

**CORSO PRATICO PER NON SPECIALISTI
DI DIMENSIONAMENTO DELLE POMPE
CENTRIFUGHE AUTOADESCANTI (J) E
VOLUMETRICHE ROTATIVE (V)**

INFOTEC

TABELLA DI CONVERSIONE DELLE UNITÀ DI MISURA

Grandezza	Sistema unità di misura	Unità di misura	simbolo	CONVERSIONI		
				Sistema Tecnico	Sistema Internazionale (SI)	Sistema Anglosassone
LUNGHEZZA	Tecnico e Internazionale	metro decimetro centimetro millimetro	m dm cm mm	1 dm = 0.1 m 1 cm = 0.01 m 1 mm = 0.001 m		1 m = 3.28 ft 1 dm = 3.937 in 1 cm = 0.3937 in
	Anglosassone	pollice (inch) pie (foot) iarda (yard)	1", in 1', ft yd	1" = 25.4 mm 1 ft = 0.3048 m 1 yd = 0.9144 m		1 ft = 12" 1 yd = 3 ft = 36"
SUPERFICIE	Tecnico e Internazionale	metro quadrato centimetro quadrato millimetro quadrato	m² cm² mm²	1 cm² = 0.0001 m² 1 mm² = 0.01 cm²		1 m² = 1.196 sq.yd 1 m² = 10.764 sq.ft 1 cm² = 0.155 sq.in
	Anglosassone	pollice quadrato pie quadrato iarda quadrata	sq.in sq.ft sq.yd	1 sq.in = 6.45 cm² 1 sq.ft = 0.0929 m² 1 sq.yd = 0.836 m²		1 sq.ft = 144 sq.in 1 sq.yd = 1.296 sq.in 1 sq.yd = 9 sq.ft
VOLUME	Tecnico e Internazionale	metro cubo decimetro cubo centimetro cubo litro	m³ dm³ cm³ l	1 m³ = 1.000 dm³ 1 dm³ = 0.001 m³ = 1000 cm³ 1 cm³ = 0.001 dm³ 1 l = 1 dm³		1 dm³ = 0.22 imp.gal 1 dm³ = 0.264 US.gal 1 dm³ = 61.01 cu.in
	Anglosassone	pollice cubo pie cubo gallone Inglese gallone USA	cu.in cu.ft imp.gal US.gal	1 cu.in = 16.39 cm³ 1 cu.ft = 28.32 dm³ 1 imp.gal = 4.546 dm³ 1 US.gal = 3.785 dm³		1 imp.gal = 1.201 US.gal 1 US.gal = 0.833 imp.gal
TEMPERATURA	Tecnico e Internazionale	grado centigrado grado Kelvin	°C °K	°C = °K - 273 °K = °C + 273		°C = 5/9 (°F - 32) °K = 5/9 (°F - 32) + 273
	Anglosassone	grado Fahrenheit	°F	°F = 9/5 °C + 32		
punto di congelamento dell'acqua a pressione atmosferica : punto di ebollizione dell'acqua a pressione atmosferica :				0°C = 273 °K = 32 °F 100°C = 373 °K = 212 °F		
PESO e FORZA	Tecnico	kilogrammo	kg		1 kg = 9.81 N	1 kg = 2.203 lb
	Internazionale	Newton	N	1 N = 0.102 kg		1 N = 0.2246 lb
PESO SPECIFICO	Anglosassone	libbra (pound)	lb	1 lb = 0.454 kg	1 lb = 4.452 N	
	Tecnico	kilogrammo su decimetro cubo	kg/dm³		1 kg/dm³ = 9.807 N/dm³	1 kg/dm³ = 62.43 lb/cu.ft
PRESSIONE	Internazionale	Newton su decimetro cubo	N/dm³	1 N/dm³ = 0.102 kg/dm³		1 N/dm³ = 6.366 lb/cu.ft
	Anglosassone	libbra su piede cubo	lb/dm³	1 lb/cu.ft = 0.01807 kg/dm³	1 lb/cu.ft = 0.157 N/dm³	
PORTATA	Tecnico	litri al minuto litri al secondo metri cubi all'ora	l/min l/s m³/h	1 l/min = 60 l/s 1 l/s = 3.6 m³/h 1 m³/h = 16.667 l/min	1 l/s = 0.001 m³/s	1 l/min = 0.22 imp.g.p.m. 1 l/min = 0.264 US.g.p.m. 1 m³/h = 3.666 imp.g.p.m. 1 m³/h = 4.403 US.g.p.m.
	Internazionale	metri cubi al secondo	m³/s	1 m³/s = 1.000 l/s 1 m³/s = 3.600 m³/h		1 m³/s = 13.198 imp.g.p.m. 1 m³/s = 15.852 US.g.p.m.
MOMENTO TORCENTE	Anglosassone	gallone imperiale al minuto gallone USA al minuto	imp.g.p.m. US.g.p.m.	1 imp.g.p.m. = 4.546 l/min 1 imp.g.p.m. = 0.273 m³/h 1 US.g.p.m. = 3.785 l/min 1 US.g.p.m. = 0.227 m³/h		1 imp.g.p.m. = 1.201 US.g.p.m. 1 US.g.p.m. = 0.833 imp.g.p.m.
	Tecnico	kilogrammo per metro	kgm		1 kgm = 9.807 Nm	1 kgm = 7.233 ft.lb.
LAVORO ed ENERGIA	Internazionale	Newton per metro	Nm	1 Nm = 0.102 kgm		1 Nm = 0.7376 ft.lb.
	Anglosassone	foot pound	ft.lb.	1 ft.lb. = 0.138 kgm	1 ft.lb. = 1.358 Nm	
POTENZA	Tecnico	kilogrammo per metro cavallo-vapore ora	kgm CVh	1 CVh = 270.000 kgm	1 kgm = 9.807 J 1 CVh = 0.736 kWh	1 kgm = 7.233 ft.lb. 1 CVh = 0.986 HP.hr.
	Internazionale	Joule kilowatt ora	J kWh	1 J = 0.102 kgm 1 kWh = 1.36 CVh		1 Nm = 0.7376 ft.lb. 1 Nm = 0.7376 ft.lb.
VISCOSITÀ CINEMATICA	Anglosassone	foot pound Horse power hour	ft.lb. HP.hr.	1 ft.lb. = 0.138 kgm 1 HP.hr. = 1.014 CVh	1 ft.lb. = 1.358 Nm 1 HP.hr. = 0.746 kWh	
	Tecnico	cavallo vapore	CV	1 CV = 75 kgm/s	1 CV = 0.736 kW	1 CV = 0.986 HP
VISCOSITÀ DINAMICA	Internazionale	Watt kiloWatt	W kW	1 W = 0.00136 CV 1 kW = 1.36 CV		1 kW = 1.000 W 1 kW = 1.340 HP
	Anglosassone	Horse power	HP	1 HP = 1.014 CV	1 HP = 0.746 kW	
VISCOSITÀ DINAMICA	Tecnico	stokes centistokes	St cSt	1 St = 1 cm²/s 1 cSt = 0.01 St	1 St = 0.0001 m²/s	1 St = 0.00107 ft²/s
	Internazionale	m²/s	m²/s	1 m²/s = 10.000 St	1 m²/s = 10.000 cm²/s	1 m²/s = 10.764 ft²/s
VISCOSITÀ DINAMICA	Anglosassone	pie quadrato al secondo	ft²/s	1 ft²/s = 929 St	1 ft²/s = 0.0929 m²/s	

INFORMAZIONI GENERALI

Vocaboli fondamentali in uso nelle pompe

Qui di seguito elenchiamo il significato dei termini fondamentali, impiegati nel linguaggio corrente, che bisogna conoscere per poter parlare di pompe idrauliche. Le grandezze verranno espresse in unità di misura tecniche rimandando alla tabella per la conversione in unità di misura Internazionale (SI) ed Anglosassone.

✓ **Prevalenza (metri)** H è indipendente dal fluido

Per prevalenza si intende altezza, differenza di livello, dislivello. Quando si dice che una pompa ha una portata di Q litri al secondo ed una prevalenza di 30 metri significa che quella pompa ha la caratteristica di innalzare di 30 metri di altezza (cioè di fargli vincere un dislivello di 30 metri) Q litri al secondo. Per una data pompa la prevalenza è legata alle sue caratteristiche costruttive quali il diametro esterno della girante e la velocità di rotazione mentre è indipendente dal fluido pompato. Questo significa che essa è in grado di innalzare di 30 metri di altezza indifferentemente Q litri al secondo di acqua, benzina, mercurio; sarà soltanto la potenza del motore che dovrà essere diversa per i tre casi.

Peso specifico di un liquido o fluido

Per peso specifico di un liquido o fluido si intende il peso dell'unità di volume del liquido/fluido stesso. Il peso specifico si esprime solitamente in Kg/dm^3 o Kg/l dato che un dm^3 è pari ad 1 litro.

✓ **Pressione** $= f(\text{Prevalenza, liquido}) = \frac{P_{\text{ress}}}{(\text{bar})} = \frac{P_s}{\text{kg/dm}^3} \times \frac{P_{\text{revalenza}}}{\text{m}}$

Per pressione si intende il peso per unità di superficie (per es. Kg/cm^2) ed è un termine che non va assolutamente confuso con prevalenza. Nel caso infatti dei fluidi, la pressione che un fluido esercita su di una superficie è data dal prodotto della prevalenza (o altezza) del fluido stesso per il suo peso specifico. Per questo motivo lo spessore di alcuni Km di aria sulla superficie terrestre produce ad un livello del suolo una pressione di circa 1 Kg/cm^2 (pari a circa 1 Atmosfera). Se lo stesso spessore anziché di aria fosse di acqua, la pressione sulla superficie terrestre sarebbe 700-800 volte superiore e questo dipenderebbe appunto dal fatto che il peso specifico dell'acqua è 700-800 volte superiore a quello dell'aria.

Tenendo presente che 10 metri di altezza di colonna d'acqua equivalgono a circa 1 Kg/cm^2 , per quanto detto, mettendo sulla bocca di mandata della pompa sopra indicata ($H = 30 \text{ m}$) un manometro, si misurerebbero i seguenti incrementi di pressione:

- a) con benzina (peso specifico 0,7 Kg/dm^3) $= 0,7 \times 0,001 \times 30 \times 100 = 2,1 \text{ Kg/cm}^2$
- b) con acqua (peso specifico 1,0 Kg/dm^3) $= 1 \times 0,001 \times 30 \times 100 = 3,0 \text{ Kg/cm}^2$
- c) con mercurio (peso specifico 13,6 Kg/dm^3) $= 13,6 \times 0,001 \times 30 \times 100 = 40,8 \text{ Kg/cm}^2$

$$P_{\text{res}} = \gamma \cdot H$$

✓ **Portata** m^3/h

Per portata si intende la quantità di liquido o fluido in genere che passa attraverso una superficie, quale la bocca di mandata di una pompa, la sezione di un tubo ecc., nell'unità di tempo. A seconda delle grandezze usate si possono avere litri al minuto (l/min), litri al secondo (l/s) metri cubi all'ora (m^3/h) ecc.

È necessario notare che c'è una analogia perfetta tra elettricità ed idraulica. Basta soltanto ricordare che la prevalenza idraulica è pari alla grandezza analoga alla differenza di potenziale, o voltaggio dell'elettrotecnica e la portata idraulica è analoga alla intensità di corrente o amperaggio dell'elettrotecnica. Anche il comportamento di queste grandezze è identico. Infatti come un cavo o filo troppo sottile non favorisce il passaggio della corrente, altrettanto un tubo di diametro troppo piccolo non favorisce il passaggio di un liquido. Come il passaggio della corrente elettrica attraverso un filo ad un cavo ha bisogno di una differenza di voltaggio, altrettanto la portata di un liquido o fluido attraverso un tubo necessita di una certa prevalenza. Non ci sarà mai movimento di liquido tra due punti di un tubo perfettamente orizzontale ed ambedue con il liquido alla stessa prevalenza. Questo è legato al fatto che, come il cavo oppone una certa resistenza al passaggio della corrente elettrica (resistenza elettrica), così il tubo oppone una certa resistenza al passaggio del fluido, resistenza che dipende dalla qualità del tubo (materiale, forma, presenza di eventuali incrostazioni, ecc.) e dalla sua sezione cioè dalla velocità del fluido attraverso il tubo. Tale resistenza è chiamata perdita di carico.

✓ **Perdita di carico** (tubo, curve, fletti) [metri di Prevalenza]

Per perdita di carico si intende la parte di prevalenza, posseduta dal liquido, perduta nel passaggio attraverso un tubo o una valvola o un filtro ecc. Questa parte di prevalenza perduta non è recuperabile in quanto è una perdita per attrito. Ritornando all'analogia tra fenomeni elettrici ed idraulici come le perdite nel cavo sono tanto più elevate quanto più elevata è la corrente elettrica che lo attraversa così le perdite di carico sono tanto più elevate quanto maggiore è la velocità del fluido e quindi quanto più piccolo è il diametro del tubo, quanto più strozzata è la valvola e quanto più intasato è il filtro.

Pompa

È una macchina che serve a dare ad un liquido che la attraversa, una certa prevalenza. Prevalenza che può servire a portare il liquido ad un livello superiore oppure a percorrere, dentro un tubo o anche in aria, una certa distanza. Le caratteristiche di una pompa sono:

- a) la portata (cioè la quantità di liquido spostato nell'unità di tempo)
- b) la prevalenza (cioè l'altezza alla quale la macchina è capace di sollevare la portata)

A seconda del rapporto esistente fra portata e prevalenza si possono avere:

- a) pompe di grande prevalenza e piccola portata (pompe a pistoni, pompe rotative, piccole pompe centrifughe)
- b) pompe di portata e prevalenza medie (pompe centrifughe in genere)
- c) pompe di grande portata e bassa prevalenza (pompe elicocentrifughe e pompe ad elica)

→ Le pompe centrifughe, elicocentrifughe ed a elica sono a moto rotatorio e la loro velocità si misura universalmente in giri al minuto. Per queste macchine operanti ad una data velocità per ogni valore di portata si ha un solo valore di prevalenza. Questo significa che se si vuole aumentare o diminuire le prestazioni di una pompa di questo tipo occorre aumentare o diminuire la velocità di funzionamento. In sostanza, al liquido che passa attraverso una pompa viene fornita dell'energia legata alla prevalenza e alla velocità del liquido stesso. Questa energia fornita nell'unità di tempo rappresenta la potenza resa.

✓ **Potenza resa** = $f(\text{portata, prevalenza, peso liquido})$

Per potenza resa si intende quella potenza erogata dalla pompa stessa. Il valore di questa potenza resa dipende dalle tre grandezze: portata, prevalenza e peso specifico del liquido pompato. Più questi tre fattori sono grandi più è grande la potenza resa dalla pompa. Per esempio, una pompa che eroga benzina compie un lavoro inferiore rispetto a quando eroga acido solforico proprio perché i pesi specifici dei due liquidi sono diversi. Per pompare il liquido la pompa ha bisogno di essere azionata da un motore che nella quasi totalità dei casi è di tipo elettrico o a scoppio. I motori elettrici consumano energia elettrica mentre i motori a scoppio petrolio o suoi derivati. La potenza di cui la pompa necessita per funzionare è la potenza assorbita.

✓ **Potenza assorbita** *della pompa dal motore*

Per potenza assorbita si intende la potenza che la pompa assorbe dal motore per dare al liquido quella che prima è stata chiamata potenza resa. Non tutta la potenza assorbita dal motore diventa potenza resa in quanto una parte di questa viene dissipata dagli attriti e un'altra, ancora più importante, viene perduta all'interno della pompa stessa per perdite idrauliche. È quindi chiaro che la potenza resa è sempre inferiore a quella assorbita e il loro rapporto è un numero sempre minore di 1. Tale numero è detto rendimento.

Rendimento = $\frac{P_{\text{resa}}}{P_{\text{assorb.}}}$

Il rendimento pompa si ottiene quindi dividendo la potenza resa per la potenza assorbita e viene comunemente espresso in percentuale. Per esempio il 75% di rendimento di una pompa sta a significare che soltanto il 75% della potenza assorbita diventa potenza resa e che il rimanente 25% viene perduto in quanto dissipato in attriti. È evidente che più è alto il rendimento di una pompa e più è piccola la parte di potenza assorbita che va perduta. Se poi si considera che il costo dell'energia è quello relativo alla potenza assorbita si capisce subito quanto il rendimento sia importante. Prendendo in esame due pompe con la stessa potenza resa di 1CV ma con rendimento 50% per la prima e 60% per la seconda, se ne deduce che la prima necessita di 2CV per fornirne 1 mentre la seconda di 1,67. Ciò significa che il rendimento di una pompa esprime meglio di qualsiasi altro parametro la qualità della pompa stessa ed il relativo risparmio in termini di costo di esercizio.

Prevalenza di una pompa e sua misura

Per prevalenza di una pompa si intende sempre e soltanto quella differenziale e cioè quella data dalla pompa stessa che, generalmente, si esprime in metri. Per rilevare la prevalenza di una pompa di superficie è necessario misurare, durante il funzionamento, il valore della prevalenza alle bocche prestando attenzione di riferire i valori delle letture ad un unico livello detto piano di riferimento. Ora, a seconda dell'installazione si possono avere due casi:

- 1) che il valore letto sulla bocca di aspirazione sia negativo (cioè inferiore allo zero del manometro) e questo è il caso di quando il livello del liquido prelevato è più basso della bocca di aspirazione.
- 2) che il valore letto sulla bocca di aspirazione sia positivo (cioè superiore allo zero del manometro) e questo è il caso di quando il livello del liquido prelevato è più alto della bocca di aspirazione (funzionamento sotto battente).

Nel primo caso la prevalenza della pompa è data dalla somma delle due letture mentre nel secondo è data dal valore della prevalenza alla bocca di mandata meno il valore alla bocca di aspirazione. È necessario infine controllare che i valori letti alle bocche della pompa siano riferiti ad uno stesso diametro cosicché non siano falsati da differenti valori della velocità del liquido nelle sezioni di misura. L'eventuale correzione viene fatta attraverso il calcolo della prevalenza dinamica che è quella parte di prevalenza legata alla velocità del liquido cioè quella parte di prevalenza che il liquido possiede nella sezione di misura in quanto in movimento. La prevalenza dinamica H_d , espressa in metri, è data dalla seguente formula:

$$H_d = \frac{v^2}{2g}$$

Prevalenza Dinamica

dove: v = velocità del fluido nel punto di misura, espressa in m/s
 g = accelerazione di gravità (9,81) espressa in m/s²
 $2g = 2 \times 9,81 = 19,62 \text{ m/s}^2$

Il termine di correzione della prevalenza è dato dalla differenza fra la prevalenza dinamica alla bocca di mandata e la prevalenza dinamica alla bocca di aspirazione. È quindi chiaro che se le misure a monte ed a valle della pompa vengono rilevate su tubi di uguale diametro, cioè con liquido ad uguale velocità, tale termine di correzione sarà uguale a zero.

