

**(Edizione del 1/4/2016)****Informazioni legali sull'utilizzo delle tabelle di conversione**

I testi, le informazioni e gli altri dati pubblicati in questo sito hanno esclusivamente scopo informativo e **non** assumono alcun carattere di ufficialità.

L'autore del corso **non** accetta alcuna responsabilità per eventuali errori e/o omissioni di qualsiasi genere e per qualunque tipo di danno diretto, indiretto o accidentale derivante dalla lettura o dall'impiego delle informazioni pubblicate, o di qualsiasi forma di contenuto presente nel sito.

**Non sarà possibile basare alcun procedimento legale sull'utilizzo di tale materiale.**

Lo scopo di questo capitolo è di raccogliere le tabelle di conversione delle unità di misura e chiarire i termini tecnici che sono utilizzati nel campo dell'oleodinamica. A causa della vastità delle informazioni non è possibile ottenere un quadro completo e pertanto l'autore ringrazia chi vorrà fornire suggerimenti per migliorare il capitolo. Inviare le indicazioni all'indirizzo e-mail: [a.mazzuk@libero.it](mailto:a.mazzuk@libero.it)

Se volete approfondire gli argomenti relativi a ciascuna unità di misura, troverete in internet molti siti dedicati alla singola materia.

*Suggerisco il sito :[www.convertworld.com/it/](http://www.convertworld.com/it/) ,per trovare le conversioni di tutte le unità di misura.*

*Di seguito sono riportate alcune Norme di Scrittura delle misure definite con un decreto del Presidente della Repubblica del 3 novembre 1982 in occasione dell'ufficialità per l'impiego del Sistema Internazionale di Unità di Misura.*

*Le principali sono:*

- ✓ *L'unità di misura si scrive sempre dopo il numero che la indica. Fanno eccezione le unità di misura monetarie.  
Esempio: si scrive 29 m e non m 29; 15 kg e non kg 15  
Mentre per il denaro si scrive € 35 e non 35 €.*
- ✓ *L'unità di misura non è mai seguita dal puntino.  
Esempio: si scrive 12 cm e non 12 cm.*
- ✓ *L'unità di misura non va mai espressa al plurale.*
- ✓ *Per distinguere i gruppi di cifre riguardanti la classe delle unità, delle migliaia, dei milioni, non si usa il puntino in alto né in basso, ma un mezzo spazio tra i vari gruppi di cifre.  
Esempio: si scrive 321 000 e non 321.000*

Per non avere numeri composti di tante cifre, si ricorre all'uso di prefissi il cui valore è indicato nella tabella sotto.

PREFISSO	SIMBOLO		VALORE
GIGA	G	1 000 000 000	$10^9$
MEGA	M	1 000 000	$10^6$
KILO	k	1 000	$10^3$
ETTO	h	100	$10^2$
DECA	da	10	$10^1$
DECI	d	0,1	$10^{-1}$
CENTI	c	0,01	$10^{-2}$
MILLI	m	0,001	$10^{-3}$
MICRO	$\mu$	0,000001	$10^{-6}$
NANO	n	0,000000001	$10^{-9}$

### Alfabeto greco

maiuscola	minuscola	nome	simbolo	maiuscola	minuscola	nome	simbolo
A	$\alpha$	alpha	a	N	$\nu$	nu	n
B	$\beta$	bêta	b	$\Xi$	$\xi$	xi	x
$\Gamma$	$\gamma$	gamma	g	O	o	omicron	o
$\Delta$	$\delta$	delta	d	$\Pi$	$\pi$	pi	p
E	$\epsilon$	epsilon	é	P	$\rho$	rhô	r
Z	$\zeta$	zeta	dz	$\Sigma$	$\sigma$	sigma	s
H	$\eta$	eta	e	T	$\tau$	tau	t
$\Theta$	$\theta$	theta	th	Y	$\upsilon$	upsilon	u
I	$\iota$	iota	i	$\Phi$	$\phi$	phi	ph
K	$\kappa$	kappa	k	X	$\chi$	khi	kh
$\Lambda$	$\lambda$	lambda	l	$\Psi$	$\psi$	psi	ps
M	$\mu$	mu	m	$\Omega$	$\omega$	oméga	ô

La tabella che segue specifica le unità di misura utilizzate in differenti paesi. Negli USA è ancora in uso il sistema di misura anglosassone che impiega unità totalmente differenti rispetto al SI.

Informazioni legali sull'utilizzo delle tabelle di conversione .....	1
Elenco delle grandezze utilizzate in oleodinamica .....	4
➤ Lunghezza.....	5
➤ Superficie /Area / Sezione.....	6
➤ Volume .....	7
➤ Peso specifico .....	9
➤ Forza .....	9
➤ Pressione .....	10
➤ Portata.....	13
➤ Cilindrata .....	18
➤ Potenza .....	23
➤ Coppia / Momento torcente .....	25
➤ Lavoro .....	27
➤ Energia.....	27
➤ Tempo .....	30
➤ Velocità di rotazione angolare .....	31
➤ Numero di giri al minuto .....	32
➤ Velocità lineare.....	32
➤ L' accelerazione .....	33
➤ Viscosità.....	34
➤ Temperatura.....	38
➤ Calore.....	38
➤ Rendimento.....	39

### Elenco delle grandezze utilizzate in oleodinamica

Grandezza	EUROPA (denominazione)	USA e Commonwealth (denominazione)
Lunghezza	m	yard - feet - inch
Superficie	m <sup>2</sup>	in <sup>2</sup> - ft <sup>2</sup>
Volume	m <sup>3</sup>	in <sup>3</sup> - ft <sup>3</sup> - gallone
Massa	kg	lb (pound = libbra)
Densità	kg / m <sup>3</sup>	lb / ft <sup>3</sup>
Peso specifico	N / m <sup>3</sup>	lbf / ft <sup>3</sup>
Forza	newton (N)	lbf (libbra forza)
Pressione	bar	psi (lbf / in <sup>2</sup> )
Portata	litri / minuto	GPM ( Galloni Per Minuto)
Cilindrata	cm <sup>3</sup> /giro	in <sup>3</sup> /rev
Potenza	Watt ( W )	ft • lbf / s
Coppia	Nm	lbf • ft
Lavoro	Joule ( J )	lbf • ft
Tempo	secondi ( s )	second ( s )
Velocità angolare	$\omega$ (rad/s).	$\omega$ (rad/s).
Numero di giri	giri/min.	RPM (Revolutions Per Minute)
Velocità lineare	m / s	ft/sec – in/sec
Accelerazione	m/s <sup>2</sup>	ft/sec <sup>2</sup> – in/sec <sup>2</sup>
Viscosità	m <sup>2</sup> / s	° E (gradi Engler)
Temperatura	° C	° F (gradi Fahrenheit)
Calore	Joule ( J )	BTU
Rendimento volumetrico	$\eta_v$	Ev
Rendimento meccanico	$\eta_m$	Em
Rendimento totale	$\eta_g$	Eovr

➤ **Lunghezza**

Definizione: Estensione lineare di un oggetto.

Unità di base **S.I** : **m** (metro)

Sottomultipli : **dm** (decimetro = 0,1 m)

**cm** (centimetro= 0,01 m)

**mm** (millimetro = 0,001 m)

**decimo di mm.** = 0,1 mm

**centesimo di mm** =0,01 mm

**millesimo di millimetro** = 0,001 mm (micron μm)

Il sistema anglosassone ha come unità di base di misura della lunghezza:

**1 yarda** = 3 feet (piedi) = 0,9144 m

I suoi sottomultipli sono:

1 piede = 1/3 yards oppure 12 inches (pollici)

1 pollice = 1/12 feet oppure 1/36 yarda

**NB:**fare attenzione che sui cataloghi stranieri le misure americane/inglesi utilizzano il punto al posto della virgola per indicare i decimali.

Esempio: 1" inch (pollice) = 25.4 mm. Noi scriviamo 1" pollice = 25,4 mm.

*I programmi dei computer non distinguono la differenza di scrittura e pertanto possono indurre a errori.*

Unità di misura	Fattore di conversione	Unità convertita	Esempio
ft – foot (piede)	<b>0,3048</b>	<b>m</b>	10 ft • 0,3048 = 3,048 m
<b>ft – foot</b>	<b>304,8</b>	<b>mm</b>	10 ft • 304,8 =3048 mm
<b>in – inch (pollice)</b>	<b>25,4</b>	<b>mm</b>	1in • 25,4 = 25,4 mm
<b>yd –yard (iarda)</b>	<b>0,9144</b>	<b>m</b>	100yd • 0,9144= 91,44 m
m (metro)	<b>39,37</b>	<b>in</b>	10 m • 39,37= 393,7 in
mm (millimetro)	<b>0,03937</b>	<b>in</b>	1000 mm • 0,03937= 39,37 inches
m (metro)	<b>1,0936</b>	<b>yd</b>	10 m • 1,093 = 10,93 yd
m (metro)	<b>3,2808</b>	<b>ft</b>	10 m • 3,28 = 32,8 ft
in (pollice)	<b>0,0833</b>	<b>ft</b>	

Nel 1958 gli Stati Uniti e altri paesi del Commonwealth hanno definito che la lunghezza internazionale del pollice (inch) deve corrispondere esattamente a 25,4 millimetri.

Per un rapido passaggio delle frazioni di pollice in millimetri, si riporta la seguente tabella di conversione:

Pollici	Millim.	Pollici	Millim.	Pollici	Millim.
1/32"	0,397	3/8"	9,128	45/64"	17,859
1/16"	0,794	23/64"	9,525	23/32"	18,256
3/32"	1,191	25/64"	9,922	47/64"	18,653
1/8"	1,588	13/32"	10,319	3/4"	19,050
5/64"	1,984	27/64"	10,716	49/64"	19,447
7/64"	2,381	7/16"	11,112	25/32"	19,844
9/64"	2,778	29/64"	11,509	51/64"	20,241
11/64"	3,175	15/32"	11,906	13/16"	20,637
13/64"	3,572	1/2"	12,303	31/64"	21,034
15/64"	3,969	17/32"	12,700	27/32"	21,431
17/64"	4,366	33/64"	13,097	55/64"	21,828
19/64"	4,762	9/16"	13,494	7/8"	22,225
21/64"	5,159	35/64"	13,891	57/64"	22,622
23/64"	5,556	19/32"	14,287	29/32"	23,019
25/64"	5,953	37/64"	14,684	59/64"	23,416
27/64"	6,350	19/32"	15,081	15/16"	23,812
29/64"	6,747	39/64"	15,478	61/64"	24,209
31/64"	7,144	5/8"	15,875	31/32"	24,606
33/64"	7,541	41/64"	16,272	63/64"	25,003
35/64"	7,937	21/32"	16,662	1"	25,400
37/64"	8,334	43/64"	17,066		
39/64"	8,731	11/16"	17,462		

I sottomultipli del pollice sono:

- mezzo pollice 1/2 " (25,4 : 2 = 12,7 mm)
- quarto di pollice 1/4 " (25,4 : 4 = 6,35 mm)
- ottavo di pollice 1/8 " (25,4 : 8 = 3,175 mm)
- sedicesimo di pollice 1/16 " (25,4 : 16 = 1,588 mm)
- sessantaquattresimo di pollice 1/64 " (25,4 : 64 = 0,397 mm)
- centoventottesimo di pollice 1/128 " (25,4 : 128 = 0,198 mm)

### ➤ Superficie / Area / Sezione

Definizione: è l'estensione di superficie di un oggetto.

