza termica			riscaldamento		
Portata [m <sup>3</sup> /h]		10293		11579		12866	
Acqua entrante [°C] / Δt [°C]		80/10		80/10		80/10	
Aria entrante [°C/% U.R.]		-5/85 .5/85 .15/70		-5/85 .5/85 .15/70		-5/85 .5/85 .15/70	
Ranghi		[kW]		[kW]		[kW]	
1		67,4 58 48,6		70,4 60,6 50,8		73,1 62,9 52,8	
2		117,6 100,7 84,1		123,9 106,1 88,6		129,7 111,1 92,8	
3		157,9 135 112,6		167,8 143,4 119,7		176,8 151,2 126,2	
4		195,7 167,6 140,4		209,4 179,6 150,5		222,3 190,6 159,8	

NCT 11		Potenza termica			riscaldamento		
Portata [m <sup>3</sup> /h]		10293		11579		12866	
Acqua entrante [°C] / Δt [°C]		50/5		50/5		50/5	
Aria entrante [°C/% U.R.]		-5/85 .5/85 .15/70		-5/85 .5/85 .15/70		-5/85 .5/85 .15/70	
Ranghi		[kW]		[kW]		[kW]	
1		43,9 34,6 25,5		45,9 36,2 26,6		47,7 37,6 27,7	
2		76,5 60 43,9		80,6 63,3 46,3		84,4 66,2 48,4	
3		102,7 80,5 58,9		109,1 85,5 62,6		114,9 90,2 65,9	
4		127,4 100,5 74,4		136,5 107,6 79,7		144,8 114,2 84,6	

NCT 11		Potenza termica			raffreddamento		
Portata [m <sup>3</sup> /h]		10293		11579		12866	
Acqua entrante [°C] / Δt [°C]		7,0/5,0		7,0/5,0		7,0/5,0	
Aria entrante [°C/% U.R.]		33/55 29/55 26/50		33/55 29/55 26/50		33/55 29/55 26/50	
Ranghi		[kW]		[kW]		[kW]	
4		83,6 55,6 31,8		88,8 59 33,4		93,5 62,4 35	
6		110,7 77 46,5		120,3 82,2 49,4		128,4 87 52,3	
8		129,7 86,4 52,7		135,2 94,4 56,6		145 99,8 60,2	
8S		138,3 92,1 56,3		142,9 99,8 60,6		155,6 107,1 64,7	

NCT 12		Potenza termica			riscaldamento		
Portata [m <sup>3</sup> /h]		13297		14959		16621	
Acqua entrante [°C] / Δt [°C]		80/10		80/10		80/10	
Aria entrante [°C/% U.R.]		-5/85 .5/85 .15/70		-5/85 .5/85 .15/70		-5/85 .5/85 .15/70	
Ranghi		[kW]		[kW]		[kW]	
1		86,8 73,7 61,7		89,6 77 64,5		93,1 80 67	
2		153,6 131,7 110,2		161,9 138,8 116,2		169,5 145,4 121,7	
3		206,8 177 148		219,7 188,1 157,3		231,6 198,4 166	
4		255,3 218,9 183,6		273,4 234,6 196,9		290,2 249,1 209,1	

NCT 12		Potenza termica			riscaldamento		
Portata [m <sup>3</sup> /h]		13297		14959		16621	
Acqua entrante [°C] / Δt [°C]		50/5		50/5		50/5	
Aria entrante [°C/% U.R.]		-5/85 .5/85 .15/70		-5/85 .5/85 .15/70		-5/85 .5/85 .15/70	
Ranghi		[kW]		[kW]		[kW]	
1		55,9 44 32,2		58,4 45,9 33,6		60,7 47,7 34,9	
2		100 78,7 57,7		105,4 82,9 60,9		110,4 86,8 63,7	
3		134,5 105,8 77,8		143 112,3 82,7		150,8 118,5 87,2	
4		165,4 131,4 97,6		177,1 140,8 104,5		188 149,5 111,1	

NCT 12		Potenza termica			raffreddamento		
Portata [m <sup>3</sup> /h]		13297		14959		16621	
Acqua entrante [°C] / Δt [°C]		7,0/5,0		7,0/5,0		7,0/5,0	
Aria entrante [°C/% U.R.]		33/55 29/55 26/50		33/55 29/55 26/50		33/55 29/55 26/50	
Ranghi		[kW]		[kW]		[kW]	
4		113 76,7 45,3		120,4 81,6 48,3		127,4 86 50,4	
6		144,7 100,7 61,4		155,9 108,4 65,4		166,3 115,3 69,7	
8		166,4 117 73,6		188,5 127,8 78,5		193,8 135,4 83,7	
8S		176,9 124,4 78,7		200,6 136,0 84,3		209,0 146 90,1	

NCT 13		Potenza termica			riscaldamento		
Portata [m <sup>3</sup> /h]		16796		18896		20995	
Acqua entrante [°C] / Δt [°C]		80/10		80/10		80/10	
Aria entrante [°C/% U.R.]		-5/85 .5/85 .15/70		-5/85 .5/85 .15/70		-5/85 .5/85 .15/70	
Ranghi		[kW]		[kW]		[kW]	
1		107,8 92,5 77,4		112,6 96,6 80,8		116,9 100,4 84	
2		195,1 167,3 140,1		205,6 176,4 147,8		215,2 184,8 154,8	
3		261,8 224,1 187,4		278,1 238,3 199,3		293,2 251,3 210,3	
4		320,8 274,8 230,3		343,5 294,5 246,9		364,3 312,7 262,3	

NCT 13		Potenza termica			riscaldamento		
Portata [m <sup>3</sup> /h]		16796		18896		20995	
Acqua entrante [°C] / Δt [°C]		50/5		50/5		50/5	
Aria entrante [°C/% U.R.]		-5/85 .5/85 .15/70		-5/85 .5/85 .15/70		-5/85 .5/85 .15/70	
Ranghi		[kW]		[kW]		[kW]	
1		70,2 55,1 40,3		73,3 57,6 42,1		76,2 59,8 43,7	
2		127 99,9 73,5		133,9 105,4 77,6		140,2 110,4 81,2	
3		170,4 134 98,5		181,1 142,4 104,8		190,9 150,2 110,6	
4		208,9 164,9 122,3		223,8 176,7 131		234,9 187,6 139,1	

NCT 13		Potenza termica			raffreddamento		
Portata [m <sup>3</sup> /h]		16796		18896		20995	
Acqua entrante [°C] / Δt [°C]		7,0/5,0		7,0/5,0		7,0/5,0	
Aria entrante [°C/% U.R.]		33/55 29/55 26/50		33/55 29/55 26/50		33/55 29/55 26/50	
Ranghi		[kW]		[kW]		[kW]	
4		139 93,6 54,2		147,8 99,6 57,3		155,9 104,3 60,1	
6		183,1 127,3 77,9		197 136 83,2		210,1 144,7 88,1	
8		212,6 150,2 94,6		230,8 162,4 101,8		247,9 174 109,4	
8S		225,9 159,6 101,8		246,7 173,6 110,0		265,9 186,6 116,9	

NCT 14		Potenza termica			riscaldamento		
Portata [m <sup>3</sup> /h]		20466		23025		25583	
Acqua entrante [°C] / Δt [°C]		80/10		80/10		80/10	
Aria entrante [°C/% U.R.]		-5/85 .5/85 .15/70		-5/85 .5/85 .15/70		-5/85 .5/85 .15/70	
Ranghi		[kW]		[kW]		[kW]	
1		133,9 115,2 96,7		139,9 120,3 101		145,3 125 105	
2		239,5 205,7 172,5		252,5 216,9 181,9		264,4 227,2 190,6	
3		320,4 274,4 229,7		340,4 291,8 244,3		358,9 307,7 257,7	
4		384,4 328,8 274,9		411,5 352,1 294,5		436,5 373,7 312,6	

NCT 14		Potenza termica			riscaldamento		
Portata [m <sup>3</sup> /h]		20466		23025		25583	
Acqua entrante [°C] / Δt [°C]		50/5		50/5		50/5	
Aria entrante [°C/% U.R.]		-5/85 .5/85 .15/70		-5/85 .5/85 .15/70		-5/85 .5/85 .15/70	
Ranghi		[kW]		[kW]		[kW]	
1		87,3 68,8 50,7		91,2 71,9 52,9		94,7 74,7 55	
2		156,1 123,1 90,8		164,6 129,8 95,6		172,4 136 100,3	
3		208,6 164,2 121,1		221,7 174,6 128,7		233,6 184,1 135,5	
4		250,1 196,8 145,1		267,8 210,7 155,5		283,9 223,6 165	

NCT 14		Potenza termica			raffreddamento		
Portata [m <sup>3</sup> /h]		20466		23025		25583	
Acqua entrante [°C] / Δt [°C]		7,0/5,0		7,0/5,0		7,0/5,0	
Aria entrante [°C/% U.R.]		33/55 29/55 26/50		33/55 29/55 26/50		33/55 29/55 26/50	
Ranghi		[kW]		[kW]		[kW]	
4		155,8 101,6 58,7		165,5 107,4 62,6		174,4 113,4 66,3	
6		222,2 154,1 94,1		239,2 166,2 100,1		258,5 175,4 106,4	
8		257,5 181,4 114,8		292,4 196,3 122,4		300,3 210 130,6	
8S		274,1 193,1 122,6		312,4 209,7 132,4		322,2 225,3 140,6	

# Prestazioni delle Batterie di Riscaldamento

NCT 15		Potenza termica			riscaldamento		
Portata [m³/h]		24730		27822		30913	
Acqua entrante [°C] / Δt [°C]		80/10		80/10		80/10	
Aria entrante [°C/% U.R.]		-5/85 .5/85 .15/70		-5/85 .5/85 .15/70		-5/85 .5/85 .15/70	
Ranghi		[kW]		[kW]		[kW]	
1		162,3	139,7	117,3	169,5	145,9	122,5
2		295,2	254,1	213,7	311,3	268	225,5
3		390,5	334,8	280,6	415	356,1	298,5
4		471,5	404,2	338,7	505,2	432,8	363,1

NCT 15		Potenza termica			riscaldamento		
Portata [m³/h]		24730		27822		30913	
Acqua entrante [°C] / Δt [°C]		50/5		50/5		50/5	
Aria entrante [°C/% U.R.]		-5/85 .5/85 .15/70		-5/85 .5/85 .15/70		-5/85 .5/85 .15/70	
Ranghi		[kW]		[kW]		[kW]	
1		105,8	83,5	61,5	110,6	87,2	64,3
2		192,5	152,4	113,1	203,1	160,8	119,4
3		254,4	200,4	148,2	270,2	213,3	157,7
4		307,3	242,4	179,7	329,1	259,8	192,7

NCT 15		Potenza termica			raffreddamento		
Portata [m³/h]		24730		27822		30913	
Acqua entrante [°C] / Δt [°C]		7,0/5,0		7,0/5,0		7,0/5,0	
Aria entrante [°C/% U.R.]		33/55 29/55 26/50		33/55 29/55 26/50		33/55 29/55 26/50	
Ranghi		[kW]		[kW]		[kW]	
4		203,9	137,3	79,2	216,8	145,7	83,5
6		266,7	184,3	112	290,1	198,5	119,2
8		310,3	218,4	136,7	352,5	238,6	147,1
8S		330,2	232,4	147,1	375,1	253,9	158,9

NCT 16		Potenza termica			riscaldamento		
Portata [m³/h]		29541		33234		36926	
Acqua entrante [°C] / Δt [°C]		80/10		80/10		80/10	
Aria entrante [°C/% U.R.]		-5/85 .5/85 .15/70		-5/85 .5/85 .15/70		-5/85 .5/85 .15/70	
Ranghi		[kW]		[kW]		[kW]	
1		193,6	166,6	139,8	202,2	174	146,1
2		351,4	302,3	254,1	370,5	318,9	268,2
3		469,8	403,2	338,3	499,5	428,9	359,9
4		565,6	484,8	406,5	605,8	519,5	435,8

NCT 16		Potenza termica			riscaldamento		
Portata [m³/h]		29541		33234		36926	
Acqua entrante [°C] / Δt [°C]		50/5		50/5		50/5	
Aria entrante [°C/% U.R.]		-5/85 .5/85 .15/70		-5/85 .5/85 .15/70		-5/85 .5/85 .15/70	
Ranghi		[kW]		[kW]		[kW]	
1		126,2	99,6	73,3	131,9	104	76,6
2		229,1	181,2	134,4	241,7	191,1	141,8
3		306,2	241,8	179	325,5	257,1	190,6
4		368,5	290,9	216	388,6	311,8	231,5

NCT 16		Potenza termica			raffreddamento		
Portata [m³/h]		29541		33234		36926	
Acqua entrante [°C] / Δt [°C]		7,0/5,0		7,0/5,0		7,0/5,0	
Aria entrante [°C/% U.R.]		33/55 29/55 26/50		33/55 29/55 26/50		33/55 29/55 26/50	
Ranghi		[kW]		[kW]		[kW]	
4		247,7	167,4	98,1	263,4	177,4	104
6		319,5	220,7	135	344	238,2	143,4
8		368,2	258,2	160,8	399,3	279,2	173,2
8S		394,7	276,8	173,3	429,3	300,2	185,7

NCT 17		Potenza termica			riscaldamento		
Portata [m³/h]		35653		40110		44566	
Acqua entrante [°C] / Δt [°C]		80/10		80/10		80/10	
Aria entrante [°C/% U.R.]		-5/85 .5/85 .15/70		-5/85 .5/85 .15/70		-5/85 .5/85 .15/70	
Ranghi		[kW]		[kW]		[kW]	
1		237,3	204,5	172,1	247,9	213,7	179,8
2		423,2	364	305,8	446,2	383,9	322,7
3		567,2	486,8	408,4	603	517,8	434,6
4		681,5	584	489,1	729,8	625,8	524,8

NCT 17		Potenza termica			riscaldamento		
Portata [m³/h]		35653		40110		44566	
Acqua entrante [°C] / Δt [°C]		50/5		50/5		50/5	
Aria entrante [°C/% U.R.]		-5/85 .5/85 .15/70		-5/85 .5/85 .15/70		-5/85 .5/85 .15/70	
Ranghi		[kW]		[kW]		[kW]	
1		154,8	122,5	90,7	161,8	128	94,7
2		275,8	218,1	161,6	291	230	170,5
3		369,6	292	216,1	393	310,5	230,1
4		443,9	350,4	259,9	473,4	375,5	278,6

NCT 17		Potenza termica			raffreddamento		
Portata [m³/h]		35653		40110		44566	
Acqua entrante [°C] / Δt [°C]		7,0/5,0		7,0/5,0		7,0/5,0	
Aria entrante [°C/% U.R.]		33/55 29/55 26/50		33/55 29/55 26/50		33/55 29/55 26/50	
Ranghi		[kW]		[kW]		[kW]	
4		296,2	199,7	116,4	315,1	211,5	123,5
6		385,6	266,2	162,4	419,6	287,5	174
8		444	311,3	193,7	481,9	336,6	208,7
8S		475,9	333,7	208,8	515,4	360,0	223,7

NCT 18		Potenza termica			riscaldamento		
Portata [m³/h]		41459		46641		51824	
Acqua entrante [°C] / Δt [°C]		80/10		80/10		80/10	
Aria entrante [°C/% U.R.]		-5/85 .5/85 .15/70		-5/85 .5/85 .15/70		-5/85 .5/85 .15/70	
Ranghi		[kW]		[kW]		[kW]	
1		278,9	240,7	202,9	291,4	251,5	212
2		492	423,1	355,6	518,7	446,3	375,2
3		657,2	563,4	472,7	698,5	599,6	502,6
4		789,2	676	566,3	845,1	724,3	607

NCT 18		Potenza termica			riscaldamento		
Portata [m³/h]		41459		46641		51824	
Acqua entrante [°C] / Δt [°C]		50/5		50/5		50/5	
Aria entrante [°C/% U.R.]		-5/85 .5/85 .15/70		-5/85 .5/85 .15/70		-5/85 .5/85 .15/70	
Ranghi		[kW]		[kW]		[kW]	
1		182,1	144,4	107,2	190,3	150,9	112
2		320,9	253,5	187,9	338,3	267,4	198,3
3		427,9	337,9	250,1	455,2	359	265,9
4		513,9	405,3	300,3	550,4	434,2	321,8

NCT 18		Potenza termica			raffreddamento		
Portata [m³/h]		41459		46641		51824	
Acqua entrante [°C] / Δt [°C]		7,0/5,0		7,0/5,0		7,0/5,0	
Aria entrante [°C/% U.R.]		33/55 29/55 26/50		33/55 29/55 26/50		33/55 29/55 26/50	
Ranghi		[kW]		[kW]		[kW]	
4		338	225,6	130,3	359,5	239,4	137,4
6		447,7	309,6	188,3	487	333,4	200
8		521,8	367,5	232,6	593,2	397,8	247,9
8S		555,6	391,3	248,4	633,6	424,9	268,3

# Prestazioni delle Batterie di Riscaldamento

NCT 19			Potenza termica			riscaldamento		
Portata [m³/h]	47265		53173		59081			
Acqua entrante [°C] / Δt [°C]	80/10		80/10		80/10			
Aria entrante [°C% U.R.]	-.5/85	.5/85 .15/70	-.5/85	.5/85 .15/70	-.5/85	.5/85 .15/70		
Ranghi	[kW]		[kW]		[kW]			
1	320,6	276,9 233,7	335	289,4 244,3	346,1	300,8 254		
2	565,4	486,8 409,5	596,2	513,5 432,2	624,5	538 452,9		
3	754,9	648,2 544,1	802,6	689,5 579	846,4	727,5 611,2		
4	903,7	774,4 648,6	967,7	829,8 695,9	1026,9	881,1 739,2		

NCT 19			Potenza termica			riscaldamento		
Portata [m³/h]	47265		53173		59081			
Acqua entrante [°C] / Δt [°C]	50/5		50/5		50/5			
Aria entrante [°C% U.R.]	-.5/85	.5/85 .15/70	-.5/85	.5/85 .15/70	-.5/85	.5/85 .15/70		
Ranghi	[kW]		[kW]		[kW]			
1	209,4	166,4 123,8	218,8	173,9 129,4	227,4	180,7 134,6		
2	368,9	292,1 217	389,1	308,2 228,8	407,6	323 239,9		
3	492	388,9 288,5	523,2	413,7 307	551,6	436,5 323,6		
4	588,6	464,6 344,7	629,3	497,9 369,4	667,8	528,7 392,3		

NCT 19			Potenza termica			raffreddamento		
Portata [m³/h]	47265		53173		59081			
Acqua entrante [°C] / Δt [°C]	7,0/5,0		7,0/5,0		7,0/5,0			
Aria entrante [°C% U.R.]	33/55	29/55 26/50	33/55	29/55 26/50	33/55	29/55 26/50		
Ranghi	[kW]		[kW]		[kW]			
4	393,4	264,8 154,6	418,4	281,2 162,9	441,7	296,3 170,8		
6	508,9	347,9 209,4	547,8	373,1 224,8	579,3	396 236,4		
8	591,4	415,7 259,3	641,8	454,2 281,7	689	486,9 297,7		
8S	629,2	442,3 279,7	682,9	483,3 299,7	734,7	519,2 320,4		

NCT 20			Potenza termica			riscaldamento		
Portata [m³/h]	53071		59705		66339			
Acqua entrante [°C] / Δt [°C]	80/10		80/10		80/10			
Aria entrante [°C% U.R.]	-.5/85	.5/85 .15/70	-.5/85	.5/85 .15/70	-.5/85	.5/85 .15/70		
Ranghi	[kW]		[kW]		[kW]			
1	362,3	313,2 264,6	378,6	327,4 276,6	393,5	340,3 287,6		
2	639	550,5 463,6	673,9	580,8 489,3	705,8	608,6 512,8		
3	852,8	732,8 615,7	906,8	779,6 654,9	956,4	822,6 691,8		
4	903,7	874,9 733,9	1092,7	937,6 787	1159,7	995,7 836		

NCT 20			Potenza termica			riscaldamento		
Portata [m³/h]	53071		59705		66339			
Acqua entrante [°C] / Δt [°C]	50/5		50/5		50/5			
Aria entrante [°C% U.R.]	-.5/85	.5/85 .15/70	-.5/85	.5/85 .15/70	-.5/85	.5/85 .15/70		
Ranghi	[kW]		[kW]		[kW]			
1	236,8	188,4 140,5	247,4	196,9 146,9	257,2	204,6 152,7		
2	417,1	330,7 246,2	439,7	348,9 259,7	460,8	365,7 272		
3	556,1	439,7 327,1	591,4	468,1 348,1	623,8	494 367,3		
4	663,4	525,2 390,4	710	563 418,5	753,6	595,7 444,5		

NCT 20			Potenza termica			raffreddamento		
Portata [m³/h]	53071		59705		66339			
Acqua entrante [°C] / Δt [°C]	7,0/5,0		7,0/5,0		7,0/5,0			
Aria entrante [°C% U.R.]	33/55	29/55 26/50	33/55	29/55 26/50	33/55	29/55 26/50		
Ranghi	[kW]		[kW]		[kW]			
4	453,4	309,1 183,7	482,6	327,9 195	509,7	347,2 203,4		
6	574,5	397,2 241,7	617,8	428,6 257,6	667,9	455,8 272,7		
8	673,8	476,2 301,2	731,9	515,8 324,2	786,3	551,6 348,2		
8S	717,4	507,0 324,0	781,8	551,0 350,0	844,6	592,5 372		

NCT 21			Potenza termica			riscaldamento		
Portata [m³/h]	58877		66237		73597			
Acqua entrante [°C] / Δt [°C]	80/10		80/10		80/10			
Aria entrante [°C% U.R.]	-.5/85	.5/85 .15/70	-.5/85	.5/85 .15/70	-.5/85	.5/85 .15/70		
Ranghi	[kW]		[kW]		[kW]			
1	404,1	349,6 295,6	422,3	365,4 309	439	379,9 321,3		
2	712,6	614,3 517,8	751,6	648,2 546,5	787,3	679,2 572,9		
3	950,8	817,4 687,3	1011,1	869,7 731,7	1066,5	917,8 772,4		
4	903,7	975,5 818,8	1217,9	1045,6 878,2	1289,2	1110,4 933,1		

NCT 21			Potenza termica			riscaldamento		
Portata [m³/h]	58877		66237		73597			
Acqua entrante [°C] / Δt [°C]	50/5		50/5		50/5			
Aria entrante [°C% U.R.]	-.5/85	.5/85 .15/70	-.5/85	.5/85 .15/70	-.5/85	.5/85 .15/70		
Ranghi	[kW]		[kW]		[kW]			
1	264,1	210,4 157,2	276,1	219,9 164,3	287	228,6 170,9		
2	465,3	369,4 275,4	490,7	389,7 290,6	514	408,3 304,5		
3	620,1	491,2 365,7	659,5	522,3 388,9	695,8	551,2 410,8		
4	739,6	584,8 436,2	792,3	626,1 467,2	840,4	665 496,7		

NCT 21			Potenza termica			raffreddamento		
Portata [m³/h]	58877		66237		73597			
Acqua entrante [°C] / Δt [°C]	7,0/5,0		7,0/5,0		7,0/5,0			
Aria entrante [°C% U.R.]	33/55	29/55 26/50	33/55	29/55 26/50	33/55	29/55 26/50		
Ranghi	[kW]		[kW]		[kW]			
4	519,7	354,8 212,9	541,1	375 225,2	571,5	395,1 236,5		
6	650,7	452 279	701	485,1 297,4	730,4	516,5 317,1		
8	732,1	513,5 319,2	794,8	555,4 343,3	853,4	594,3 368,3		
8S	784,4	550,2 344,1	849,5	593,6 368,6	915,7	637,7 392,9		

NCT 22			Potenza termica			riscaldamento		
Portata [m³/h]	64683		72769		80854			
Acqua entrante [°C] / Δt [°C]	80/10		80/10		80/10			
Aria entrante [°C% U.R.]	-.5/85	.5/85 .15/70	-.5/85	.5/85 .15/70	-.5/85	.5/85 .15/70		
Ranghi	[kW]		[kW]		[kW]			
1	446	385,9 326,5	466	403,4 341,4	484,5	419,5 355		
2	786,3	678,2 572	829,4	715,6 603,8	868,8	750 633		
3	1048,5	902,2 759,1	1115,5	959,6 808,1	1176,7	1013,2 853,2		
4	903,7	1076,1 903,8	1343,1	1153,6 969,4	1425,7	1225,2 1029,5		

NCT 22			Potenza termica			riscaldamento		
Portata [m³/h]	64683		72769		80854			
Acqua entrante [°C] / Δt [°C]	50/5		50/5		50/5			
Aria entrante [°C% U.R.]	-.5/85	.5/85 .15/70	-.5/85	.5/85 .15/70	-.5/85	.5/85 .15/70		
Ranghi	[kW]		[kW]		[kW]			
1	291,6	232,3 173,9	304,7	242,9 181,8	316,8	252,6 189,1		
2	513,2	407,8 304,5	541,7	430,3 321,5	567,5	451,2 336,9		
3	684,2	542,4 404,4	727,8	577,2 430,4	767,9	609,2 454,4		
4	815,8	646,8 481,5	874,1	693,5 516,9	927,8	734,3 549,2		

NCT 22			Potenza termica			raffreddamento		
Portata [m³/h]	64683		72769		80854			
Acqua entrante [°C] / Δt [°C]	7,0/5,0		7,0/5,0		7,0/5,0			
Aria entrante [°C% U.R.]	33/55	29/55 26/50	33/55	29/55 26/50	33/55	29/55 26/50		
Ranghi	[kW]		[kW]		[kW]			
4	568,6	396,6 242,2	605,8	421,8 256,7	640,1	447,5 269,4		
6	712,8	514,7 319	766,6	553,1 338,3	817	580 358		
8	816,6	576,4 362,6	886,3	623,5 390,2	951,9	666,7 415,3		
8S	868,6	613,1 390,1	946,9	666,1 421,4	1022	715,8 447,7		

# Prestazioni delle Batterie di Riscaldamento

NCT 23		Potenza termica			riscaldamento			
Portata [m³/h]		70489			79301			88112
Acqua entrante [°C] / Δt [°C]		80/10			80/10			80/10
Aria entrante [°C/% U.R.]		-5/85	5/85	15/70	-5/85	5/85	15/70	-5/85 5/85 15/70
Ranghi		[kW]			[kW]			[kW]
1		487,8	422,4	357,6	509,8	441,5	373,9	530 459,1 388,8
2		860,1	742,1	626,3	907,3	783,2	661,1	950,5 820,8 693,1
3		1147,1	987	830,9	1220	1050,3	884,6	1287 1108,6 934,1
4		903,7	1176,9	988,9	1465,2	1261,7	1060,9	1555,3 1340,2 1127,3

NCT 23		Potenza termica			riscaldamento			
Portata [m³/h]		70489			79301			88112
Acqua entrante [°C] / Δt [°C]		50/5			50/5			50/5
Aria entrante [°C/% U.R.]		-5/85	5/85	15/70	-5/85	5/85	15/70	-5/85 5/85 15/70
Ranghi		[kW]			[kW]			[kW]
1		319	254,5	190,7	333,4	266	199,4	346,6 276,6 207,3
2		561,7	446,6	333,8	592,7	471,4	352,4	621 494,1 369,4
3		748,4	593,7	443,1	796,2	631,9	471,7	840 667 498
4		892,2	706,4	527,9	955,9	757,3	566,1	1014,9 803,8 601,6

NCT 23		Potenza termica			raffreddamento			
Portata [m³/h]		70489			79301			88112
Acqua entrante [°C] / Δt [°C]		7,0/5,0			7,0/5,0			7,0/5,0
Aria entrante [°C/% U.R.]		33/55	29/55	26/50	33/55	29/55	26/50	33/55 29/55 26/50
Ranghi		[kW]			[kW]			[kW]
4		628,4	441,6	272,5	672,6	469	288,2	709,3 488,4 305,4
6		788	562,7	354,6	848,8	608,6	379,2	905,4 643,4 404,1
8		901,1	639,1	405,4	978,5	691,8	436,5	1042,7 740,4 471,9
8S		964,0	683,7	436,6	1044,8	738,7	471,8	1119,3 794,8 505,1

NCT 24		Potenza termica			riscaldamento			
Portata [m³/h]		76296			85833			95369
Acqua entrante [°C] / Δt [°C]		80/10			80/10			80/10
Aria entrante [°C/% U.R.]		-5/85	5/85	15/70	-5/85	5/85	15/70	-5/85 5/85 15/70
Ranghi		[kW]			[kW]			[kW]
1		529,7	458,8	388,6	553,6	479,7	406,4	575,6 498,8 422,6
2		934	806,1	680,6	985,2	850,8	718,5	1032,1 891,6 753,3
3		1245,3	1071,9	902,7	1324,5	1140,8	961,2	1397,4 1204,1 1015
4		903,7	1277,6	1074	1590,6	1369,9	1152,2	1688,5 1451,7 1224,6

NCT 24		Potenza termica			riscaldamento			
Portata [m³/h]		76296			85833			95369
Acqua entrante [°C] / Δt [°C]		50/5			50/5			50/5
Aria entrante [°C/% U.R.]		-5/85	5/85	15/70	-5/85	5/85	15/70	-5/85 5/85 15/70
Ranghi		[kW]			[kW]			[kW]
1		346,5	276,5	207,5	362,1	289,1	216,9	376,5 300,6 225,5
2		610,1	485,4	363,2	643,7	512,3	383,4	674,5 537 401,9
3		812,7	645,1	481,9	864,5	686,5	513	912,2 724,7 541,3
4		968,5	767,2	573,7	1037,8	822,7	615,5	1101,9 873,8 653,6

NCT 24		Potenza termica			raffreddamento			
Portata [m³/h]		76296			85833			95369
Acqua entrante [°C] / Δt [°C]		7,0/5,0			7,0/5,0			7,0/5,0
Aria entrante [°C/% U.R.]		33/55	29/55	26/50	33/55	29/55	26/50	33/55 29/55 26/50
Ranghi		[kW]			[kW]			[kW]
4		690,5	480,1	302,1	736,2	510,7	322,5	778,5 538,7 337,3
6		863,4	622,3	395,3	930,4	664,9	420,2	995,6 693,1 445,1
8		979	702	449,2	1063,7	760,3	489,6	1143,3 814 516,7
8S		1040,8	746,3	479,8	1135,2	811,4	522,6	1215,2 865,2 547,4

Nelle pagine seguenti sono riportate le prestazioni delle batterie alettate alle condizioni seguenti:

portate: corrispondenti ad una velocità frontale sulle batterie rispettivamente di:

2.4 m/s

2.7 m/s

3.0 m/s.

temperature in riscaldamento: aria entrante a -5

aria entrante a 5

aria entrante a 15 °C

acqua entrante 80°C

acqua uscente 70°C

acqua entrante 50°C

acqua uscente 45°C

temperature in raffreddamento: aria entrante a 33°C con UR 55%

aria entrante a 29°C con UR 55%

aria entrante a 26°C con UR 50%

acqua entrante 7°C

acqua uscente 12°C

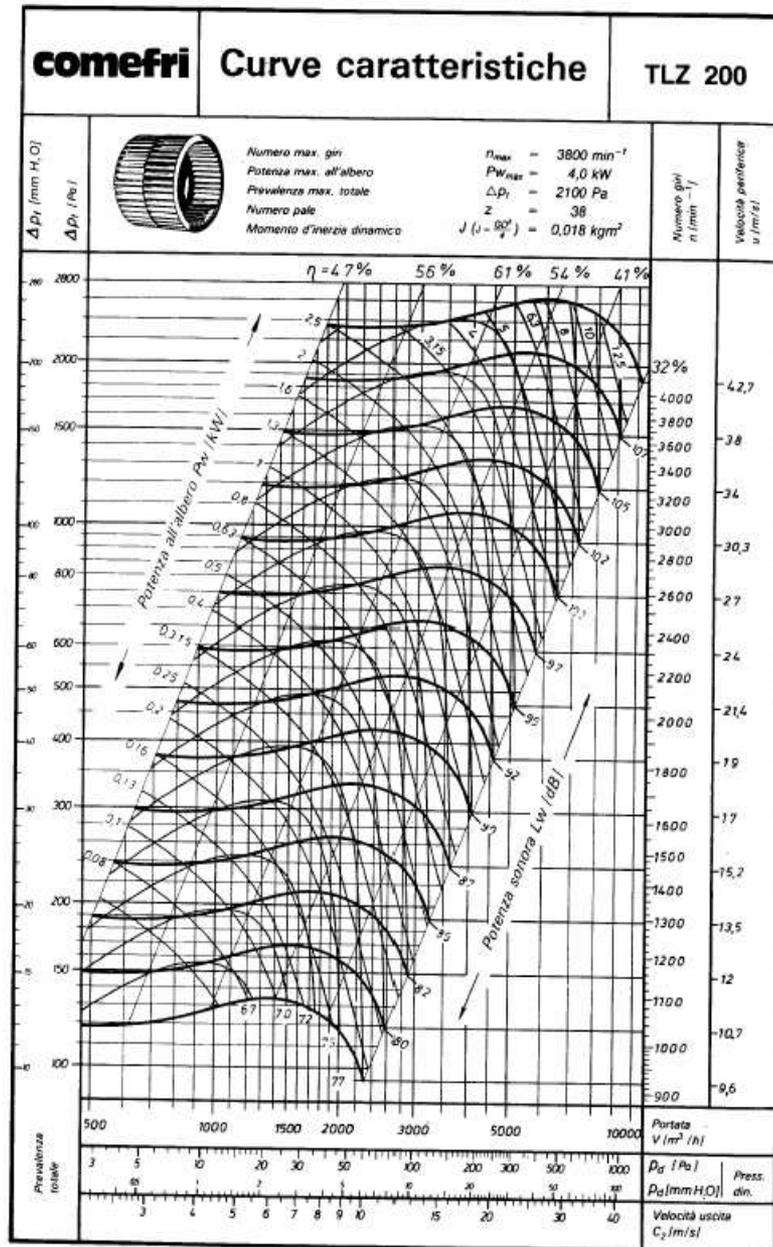
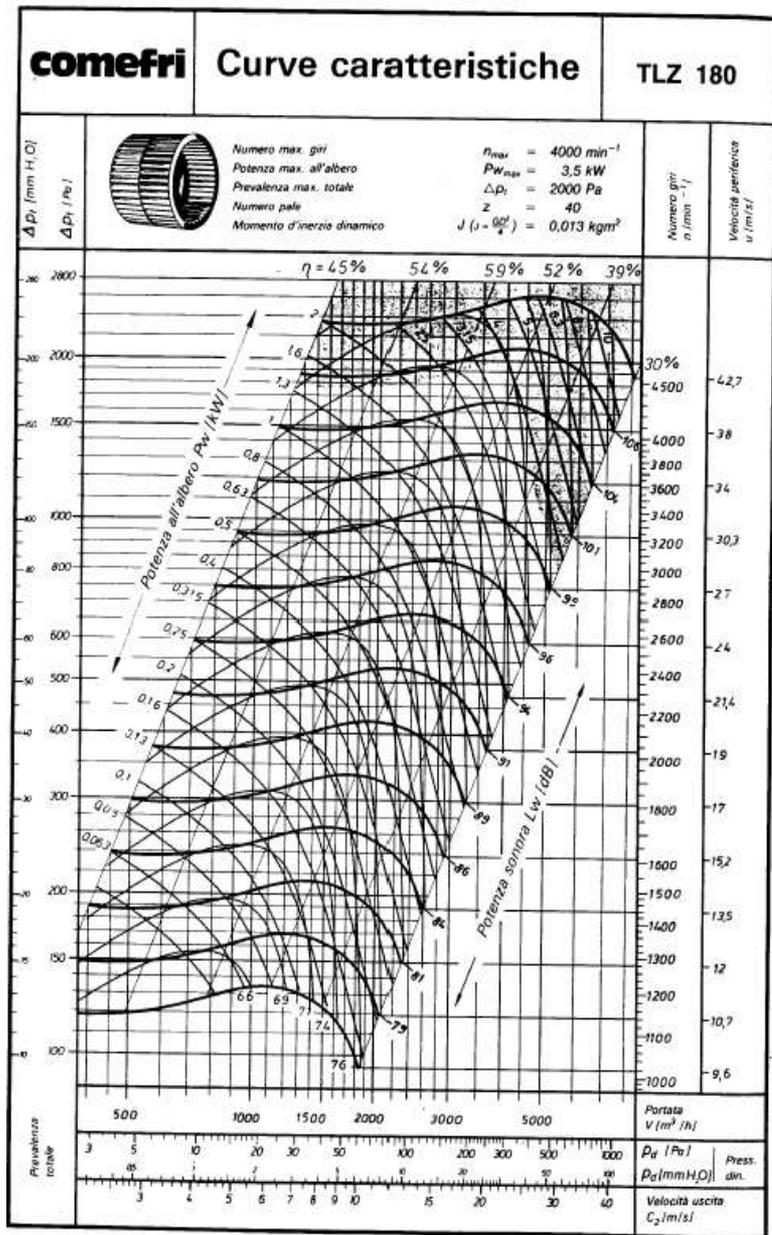
# Prestazioni delle Batterie Elettriche