Per rilevare la prevalenza di una pompa con girante immersa è sufficiente misurare, durante il funzionamento, la prevalenza alla bocca di mandata. In questo caso la prevalenza della pompa è data dalla somma del valore letto con la prevalenza dinamica (sempre alla bocca di mandata) e con la differenza di livello esistente fra il pelo libero del liquido prelevato ed il manometro.

Calcolo della potenza resa DELLA POMPA

Solitamente la potenza resa di una pompa viene espressa in kW o CV, indicando con:

- Q la portata
- H la prevalenza in metri di colonna di liquido (m.c.l.)
- γ il peso specifico

La potenza resa (P_3) è data da:

$$P_3 = \frac{\gamma \text{ (kg/dm}^3\text{)} \times Q \text{ (l/s)} \times H \text{ (m.c.l.)}}{75} \text{ in CV}$$

$$P_3 = \frac{\gamma \text{ (kg/dm}^3\text{)} \times Q \text{ (m}^3\text{/h)} \times H \text{ (m.c.l.)}}{270} \text{ in CV}$$

$$P_3 = \frac{\gamma \text{ (kg/dm}^3\text{)} \times Q \text{ (l/s)} \times H \text{ (m.c.l.)}}{102} \text{ in kW}$$

$$P_3 = \frac{\gamma \text{ (kg/dm}^3\text{)} \times Q \text{ (m}^3\text{/h)} \times H \text{ (m.c.l.)}}{367} \text{ in kW}$$

$$P_3 = \frac{\gamma \text{ (kg/dm}^3\text{)} \times Q \text{ (l/min)} \times H \text{ (m.c.l.)}}{4500} \text{ in CV}$$

$$P_3 = \frac{\gamma \text{ (kg/dm}^3\text{)} \times Q \text{ (l/min)} \times H \text{ (m.c.l.)}}{6120} \text{ in kW}$$

$$P = \frac{\gamma \times Q \times H}{\text{coeff.}}$$

Calcolo dei rendimenti

P_1 : è la potenza assorbita dal motore in kW (generalmente indicata dal wattmetro)

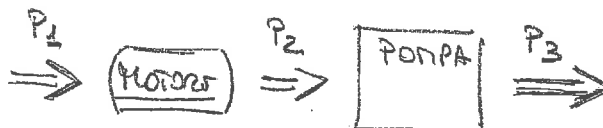
P_2 : è la potenza resa dal motore in kW. Viene misurata al freno. (Praticamente è la potenza assorbita dalla pompa)

P_3 : è la potenza resa dalla pompa in kW

$$\text{Rendimento del motore} = \eta = \frac{P_2}{P_1}$$

$$\text{Rendimento della pompa} = \eta = \frac{P_3}{P_2}$$

$$\text{Rendimento del gruppo} = \eta = \frac{P_3}{P_1}$$



Prestazioni di una pompa al variare del numero di giri

Il numero di giri n della pompa influenza notevolmente le prestazioni della stessa. In assenza di fenomeni di cavitazione sussiste la legge di similitudine che si può esprimere:

$$Q_x = Q \frac{n_x}{n}$$

$$H_x = H \times \left(\frac{n_x}{n} \right)^2$$

$$P_{2-x} = P_2 \times \left(\frac{n_x}{n} \right)^3$$

Per esempio raddoppiando il numero di giri (n_x) si ha:

Q_x = il valore della portata raddoppia

H_x = il valore della prevalenza aumenta 4 volte

P_{2-x} = la potenza assorbita dalla pompa aumenta 8 volte

$Q \cdot H \cdot P_2$ sono valori riferiti a velocità n

$Q_x \cdot H_x \cdot P_{2-x}$ sono valori riferiti a velocità n_x

NOZIONI PRATICHE SULL'NPSH [m]

NPSH sono le iniziali della espressione inglese Net Positive Suction Head che in Italiano si può tradurre come carico netto all'aspirazione. Il significato fisico di questa espressione è pressione assoluta che deve esistere all'ingresso della pompa perchè questa possa pompare il liquido senza che insorgano fenomeni di cavitazione. Questi fenomeni si presentano quando, all'ingresso della girante, la pressione assoluta scende a valori tali da permettere la formazione di bolle di vapore all'interno del fluido per cui la pompa lavora irregolarmente con un calo di prevalenza.

L'NPSH può quindi anche essere visto come la pressione necessaria a compensare le perdite di carico nel percorso fra la bocca aspirante ed il punto a più bassa pressione della girante. Da tutto ciò risulta l'importanza di controllare che la pompa non funzioni in cavitazione perchè oltre a generare un notevole rumore simile ad un martello metallico si danneggerebbe la girante in breve tempo.

Un apposita formula lega il valore dell'NPSH richiesto dalla pompa alle condizioni dell'impianto e al tipo di fluido permettendo quindi di risalire alla pressione minima che si può prevedere alla bocca di aspirazione e di conseguenza la posizione a cui si può installare la pompa rispetto al pelo libero del liquido da prelevare.

La formula generale dell'NPSH è:

$$NPSH = Z_1 + \left(\frac{p_1 + p_b - p_v}{\gamma} \times 10 \right) - H_r$$

$$Z_1 = NPSH - \left(\frac{p_1 + p_b - p_v}{\gamma} \times 10 \right) + H_r$$

dove:

Prevalenza geodetica in aspirazione

Z_1 = dislivello (in m) fra l'asse della pompa ed il pelo libero del fluido nel serbatoio da cui si aspira.

p_1 = l'eventuale pressione (in kg/cm²) esistente sul pelo libero del fluido nel serbatoio da cui si aspira. Se si aspira da un serbatoio "aperto", a contatto cioè dell'atmosfera, il p_1 è uguale a 0.

p_b = pressione barometrica (in kg/cm²) relativa all'impianto dove la pompa è installata.

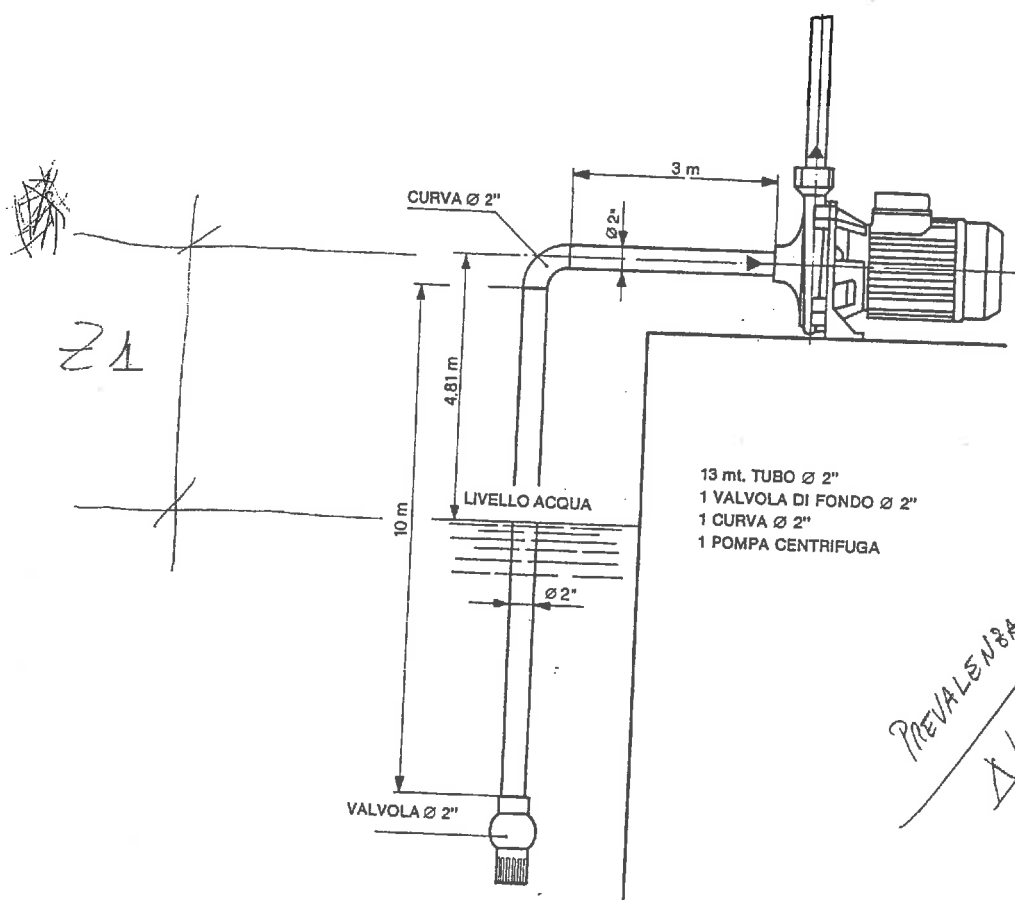
p_v = tensione di vapore (in kg/cm²) del fluido alla temperatura di pompaggio.

γ = peso specifico (in kg/dm³) del fluido alla temperatura di pompaggio.

10 = fattore di conversione delle unità di misura.

H_r = perdite di carico (in m) su tutto il condotto aspirante.

Per scendere nella pratica riportiamo un esempio (vedi Figura) riferito al pompaggio di acqua con una pompa centrifuga dalla quale si vuole ottenere una portata Q di 235 l/min, in quattro condizioni diverse.



PREVALENZA GEODETICA
Δ Livello
da livello (Bocca - livello)
manif. (Bocca - manif.)

Calcolo delle perdite di carico all'aspirazione (Hr)

portata : $Q = 235 \text{ l/min} = 0,00392 \text{ m}^3/\text{s}$
 sezione di passaggio nella tubazione da 2" : $S = 19,6 \text{ cm}^2 = 0,00196 \text{ m}^2$
 velocità dell'acqua nella tubazione : $v = Q/S = \frac{0,00392}{0,00196} = 2 \text{ m/s}$

$235/60 = 3,92 \text{ l/s}$
 $\text{m}^3/\text{s} = 3,92/1000 = 0,00392$

le perdite di carico (vedi tab. 1 e 2) sono:

✓ - valvola di fondo da 2" = 0,610 m
 ✓ - curva (es. $\frac{d}{R} = 1$) = 0,058 m
 - tubazione di aspirazione (10m + 3m) = 1,370 m
 - totale perdite di carico in aspirazione = 2,040 m

$10,5 \times 13 = 136,5$

Consideriamo ora le quattro diverse condizioni fermo restando le perdite di carico Hr e supponendo l'NPSH della pompa alla portata presa in esame pari a 3,25 m. La pressione barometrica p_b si legge sul diagramma, la tensione di vapore p_v e il peso specifico γ si leggono sulla tabella 3.

1° caso: impianto sul livello del mare e acqua a 20°C.

$$\boxed{\text{NPSH}} = Z_1 + \left(\frac{p_1 + p_b - p_v}{\gamma} \times 10 \right) - H_r$$

$$3,25 = Z_1 + \left(\frac{1,033 - 0,0238}{0,9982} \times 10 \right) - 2,04$$

$$Z_1 = 3,25 - \left(\frac{1,033 - 0,0238}{0,9982} \times 10 \right) + 2,04 = - 4,82$$

che significa che la pompa per la portata considerata può aspirare acqua a 20°C da una profondità massima di 4,82 metri. Si deve osservare che per una portata superiore a 235 l/min aumentando il valore dell'NPSH della pompa e la perdita di carico in aspirazione, la profondità massima dalla quale si può aspirare sarà inferiore a 4,82 metri. L'opposto avviene per portate inferiori a 235 l/min e da ciò ne consegue che per ricondurre la pompa ad un funzionamento regolare spesso è sufficiente parzializzare la saracinesca di mandata e spostarsi su portate inferiori.

2° caso: impianto sul livello del mare e acqua a 60 °C.

$$3,25 = Z_1 + \left(\frac{1,033 - 0,2031}{0,9831} \times 10 \right) - 2,04$$

$$Z_1 = 3,25 - \left(\frac{1,033 - 0,2031}{0,9831} \times 10 \right) + 2,04 = - 3,15$$

che significa che la pompa per la portata considerata può aspirare acqua a 60°C da una profondità massima di 3,15 metri.

3° caso: impianto sul livello del mare e acqua a 90°C.

$$3,25 = Z_1 + \left(\frac{1,033 - 0,7149}{0,9653} \times 10 \right) - 2,04$$

$$Z_1 = 3,25 - \left(\frac{1,033 - 0,7149}{0,9653} \times 10 \right) + 2,04 = + 1,99$$

che significa che il pelo libero dell'acqua a 90°C per la portata considerata deve essere più alto di 1,99 metri rispetto all'asse della pompa.

✗ 4° caso: impianto a 1500 m sul livello del mare e acqua a 50°C.

$$3,25 = Z_1 + \left(\frac{0,860 - 0,1258}{0,9880} \times 10 \right) - 2,04$$

$$Z_1 = 3,25 - \left(\frac{0,860 - 0,1258}{0,9880} \times 10 \right) + 2,04 = - 2,14$$

che significa che la pompa per la portata considerata in un impianto a 1500 metri sul livello del mare, può aspirare acqua a 50°C da una profondità massima di 2,14 metri.

N.B.: è bene prevedere sempre un margine di sicurezza (0,5 m nel caso di acqua fredda) per tenere conto degli errori e variazioni previste dei valori stimati. Tale margine acquista importanza specialmente con liquidi a temperatura vicina a quella di ebollizione, perchè piccole variazioni di temperatura provocano notevoli differenze nelle condizioni di esercizio. Per esempio, nel 3° caso se la temperatura dell'acqua anzichè essere di 90°C arrivasse in qualche momento a 95°C, il battente necessario sulla pompa non sarebbe più di 1,99 metri bensì di 3,51 metri.

NOZIONI SUI MOTORI ELETTRICI DELLE ELETTROPOMPE

INDICE DELLA SIMBOLOGIA

P_1	= Potenza assorbita dal motore in kW (Wattmetro)
P_2	= Potenza resa dal motore in kW oppure CV (potenza ondato della pompa)
V	= Tensione alternata di alimentazione
Hz	= Frequenza in periodi/secondo della tensione di alimentazione
I	= Corrente assorbita dal motore in Amper
$\cos\varphi$	= Fattore di potenza
$n^{1/min}$	= Velocità di rotazione in giri al minuto primo
η	= Rendimento (rapporto tra potenza resa e potenza assorbita $\frac{P_2}{P_1}$)
p	= numero di poli del motore
C_n	= coppia nominale del motore

Velocità di rotazione a vuoto

La velocità di rotazione a vuoto dei motori elettrici ad induzione, monofase o trifase, si calcola:

$$n^{1/min} = \frac{120 \cdot Hz}{p}$$

Velocità di rotazione a vuoto $n^{1/min}$

FREQUENZA Hz	2 POLI	4 POLI
50	3000	1500
60	3600	1800

La velocità a pieno carico è inferiore dal 2% al 7% di quella a vuoto (scorrimento 2% ÷ 7%).

Corrente assorbita

$$\text{monofase: } I = \frac{1000 \times P_2 \text{ (kW)}}{V \times \cos\varphi \times \eta} \quad \text{oppure: } I = \frac{736 \times P_2 \text{ (CV)}}{V \times \cos\varphi \times \eta}$$

$$\text{trifase: } I = \frac{1000 \times P_2 \text{ (kW)}}{1.73 \times V \times \cos\varphi \times \eta} \quad \text{oppure: } I = \frac{736 \times P_2 \text{ (CV)}}{1.73 \times V \times \cos\varphi \times \eta}$$

Potenza assorbita

$$\text{monofase: } P_1 \text{ (kW)} = \frac{V \times I \times \cos\varphi}{1000}$$

$$\text{trifase: } P_1 \text{ (kW)} = \frac{V \times 1.73 \times I \times \cos\varphi}{1000}$$

$$\eta = \frac{P_2}{P_1} \Rightarrow P_2 = \eta P_1$$

Potenza resa all'asse motore

$$\text{monofase: } P_2 \text{ (kW)} = \frac{V \times I \times \cos\varphi \times \eta}{1000} \quad \text{oppure: } P_2 \text{ (CV)} = \frac{V \times I \times \cos\varphi \times \eta}{736}$$

$$\text{trifase: } P_2 \text{ (kW)} = \frac{1.73 \times V \times I \times \cos\varphi \times \eta}{1000} \quad \text{oppure: } P_2 \text{ (CV)} = \frac{1.73 \times V \times I \times \cos\varphi \times \eta}{736}$$

Rendimento:

$$\eta = \frac{P_2 \text{ (kW)}}{P_1 \text{ (kW)}}$$

Fattore di potenza

$$\text{monofase: } \cos\varphi = \frac{P_2 \text{ (kW)} \times 1000}{V \times I \times \eta} \quad \text{oppure: } \cos\varphi = \frac{P_1 \text{ (kW)} \times 1000}{V \times I}$$

$$\text{trifase: } \cos\varphi = \frac{P_2 \text{ (kW)} \times 1000}{1.73 \times V \times I \times \eta} \quad \text{oppure: } \cos\varphi = \frac{P_1 \text{ (kW)} \times 1000}{1.73 \times V \times I}$$

Coppia nominale

$$C_n = \frac{P_2 \text{ (kW)} \times 1000}{1.027 \times n^{1/\text{min}}} \quad \text{in Kgm}$$

$$C_n = \frac{P_2 \text{ (CV)} \times 736}{1.027 \times n^{1/\text{min}}} \quad \text{in Kgm}$$

$$C_n = \frac{702 \times CV}{n^{1/\text{min}}} \quad \text{in decaNewtonmetro}$$

Relazione tra kW e CV

$$1 \text{ CV} = 0.736 \text{ kW}$$

$$1 \text{ kW} = 1.36 \text{ CV}$$

$$\frac{CV}{1.36} = KW$$

$$KW \times 1.36 = CV$$

Corrente di spunto (Isp)

La corrente di spunto (all'avviamento) è maggiore della corrente nominale di 4 + 8 volte secondo la potenza del motore

$$I_{sp} = I_n \times 4 + 8$$

Cenni sui condensatori elettrici

La corrente approssimata assorbita da un condensatore è:

$$I = \frac{6,28 \times F \times C \times V}{1.000.000}$$

Dove:

I = corrente in amper assorbita dal condensatore

F = frequenza in Hz della tensione di prova

C = capacità del condensatore in μF

V = tensione di prova

Esempio:

La corrente assorbita da un condensatore da 14 μF collegato ad una rete a 220 Volt - 50 Hz, sarà:

$$I = \frac{6,28 \times 50 \times 14 \times 220}{1.000.000} = 0,96 \text{ Amper}$$

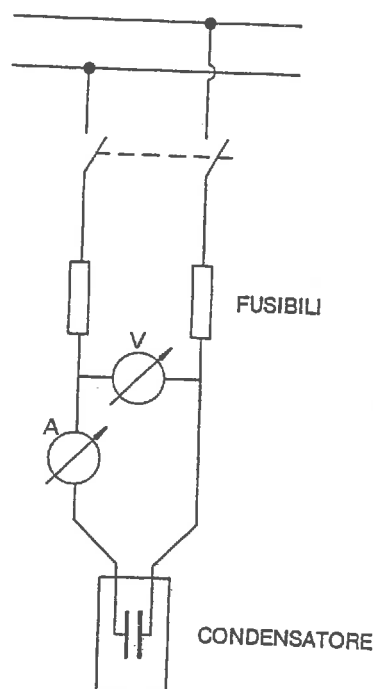
La capacità approssimata di un condensatore si determina:

$$C = \frac{I}{6,28 \times F \times V} \times 1.000.000$$

Esempio:

La capacità di un condensatore che assorbe 1,4 Amper collegato ad una rete a 220 Volt - 50 Hz, sarà:

$$C = \frac{1,4}{6,28 \times 50 \times 220} \times 1.000.000 = 20,2 \mu F$$



Avviamento stella-triangolo

Il motore normalmente collegato a triangolo Δ viene connesso alla rete con collegamento a stella $\star$. La corrente e la coppia di spunto si riducono a 1/3 del valore che avrebbero con il collegamento a triangolo Δ .