Unità di base **S.I** : **m<sup>2</sup>** (metro quadrato)

Sottomultipli: 10000 cm<sup>2</sup> (10<sup>4</sup>) = 1 m<sup>2</sup>

1000000 mm<sup>2</sup> (10<sup>6</sup>) = 1 m<sup>2</sup>

Unità di misura	Fattore di conversione	Unità convertita	Esempio
cm <sup>2</sup>	<b>0,155</b>	in <sup>2</sup> (square inch = pollice quadrato)	10 cm <sup>2</sup> • 0,155= 1,55 in <sup>2</sup>
m <sup>2</sup>	<b>10,763</b>	ft <sup>2</sup> (square foot = piede quadrato)	10 m <sup>2</sup> • 10,763= 107,63 ft <sup>2</sup>
m <sup>2</sup>	<b>1550</b>	in <sup>2</sup>	10m <sup>2</sup> •1550= 15 500 in <sup>2</sup>
m <sup>2</sup>	<b>1,196</b>	yd <sup>2</sup>	20m <sup>2</sup> •1,196=23,92 yd <sup>2</sup>
in <sup>2</sup> (sq. in)	<b>6,452</b>	cm <sup>2</sup>	10 in <sup>2</sup> • 6,452= 64,52 cm <sup>2</sup>
ft <sup>2</sup> (sq. ft)	<b>0,0930</b> [930]	m <sup>2</sup> [cm <sup>2</sup> ]	10 ft <sup>2</sup> • 0,093=0,93 m <sup>2</sup>
yd <sup>2</sup> (sq yd)	<b>0,836</b>	m <sup>2</sup>	10 yd <sup>2</sup> • 0,836 =8,36 m <sup>2</sup>
ft <sup>2</sup> (sq. ft)	<b>144</b>	in <sup>2</sup>	

## ➤ Volume

Definizione: è la misura dello spazio occupato da un corpo.

Unità di base **S.I** : **m<sup>3</sup> (metro cubo)**

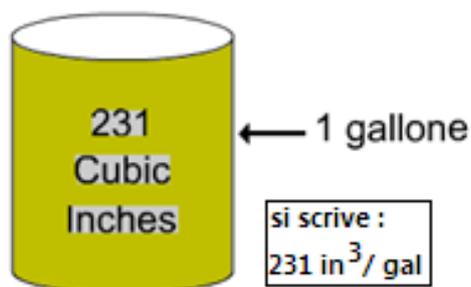
Sottomultipli : 1000 dm<sup>3</sup> o litro = 1 m<sup>3</sup>

1000000 cm<sup>3</sup> o ml (millilitro) = 1 m<sup>3</sup>

**1 dm<sup>3</sup> = 1 litro = 1000 cm<sup>3</sup>**

Unità di misura	Fattore di conversione	Unità convertita	Esempio
cm <sup>3</sup>	<b>0,0612</b>	in <sup>3</sup> (cubic inch)	100 cm <sup>3</sup> • 0,061= 6,1 in <sup>3</sup>
dm <sup>3</sup>	<b>0,0353</b>	ft <sup>3</sup> (cubic foot)	100 dm <sup>3</sup> • 0,035= 3,5 ft <sup>3</sup>
dm <sup>3</sup> (litro)	<b>0,2641</b>	gal (gallone USA)	100 dm <sup>3</sup> • 0,264= 26,4 gal (gallone USA)
m <sup>3</sup>	<b>35,314</b>	ft <sup>3</sup> (cubic foot)	2 m <sup>3</sup> • 35,314=70,628 ft <sup>3</sup>
m <sup>3</sup>	<b>1,3079</b>	yd <sup>3</sup> (cubic yard)	2 m <sup>3</sup> • 1,3079 =2,6158 yd <sup>3</sup>
in <sup>3</sup> (cubic inch)	<b>16,387</b>	cm <sup>3</sup> (millilitri)	10 in <sup>3</sup> • 16,387= 163,8 cm <sup>3</sup>
in <sup>3</sup> (cubic inch)	<b>0,0164</b>	dm <sup>3</sup> o litro	
ft <sup>3</sup> (cubic foot)	<b>28,3168</b> [28317]	dm <sup>3</sup> o litro [cm <sup>3</sup> ]	10 ft <sup>3</sup> • 28,316=283,16 dm <sup>3</sup> (litri)
gal (USA gallon)	<b>3,785</b> [3785]	dm <sup>3</sup> o litro [cm <sup>3</sup> ]	80 gal • 3,785 = 300 ≅ litri

Il gallone americano equivale a 231 in<sup>3</sup> (pollici cubi).



### Solo per informazione:

Una goccia di olio = 0,0649 cm<sup>3</sup>

Un cucchiaino di olio = 5 cm<sup>3</sup>

Un cucchiaio di olio = 15 cm<sup>3</sup>

➤ **Massa. (simbolo *m*)**

La *m* è scritta in corsivo (inclinata) per distinguerla dal metro.

Definizione: è la quantità di materia (numero ben preciso di atomi) che costituisce un corpo e che rimane invariata.

Da **non** confondere con il peso che indica la forza con cui un corpo è attratto dalla Terra (forza di gravità). Sulla Luna lo stesso corpo peserebbe di meno perché è attratto con una forza minore.

Unità di base **S.I.**: **kg** (chilogrammo)

Multipli : **t** (tonnellata = 1000 kg)

Sottomultipli: **g** (grammo = 0,001 kg))

Unità di misura	Fattore di conversione	Unità convertita	Esempio
kg	2,2046	lb (libbra-pound)	10 kg • 2,204 = 22,04 lb
lb	0,4536	Kg	10 lb • 0,4536 = 4,536 kg
kg	35,2739	oz (oncia)	10 kg • 35,27 = 352,7 oz
oz	0,02834	Kg	10 oz • 0,0283 = 0,283 kg
oz	0,0625	lb	
slug	14,59	kg	
kg	0,06852	slug	
slug	32,17	lb	

➤ **Massa volumica / Densità.**

Definizione: è la massa di sostanza espressa in **kg**, che occupa un volume pari a **1m<sup>3</sup>**. Vale a dire che è il rapporto tra massa e il volume stesso.  $\rho$  (rho) =  $\frac{m}{V}$

Unità di base: **kg/m<sup>3</sup>**

Sottomultipli: **kg/dm<sup>3</sup>**

Un **m<sup>3</sup>** di acqua ha una massa di **1000 kg**.

La sua massa volumica /densità :  $\rho_{\text{acqua}} = 1000 \text{ kg/m}^3$

**Densità:**

*olio minerale* : da 870 a 900 kg/m<sup>3</sup>.

*acqua/glicol* : 1060 kg/m<sup>3</sup>.

*esteri fosforici*: 1150 kg/m<sup>3</sup>.

Unità di misura	Fattore di Conversione	Unità convertita	Esempio
kg / m <sup>3</sup>	0,0624	lbf/ft <sup>3</sup>	100 kg/m <sup>3</sup> • 0,0624 = 6,24 lbf/ft <sup>3</sup>
lbf / ft <sup>3</sup>	16,02	kg /m <sup>3</sup>	10 lbf/ft <sup>3</sup> • 16,02 = 160,2 kg /m <sup>3</sup>
lbf/in <sup>3</sup>	27680	kg /m <sup>3</sup>	

**NB:** da **non** confondere con il peso specifico  $\gamma$  (**N / m<sup>3</sup>**) che è il rapporto tra peso (quindi una forza) e volume.

➤ **Peso specifico**

Definizione: rapporto tra peso e volume.

Unità di base:  $\gamma$  (gamma) =  $\frac{m \cdot g}{v} = \rho \cdot g$  (N / m<sup>3</sup>)

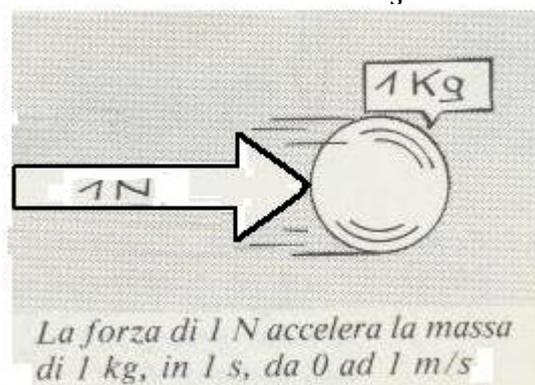
Peso specifico acqua:  $\gamma = 9814$  N/m<sup>3</sup>

➤ **Forza**

Definizione: è la causa esterna capace di modificare lo stato di quiete o moto di un corpo. (Legge di Newton, seconda legge della dinamica)

La forza è la risultante della massa **m** per l'accelerazione **a** che il corpo subisce per effetto della forza applicata.

$$F(N) = m \text{ (kg)} \cdot a \left(\frac{m}{s^2}\right)$$



Unità di base S.I.: **N (Newton = 1  $\frac{kg \cdot m}{s^2}$ )**

Nel sistema anglosassone l'unità di forza è: **pound-force** (libbra-forza, simbolo **lbf**). Il pound-force è la forza che, applicata alla massa di **1 lb** (0,453kg), le imprime un'accelerazione pari all'accelerazione media di gravità **32,17 ft / s<sup>2</sup>** (S.I =9,80665 m/s<sup>2</sup>).

Unità di misura	Fattore di conversione	Unità convertita	Esempio
N	0,22481	lbf	100 N • 0,225 = 22,5 lbf
lbf	4,4482	N	100 lbf • 4,4482 = 444,82 N
ozf	0,278	N	50 oz • 0,278 = 13,9 N
kg <sub>f</sub> (chilogrammo forza)	9,8066	N	10 kg <sub>f</sub> • 9,8 = 98 N
N	0,1019	kg <sub>f</sub>	100 N • 0,102 = 10,2 kg <sub>f</sub>
kg <sub>f</sub>	2,2046	lbf	50 kg <sub>f</sub> • 2,2 = 110 lbf
lbf	0,4535	kg <sub>f</sub>	50 lbf • 0,45 = 22,5 kg <sub>f</sub>

Concetti di meccanica

Lo studio della meccanica si può suddividere in tre punti fondamentali:

- ✓ La **STATICA** che si occupa dell'equilibrio dei corpi soggetti a un sistema di forze a essi applicate.
- ✓ La **CINEMATICA** è lo studio del moto dei corpi indipendentemente dalle cause che lo hanno generato.
- ✓ La **DINAMICA** riguarda lo studio del moto dei corpi in relazione alle cause che lo hanno generato.

**NB:** Una forza **non** può essere osservata direttamente ma si riconosce dai suoi **effetti**.

Una forza può essere la causa della **deformazione** di un corpo (**azione statica**).

Una forza può essere la causa dell'**accelerazione** (*variazione della velocità*)

di un corpo (**azione dinamica**).

- **Forza frenante** è contraria al senso del moto.
- **Forza di gravità** è dovuta all'attrazione che la terra esercita su tutti i corpi e per questa attrazione tutti i corpi cadono al suolo.
- **Equilibrio delle forze:** due o più forze applicate a un corpo in stato di quiete o di moto rettilineo uniforme sono in equilibrio quando, agendo simultaneamente, non ne influenzano lo stato, ovvero la loro risultante è pari a zero.  
La forza esercitata per tenere sollevato un corpo è pari e contraria al suo peso.