Grand.	1° stadio			2° stadio		
	Elementi n°	Potenza W	Dt °C	Elementi n°	Potenza W	Dt °C
1	3	2.100	5,5	6	4.200	11,0
2	3	2.100	3,4	9	6.300	10,3
3	3	3.000	3,6	9	9.000	10,7
4	3	3.600	3,4	9	10.800	10,2
5	3	3.900	3,0	9	11.700	9,1
6	3	4.500	3,0	9	13.500	8,9
7	6	7.200	4,2	15	18.000	10,5
8	6	7.800	3,7	18	23.400	11,2
9	6	9.000	3,6	18	27.000	10,9
10	6	10.800	3,4	18	32.400	10,1
11	9	13.500	3,7	27	40.500	11,2
12	9	18.000	3,9	27	54.000	11,6
13	12	24.000	4,1	30	60.000	10,2

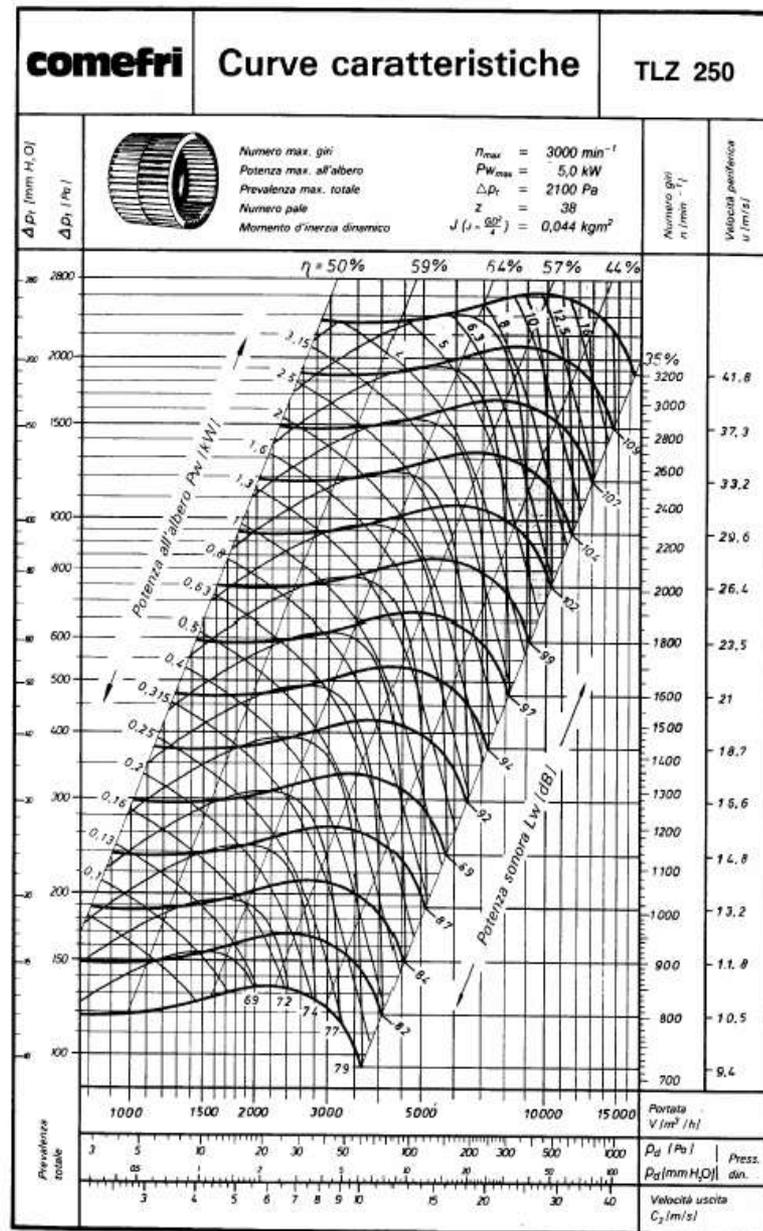
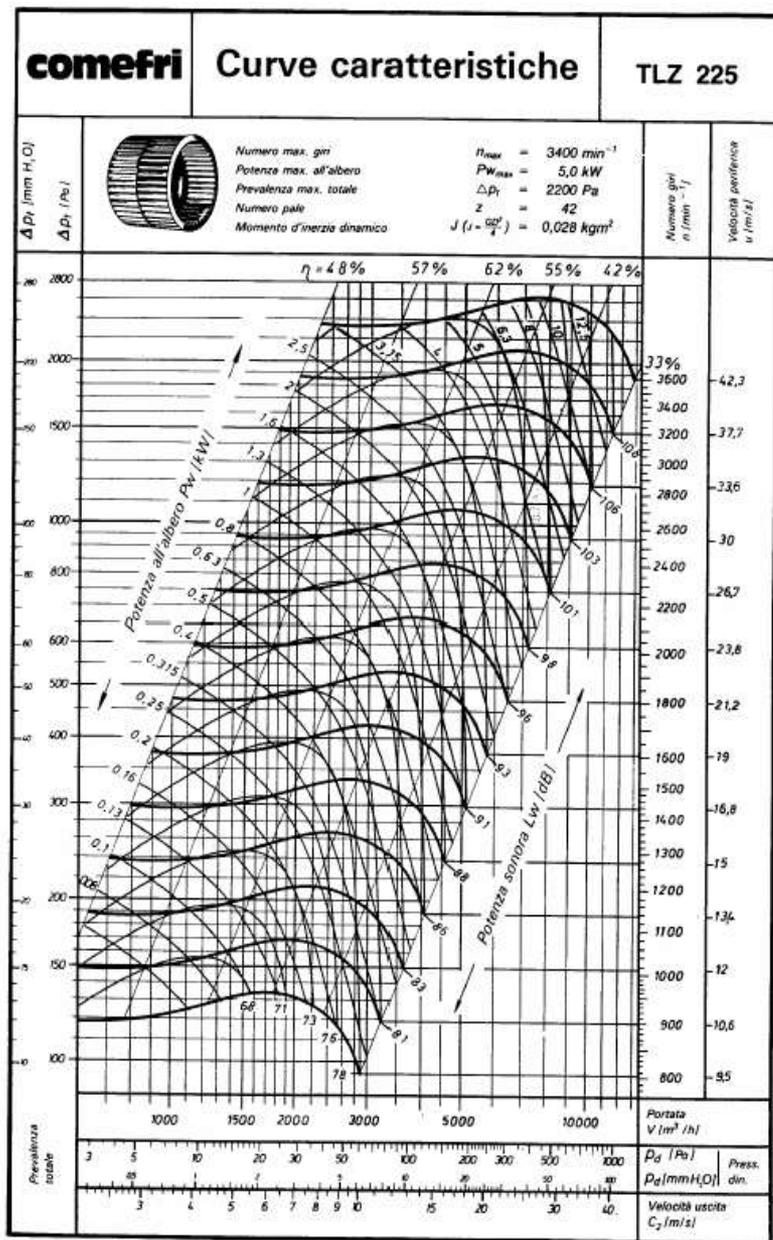
Grand.	3° stadio			4° stadio		
	Elementi n°	Potenza W	Dt °C	Elementi n°	Potenza W	Dt °C
1	9	6.300	16,5	12	8.400	22,0
2	12	8.400	13,7	18	12.600	20,6
3	12	12.000	14,2	18	18.000	21,3
4	12	14.400	13,6	18	21.600	20,5
5	12	15.600	12,1	18	23.400	18,2
6	15	22.500	14,8	21	31.500	20,7
7	21	25.200	14,7	27	32.400	18,9
8	24	31.200	14,9	33	42.900	20,5
9	24	36.000	14,6	33	49.500	20,0
10	27	48.600	15,2	36	64.800	20,3
11	36	54.000	14,9	45	67.500	18,7
12	36	72.000	15,4	45	90.000	19,3
13	45	90.000	15,3	60	120.000	20,3

I salti termici Dt sono riferiti alla portata nominale corrispondente ad una velocità frontale sulle batterie di 2.5 m/s.

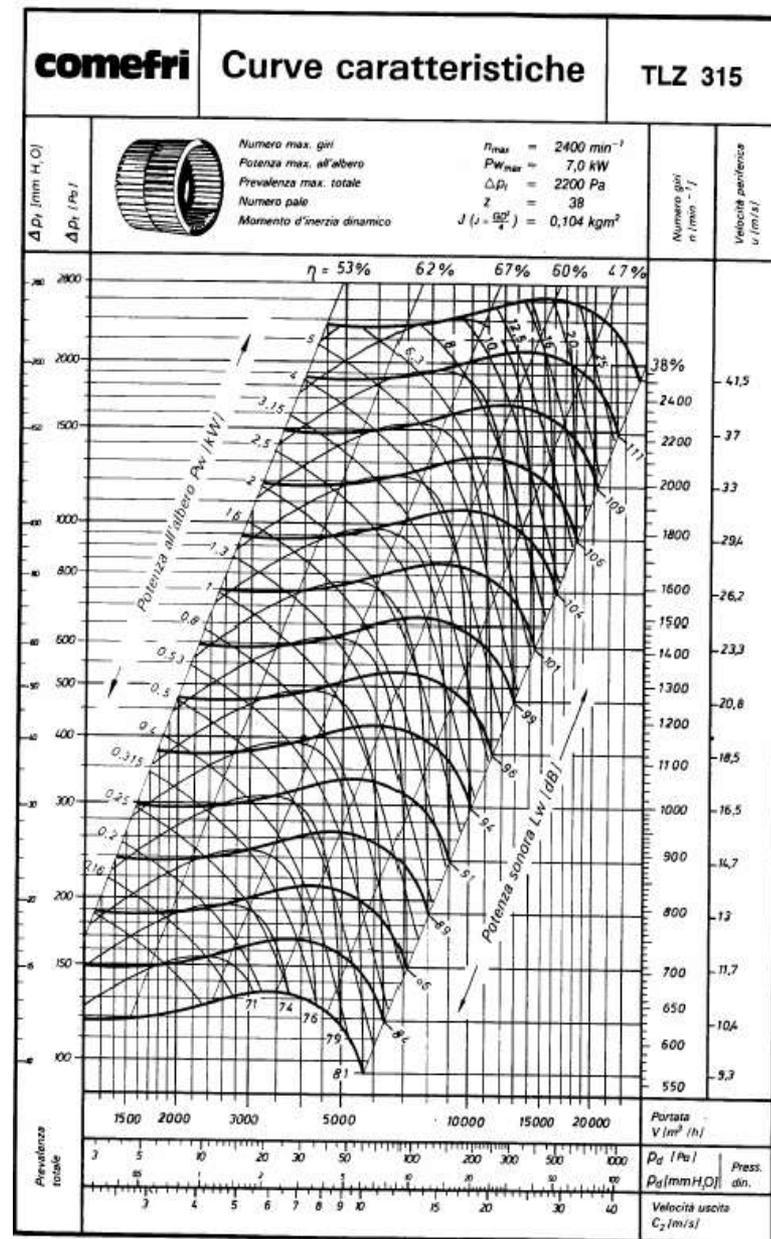
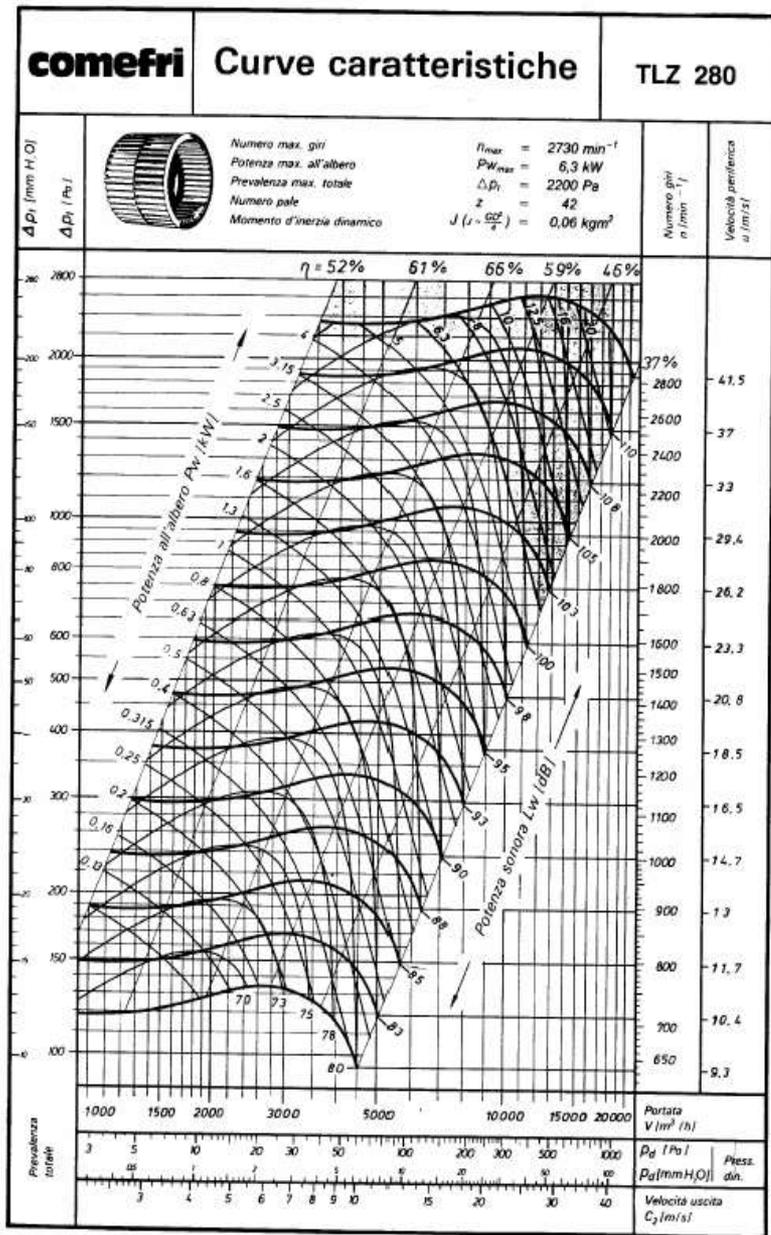
# Curve Caratteristiche dei Ventilatori a Pale in avanti



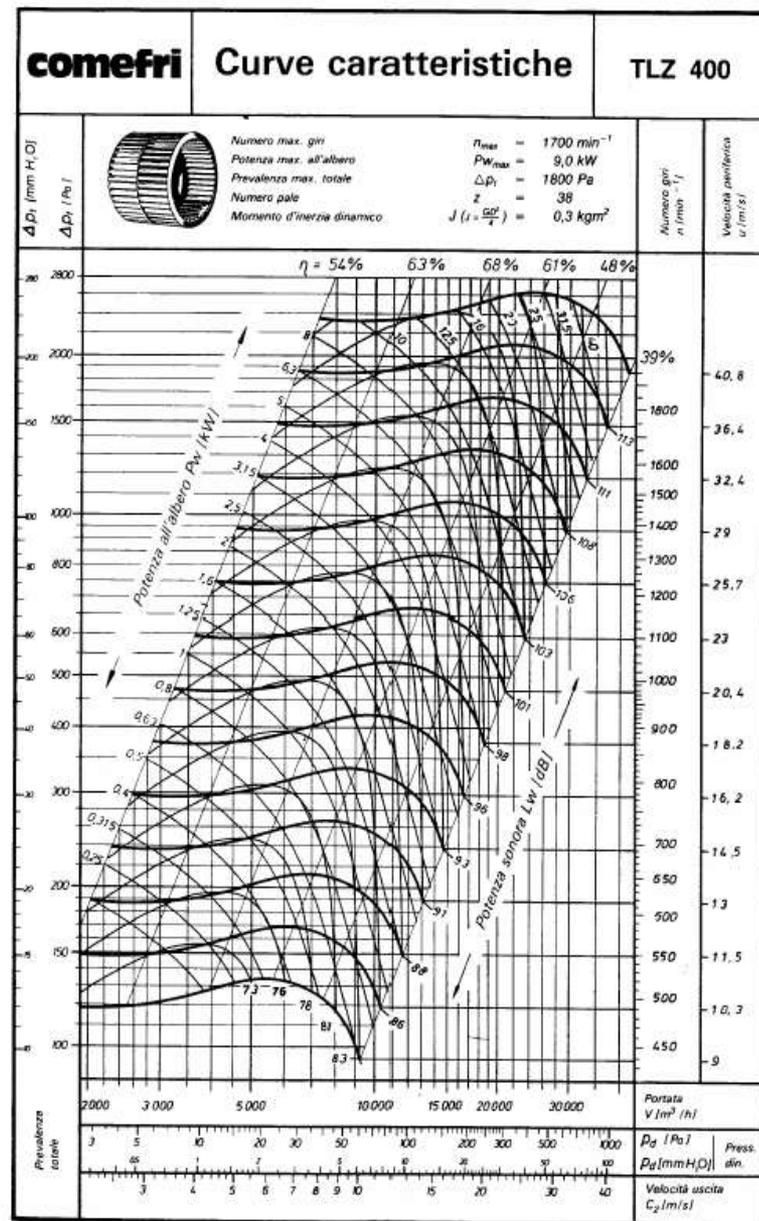
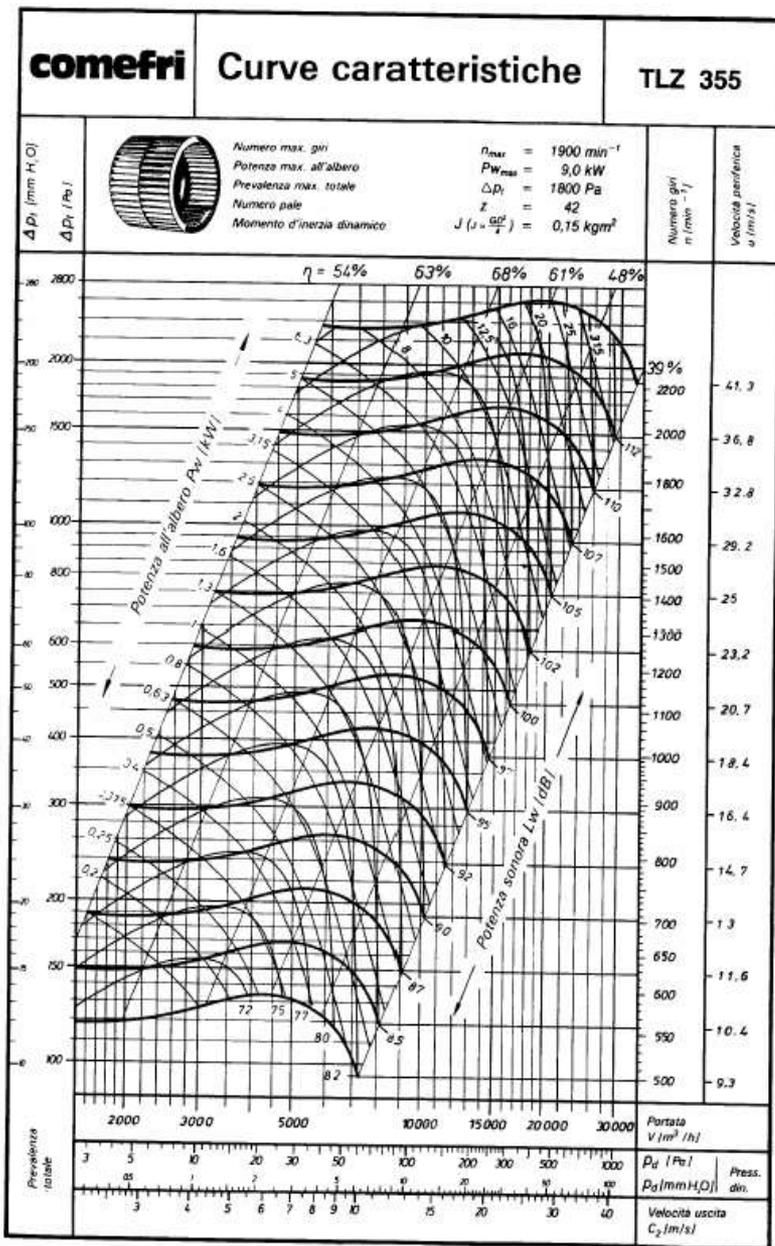
# Curve Caratteristiche dei Ventilatori a Pale in avanti



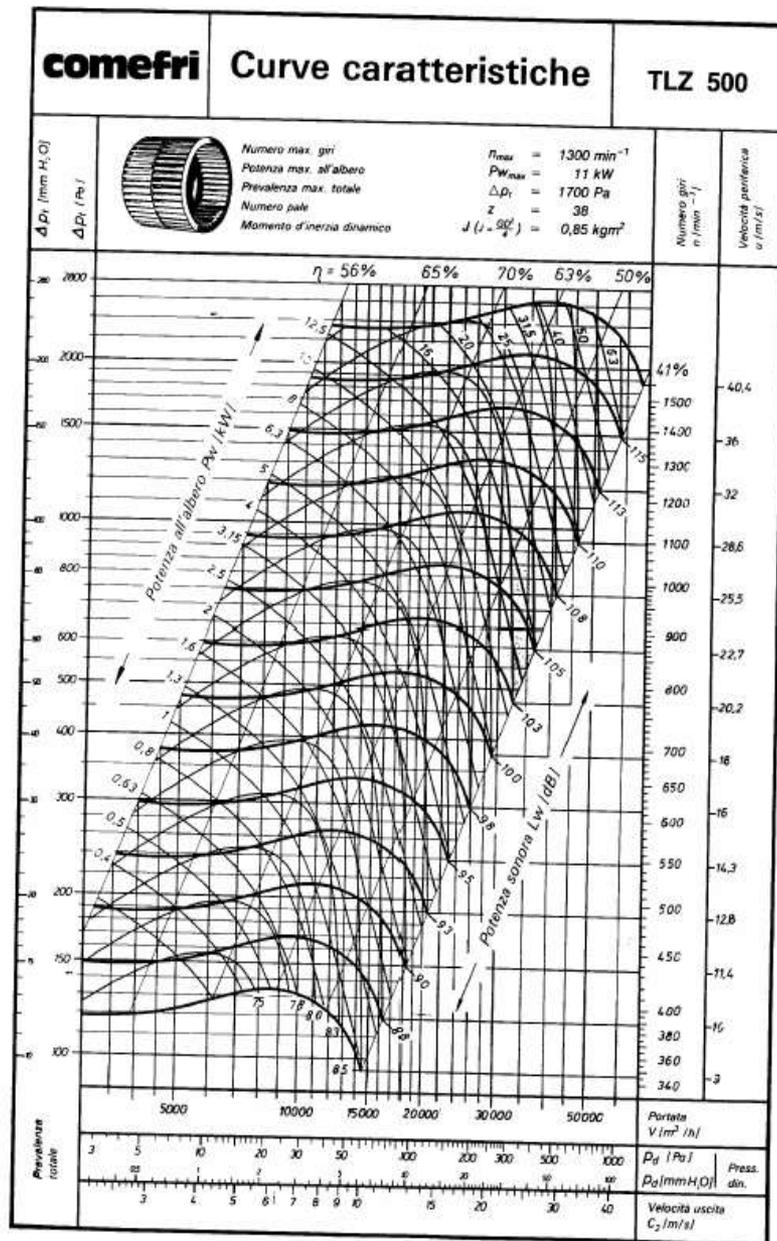
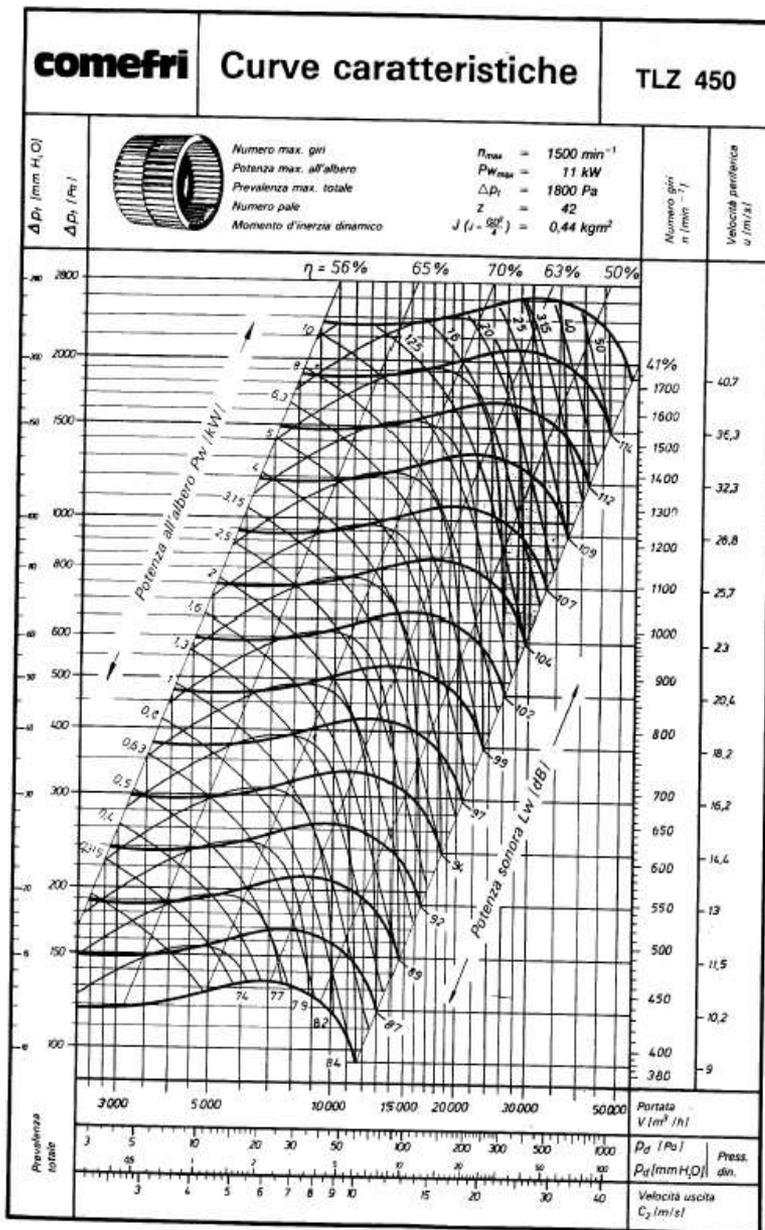
# Curve Caratteristiche dei Ventilatori a Pale in avanti



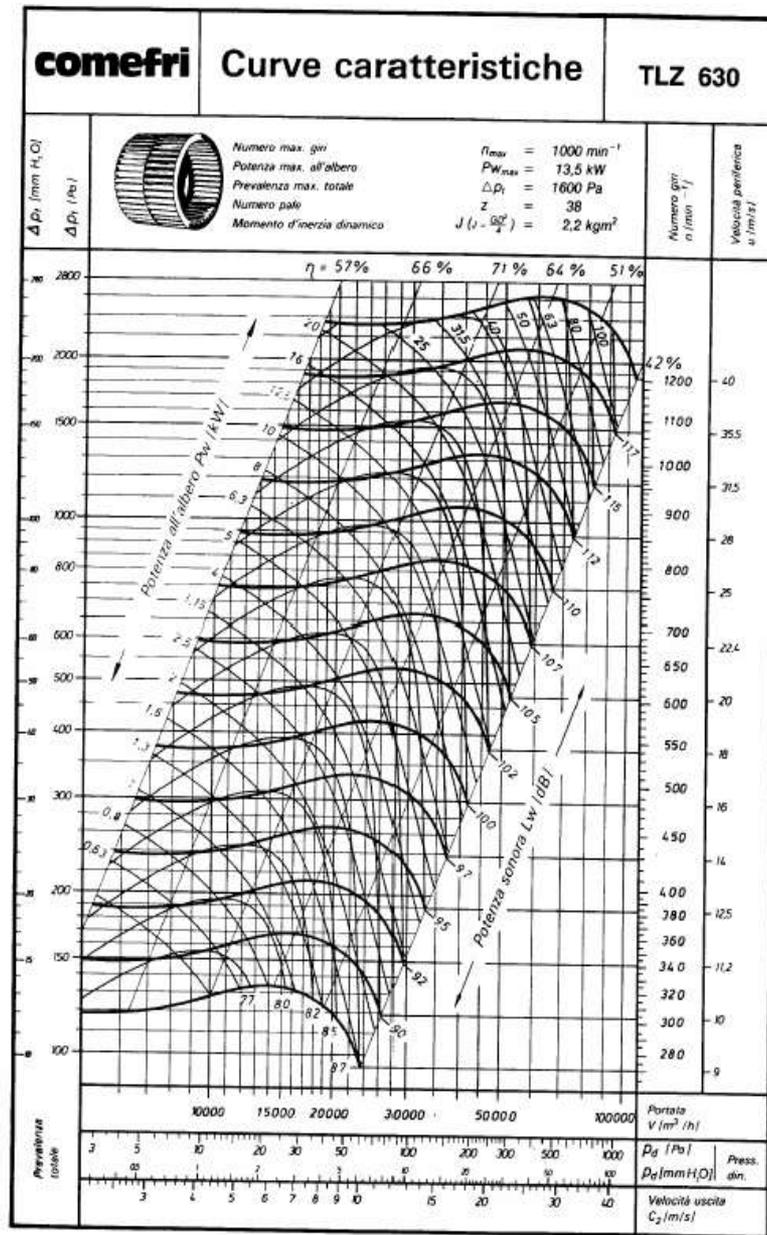
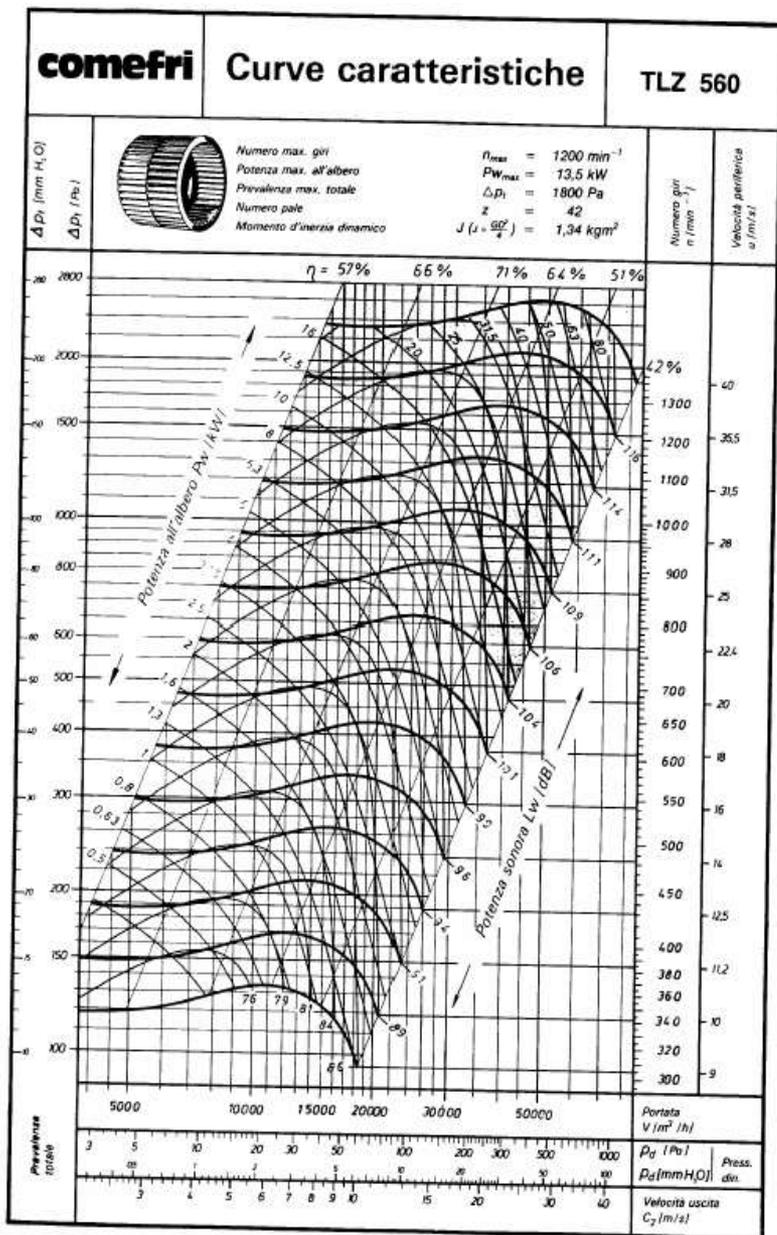
# Curve Caratteristiche dei Ventilatori a Pale in avanti