Protezione

Si consiglia di allacciare i motori alla rete attraverso adeguati interruttori magneto-termici a terna di fusibili e comunque in modo prescritto dalla Normativa vigente del Paese.

PERDITE DI CARICO

in centimetri colonna d'acqua per ogni metro di tubazione diritta

TAB. 1

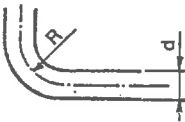
v	Q h	DIAMETRO DEI TUBI IN mm.																	
		20	25	30	40	50	65	80	100	125	150	175	200	250	300	350	400	450	500
0,5	Q h	9,4 2,4	14,7 1,9	21,2 1,5	37,7 1,0	59,0 0,8	115 0,56	151 0,46	235 0,36	369 0,28	530 0,23	723 0,19	940 0,16	1480 0,13	2120 0,105	2880 0,089	3770 0,076	4780 0,067	5890 0,06
0,6	Q h	11,3 3,3	17,7 2,6	25,4 2,1	45,3 1,5	70,7 1,12	138 0,78	181 0,65	282 0,5	442 0,39	636 0,32	887 0,27	1130 0,23	1770 0,18	2540 0,15	3460 0,12	4520 0,11	5730 0,096	7060 0,086
0,7	Q h	13,2 4,4	20,6 3,4	29,7 2,7	52,9 1,9	82,5 1,5	161 1,0	211 0,86	329 0,67	516 0,52	742 0,43	1010 0,36	1315 0,31	2070 0,24	2960 0,2	4040 0,17	5270 0,15	6690 0,13	8250 0,12
0,8	Q h	15,05 5,6	23,6 4,3	33,9 3,4	60,4 2,5	94,5 1,9	184 1,3	241 1,1	377 0,86	590 0,67	848 0,55	1155 0,46	1505 0,4	2360 0,31	3390 0,26	4620 0,22	6030 0,19	7650 0,17	9420 0,15
0,9	Q h	16,95 6,9	26,5 5,3	38,2 4,3	68,0 3,0	106,0 2,4	207 1,7	272 1,4	423 1,1	664 0,84	955 0,69	1300 0,58	1695 0,5	2660 0,39	3810 0,32	5200 0,27	6780 0,24	8600 0,21	10600 0,19
1,0	Q h	18,8 8,3	29,5 6,4	42,4 5,1	75,5 3,7	117,7 2,9	230 2,1	302 1,7	471 1,3	737 1,0	1060 0,84	1445 0,71	1880 0,61	2950 0,48	4230 0,4	5770 0,34	7530 0,29	9550 0,26	11770 0,23
1,1	Q h	20,7 9,9	32,4 7,6	46,6 6,2	83,0 4,4	129,5 3,4	252 2,4	332 2,0	518 1,6	811 1,2	1165 1,0	1585 0,85	2070 0,74	3250 0,58	4650 0,48	6350 0,4	8290 0,35	10500 0,31	12950 0,28
1,2	Q h	22,6 11,7	35,4 9,0	50,9 7,2	90,6 5,2	141,0 4,0	276 2,9	362 2,4	565 1,9	885 1,5	1272 1,2	1730 1,0	2260 0,87	3550 0,69	5080 0,56	6930 0,48	9040 0,42	11450 0,37	14140 0,32
1,3	Q h	24,5 13,5	38,3 10,4	55,0 8,4	98,0 6,0	153,0 4,7	299 3,3	392 2,8	612 2,2	960 1,71	1378 1,4	1875 1,15	2450 1,0	3840 0,8	5500 0,66	7500 0,56	9800 0,49	12400 0,43	15320 0,38
1,4	Q h	26,35 15,4	41,3 11,9	59,3 9,6	105,5 6,9	165,0 5,4	302 3,8	422 3,2	660 2,5	1032 2,0	1473 1,6	2020 1,3	2635 1,17	4140 0,92	5920 0,76	8090 0,64	10530 0,56	13370 0,5	16500 0,44
1,5	Q h	28,25 17,4	44,2 13,5	63,6 10,9	113,0 7,8	176,5 6,1	345 4,4	452 3,6	707 2,8	1106 2,25	1590 1,82	2165 1,5	2825 1,34	4430 1,05	6350 0,87	8660 0,74	11300 0,64	14320 0,57	17680 0,51
1,6	Q h	30,1 19,6	47,1 15,3	67,8 12,4	121,0 8,9	188,5 6,9	368 4,9	483 4,1	753 3,2	1180 2,55	1695 2,05	2310 1,7	3010 1,53	4730 1,18	6770 0,99	9240 0,84	12050 0,72	15270 0,64	18850 0,58
1,7	Q h	32,0 21,9	50,1 17,2	72,0 13,9	128,0 10,0	200,0 7,8	392 5,4	513 4,6	800 3,6	1253 2,85	1802 2,3	2455 1,95	3200 1,7	5020 1,33	7190 1,11	9820 0,94	12800 0,81	16230 0,73	20030 0,65
1,8	Q h	33,9 24,2	53,0 19,1	76,3 15,4	136,0 11,1	212,0 8,7	415 6,0	543 5,1	848 4,0	1327 3,15	1905 2,6	2600 2,2	3390 1,9	5320 1,48	7610 1,24	10380 1,05	13550 0,91	17200 0,81	21200 0,73
1,9	Q h	35,8 26,8	56,0 21,0	80,5 17,0	143,5 12,3	224,0 9,6	438 6,8	573 5,6	895 4,4	1400 3,45	2015 2,85	2740 2,45	3580 2,1	5610 1,64	8040 1,38	10960 1,17	14300 1,01	18150 0,9	22400 0,81
2,0	Q h	37,7 29,6	59,0 23,0	84,8 18,6	151,0 13,4	235,5 10,5	461 7,5	603 6,2	943 4,9	1475 3,8	2120 3,17	2885 2,7	3765 2,33	5910 1,8	8460 1,52	11540 1,3	15060 1,12	19100 0,99	23570 0,89
2,1	Q h	39,5 32,2	62,0 25,1	89,0 20,4	158,5 14,8	247,5 11,5	484 8,2	633 6,8	990 5,4	1548 4,2	2225 3,5	3030 2,95	3955 2,55	6200 2,0	8890 1,68	12100 1,43	15810 1,22	20050 1,08	24750 0,98
2,2	Q h	41,5 35,0	64,9 27,3	93,2 22,3	176,0 16,2	259,0 12,5	507 9,1	663 7,4	1036 5,9	1620 4,6	2330 3,85	3175 3,25	4145 2,8	6500 2,2	9300 1,85	12700 1,56	16570 1,34	21000 1,18	25930 1,08
2,3	Q h	43,3 38,0	67,9 29,7	97,5 24,2	173,5 17,7	271,0 13,6	530 9,8	694 8,1	1082 6,4	1695 5,0	2440 4,15	3320 3,5	4330 3,05	6800 2,4	9730 2,03	13270 1,7	17310 1,46	21950 1,28	27100 1,18
2,4	Q h	45,2 42,1	70,8 32,1	101,5 26,2	181,0 19,1	282,5 14,7	553 10,6	724 8,8	1130 6,9	1770 5,45	2545 4,55	3460 3,8	4520 3,3	7090 2,62	10140 2,21	13850 1,85	18090 1,58	22900 1,39	28300 1,28
2,5	Q h	47,1 45,0	73,7 34,7	105,8 28,3	189,0 20,5	294,5 16,0	576 11,4	755 9,6	1178 7,5	1843 5,9	2650 4,9	3610 4,1	4710 3,58	7390 2,84	10570 2,4	14420 2,0	18820 1,7	23880 1,5	29450 1,4
2,6	Q h	49,0 48,3	76,6 37,3	110,0 30,4	196,0 22,2	306,0 17,2	599 12,3	785 10,4	1225 8,1	1915 6,35	2755 5,25	3755 4,4	4900 3,85	7680 3,07	11000 2,59	15000 2,17	19590 1,84	24820 1,62	30630 1,51
2,7	Q h	50,9 51,7	79,6 40,0	114,3 32,5	204,0 23,8	318,0 18,5	622 13,2	815 11,2	1271 8,7	1990 6,85	2860 5,65	3900 4,75	5090 4,15	7980 3,3	11410 2,78	15590 2,34	20340 1,98	25800 1,74	31820 1,62
2,8	Q h	52,7 55,2	82,6 42,5	118,5 34,8	211,5 25,5	330,0 19,9	645 14,0	845 12,0	1320 9,3	2060 7,35	2970 6,05	4040 5,10	5280 4,45	8270 3,56	11830 2,98	16160 2,51	21090 2,13	26730 1,88	33000 1,74
2,9	Q h	54,6 58,7	85,5 45,1	123,0 37,1	219,0 27,1	342,0 21,3	668 15,2	875 12,8	1365 10,0	2140 7,85	3075 6,45	4190 5,5	5460 4,75	8560 3,82	12250 3,19	16730 2,7	21480 2,3	27700 2,03	34200 1,87
3,0	Q h	56,5 62,9	88,5 47,9	127,0 39,6	226,5 28,8	354,0 22,6	691 16,3	905 13,6	1414 10,7	2210 8,4	3180 6,9	4330 5,9	5650 5,1	8850 4,1	12690 3,4	17310 2,9	22600 2,5	28650 2,2	35350 2,0

vedi NOTE a fianco.

PERDITE DI CARICO

in centimetri colonna d'acqua nelle curve, saracinesche, valvole

TAB. 2

Velocità dell'acqua in m/s	CURVE AD ANGOLO VIVO					CURVE NORMALI					Saracinesche normali	Valvole di fondo	Valvole di ritegno	Perdite di energia all'uscita dei tubi di scarico $V/2g$
														
	$\alpha = 30^\circ$	$\alpha = 40^\circ$	$\alpha = 60^\circ$	$\alpha = 80^\circ$	$\alpha = 90^\circ$	$\frac{d}{R} = 0,4$	$\frac{d}{R} = 0,6$	$\frac{d}{R} = 0,8$	$\frac{d}{R} = 1$	$\frac{d}{R} = 1,5$				
0,10	0,03	0,04	0,05	0,07	0,08	0,007	0,008	0,01	0,0155	0,027	0,03	30	30	0,05
0,15	0,06	0,73	0,1	0,14	0,17	0,016	0,019	0,024	0,033	0,06	0,033	31	31	0,12
0,2	0,11	0,13	0,18	0,26	0,31	0,028	0,033	0,04	0,058	0,11	0,058	31	31	0,21
0,25	0,17	0,21	0,28	0,4	0,48	0,044	0,052	0,063	0,091	0,17	0,09	31	31	0,32
0,3	0,25	0,3	0,41	0,6	0,7	0,063	0,074	0,09	0,13	0,25	0,13	31	31	0,46
0,35	0,33	0,4	0,54	0,8	0,93	0,085	0,10	0,12	0,18	0,33	0,18	31	31	0,62
0,4	0,43	0,52	0,71	1,0	1,2	0,11	0,13	0,16	0,23	0,43	0,23	32	31	0,82
0,5	0,67	0,81	1,1	1,6	1,9	0,18	0,21	0,26	0,37	0,67	0,37	33	32	1,27
0,6	0,97	1,2	1,6	2,3	2,8	0,25	0,29	0,36	0,52	0,97	0,52	34	32	1,84
0,7	1,35	1,65	2,2	3,2	3,9	0,34	0,40	0,48	0,70	1,35	0,7	35	32	2,5
0,8	1,7	2,1	2,8	4,0	4,8	0,45	0,53	0,64	0,93	1,7	0,95	36	33	3,3
0,9	2,2	2,7	3,6	5,2	6,2	0,57	0,67	0,82	1,18	2,2	1,2	37	34	4,2
1,0	2,7	3,3	4,5	6,4	7,6	0,7	0,82	1,0	1,45	2,7	1,45	38	35	5,1
1,5	6,0	7,3	10,0	14,0	17,0	1,6	1,9	2,3	3,3	6,0	3,3	47	40	11,5
2,0	11,0	14,0	18,0	26,0	31,0	2,8	3,3	4,0	5,8	11,0	5,8	61	48	20,4
2,5	17,0	21,0	28,0	40,0	48,0	4,4	5,2	6,3	9,1	17,0	9,1	78	58	32,0
3,0	25,0	30,0	41,0	60,0	70,0	6,3	7,4	9,0	13,0	25,0	13,0	100	71	46,0
3,5	33,0	40,0	55,0	78,0	93,0	8,5	10,0	12,0	18,0	33,0	18,0	123	85	62,0
4,0	43,0	52,0	70,0	100,0	120,0	11,0	13,0	16,0	23,0	42,0	23,0	150	100	82,0
4,5	55,0	67,0	90,0	130,0	160,0	14,0	21,0	26,0	37,0	55,0	37,0	190	120	103,0
5,0	67,0	82,0	110,0	160,0	190,0	18,0	29,0	36,0	52,0	67,0	52,0	220	140	127,0

NOTE

Q = portata in litri al minuto

v = velocità dell'acqua in metri al secondo

d = diametro del tubo in metri

h = perdita di carico in centimetri colonna d'acqua calcolata secondo la formula di Lang:

$$h = \lambda \frac{100}{d} \times \frac{v^2}{2g} \text{ dove } \lambda = 0,02 + \frac{0,0018}{\sqrt{v \times d}}$$

La perdita di carico nelle curve è soltanto quella dovuta alla contrazione dei filetti liquidi per cambiamento di direzione (lo sviluppo delle curve deve essere quindi compreso nella lunghezza della tubazione) mentre la perdita di carico nelle valvole e saracinesche è stata determinata in base a prove tecniche.

La perdita di carico per saracinesche e curve normali è pari a quella di 5 metri di tubazione dritta mentre per valvole di ritegno a clapet a 15 metri.

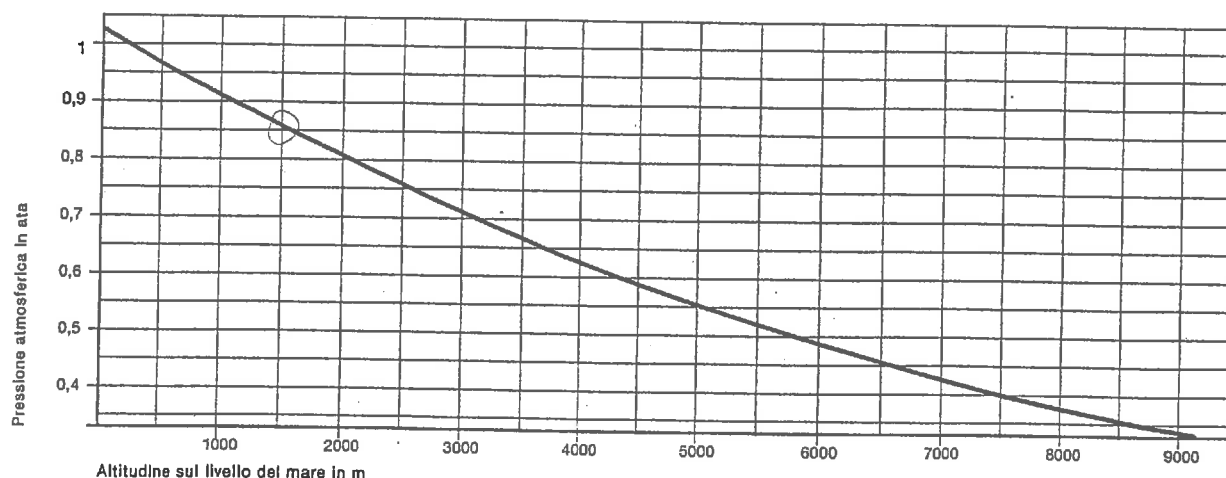
I valori indicati si intendono per tubazione internamente liscia. In caso di tubazione incrostata occorrerà considerare i corrispondenti aumenti.