➤ **Pressione**

Definizione: la pressione **p** è definita come il rapporto tra una forza **F (N)** esercitata

sull'area **S (m²)** di una superficie.  $p = \frac{F (N)}{S (m^2)}$  ;

Unità di base **S.I** : **Pa** (pascal) =  $\frac{N}{m^2}$

Multipli: **MPa** (megapascal = **10 bar**)

Nel settore oleodinamico è utilizzato il **bar**, definito come la pressione esercitata dalla forza di **1daN** (decanewton) sulla superficie di **1 cm²**

Vale a dire **1 bar** =  $\frac{1 daN}{1 cm^2} = 100\ 000 Pa = (10^5 Pa)$

Unità di misura	Fattore di conversione	Unità convertita	Esempio
bar	0,1	MPa	200bar • 0,1= 20MPa
MPa	10	bar	40MPa • 10=400 bar
MPa	10 <sup>6</sup>	N/m <sup>2</sup> (pascal)	50 • 1000000 = 50000000 N/m <sup>2</sup>
KPa	0,145	psi	
bar	14,5037	psi (lbf/in <sup>2</sup> )	207 bar • 14,5 ≈ 3000 psi
bar	1,0197	kgf /cm <sup>2</sup>	150 bar • 1,0197=152,95 kgf /cm <sup>2</sup>
bar	759	mmHg	Millimetri di mercurio = Torricelli
bar	29,53	inHg	

<b>psi</b> <b>(lbf / in<sup>2</sup>)</b>	<b>0,06895</b> (per praticità <b>0,07</b> )	<b>bar</b>	5000 psi • <b>0,07</b> $\cong$ 350 bar
<b>psi</b>	<b>0,0069</b>	<b>MPa</b>	3000 psi • 0,0069= 20,7 MPa
<b>psi</b>	<b>6895</b>	<b>Pa</b>	
<b>psi</b>	<b>51,719</b>	<b>mmHg</b>	
<b>lbf / ft<sup>2</sup></b>	<b>0,000479</b>	<b>bar</b>	
<b>MPa</b>	<b>145</b>	<b>psi</b>	
<b>psi</b>	<b>0,0703</b>	<b>kgf /cm<sup>2</sup></b>	3000 psi • 0,0703= 210 kgf /cm <sup>2</sup>
<b>atm</b>	<b>1,01325</b> ( <b>1, 01325 · 10<sup>5</sup>Pa</b> )	<b>bar</b>	100 atm • 1,013= 101,3 bar
<b>atm</b>	<b>14,6959</b>	<b>psi</b>	100 atm • <b>14,7</b> =1470 psi
<b>atm</b>	<b>760</b>	<b>mmHg</b>	
<b>atm</b>	<b>1,0333</b>	<b>Kgf /cm<sup>2</sup></b>	
<b>kgf /cm<sup>2</sup></b>	<b>98066</b>	<b>Pa</b>	20 kgf /cm <sup>2</sup> • 98066= 1 961 320 Pa
<b>kgf /cm<sup>2</sup></b>	<b>0,9807</b>	<b>bar</b>	100 kgf /cm <sup>2</sup> • 0,98= 98 bar
<b>kgf /cm<sup>2</sup></b>	<b>14,22</b>	<b>psi</b>	100 kf/cm <sup>2</sup> • 14,22 = 1422 psi
<b>kgf /cm<sup>2</sup></b>	<b>0,9677</b>	<b>atm</b>	
<b>kgf /cm<sup>2</sup></b>	<b>736</b>	<b>mmHg</b>	
<b>Torr.</b>	<b>133,32</b>	<b>Pa</b>	
	<b>0,001333</b>	<b>bar</b>	
<b>1 mmHg</b>	<b>133,32</b>	<b>Pa</b>	
(mm. di mercurio)	<b>0,001333</b>	<b>bar</b>	
<b>1 inch Hg</b>	<b>0,4912</b>	<b>psi</b>	

### Equivalenza tra le unità di pressione.

Nei calcoli tecnici si considera: **1 bar = 14,5 psi = 1 kgf / cm<sup>2</sup> = 1 atm**

Il disegno sotto spiega la differenza tra pressione assoluta e relativa.

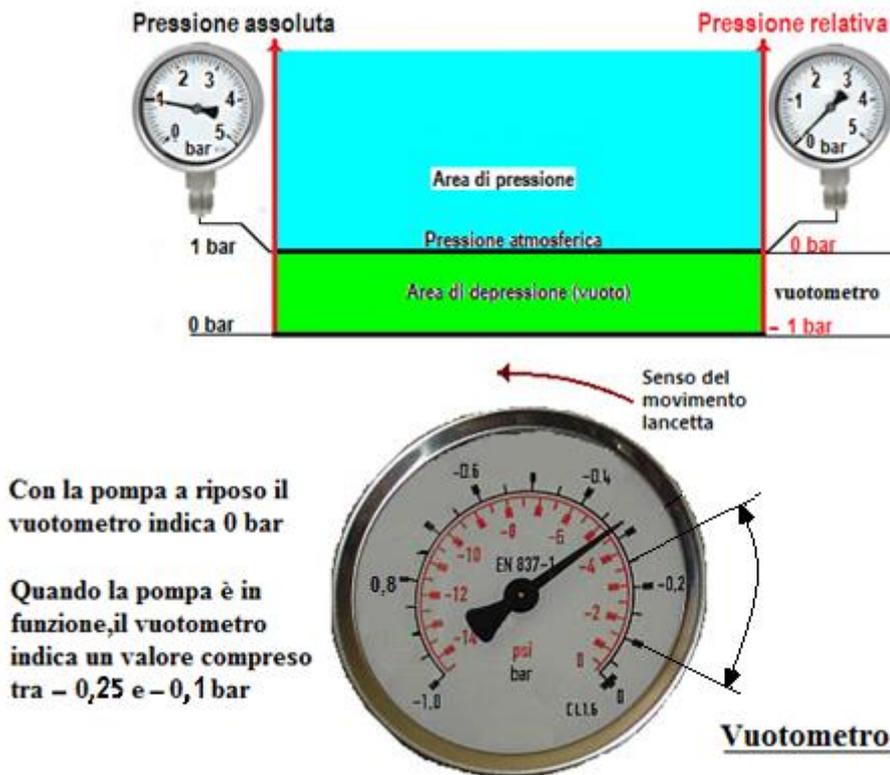


Tabella di conversione della pressione									
Kilo-Pascal (kPa)	Mega-Pascal (MPa)	bar	Kg- forza x cm <sup>2</sup> (Kgf/cm <sup>2</sup> )	libbra per pollice <sup>2</sup> ( psi )	libbra per pollice <sup>2</sup> ( psi )	Kilo-Pascal (kPa)	Mega-Pascal (MPa)	bar	Kg- forza x cm <sup>2</sup> (Kgf/cm <sup>2</sup> )
100	0.1	1	1.0	14.5	10	68.9	0.07	0.7	0.7
200	0.2	2	2	29	20	137.9	0.14	1.4	1.41
300	0.3	3	3.1	43.5	30	206.8	0.21	2.1	2.11
400	0.4	4	4.1	58	40	275.8	0.28	2.8	2.81
500	0.5	5	5.1	72.5	50	344.7	0.34	3.4	3.52
600	0.6	6	6.1	87	60	413.7	0.41	4.1	4.22
700	0.7	7	7.1	101.5	70	482.6	0.48	4.8	4.92
800	0.8	8	8.2	116	80	551.6	0.55	5.5	5.63
900	0.9	9	9.2	130.5	90	620.5	0.62	6.2	6.33
1000	1	10	10.2	145	100	689	0.7	6.9	7
2000	2	20	20.4	290.1	200	1379	1.4	13.8	14.1
3000	3	30	30.6	435.1	300	2068	2.1	20.7	21.1
4000	4	40	40.8	580.2	400	2758	2.8	27.6	28.1
5000	5	50	51	725.2	500	3447	3.4	34.5	35.2
6000	6	60	61.2	870.2	600	4137	4.1	41.4	42.2
7000	7	70	71.4	1015.3	700	4826	4.8	48.3	49.2
8000	8	80	81.6	1160.3	800	5516	5.5	55.2	56.3
9000	9	90	91.8	1305.3	900	6205	6.2	62.1	63.3
10000	10	100	102	1450	1000	6895	6.9	68.9	70.3
20000	20	200	204	2901	2000	13790	13.8	137.9	140.7
30000	30	300	306	4351	3000	20684	20.7	206.8	211
40000	40	400	408	5802	4000	27579	27.6	275.8	281.3
50000	50	500	510	7252	5000	34474	34.5	344.7	351.6
60000	60	600	612	8702	6000	41369	41.4	413.7	421.9
70000	70	700	714	10153	7000	48263	48.3	482.6	492.3
80000	80	800	816	11603	8000	55158	55.2	551.6	562.6
90000	90	900	918	13053	9000	62053	62.1	620.5	632
100000	100	1000	1020	14504	10000	68948	68.9	689	703
200000	100	2000	2040	29008	20000	137895	137.9	1379	1406
300000	300	3000	3060	43511	30000	206843	206.8	2068	2110
					40000	275790	275.8	2758	2813

➤ **Portata**

Definizione: la portata in volume è la quantità di fluido **V** (m<sup>3</sup>) che attraversa una sezione di area **S** (m<sup>2</sup>) nell'unità di tempo **t** (s).

$$Q \left( \frac{m^3}{s} \right) = S (m^2) \cdot v \left( \frac{m}{s} \right) \text{ (Sezione} \cdot \text{velocità)} \text{ da cui: } S = \frac{Q}{v} \text{ e } v = \frac{Q}{S}$$

La portata determina la velocità di un attuatore.

Unità di base **S.I:** m<sup>3</sup> / s

Sottomultipli: **dm<sup>3</sup> / min = (litri / min)**

Nella tecnica  $Q \left( \frac{l}{min} \right) = 6 \cdot S (cm^2) \cdot v \left( \frac{m}{s} \right)$

**Portata massica:** la massa di fluido che attraversa una sezione di area nell'unità di tempo. **G = kg / s**

Unità di misura	Fattore di conversione	Unità convertita	Esempio
l / min	<b>61,024</b>	in <sup>3</sup> / min	10 l/min • 61,024=610,24 in <sup>3</sup> / min
l / min	<b>0,0353</b>	ft <sup>3</sup> / min	100 l/min • 0,035=3,531 ft <sup>3</sup> / min

<b>l / min</b>	<b>0,2641</b> (USA)	<b>gal / min</b> (USA- gpm)	30 l/min • 0,264 ≈ 8 gpm (USA)
<b>l / min</b>	<b>0,2199</b> (UK)	<b>gal / min</b> (UK- gpm)	30 l/min • 0,22 = 6,6 gpm (UK)
<b>in<sup>3</sup> / min</b> (cu in/min)	<b>0,0163</b>	<b>l / min</b>	1000 in <sup>3</sup> / min • 0,016 = 16,38 l/min
<b>ft<sup>3</sup> / min</b> (cu ft/min)	<b>28,317</b>	<b>l / min</b>	5 ft <sup>3</sup> / min • 28,3 = 141,5 l/min
<b>ft<sup>3</sup> / s</b>	<b>448,9</b>	<b>gpm</b>	
<b>gal / min (USA)</b>	<b>3,7854</b>	<b>l / min</b>	80 gpm(USA) • 3,785 ≈ 300 l/min
<b>gal / min (USA)</b>	<b>0,002228</b>	<b>ft<sup>3</sup> / s</b>	

I nomogrammi che seguono sono basati sulle seguenti formule per il calcolo della portata, della velocità e del diametro interno del tubo rigido o flessibile.