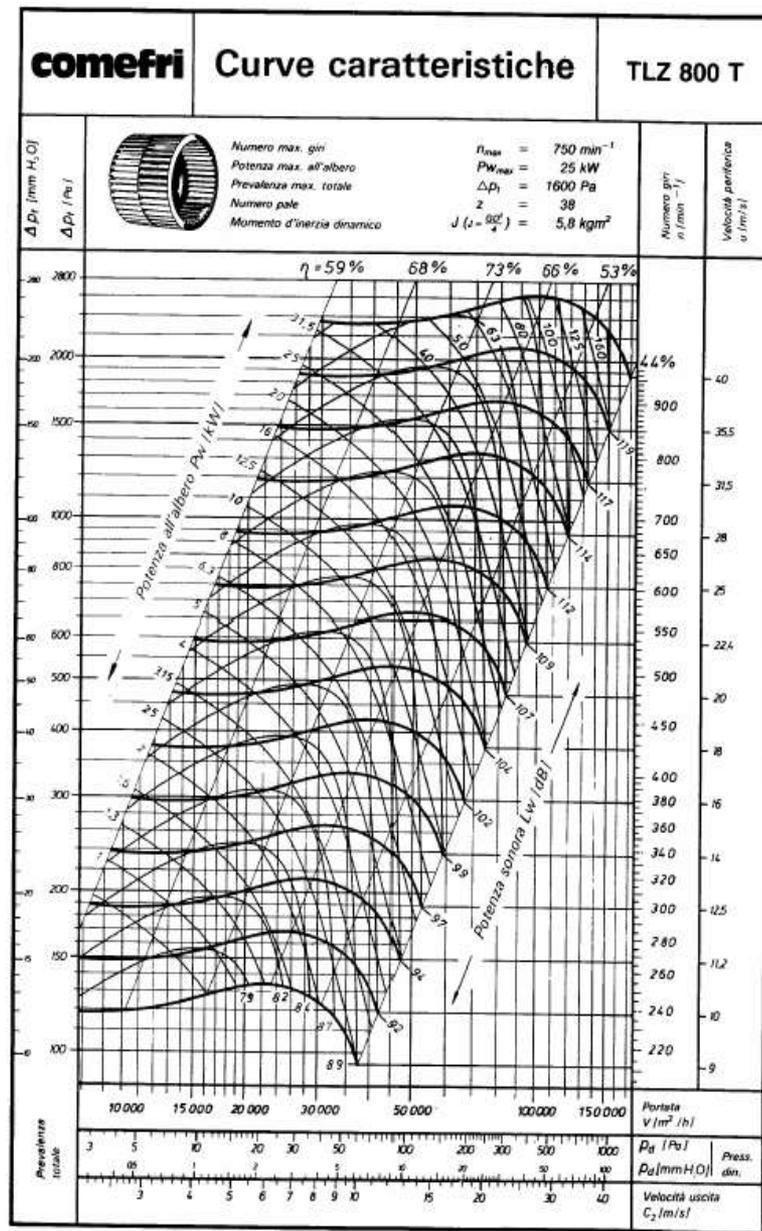
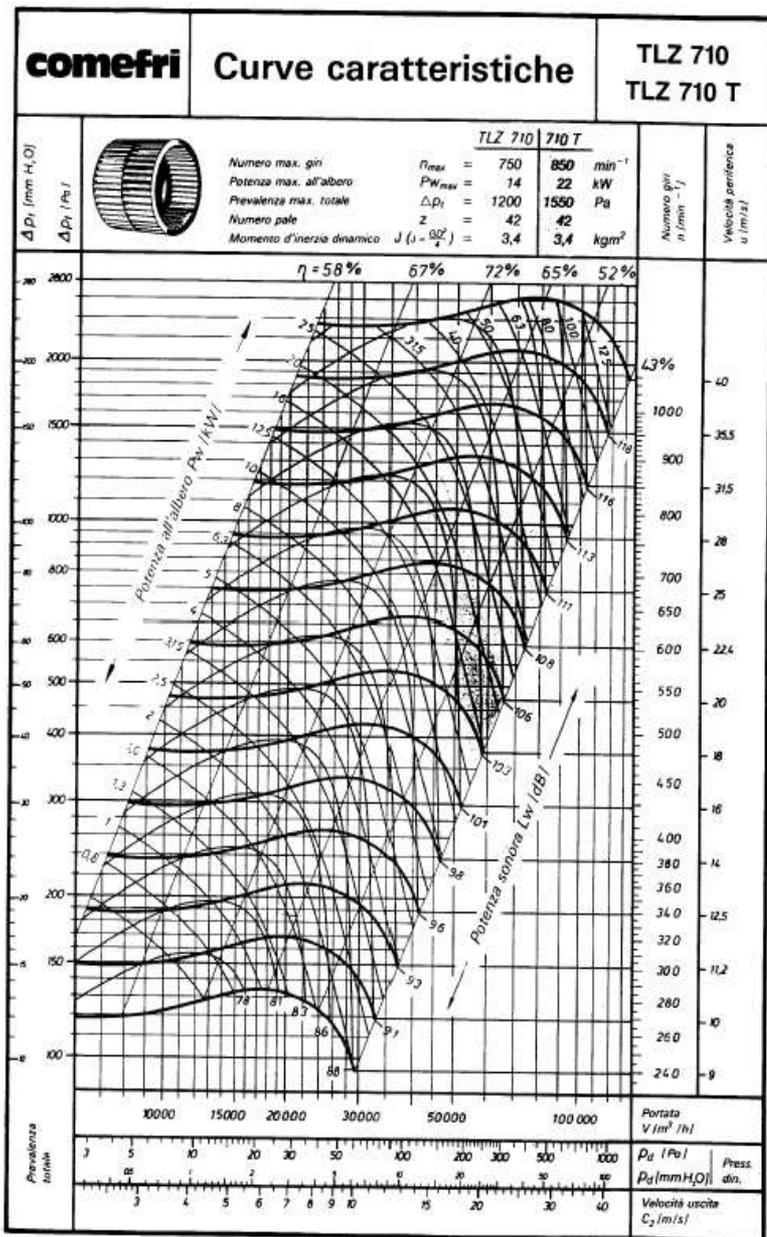
# Curve Caratteristiche dei Ventilatori a Pale in avanti



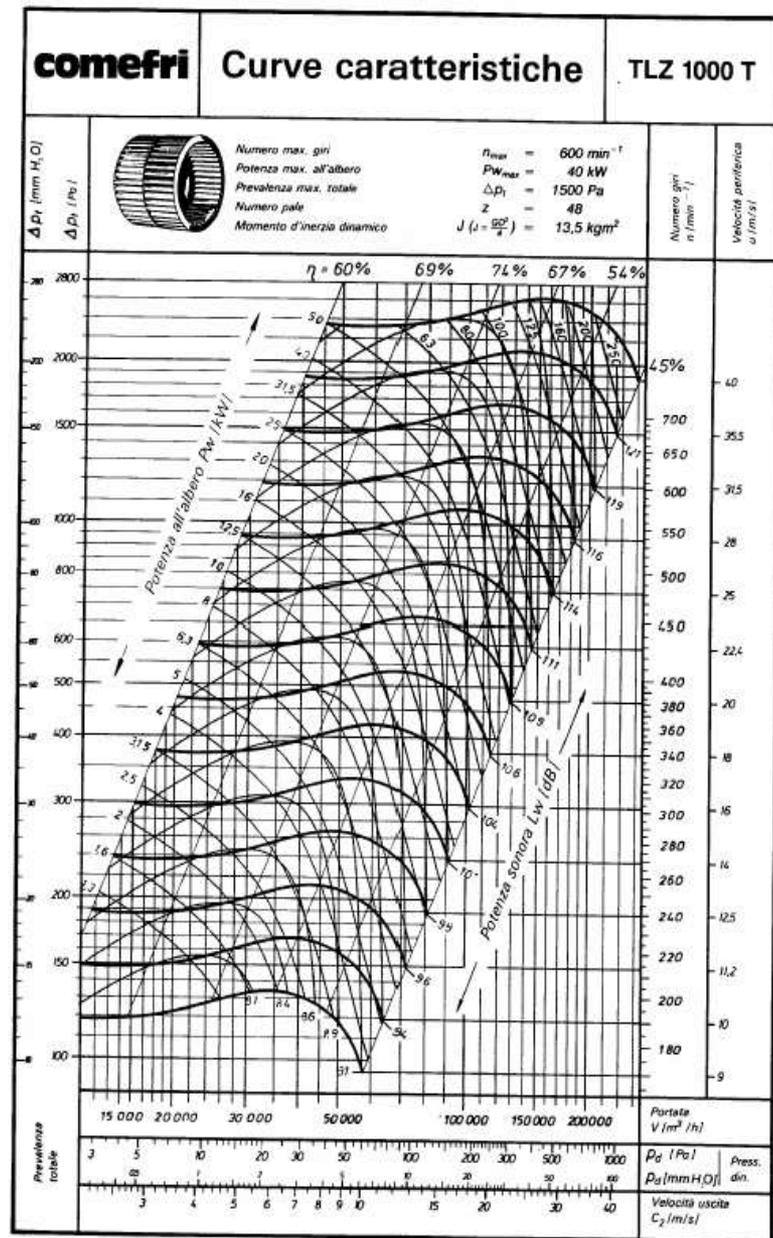
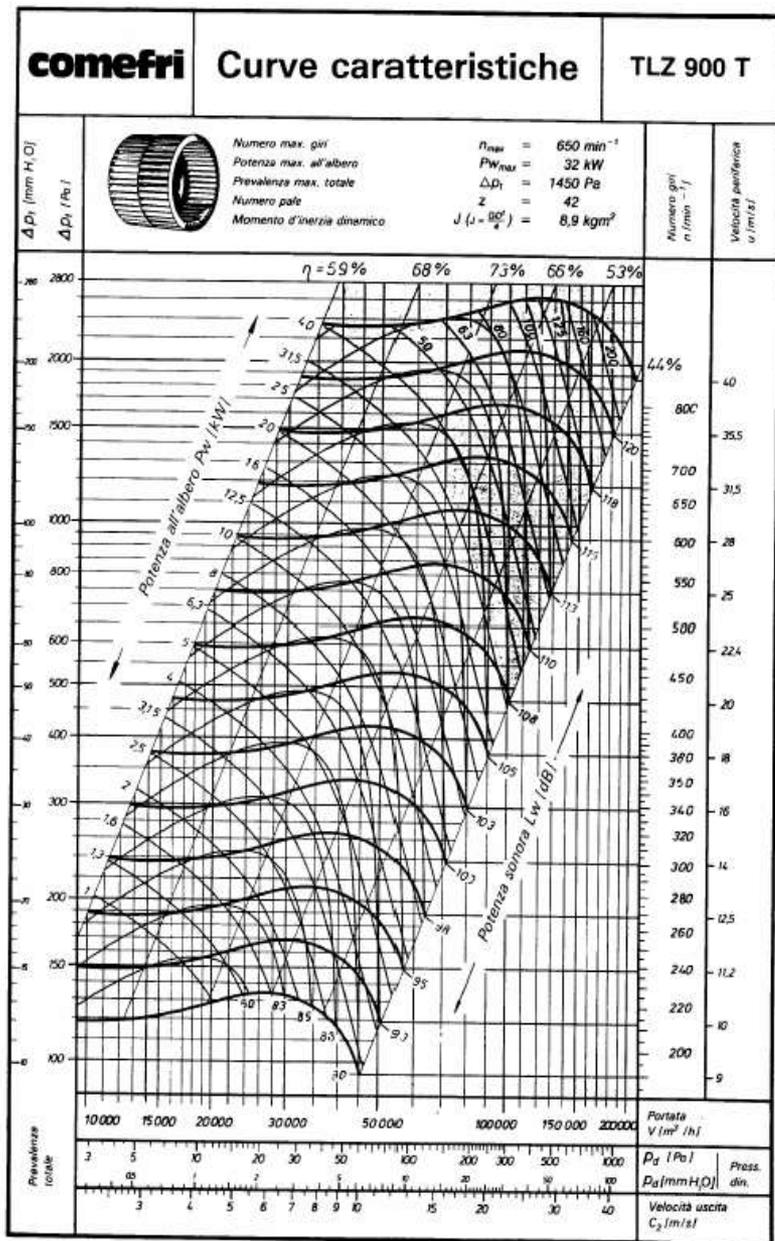
# Curve Caratteristiche dei Ventilatori a Pale in avanti



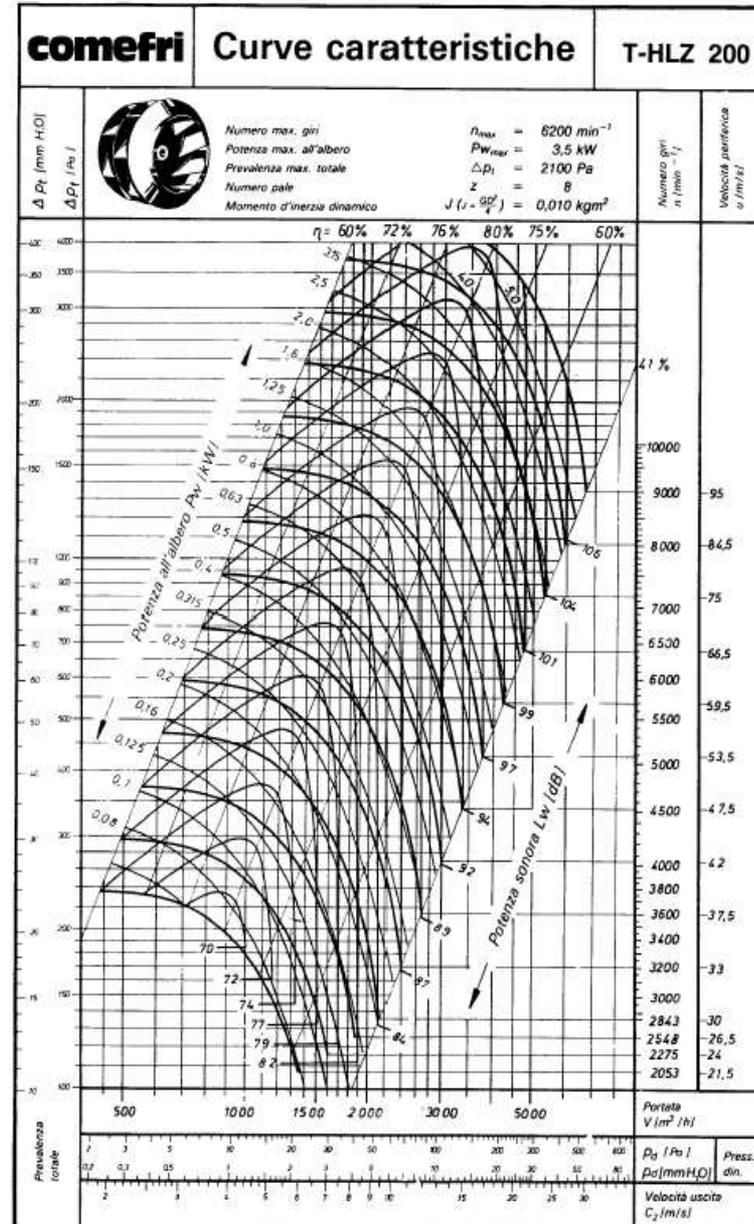
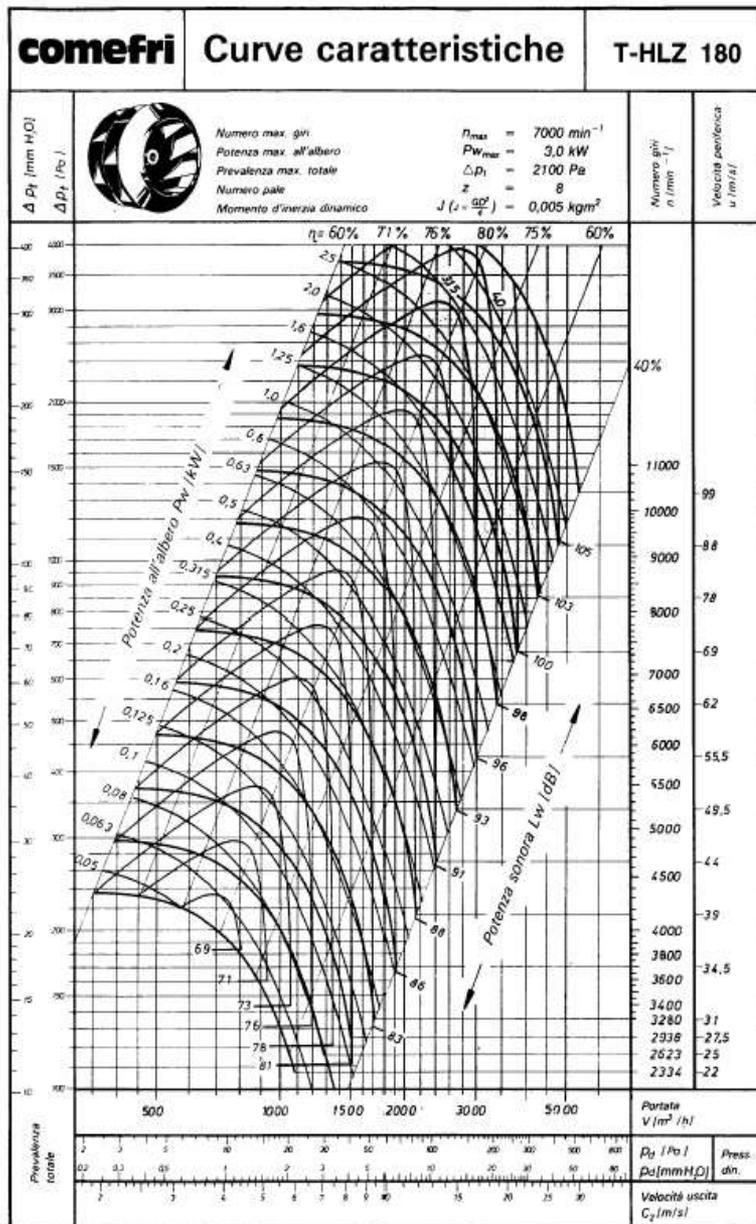
# Curve Caratteristiche dei Ventilatori a Pale in avanti



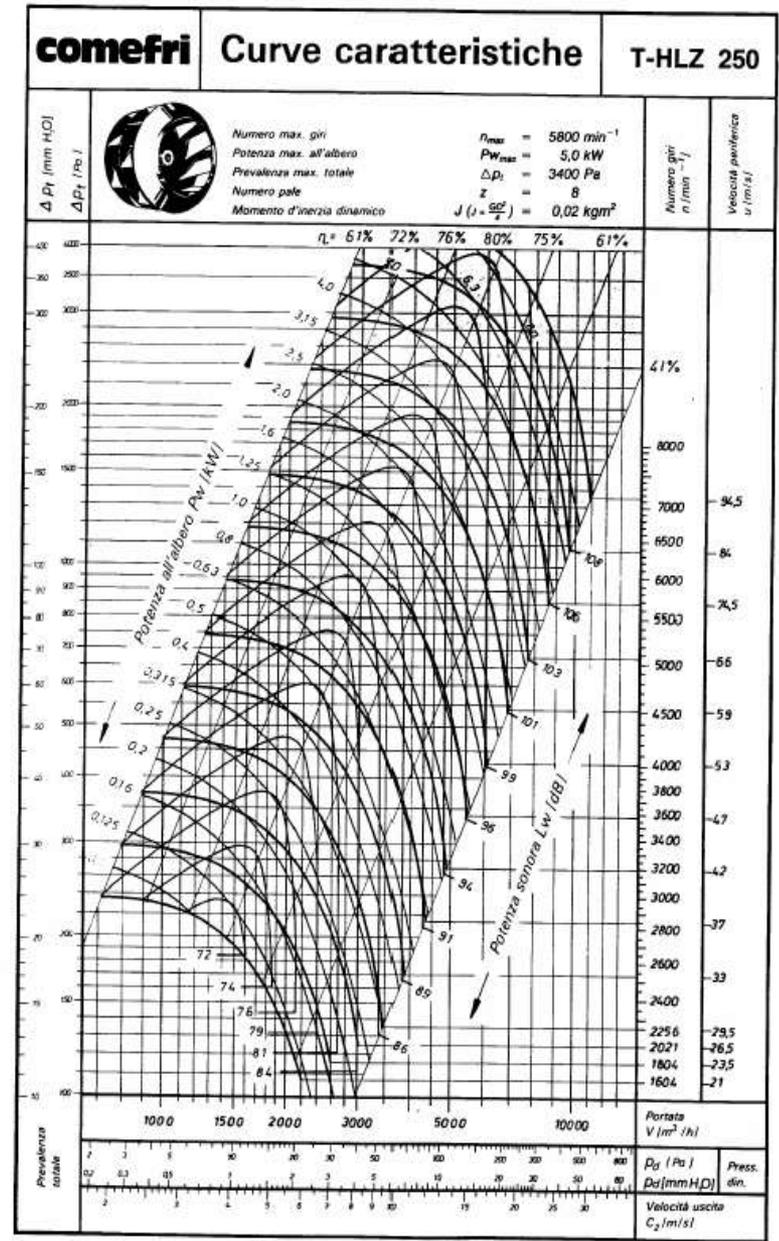
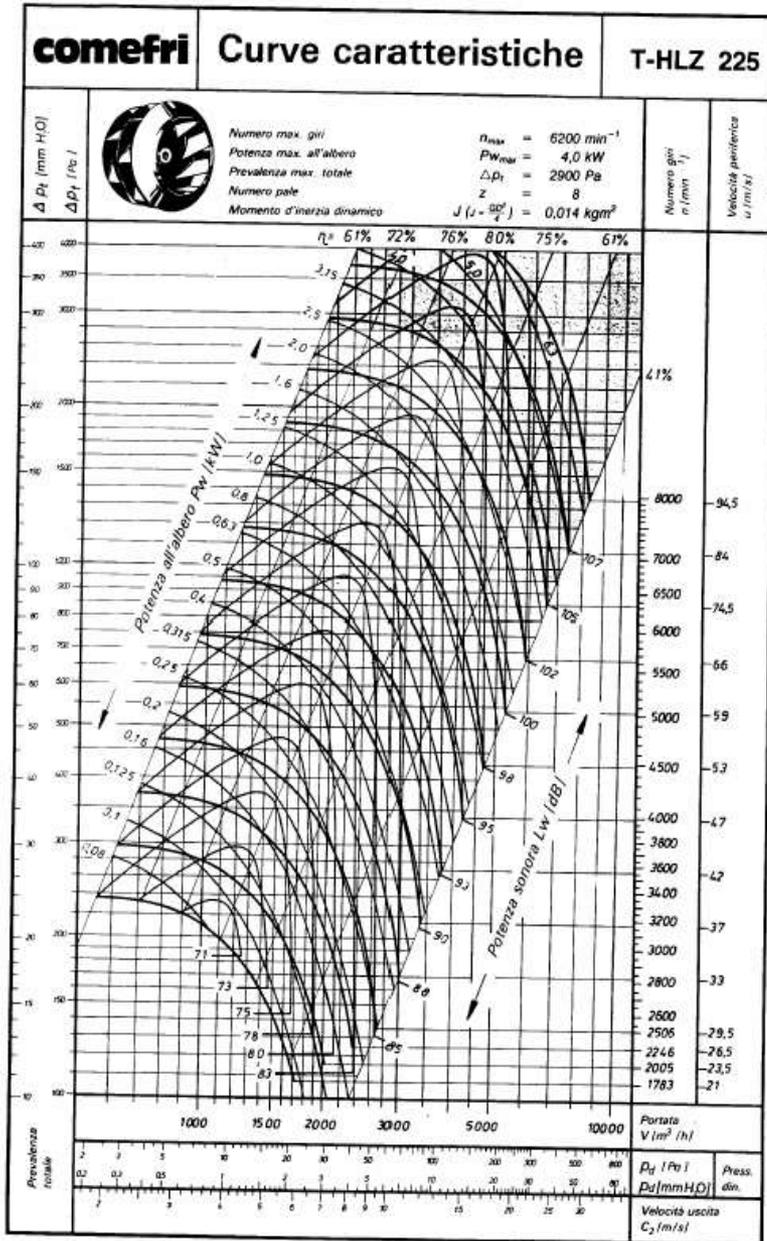
# Curve Caratteristiche dei Ventilatori a Pale in avanti



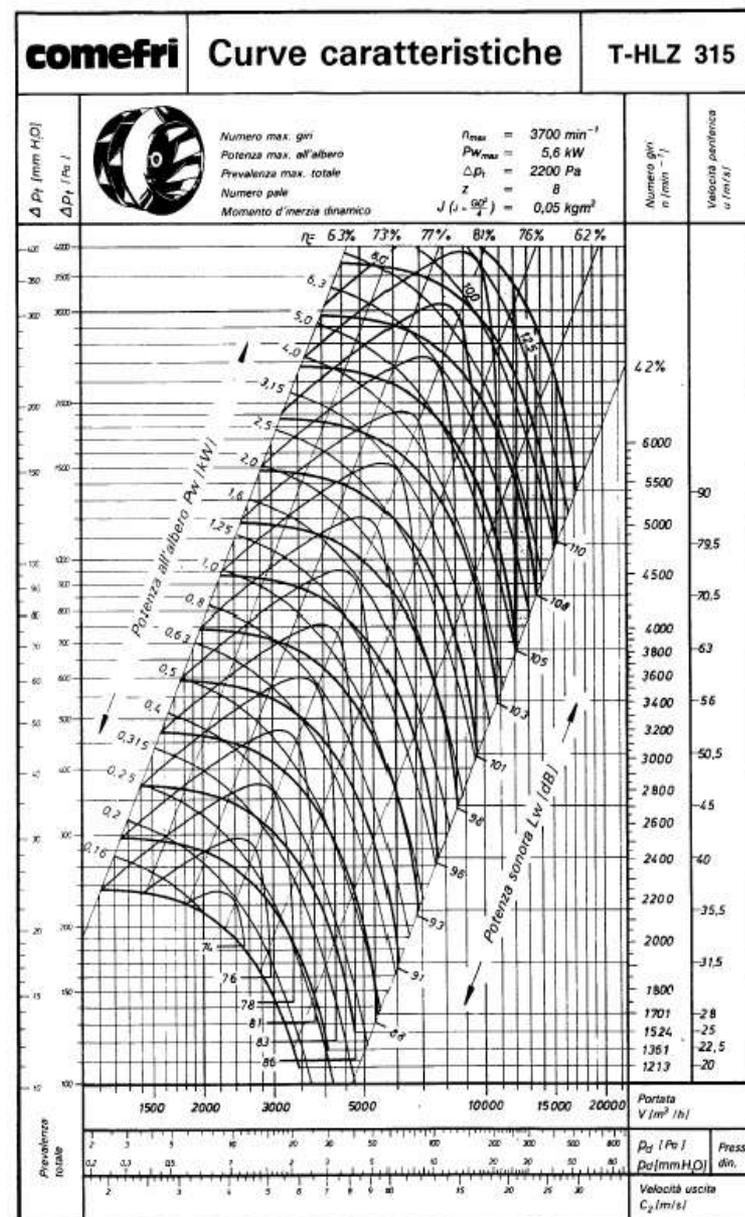
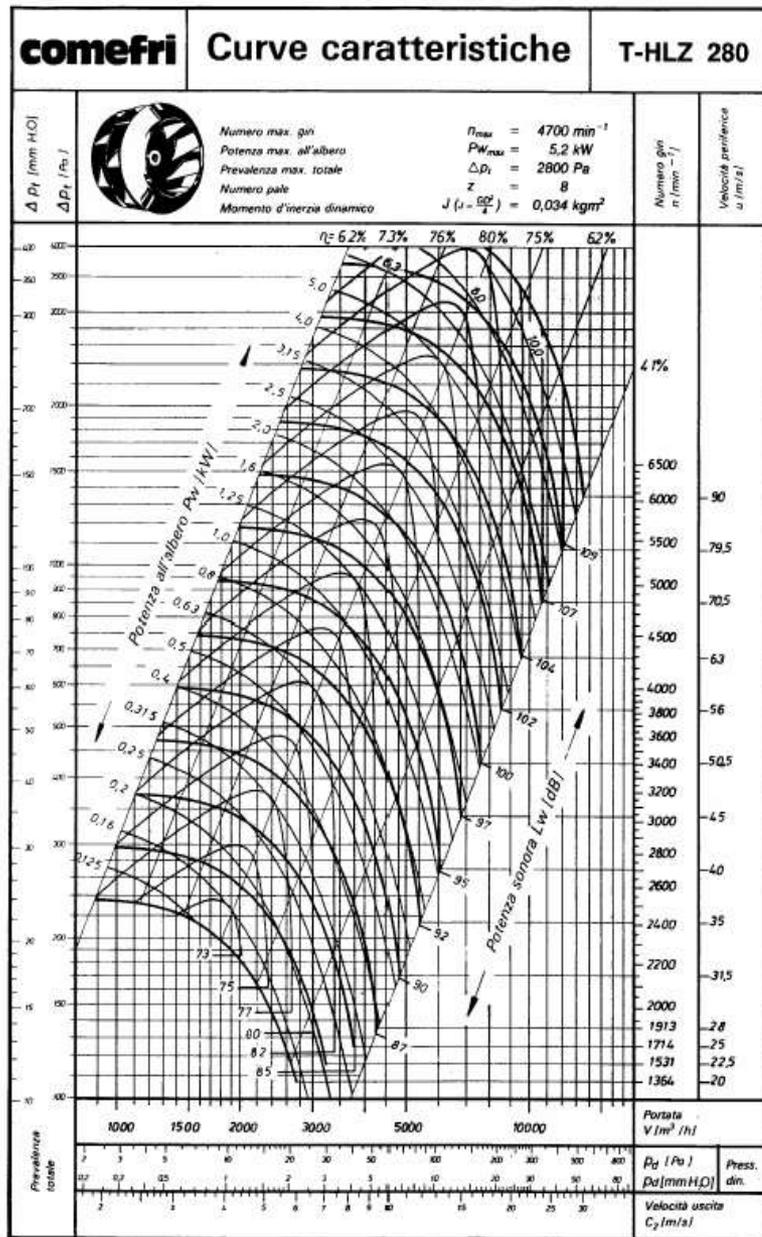
# Curve Caratteristiche dei Ventilatori a Pale rovesce



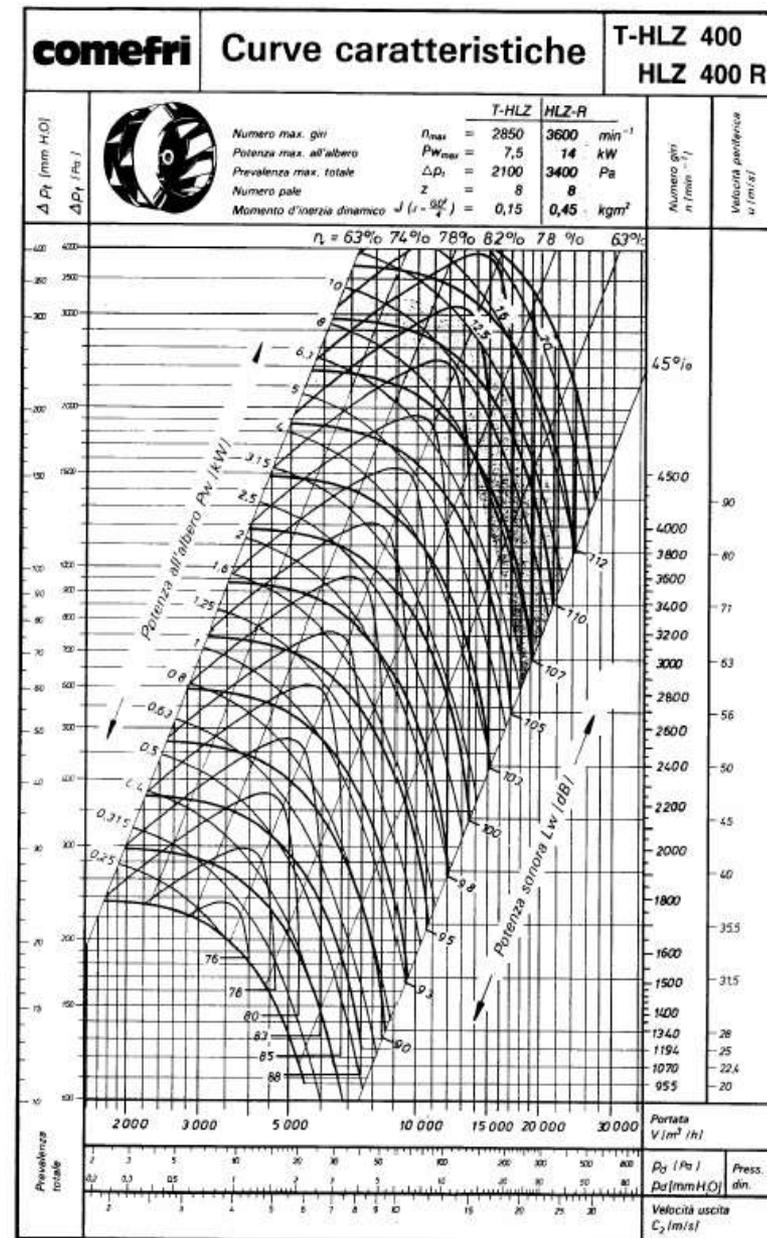
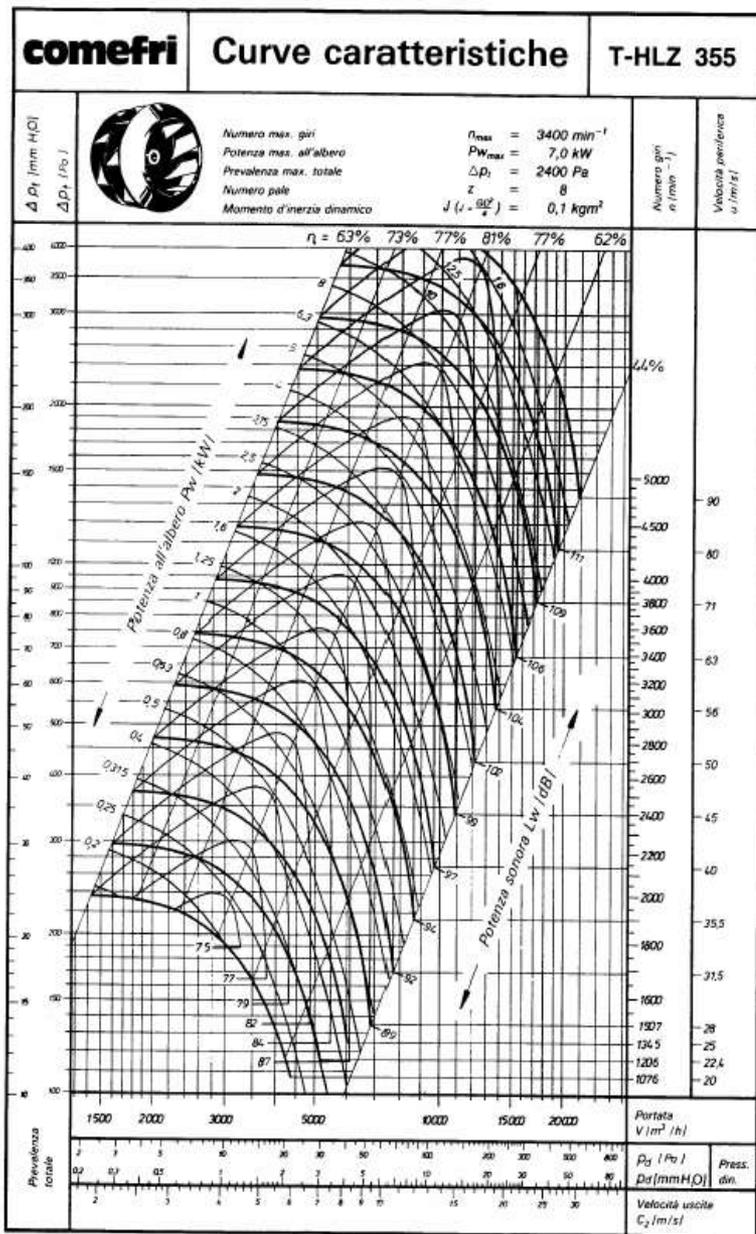
# Curve Caratteristiche dei Ventilatori a Pale rovesce