Tensione di vapore e peso specifico dell'acqua in funzione della temperatura

TAB. 3

t °C	pv kg/cm²	γ kg/dm³	t °C	pv kg/cm²	γ kg/dm³	t °C	pv kg/cm²	γ kg/dm³	t °C	pv kg/cm²	γ kg/dm³
0	0,0062	0,9998	41	0,0793	0,9917	82	0,5234	0,9705	170	8,076	0,8973
1	0,0067	0,9999	42	0,0836	0,9913	83	0,5447	0,9698	175	9,101	0,8920
2	0,0072	0,9999	43	0,0881	0,9909	84	0,5667	0,9693	180	10,225	0,8869
3	0,0077	1,0000	44	0,0928	0,9905	85	0,5894	0,9687	185	11,456	0,8814
4	0,0083	1,0000	45	0,0977	0,9900	86	0,6129	0,9680	190	12,800	0,8760
5	0,0089	1,0000	46	0,1028	0,9898	87	0,6372	0,9673	195	14,265	0,8703
6	0,0095	0,9999	47	0,1082	0,9893	88	0,6623	0,9667	200	15,857	0,8646
7	0,0102	0,9999	48	0,1138	0,9889	89	0,6882	0,9659	205	17,585	0,8587
8	0,0109	0,9998	49	0,1197	0,9885	90	0,7149	0,9653	210	19,456	0,8528
9	0,0117	0,9997	50	0,1258	0,9880	91	0,7425	0,9646	215	21,477	0,8465
10	0,0125	0,9996	51	0,1322	0,9876	92	0,7710	0,9640	220	23,659	0,8403
11	0,0134	0,9995	52	0,1388	0,9871	93	0,8004	0,9632	225	26,007	0,8339
12	0,0143	0,9994	53	0,1457	0,9866	94	0,8307	0,9625	230	28,531	0,8272
13	0,0153	0,9993	54	0,1530	0,9861	95	0,8619	0,9619	235	31,239	0,8206
14	0,0163	0,9992	55	0,1605	0,9857	96	0,8942	0,9611	240	34,140	0,8136
15	0,0174	0,9990	56	0,1683	0,9852	97	0,9274	0,9604	245	37,244	0,8064
16	0,0185	0,9989	57	0,1765	0,9847	98	0,9616	0,9596	250	40,560	0,7992
17	0,0197	0,9987	58	0,1850	0,9842	99	0,9969	0,9590	255	44,100	0,7918
18	0,0210	0,9985	59	0,1939	0,9836	100	1,0332	0,9583	260	47,870	0,7840
19	0,0224	0,9984	60	0,2031	0,9831	102	1,1092	0,9568	265	51,880	0,7759
20	0,0238	0,9982	61	0,2127	0,9826	104	1,1898	0,9554	270	56,140	0,7678
21	0,0253	0,9979	62	0,2227	0,9821	106	1,2751	0,9540	275	60,660	0,7593
22	0,0269	0,9977	63	0,2330	0,9816	108	1,3654	0,9525	280	65,460	0,7506
23	0,0286	0,9974	64	0,2438	0,9810	110	1,4609	0,9510	285	70,540	0,7416
24	0,0304	0,9972	65	0,2550	0,9804	112	1,5618	0,9495	290	75,920	0,7323
25	0,0323	0,9970	66	0,2666	0,9800	114	1,6684	0,9479	295	81,600	0,7227
26	0,0343	0,9966	67	0,2787	0,9794	116	1,7809	0,9464	300	87,610	0,7124
27	0,0363	0,9964	68	0,2912	0,9788	118	1,8995	0,9448	305	93,950	0,7017
28	0,0385	0,9961	69	0,3042	0,9782	120	2,0245	0,9431	310	100,640	0,6906
29	0,0408	0,9957	70	0,3177	0,9777	122	2,1561	0,9414	315	107,690	0,6793
30	0,0432	0,9955	71	0,3317	0,9771	124	2,2947	0,9398	320	115,130	0,6671
31	0,0458	0,9952	72	0,3463	0,9765	126	2,4404	0,9381	325	122,950	0,6540
32	0,0485	0,9949	73	0,3613	0,9759	128	2,5935	0,9365	330	131,180	0,6402
33	0,0513	0,9946	74	0,3769	0,9754	130	2,7544	0,9348	335	139,850	0,6257
34	0,0542	0,9942	75	0,3931	0,9748	135	3,1920	0,9305	340	148,960	0,6093
35	0,0573	0,9939	76	0,4098	0,9742	140	3,6850	0,9260	345	158,540	0,5910
36	0,0606	0,9934	77	0,4272	0,9737	145	4,2370	0,9216	350	168,630	0,5724
37	0,0640	0,9932	78	0,4451	0,9730	150	4,8540	0,9169	355	179,240	0,5512
38	0,0675	0,9928	79	0,4637	0,9724	155	5,5400	0,9121	360	190,420	0,5243
39	0,0713	0,9925	80	0,4829	0,9718	160	6,3020	0,9073	365	202,210	0,4926
40	0,0752	0,9921	81	0,5028	0,9712	165	7,1460	0,9023	370	214,680	0,4484

Pressione atmosferica a varie quote



Portata d'acqua di ugelli e lance antincendio espressa in l/s in funzione della pressione misurata a monte dell'ugello in metri colonna acqua.

Ø ugello in mm	PRESSIONE in m.c.a.												
	4	6	8	10	12	14	16	18	20	22	24	26	28
1	0,0068	0,0083	0,0096	0,0107	0,0118	0,0127	0,0136	0,0144	0,0152	0,0159	0,0167	0,0174	0,018
2	0,0273	0,0334	0,0386	0,0432	0,0473	0,0511	0,0546	0,0579	0,0611	0,064	0,0668	0,0696	0,0722
3	0,0614	0,0751	0,0868	0,097	0,1063	0,1148	0,1228	0,13	0,137	0,144	0,15	0,156	0,162
4	0,109	0,133	0,154	0,172	0,189	0,204	0,218	0,231	0,244	0,255	0,267	0,278	0,288
5	0,171	0,209	0,242	0,271	0,296	0,32	0,342	0,363	0,383	0,401	0,419	0,436	0,453
6	0,246	0,301	0,348	0,389	0,426	0,455	0,492	0,522	0,55	0,577	0,603	0,627	0,652
7	0,334	0,408	0,472	0,527	0,578	0,625	0,667	0,708	0,747	0,783	0,817	0,851	0,883
8	0,436	0,534	0,616	0,689	0,755	0,815	0,871	0,925	0,975	1,022	1,067	1,11	1,152
9	0,553	0,677	0,782	0,875	0,958	1,035	1,107	1,172	1,236	1,297	1,355	1,41	1,461
10	0,684	0,836	0,966	1,08	1,183	1,27	1,368	1,448	1,523	1,6	1,672	1,742	1,808
11	0,83	1,017	1,173	1,313	1,439	1,555	1,66	1,76	1,855	1,99	2,03	2,117	2,196
12	0,982	1,2	1,387	1,55	1,7	1,87	1,964	2,08	2,19	2,3	2,4	2,5	2,59
13	1,154	1,412	1,63	1,825	2,0	2,16	2,31	2,45	2,58	2,7	2,83	2,94	3,05
14	1,337	1,635	1,89	2,113	2,313	2,5	2,67	2,834	2,99	3,135	3,27	3,41	3,538
15	1,535	1,88	2,17	2,417	2,66	2,87	3,07	3,25	3,43	3,6	3,76	3,91	4,06
16	1,742	2,132	2,464	2,757	3,02	3,26	3,486	3,7	3,9	4,08	4,27	4,45	4,62
17	1,97	2,413	2,787	3,119	3,417	3,686	3,94	4,18	4,41	4,62	4,83	5,025	5,21
18	2,21	2,703	3,125	3,499	3,83	4,13	4,42	4,68	4,94	5,18	5,42	5,64	5,85
20	2,73	3,34	3,86	4,32	4,73	5,11	5,46	5,78	6,11	6,4	6,78	6,96	7,23
22	3,298	4,04	4,66	5,22	5,72	6,17	6,75	7,0	7,48	7,74	8,07	8,4	8,8
25	4,265	5,22	6,02	6,74	7,38	7,87	8,52	9,04	9,53	9,99	10,42	10,85	11,25
26	4,6	5,64	6,5	7,27	7,97	8,61	9,2	9,76	10,28	10,69	11,27	11,71	12,16
28	5,36	6,56	7,56	8,46	9,28	10,2	10,7	11,36	11,9	12,55	13,12	13,64	14,09
32	6,97	8,55	9,85	11,02	12,08	13,05	13,93	14,8	15,6	16,7	17,2	17,79	18,44
35	8,35	10,23	11,8	13,2	14,45	15,6	16,7	17,7	18,68	19,59	20,43	21,26	22,09
45	13,8	16,9	19,5	21,82	23,9	25,84	27,6	29,3	30,9	32,39	33,8	35,2	36,5
55	20,3	25,2	28,5	32,6	35,7	38,6	41,2	44,0	46,1	48,3	50,5	52,6	54,5
65	28,5	34,8	40,2	45,0	49,3	53,4	56,9	60,5	63,6	66,6	69,7	72,6	75,4
75	38,3	46,9	54,2	60,6	66,4	71,7	76,6	81,4	85,6	90,0	93,9	97,7	101,4
85	49,4	60,5	69,7	77,0	85,5	92,4	98,7	104,7	110,3	115,7	121,0	125,0	130,5
95	61,5	75,4	87,0	97,4	106,5	115,2	123,0	130,5	137,6	143,3	150,8	157,0	162,8

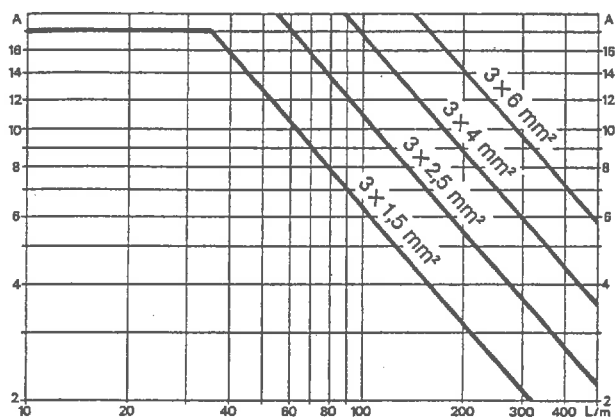
Ø ugello in mm	PRESSIONE in m.c.a.												
	30	35	40	45	50	55	60	65	70	75	80	90	100
1	0,0186	0,0201	0,0216	0,0229	0,0241	0,0252	0,0264	0,0275	0,0285	0,0295	0,0305	0,0324	0,0341
2	0,0748	0,0807	0,0863	0,0916	0,0966	0,1012	0,1058	0,11	0,1142	0,1182	0,122	0,1294	0,1365
3	0,168	0,1815	0,194	0,205	0,217	0,227	0,238	0,247	0,256	0,265	0,274	0,291	0,307
4	0,298	0,323	0,344	0,366	0,385	0,404	0,422	0,439	0,456	0,472	0,487	0,516	0,545
5	0,468	0,506	0,542	0,564	0,605	0,635	0,663	0,69	0,716	0,741	0,765	0,812	0,856
6	0,674	0,738	0,778	0,825	0,87	0,913	0,953	0,992	1,03	1,065	1,1	1,168	1,23
7	0,915	0,987	1,055	1,12	1,18	1,238	1,292	1,345	1,394	1,445	1,491	1,584	1,67
8	1,192	1,209	1,375	1,46	1,54	1,615	1,688	1,755	1,822	1,886	1,948	2,063	2,18
9	1,515	1,635	1,749	1,855	1,955	2,05	2,14	2,23	2,32	2,393	2,47	2,62	2,764
10	1,87	2,02	2,16	2,29	2,41	2,53	2,65	2,75	2,86	2,96	3,03	3,24	3,41
11	2,274	2,454	2,624	2,78	2,93	3,08	3,22	3,35	3,47	3,59	3,71	3,94	4,15
12	2,688	2,9	3,1	3,29	3,47	3,64	3,8	3,95	4,1	4,25	4,38	4,65	4,91
13	3,16	3,41	3,65	3,87	4,08	4,28	4,47	4,65	4,83	5,0	5,16	5,47	5,77
14	3,66	3,95	4,23	4,5	4,73	4,96	5,18	5,38	5,59	5,78	5,97	6,34	6,68
15	4,2	4,54	4,75	5,15	5,43	5,69	5,94	6,18	6,43	6,65	6,86	7,28	7,66
16	4,77	5,15	5,52	5,84	6,16	6,46	6,75	7,03	7,3	7,56	7,8	8,26	8,72
17	5,39	5,82	6,22	6,61	6,96	7,3	7,63	7,95	8,24	8,54	8,8	9,35	9,85
18	6,05	6,54	6,99	7,42	7,82	8,2	8,56	8,9	9,24	9,56	9,88	10,48	11,05
20	7,47	8,075	8,63	9,15	9,65	10,12	10,57	11,0	11,4	11,8	12,2	12,94	13,65
22	9,15	9,73	10,3	11,15	11,65	12,2	12,76	13,29	13,79	14,27	14,75	15,62	16,49
25	11,65	12,6	13,45	14,28	15,05	15,78	16,5	17,15	17,8	18,43	19,08	20,2	21,3
26	12,6	13,6	14,55	15,42	16,28	17,05	17,8	18,55	19,24	19,9	20,59	21,8	23,0
28	14,65	15,72	16,93	17,95	18,92	19,85	20,7	21,5	22,4	23,2	23,8	25,4	26,6
32	19,1	20,6	22,04	23,4	24,6	25,9	27,0	28,1	29,2	30,2	31,2	33,1	34,9
35	22,8	24,7	26,4	28,0	29,5	30,9	32,39	33,6	34,9	36,1	37,3	39,6	41,7
45	37,8	40,7	43,6	46,3	48,8	51,2	53,5	55,6	57,8	59,2	61,7	65,5	69,04
55	56,4	60,9	65,2	69,2	72,8	76,4	79,8	83,0	86,2	89,3	92,2	97,8	103,0
65	78,0	84,3	90,0	95,5	100,7	105,6	110,5	114,7	119,0	123,3	127,4	135,0	142,4
75	105,0	113,3	121,2	128,5	135,6	142,0	148,5	154,5	162,0	166,0	171,2	181,8	191,8
85	135,0	146,0	156,0	165,5	174,5	183,0	191,0	199,0	206,3	213,5	220,5	234,0	246,7
95	168,5	182,0	194,5	206,0	217,6	228,0	238,0	248,0	257,5	266,0	275,0	292,0	307,7

Tabella di equivalenza Normative

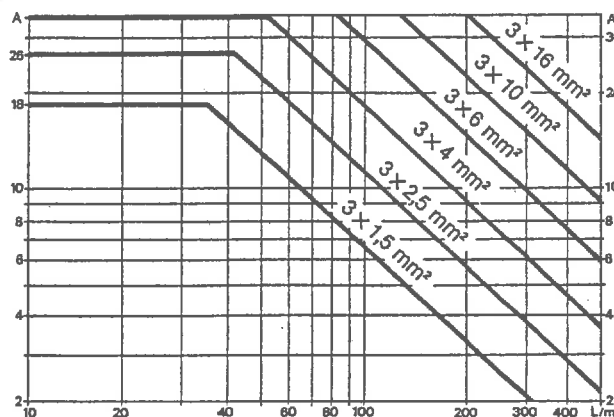
MATERIALE	UNI		DIN		ISO	AISI	ASTM	
ACCIAIO	X 30Cr13	UNI 6900/71	X 30Cr13	DIN 17400/S	—	—	—	—
	X 12CrS13	UNI 6900/71	X 12CrS13	DIN 17400/S	—	AISI 416	—	—
	X 20Cr13	UNI 6900/71	X 20Cr13	DIN 17400/S	—	AISI 420	S 42000 A 276	—
	X 10CrNiS1809	UNI 6900/71	X 10CrNiS1808	DIN 17400/S	XIII-17 ISO 683/XIII	AISI 303	S 30300 A 276	—
	X 5CrNi 1810	UNI 6900/71	X 5CrNi1809	DIN 17400/S	XIII-11 ISO 683/XIII	AISI 304	S 30400 A 276	—
	X 10CrS17	UNI 6900/71	X 10CrMoS17	DIN 17400/S	XIII-84 ISO 683/XIII	AISI 430F	—	—
GHISA	G 20	UNI 5007	GG 20	DIN 1691	Grade 20 ISO R 185	—	Class 25 A 48	—
	G 25	UNI 5007	GG 25	DIN 1691	Grade 25 ISO R 185	—	Class 35 A 48	—
OTTONE	G CuZn38Al 1Fe 1Mn	UNI 6138/68	—	—	—	—	B 30	C 86500
	P CuZn40 Pb2	UNI 5705	P CuZn40 Pb2	DIN 17660	—	—	—	C 37740
BRONZO	G CuSn12	UNI 7013/72	G CuSn12	DIN 17006	CuSn12 ISO 1338	—	B 505	C 90700

Tabelle idonee a determinare la giusta sezione del cavo di alimentazione in funzione della lunghezza.

Tensione 1 × 220 V ~ avviamento diretto
Caduta di tensione 3%
Temperatura ambiente 30°C



Tensione 3 × 380 V ~ avviamento diretto
Caduta di tensione 3%
Temperatura ambiente 30°C



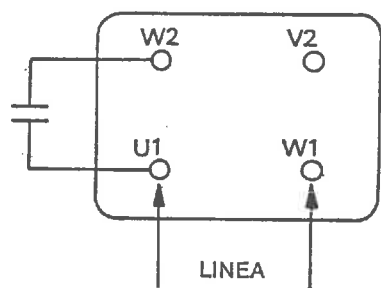
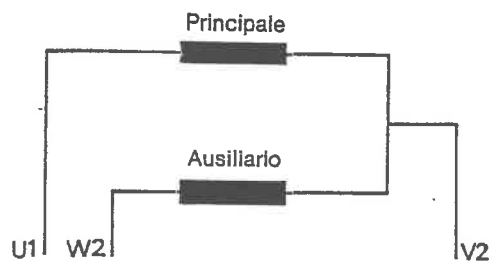
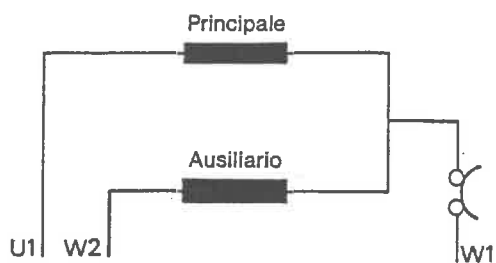
Indice di lettura della targhetta dati tecnici

N°	DATA DI COSTRUZIONE	—
Q	PORTATA	m³/h
H	PREVALENZA	m
—	GIRI AL MINUTO	1/min
P ₁	POTENZA ASSORBITA	W (oppure kW)
P ₂	POTENZA RESA NOMINALE	W (oppure kW)
P ₂	POTENZA RESA NOMINALE	HP
1~	NUMERO DI FASI E TENSIONE	V (oppure 3 ~ V)
—	FREQUENZA	Hz
—	CORRENTE	A
IP	GRADO DI PROTEZIONE (IEC)	—
I.CL	CLASSE DI ISOLAMENTO	—
—	CAPACITÀ E TENSIONE DEL CONDENSATORE	μF V~
Δ MAX	SOMMERGENZA MASSIMA	m
II	STAGNO ALL'IMMERSIONE (IEC)	—

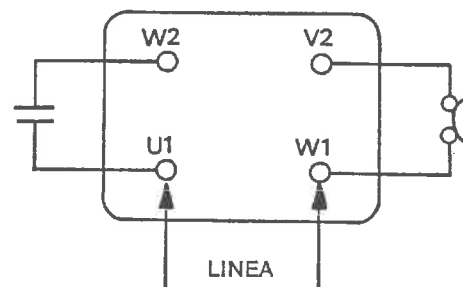
varisco
solid pumping solutions

Schemi di collegamento per motori elettrici

MONOFASE



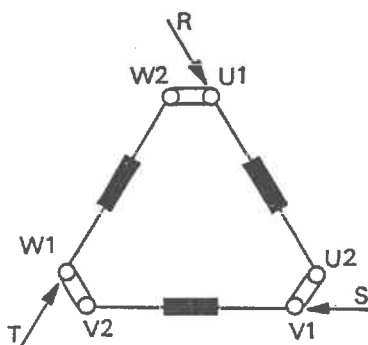
Motoprotettore negli avvolgimenti



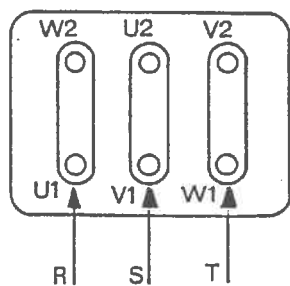
Motoprotettore in morsettiera

TRIFASE

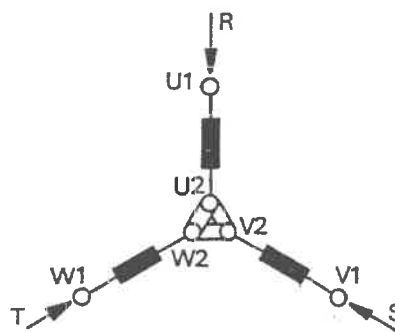
Tensione
Minore



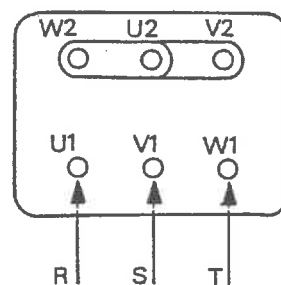
Collegamento TRIANGOLO



Tensione
Maggiore



Collegamento STELLA



Rotazione oraria osservando lato ventola

Per conoscere meglio e selezionare con sicurezza

Pompe centrifughe e sistemi idraulici

di Igor J. Karassik

Iniziamo, con questo numero, la pubblicazione della prima parte di un lungo articolo di Igor J. Karassik dedicato alle pompe centrifughe, la loro teoria e le problematiche relative.