Unità metriche:

$$v = \frac{Q \cdot 21,22}{D^2} \quad \text{Dove: } v = \text{m/s} ; Q = \text{l/min} ; D = \text{mm},$$

Dalla formula di base:  $D \text{ (m)} = \sqrt{\frac{4 \cdot Q \left(\frac{\text{m}^3}{\text{s}}\right)}{\pi \cdot v \left(\frac{\text{m}}{\text{s}}\right)}}$ , il valore 21,22 si ricava da:

$$\frac{\text{m}^3}{\text{s}} \cdot \frac{1000}{60} = 16,66 \frac{\text{dm}^3}{\text{min}} \cdot 4 : \pi = 21,22$$

Da cui si ricava:  $D = \sqrt{\frac{Q \cdot 21,22}{v}} = 4,61 \cdot \sqrt{\frac{Q}{v}}$

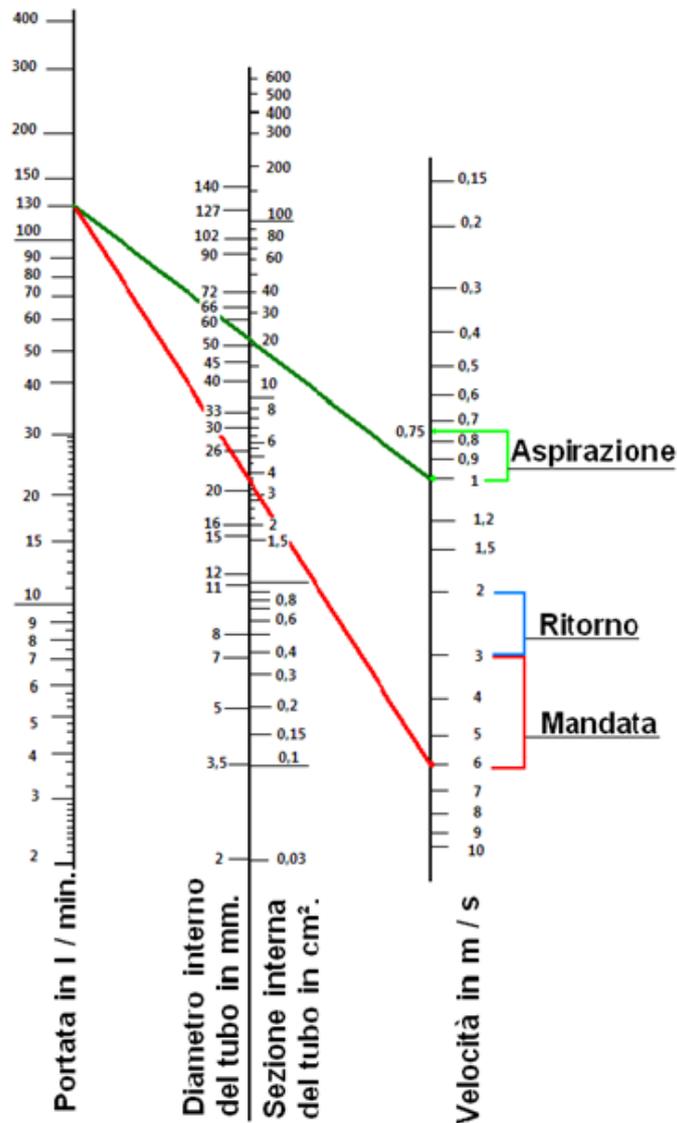
**Unità USA:**  $v = \frac{Q \cdot 0,4081}{D^2}$

Dove: v = feet per second (ft/s) ; Q = gallons per minute (GPM); D = inches (in)

da cui si ricava:  $D = \sqrt{\frac{Q \cdot 0,4081}{v}} = 0,64 \cdot \sqrt{\frac{Q}{v}}$

Portata 130 l/m, velocità olio in mandata 6 m/s.  
Tracciando una retta che collega 6m/s con 130 l/min, trovo il Ø int. tubo = 25 mm. (linea rossa).

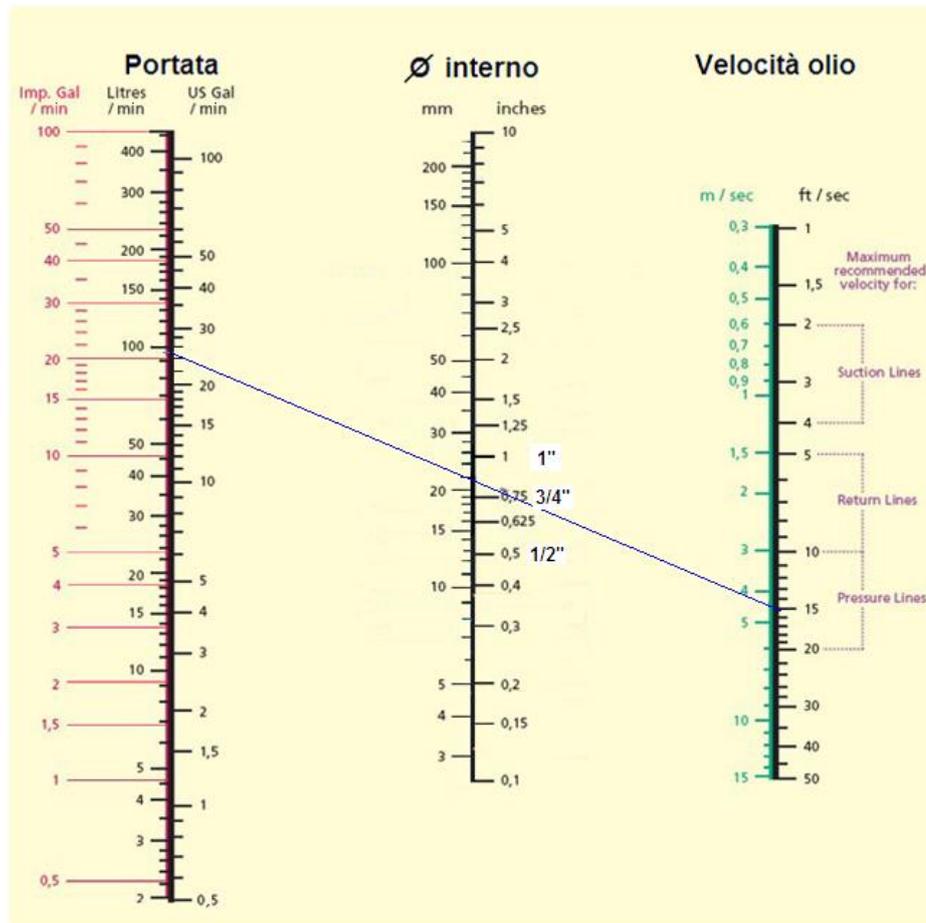
Portata 130 l/m, velocità olio in aspirazione 1 m/s, trovo il Ø int. tubo = 50 mm. (linea verde).



Verifica utilizzando la formula  $D = \sqrt{\frac{Q \cdot 21,22}{v}} = \sqrt{\frac{130 \cdot 21,22}{6}} = 21,44 \text{ mm}$

La scelta del Ø int. tubo di 25 mm è corretta.

Esempio: portata **26 GPM**, velocità **15 ft/sec**. Collegando la scala della portata con quella della velocità trovo il Ø int. del tubo di 0,84 inches, pari a circa 22 mm, quindi il tubo scelto avrà un Ø int. di 1".



Verifica utilizzando la formula  $D = \sqrt{\frac{Q \cdot 0,4081}{v}} = \sqrt{\frac{26 \cdot 0,4081}{15}} = \sqrt{0,707} = 0,84 \text{ in}$

La scelta del tubo Ø int. di 1" è corretta.

Alcuni suggerimenti:

- ✓ La velocità del fluido non deve superare i valori riportati nella colonna di destra.
- ✓ Quando la velocità dell'olio supera i valori raccomandati, il flusso diventa turbolento con il risultato di incrementare sia le perdite di carico sia il calore da disperdere.
- ✓ Alla presenza di tubi lunghi e/o alta viscosità dell'olio, o nel caso in cui si abbia una portata continua, si raccomanda di scegliere i **valori più bassi** della scala interessata.
- ✓ Alla presenza di tubi corti e/o bassa viscosità dell'olio, o nel caso in cui la portata sia intermittente o di breve durata, si raccomanda di scegliere i **valori più alti** della scala interessata.

### Tabella portata olio nei tubi rigidi alle velocità consigliate.

Ø est. x spessore	Portata olio ( l/min.)		
	Linea di aspirazione V = 1,3 m/s	Linea di pressione V = 5 m/s	Linea di ritorno V = 3 m/s
6 x 1.0	1.0	3.8	2.3
6 x 1.5	0.6	2.1	1.3
8 x 1.0	2.2	8.5	5.1
8 x 1.5	1.5	5.9	3.5
8 x 2.0	1.0	3.8	2.3
8 x 2.5	0.6	2.1	1.3
10 x 1.0	3.9	15.1	9.0
10 x 1.5	3.0	11.5	6.9
10 x 2.0	2.2	8.5	5.1
10 x 2.5	1.5	5.9	3.5
12 x 1.5	5.0	19.1	11.4
12 x 2.0	3.9	15.1	9.0
12 x 2.5	3.0	11.5	6.9
14 x 1.5	7.4	28.5	17.1
14 x 2.0	6.1	23.6	14.1
15 x 1.5	8.8	33.9	20.3
15 x 2.0	7.4	28.5	17.1
16 x 1.5	10.3	39.8	23.9
16 x 2.0	8.8	33.9	20.3
16 x 2.5	7.4	28.5	17.1
16 x 3.0	6.1	23.6	14.1
18 x 1.5	13.8	53.0	31.8
18 x 2.0	12.0	46.2	27.7
20 x 2.0	15.7	60.3	36.2
20 x 2.5	13.8	53.0	31.8
20 x 3.0	12.0	46.2	27.7
20 x 4.0	8.8	33.9	20.3
22 x 1.5	22.1	85.0	51.0
22 x 2.0	19.8	76.3	45.8
22 x 2.5	17.7	68.1	40.8
25 x 2.0	27.0	103.9	62.3
25 x 2.5	24.5	94.2	56.5
25 x 3.0	22.1	85.0	51.0
25 x 4.0	17.7	68.1	40.8
28 x 2.0	35.3	135.6	81.4
28 x 2.5	32.4	124.6	74.7
28 x 3.0	29.6	114.0	68.4
30 x 2.0	41.4	159.2	95.5

Ø est. x spessore	Portata olio ( l/min.)		
	Linea di aspirazione V = 1,3 m/s	Linea di pressione V = 5 m/s	Linea di ritorno V = 3 m/s
30 x 3.0	35.3	135.6	81.4
30 x 4.0	29.6	114.0	68.4
35 x 2.0	58.8	226.3	135.8
35 x 3.0	51.5	198.1	118.8
38 x 2.5	66.7	256.5	153.9
38 x 3.0	62.7	241.2	144.7
38 x 4.0	55.1	212.0	127.2
38 x 5.0	48.0	184.6	110.8
42 x 2.0	88.4	340.1	204.0
42 x 3.0	79.4	305.2	183.1
42 x 4.0	70.8	272.2	163.3
50 x 3.0	118.5	455.9	273.6
50 x 5.0	98.0	376.8	226.1
50 x 6.0	88	340	204
60 x 3.0	178.5	686.7	412.0
60 x 5.0	153.1	588.8	353.3
60 x 6.0	141	543	326
66 x 8.5	147.0	565.4	339.3
73 x 3.0	275	1058	635
73 x 5.0	243	935	561
73 x 7.0	213	820	492
80 x 10	220.4	847.8	508.7
90 x 3.5	421.8	1622.4	973.4
90 x 5.0	391.9	1507.2	904.3
97 x 12	326.3	1255.0	753.0
115 x 4.0	701.0	2696.2	1617.7
115 x 15	442.4	1701.5	1020.9
130 x 15	612.3	2355.0	1413.0
140 x 4.5	1050.8	4041.4	2424.8
141 x 20	625	2404	1442
150 x 15	881.7	3391.2	2034.7
165 x 5.0	1471.1	5657.9	3394.7
168 x 25	853	3281	1968
220 x 6.0	2649.1	10188.7	6113.2
220 x 20	1985	7634	4580
250 x 25	2450	9425	5655
270 x 25	2965	11404	6842

Fonte: catalogo GS-hydro.