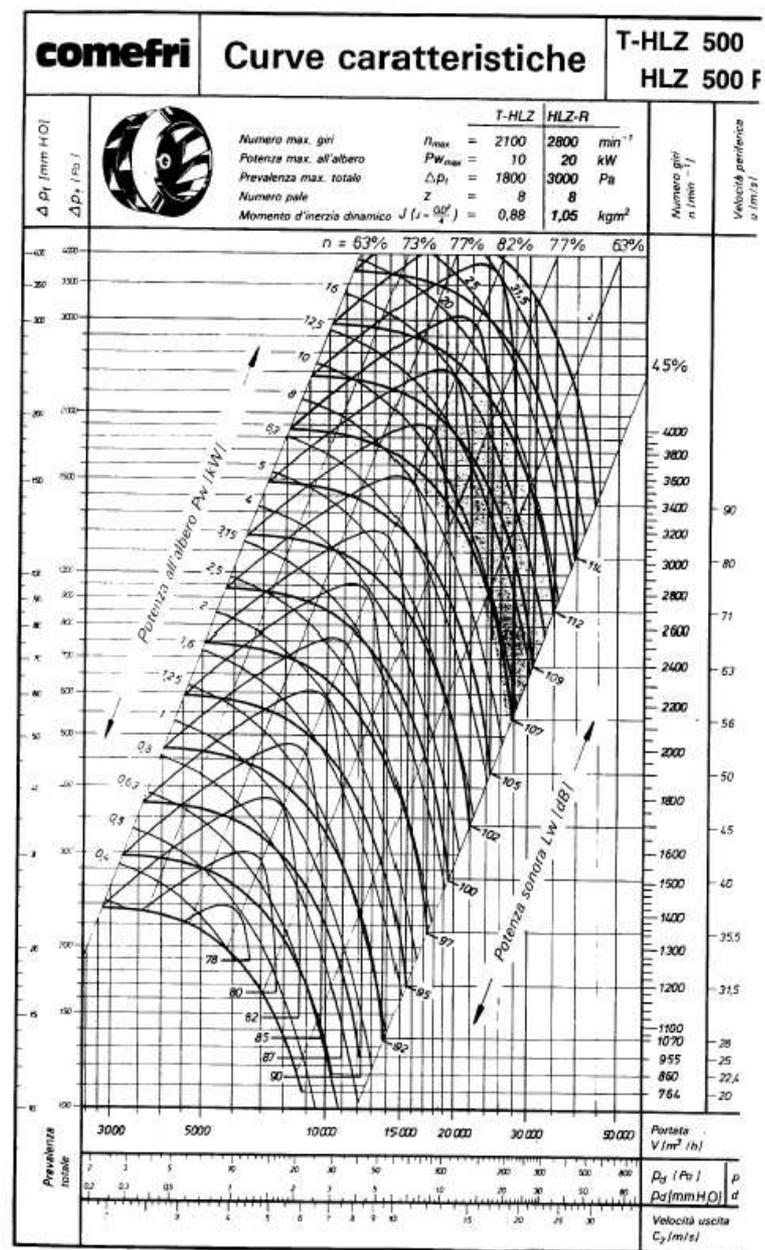
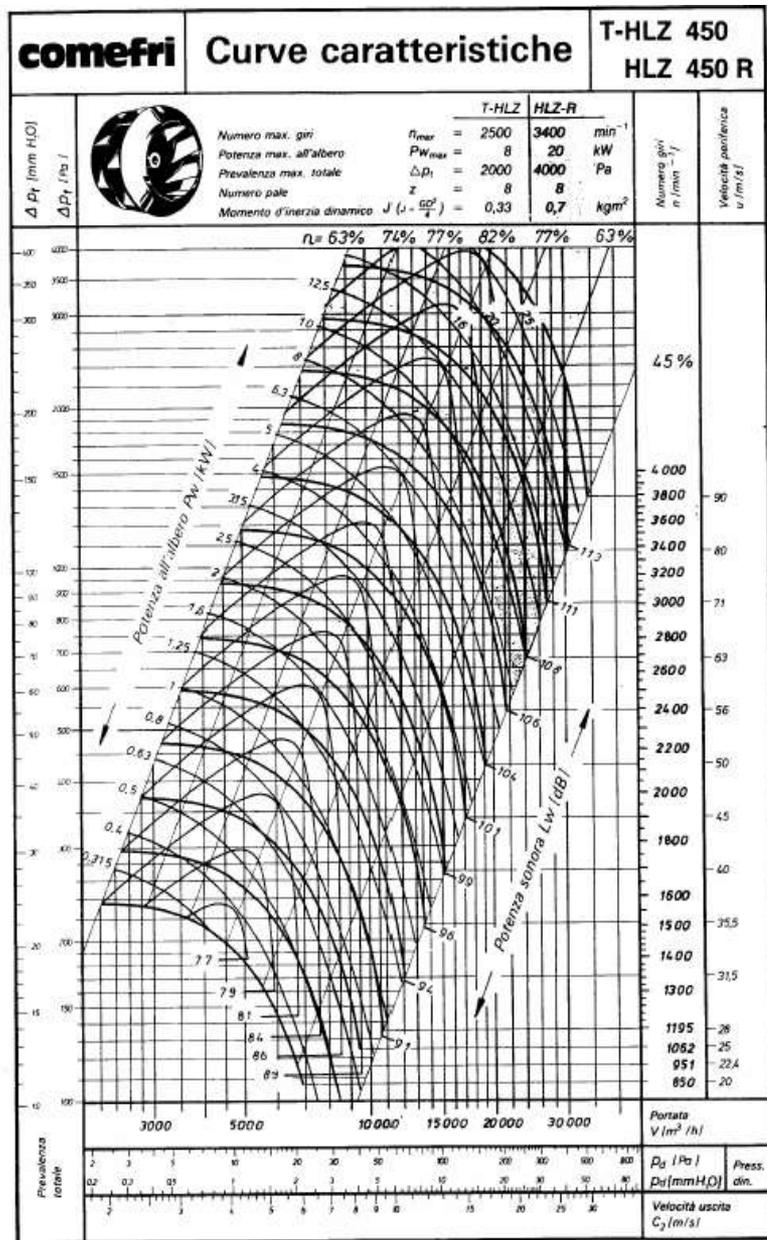
# Curve Caratteristiche dei Ventilatori a Pale rovesce



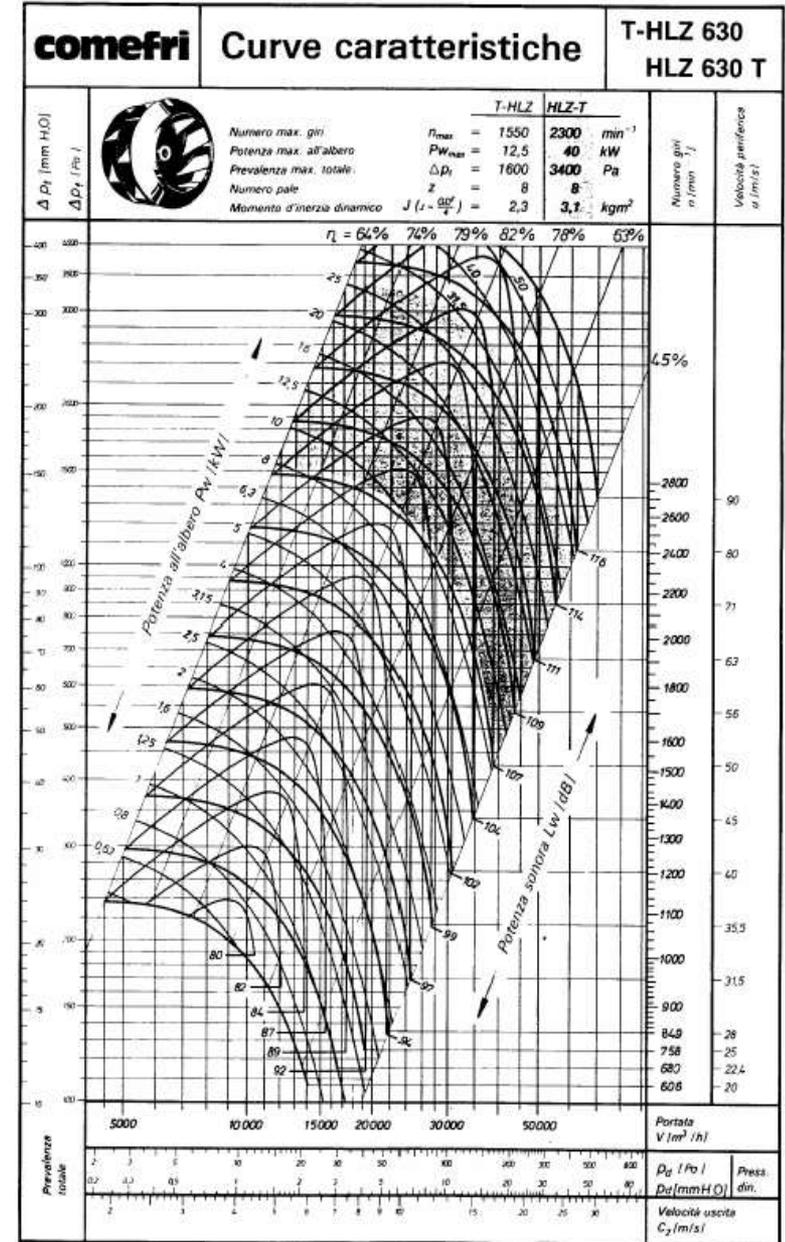
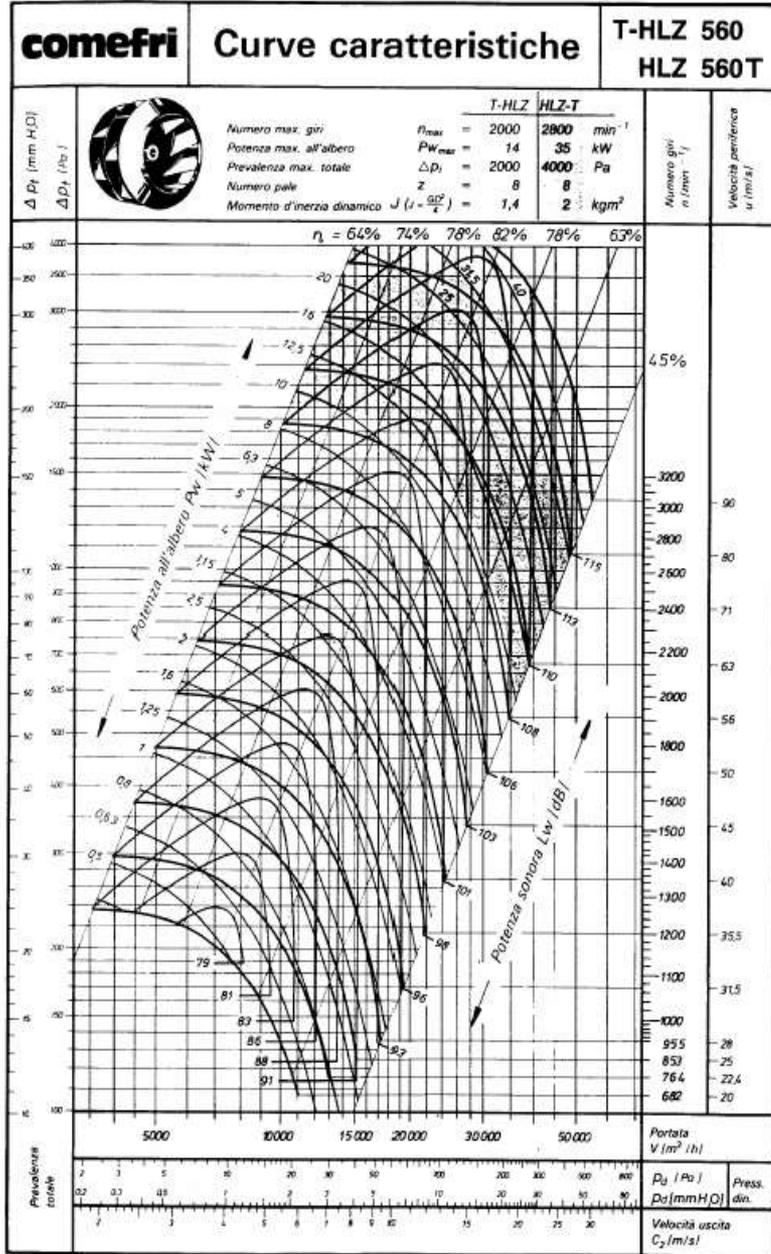
# Curve Caratteristiche dei Ventilatori a Pale rovesce



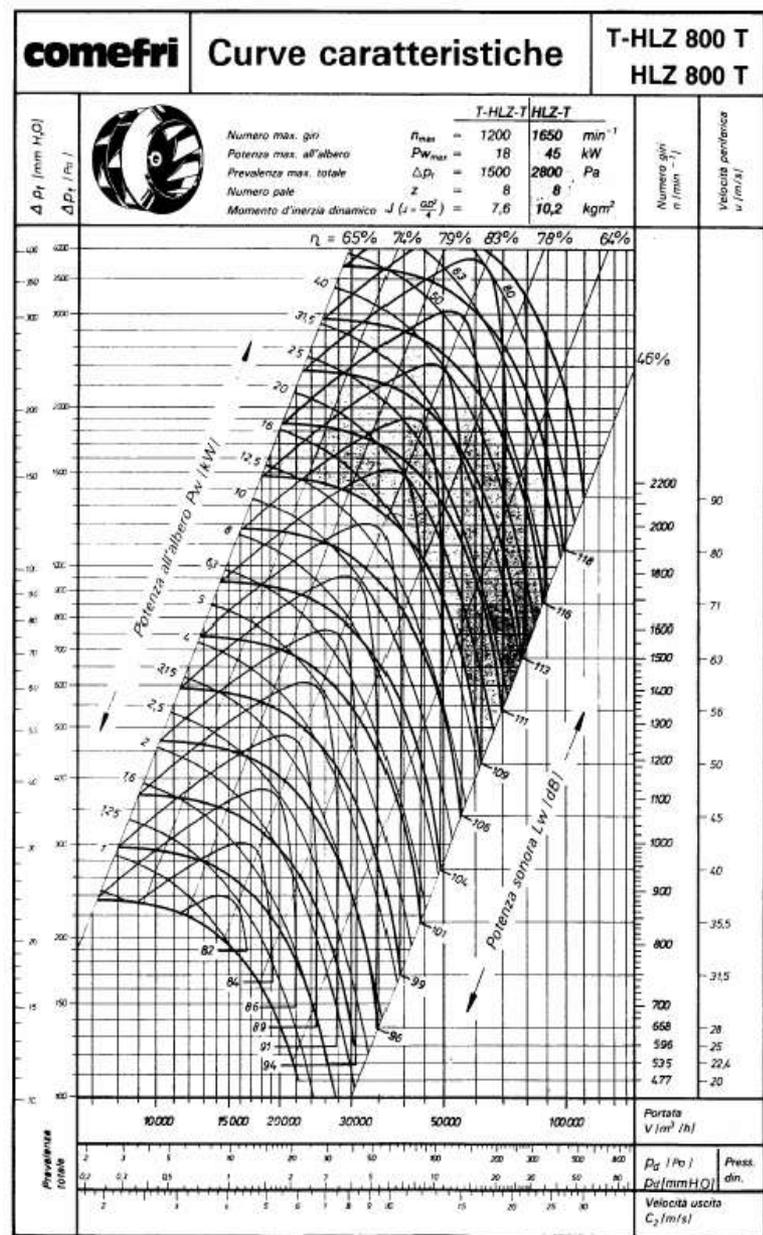
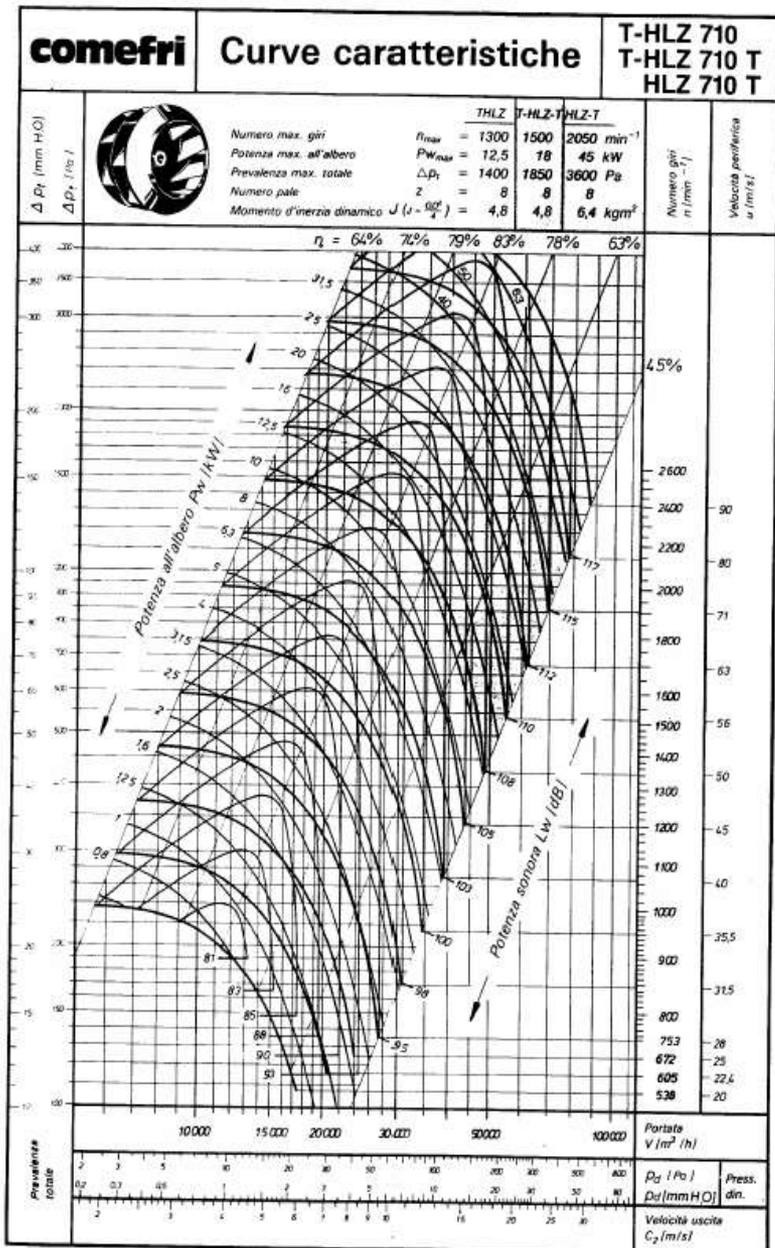
# Curve Caratteristiche dei Ventilatori a Pale rovesce



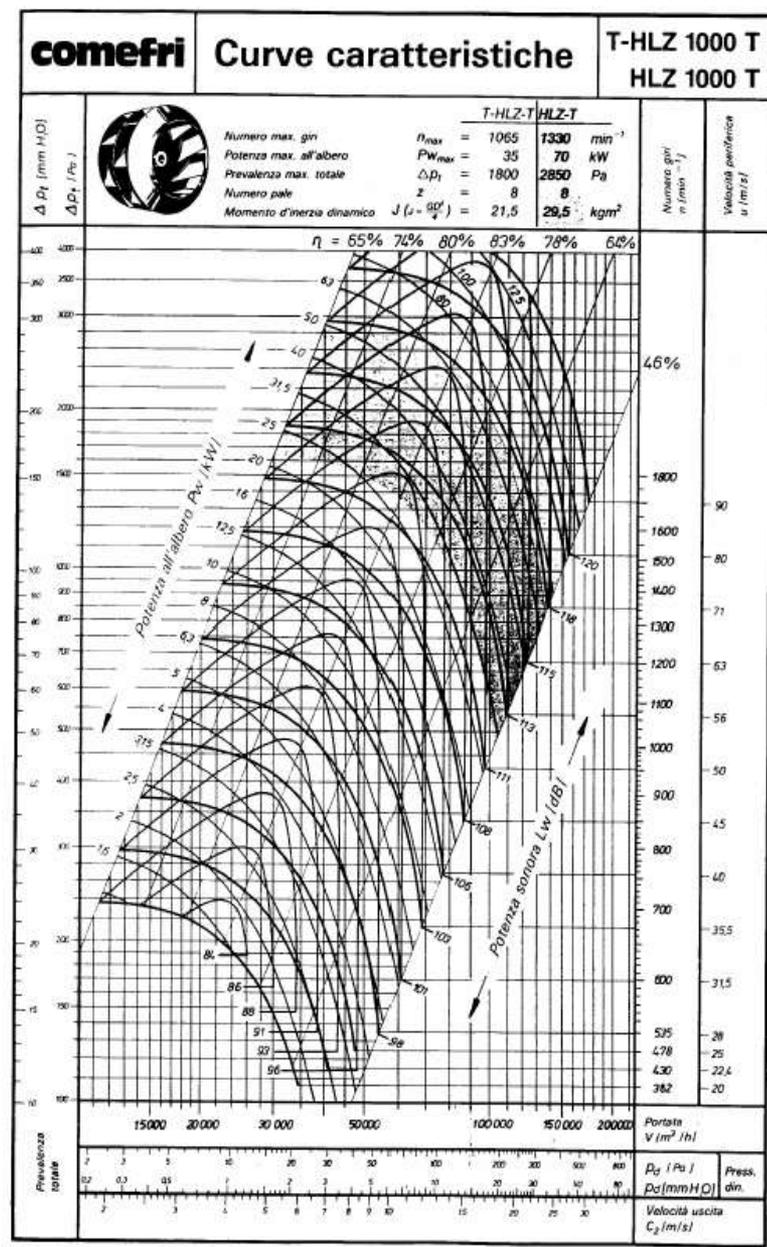
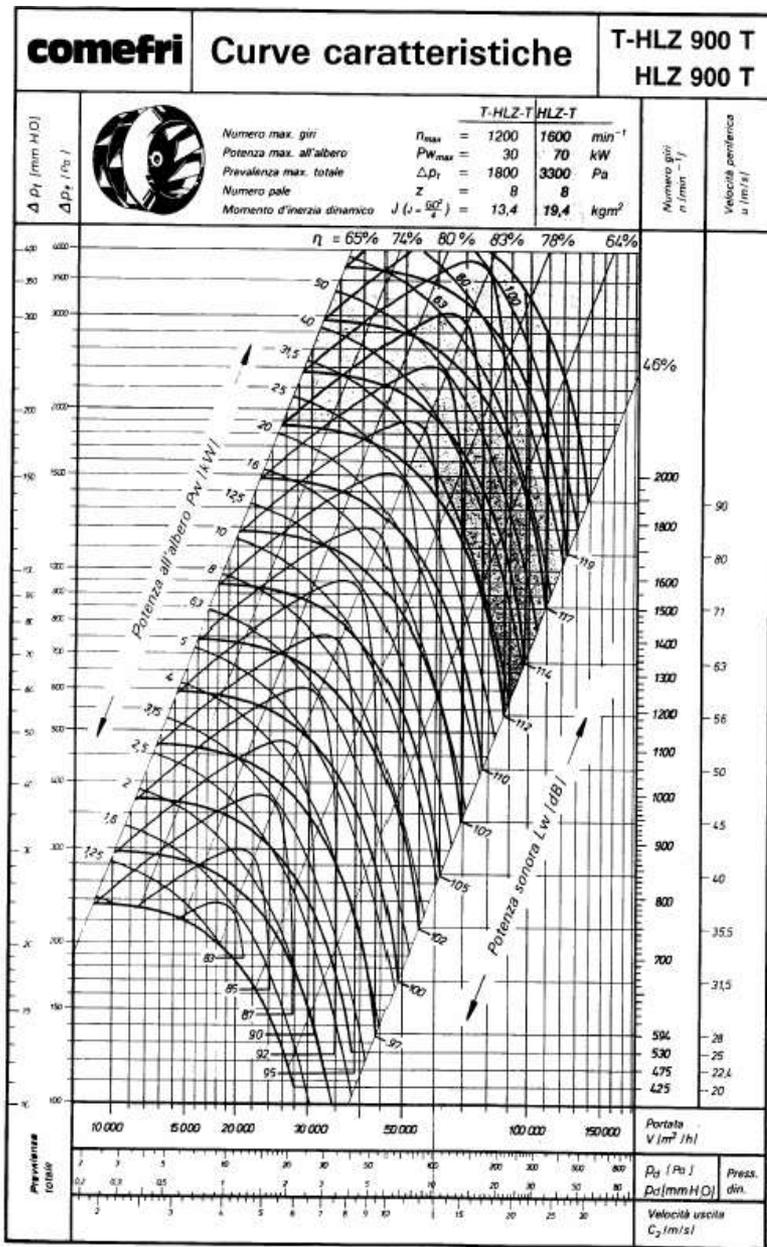
# Curve Caratteristiche dei Ventilatori a Pale rovesce



# Curve Caratteristiche dei Ventilatori a Pale rovesce



# Curve Caratteristiche dei Ventilatori a Pale rovesce

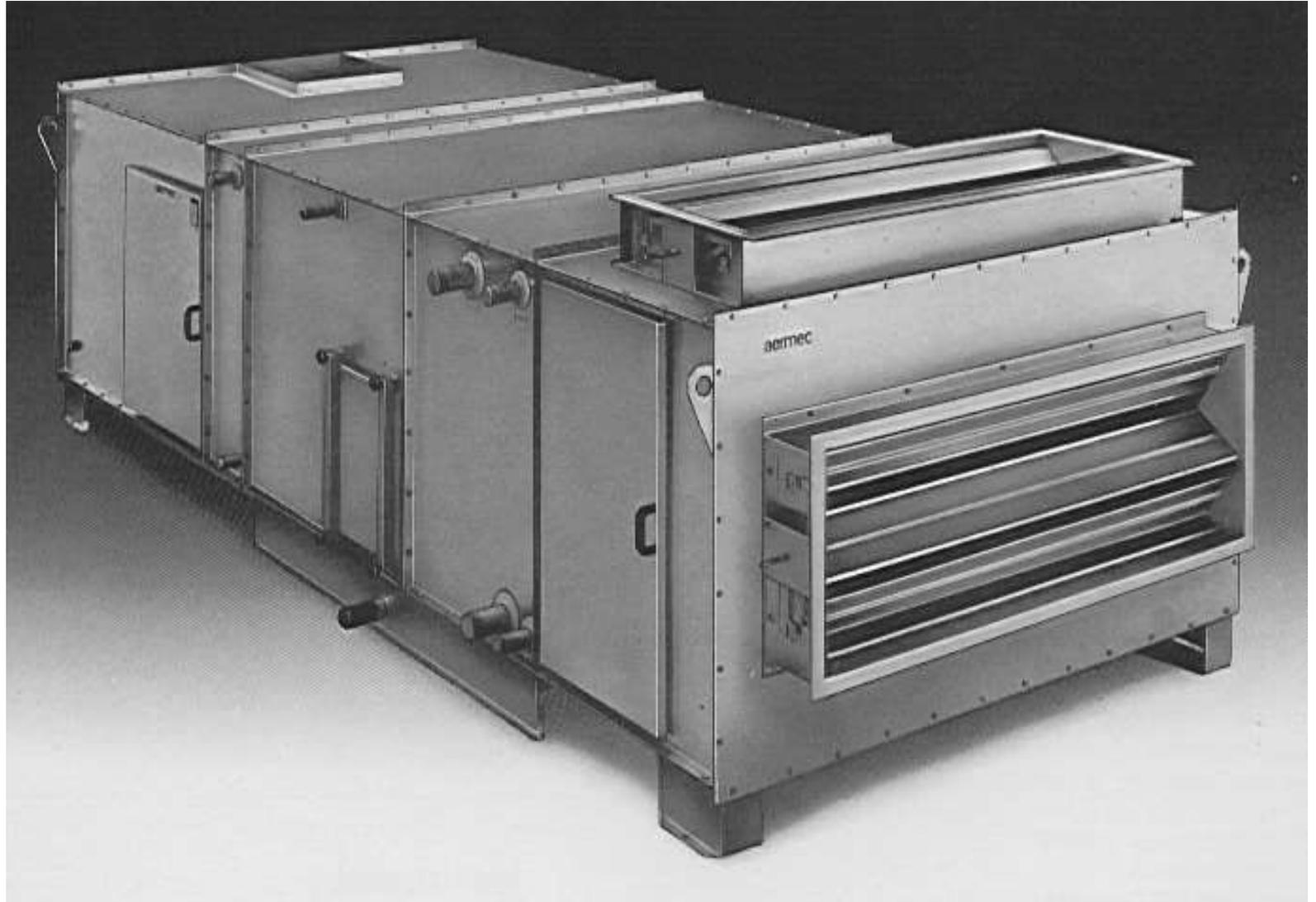


# **UNITA' DI TRATTAMENTO ARIA NORMALI IN LAMIERA DI ACCIAIO ZINCATO**

Dati Tecnici e Norme di selezione

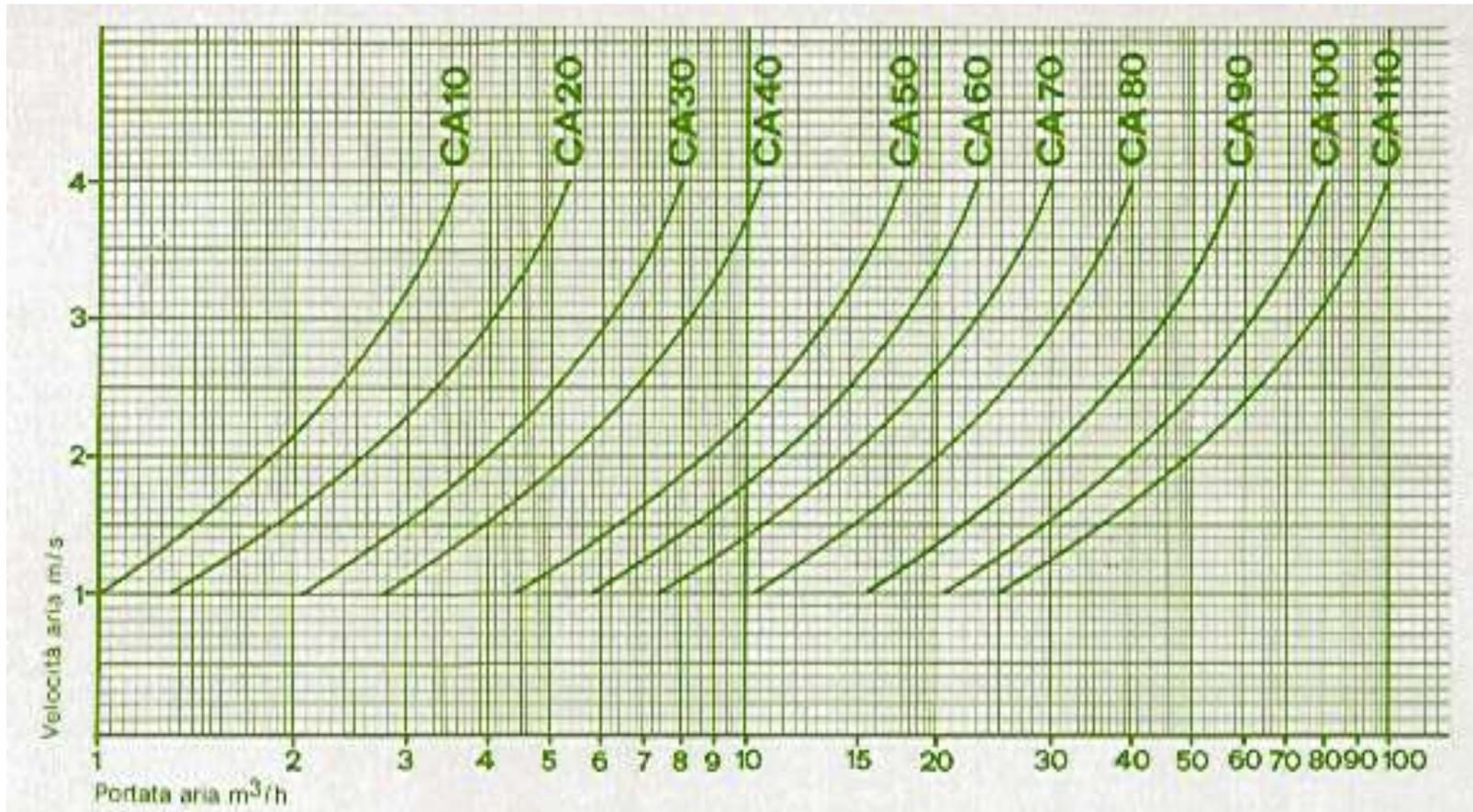
# Vista fotografica di una CTA

Vista fotografica di una Centrale di Trattamento Aria



# Curve di selezione di una CTA

Nota la portata di aria da trattare, fissata la velocità di attraversamento in centrale di trattamento, si ottiene la *classe* della CTA da utilizzare. Questa classe sarà applicata a tutte le apparecchiature che saranno inserite all'interno della CTA.



# Selezione delle batterie di riscaldamento

Le caratteristiche principali delle CTA sono riportate nella seguente tabella riepilogativa.

Modello	Portata aria		N° ranghi batter.	Temperatura aria entrante							
	mc/h	mc/sec		-5°C				20°C			
	V = 1 m/sec	V = 4 m/sec		Acqua calda 85°C		Vapore 0.5 kg/cm <sup>2</sup>		Acqua calda 85°C		Vapore 0.5 kg/cm <sup>2</sup>	
CA 10	1000	3600	1	17300	20110	38150	44360	12300	14300	30000	34880
	0,277	1,00	2	30000	34880	55150	64120	21500	25000	43250	50290
			4	52300	60810	—	—	37500	43600	—	—
CA 20	1300	5300	1	24000	27900	58900	68480	17000	19760	46190	53710
	0,361	1,47	2	43200	50230	85120	98970	31000	36040	66750	77600
			4	73500	85460	—	—	52000	60460	—	—
CA 30	2050	8100	1	35000	54650	93730	108990	27000	31390	73530	85500
	0,569	2,25	2	69000	80230	135520	157580	50000	58130	106200	123490
			4	121000	140690	—	—	87000	101160	—	—
CA 40	2700	10750	1	47000	54650	110685	128700	32500	37790	86840	100980
	0,750	2,98	2	77000	89530	161000	187210	62000	72090	125500	145930
			4	149000	173250	—	—	108000	125580	—	—
CA 50	4400	17000	1	74000	86040	167200	194420	51000	59300	131200	152560
	1,22	4,72	2	128000	148830	241760	281120	90000	104650	189570	220430
			4	236000	274410	—	—	170000	197670	—	—
CA 60	5800	23000	1	98000	113950	214800	249770	69000	80230	188500	195930
	1,61	6,38	2	194000	225580	310500	361050	125000	145340	243500	283140
			4	307000	356970	—	—	221000	256970	—	—
CA 70	7300	30000	1	127000	147670	277900	323140	90000	104650	218000	253490
	2,02	8,33	2	232000	269760	401800	467210	167000	194180	315000	366280
			4	430000	500000	—	—	315000	366270	—	—
CA 80	10500	40000	1	160000	186040	376800	438140	115000	133720	295600	343720
	2,91	11,11	2	273000	317440	544800	633490	180000	209300	427200	496750
			4	485000	563950	—	—	365000	424410	—	—
CA 90	14500	58000	1	225000	261620	541650	629825	155000	180230	425000	494190
	4,02	16,11	2	390000	453480	783150	910540	275000	319760	614200	714190
			4	755000	877900	—	—	545000	633720	—	—
CA 100	21000	80000	1	290000	337200	744200	865350	205000	238370	583600	678840
	5,83	22,22	2	520000	604650	1076000	1251160	365000	424410	843700	981050
			4	1000000	1162790	—	—	715000	831390	—	—
CA 110	25000	100000	1	380000	441860	932600	1084420	260000	302320	731600	850700
	6,94	27,77	2	605000	703480	1350000	1569770	430000	500000	1057300	1229420
			4	1290000	1500000	—	—	930000	1081390	—	—

# Selezione delle batterie di raffreddamento

Le caratteristiche delle batterie di raffreddamento sono riassunte nella seguente tabella

Modello	N° ventilatori		Pot. max mot. HP-KW		N° ranghi batter.	Temperatura aria entrante							
	sez. V1	sez. V2	sez. V1	sez. V2		32°C - 55% U.R.				26°C - 50% U.R.			
						Acqua refrig. 7,5°		Espansione diretta		Acqua refrig. 7,5°C		Espansione diretta	
CA 10	1	1	4	5,5	4	16700	19418	21500	25000	12400	14418	13500	15697
			3	4	6	21800	25348	28750	33430	14700	17093	17500	20348
					8	25000	29069	33750	39244	16800	19534	21000	24418
CA 20	1	1	5,5	7,5	4	26400	30697	27000	31395	14300	16627	16500	19186
			4	5,5	6	34000	39534	36000	41860	18200	21182	22000	25581
					8	42000	48837	44500	51744	22000	25581	26000	30232
CA 30	1	1	7,5	12,5	4	49500	57558	52500	61046	27500	31976	30250	35174
			5,5	9	6	65000	75581	68000	79069	37500	43604	38000	40697
					8	72500	84302	74000	86046	41000	47674	42000	48837
CA 40	1	1	10	12,5	4	56000	65116	58000	67441	31000	36046	35500	41279
			7,5	9	6	74000	86046	76000	88372	41000	47674	47000	54651
					8	87500	101744	91500	106395	48500	56395	53500	62209
CA 50	1	1	12,5	20	4	82000	95348	88000	102325	45000	52325	54000	62790
			9	15	6	112000	130232	116000	134883	56000	65116	71000	82558
					8	135000	156976	138000	160465	73000	84883	85000	98837
CA 60	1	1	20	30	4	121000	140697	125000	145348	65000	75581	76000	88372
			15	22	6	145000	168604	164000	190697	85000	98837	98000	113953
					8	184000	213953	194000	225581	108000	125581	121000	140697
CA 70	1	1	20	50	4	144000	167441	160000	186046	81000	94186	99000	115116
			15	37	6	194000	225581	212000	246511	107000	124418	132000	153488
					8	235000	273255	258000	300000	139000	161627	158000	183720
CA 80	1	1	20	50	4	196000	227906	213000	247674	110000	127906	134000	155813
			15	37	6	260000	302325	298000	346511	144000	167441	180000	209302
					8	312000	362790	354000	411627	173000	201162	212000	246511
CA 90	2	1	2 x 20	75	4	270000	313953	300000	348837	153000	177906	183000	212790
			2 x 15	55	6	368000	427906	400000	465116	207000	240697	237000	275581
					8	446000	518604	476000	553488	250000	290697	280000	325581
CA 100	2	1	2 x 20	100	4	340000	395348	420000	488372	175000	203488	252000	293023
			2 x 15	75	6	470000	546511	550000	639534	275000	319767	332000	386046
					8	585000	680232	660000	767441	340000	395348	410000	476744
CA 110	2	1	2 x 25	100	4	415000	482558	515000	598837	240000	279069	305000	354651
			2 x 18,5	75	6	570000	662790	690000	802325	335000	389534	425000	494186
					8	690000	802325	820000	953488	415000	482558	495000	575581

NB: Le potenzialità sono riferite alla velocità dell'aria di 2,75 m/s.