Il nome dell'Autore non è certamente nuovo ai nostri lettori che lo hanno visto ricorrere regolarmente nei 28 anni di vita di "Notiziario Tecnico", il periodico del quale "Ingegneria e Fluidi" rappresenta l'ideale sviluppo.

Karassik, "chief consulting engineer" presso la Worthington, McGraw-Edison Co., di Basking Ridge (U.S.A.) è una delle più eminenti autorità internazionali nel campo della ricerca e della progettazione di pompe.

Quarantatré anni di incessante lavoro, 450 articoli e numerosi libri e manuali, ne fanno una guida sicura e chiara per una migliore conoscenza delle pompe. Per chi si accosta per la prima volta all'argomento, per chi intende "rinfrescare" le proprie nozio-

ni, per l'utilizzatore che si prefigge di conoscere meglio (e perciò meglio sfruttare) questo vitale mezzo meccanico.

Nei prossimi numeri completeremo questo utile contributo fornendo, di volta in volta, una serie di informazioni sulle prestazioni di una pompa, sulla capacità di aspirazione, sulle conseguenze della viscosità, sui casi di funzionamento in condizioni diverse da quelle di progetto e infine, sui risparmi energetici.

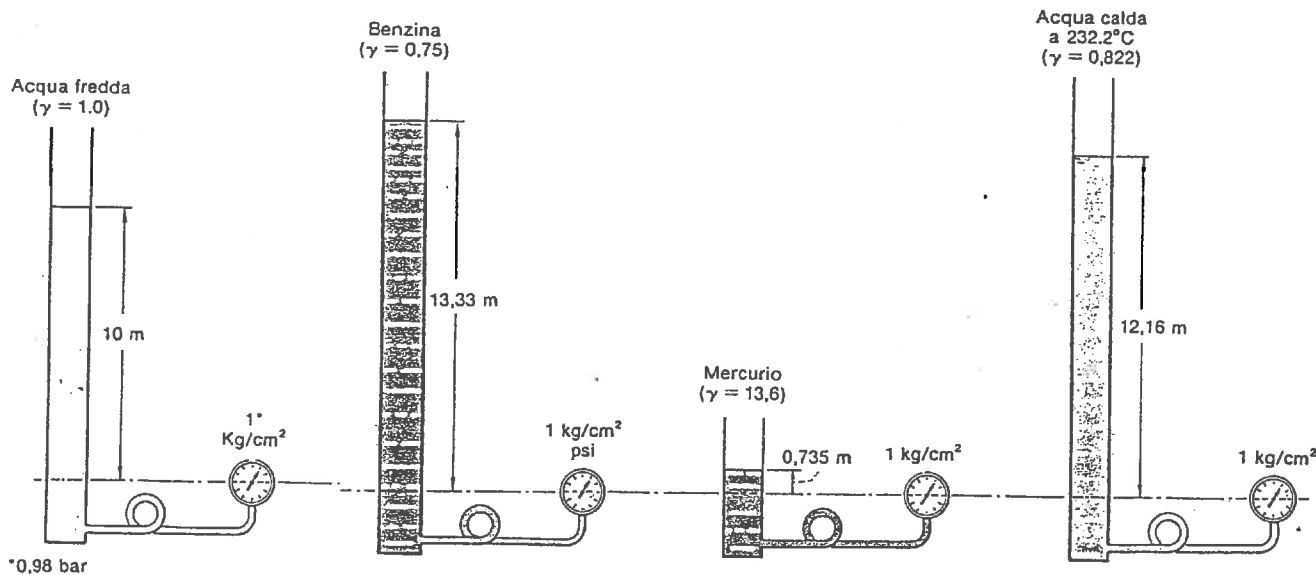


Fig. 1 - Il peso specifico di un fluido influenza l'altezza di una colonna di liquido di eguale pressione statica.

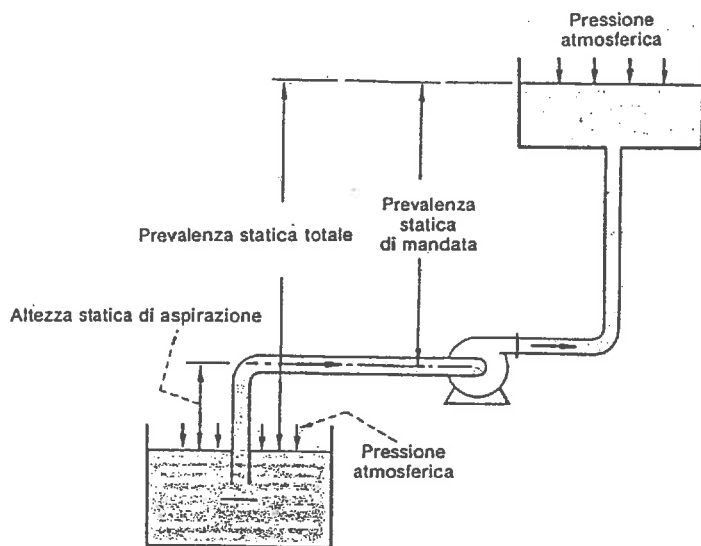
La maggior parte dei processi nelle industrie chimiche comporta il trasporto di liquidi, o il loro passaggio da un livello di pressione o di energia statica ad un altro.

La pompa è il mezzo meccanico per ottenere tale servizio e perciò diventa parte essenziale di tutti i processi. A sua volta, la crescita e lo svi-

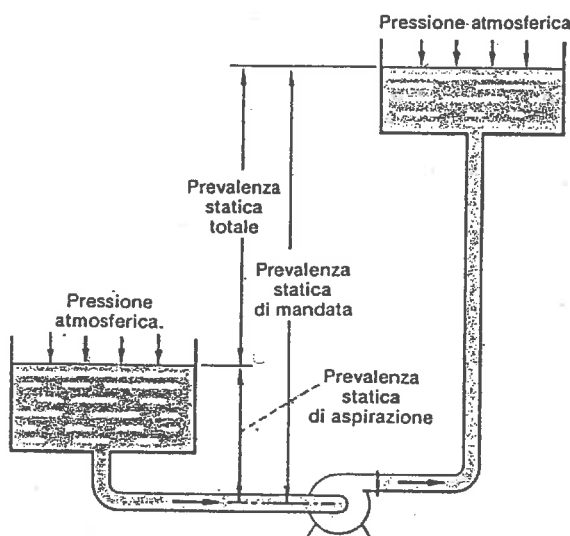
luppo di tali processi sono legati al miglioramento dell'apparecchiatura di pompaggio e ad una migliore conoscenza di come funzionano le pompe e di come dovrebbero essere usate.

Le pompe centrifughe rappresentano non meno dell'80% della produzione totale di pompe nel mon-

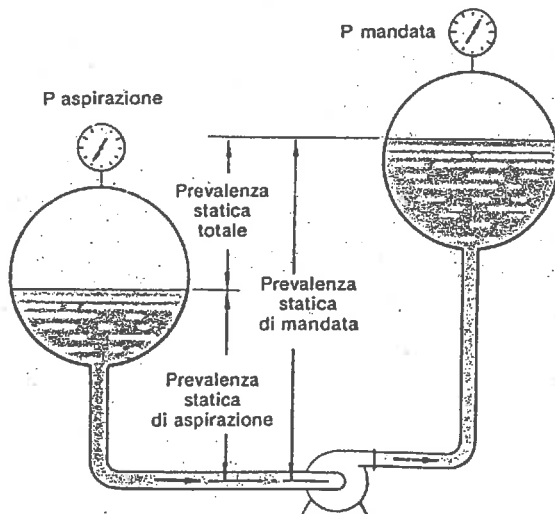
do, in quanto sono più convenienti per trattare grosse quantità di liquidi, delle pompe alternative meccaniche. Per questa ragione, esamineremo in questo articolo esclusivamente le pompe centrifughe, e cercheremo, in modo particolare, di capire qualcosa di più di queste e dei sistemi idraulici.



a. Livello di aspirazione al di sotto dell'asse della pompa



b. Livello di aspirazione al di sopra dell'asse della pompa



c. Livelli di aspirazione mandata sotto pressione

gura 1, mentre le formule per la conversione della pressione e i dati di prevalenza vengono indicati nella tabella 1.

La fig. 2 riguarda il rapporto tra manometro e letture assolute di pressione. Normalmente è possibile operare in termini di pressione assoluta.

Prevalenza del sistema

Una pompa funziona all'interno di un sistema e, per trasferire una data quantità di liquido, essa deve imprimere al liquido stesso un'energia capace di vincere le seguenti componenti resistenti:

- Prevalenza statica;
- Differenza di pressione sulle superfici del liquido;
- Perdite di carico;
- Perdite d'imbocco e di sbocco.

Prevalenza statica

La prevalenza statica si riferisce ad una differenza di quota.

Perciò, la "prevalenza statica totale" di un impianto è la differenza in altezza tra il livello del liquido in mandata e quello in aspirazione della pompa (figura 3). La "prevalenza statica di mandata" è la differenza in altezza tra il livello del liquido in mandata e l'asse della pompa. La "prevalenza statica di aspirazione" è la differenza in altezza tra il livello del liquido in aspirazione e l'asse della pompa.

Se la prevalenza statica di aspirazione ha un valore negativo, perché il livello del liquido in aspirazione è al di sotto dell'asse della pompa, si parla generalmente di una "altezza statica di aspirazione". Se il livello di aspirazione o quello di mandata del liquido è sottoposto ad una pressione diversa da quella atmosferica, tale pressione può venire considerata o come parte della prevalenza statica o, separatamente, come un incremento della prevalenza statica.

Fig. 3 - La prevalenza statica totale di una pompa centrifuga dipende dalle condizioni di aspirazione e di mandata.

ESEMPIO DI DIMENSIONAMENTO DI UNA POMPA CENTRIFUGA AUTOADESCANTE

APPLICAZIONE

Trasferimento di una portata di $90 \text{ m}^3/\text{h}$ nell'impianto schematizzato in Fig. 1

Lunghezza tubazione in aspirazione: 10 m

Lunghezza tubazione in mandata: 20 m

Materiale delle tubazioni: ghisa

Liquido = acqua fangosa

Temperatura = 20°C

Peso specifico $\gamma = 1000 \text{ kg/m}^3$

Altezza s.l.m. = 20 m

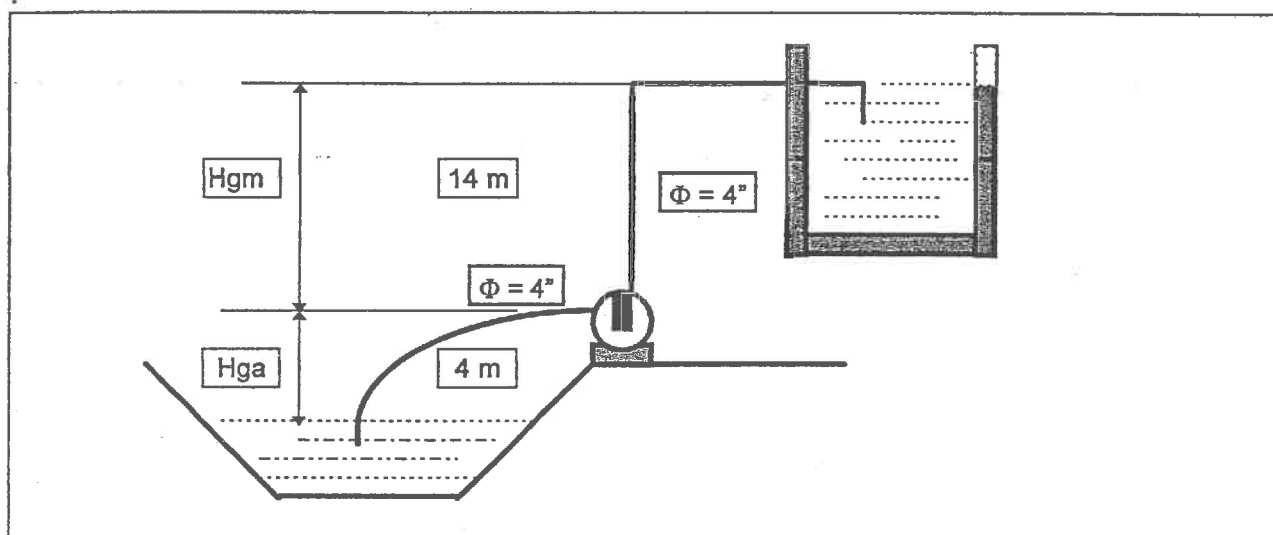


Fig. 1

1. DIMENSIONAMENTO DELLA POMPA

Si procede al dimensionamento della pompa determinando innanzitutto il punto di funzionamento dell'impianto.

1.1 DETERMINAZIONE DEL PUNTO DI FUNZIONAMENTO

Per determinare l'altezza resistente H_r dell'impianto corrispondente alla portata richiesta è necessario calcolare i singoli termini di tale grandezza:

$$H_r = H_{ga} + H_{gm} + H_{ra} + H_{rm}$$

1.1.1 Altezza geodetica in aspirazione H_{ga}

$$H_{ga} = 4 \text{ m}$$

Il segno è positivo in quanto il livello del bacino di aspirazione è inferiore al livello di aspirazione della pompa.

1.1.2 Altezza geodetica in mandata H_{gm}

$$H_{gm} = 14 \text{ m}$$

1.1.3 Perdite di carico in aspirazione H_{ra}

- Determinazione della perdita di carico per ogni m di tubazione lineare K_m . Dalla Fig.1 a pag. A1:

$$K_m = \frac{0.12 \text{ m}}{\text{m}}$$

- Determinazione della lunghezza di tubazione in aspirazione L_a :

$$L_a = 10 \text{ m}$$

- Determinazione delle perdite di carico continue in aspirazione H_{rac} :

$$H_{rac} = L_a \cdot K_m = 10 \text{ m} \cdot \frac{0.12 \text{ m}}{\text{m}} = 1.2 \text{ m}$$

- Perdite di carico totali in aspirazione H_{ra} :

$$H_{ra} = H_{rac} + H_{ral} = 1.2 \text{ m} + 0 \text{ m} = 1.2 \text{ m}$$

1.1.4 Perdite di carico in mandata H_{rm}

- La perdita di carico per ogni m di tubazione lineare K_m è identica a quella in aspirazione (non cambiano portata e diametro della tubazione):

$$K_m = \frac{0.12 \text{ m}}{\text{m}}$$

- Determinazione delle perdite di carico continue in mandata H_{rmc} :

$$H_{rmc} = L_m \cdot K_m = 20 \cdot \frac{0.12 \text{ m}}{\text{m}} = 2.4 \text{ m}$$

- Determinazione dei metri di tubo equivalenti alle due curve in mandata (90 ° flangiate, $\phi = 4''$) L_{eq} . Dalla Tab. 1 a pag. A3 si ricava:

$$L_{eq} = 1.4 \text{ m}$$

- Determinazione delle perdite di carico localizzate in mandata H_{rml} :

$$H_{rml} = (2 \cdot L_{eq}) \cdot K_m = 2 \cdot (1.4) \text{ m} \cdot \frac{0.12 \text{ m}}{\text{m}} = 0.34 \text{ m}$$

NOTE

I risultati sopra ottenuti sono validi per liquidi aventi $\gamma = 1 \text{ kg/dm}^3$, $T = 20^\circ\text{C}$, $\nu = 1\text{mm/s}^2$, $p_v = 0.24 \text{ m}$.

E' sufficiente che solo uno di questi parametri vari, perché varino anche le condizioni operative della pompa. Ad esempio per acqua avente peso specifico di 1.2 kg/dm^3 a 60°C , e pressione di saturazione quindi pari a 2m (0.2 ata), l' NPSHd risulterebbe pari a 2.33 m . Il margine tra NPSHd e NPSHR si ridurrebbe perciò a $0.13 \text{ m} < 0.5 \text{ m}$.

2 CALCOLO E DIMENSIONAMENTO DELLA PARTE MOTRICE E DEL RELATIVO GIUNTO DI ACCOPPIAMENTO

2.1 Motore

Dalla curva di prestazione della pompa scelta otteniamo il valore di potenza in base alla quale dimensionare il motore: la potenza massima assorbita dalla pompa alla velocità di rotazione prefissata P_a .

$$P_a = 15 \text{ kW}$$

NOTE

Nel caso il peso specifico del liquido sia superiore od inferiore ad 1 Kg/dm^3 la potenza corretta da installare sarà pari alla potenza assorbita massima per il peso specifico:

$$P_a \gamma$$

2.2 Giunto elastico

Nel caso di accoppiamento con giunto elastico questo deve essere selezionato in base ai seguenti parametri.

2.2.1 Tipo di motore (elettrico, benzina, Diesel, ...)

I motori a combustione interna sono ad esempio caratterizzati da vibrazioni naturali che possono escludere l'impiego di alcuni tipi di giunto.

2.2.2 Potenza assorbita dalla pompa

2.2.3 Coppia nominale richiesta C

$$C = 9549.3 \cdot \frac{P_a}{n} = 9549.3 \cdot \frac{15}{1750} = 81.8 \text{ Nm}$$

NOTE

$$C = 7120.9 \cdot \frac{P_a}{n}$$

Se la potenza fosse espressa in CV.

2.2.4 Dimensioni delle estremità d'albero

Bisogna verificare che i mozzi dei due semigiunti siano in grado di ospitare i rispettivi diametri d'albero della pompa e del motore.

2.2.5 Condizioni ambientali

In particolare intervallo di temperatura ed esposizione ad agenti chimici, oli od altre sostanze (non influente nel caso in esame).

$$H_r = H_{ga} + H_{gm} + H_{ra} + H_{rm}$$

1.1.1 Altezza geodetica in aspirazione H_{ga}

$$H_{ga} = -2.5 \text{ m}$$

Nella convenzione adottata il segno meno indica che la pompa si trova sotto battente.