➤ **Cilindrata**

Definizione di cilindrata pompa: volume spostato in una rotazione dell'albero dagli ingranaggi / dai pistoni / dalle palette o da un dispositivo analogo.

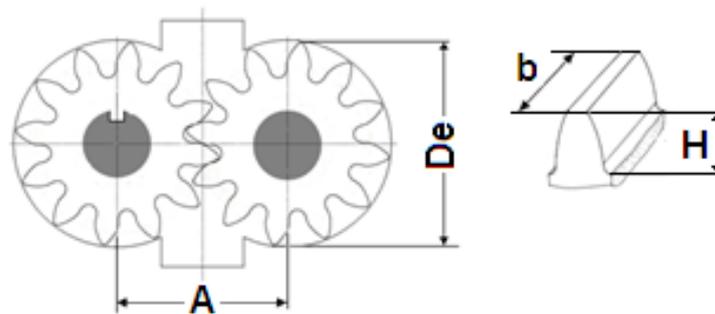
Definizione di cilindrata motore : volume aspirato in una rotazione dell'albero dagli ingranaggi / dai pistoni / dalle palette o da un dispositivo analogo.

**Unità di misura: cm<sup>3</sup> / giro.**

E' una caratteristica fornita dal costruttore del componente.

Unità di misura	Fattore di conversione	Unità convertita	Esempio
cm <sup>3</sup> / giro	0,061	in <sup>3</sup> / rev	50 cm <sup>3</sup> · 0,061 = 3,05 in <sup>3</sup> / rev
in <sup>3</sup> / rev	16,39	cm <sup>3</sup> / giro	3,05 in <sup>3</sup> / rev · 16,39 = 50 cm <sup>3</sup>

In mancanza di una targhetta che identifichi il tipo di pompa / motore a ingranaggi, è possibile risalire alla sua cilindrata utilizzando le seguenti formule:



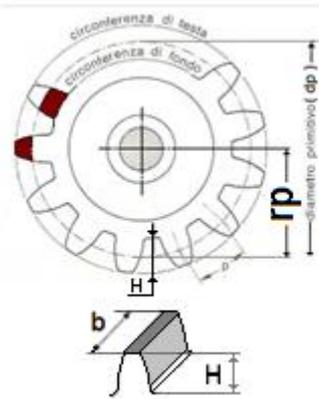
La formula per trovare la cilindrata è la seguente:

$$C \text{ (cm}^3\text{)} = \frac{\pi}{2} \cdot b \cdot (D_e^2 - A^2)$$

Il rilevamento delle misure deve fatto con strumenti di precisione.

Conoscendo il  $\emptyset$  primitivo  $d_p$  è possibile utilizzare la seguente formula:

$$c = 2\pi \cdot r_p \cdot H \cdot b$$



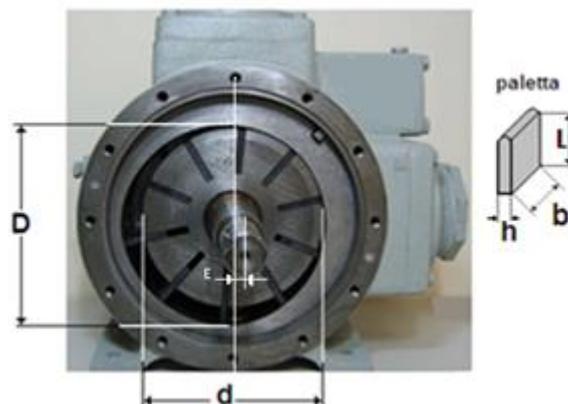
### Pompa / motore a palette non bilanciata

Mancando una targhetta di riferimento che identifichi una **pompa/motore a palette**, è possibile risalire alla sua cilindrata, che aumenta in modo proporzionale con il crescere

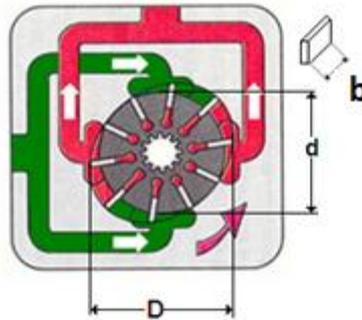
dell'eccentricità: 
$$c = 2 \cdot e \cdot \pi \cdot b \cdot \frac{D+d}{2}$$

Dove: **E** = eccentricità, **D** = diametro carcassa; **d** = diametro del rotore, **b** = dimensione assiale del rotore (paletta).

La formula è approssimativa non tiene conto del volume occupato dalle palette.



In mancanza di una targhetta che identifichi il tipo di pompa / motore a palette è possibile risalire alla sua cilindrata utilizzando la seguente formula valida per le pompe bilanciate:



$$c \text{ ( cm}^3\text{)} = \frac{\pi}{4} \cdot b \cdot K \cdot (D^2 - d^2) - K \cdot b \cdot z \cdot \left(\frac{D-d}{2}\right) \text{ (da verificare)}$$

Dove:

**b** = dimensione assiale del rotore (paletta)

**D** = diametro maggiore (carcassa)

**d** = diametro minore (rotore)

**z** = numero delle palette

**K** = numero delle eccentricità (nel ns. esempio = 2)

La formula non tiene conto del volume occupato dalle palette.

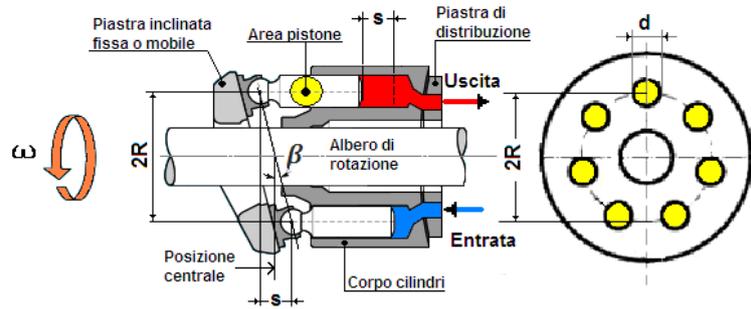
**NB:** bisogna tenere presente che se si sostituisce una pompa con un'altra di cilindrata maggiore, occorre impiegare un motore elettrico / termico con maggiore potenza a parità di pressione. Gli attuatori avranno una velocità di movimento più alta.

Se s'installa una pompa con cilindrata inferiore, il motore idraulico risulterà sovradimensionato, ma gli attuatori si muoveranno a una velocità più bassa rispetto a quella originale.

Se si utilizza un nuovo motore idraulico con cilindrata maggiore, si otterrà una coppia più alta e una riduzione dei suoi giri di rotazione.

Se il motore idraulico ha una cilindrata più piccola, aumenta il numero di giri ma avrà una coppia minore.

**Pompa / motore a pistoni assiali, piastra (piatto) inclinata, cilindrata fissa o variabile**



Formula per il calcolo della cilindrata.  $C \text{ (cm}^3\text{/giro)} = \frac{\pi \cdot d^2}{2} \cdot R \cdot \tan\beta \cdot N$

Area del pistone:  $A \text{ (cm}^2\text{)} = \frac{\pi \cdot d^2}{4}$

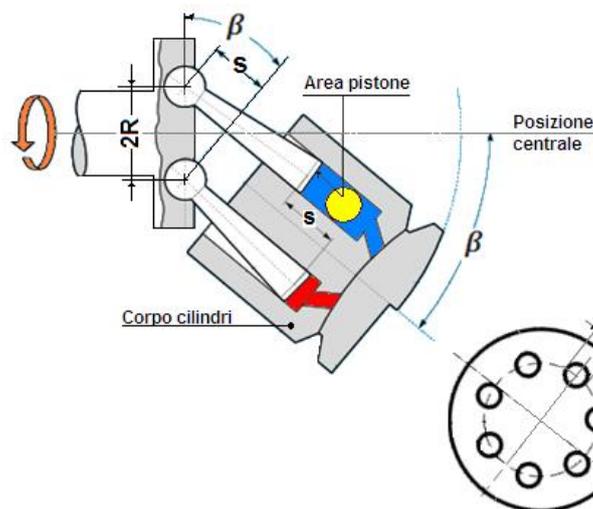
Corsa del pistone  $s \text{ (cm)} = 2R \cdot \tan\beta$

Numero di pistoni  $N$

Volume di un cilindro in  $\text{cm}^3$ :  $V_1 = A \cdot s = \frac{\pi \cdot d^2}{4} \cdot 2R \cdot \tan\beta = \frac{\pi \cdot d^2}{2} \cdot R \cdot \tan\beta$

Cilindrata della pompa  $C \text{ (cm}^3\text{/giro)} = V_1 \cdot N = \frac{\pi \cdot d^2}{2} \cdot R \cdot \tan\beta \cdot N$

**Pompa/Motore** a pistoni assiali a cilindrata fissa o variabile con corpo (blocco cilindri) inclinato.



Formula per il calcolo della cilindrata.  $C \text{ (cm}^3\text{/giro)} = \frac{\pi \cdot d^2}{2} \cdot R \cdot \sin\beta \cdot N$

Area del pistone:  $A \text{ (cm}^2\text{)} = \frac{\pi \cdot d^2}{4}$

Corsa del pistone  $s \text{ (cm)} = 2R \cdot \sin\beta$

Numero di pistoni  $N$

Volume di un cilindro in  $\text{cm}^3$ :  $V_1 = A \cdot s = \frac{\pi \cdot d^2}{4} \cdot 2R \cdot \sin\beta = \frac{\pi \cdot d^2}{2} \cdot R \cdot \sin\beta$

$$\text{Cilindrata della pompa } \mathbf{c} \text{ (cm}^3\text{/giro)} = V_1 \cdot N = \frac{\pi \cdot d^2}{2} \cdot R \cdot \sin\beta \cdot N$$

Per calcolare il seno di un numero con una **calcolatrice scientifica**, basta inserire quel numero e premere "sen" o "sin".

Fissando  $\beta_{\max} = 25^\circ$  cui corrisponde la massima cilindrata della pompa  $\mathbf{c_{\max}}$ , durante la variazione dell'angolo  $\beta$ , la cilindrata  $\mathbf{c_x}$  si ricava dalla seguente formula:

$$\mathbf{c_x} = \mathbf{c_{\max}} \cdot \frac{\sin \beta}{\sin \beta_{\max} (25^\circ)}$$

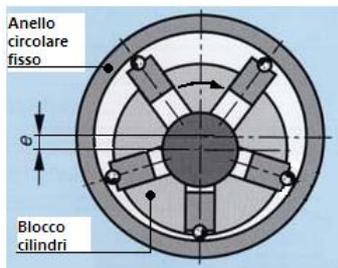
Esempio: se  $\mathbf{c_{\max}} = 100 \text{ cm}^3\text{/giro}$ ; portando l'inclinazione a  $10^\circ$ ,

la cilindrata  $\mathbf{c_x(10^\circ)} = 100 \cdot \frac{\sin 10^\circ}{\sin 25^\circ} = 100 \cdot \frac{0,173}{0,422} = 100 \cdot 0,41 = 41 \text{ cm}^3\text{/giro}$   
e di conseguenza variano le portate alla diverse inclinazioni.