# Dimensioni delle CTA

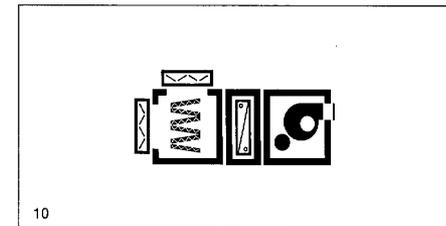
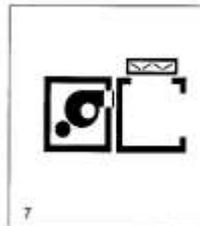
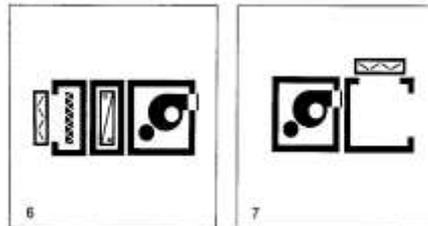
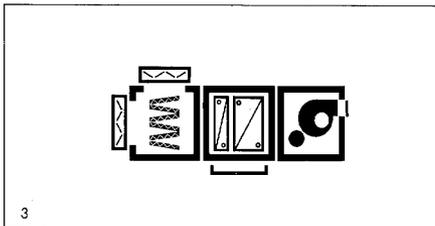
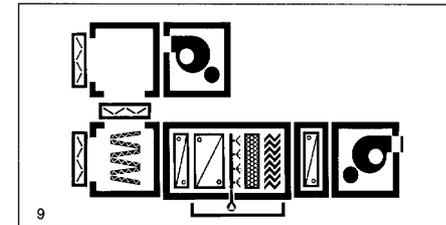
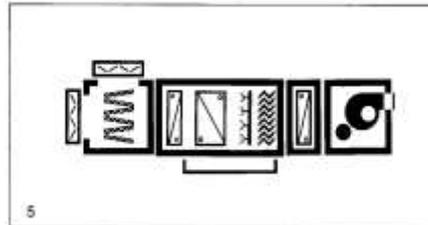
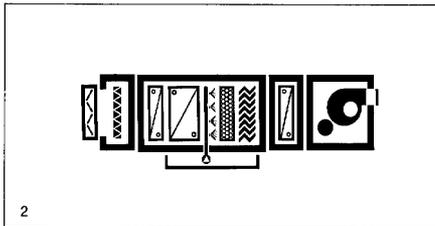
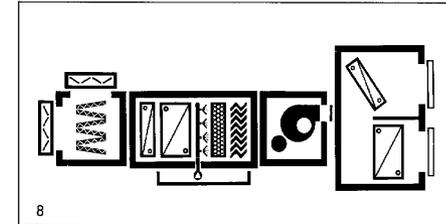
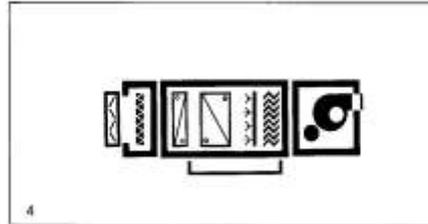
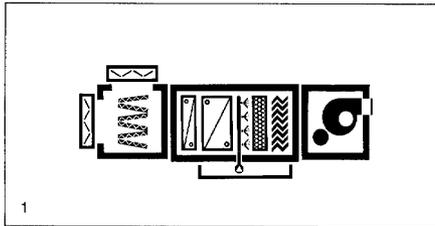
Le dimensioni delle CTA variano a seconda della composizione interna (vedi immagini seguenti). Esse non sono mai trascurabili, così come importante è il peso che incide notevolmente sul solaio di appoggio.

DATI DIMENSIONALI											
MODELLO		TIPO DI COMPOSIZIONE									
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
CA 10	L	3149	3130	2201	2852	3423	1562	1421	4213	3425	1857
	H	644	644	644	644	644	644	644	1096	1188	644
	P	910	910	910	910	910	910	910	910	910	910
CA 20	L	3274	3130	2326	2852	3548	1562	1546	4372	3550	1982
	H	753	753	753	753	753	753	753	1147	1346	753
	P	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000
CA 30	L	3370	3226	2422	2948	3644	1658	1642	4468	3646	2078
	H	878	878	878	878	878	878	878	1318	1596	878
	P	1250	1250	1250	1250	1250	1250	1250	1250	1250	1250
CA 40	L	3620	3476	2672	3198	3894	1908	1892	4718	3896	2328
	H	978	978	978	978	978	978	978	1418	1796	978
	P	1500	1500	1500	1500	1500	1500	1500	1500	1500	1500
CA 50	L	3620	3476	2672	3198	3894	1908	1892	4718	3896	2328
	H	1132	1132	1132	1132	1132	1132	1132	1671	2099	1132
	P	1750	1750	1750	1750	1750	1750	1750	1750	1750	1750
CA 60	L	4193	3799	3245	6766	4467	2231	2465	5645	4469	2901
	H	1378	1378	1378	1378	1378	1378	1378	1942	2597	1378
	P	1850	1850	1850	1850	1850	1850	1850	1850	1850	1850
CA 70	L	4140	3746	3192	3468	4414	2178	2430	5592	4416	2848
	H	1378	1378	1378	1378	1378	1378	1378	1942	2597	1378
	P	2300	2300	2300	2300	2300	2300	2300	2300	2300	2300
CA 80	L	4318	3924	3370	3646	4592	2356	2590	5916	4594	3026
	H	1627	1627	1627	1627	1627	1627	1627	2241	3394	1627
	P	2500	2500	2500	2500	2500	2500	2500	2500	2500	2500
CA 90	L	4818	4174	3870	3896	5092	2406	3090	6742	5094	3526
	H	1911	1911	1911	1911	1911	1911	1911	2850	3661	1911
	P	2896	2896	2896	2896	2896	2896	2896	2896	2896	2896
CA 100	L	4852	4208	3904	3930	5162	2440	3124	7276	5128	3560
	H	2096	2096	2096	2096	2096	2096	2096	3034	4030	2096
	P	3464	3464	3464	3464	3464	3464	3464	3464	3464	3464
CA 110	L	5352	4708	4404	4430	5662	2940	3624	7776	5628	4060
	H	2264	2264	2264	2264	2264	2264	2264	3284	4491	2264
	P	3646	3646	3646	3646	3646	3646	3646	3646	3646	3646

*Dimensioni in mm; L = larghezza - H = altezza - P = profondità.*

# Disposizioni topologiche delle CTA

Sono qui visualizzate 10 tipologie di assemblaggio delle CTA.

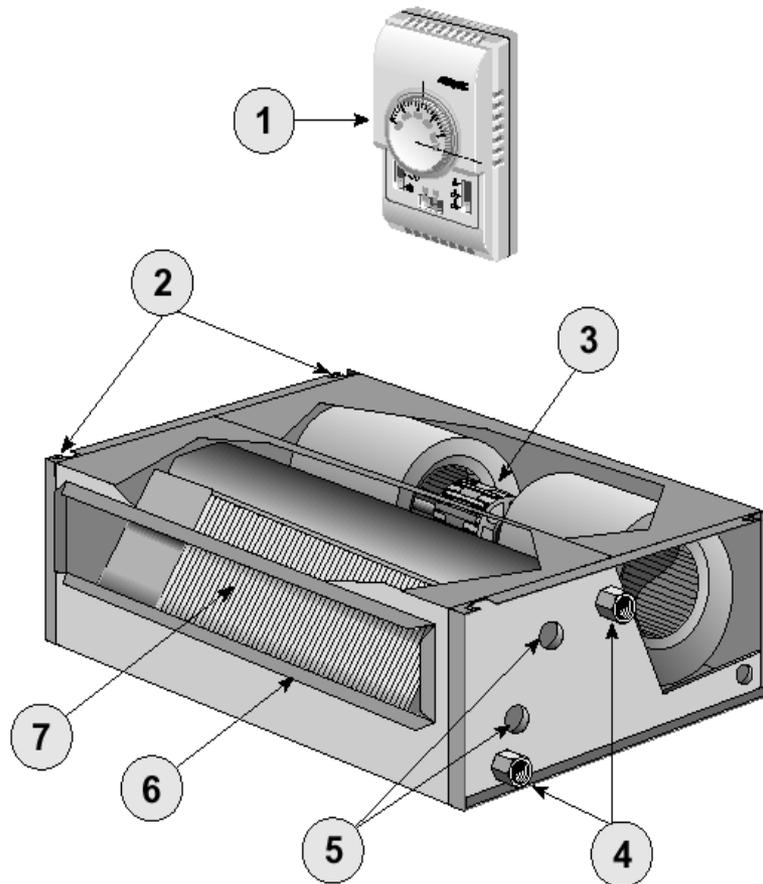


# UNITA' DI TRATTAMENTO ARIA A SOFFITTO

Regole pratiche, Nomogrammi, Abachi

# Unità di Trattamento Aria a Soffitto

Le Unità di Trattamento Aria (UTA) per installazione a soffitto consentono di trattare l'aria per zone limitate (ad esempio per appartamenti). La loro costituzione è riportata in figura.



- 1 - Pannello comandi
- 2 - Guide di fissaggio
- 3 - Gruppo ventilante
- 4 - Scarico condensa
- 5 - Collegamenti idraulici
- 6 - Flangia di mandata
- 7 - Batteria



# Selezione delle batterie fredde per le UTA

**POTENZA FRIGORIFERA – COOLING CAPACITY  
PUISSANCE FRIGORIFIQUE – KÄLTELEISTUNG ( kW )**

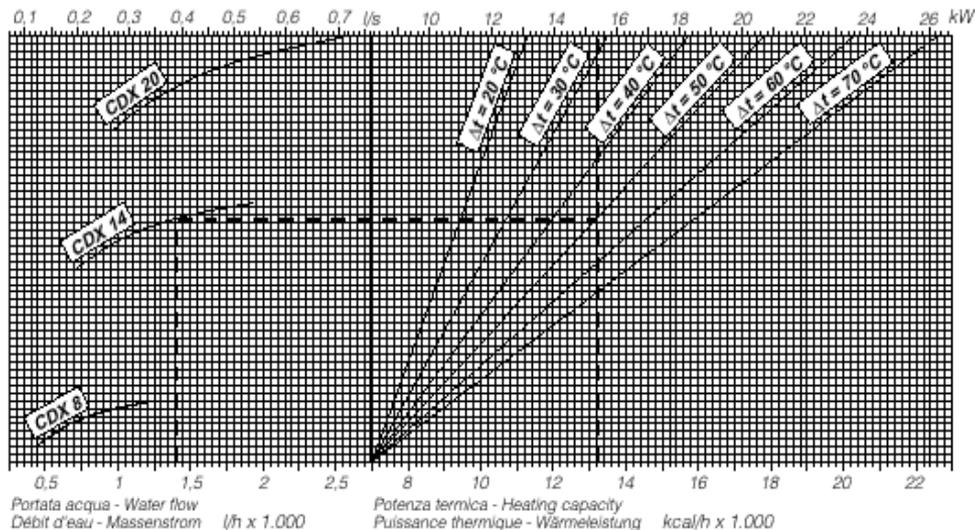
**TAB. A**

Mod	ΔT (°C)	Potenza frigorifera totale – Total cooling capacity Puisseance frigorifique totale – Gesamte Kälteleistung										Potenza frigorifera sensibile – Sensible cooling capacity Puisseance frigorifique sensible – Sensible Kälteleistung					
		T.B.U. (°C)					Tl (°C)					T.B.S. (°C)			Tl (°C)		
		5	7	9	11	13	5	7	9	11	13	5	7	9	11	13	
CDX 8	3	17	4,09	3,31	2,47	1,56	1,18	–	–	–	–	2,91	2,53	2,15	1,74	1,36	
		19	5,19	4,41	3,58	2,68	1,9	–	–	–	–	3,91	3,55	3,17	2,8	2,41	
		21	6,41	5,63	4,81	3,91	2,95	–	–	–	–	–	–	–	–	–	
	5	23	7,67	6,89	6,04	5,16	4,19	–	–	–	–	4,96	4,6	4,23	3,87	3,47	
		25	9,09	8,31	7,47	6,58	5,62	–	–	–	–	2,56	2,18	1,77	1,39	1,01	
		17	3,38	2,54	1,62	1,24	0,88	–	–	–	–	–	–	–	–	–	
	CDX 14	3	19	4,5	3,65	2,76	1,97	1,33	–	–	–	–	–	–	–	–	–
			21	5,72	4,89	4,01	3,04	1,97	–	–	–	–	3,59	3,22	2,83	2,46	2,05
			23	6,96	6,13	5,26	4,3	3,26	–	–	–	–	4,63	4,27	3,89	3,52	3,12
		5	25	8,38	7,55	6,68	5,73	4,7	–	–	–	–	2,22	1,82	1,44	1,04	–
			17	2,61	1,68	1,29	0,91	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
			19	3,75	2,86	2,03	1,38	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
CDX 20		3	21	4,98	4,1	3,15	2,05	–	–	–	–	2,7	3,26	2,88	2,51	2,1	–
			23	6,25	5,37	4,4	3,38	–	–	–	–	–	4,32	3,94	3,54	3,17	–
			25	7,67	6,8	5,84	4,82	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
		5	17	6,72	5,47	4,15	2,7	1,95	–	–	–	–	4,63	4,05	3,46	2,82	2,22
			19	8,48	7,25	5,93	4,5	3,18	–	–	–	–	6,22	5,65	5,06	4,47	3,88
			21	10,45	9,2	7,88	6,45	4,93	–	–	–	–	–	–	–	–	–
	CDX 14	3	23	12,45	11,2	9,88	8,45	6,93	–	–	–	–	–	–	–	–	–
			25	14,87	13,48	12,16	10,74	9,2	–	–	–	–	7,86	7,29	6,72	6,13	5,54
			17	5,69	4,37	2,9	2,08	1,48	–	–	–	–	4,15	3,55	2,93	2,33	1,69
		5	19	7,47	6,15	4,73	3,37	2,23	–	–	–	–	–	–	–	–	–
			21	8,37	6,97	5,43	3,76	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
			23	10,38	9	7,5	5,83	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
CDX 20		3	25	12,66	11,29	9,8	8,18	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
			17	9,05	7,33	5,5	3,5	2,61	–	–	–	–	6,59	5,74	4,89	4	3,1
			19	11,51	9,79	7,94	5,96	4,23	–	–	–	–	8,86	8,05	7,23	6,37	5,52
		5	21	14,2	12,48	10,63	8,66	6,53	–	–	–	–	–	–	–	–	–
			23	16,97	15,25	13,39	11,41	9,3	–	–	–	–	–	–	–	–	–
			25	20,13	18,4	16,54	14,56	12,44	–	–	–	–	–	–	–	–	–
	CDX 20	3	17	7,51	5,66	3,66	2,74	1,94	–	–	–	–	–	–	–	–	–
			19	9,96	8,15	6,16	4,39	2,95	–	–	–	–	–	–	–	–	–
			21	12,66	10,83	8,88	6,76	4,43	–	–	–	–	–	–	–	–	–
		5	23	15,41	13,6	11,65	9,53	7,25	–	–	–	–	–	–	–	–	–
			25	18,56	16,74	14,79	12,69	10,43	–	–	–	–	–	–	–	–	–
			17	5,9	3,82	2,84	2,04	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
7		19	8,34	6,37	4,55	3,06	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	
		21	11,06	9,11	6,98	4,63	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	
		23	13,83	11,9	9,8	7,51	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	
7		25	16,96	15,04	12,96	10,72	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	
		17	9,82	9,01	8,13	7,29	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	
		19	11,51	10,72	9,82	8,92	8,01	–	–	–	–	–	–	–	–	–	

AT = stato termico acqua refrigerata - chilled water temperature rise - difference de temperature eau glacée - Delta T Wasser.  
 TI = temperatura ingresso acqua - entering water temperature - température de l'eau à l'entrée - Wassereintrittstemperatur.  
 T.B.U. = temperatura aria a bulbo umido - wet bulb temperature - température à bulbe humide - F.K. Lufttemperatur.  
 T.B.S. = temperatura aria a bulbo secco - dry bulb temperature - température à bulbe sec - T.K. Lufttemperatur.

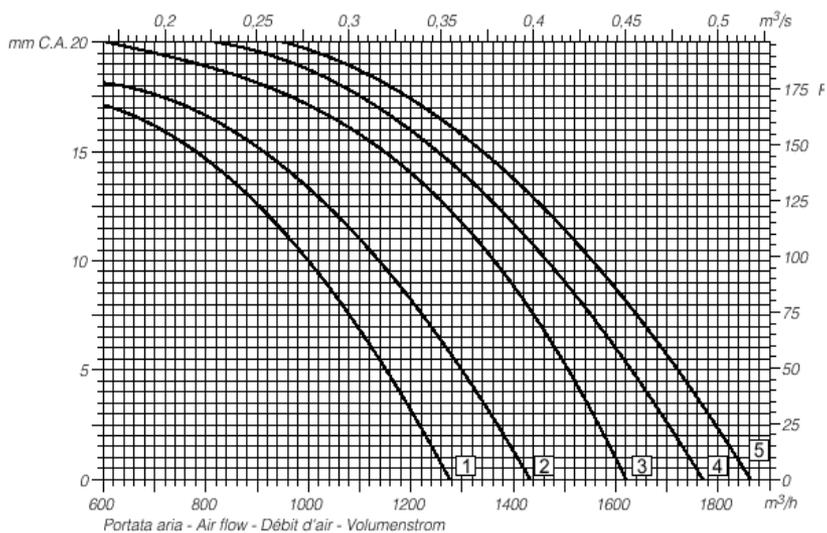
# Selezione della batteria calda per le UTA e perdite di carico

## POTENZA TERMICA

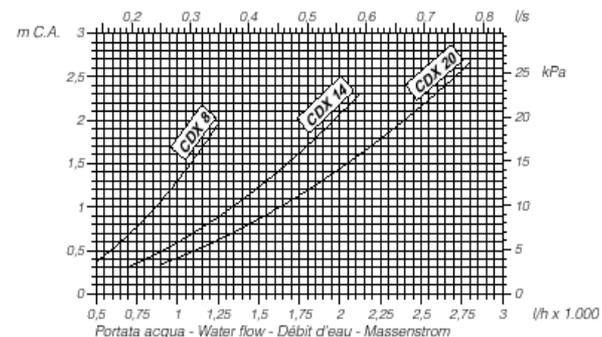


## CURVE DI VENTILAZIONE -

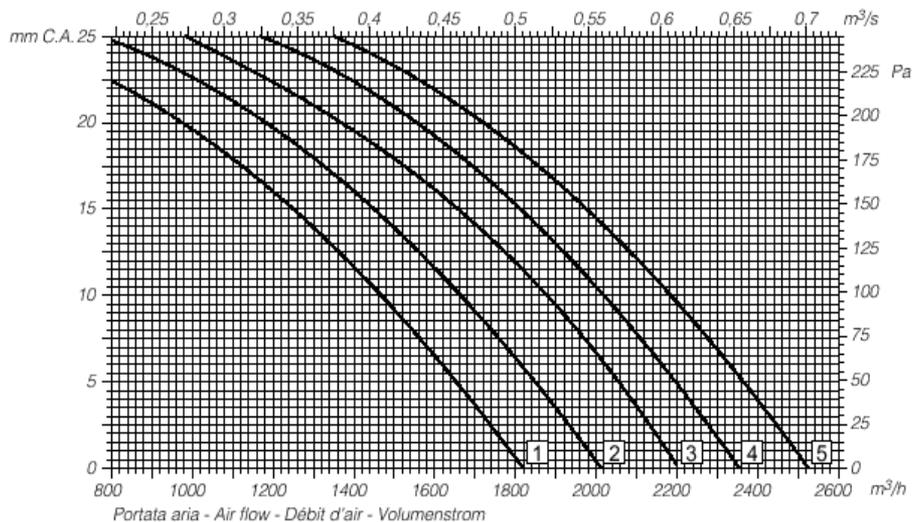
### Mod. CDX 14



## PERDITE DI CARICO LATO ACQUA



### Mod. CDX 20



# Livelli sonori per le UTA

## Mod. CDX 8 – W = 800 m<sup>3</sup>/h

	Hz	Pressione statica utile Available static pressure Pression statique utile Externe Pressung							globale - overall globale - globalen	
		125	250	500	1.000	2.000	4.000	8.000	dB	dB (A)
0	LW 1	50,5	48	41,5	43,5	42	38	28,5	53,5	48,5
	LW 2	48,5	48	47,5	44	38,5	36	26,5	53,5	49
	LW 3	49	48	42	40	34	28	18	52,5	45
35	LW 1	53,5	51	44,5	46,5	45	41	31,5	56,5	51,5
	LW 2	51,5	51	50,5	47	41,5	39	29,5	56,5	52
	LW 3	52	51	45	43	37	31	21	55,5	48
53	LW 1	55	52,5	46	48	46,5	42,5	33	58	53
	LW 2	53	52,5	52	48,5	43	40,5	31	58	53,5
	LW 3	53,5	52,5	46,5	44,5	38,5	32,5	22,5	57	49,5
69	LW 1	56	53,5	47	49	47,5	43,5	34	59	54
	LW 2	54	53,5	53	49,5	44	41,5	32	59	54,5
	LW 3	54,5	53,5	47,5	45,5	39,5	33,5	23,5	58	50,5
79	LW 1	56,5	54	47,5	49,5	48	44	34,5	59,5	54,5
	LW 2	54,5	54	53,5	50	44,5	42	32,5	59,5	55
	LW 3	55	54	48	46	40	34	24	58,5	51

## Mod. CDX 14 – W = 1.400 m<sup>3</sup>/h

	Hz	Pressione statica utile Available static pressure Pression statique utile Externe Pressung							globale - overall globale - globalen	
		125	250	500	1.000	2.000	4.000	8.000	dB	dB (A)
0	LW 1	60,5	60,5	52,5	51	49,5	44,5	37	64,5	57,5
	LW 2	57,5	60	55,5	51	45,5	43	36	63	57
	LW 3	57	57,5	48	45	35	29	21	60,5	52
87	LW 1	64	64	56	54,5	53	48	40,5	68	61
	LW 2	61	63,5	59	54,5	49	46,5	39,5	66,5	60,5
	LW 3	60,5	61	51,5	48,5	38,5	32,5	24,5	64	55,5
115	LW 1	65	65	57	55,5	54	49	41,5	69	62
	LW 2	62	64,5	60	55,5	50	47,5	40,5	67,5	61,5
	LW 3	61,5	62	52,5	49,5	39,5	33,5	25,5	65	56,5
135	LW 1	65,5	65,5	57,5	56	54,5	49,5	42	69,5	62,5
	LW 2	62,5	65	60,5	56	50,5	48	41	68	62
	LW 3	62	62,5	53	50	40	34	26	65,5	57

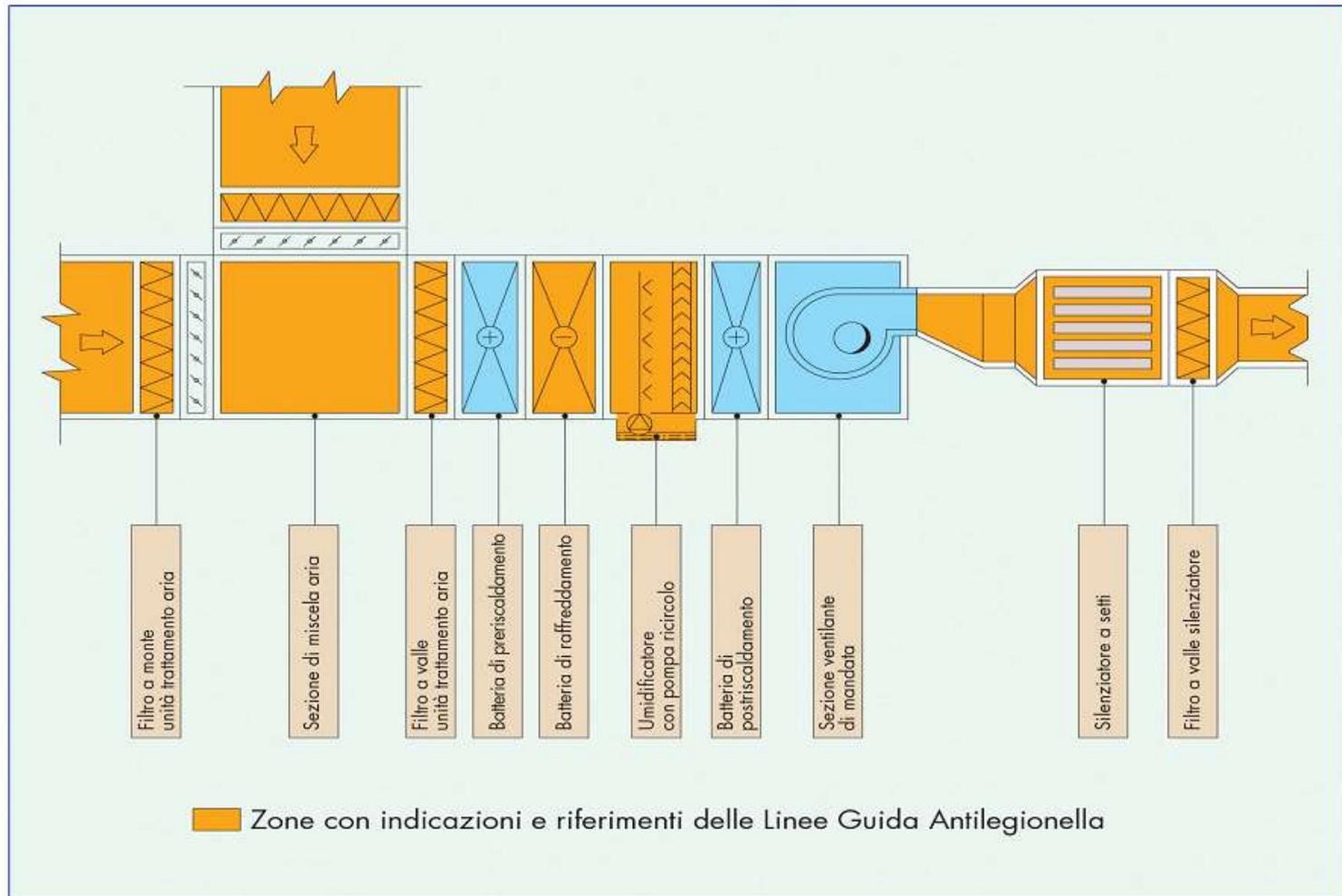
## Mod. CDX 20 – W = 2.000 m<sup>3</sup>/h

	Hz	Pressione statica utile Available static pressure Pression statique utile Externe Pressung							globale - overall globale - globalen	
		125	250	500	1.000	2.000	4.000	8.000	dB	dB (A)
0	LW 1	55	66,5	48	50	49	44	36	67	59,5
	LW 2	55,5	64,5	52,5	50,5	47	43	36,5	65,5	58,5
	LW 3	59	62	50	45	39	33	27	64	55
76	LW 1	58,5	70	51,5	53,5	52,5	47,5	39,5	70,5	63
	LW 2	59	68	56	54	50,5	46,5	40	69	62
	LW 3	62,5	65,5	53,5	48,5	42,5	36,5	30,5	67,5	58,5
117	LW 1	60,5	72	53,5	55,5	54,5	49,5	41,5	72,5	65
	LW 2	61	70	58	56	52,5	48,5	42	71	64
	LW 3	64,5	67,5	55,5	50,5	44,5	38,5	32,5	69,5	60,5
142	LW 1	61,5	73	54,5	56,5	55,5	50,5	42,5	73,5	66
	LW 2	62	71	59	57	53,5	49,5	43	72	65
	LW 3	65,5	68,5	56,5	51,5	45,5	39,5	33,5	70,5	61,5

# Il problema della legionellosi

Si è visti nel capitolo sulla qualità dell'aria che l'umidità presente nei canali favorisce l'insorgere della legionellosi. Anche le UTA debbono essere costruite in modo opportuno.

Si osservi l'inserimento di filtri a monte in corrispondenza della presa di aria esterna e a valle, dopo il silenziatore.

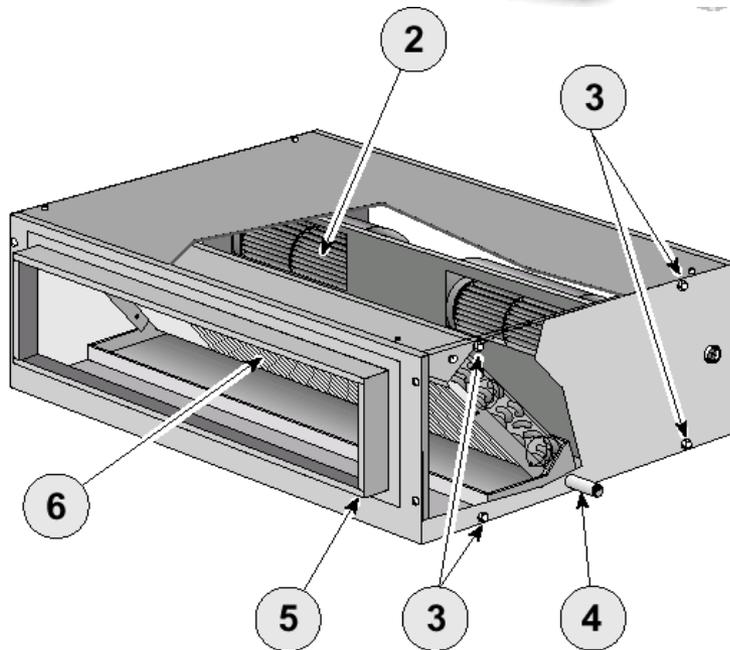


# UNITA' DI TRATTAMENTO ARIA COMPATTE

Regole pratiche, Nomogrammi, Abachi

# UTA compatte

Per piccoli carichi o per piccole zone (appartamenti) si utilizzano unità di condizionamento compatte che non sono complesse come le centrali di trattamento dell'aria



# UTA compatte



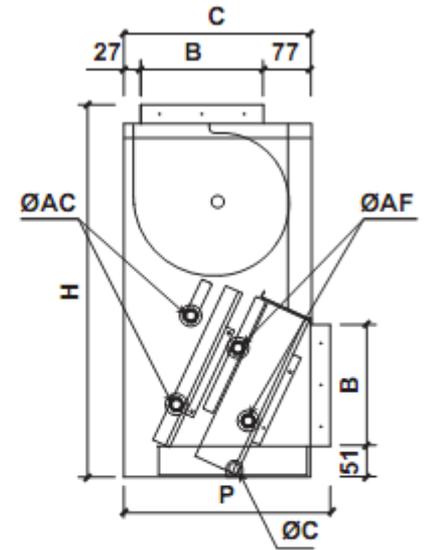
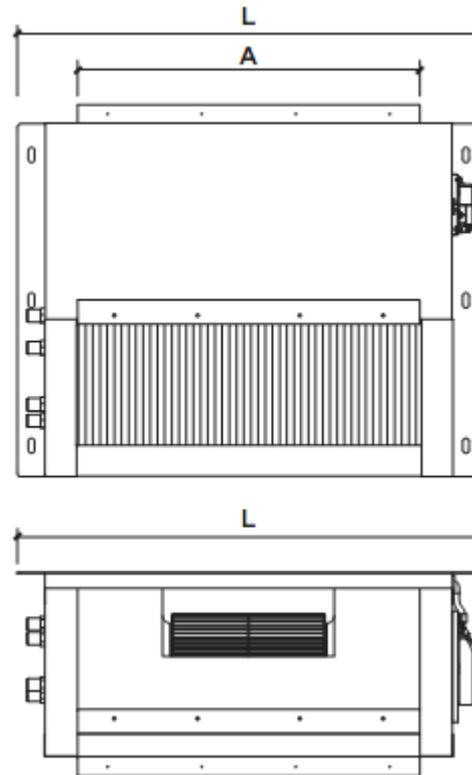
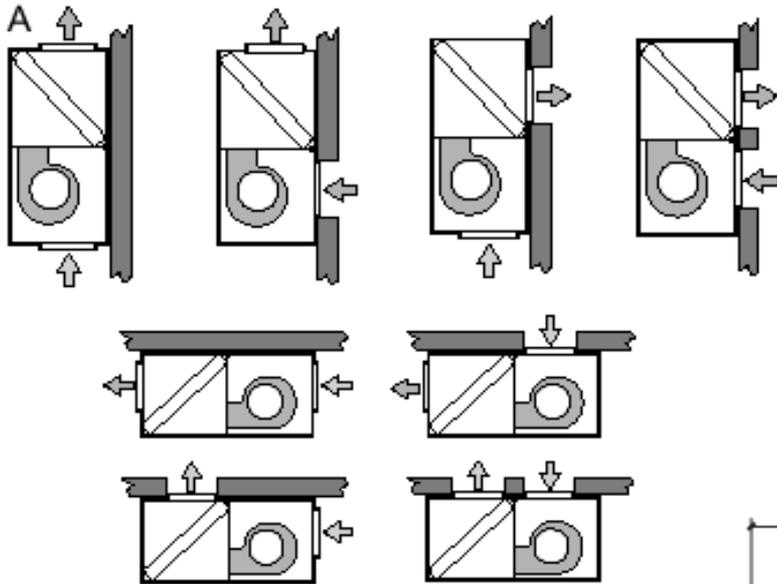
# UTA compatte – Data Sheet

MODELLO				10	20	30	40	50
<b>Impianto a 2 tubi (batteria standard)</b>								
<b>RAFFREDDAMENTO</b> Temp. acqua ingresso: 7°C Temp. acqua uscita: 12°C Temp. aria ingresso: 27°C d.b.-19°C w.b.	Potenza frigorifera totale	W	max	3.640	7.050	9.200	10.600	13.100
		W	med	3.470	6.350	8.660	9.810	11.300
		W	min	3.160	5.160	7.210	7.790	8.910
	Potenza frigorifera sensibile	W	max	2.870	5.640	7.360	8.630	11.000
		W	med	2.740	5.020	6.930	7.880	9.440
		W	min	2.460	4.020	5.630	6.110	7.230
	Portata acqua	l/h	max	626	1.213	1.582	1.823	2.253
Perdite di carico lato acqua	kPa	max	24,0	35,9	33,8	31,9	35,9	
<b>RISCALDAMENTO</b> Temp. aria: 20°C Temp. ingresso acqua: 50°C	Potenza termica	W	max	4.980	8.510	11.200	12.800	16.900
		W	med	4.750	7.620	10.500	11.800	14.500
		W	min	4.300	6.130	8.660	9.230	11.200
	Portata acqua	l/h	max	626	1.213	1.582	1.823	2.253
	Perdite di carico lato acqua	kPa	max	22,2	31,7	28,9	27,9	33,2
<b>RISCALDAMENTO</b> Temp. aria: 20°C Temp. ingresso acqua: 70/80°C	Potenza termica	W	max	8.400	14.300	18.850	21.520	28.490
		W	med	8.000	12.800	17.670	19.770	24.420
		W	min	7.240	10.270	14.540	15.480	18.900
	Portata acqua	l/h	max	722	1.230	1.621	1.850	2.450
	Perdite di carico lato acqua	kPa	max	18,3	29,6	27,5	26,1	35,6
<b>ULTERIORI DATI</b>	Potenza termica resistenza elettrica	W(1°)	-	3.000	6.000	6.000	9.000	9.000
		W(2°)	-	4.500	9.000	9.000	12.000	12.000
	Portata aria	m³/h	max	837	1.423	1.951	2.131	3.002
		m³/h	med	780	1.214	1.775	1.889	2.394
		m³/h	min	678	898	1.346	1.350	1.675
	Livello di potenza sonora 	dB(A)	max	68	66	70	69	75
		dB(A)	med	67	62	68	65	69
		dB(A)	min	63	55	61	58	62
	Livello di pressione sonora 	dB(A)	max	59,4	57,4	61,4	60,4	66,4
		dB(A)	med	58,4	53,4	59,4	56,4	60,4
		dB(A)	min	54,4	46,4	52,4	49,4	53,4
	Potenza elettroventilatore	W	max	160	240	320	340	580
	Corrente elettroventilatore	A	max	0,72	0,97	1,43	1,51	2,58
Contenuto acqua	L	-	1,36	2,18	2,63	3,25	3,79	