1.1.2 Altezza geodetica in mandata H_{gm}

$$H_{gm} = 5 \text{ m}$$

1.1.3 Perdite di carico in aspirazione H_{ra}

- Determinazione della portata generante una perdita di carico lineare unitaria (un metro per ogni metro di tubazione lineare) Q_l in corrispondenza dei valori dati di diametro e viscosità. Dalla Tabella a pag. A7 si ottiene:

$$Q_l = 60 \text{ l/min}$$

- Determinazione della perdita di carico per ogni m di tubazione lineare K_m :

$$K_m = \frac{Q}{Q_l} \cdot \frac{1 \text{ m}}{\text{m}} = \frac{250 \text{ l/min}}{60 \text{ l/min}} \cdot \frac{1 \text{ m}}{\text{m}} = \frac{4.17 \text{ m}}{\text{m}}$$

- Determinazione della lunghezza di tubazione in aspirazione L_a :

$$L_a = (0.5 + 2) \text{ m} = 2.5 \text{ m}$$

- Determinazione delle perdite di carico continue in aspirazione H_{rac} :

$$H_{rac} = L_a \cdot K_m = 2.5 \cdot \frac{4.17 \text{ m}}{\text{m}} = 10.42 \text{ m}$$

- Determinazione dei metri di tubo equivalenti alla curva in aspirazione (90° flangiata, $\phi = 2''$) L_{eq1} . Dalla tabella a pag. A3 si ricava:

$$L_{eq1} = 0.5 \cdot 0.9 \text{ m} = 0.45 \text{ m}$$

- Determinazione dei metri di tubo equivalenti per la valvola di intercettazione in aspirazione L_{eq2} . Dalla tabella precedente si ricava:

$$L_{eq2} = 0.5 \cdot 0.8 \text{ m} = 0.4 \text{ m}$$

- Determinazione delle perdite di carico localizzate in aspirazione H_{ral} :

$$H_{ral} = (0.45 + 0.4) \text{ m} \cdot \frac{4.17 \text{ m}}{\text{m}} = 3.54 \text{ m}$$

- Perdite di carico totali in aspirazione H_{ra} :

$$H_{ra} = H_{rac} + H_{ral} = 10.42 \text{ m} + 3.54 \text{ m} = 13.96 \text{ m}$$

1.1.4 Perdite di carico in mandata H_{rm}

- La perdita di carico per ogni m di tubazione lineare K_m è identica a quella in aspirazione (non cambiano portata, viscosità e diametro della tubazione):

$$K_m = \frac{4.17 \text{ m}}{\text{m}}$$

- Determinazione delle perdite di carico continue in mandata H_{rmc} :

$$H_{rmc} = L_m \cdot K_m = 8 \cdot \frac{4.17 \text{ m}}{\text{m}} = 33.33 \text{ m}$$

- Determinazione dei metri di tubo equivalenti alle due curve in mandata (90° flangiate, $\phi = 2''$) L_{eq3} . Dalla tabella a pag. A3 si ricava:

$$L_{eq3} = 0.5 \cdot 0.9 \text{ m} = 0.45 \text{ m}$$

- Determinazione dei metri di tubo equivalenti alla valvola di intercettazione in mandata L_{eq4} . Dalla stessa tabella si ricava:

$$L_{eq4} = 0.5 \cdot 0.8 \text{ m} = 0.4 \text{ m}$$

- Determinazione delle perdite di carico localizzate in mandata H_{rml} :

$$H_{rml} = (2 \cdot L_{eq3} + L_{eq4}) \cdot K_m = (2 \cdot 0.45 + 0.40) \text{ m} \cdot \frac{4.17 \text{ m}}{\text{m}} = 5.42 \text{ m}$$

- Perdite di carico totali in mandata H_{rm} :

$$H_{rm} = H_{rmc} + H_{rml} = 33.33 \text{ m} + 5.42 \text{ m} = 38.75 \text{ m}$$

1.1.5 Altezza resistente H_r dell'impianto

$$H_r = H_{ga} + H_{gm} + H_{ra} + H_{rm} = (-2.5 + 5 + 13.96 + 38.75) \text{ m} = 55.21 \text{ m} = 5.4 \text{ bar}$$

1.2 SCELTA DELLA POMPA

Si ricerca nelle curve di prestazione relative alla viscosità di 2000 cSt una pompa in grado di erogare una portata di 250 l/min con una pressione differenziale di 5.4 bar. La scelta ricade sulla V 70-2 a 324 giri con una potenza assorbita di 5.1 kW (6.9 CV).

L'NPSHR stimato per questa pompa risulta pari a **2.2 m.c.l.**

- Perdite di carico totali in aspirazione:

$$H_{ra} = H_{rac} + H_{ral} = 1.83 \text{ m} + 0.73 \text{ m} = 2.56 \text{ m}$$

2.1.2 Altezza resistente H_r dell'impianto

Si può quindi ricalcolare la prevalenza resistente totale H_r :

$$H_r = H_{ga} + H_{gm} + H_{ra} + H_{rm} = (-2.5 + 5 + 2.56 + 38.75) \text{ m} = 43.81 \text{ m} = 4.3 \text{ bar}$$

2.2 SCELTA DELLA POMPA

Si ricerca nelle curve di prestazione relative a 2000 cSt una pompa in grado di erogare una portata di 250 l/min con una pressione differenziale di 4.3 bar. Si sceglie nuovamente una V 70-2. Il regime di rotazione e la potenza assorbita variano leggermente rispetto al precedente punto di funzionamento: rispettivamente 322 giri/min e 4.6 kW (6.2 CV). L'NPSHR, invece, risulta ancora pari a 2.2 m.c.l..

2.3 VERIFICA DELL'NPSHD

$$\text{NPSHD} = p_b - p_v - H_{ra} - H_{ga} = 10.33 - 0 - 2.56 - (-2.5) = 10.27 \text{ m}$$

$$\text{NPSHD} > \text{NPSHR} \rightarrow \text{O.K.}$$

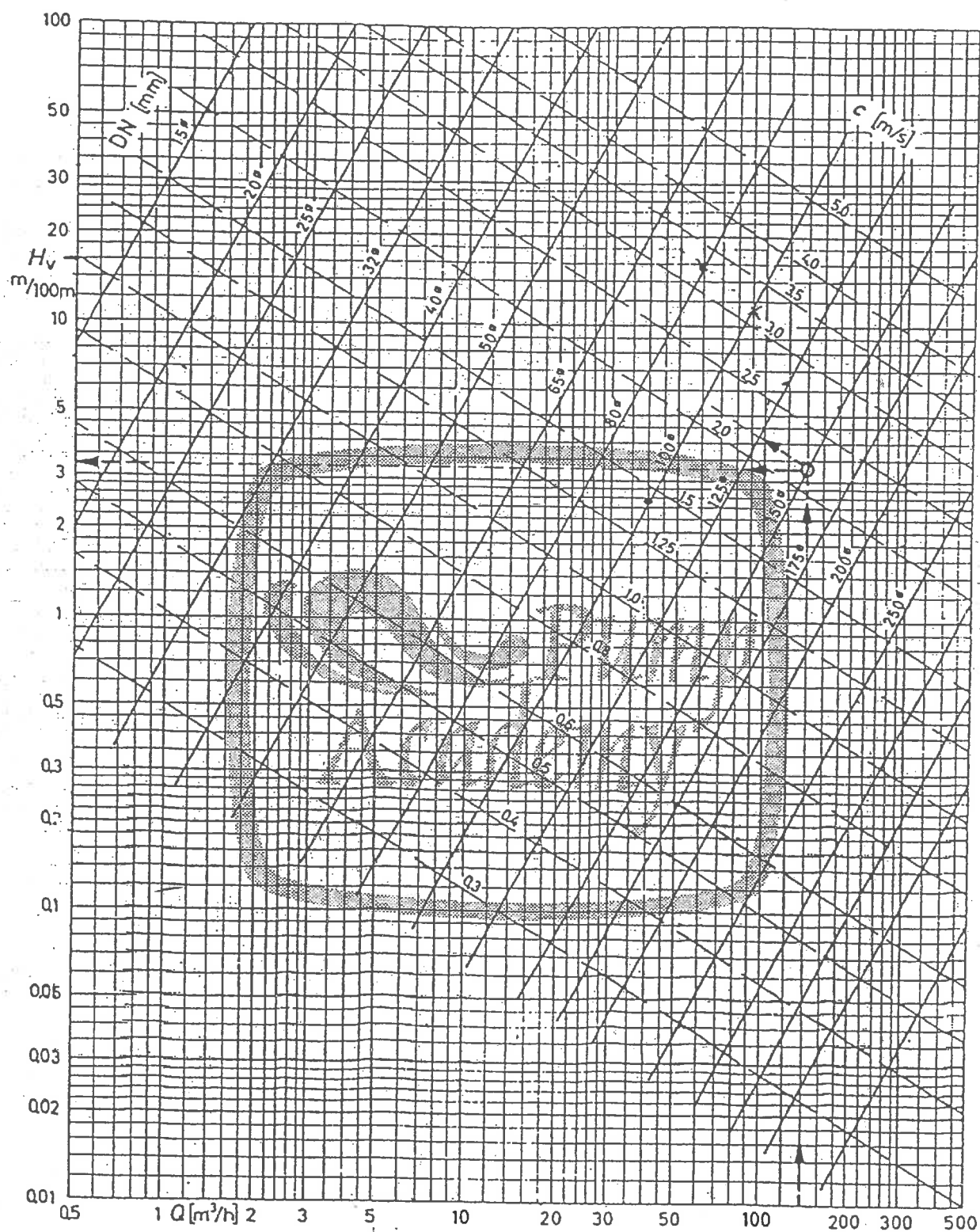
Dato l'esito positivo del controllo, si può considerare ultimata la fase di dimensionamento di impianto e pompa e procedere alla scelta della motorizzazione e del sistema di riduzione.

LEGENDA

C	Coppia nominale
H	Prevalenza
H_{ga}	Prevalenza geodetica in aspirazione
H_{gp}	Prevalenza geodetica in mandata
H_{gt}	Prevalenza geodetica totale (aspirazione + mandata)
H_r	Prevalenza resistente dell'impianto
H_{ra}	Perdite di carico in aspirazione
H_{rac}	Perdite di carico continue in aspirazione
H_{rai}	Perdite di carico localizzate in aspirazione
H_{rm}	Perdite di carico in mandata
H_{rmc}	Perdite di carico continue in mandata
H_{rmi}	Perdite di carico localizzate in mandata
K_m	Perdita di carico per metro di tubazione
NPSHD	Altezza netta disponibile all'aspirazione
NPSHR	Altezza netta richiesta all'aspirazione
n	Velocità di rotazione
P_a	Potenza assorbita all'asse dalla pompa
Q	Portata
T	Temperatura
γ	Peso specifico
η	Rendimento
ν	Viscosità

PERDITE DI CARICO

Perdite di carico espresse in m ogni 100 m di tubazione liscia nuova in ghisa

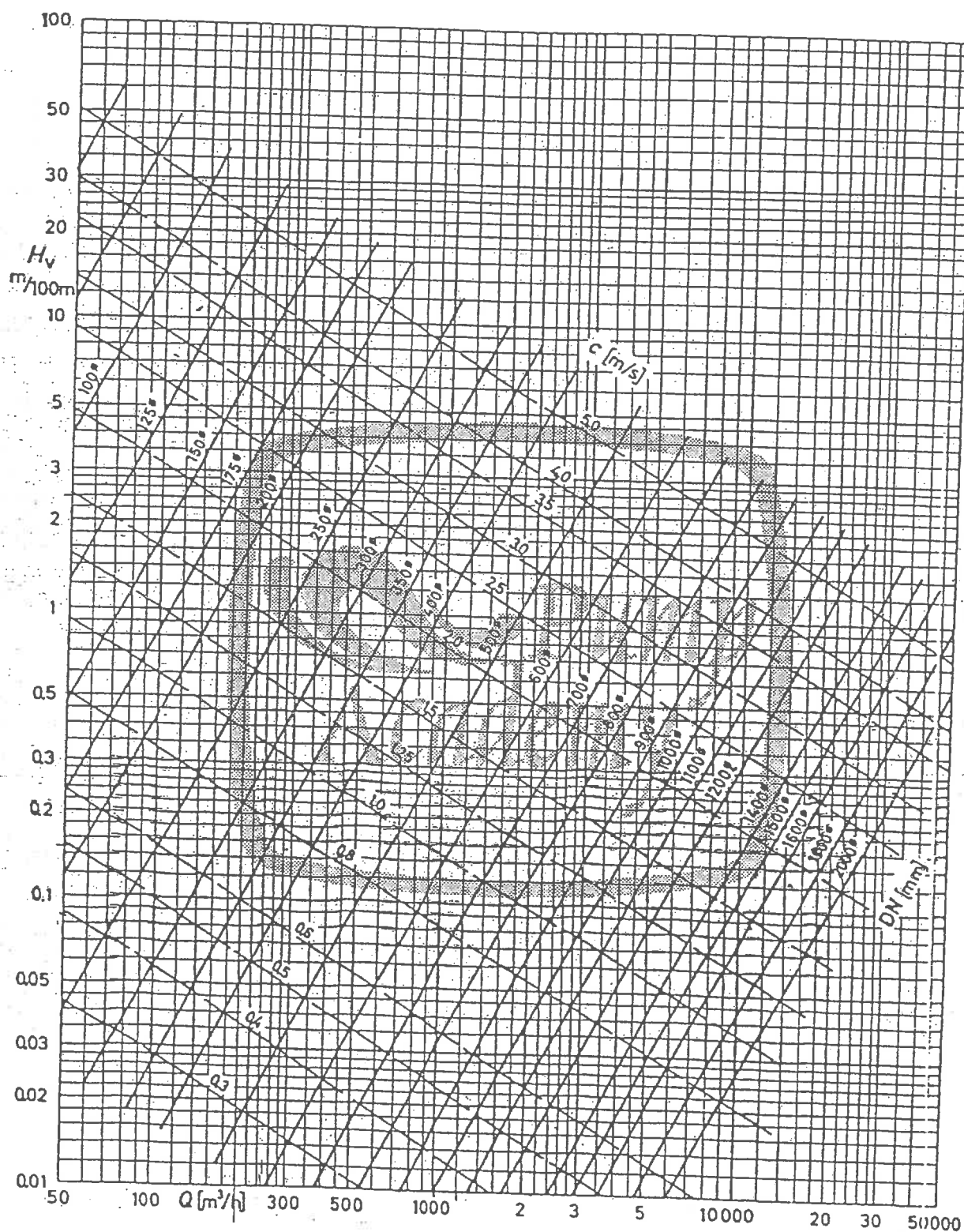


Per tubi di ferro vecchio moltiplicare per 1,25

Per tubi incrostati moltiplicare per 1,5 - 1,7

PERDITE DI CARICO

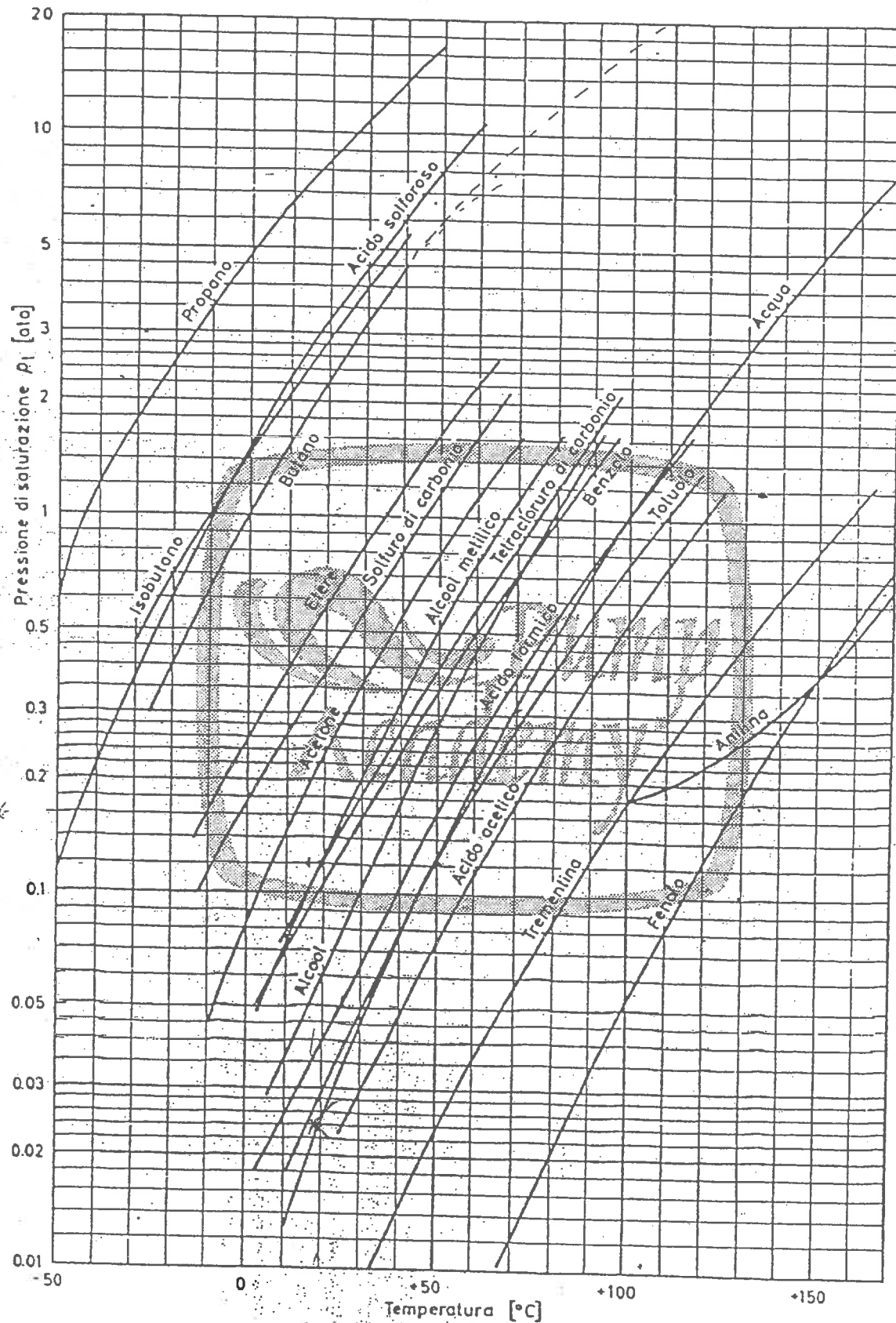
Perdite di carico espresse in m ogni 100 m di tubazione liscia nuova in ghisa