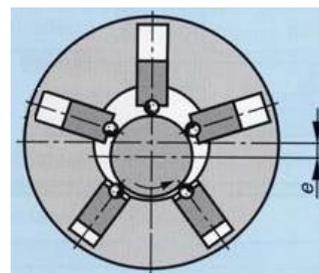
### Pompa / Motore a pistoni radiali con blocco cilindri o albero eccentrico.

$$\mathbf{c} \text{ (cm}^3\text{)} = \frac{\pi \cdot d^2}{4} \cdot 2e \cdot N = \frac{\pi \cdot d^2}{2} \cdot e \cdot N$$

dove:  $\mathbf{E}$  = eccentricità ;  $\mathbf{N}$  = numero pistoni ;  $\mathbf{d}$  = diametro dei pistoni ( $\frac{\pi \cdot d^2}{4}$  = Area pistone)



**Blocco cilindro eccentrico**



**Albero eccentrico**

➤ **Potenza**

Definizione: è il rapporto tra lavoro compiuto da una forza e il tempo impiegato a compiere il lavoro.  $(\frac{kg \cdot m^2}{s^3})$  oppure  $(\frac{N \cdot m}{s})$ .

Unità di base **S.I.**:  $1 \frac{J \text{ (Joule)}}{s \text{ (secondi)}} = 1 \text{ watt (W)}$

Multipli: **kW** (chiloWatt) ; **CV** (Cavallo Vapore metrici) = **735,5 W**

**HP** (Horse Power-inglese) = **745,7 W**

Nel sistema anglosassone si fa riferimento alla libbra–forza • piede al secondo e al suo multiplo HP (horse power), che è pari a 550 lbf•ft/s.

Unità di misura	Fattore di conversione	Unità convertita	Esempio
W	0,7376	lbf•ft / s	1000 W • 0,737= 737 lbf•ft/s
lbf • ft /s	1,3558	W	737 lbf•ft/s•1,35= 1000 W
lbf • in/s	0,1129	W	100 lbf•in/s • 0,1129 = 11,29 W
kW	1,3596	CV	10kW • 1,36 = 13,6 CV
CV	0,7355	kW	20 CV • 0,7355= 14,71 kW
kW	1,3410	HP	10 kW • 1,34= 13,4 HP
HP	746 (745,7)	W	10 HP • 746= 7460 W
W	3,4121	BTU/hr (British Thermal Unit per hour)	1000W• 3,412= 3412 BTU/hr
BTU/h	0,2931	W	100BTU/h •0,293= 29,3 W
BTU/min	0,0176	Kw	
HP	42,44	BTU/min	
kgf • m/s	0,0098	kW	100 kgf • m/s • 0,0098=0,98 kW
CV	75	kgf • m/s	20 CV • 75 = 1500 kgf•m/s
HP	32548	lbf • ft/min	
HP	550	lbf • ft/ s	

**Utilizzo del sistema S.I per il calcolo della potenza.**

Esempio: portata pompa 12 l/min. alla pressione di 200 bar.

Potenza idraulica  $N = Q \cdot p$

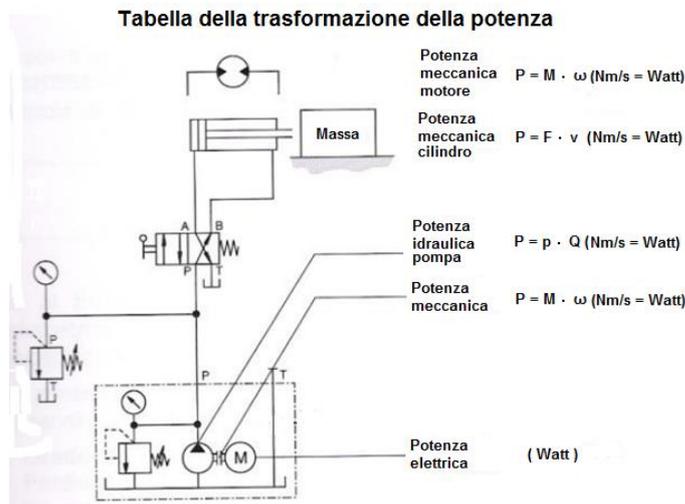
Conversione nel sistema S.I:  $p = 200 \text{ bar} \times 100000 = 20\,000\,000 \text{ Pa}$

$$Q = 12 \frac{\text{l}}{\text{min}} : 1000 \times 60 = 2 \times 10^{-4} \text{ m}^3/\text{s}$$

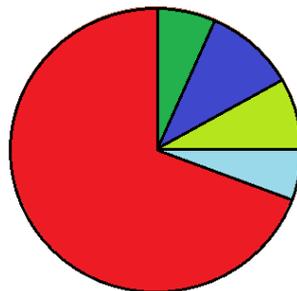
$$N = 20 \times 10^6 \times 2 \times 10^{-4} = 4000 \frac{\text{Nm}}{\text{s}} = 4000 \text{ W} = 4 \text{ kW}$$

**Utilizzo delle unità tecniche:**

Potenza idraulica:  $N = \frac{p \cdot Q}{600} = \frac{200 \cdot 12}{600} = 4 \text{ kW}$



**Diagramma circolare o a torta**



L'area del cerchio rappresenta la potenza del motore elettrico in entrata.

Il settore verde indica la perdita di potenza meccanica pari a  $\approx 5\%$

Il settore blu raffigura la perdita di potenza della pompa idraulica pari a  $\approx 10\%$

Il settore giallo rappresenta la perdita di potenza delle valvole e dei tubi pari a  $\approx 10\%$

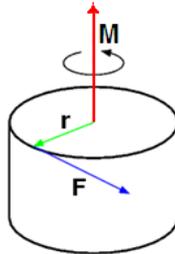
Il settore azzurro indica la perdita di potenza del cilindro/motore idraulico pari a  $\approx 5\%$

Il settore rosso individua la potenza disponibile che va dal 70% al 75% della potenza in entrata.

**Le percentuali fornite sono indicative, hanno lo scopo dare l'idea delle varie perdite di potenza e di quella disponibile.**

➤ **Coppia / Momento torcente**

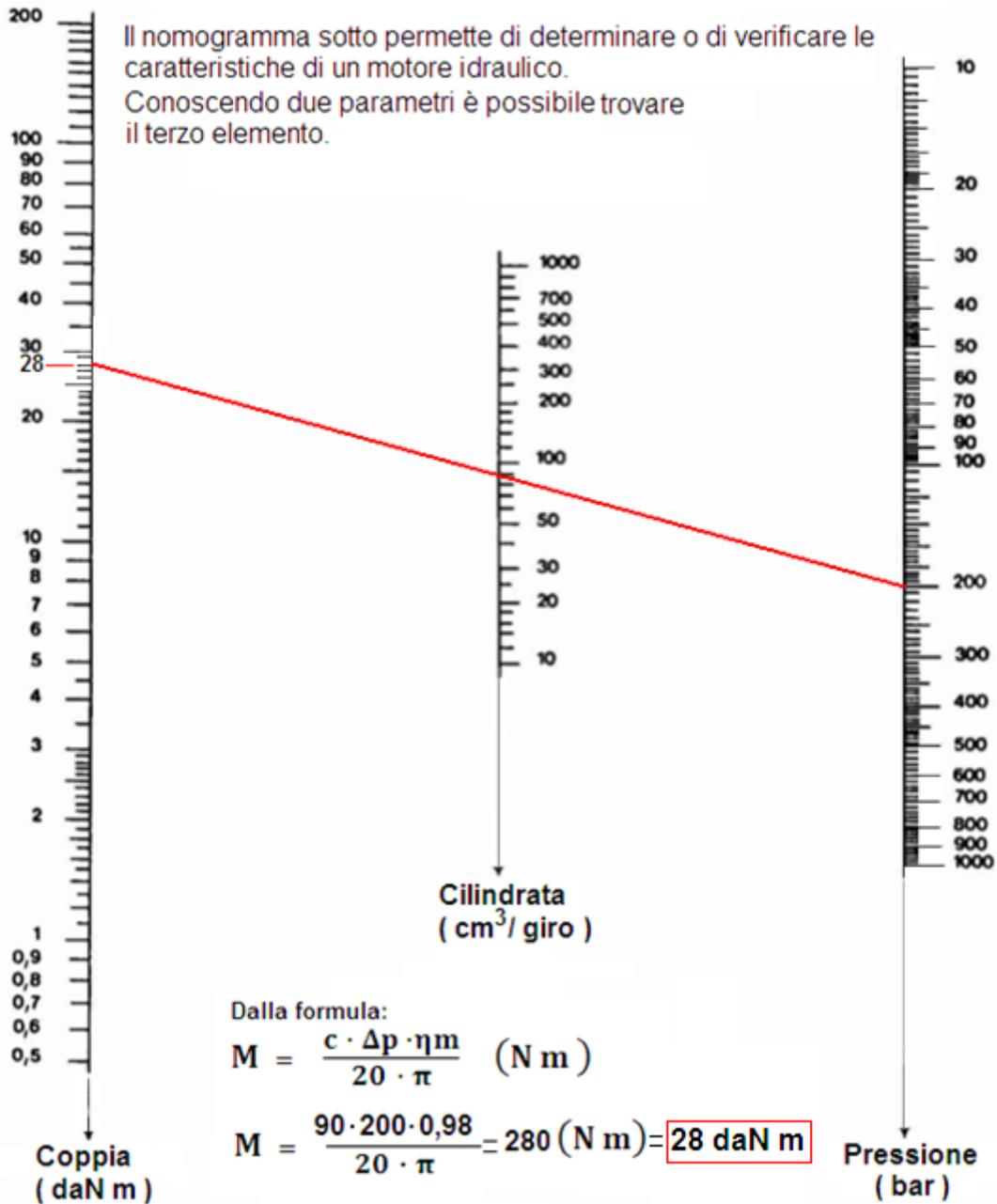
Definizione: una forza **F** applicata a una certa distanza **r** dall'asse di rotazione determina una coppia **M= F • r (Nm)**



Unità di base **S.I : Nm** (momento esercitato da una forza di **1N** applicata all'estremità di una asta lunga un **metro**)

Multipli: **daNm** (decanewton per metro = 1,02 kgm)

Unità di misura	Fattore di conversione	Unità convertita	Esempio
N m	0,7375	lbf • ft	10 Nm • 0,737= 7,37 lbf • ft
N m	8,8508	lbf • in	10 Nm • 8,85 = 88,5 lbf • in
N m	0,1019	kgfm	100 Nm • 0,102= 10,2 kgfm
kgf•m	9,8066	N m	10 kgm • 9,8 = 98Nm
kgf•m	86,7961	lbf • in	12 • 86,79 =1041,48 lbf•in
kgf•m	7,233	lbf • ft	15 • 7,233 = 108,49 lbf• ft
lbf • ft	1,356	N m	10 lbf• ft • 1,356= 13,56 N m
lbf • in	0,113	N m	10 lbf-in • 0,113= 1,13 N m
ozf • ft (onciaforza • piede)	0,085	Nm	100 ozf•ft •0,085= 8,5 Nm
ozf • inch (onciaforza • pollice)	0,0071	Nm	100 ozf-in • 0,07= 7 Nm

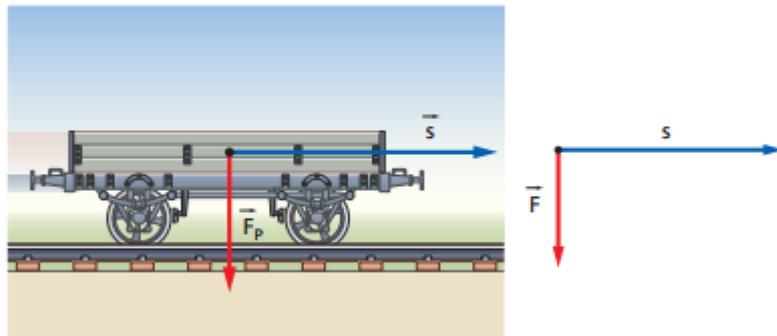


## ➤ Lavoro

Definizione: forza per spostamento. Il lavoro si definisce come una forza che agisce su un oggetto e ne causa lo spostamento lungo la medesima direzione. Se sposto una massa lungo un tavolo, **non** compio alcun lavoro; infatti lo spostamento e la forza sono perpendicolari.