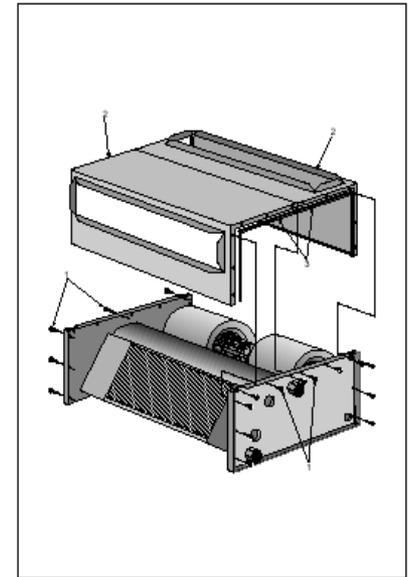
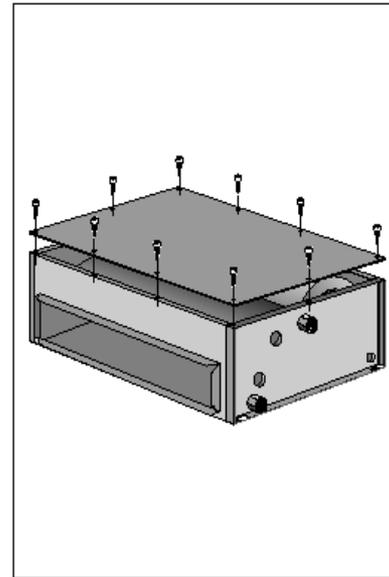
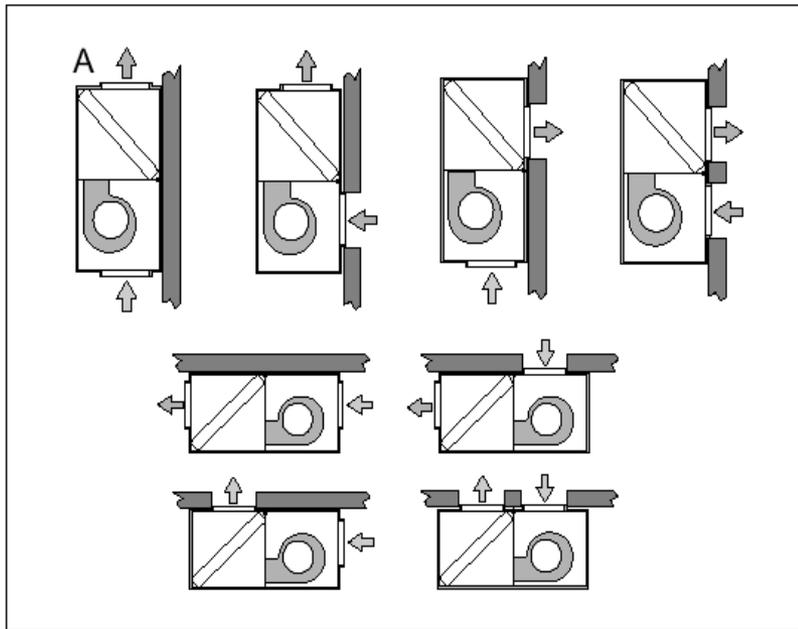
# UTA compatte – Data Sheet

Impianto a 4 tubi (batteria standard + ausiliaria)								
<b>RAFFREDDAMENTO</b> Temp. acqua ingresso: 7 °C Temp. acqua uscita: 12°C Temp. aria ingresso: 27°C d.b.-19°C w.b.	Potenza frigorifera totale	W	max	3.600	7.000	8.300	9.570	12.300
		W	med	3.440	6.300	7.820	8.860	10.600
		W	min	3.130	5.120	6.510	7.030	8.310
	Potenza frigorifera sensibile	W	max	3.100	5.630	7.070	8.040	10.600
		W	med	2.930	5.000	6.660	7.440	9.020
		W	min	2.660	4.020	5.400	5.760	6.890
	Portata acqua	l/h	max	619	1.205	1.428	1.646	2.116
Perdite di carico lato acqua	kPa	max	15,9	26,8	28	29,2	30,8	
<b>RISCALDAMENTO</b> Temp. aria: 20°C Temp. ingresso acqua: 70/60°C	Potenza termica	W	max	4.180	7.000	9.170	10.600	14.000
		W	med	3.980	6.270	8.730	9.930	12.000
		W	min	3.610	5.040	7.500	8.230	9.300
	Portata acqua	l/h	max	360	602	789	912	1.204
	Perdite di carico lato acqua	kPa	max	26,8	22,9	37,0	21,7	33,8
<b>ULTERIORI DATI</b>	Portata aria	m³/h	max	795	1.352	1.853	2.024	2.852
		m³/h	med	741	1.153	1.686	1.795	2.274
		m³/h	min	644	853	1.279	1.283	1.591
	Livello di potenza sonora 	dB(A)	max	69	66	70	70	73
		dB(A)	med	67	62	68	66	68
		dB(A)	min	63	55	61	59	61
	Livello di pressione sonora 	dB(A)	max	60,4	57,4	61,4	61,4	64,4
		dB(A)	med	58,4	53,4	59,4	57,4	59,4
		dB(A)	min	54,4	46,4	52,4	50,4	52,4
	Potenza elettroventilatore	W	max	160	220	320	340	580
	Corrente elettroventilatore	A	max	0,72	0,97	1,43	1,51	2,58
	Contenuto acqua (acqua fredda)	L	-	1,36	2,18	2,63	3,25	3,79
	Contenuto acqua (acqua calda)	L	-	0,45	0,73	0,88	1,08	1,26

# UTA compatte



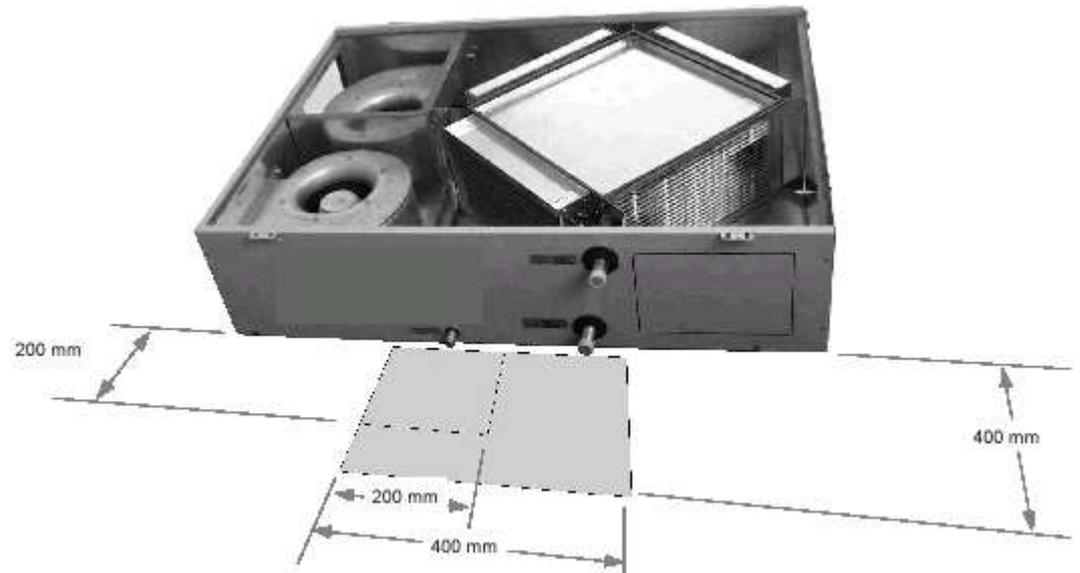
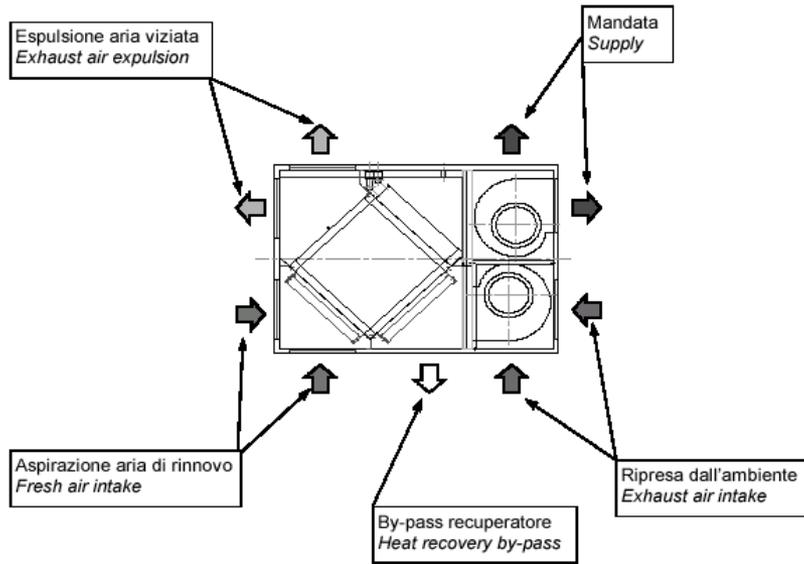
# Disposizioni possibile delle UTA



# RECUPERATORI DI CALORE

Regole pratiche, Nomogrammi, Abachi

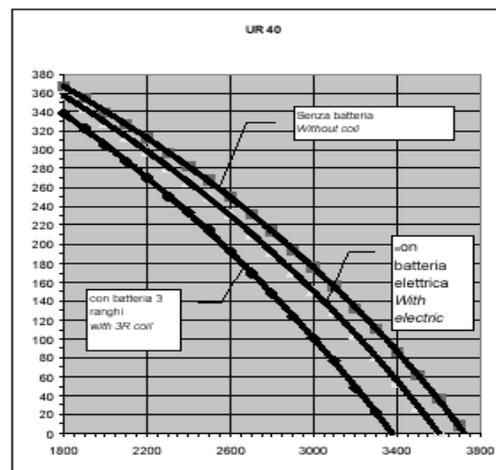
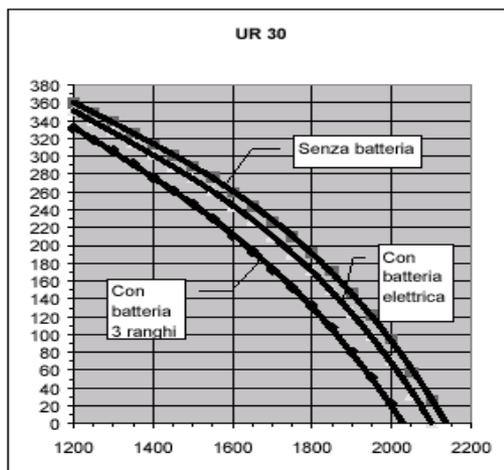
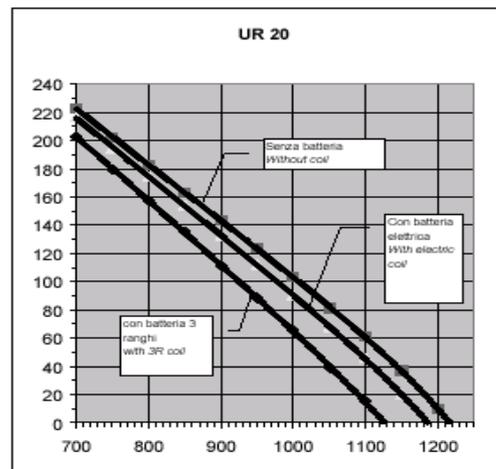
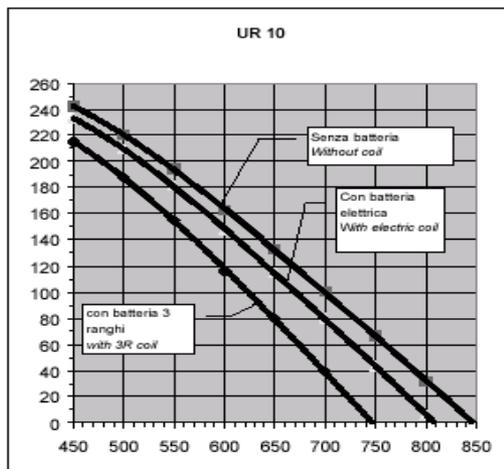
# Funzionamento dei recuperatori di calore



# Data Sheet dei recuperatori di calore

Grandezza / Size UR		10	20	30	40
Portata nominale / Nominal airflow (URxxB) (con 50 Pa press. Statica utile senza batteria / 50 Pa ext.press. without coil)	[l/s] [m3/h]	214 770	311 1120	572 2060	983 3540
Portata / Air flow (URxxE) (con 50 Pa press. Statica utile + batteria el. / 50 Pa ext.press. with electric coil)	[l/s] [m3/h]	206 740	303 1090	564 2030	950 3420
Portata / Air flow (URxxW) (con 50 Pa press. Statica utile + batteria 3R / 50 Pa ext.press. with 3 row coil)	[l/s] [m3/h]	190 685	286 1030	542 1950	889 3200
<b>Motoventilatori (mandata ed espulsione) / Electric fans (supply and return air)</b>					
n°ventilatori in parallelo / no. of fans in parallel	n°	1	1	1	2
Potenza / Power	W	420	420	550	550
Poli / Poles	n°	4	4	6	6
Tensione / Voltage	Volt	220	220	220	220
Fasi / Phases	n°	1	1	1	1
Frequenza / Frequency	Hz	50	50	50	50
Assorbimento max / Max. absorbed current	A	2.9	2.9	5.7	5.7
Velocità / Speed	n°	3	3	3	3
Grado di protezione / Protection	IP	chiuso	chiuso	44	44
Classe di isolamento / insulation		F	F	F	F
<b>Assorbimenti elettrici totali (esclusa batteria elettrica) / Total power input (electric coil not included)</b>					
Potenza / Power	W	840	840	1100	2200
Assorbimento max / Max. absorbed current	A	5.8	5.8	11.4	22.8
<b>Recuperatore / Heat recovery unit</b>					
Efficienza / Efficiency (-5°C/20°C)	[%]	53	54.1	49.8	49
Temperatura in uscita / Outlet temperature	[°C]	8.3	8.5	7.4	7.3

# Data Sheet dei recuperatori di calore

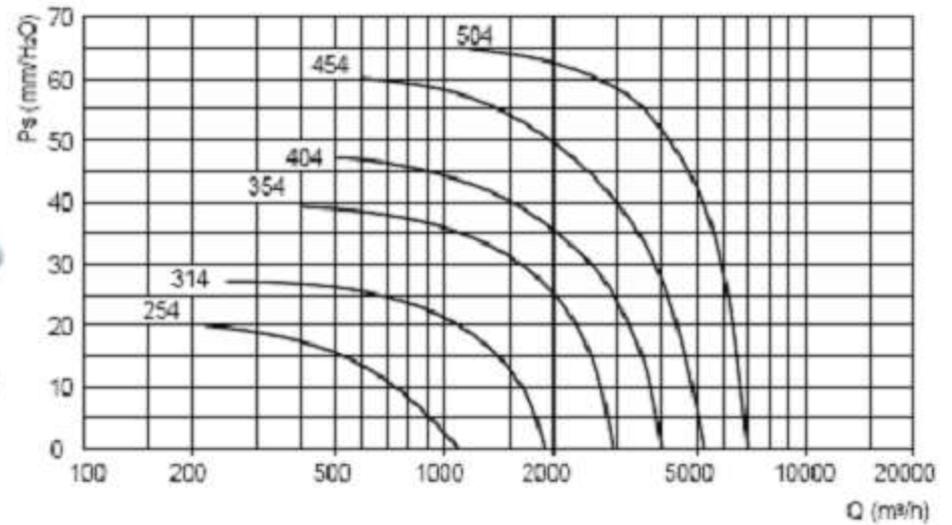


# **TORRINI DI ESTRAZIONE**

Regole pratiche, Nomogrammi, Abachi

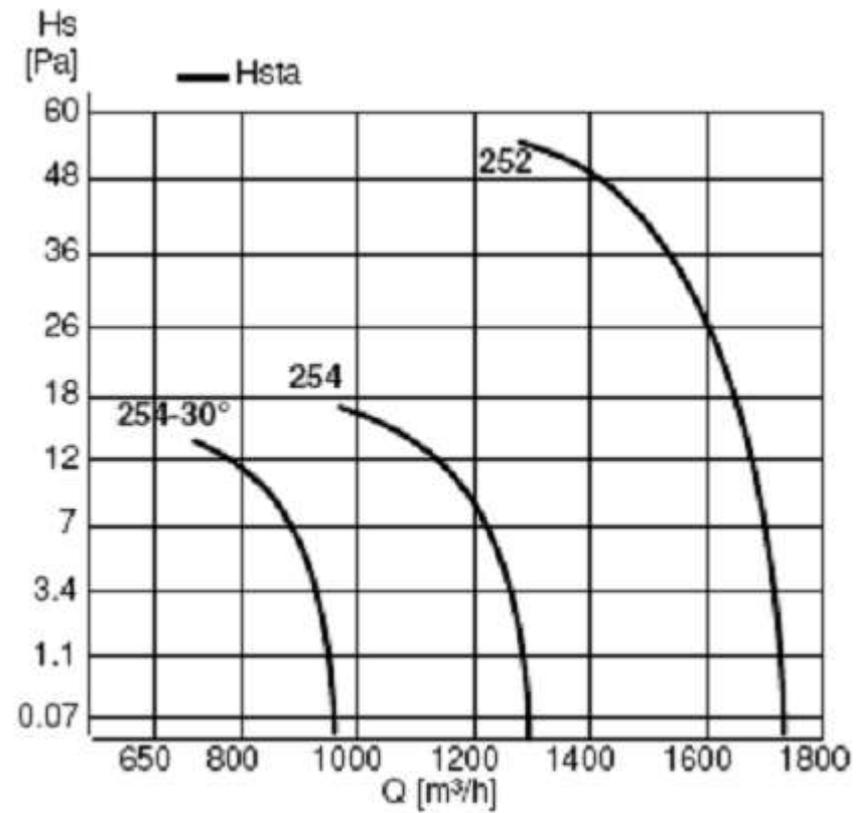
# Torrini di estrazione

L'aria da espellere viene solitamente canalizzata verso le unità di espulsione detti torrini di espulsione



# Ventilatori assiali

Sono ventilatori usati per l'espulsione dell'aria da ambienti. Le curve caratteristiche sono riportate in figura seguente.



# **CENTRALI DI TRATTAMENTO ARIA A PORTATA VARIABILE**

Regole pratiche, Nomogrammi, Abachi

# CTA a portata variabile

Si è più volte fatto cenno al concetto di impianti a portata d'aria variabile che saranno affrontati in dettaglio nel Volume 3°.

Nel caso di impianti ad aria gli impianti a portata variabile costituiscono un'evoluzione importante perché consentono notevoli risparmi energetici dovuti ai minori assorbimenti nei ventilatori di mandata.

Nella terminologia anglosassone sono conosciuti come sistemi VAV (*Variable Air Volume*) oppure VRV (*Variable Refrigerant Volume*).

Esistono sostanzialmente cinque diverse tipologie di impianto ad aria a portata variabile che si distinguono a seconda di come viene effettuata la regolazione della temperatura ambiente e la distribuzione dell'aria:

portata variabile per singolo ambiente

portata variabile senza post-riscaldamento di zona

portata variabile con post-riscaldamento di zona

portata variabile con ricircolo locale (*fan assisted VAV boxes*)

portata variabile a doppio canale

Tutti gli impianti a portata variabile hanno l'indubbio citato pregio di ridurre, chi più chi meno, il consumo elettrico per i ventilatori, che è una voce molto rilevante nella spesa energetica annuale.

# CTA a portata variabile per singolo ambiente

**E' la versione a portata variabile dell'impianto a tutta aria precedentemente descritto, col quale condivide sia i componenti che i pregi ed i difetti. Viene utilizzato al posto del primo proprio per ridurre il consumo energetico per i ventilatori.**

**La configurazione della centrale di trattamento dell'aria è analoga. Quella che cambia è la logica di regolazione dell'impianto per quanto concerne la regolazione della temperatura ambiente; quest'ultima è controllata riducendo la portata del ventilatore al diminuire del carico.**

**La diminuzione di portata è attuabile solo se la distribuzione dell'aria avviene con degli appositi diffusori in grado di mantenere costante il lancio anche in presenza di portate ridotte ed impedire quindi fastidiose ricadute dell'aria fredda negli ambienti. Con questi diffusori, a portata ridotta, si può scendere anche sotto il minimo rapporto tra portata e volume, fissato generalmente in 4 volumi/ora.**

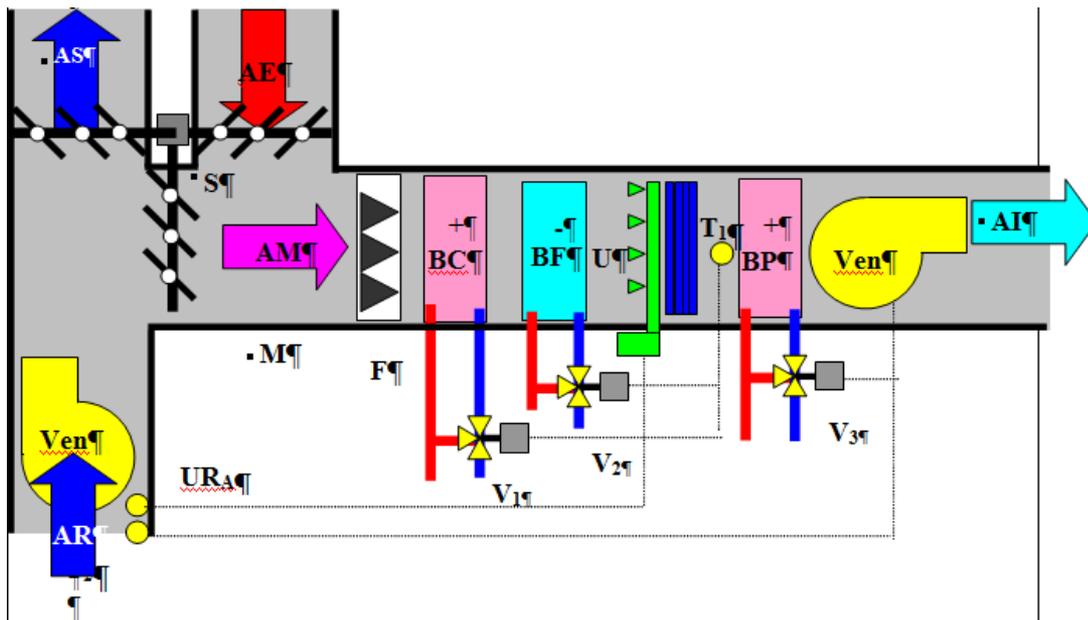
**Malgrado ciò, però, non è possibile diminuire la portata al di sotto di un determinato livello (generalmente il 40% di quella nominale, ma dipende dal range di portata dei diffusori utilizzati) proprio per permettere ai diffusori di funzionare correttamente. Se la portata è ancora troppo elevata interviene una batteria di post-riscaldamento di zona per innalzare la temperatura d'immissione.**

**La portata minima deve essere compatibile con la temperatura d'immissione invernale. Infatti la regolazione avviene in modo sequenziale: al diminuire del carico da smaltire, prima si riduce la portata d'aria, poi apre la valvola della batteria di post-riscaldamento. In pratica, in inverno, gli impianti lavorano sempre alla minima portata d'aria.**

# CTA a portata variabile – composizione e regolazione

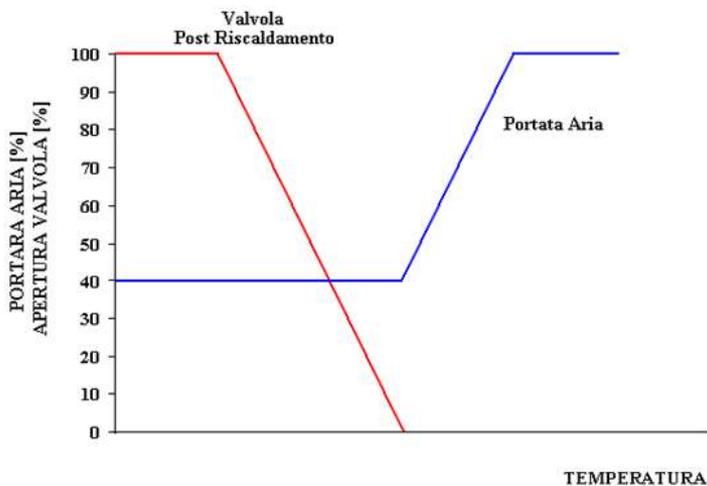
La centrale di trattamento dell'aria dovrebbe sempre essere composta da:

- ventilatore di ripresa
- serranda di espulsione
- serranda presa aria esterna
- camera di miscela
- sezione filtri
- batteria di preriscaldamento
- batteria di raffreddamento
- sezione umidificatore
- batteria di post-riscaldamento
- ventilatore di mandata.



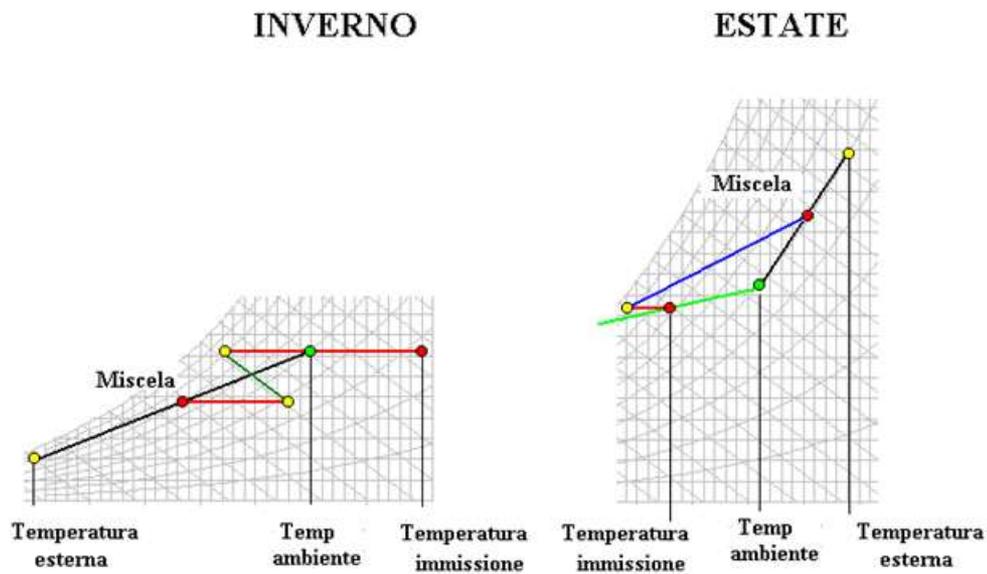
## Legenda

- |    |                           |   |   |   |    |                               |   |   |   |     |                 |
|----|---------------------------|---|---|---|----|-------------------------------|---|---|---|-----|-----------------|
| AE | · Aria esterna            | → | → | → | AR | · Aria ricircolo              | → | → | → | AS  | · Aria espulsa  |
| AM | · aria miscela            | → | → | → | BC | · Batteria riscaldamento      | → | → | → | S   | · Serranda      |
| M  | · Camera di miscela       | → | → | → | F  | · Filtro                      | → | → | → | U   | · Umidificatore |
| BF | · Batteria raffreddamento | → | → | → | BP | · Batteria post-riscaldamento | → | → | → | Ven | · Ventilatore   |
| AI | · Aria immissione         |   |   |   |    |                               |   |   |   |     |                 |



# CTA a portata variabile – composizione e regolazione

Funzionamento in inverno e in estate



# **CTA a portata variabile senza post riscaldamento di zona**

**Oltre ad una singola zona, gli impianti a portata variabile possono anche servire più zone tra loro distinte. L'impianto a portata variabile nella sua configurazione più semplice è mostrato in Figura. L'aria viene immessa in ambiente a temperatura fissa, ma in quantità variabile, dal valore massimo fino a portata nulla. La regolazione avviene attraverso delle serrande parzializzatrici poste in corrispondenza di ogni singolo ambiente sia sul canale di mandata che sul canale di ripresa. La serranda di parzializzazione sul canale di ripresa è necessaria per mantenere in sovrappressione l'ambiente. Le due serrande si muovono in modo coordinato in modo da mantenere costante la differenza tra aria immessa ed aria estratta dall'ambiente.**

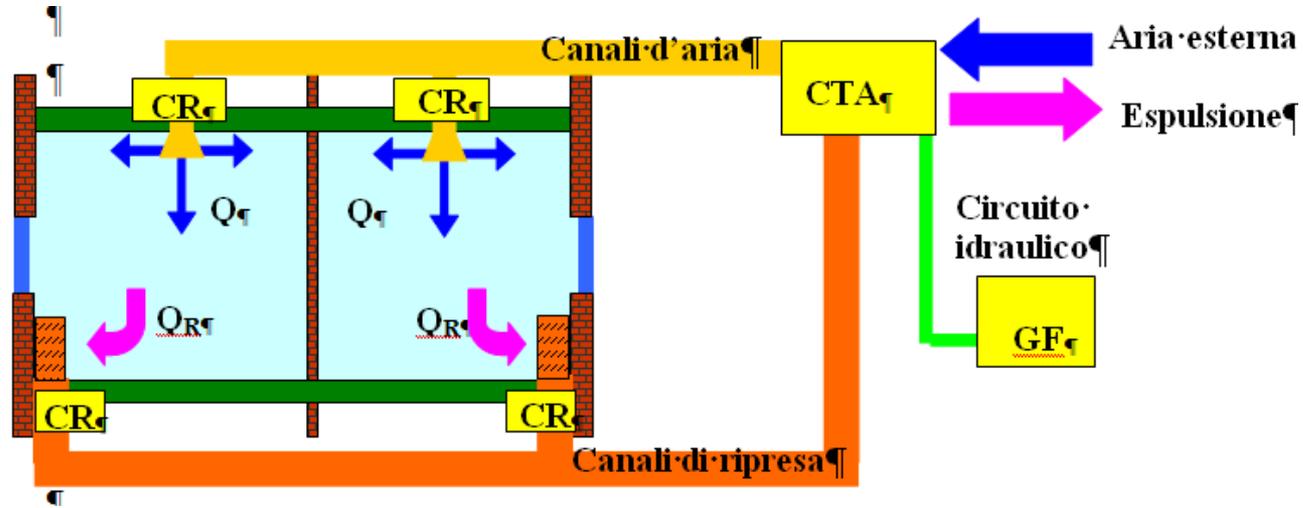
**I ventilatori, sia di mandata che di ripresa, sono a portata variabile ottenuta o variando il numero di giri tramite inverter, o agendo su delle speciali serrande di taratura.**

**E' una tipologia d'impianto molto poco utilizzata e assolutamente non consigliabile perché:**

- 1. non è adatta ad impianti con carichi termici contrapposti**
- 2. con carichi termici molto bassi la portata tende a 0 e pertanto non garantisce il corretto ricambio d'aria**
- 3. se la portata d'aria all'interno dell'ambiente scende al di sotto di una data soglia (generalmente il 40%) le bocchette non sono più in grado di garantire l'effetto Coanda per cui la distribuzione dell'aria in ambiente risulta scadente**

**Volendo utilizzare degli impianti a portata d'aria variabile è assolutamente indispensabile far ricorso alle altre tipologie d'impianto, di seguito descritte.**

# CTA a portata variabile senza post riscaldamento di zona



# CTA a portata variabile con post riscaldamento di zona

**Nell'impianto a portata variabile con post-riscaldamento di zona l'aria viene immessa in ambiente con temperatura e portata variabile.**

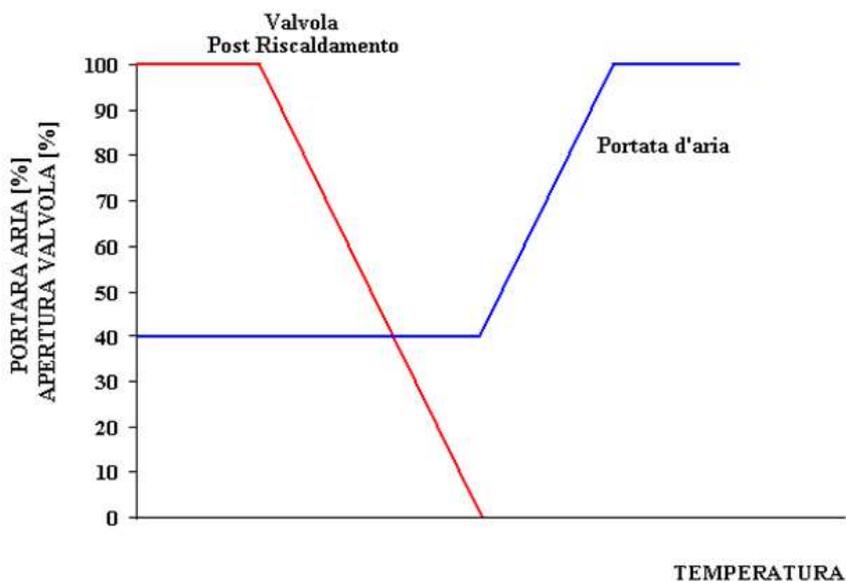
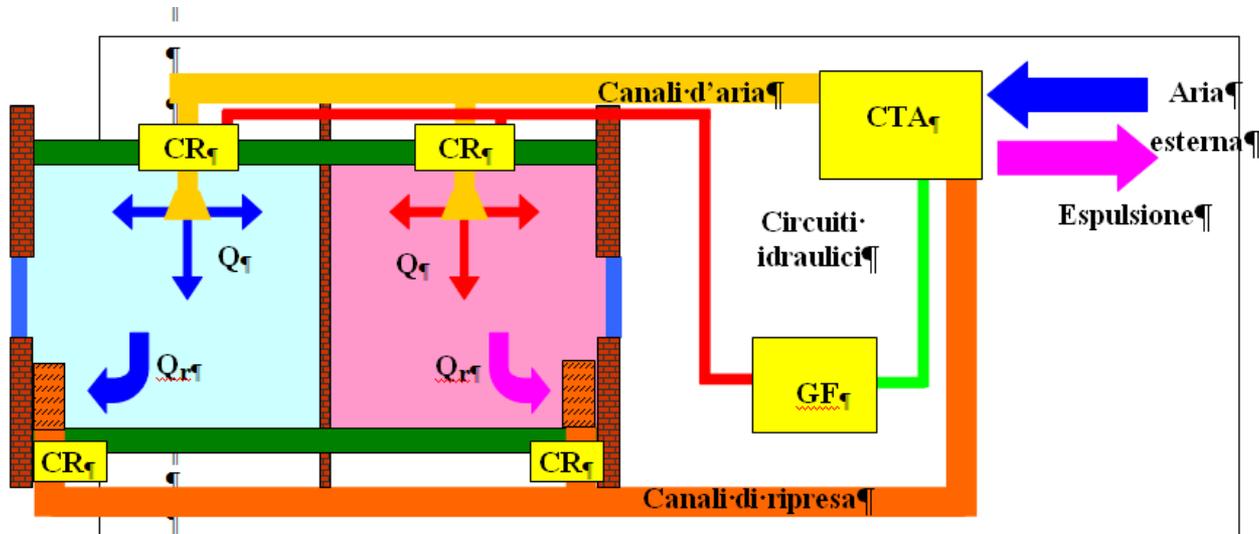
**Come mostrato in Figura 265 la principale differenza rispetto all'impianto a portata variabile nella sua configurazione più semplice è rappresentata dalla presenza di batterie di post-riscaldamento nelle cassette di regolazione della portata d'aria, collegate al circuito idraulico caldo.**