Per tubi di ferro vecchio moltiplicare per 1,25

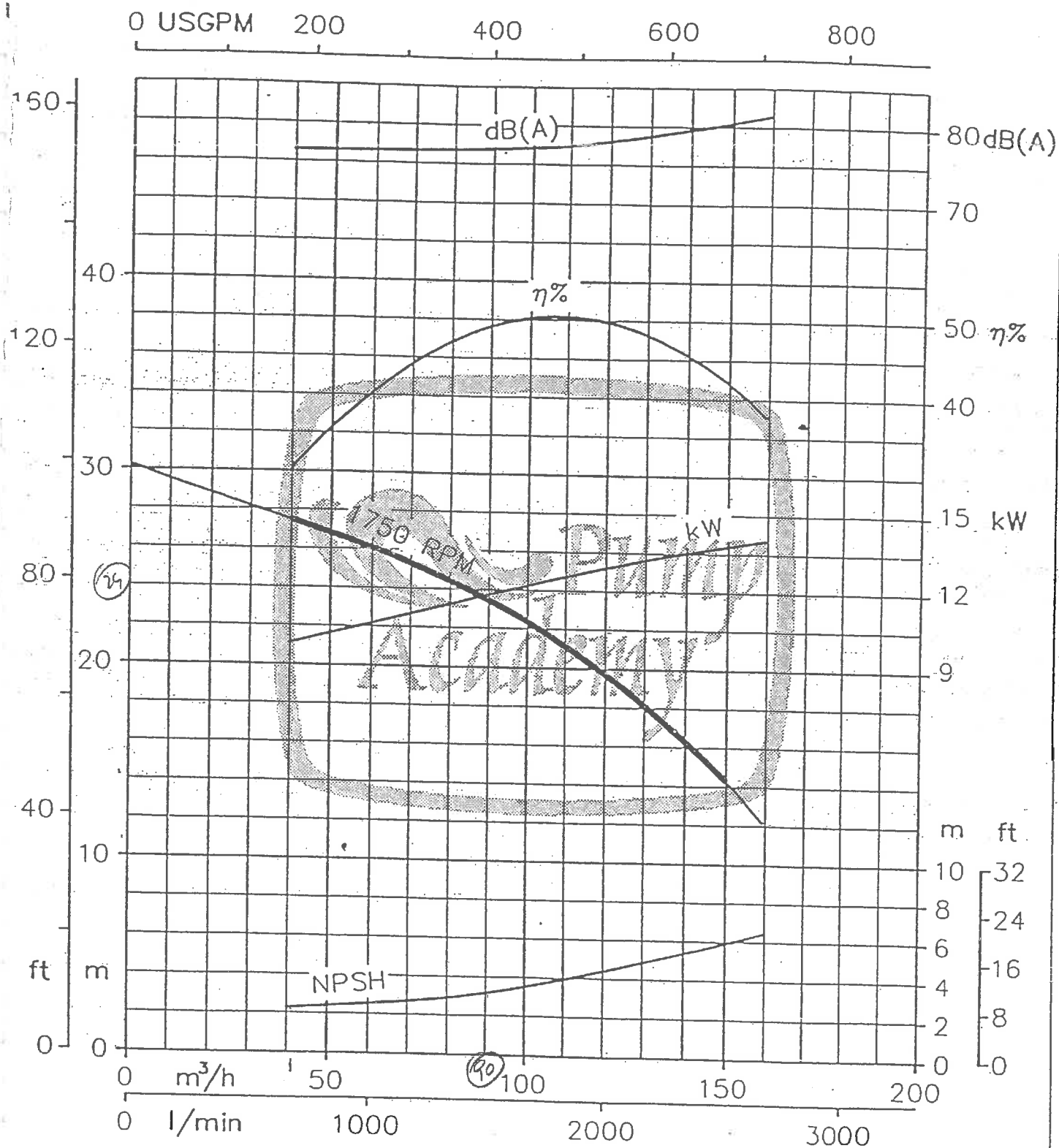
Per tubi incrostati moltiplicare per 1,5 - 1,7

PRESSIONE DI SATURAZIONE DI ALCUNI LIQUIDI



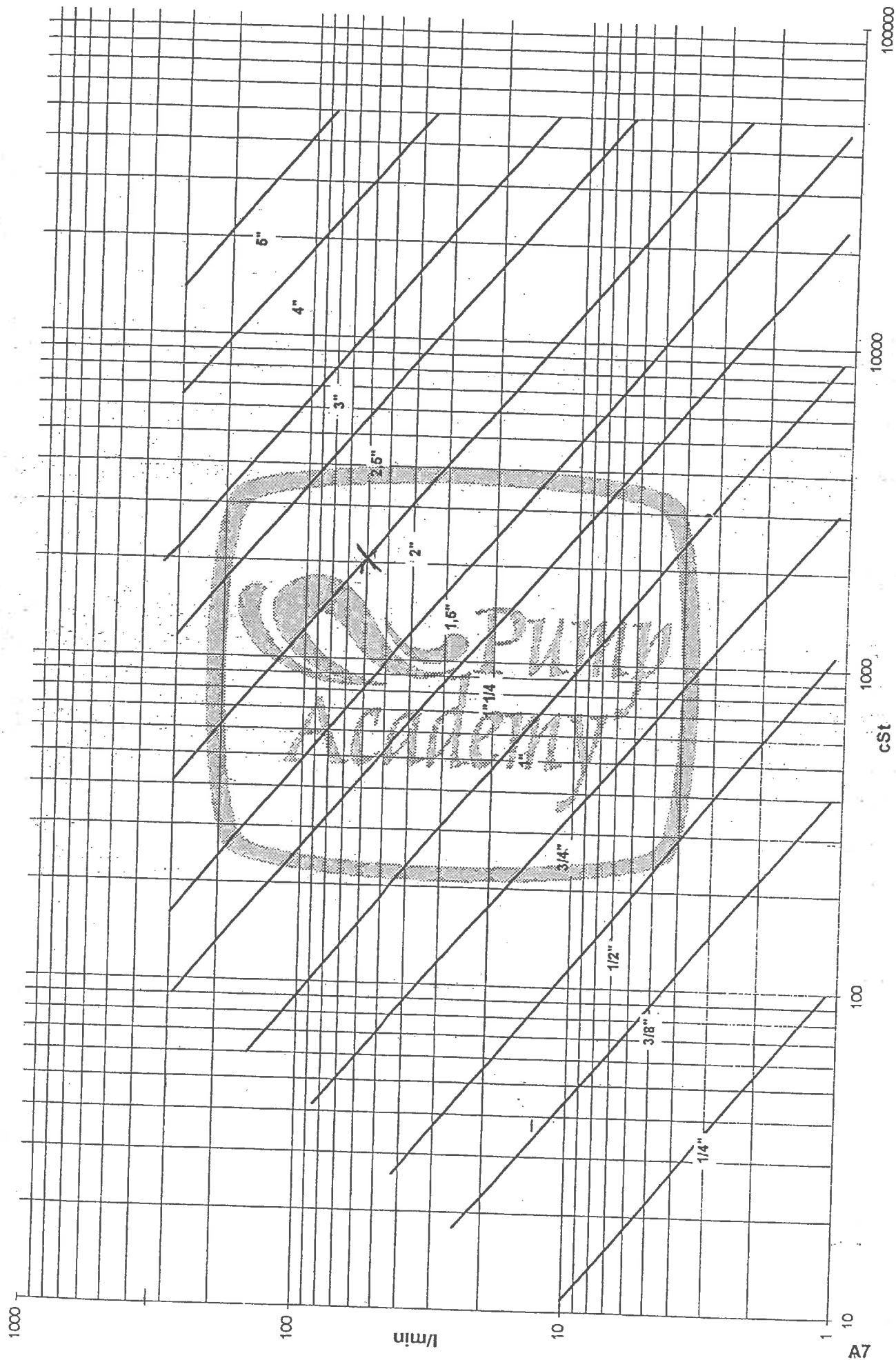
TENSIONE DI VAPORE E PESO SPECIFICO DELL'ACQUA

t °C	P _v ata	γ kg/dm ³	t °C	P _v ata	γ kg/dm ³	t °C	P _v ata	γ kg/dm ³	t °C	P _v ata	γ kg/dm ³
0	0,0062	0,9998	41	0,0793	0,9917	82	0,5234	0,9705	170	8,076	0,8973
1	0,0067	0,9999	42	0,0836	0,9913	83	0,5447	0,9698	175	9,101	0,8920
2	0,0072	0,9999	43	0,0881	0,9909	84	0,5667	0,9693	180	10,225	0,8869
3	0,0077	1,0000	44	0,0928	0,9905	85	0,5894	0,9687	185	11,456	0,8814
4	0,0083	1,0000	45	0,0977	0,9900	86	0,6129	0,9680	190	12,800	0,8760
5	0,0089	1,0000	46	0,1028	0,9898	87	0,6372	0,9673	195	14,265	0,8703
6	0,0095	0,9999	47	0,1082	0,9893	88	0,6623	0,9667	200	15,857	0,8646
7	0,0102	0,9999	48	0,1138	0,9889	89	0,6882	0,9659	205	17,585	0,8587
8	0,0109	0,9998	49	0,1197	0,9885	90	0,7149	0,9653	210	19,456	0,8528
9	0,0117	0,9997	50	0,1258	0,9880	91	0,7425	0,9646	215	21,477	0,8465
10	0,0125	0,9996	51	0,1322	0,9876	92	0,7710	0,9640	220	23,659	0,8403
11	0,0134	0,9995	52	0,1388	0,9871	93	0,8004	0,9632	225	26,007	0,8339
12	0,0143	0,9994	53	0,1457	0,9866	94	0,8307	0,9625	230	28,531	0,8272
13	0,0153	0,9993	54	0,1530	0,9861	95	0,8619	0,9619	235	31,239	0,8206
14	0,0163	0,9992	55	0,1605	0,9857	96	0,8942	0,9611	240	34,140	0,8136
15	0,0174	0,9990	56	0,1683	0,9852	97	0,9274	0,9604	245	37,244	0,8064
16	0,0185	0,9989	57	0,1765	0,9847	98	0,9616	0,9596	250	40,56	0,7992
17	0,0197	0,9987	58	0,1850	0,9842	99	0,9969	0,9590	255	44,10	0,7918
18	0,0210	0,9985	59	0,1939	0,9836	100	1,0332	0,9583	260	47,87	0,7840
19	0,0224	0,9984	60	0,2031	0,9831	102	1,1092	0,9568	265	51,88	0,7759
20	0,0238	0,9982	61	0,2127	0,9826	104	1,1898	0,9554	270	56,14	0,7678
21	0,0253	0,9979	62	0,2227	0,9821	106	1,2751	0,9540	275	60,66	0,7593
22	0,0269	0,9977	63	0,2330	0,9816	108	1,3654	0,9525	280	65,46	0,7506
23	0,0286	0,9974	64	0,2438	0,9810	110	1,4609	0,9510	285	70,54	0,7416
24	0,0304	0,9972	65	0,2550	0,9804	112	1,5618	0,9495	290	75,92	0,7323
25	0,0323	0,9970	66	0,2666	0,9800	114	1,6684	0,9479	295	81,60	0,7227
26	0,0343	0,9966	67	0,2787	0,9794	116	1,7809	0,9464	300	87,61	0,7124
27	0,0363	0,9964	68	0,2912	0,9788	118	1,8995	0,9448	305	93,95	0,7017
28	0,0385	0,9961	69	0,3042	0,9782	120	2,0245	0,9431	310	100,64	0,6906
29	0,0408	0,9957	70	0,3177	0,9777	122	2,1561	0,9414	315	107,69	0,6793
30	0,0432	0,9955	71	0,3317	0,9771	124	2,2947	0,9398	320	115,13	0,6671
31	0,0458	0,9952	72	0,3463	0,9765	126	2,4404	0,9381	325	122,95	0,6540
32	0,0485	0,9949	73	0,3613	0,9759	128	2,5935	0,9365	330	131,18	0,6402
33	0,0513	0,9946	74	0,3769	0,9754	130	2,7544	0,9348	335	139,85	0,6257
34	0,0542	0,9942	75	0,3931	0,9748	135	3,192	0,9305	340	148,96	0,6093
35	0,0573	0,9939	76	0,4098	0,9742	140	3,685	0,9260	345	158,54	0,5910
36	0,0606	0,9934	77	0,4272	0,9737	145	4,237	0,9216	350	168,63	0,5724
37	0,0640	0,9932	78	0,4451	0,9730	150	4,854	0,9169	355	179,24	0,5512
38	0,0675	0,9928	79	0,4637	0,9724	155	5,540	0,9121	360	190,42	0,5243
39	0,0713	0,9925	80	0,4829	0,9718	160	6,302	0,9073	365	202,21	0,4926
40	0,0752	0,9921	81	0,5028	0,9712	165	7,146	0,9023	370	214,68	0,4484



dB(A) = massimo livello sonoro misurato ad 1 mt. di distanza
dB(A) = maximum noise level measured at 1m distance

PERDITE DI CARICO PER LIQUIDI VISCOSI.



PERDITE DI CARICO LIQUIDI VISCOSI.

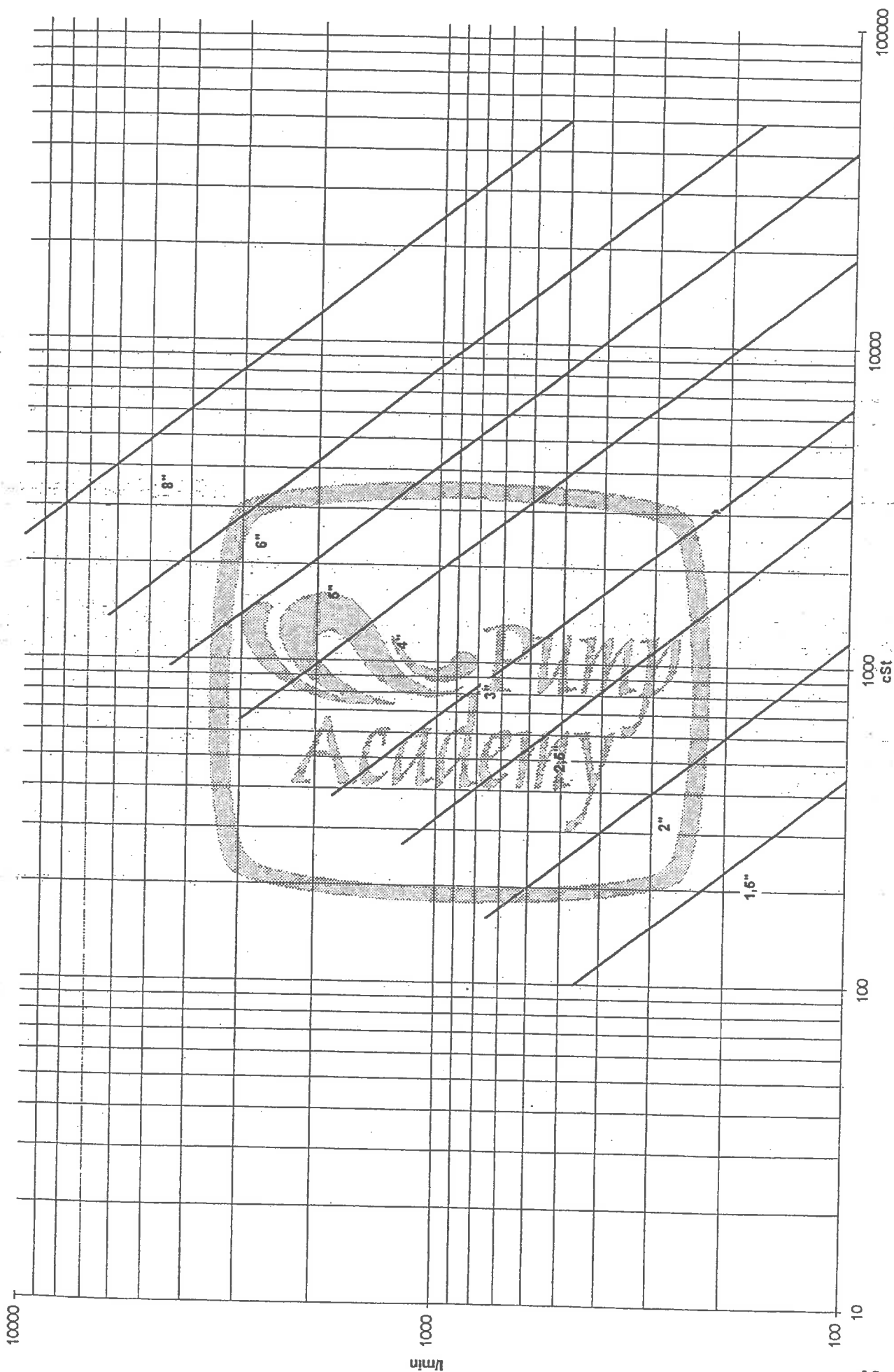
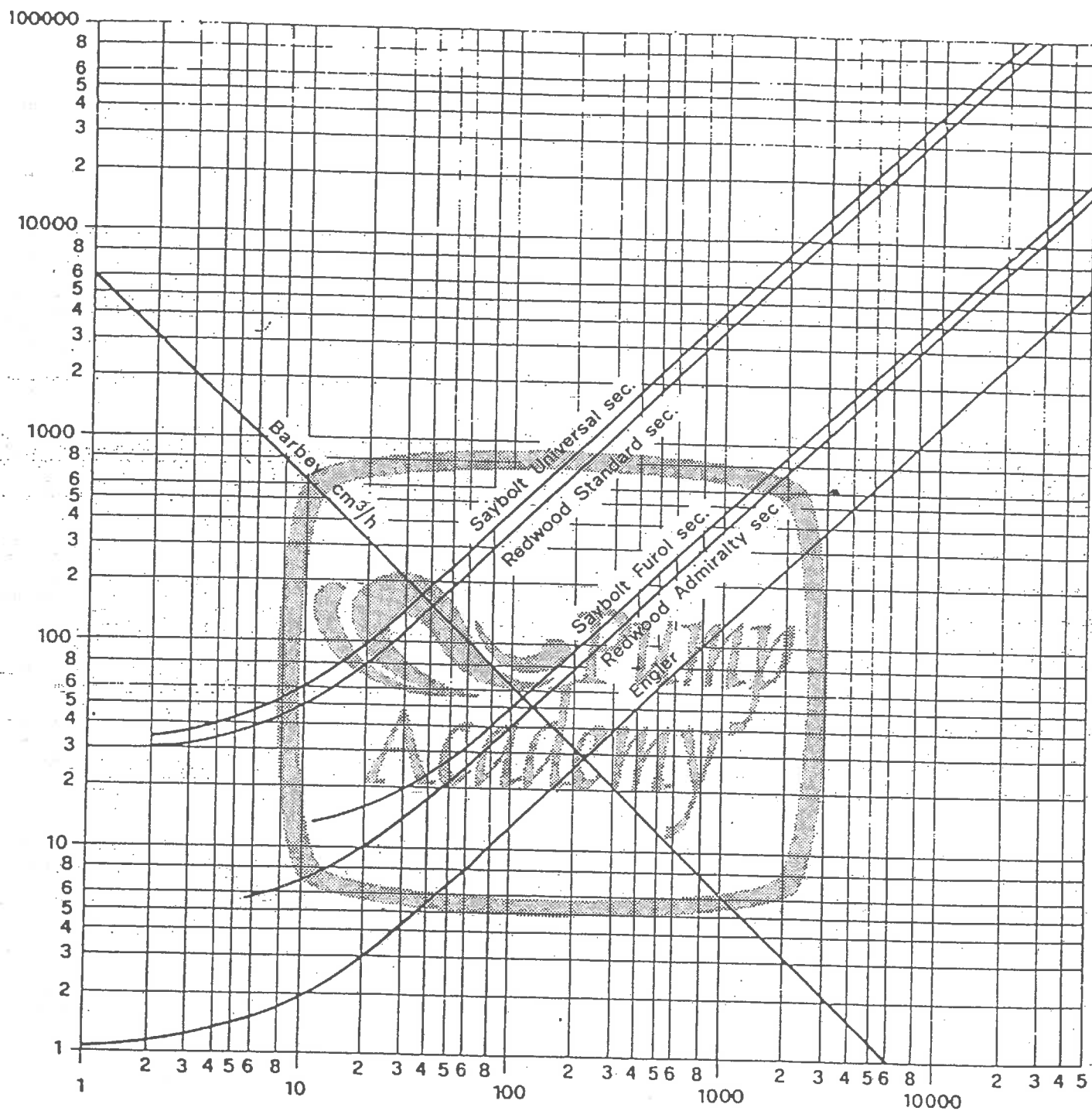