### ■ Forza e spostamento perpendicolari

Considera un carrello (→ figura sotto) che si muove senza attrito su un binario orizzontale. Sul carrello agisce la forza-peso  $\vec{F}_p$ , che è rivolta verso il basso e, quindi, risulta perpendicolare allo spostamento (orizzontale)  $\vec{s}$  del carrello. In questa situazione la forza  $\vec{F}_p$  non influenza in alcun modo lo spostamento  $\vec{s}$  (non lo asseconda ma non lo ostacola neppure).



Nel caso di forza e spostamento *perpendicolari* il **lavoro è nullo**:

$$\text{lavoro (J)} \quad W = 0$$

[online.scuola.zanichelli.it/alt/.../pdf/Zanichelli\\_fisica\\_amaldi\\_cap11.pdf](http://online.scuola.zanichelli.it/alt/.../pdf/Zanichelli_fisica_amaldi_cap11.pdf)

Si compie un lavoro su un corpo quando il corpo si sposta parallelamente alla direzione della forza applicata.

$$L = F \text{ (N)} \cdot s \text{ (m)} \left( \frac{\text{kg} \cdot \text{m}}{\text{s}^2} \cdot \text{m} \right) = \frac{\text{kg} \cdot \text{m}^2}{\text{s}^2} = \text{J}$$

## ➤ Energia

Definizione: capacità di un sistema di compiere lavoro, cioè l'energia è un lavoro immagazzinato.

Unità di base **S.I. : J** (Joule che corrisponde al **Nm** utilizzato come misura della coppia)  
Multipli : **kJ** (kilojoule =  $10^3$  J) .

*Lo scopo di un sistema oleodinamico è quello di trasferire energia meccanica da un punto ad un altro per mezzo di un fluido in pressione.*

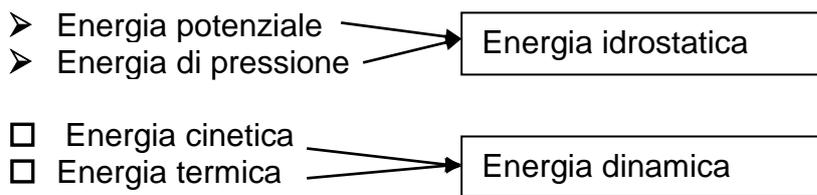
*La pompa azionata da energia meccanica per mezzo di un motore elettrico/diesel converte il fluido in energia di pressione e cinetica. L'energia posseduta dal fluido si trasforma in energia meccanica per muovere un carico.*

*Gli attuatori sono gli elementi che trasformano l'energia da un tipo all'altra.*

*Ad esempio una pompa oleodinamica prende l'energia elettrica e la trasforma in energia di movimento in un fluido.*

*Secondo la legge di conservazione dell'energia posseduta da un fluido che scorre è sempre costante.*

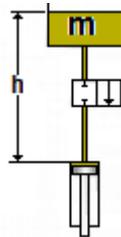
L'energia totale è la somma delle seguenti energie parziali:



- **L'energia potenziale** è l'energia immagazzinata in un corpo e dipende dall'altezza della colonna sopra al livello di riferimento e dalla massa del liquido.

**Energia potenziale gravitazionale = massa · accelerazione di gravità · altezza**

$$W_{pot} \text{ (J)} = m \text{ (kg)} \cdot g \left( \frac{\text{m}}{\text{s}^2} \right) \cdot h \text{ (m)}$$



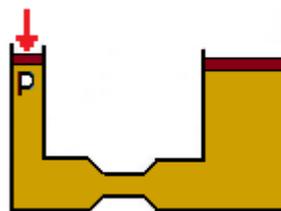
$$m = 100 \text{ kg} ; g = 9,81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} ; h = 2 \text{ m} ; W_{pot} = 100 \cdot 9,81 \cdot 2 = 1962 \text{ J}$$

- **Energia di pressione** è l'energia posseduta dal volume **V** di fluido sottoposto alla pressione **p**.  
Vale a dire che l'energia di pressione corrisponde all'energia assorbita per la compressione del liquido.

$$W_p = p \cdot \Delta V$$

dove **p** = pressione in **Pa** ;  $\Delta V$  = variazione del volume del fluido in **m<sup>3</sup>**

Dalla  $W = F \cdot s$  si può scrivere  $F = p \cdot A$  quindi  $W_p = p \cdot A \cdot s$ ,  
sostituendo  $A \cdot s = \Delta V$  ; si ottiene  $W_p = p \frac{\text{N}}{\text{m}^2} \cdot \Delta V \text{ (m}^3\text{)} = \text{(Nm)} = \text{Joule}$

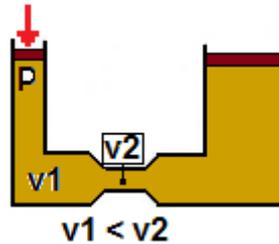


$$p = 100 \text{ bar} ; \Delta V = 0,001 \text{ m}^3 \quad W_p = 100 \text{ 00000} \frac{\text{N}}{\text{m}^2} \cdot 0,001 \text{ m}^3 = 10000 \text{ J}$$

□ **Energia cinetica** è determinata dalla massa per la velocità del fluido.  $W_c = \frac{1}{2} \cdot m \cdot v^2$

Dalla  $W = F \cdot s$  si può scrivere :

$$W = m \cdot a \cdot s = m \cdot a \cdot \frac{1}{2} \cdot a \cdot t^2 = \frac{1}{2} m \cdot a^2 \cdot t^2 = \frac{1}{2} \cdot m(\text{kg}) \cdot v^2 \left(\frac{\text{m}^2}{\text{s}^2}\right) = \text{Nm (Joule)}$$



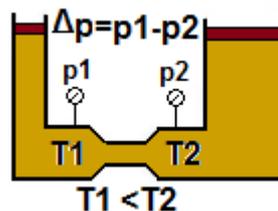
$$m = 100 \text{ kg} ; v1 = 4 \text{ m/s} ; W_c = \frac{1}{2} \cdot 100 \cdot 4^2 = 800 \text{ J}$$

$$m = 100 \text{ kg} ; v2 = 100 \text{ m/s} ; W_c = \frac{1}{2} \cdot 100 \cdot 100^2 = 500\,000 \text{ J}$$

□ **Energia termica** è l'energia che si trasforma in calore a causa degli attriti. Essa si può calcolare utilizzando la diminuzione della pressione e del volume.

$$W_{ter} = \Delta p \cdot V$$

Dove :  $\Delta p$  (Pa) perdita di pressione per attriti ;  $V$  (m<sup>3</sup>) = volume spostato



$$\Delta p = 500000 \text{ Pa} ; V = 0,1 \text{ m}^3 ; W_{ter} = 500000 \cdot 0,1 = 50000 \text{ J}$$

**L'energia totale** è l'energia posseduta dalla massa  $m$  del fluido in movimento alla velocità  $v$ , sottoposto alla pressione  $p$  e giacente alla quota  $h$  rispetto al piano di riferimento.

$$W_t = W_{pot} + W_c + W_p = m(\text{kg}) \cdot g \left(\frac{\text{m}}{\text{s}^2}\right) \cdot h (\text{m}) + \frac{1}{2} \cdot m \cdot v^2 \left(\frac{\text{m}}{\text{s}}\right) + V (\text{m}^3) \cdot p (\text{Pa})$$

Scrivendo la grandezza della massa  $m = V \cdot \rho$ , posso scrivere l'equazione:

$$W_t = V \cdot \rho \cdot g \cdot h + \frac{1}{2} \cdot V \cdot \rho \cdot v^2 + V \cdot p$$

Unità di misura	Fattore di conversione	Unità convertita	Esempio
J	8,8507	lbf- in	100 J • 8,85 = 885 lbf-in
J	0,7375	lbf- ft	50 J • 0,738 = 36,9 lbf-ft
J	0,0009	BTU (unità termica Britannica)	500J • 0,001 = 0,5BTU
BTU	1055,056	J	0,5 BTU • 1055 = 527 J
lbf-in (pound-force•inch)	0,1129	J	885 lbf-in • 0,113 = 100 J
lbf-ft (pound-force• foot)	1,3558	J	36,9 lbf-ft • 1,355 = 50 J

**1 pound – force** è il lavoro svolto dalla forza di 1 lbf (SI: 4,448 N) per uno spostamento di 1 ft (SI:0,3048 m) in direzione parallela alla forza.

**1 BTU** è la quantità di calore che è necessario fornire alla massa di 1 lb (SI:0,45359 kg) di acqua distillata per aumentare la sua temperatura da 60 a 61 °F (gradi Fahrenheit), cioè da 15,5 a 16,1 °C (gradi Celsius).

Il lavoro compiuto (forza x spostamento) vale **F • I** (ha quindi le stesse dimensioni di un momento).

Poiché **p = F: A** si ha :  $F = p \cdot A$

**Lavoro (idraulico) L**

$L = F \cdot l = p \cdot A \cdot l$  Dove  $A \cdot l = V$  (volume) quindi:

$L = p \cdot V =$  pressione per volume spostato.

La potenza è il lavoro diviso il tempo nel quale è compiuto, quindi:

$$\text{potenza (idraulica) } N = \frac{p \cdot V}{t} \text{ ma } \frac{V (m^3)}{t (s)} = Q \left( \frac{m^3}{s} \right)$$

$$\text{quindi } N = p \left( \frac{N}{m^2} \right) \cdot Q \left( \frac{m^3}{s} \right) = \frac{Nm}{s} = \text{Watt (pressione x portata)}$$

## ➤ Tempo

Definizione: è la grandezza fisica nella quale si misura il trascorrere degli eventi.

Unità di base **S.I: s** o **sec** (secondo)

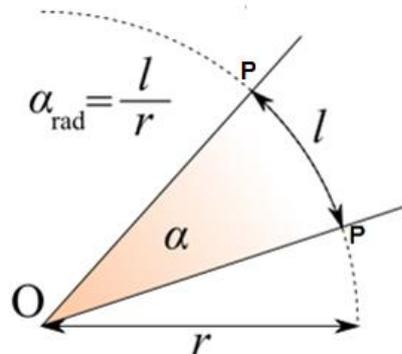
Multipli: **min.** (1 minuto = 60 secondi); **h** (1 ora = 3600 secondi)

- **Velocità di rotazione angolare** è un vettore che indica la velocità di un oggetto attorno ad un asse e viene espressa in **radianti al secondo (  $\omega$  / s o rad/s)** nel sistema S.I.