**La temperatura di ogni ambiente è controllata riducendo la portata del ventilatore al diminuire del carico frigorifero. La diminuzione di portata è attuabile solo se la distribuzione dell'aria avviene con dei diffusori di buona qualità, con ampio campo di funzionamento, in grado di mantenere costante il lancio anche in presenza di portate ridotte ed impedire quindi fastidiose ricadute dell'aria fredda negli ambienti. Con questi diffusori, a portata ridotta, si può scendere anche sotto il minimo rapporto tra portata e volume, fissato generalmente in 4 volumi/ora. Malgrado ciò, però, non è possibile diminuire la portata al di sotto di un determinato livello (generalmente il 40% di quella nominale) proprio per permettere ai diffusori di funzionare correttamente. Se la portata è ancora troppo elevata interviene una batteria di post-riscaldamento di zona per innalzare la temperatura d'immissione.**

**La portata minima deve essere compatibile con la temperatura d'immissione invernale. Infatti la regolazione avviene in modo sequenziale (cfr. Figura 266): al diminuire del carico da smaltire, prima si riduce la portata d'aria, poi apre la valvola della batteria di post-riscaldamento. In pratica, in inverno, gli impianti lavorano sempre alla minima portata d'aria. Questo è un aspetto molto importante: la suddivisione in zone va studiata anche per permettere un'effettiva escursione tra la portata massima, richiesta in estate, e la portata minima, richiesta in inverno. Se così non fosse, non varrebbe la pena pensare ad un impianto a portata variabile, molto costoso.**

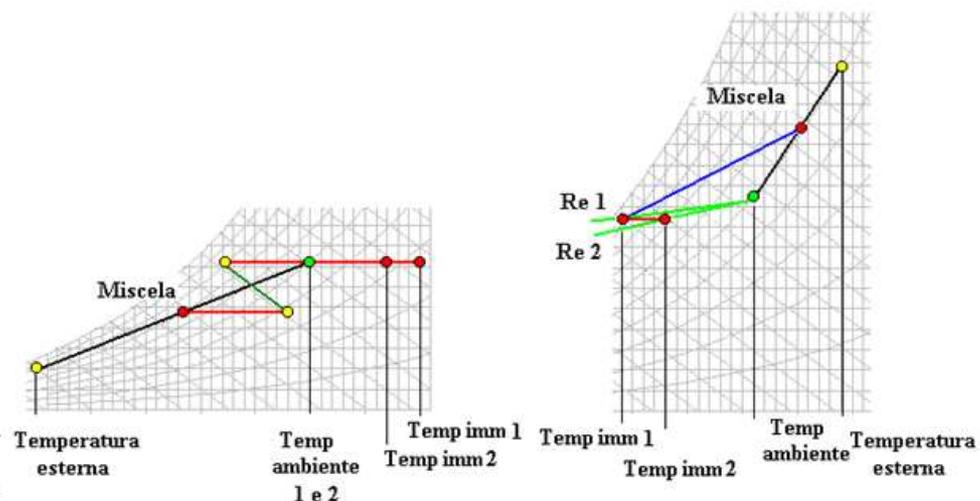
**Per fare un esempio, se la portata minima in inverno fosse l'80% della portata estiva, il sistema si comporterebbe sostanzialmente come un impianto con post-riscaldamento di zona, annullando gran parte dei benefici.**

# CTA a portata variabile con post riscaldamento di zona

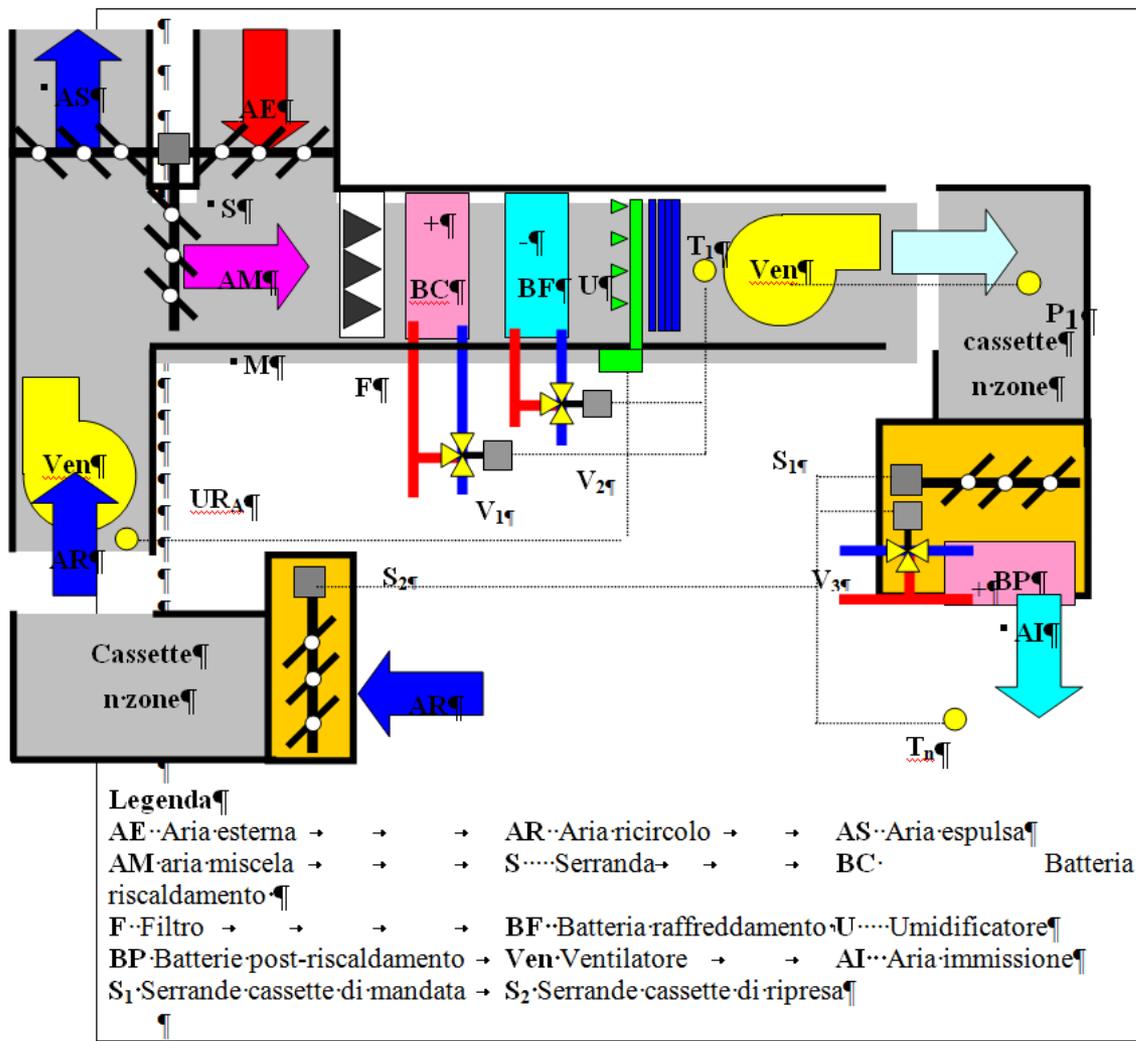


INVERNO

ESTATE



# CTA a portata variabile con post riscaldamento di zona



# CTA a portata variabile con ricircolo locale (VAV boxes)

**Il sistema a portata variabile *Fan Assisted Boxes* è da considerarsi un ibrido, in quanto funziona a portata variabile nella distribuzione principale, e a portata costante localmente (cfr. Figura 270). L'aria viene trattata in una CTA centralizzata e distribuita a portata variabile ai vari locali. Qui viene miscelata, in proporzioni diverse in funzione del carico, con l'aria ambiente in speciali cassette dotate di serrande e ventilatore a portata costante. In ambiente, pertanto, la portata dell'aria è sempre la stessa, qualunque sia la situazione di carico, mentre cambia la temperatura d'immissione in quanto si crea una miscela tra l'aria del canale principale, fredda in regime estivo e calda in regime invernale, e l'aria ambiente ricircolata dal ventilatore.**

**Al massimo carico, estivo o invernale, in ambiente viene inviata solo aria proveniente dal canale principale. Al diminuire del carico, le serrande della cassetta ventilata provvedono a prelevare più aria dall'ambiente e meno aria dal canale. Nel canale, quindi, la portata d'aria varia al variare del carico.**

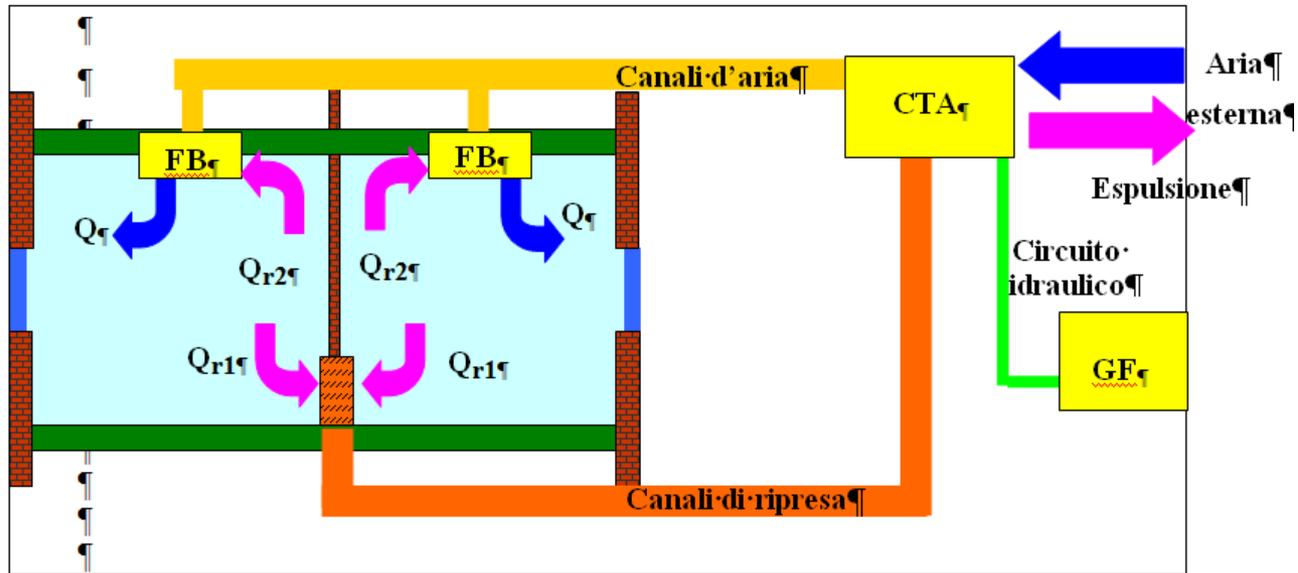
**Il sistema nasce negli USA come alternativa al VAV senza post-riscaldamento di zona, per evitare una cattiva distribuzione dell'aria in ambiente al diminuire del carico.**

**Rispetto al VAV con post-riscaldamento di zona, il sistema Fan Assisted Boxes presenta una serie di difetti che lo rendono poco apprezzabile.**

**Non è adatto a soddisfare carichi termici contemporanei di segno opposto. La potenza viene fornita dall'aria della canalizzazione principale, fredda in estate e calda in inverno: ogni singolo locale può essere condizionato in modo diverso dagli altri, purché tutti i carichi termici siano dello stesso segno (richiesta di riscaldamento o di raffreddamento).**

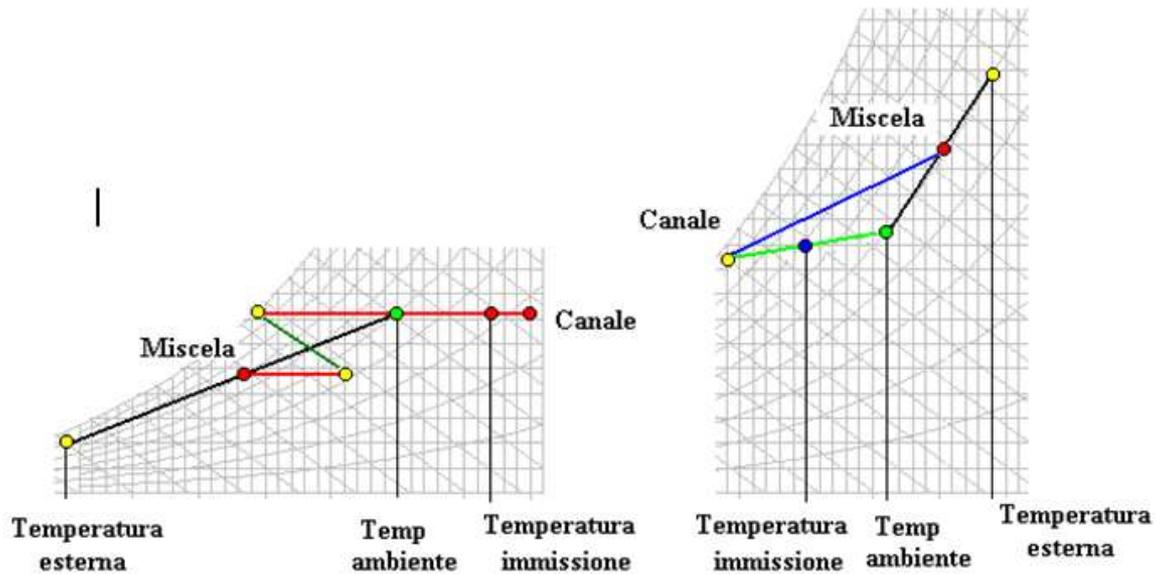
**Questo vincolo è ancora più rigido di quello degli impianti ad aria primaria a due tubi, nei quali la temperatura dell'aria di rinnovo può essere immessa a temperatura diversa (generalmente più bassa) ed è possibile, entro certi limiti, sfruttare questa caratteristica per raffreddare alcuni locali e riscaldare altri usando i terminali. L'impianto FAB usa l'aria ambiente per controllare il carico, che è smaltito solo dall'aria trattata dalla CTA, sempre o più calda o più fredda dell'ambiente.**

# CTA a portata variabile con ricircolo locale (VAV boxes)

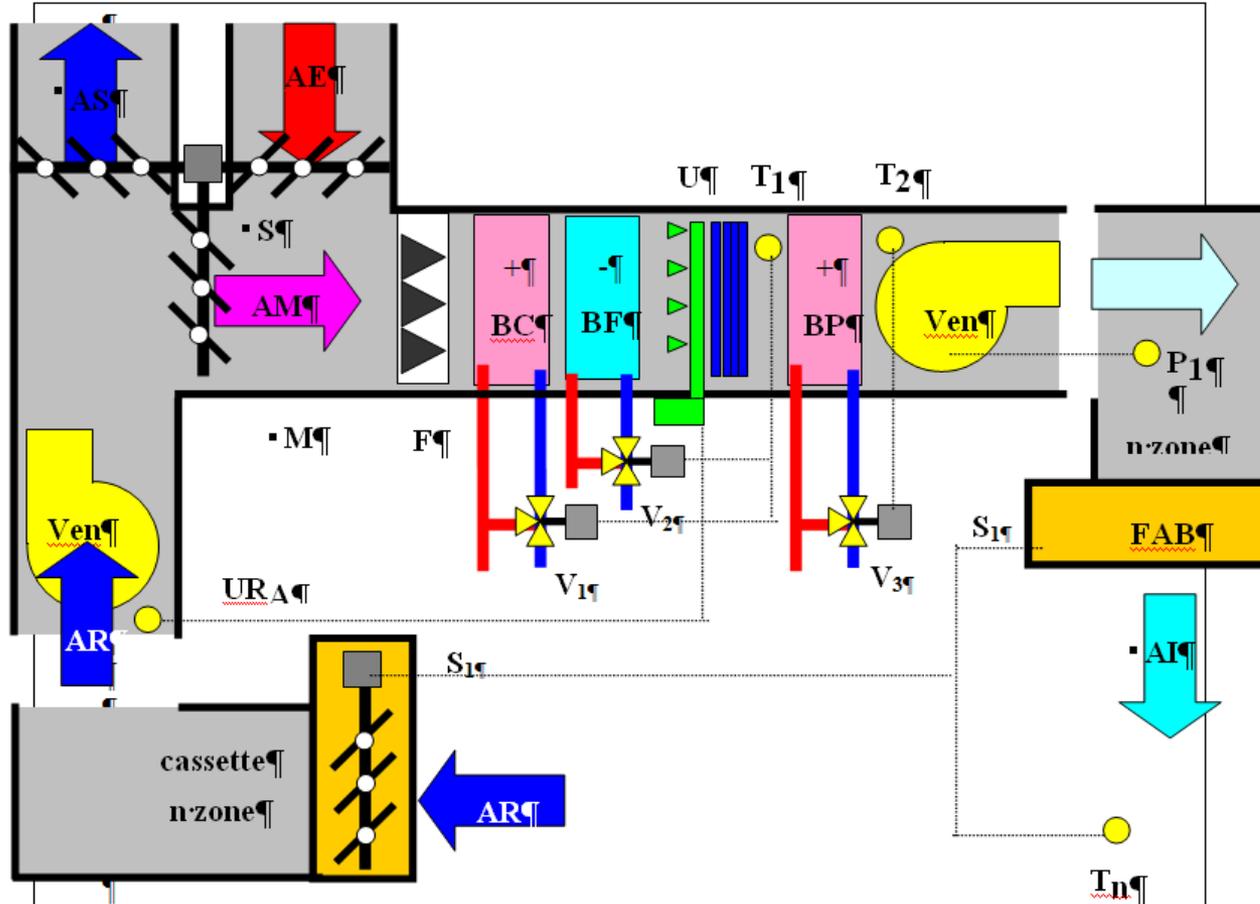


INVERNO

ESTATE



# CTA a portata variabile con ricircolo locale (VAV boxes)



## Legenda

AE·Aria esterna	→	→	→	AR·Aria ricircolo	→	→	AS·Aria espulsa
AM·aria miscela	→	→	→	S·Serranda	→	→	BC·Batteria riscaldamento
F·Filtro	→	→	→	BF·Batteria raffreddamento	→	→	U·Umidificatore
BP·Batteria post-riscaldamento	→	→	→	Ven·Ventilatore	→	→	AI·Aria immissione
S·Serrande cassette di ripresa	→	→	→	FAB·Fan Assisted Boxes			

# CTA a portata variabile con doppio canale

L'impianto a portata variabile a doppio canale è molto simile al suo corrispondente a portata costante. Le uniche variazioni la presenza di due ventilatori distinti, uno sul canale caldo e uno sul canale freddo e la forma delle cassette miscelatrici. Queste ultime non hanno più delle serrande coniugate, ma due serrande distinte che agiscono in sequenza.

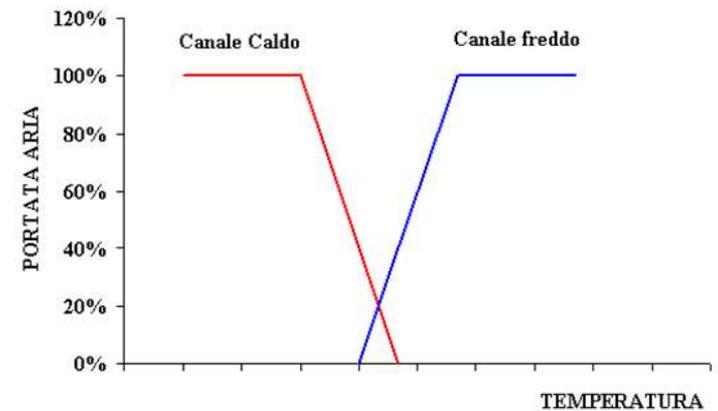
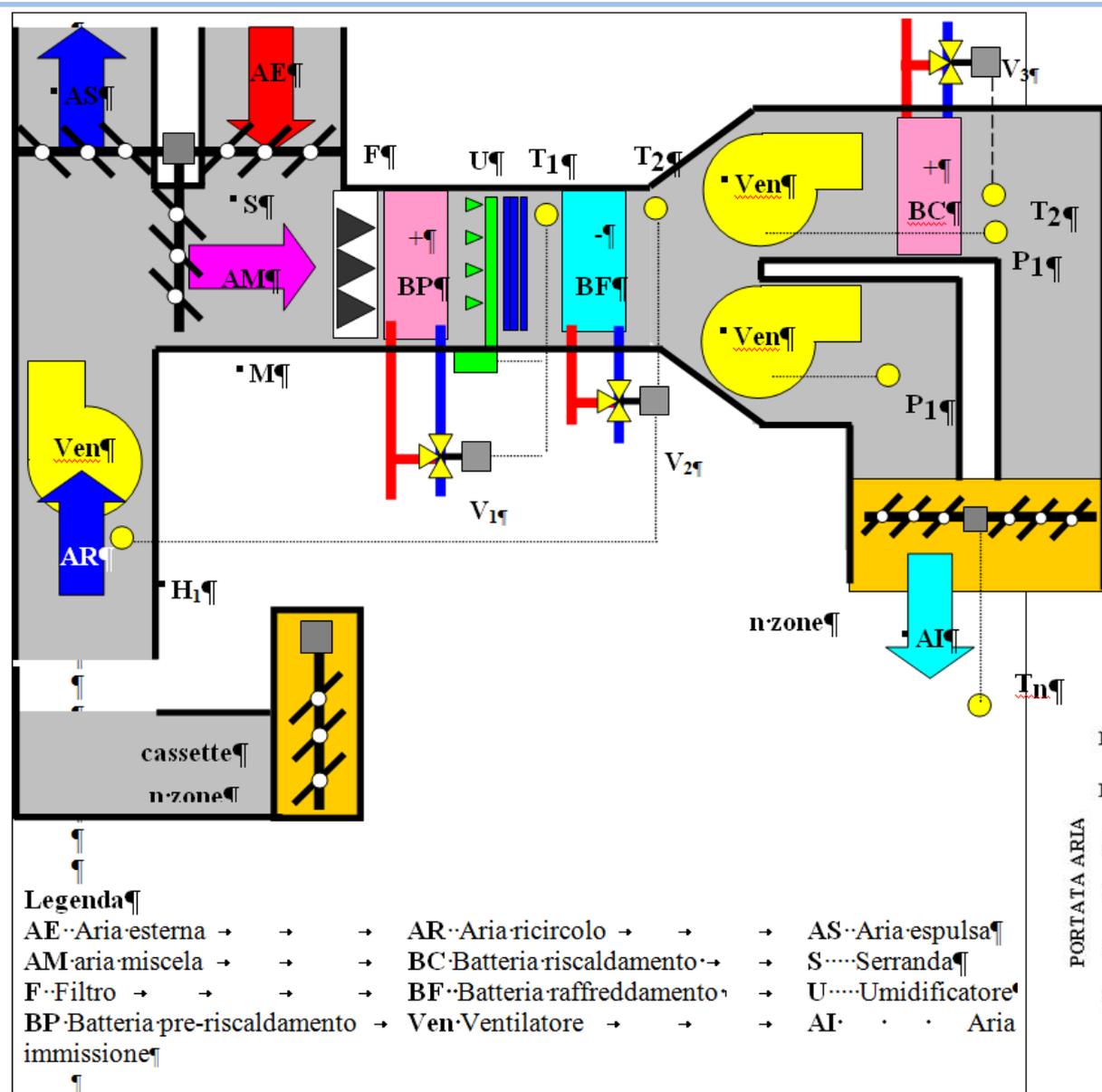
Con il massimo carico estivo è completamente aperta la serranda  $S_f$  posta sul canale freddo, mentre la serranda  $S_c$  posta sul canale caldo è chiusa.

Al diminuire del carico, la serranda  $S_f$  si chiude progressivamente e la portata si riduce fino al limite minimo consentito dato o dal valore concesso dai diffusori, oppure dalla richiesta di aria di rinnovo. A questo punto comincia ad aprirsi la serranda sul canale caldo, e la serranda sul canale freddo si chiude della stessa percentuale.

Ad un certo punto la serranda  $S_f$  è chiusa completamente, mentre la serranda  $S_c$  è aperta per far passare dal canale caldo la minima portata d'aria ammessa. Qualora fosse necessario, la serranda sul canale caldo si apre ulteriormente per far passare la piena portata.

Non è necessario che il canale caldo ed il canale freddo abbiano la stessa portata: l'importante è che la portata totale in ambiente non sia mai inferiore alla minima richiesta.

# CTA a portata variabile con doppio canale



# USO DEI CAD PER LE CTA

# Uso dei CAD

Le CTA (o le UTA) sono componenti importanti degli impianti ad aria e degli impianti misti che tuttavia richiedono un'accurata progettazione da parte del progettista. Queste unità, infatti, non sono pronte a catalogo dalle case costruttrici ma debbono essere opportunamente assemblate in ogni suo componente.

Tutto ciò rende le CTA (o le UTA) costose in quanto ogni dispositivo costruito è praticamente un prototipo.

Con la grandissima diffusione dei computer si oggi a disposizione anche specifici programmi di selezione messi a disposizione dalle case costruttrici. Ciascun programma è ovviamente indirizzato alla selezione di componenti di una data marca e non di componenti generici e pertanto questi programmi possono andare bene per predisporre esecutivi di cantiere.

I CAD guidano passo passo i progettisti nella selezione e dimensionamento della classe dell'UTA e dei suoi componenti.

GRANDEZZA 39CI			
Portata aria [m <sup>3</sup> /h]			12000
Massima velocità aria [m/s] *			2,7
Modello	Vel. aria [m/s] *		
16	2,8	Profondità [mm] ( A )	1610
17	2,5	Altezza [mm] ( H )	1330
18	2,1		

\* (nell'attraversamento batterie)

# Uso dei CAD

<input type="checkbox"/> Presa aria esterna	<input type="checkbox"/> Batteria recupero	<input type="checkbox"/> Separatore di gocce	<input type="checkbox"/> Filtri Speciali
<input type="checkbox"/> Camera di miscela	<input type="checkbox"/> Batteria di riscaldamento	<input type="checkbox"/> Batteria di riscaldamento	<input type="checkbox"/> Silenziatore di Mandata
<input type="checkbox"/> Silenziatore di Ripresa	<input type="checkbox"/> Batteria di raffreddamento	<input type="checkbox"/> Distanziatori Jolly	<input type="checkbox"/> Serranda di Mandata
<input type="checkbox"/> Prefiltri	<input type="checkbox"/> Batteria di riscaldamento	<input type="checkbox"/> Ventilatore Mandata	
<input type="checkbox"/> Filtri	<input type="checkbox"/> Batteria di raffreddamento	<input type="checkbox"/> Multizone	
<input type="checkbox"/> Filtri Speciali	<input type="checkbox"/> Distanziatori Jolly	<input type="checkbox"/> Filtri	
<input type="checkbox"/> Distanziatori Jolly	<input type="checkbox"/> Umidificazione+separatore	<input type="checkbox"/> Filtri	

Progetto

Riferimento

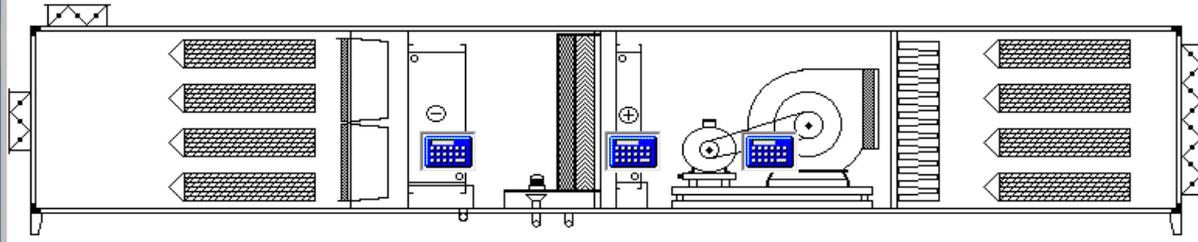
39CI 17  
Totale € 0,00  
Peso [kg] 0

<input type="checkbox"/> Presa aria esterna	<input type="checkbox"/> Batteria recupero	<input type="checkbox"/> Separatore di gocce	<input checked="" type="checkbox"/> Filtri Speciali
<input checked="" type="checkbox"/> Camera di miscela	<input type="checkbox"/> Batteria di riscaldamento	<input checked="" type="checkbox"/> Batteria di riscaldamento	<input checked="" type="checkbox"/> Silenziatore di Mandata
<input checked="" type="checkbox"/> Silenziatore di Ripresa	<input checked="" type="checkbox"/> Batteria di raffreddamento	<input type="checkbox"/> Distanziatori Jolly	<input checked="" type="checkbox"/> Serranda di Mandata
<input type="checkbox"/> Prefiltri	<input type="checkbox"/> Batteria di riscaldamento	<input checked="" type="checkbox"/> Ventilatore Mandata	
<input checked="" type="checkbox"/> Filtri	<input type="checkbox"/> Batteria di raffreddamento	<input type="checkbox"/> Multizone	
<input type="checkbox"/> Filtri Speciali	<input type="checkbox"/> Distanziatori Jolly	<input type="checkbox"/> Filtri	
<input type="checkbox"/> Distanziatori Jolly	<input checked="" type="checkbox"/> Umidificazione+separatore	<input type="checkbox"/> Filtri	

Progetto

Riferimento

39CI 17  
Totale € 13.664,00  
Peso [kg] 1120



6700

# Uso dei CAD

**Dati geometrici e dimensionali**

Geometria		Alette		Tubi
Passo tubi		Materiale	Passo	Materiale
P6016		Al	2,5	Cu

Lunghezza [mm] 1300  Calcolo completo  
 Altezza [mm] 1020  Ranghi imposti  
 N. ranghi   Solo predisposizione  
 N. circuiti

**Lato aria**

ingresso aria		uscita aria	
T. bulbo secco [°C]	32	T. bulbo secco [°C]	14
T. bulbo umido [°C]	23,6		
Umidità relativa [%]	50	Portata [m³/h]	12000
Resa totale [kW]	0	Portata [kg/h]	13586

**Lato fluido**

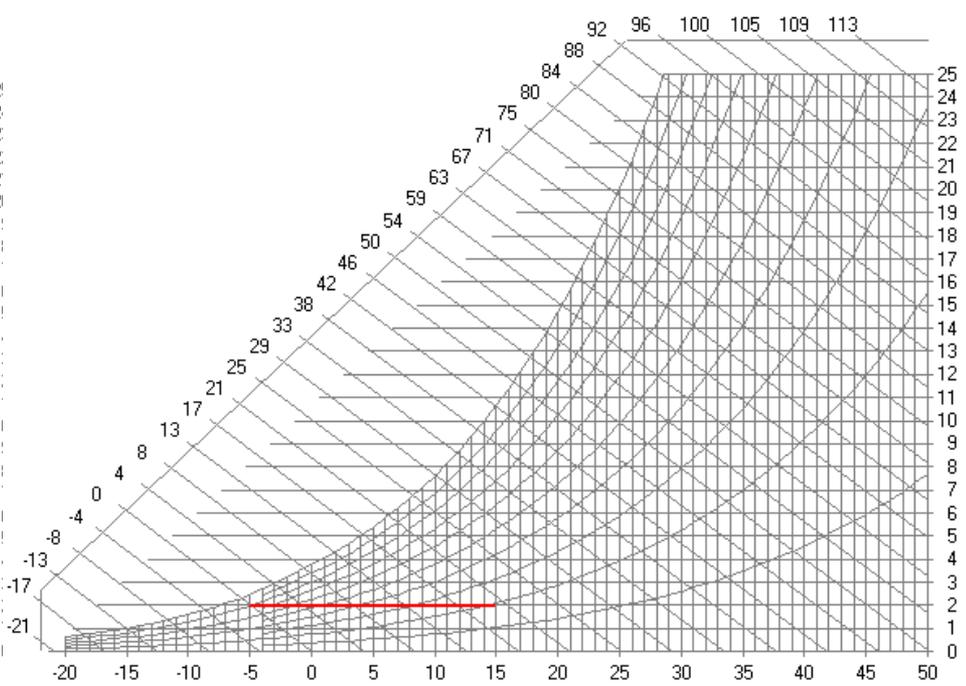
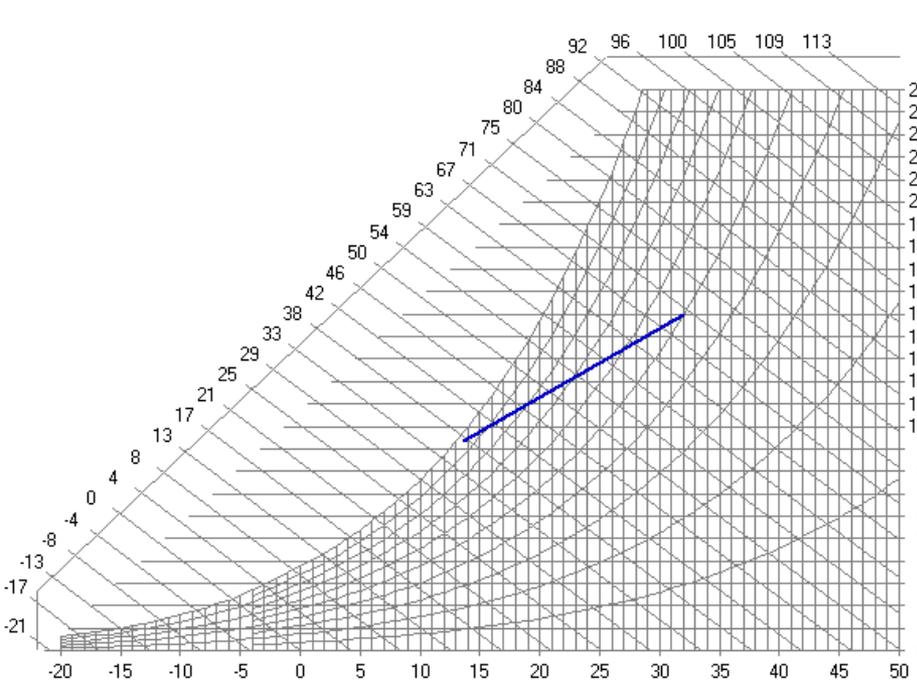
Tipo fluido: Acqua

T. ingresso [°C] 7  
 T. uscita [°C] 12  
 Portata [m³/h]   
 Massima dp [kPa] 30

**Verifica in Caldo**

**RISULTATI**

Codice	CAPACITA'			ARIA						ACQUA			
	Qt [kW]	Qs [kW]	S/T	TBSout [°C]	URout [%]	Vel [m/s]	dpa [Pa]	Jin [kJ/kg]	Jout [kJ/kg]	Twout [°C]	Vel [m/s]	qw [m³/h]	dpw [kPa]
P6016AF 9R 17T 1300A 2,5P 38NC Cu-Al	126	70	0,55	13,6	96	2,51	137	70,7	37,3	12,0	0,8	21,61	13,3
P6016AF 8R 17T 1300A 2,5P 34NC Cu-Al	117	66	0,56	14,6	94	2,51	125	70,7	39,6	12,0	0,8	20,12	14,2
P6016AF 7R 17T 1300A 2,5P 30NC Cu-Al	112	63	0,56	15,4	92	2,51	113	70,7	41,1	12,0	0,9	19,16	11,7



# Uso dei CAD

## RISULTATI

Modello	Tipo Pale	P.Din. [Pa]	P.Tot. [Pa]	Rend. [%]	P.Ass. [kW]	Giri/min [rpm]	Lw [dB(A)]	Lp [dB(A)]	Pot. Motore [kW]	Marg. Mot. [%]	Vel. Bocca [m/s]	Prezzo [€]
BQR 400	rovesce	91	1421	74	6,43	2714	92	85	11 kW	71	12,2	2.634,92
BQR 450	rovesce	58	1388	77	6,01	2270	90	83	7,5 kW	25	9,8	2.584,65
BQR 500	rovesce	37	1367	75	6,06	1895	89	82	7,5 kW	24	7,8	2.838,55

### ORIENTAMENTO PALE

Avanti  Rovescce

### PRESSIONE SONORA

Distanza [m]

### DATI DI CALCOLO

Portata [m³/h]

Pressione statica utile [Pa]

Margine prevalenza [Pa]

### MOTORE

Polarità  Margine



Calcolo



Analisi

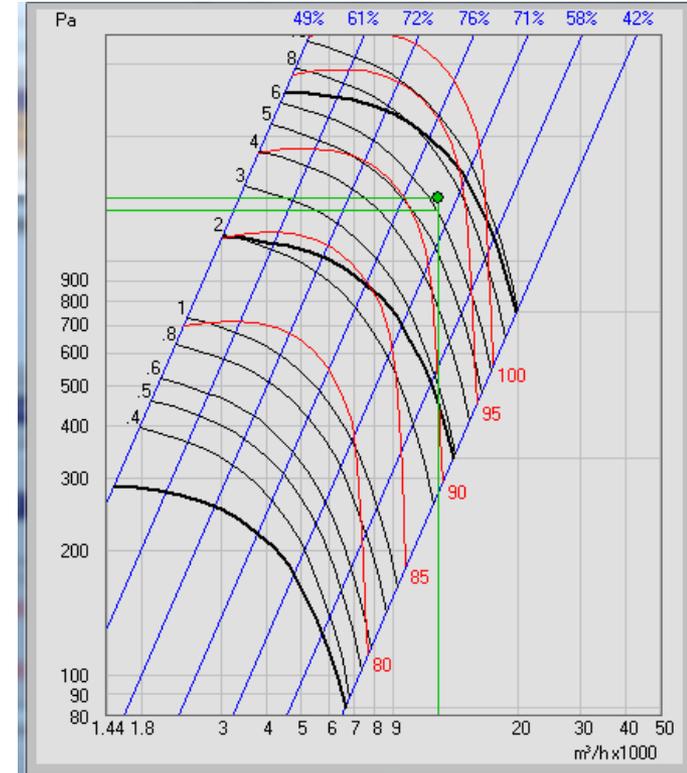
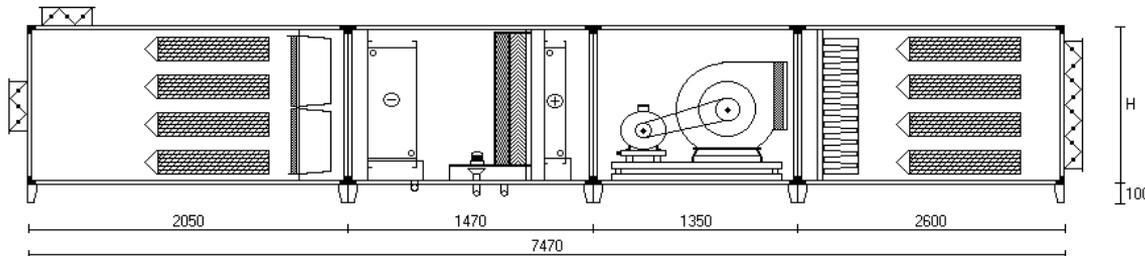


Curve



Esci

Modello	BQR 400		Distanza [m]		1			
Livello di potenza sonora [db(A)]	92		Livello di pressione sonora [db(A)]		85			
Freq. [Hz]	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
Lw [dB]	94,0	94,2	93,3	87,7	86,4	84,2	77,7	72,9
DLw [dB]	-4	-8	-15	-23	-32	-34	-23	-16
Lw ris. [dB]	90,0	86,2	78,3	64,7	54,4	50,2	54,7	56,9



# TERMOVENTILCONVETTORI

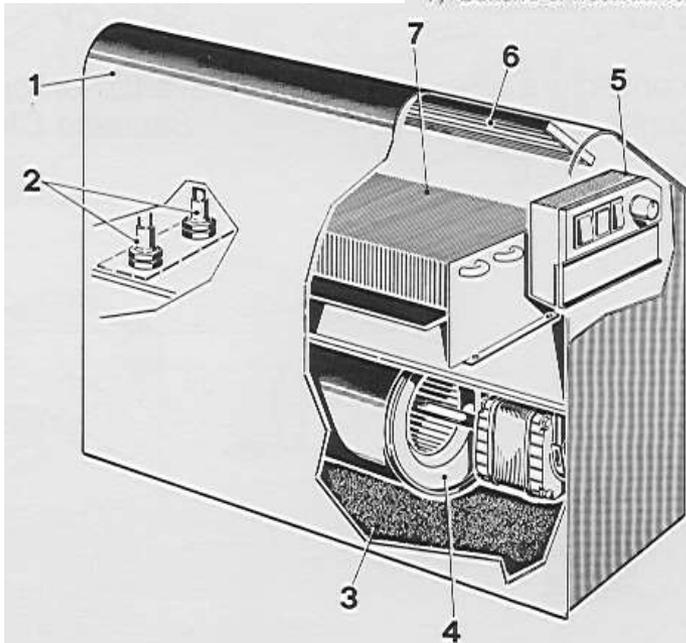
Regole pratiche, Nomogrammi, Abachi

# Convettori Ventilati

Il convettore ventilato è una versione semplificata del ventilconvettore ed è appositamente progettato per il riscaldamento degli ambienti. La costituzione interna è ancora simile a quella dei fan coil ma la batteria in rame è progettata per il solo riscaldamento. Manca la vasca di raccolta della condensa perché non è previsto il raffrescamento ambientale.