TABELLA DI CONVERSIONE DELLE SCALE DI VISCOSITA'



μ = viscosità dinamica [cPs]

$\nu = \frac{\mu}{\rho}$ = viscosità cinematica [cSt]

ρ = densità [kg/dm³]

cSt	Engl.	Sayb.	Redw.	cSt	Engl.	Sayb.	Redw.	cSt	Engl.	Sayb.	Redw.
2,00	1,119	32,60	30,20	7,00	1,564	48,70	43,20	14,0	2,218	73,40	64,35
2,10	1,129	32,96	30,45	7,10	1,573	49,03	43,47	14,2	2,239	74,16	65,01
2,20	1,140	33,32	30,70	7,20	1,582	49,36	43,74	14,4	2,259	74,92	65,67
2,30	1,150	33,68	30,95	7,30	1,590	49,69	44,01	14,6	2,280	75,68	66,34
2,40	1,160	34,04	31,20	7,40	1,599	50,02	44,28	14,8	2,300	76,44	67,02
2,50	1,169	34,40	31,45	7,50	1,608	50,35	44,55	15,0	2,32	77,20	67,70
2,60	1,179	34,72	31,70	7,60	1,616	50,68	44,84	15,2	2,34	77,98	68,40
2,70	1,189	35,04	31,95	7,70	1,625	51,01	45,13	15,4	2,36	78,76	69,10
2,80	1,198	35,36	32,20	7,80	1,634	51,34	45,42	15,6	2,38	79,54	69,79
2,90	1,207	35,68	32,45	7,90	1,643	51,67	45,71	15,8	2,41	80,32	70,47
3,00	1,217	36,00	32,70	8,00	1,651	52,00	46,00	16,0	2,43	81,10	71,15
3,10	1,226	36,32	32,96	8,10	1,660	52,34	46,28	16,2	2,45	81,90	71,83
3,20	1,235	36,64	33,22	8,20	1,669	52,68	46,56	16,4	2,47	82,70	72,51
3,30	1,244	36,96	33,48	8,30	1,678	53,02	46,84	16,6	2,49	83,50	73,21
3,40	1,253	37,28	33,74	8,40	1,687	53,36	47,12	16,8	2,51	84,30	73,93
3,50	1,262	37,60	34,00	8,50	1,696	53,70	47,40	17,0	2,53	85,10	74,65
3,60	1,271	37,90	34,26	8,60	1,704	54,04	47,69	17,2	2,56	85,92	75,35
3,70	1,280	38,20	34,52	8,70	1,713	54,38	47,98	17,4	2,58	86,74	76,05
3,80	1,289	38,50	34,78	8,80	1,722	54,72	48,27	17,6	2,60	87,56	76,74
3,90	1,298	38,80	35,04	8,90	1,731	55,06	48,56	17,8	2,62	88,38	77,42
4,00	1,307	39,10	35,30	9,00	1,740	55,40	48,85	18,0	2,64	89,20	78,10
4,10	1,315	39,42	35,55	9,10	1,749	55,74	49,13	18,2	2,67	90,02	78,82
4,20	1,324	39,74	35,80	9,20	1,758	56,08	49,41	18,4	2,69	90,84	79,54
4,30	1,333	40,06	36,05	9,30	1,767	56,42	49,69	18,6	2,71	91,66	80,26
4,40	1,341	40,38	36,30	9,40	1,776	56,76	49,97	18,8	2,73	92,48	80,98
4,50	1,350	40,70	36,55	9,50	1,785	57,10	50,25	19,0	2,75	93,30	81,70
4,60	1,359	41,02	36,82	9,60	1,794	57,44	50,53	19,2	2,78	94,14	82,46
4,70	1,367	41,34	37,09	9,70	1,803	57,78	50,83	19,4	2,80	94,98	83,22
4,80	1,376	41,66	37,36	9,80	1,812	58,12	51,12	19,6	2,82	95,82	83,96
4,90	1,384	41,98	37,63	9,90	1,822	58,46	51,41	19,8	2,85	96,66	84,68
5,00	1,393	42,30	37,90	10,00	1,831	58,80	51,70	20,0	2,87	97,50	85,40
5,10	1,402	42,62	38,16	10,10	1,840	59,50	52,32	20,2	2,91	99,18	86,92
5,20	1,410	42,94	38,42	10,4	1,868	60,20	52,94	20,8	2,96	100,9	88,44
5,30	1,419	43,26	38,68	10,6	1,887	60,90	53,55	21,2	3,01	102,6	89,92
5,40	1,427	43,58	38,94	10,8	1,905	61,60	54,15	21,6	3,05	104,3	91,38
5,50	1,436	43,90	39,20	11,0	1,924	62,30	54,75	22,0	3,10	106,0	92,90
5,60	1,444	44,22	39,46	11,2	1,943	63,02	55,39	22,4	3,15	107,7	94,42
5,70	1,453	44,54	39,72	11,4	1,962	63,74	56,03	22,8	3,19	109,4	95,94
5,80	1,461	44,86	39,98	11,6	1,981	64,46	56,66	23,2	3,24	111,2	97,46
5,90	1,470	45,18	40,24	11,8	2,000	65,18	57,28	23,6	3,29	112,9	98,96
6,00	1,479	45,50	40,50	12,0	2,020	65,90	57,90	24,0	3,34	114,6	100,4
6,10	1,487	45,82	40,77	12,2	2,039	66,64	58,52	24,4	3,38	116,3	101,9
6,20	1,496	46,14	41,04	12,4	2,059	67,38	59,14	24,8	3,43	118,0	103,4
6,30	1,504	46,46	41,31	12,6	2,079	68,12	59,77	25,2	3,48	119,8	105,0
6,40	1,513	46,78	41,58	12,8	2,098	68,86	60,41	25,6	3,53	121,5	106,5
6,50	1,521	47,10	41,85	13,0	2,118	69,60	61,05	26,0	3,58	123,3	108,1
6,60	1,530	47,42	42,12	13,2	2,138	70,36	61,71	26,4	3,62	125,1	109,6
6,70	1,539	47,74	42,39	13,4	2,158	71,12	62,37	26,8	3,67	126,8	111,1
6,80	1,547	48,06	42,66	13,6	2,178	71,88	63,03	27,2	3,72	128,6	112,7
6,90	1,556	48,38	42,93	13,8	2,198	72,64	63,69	27,6	3,77	130,3	114,2

cSt	Engl.	Sayb.	Redw.	cSt	Engl.	Sayb.	Redw.	cSt	Engl.	Sayb.	Redw.
28,0	3,82	132,1	115,8	48,0	6,37	222,2	195,3	95,0	12,51	438,9	384,6
28,4	3,87	133,9	117,4	48,4	6,42	224,0	196,9	96,0	12,64	443,5	388,7
28,8	3,92	135,6	118,9	48,8	6,47	225,9	198,4	97,0	12,78	448,1	392,7
29,2	3,97	137,4	120,5	49,2	6,52	227,7	200,0	98,0	12,91	452,8	396,8
29,6	4,02	139,1	122,0	49,6	6,57	229,6	201,7	99,0	13,04	457,4	400,8
30,0	4,07	140,9	123,7	50,0	6,62	231,4	203,3	100	13,17	462,0	404,9
30,4	4,12	142,7	125,2	51,0	6,75	236,0	207,3	102	13,43	471,2	413,0
30,8	4,17	144,4	126,7	52,0	6,88	240,6	211,3	104	13,69	480,5	421,0
31,2	4,22	146,2	128,3	53,0	7,01	245,2	215,3	106	13,96	489,7	429,1
31,6	4,27	147,9	129,9	54,0	7,14	249,9	219,3	108	14,22	499,0	437,2
32,0	4,32	149,7	131,5	55,0	7,28	254,4	223,3	110	14,48	508,2	445,4
32,4	4,37	151,5	133,1	56,0	7,41	259,0	227,4	112	14,75	517,4	453,5
32,8	4,42	153,3	134,6	57,0	7,54	263,6	231,4	114	15,01	526,7	461,6
33,2	4,47	155,1	136,2	58,0	7,67	268,2	235,5	116	15,27	535,9	469,7
33,6	4,52	156,9	137,7	59,0	7,80	272,8	239,5	118	15,53	545,2	477,8
34,0	4,57	158,7	139,3	60,0	7,93	277,4	243,5	120	15,80	554,4	485,9
34,4	4,62	160,5	140,9	61,0	8,06	282,0	247,5	122	16,06	563,6	494,0
34,8	4,67	162,3	142,5	62,0	8,19	286,6	251,6	124	16,32	572,9	502,1
35,2	4,72	164,1	144,1	63,0	8,32	291,2	255,6	126	16,59	582,1	510,1
35,6	4,77	165,9	145,6	64,0	8,45	295,8	259,6	128	16,85	591,4	518,2
36,0	4,82	167,7	147,2	65,0	8,58	300,4	263,6	130	17,11	600,6	526,4
36,4	4,87	169,5	148,8	66,0	8,71	305,0	267,7	132	17,38	609,8	534,5
36,8	4,93	171,3	150,4	67,0	8,84	309,6	271,7	134	17,64	619,1	542,6
37,2	4,98	173,1	152,0	68,0	8,97	314,2	275,8	136	17,90	628,3	550,7
37,6	5,03	174,9	153,6	69,0	9,10	318,8	279,8	138	18,16	637,6	558,8
38,0	5,08	176,7	155,2	70,0	9,23	323,4	283,9	140	18,43	646,8	566,9
38,4	5,13	178,5	156,8	71,0	9,36	328,0	287,9	142	18,69	656,0	575,0
38,8	5,18	180,3	158,4	72,0	9,50	332,6	291,9	144	18,95	665,3	583,0
39,2	5,23	182,1	160,0	73,0	9,63	337,3	296,0	146	19,22	674,5	591,1
39,6	5,28	183,9	161,6	74,0	9,76	341,9	300,0	148	19,48	683,8	599,2
40,0	5,33	185,7	163,2	75,0	9,89	346,5	303,7	150	19,74	693,0	607,4
40,4	5,39	187,5	164,8	76,0	10,02	351,1	307,7	152	20,01	702,2	615,5
40,8	5,44	189,3	166,4	77,0	10,15	355,7	311,7	154	20,27	711,5	623,6
41,2	5,49	191,1	168,0	78,0	10,28	360,4	315,8	156	20,53	720,7	631,7
41,6	5,54	192,9	169,6	79,0	10,41	365,0	319,8	158	20,79	730,0	639,8
42,0	5,59	194,7	171,2	80,0	10,54	369,6	323,9	160	21,06	739,2	647,9
42,4	5,64	196,5	172,8	81,0	10,68	374,2	327,9	162	21,32	748,4	655,9
42,8	5,69	198,3	174,4	82,0	10,81	378,8	332,0	164	21,58	757,7	664,0
43,2	5,75	200,1	176,0	83,0	10,94	383,5	336,0	166	21,85	766,9	672,1
43,6	5,80	202,0	177,6	84,0	11,07	388,1	340,1	168	22,11	776,2	680,3
44,0	5,85	203,8	179,2	85,0	11,20	392,7	344,1	170	22,37	785,4	688,4
44,4	5,90	205,6	180,8	86,0	11,33	397,3	348,2	172	22,64	794,6	696,5
44,8	5,95	207,5	182,4	87,0	11,46	401,9	352,2	174	22,90	803,9	704,6
45,2	6,00	209,3	184,0	88,0	11,59	406,6	356,3	176	23,16	813,1	712,7
45,6	6,06	211,2	185,6	89,0	11,73	411,2	360,3	178	23,42	822,4	720,8
46,0	6,11	213,0	187,2	90,0	11,86	415,8	364,4	180	23,69	831,6	728,9
46,4	6,16	214,8	188,8	91,0	11,99	420,4	368,4	182	23,95	840,8	737,0
46,8	6,21	216,7	190,4	92,0	12,12	425,0	372,5	184	24,21	850,1	745,0
47,2	6,26	218,5	192,0	93,0	12,25	429,7	376,5	186	24,48	859,3	753,1
47,6	6,31	220,4	193,7	94,0	12,38	434,3	380,6	188	24,74	868,6	761,2

Tav. 2 - JEG.2

cSt	Engl.	Sayb.	Redw.	cSt	Engl.	Sayb.	Redw.	cSt.	Engl.	Sayb.	Redw.
190	25,00	877,8	769,3	380	50,0	1755,6	1538,6	700	92,1	3234	2834
192	25,27	887,0	777,4	384	50,5	1774,0	1554,8	710	93,4	3280	2875
194	25,53	896,3	785,5	388	51,1	1792,5	1571,0	720	94,7	3326	2915
196	25,79	905,5	793,6	392	51,6	1811,2	1587,2	730	96,1	3373	2956
198	26,06	914,8	801,7	396	52,1	1830,0	1603,4	740	97,4	3419	2996
200	26,3	924,0	809,8	400	52,6	1848	1620	750	98,7	3465	3037
204	26,8	942,5	826,0	404	53,2	1866	1636	760	100,0	3512	3077
208	27,4	961,0	842,2	408	53,7	1885	1652	770	101,3	3558	3117
212	27,9	979,4	858,4	412	54,2	1903	1668	780	102,6	3604	3158
216	28,4	997,9	874,6	416	54,7	1921	1684	790	103,9	3650	3198
220	28,9	1016,4	890,8	420	55,3	1940	1701	800	105,3	3696	3239
224	29,5	1034,9	907,0	424	55,8	1959	1717	810	106,6	3742	3279
228	30,0	1053,4	923,2	428	56,3	1977	1733	820	107,9	3788	3320
232	30,5	1071,8	939,4	432	56,8	1996	1749	830	109,2	3835	3360
236	31,1	1090,3	955,6	436	57,4	2014	1765	840	110,5	3881	3401
240	31,6	1108,8	971,8	440	57,9	2033	1781	850	111,8	3927	3441
244	32,1	1127,3	988,0	444	58,4	2051	1798	860	113,2	3973	3482
248	32,6	1145,8	1004,2	448	58,9	2069	1814	870	114,4	4019	3522
252	33,2	1164,2	1020,4	452	59,5	2088	1830	880	115,8	4065	3563
256	33,7	1182,7	1036,5	456	60,0	2106	1846	890	117,1	4112	3603
260	34,2	1201,2	1052,7	460	60,5	2125	1862	900	118,4	4158	3644
264	34,7	1219,7	1068,9	464	61,1	2143	1879	910	119,7	4204	3684
268	35,3	1238,2	1085,1	468	61,6	2161	1895	920	121,1	4250	3725
272	35,8	1256,6	1101,3	472	62,1	2180	1911	930	122,4	4296	3765
276	36,3	1275,1	1117,5	476	62,6	2199	1927	940	123,7	4342	3806
280	36,8	1293,6	1133,7	480	63,2	2218	1943	950	125,0	4389	3846
284	37,4	1312,1	1149,9	484	63,7	2236	1960	960	126,3	4435	3887
288	37,9	1330,6	1166,1	488	64,2	2254	1976	970	127,6	4481	3927
292	38,4	1349,0	1182,3	492	64,7	2274	1992	980	128,9	4527	3968
296	38,9	1367,5	1198,5	496	65,3	2292	2008	990	130,3	4573	4008
300	39,4	1386,0	1214,7	500	65,8	2310	2024	1000	131,6	4620	4049
304	40,0	1404,5	1230,9	510	67,1	2356	2059	1020	134,2	4712	4130
308	40,5	1423,0	1247,1	520	68,4	2402	2105	1040	136,8	4804	4211
312	41,1	1441,4	1263,3	530	69,7	2449	2146	1060	139,5	4896	4292
316	41,6	1459,9	1279,5	540	71,1	2495	2186	1080	142,1	4989	4373
320	42,1	1478,4	1295,7	550	72,4	2541	2227	1100	144,7	5082	4453
324	42,6	1496,9	1311,9	560	73,7	2587	2267	1120	147,4	5174	4534
328	43,2	1515,4	1328,1	570	75,0	2633	2308	1140	150,0	5267	4615
332	43,7	1533,8	1344,3	580	76,3	2680	2348	1160	152,6	5360	4696
336	44,2	1552,3	1360,5	590	77,6	2726	2389	1180	155,3	5453	4777
340	44,7	1570,8	1376,7	600	78,9	2772	2429	1200	157,9	5544	4858
344	45,3	1589,3	1392,9	610	80,3	2818	2470	1220	160,5	5636	4939
348	45,8	1607,7	1409,1	620	81,6	2864	2510	1240	163,2	5728	5020
352	46,3	1626,2	1425,3	630	82,9	2911	2551	1260	165,8	5821	5101
356	46,8	1644,8	1441,5	640	84,2	2957	2591	1280	168,4	5914	5182
360	47,4	1663,2	1457,6	650	85,5	3003	2632	Fattori di conversione per viscosità maggiori			
364	47,9	1681,7	1473,8	660	86,8	3049	2672				
368	48,4	1700,2	1490,0	670	88,2	3095	2713				
372	48,9	1718,6	1506,2	680	89,5	3141	2753				
376	49,5	1737,1	1522,4	690	90,8	3187	2794				
								cSt.	0,1316	4,620	4,042
								Engl.	35,112	30,719	
								Sayb.	0,0285	0,8751	
								Redw.	1,1411	Redw.	

Tabella conversione viscosità

Gardner-Holdt

Poises

Saybolt Seconds Universal

Centi-stokes

A5
A4
A3
A2
A1
A
B
C
D
E
F
G
H
I
J
K
L
M
N
O
P
Q
R
S
T

0,00505
0,0624
0,144
0,22
0,321
0,5
0,65
0,85
1
1,25
1,4
1,65
2
2,25
2,5
2,75
3
3,2
3,4
3,7
4
4,35
4,7
5
5,5

230
298
388
456
568
636
750
909
1023
1136
1250
1364
1455
1545
1682
1818
1977
2136
2273
2500

50
65
85
100
125
140
165
200
225
250
275
300
320
340
370
400
435
470
500
550

U
V
W
X
Y
Z
Z1
Z2
Z3
Z4
Z5
Z6

6,27
8,84
10,7
12,9
17,6
22,7
27
36,2
46,3
63,4
98,5
148

2850
4018
4864
5864
8000
10318
12273
16455
21045
28818
44773
67273

627
884
1070
1290
1760
2270
2700
3620
4630
6340
9850
14800

N.B.

Nb.: I gradi Gardner sono generalmente usati nell'industria delle vernici

TABELLA DI CONVERSIONE PER LE SCALE DI VISCOSITA'

VISCOSITY CONVERSION CHART