## COMPONENTI PRINCIPALI

- 1) Mobile di copertura
- 2) Attacchi idraulici
- 3) Filtro aria
- 4) Gruppo ventilante
- 5) Pannello comandi
- 6) Griglia di mandata
- 7) Batteria di riscaldamento



## DATI TECNICI - TECHNICAL DATA DONNEES TECHNIQUES - TECHNISCHE DATEN

MODELLO - MODEL MODELE - MODELL		CV1	CV2
Potenzialità termica - Heating capacity Puissance thermique - Heizleistung	W kcal/h	2965 2550	4010 3450
Portata aria - Air flow Débit air - Volumenstrom	max min $m^3/s$ $m^3/h$	0,055 200	0,083 300
Portata acqua - Water flow Débit eau - Wasserdurchflußmenge	$l/s$ $l/h$	0,083 300	0,083 300
Perdita di carico - Pressure drop Pertes de charge - Druckabfall	kPa mC.A.-W.G.m mC.E.-mW.S.	4,41 0,45	4,90 0,50
Contenuto acqua - Water content Conténu eau - Wasserinhalt	l	0,18	0,35
Potenza motore - Motor power Puissance moteur - Motorleistung	W	50	55
Corrente assorbita - Input current Intensité d'exercice - Stromaufnahme	A	0,25	0,27
Altezza - Height - Hauteur - Höhe	mm	485	485
Larghezza - Width - Largeur - Breite	mm	585	585
Profondità - Depth - Profondeur - Tiefe	mm	210	210
Peso netto - Net weight Poids net - Nettogewicht	Kg	13,2	13,8
Tensione di alimentazione 220 V - 1 - 50 Hz Feeding voltage 220 V - 1 - 50 Hz	Tension d'alimentation Spannung/Frequenz	220 V - 1 - 50 Hz 220 V - 1 - 50 Hz	220 V - 1 - 50 Hz 220 V - 1 - 50 Hz

Le rese sono riferite alle seguenti condizioni:  
- temperatura aria entrante 20°C  
- temperatura acqua entrante 80°C

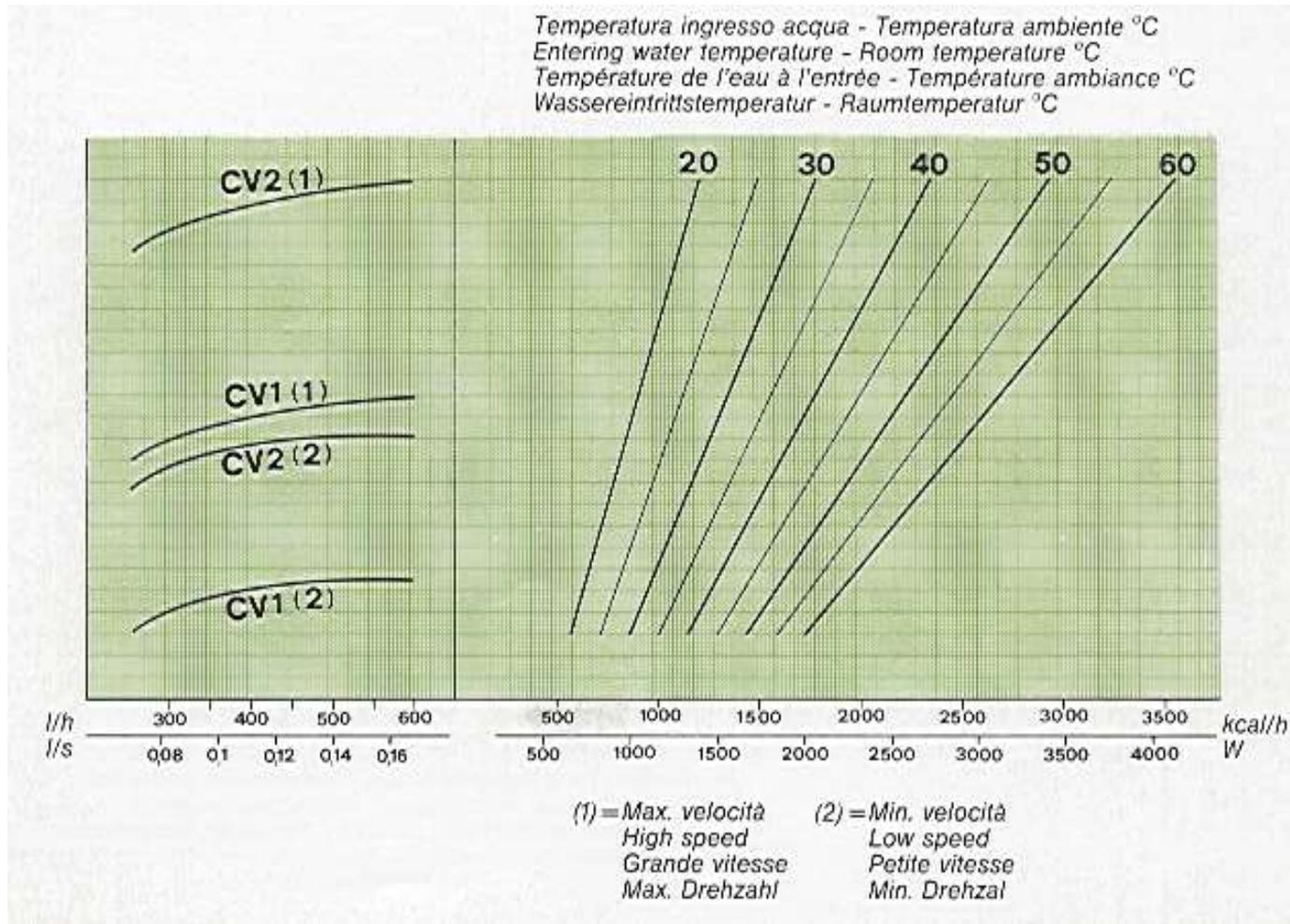
Capacities are rated at following conditions:  
- Entering air temperature: 20°C  
- Entering water temperature: 80°C

Les puissances se réfèrent aux conditions suivantes:  
- température air à l'entrée: 20°C  
- température eau à l'entrée: 80°C

Die Leistungen sind auf folgende Bedingungen bezogen:  
- Lufteintrittstemp. 20°C  
- Vorlauftemp. 80°C

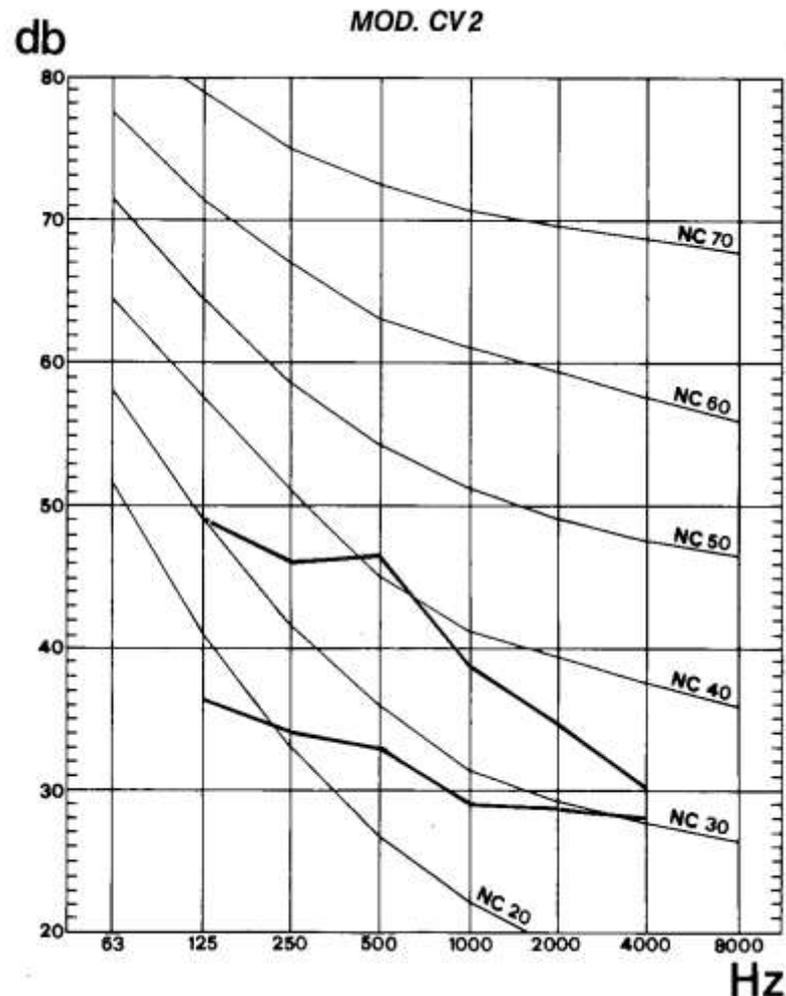
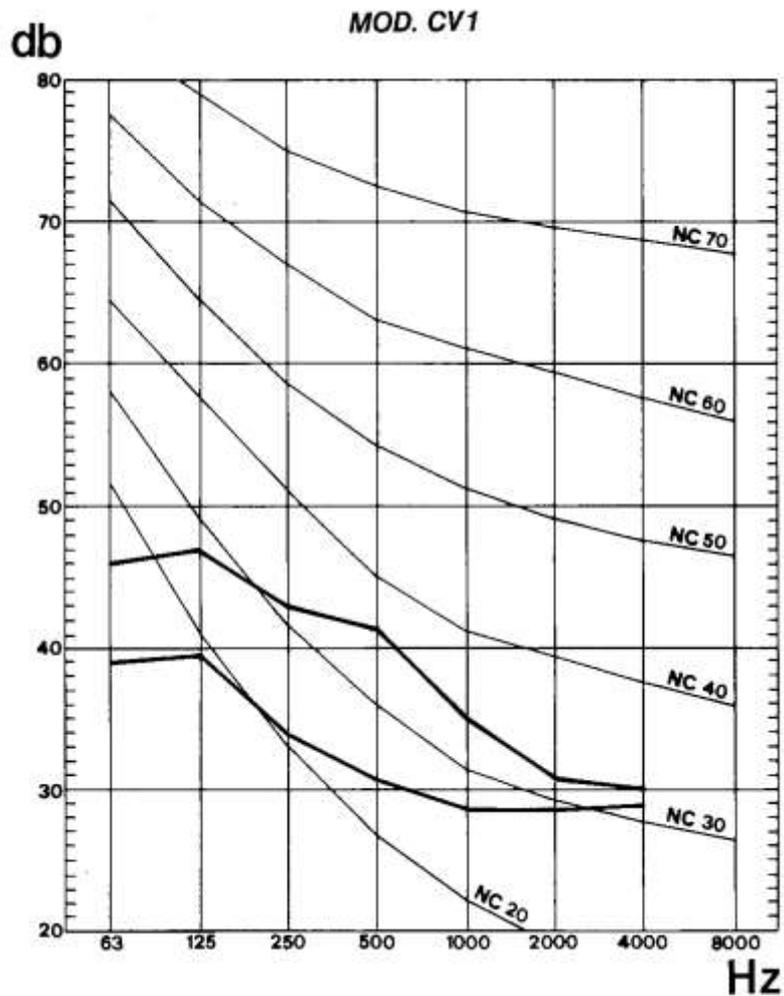
# Selezione dei Convettori Ventilati

In funzione del salto termico fra la temperatura di ingresso dell'acqua e la temperatura ambiente si può scegliere il modello e la velocità del motore.



# Rumorosità dei convettori ventilati

La rumorosità dei convettori ventilati dipende dalla velocità della ventola e dalla sua grandezza.



# Selezione del Ventilconvettori (Fan Coil)

I ventilconvettori sono più complessi dei convettori ventilati e sono costruiti in più serie.

## CARATTERISTICHE TECNICHE PRINCIPALI

Modello		FCH 20 S	FCH 20	FCH 30	FCH 40	FCH 60	FCH 80	FCH 100	
Potenzialità termica *	kcal/h	2300	3400	4750	6300	9200	13500	16200	
	W	2670	3950	5520	7325	10700	15700	18840	
Potenzialità frigorifera * totale	frig/h	890	1485	2420	2750	4785	6780	8290	
	W	1040	1730	2810	3200	5560	7790	9640	
Potenzialità frigorifera * sensibile	frig/h	715	1126	1734	2076	3453	4725	5853	
	W	831	1309	2016	2413	4015	5494	6805	
Portata aria	max	m <sup>3</sup> /h	206	320	460	570	940	1200	1700
		m <sup>3</sup> /s	0,057	0,088	0,127	0,158	0,261	0,333	0,472
	media	m <sup>3</sup> /h	—	260	360	460	780	980	1350
		m <sup>3</sup> /s	—	0,072	0,100	0,127	0,216	0,272	0,375
	minima	m <sup>3</sup> /h	171	190	280	350	600	760	1080
		m <sup>3</sup> /s	0,047	0,052	0,077	0,097	0,166	0,211	0,300
Ventilatori	N°	1	1	2	2	2	2	2	
Velocità	max	g/1'	800	860	870	840	1170	935	1275
		g/s	13,3	14,3	14,5	14	19,5	15,6	21,2
	media	g/1'	—	710	710	680	800	775	880
		g/s	—	11,8	11,8	11,3	13,3	12,9	14,6
	minima	g/1'	470	560	560	540	650	610	725
		g/s	7,8	9,3	9,3	9,0	10,8	10,2	12
Superficie frontale batteria	m <sup>2</sup>	0,056	0,076	0,112	0,150	0,216	0,300	0,300	
Ranghi batteria	N°	3	3	3	3	3	3	3	
Tubi batteria	N°	24	24	24	24	24	24	24	
Passo alette	mm	2,1	2,1	2,1	2,1	2,1	2,1	2,1	
Contenuto acqua	l	0,48	0,7	1	1,3	1,9	2,6	2,6	
Portata acqua	l/h	179	297	484	551	957	1356	1658	
	l/s	0,049	0,082	0,134	0,153	0,265	0,376	0,460	
Perdite di carico acqua	m C.A.	0,082	0,23	0,70	0,16	0,55	1,31	1,87	
	k Pa	0,80	2,25	6,86	1,56	5,39	12,85	18,34	
Potenza max motore	W	32	51	54	65	134	130	170	
Corrente assorbita (max)	A	0,15	0,26	0,29	0,34	0,58	0,61	0,9	

Tensione di alimentazione: 220 V - 1 - 50 Hz

\* Le rese sono riferite alle seguenti condizioni:

Temperatura aria entrante 20°C

Temperatura acqua entrante 70°C

Temperatura aria entrante { b. u. 19°C  
b. s. 27°C

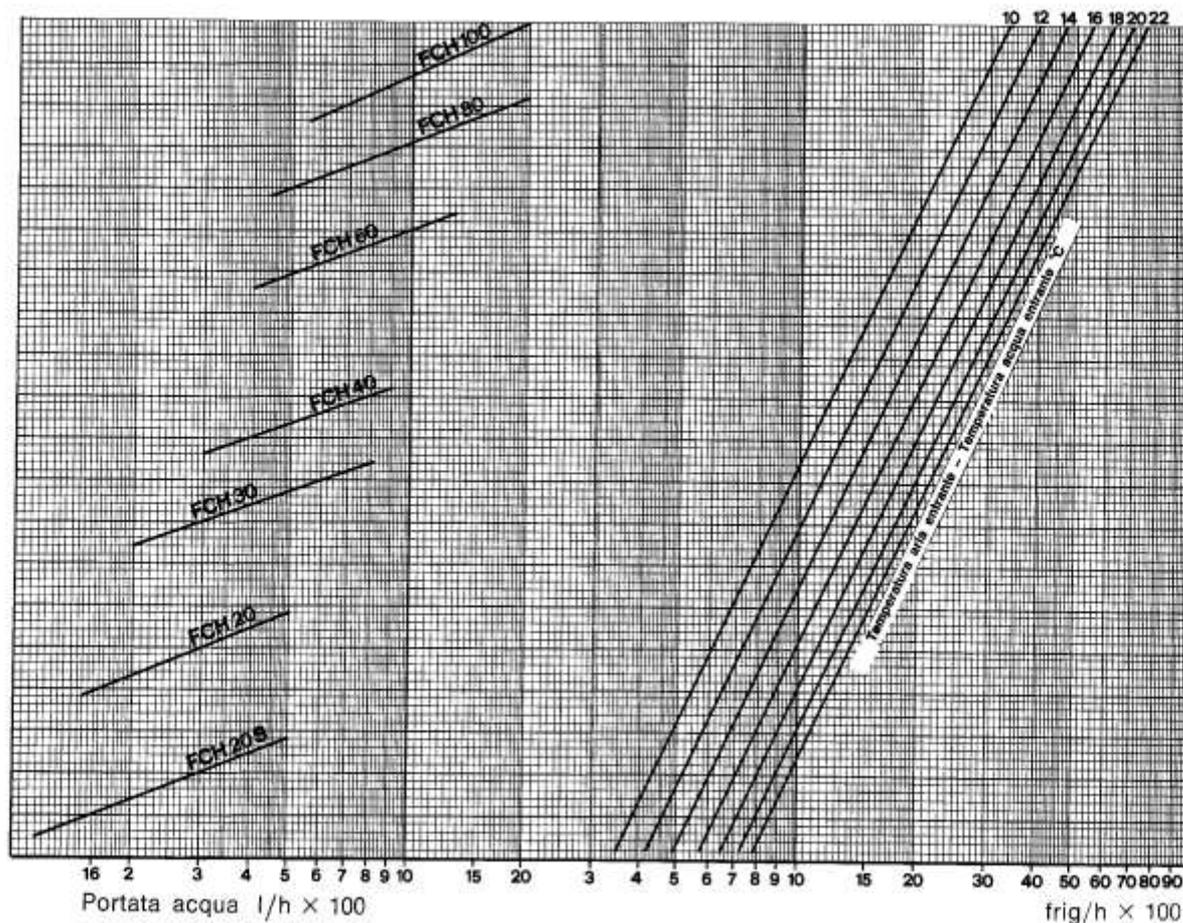
Temperatura acqua entrante 7°C

Portata aria vel. massima

# Curve di selezione dei Fan Coil per il Raffreddamento

**RAFFREDDAMENTO SENZA DEUMIDIFICAZIONE (velocità massima)**

Si realizza in tutti quei casi in cui la temperatura dell'acqua di alimentazione è superiore o uguale alla temperatura di rugiada dell'aria all'ingresso della batteria.

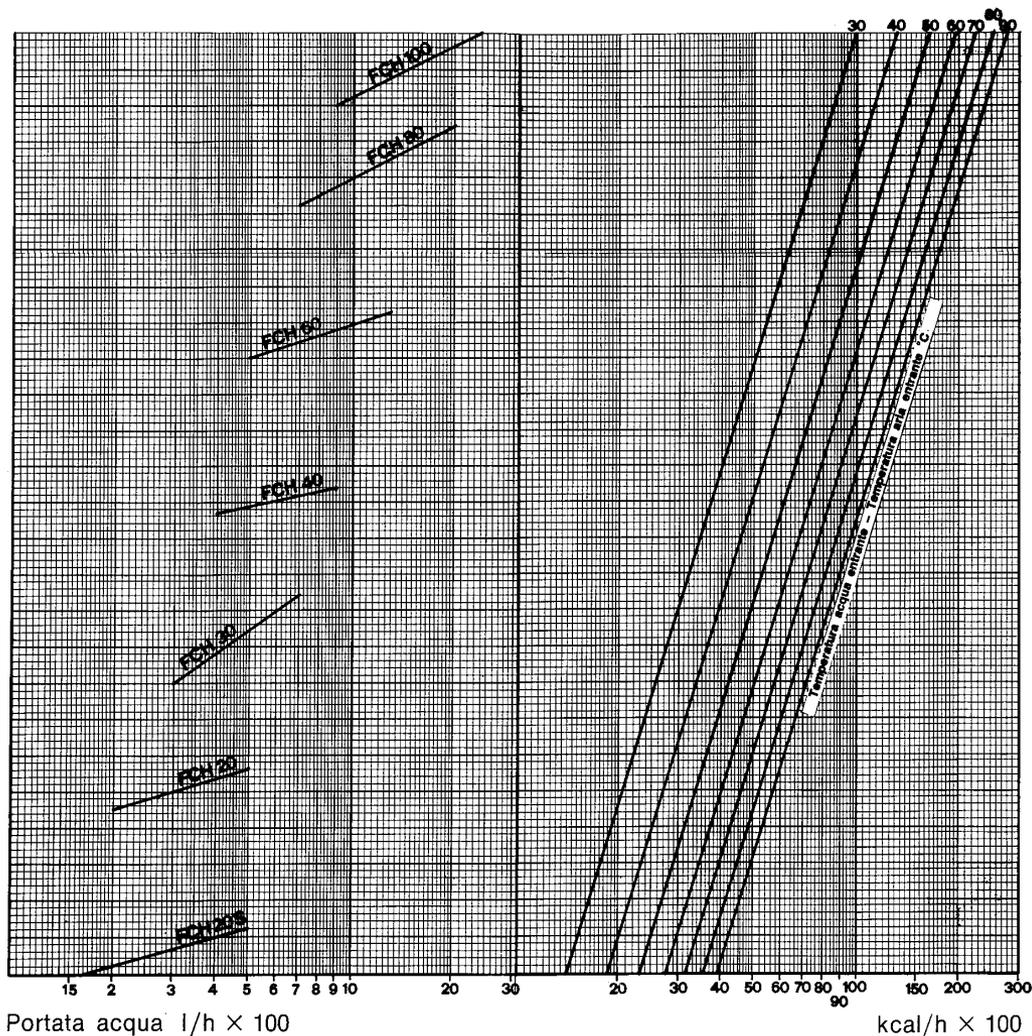


Le rese frigorifere sono riferite alla velocità max.  
Per le altre velocità i valori di resa devono essere moltiplicati per i seguenti fattori:

Modello	FCH 20 S	FCH 20	FCH 30	FCH 40	FCH 60	FCH 80	FCH 100
Velocità minima	0,88	0,74	0,76	0,78	0,75	0,74	0,79
Velocità media	—	0,89	0,88	0,87	0,86	0,88	0,90

# Curve di selezione dei Fan Coil per il Riscaldamento

RISCALDAMENTO (velocità massima)



Le rese frigorifere sono riferite alla velocità max.  
Per le altre velocità i valori di resa devono essere moltiplicati per i seguenti fattori:

Modello	Velocità media	Velocità minima
FCH 20 S	—	0,88
FCH 20	0,89	0,74
FCH 30	0,88	0,76
FCH 40	0,87	0,78
FCH 60	0,86	0,75
FCH 80	0,88	0,74
FCH 100	0,90	0,79

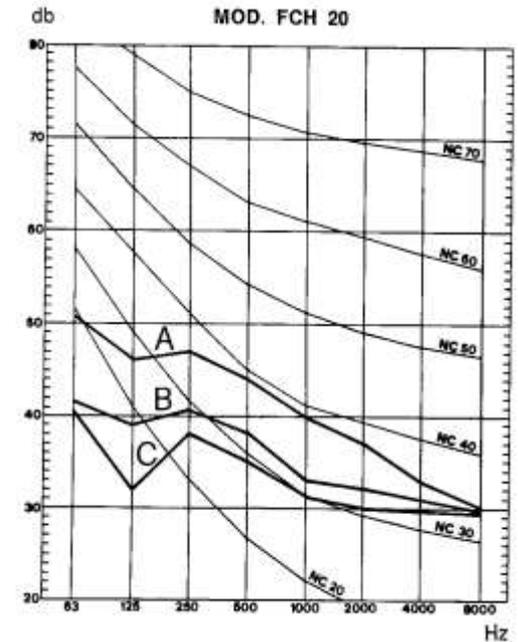
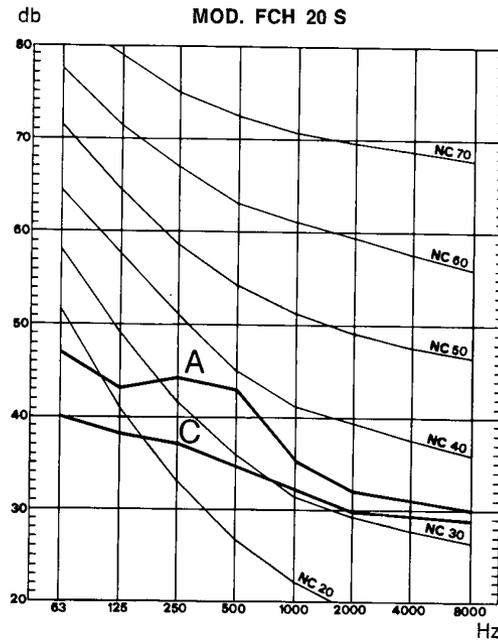
# Rumorosità dei Fan Coil

Anche per i fan coil la rumorosità dipende dalla grandezza e dalla velocità della ventola.

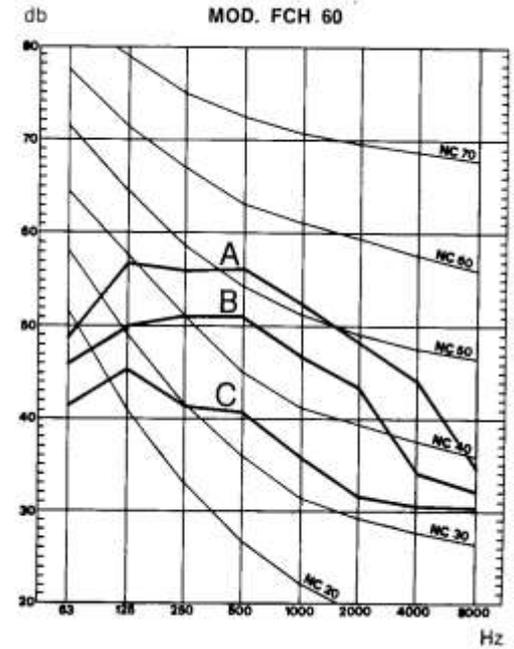
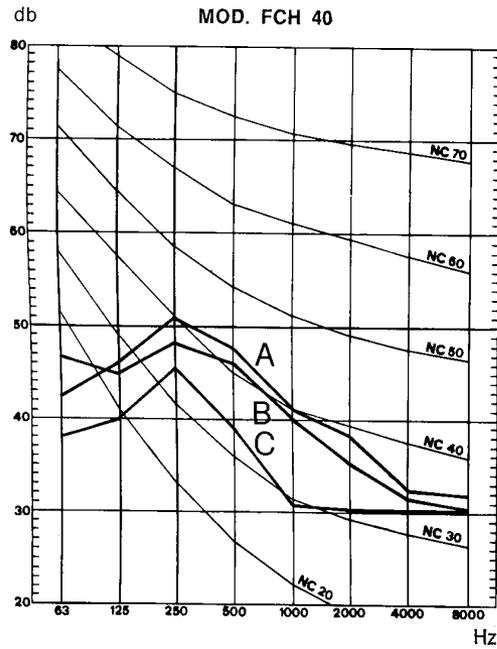
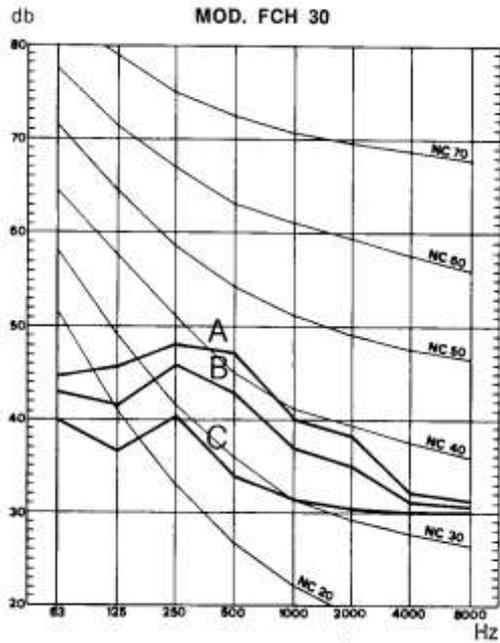
## LIVELLI SONORI E CURVE DI RUMORE

Le tavole seguenti riportano le curve di rumore per i singoli modelli. I rilievi sono stati effettuati in camera riflettente ad un metro di distanza dall'apparecchio e con un rumore di fondo di 30 d b. Qui di seguito ricordiamo i tipi di ambiente e i relativi valori ammissibili delle N.C.

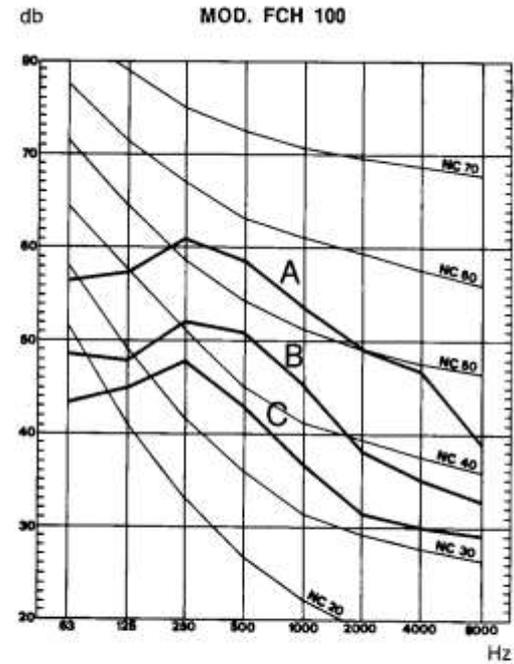
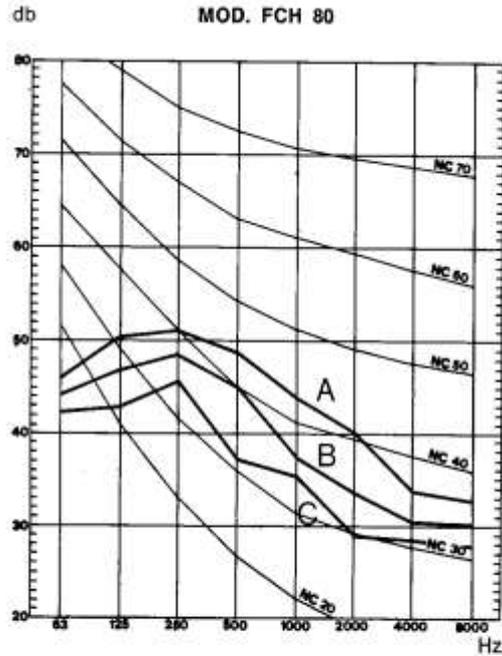
Tipo di ambiente	N.C.
Ville di città . . . . .	30 - 40
Abitazione di città . . . . .	35 - 45
Stanze di albergo . . . . .	35 - 45
Uffici privati . . . . .	45 - 55
Grandi uffici . . . . .	65 - 75
Centri meccanografici . . . . .	65 - 75
Cinematografi - Musei . . . . .	35 - 45
Biblioteche - Aule scolastiche . . . . .	35 - 45
Ristoranti - Locali notturni . . . . .	55 - 65
Bar . . . . .	55 - 60
Grandi magazzini - Supermercati . . . . .	55 - 70
Uffici in fabbriche . . . . .	60 - 70
Industria leggera . . . . .	75 - 85



# Rumorosità dei Fan Coil



# Rumorosità dei Fan Coil



A = Velocità max B = Velocità media C = Velocità min.