Cosa è un radiante? Un radiante è l'angolo formato da un arco di circonferenza di lunghezza  $l$  pari al raggio  $r$  della circonferenza considerata. ( $l = r$ )

Quando un corpo ruota intorno al centro di rotazione, tutti i punti di questo corpo si muovono in maniera circolare attorno al centro  $O$ . La distanza dal punto  $P$  del corpo fino al centro di rotazione  $O$  è il raggio del cerchio  $r$ .

Mentre il punto  $P$  ruota intorno al centro  $O$ , la linea  $l$  (elle) tra i due punti va a formare un angolo  $\alpha$  in un determinato periodo di tempo.



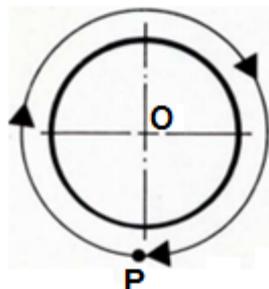
L'angolo  $\alpha$  indica l'ampiezza dell'angolo descritto dall'arco di lunghezza  $l$  (elle).

$$\alpha^{\text{rad}} = \frac{l(\text{m})}{r(\text{m})} \quad ; \quad l = \alpha^{\text{rad}} \cdot r$$

Da ciò si deduce che il radiante è un numero puro perché le unità di misura si annullano.

Se il segmento dell'arco circolare  $l$  (elle) ha la stessa lunghezza del raggio  $r$ , l'angolo  $\alpha$  equivale al valore di **1 rad**.

Per una rotazione completa il punto  $P$  deve percorrere una distanza equivalente alla circonferenza del cerchio.



La circonferenza del cerchio ha una lunghezza di  $2\pi r$  riferita al raggio.

Perciò una rotazione completa ( un giro ) ha il valore di  $2\pi \text{rad} = 6,2832 \text{ rad}$

$$1 \text{ rad} = \frac{360^\circ}{2\pi} = \frac{180}{\pi} \cong 57,3^\circ$$

$$1^\circ = \frac{2 \cdot \pi}{360^\circ} = \frac{\pi}{180} \cong 0,0175 \text{ rad}$$

**La velocità angolare** rappresenta il rapporto tra l'angolo percorso (misurato in radianti) e il tempo impiegato a percorrerlo. Quindi la velocità angolare  $\omega$  (omega) indica quanti gradi o radianti sono percorsi in un secondo.

Per definire l'esatto valore di  $\omega$  si deve considerare il caso particolare in cui l'arco coincida con l'intera circonferenza;  $\alpha$ , allora, rappresenta l'angolo giro  $2\pi$  radianti e  $t$  il periodo del moto  $T$ .

$$\text{Quindi } \omega \left( \frac{\text{rad}}{\text{s}} \right) = \frac{\alpha}{t} = \frac{2\pi}{t}$$

Per convertire 1 radiante al secondo in giri al minuto devo dividere il giro per i radianti  $2\pi$  e poi moltiplicare per i 60 secondi che compongono il minuto. Quindi, devo fare la divisione  $1 : 6,28$ . La risultante mi dà la corrispondenza giri/radiante ossia 0.159 che poi vado a moltiplicare per i 60 secondi. Il valore ottenuto di **9,55** sono i **giri al minuto** e corrisponde a un radiante al secondo.

*Per una informazione più completa vedere Wikipedia :Radiante.*

### ➤ **Accelerazione angolare**

L'accelerazione angolare media " $\varphi$ " di un corpo è definita come il rapporto fra variazione della velocità angolare e il tempo richiesto per la variazione.

$$\varphi = \frac{\omega}{t} \left( \frac{\text{rad}}{\text{sec}^2} \right)$$

### ➤ **Numero di giri al minuto (giri/min oppure n).**

In inglese: **rpm** (revolutions per minute).

Definizione: è la misura della velocità di rotazione in un minuto compiuta dagli organi rotanti di una macchina.

$$1450 \text{ giri/min} : 9,55 = 151,8 \text{ rad/s}$$

### ➤ **Velocità lineare** è definita come la distanza percorsa (spazio) diviso il tempo impiegato (secondi). $v \left( \frac{\text{m}}{\text{s}} \right) = \frac{s \text{ (m)}}{t \text{ (s)}}$ .

Da cui discendono le altre formule:

$$t \text{ (s)} = \frac{s \text{ (m)}}{v \left( \frac{\text{m}}{\text{s}} \right)} ; \text{significa che se conosco la distanza (s) che devo}$$

percorrere e la velocità (v) che intendo mantenere, posso calcolare il tempo (t) che impiegherò.

$s \text{ (m)} = v \left( \frac{\text{m}}{\text{s}} \right) \cdot t \text{ (s)}$ ; se conosco la velocità con la quale ho viaggiato e il tempo che sono rimasto alla guida, posso calcolare la distanza (spazio) che ho percorso.

Unità di base del sistema S.I: **m/s** (metro al secondo).

$$1 \text{ m/s} = 60 \text{ m/min} = 3600 \text{ m/h} = 3,6 \text{ km/h}$$

$$1 \text{ km/h} = 0,2778 \text{ m/s}$$

Unità di misura	Fattore di conversione	Unità convertita	Esempio
cm/s	0,394	in/sec (inch per second)	
in/sec	2,54	cm/s	
m/s	3,2808	ft / sec (foot per second)	
m/s	2,2369	mi / hr (mile per hour)	
km/h	0,9113	ft / s (foot per second)	
ft / sec	1,0972	km/h	
ft / sec	0,3048	m/s	
km/h	0,2778	m/s	
km/h	0,6214	mi/hr	
mi/hr (mph)	1,6093	km/h	
mi/hr	0,447	m/s	
mi/hr	1,467	ft / s	

- **L' accelerazione** rappresenta la rapidità con cui la velocità cambia nel tempo. Vale a dire che l'accelerazione è la grandezza fisica che dà informazioni sulla variazione di velocità nel tempo.

$$\text{accelerazione} = \frac{\text{variazione di velocità}}{\text{intervallo di tempo impiegato ad ottenerla}}$$

Chiamiamo :

$v_0$  la velocità iniziale;  $v$  la velocità finale;  $t_0$  l'istante iniziale;  $t$  l'istante finale.

Avremo:  $\Delta v = v - v_0 = \text{variazione velocità}$

$\Delta t = t - t_0 = \text{intervallo di tempo}$

$$a = \frac{\Delta v}{\Delta t} = \frac{v - v_0}{t - t_0} = \text{accelerazione}$$

L'unità di misura S.I dell'accelerazione  $a$  è data in  $m / s^2$ .  $a = \frac{v}{t} = \frac{m}{s \cdot s} = \frac{m}{s^2}$

Anche per l'accelerazione abbiamo l'accelerazione media quando consideriamo variazione di velocità totale avvenuta in un certo intervallo di tempo; e l'accelerazione istantanea quando l'intervallo di tempo è molto piccolo.

### Il moto rettilineo uniformemente accelerato.

Un corpo si muove di moto rettilineo uniformemente accelerato quando la traiettoria è una retta (rettilineo) e l'accelerazione è costante (uniformemente accelerato).

$$a = \frac{\Delta v}{\Delta t} = \frac{v - v_0}{t - t_0} = \text{costante,}$$

quindi  $a = \frac{v - v_0}{t}$  (accelerazione in funzione di velocità e tempo)

Possiamo utilizzare la formula che lega lo spostamento alla velocità:

$$v^2 = v_0^2 + 2a\Delta s ; \text{velocità media (m/s)}$$

$$\Delta s = \frac{v^2 - v_0^2}{2a} ; \text{spazio percorso (m)}$$

$$a = \frac{v^2 - v_0^2}{2\Delta s} ; \text{accelerazione (m/s}^2\text{)}$$

Dove:

$v_0$  = velocità iniziale (m/s)

$v$  = velocità media (m/s)

$a$  = accelerazione costante (m/s<sup>2</sup>)

$t$  = secondi

Formula in funzione di spazio e il tempo:  $a = \frac{2s}{t^2}$

Ad esempio, se un corpo ha un'accelerazione di **1 m/s<sup>2</sup>** vuol dire che la sua velocità aumenta di **1 m/s** ad ogni **secondo** di tempo che passa.

Un **piede per secondo quadrato** è un'unità di misura dell'accelerazione dei sistemi imperiale britannico e consuetudinario statunitense, corrispondente a **0.3048 m/s<sup>2</sup>**.

Spiegazione fisica: se un oggetto accelera di 1 ft/s<sup>2</sup>, la sua velocità sta aumentando di 1 ft/s ogni secondo.

$$1 \text{ foot/s}^2 = 12 \text{ inches /s}^2 = 0,3048 \text{ m/s}^2$$

Un particolare tipo di accelerazione è l'**accelerazione di gravità g (9,80665 m/s<sup>2</sup>** oppure **32,174 ft/s<sup>2</sup>)**, che rappresenta l'accelerazione di un corpo che si muove liberamente verso il centro della terra sotto l'azione della forza di gravità.

## ➤ Viscosità

Definizione: per viscosità s'intende la resistenza che oppone un fluido durante il passaggio attraverso un tubo o un foro. Vale a dire che la viscosità di un fluido è una caratteristica che permette di determinare la resistenza (attrito) al movimento del fluido.

Più la viscosità è alta, maggiore sarà la difficoltà a pompare il fluido in una condotta.

Più il liquido è viscoso, più alte saranno le perdite di carico e maggiore difficoltà in fase di aspirazione.

La temperatura esercita una grande influenza sulla viscosità. Con l'aumento della temperatura la viscosità dell'olio diminuisce e determina trafilemanti interni importanti con diminuzione della portata della pompa.

La viscosità è definita in due modi:

- Viscosità **dinamica**  $\mu$  (mi) è espressa nel sistema S.I in  $\frac{N}{m^2} \cdot s$  oppure **Pa • s**.

Nella pratica la viscosità dinamica di un liquido è espressa in unità **poise (P)** che corrisponde:  $1P = \frac{g}{cm \cdot s} = 0,1 \frac{kg}{m \cdot s}$  o **Pa • s**.

La viscosità dell'acqua a temperatura ambiente è di circa 0,01 poise ovvero **1 centipoise (1 cp)** oppure 0,001 **Pa • s**.

- Viscosità **cinematica**  $\nu$ (ni) rappresenta rapporto tra viscosità dinamica di un fluido e la sua densità ed è espressa nel sistema S.I in  $\text{m}^2 / \text{s}$ .

$$\nu = \frac{\mu \text{ (viscosità dinamica)}}{\rho \text{ (densità)}} = \text{m}^2 / \text{s}$$

Nella pratica si usa il centistokes (**cSt**) che corrisponde a:

$$10^{-6} \frac{\text{m}^2}{\text{s}} = 1 \text{ mm}^2/\text{s} \text{ mentre lo } \text{stoke} \text{ vale } 1\text{cm}^2/\text{s}.$$

Unità di misura	Fattore di conversione	Unità convertita
centipoise	0,001	Pa · s
centistoke	0,000001	m <sup>2</sup> / s
m <sup>2</sup> / s	1000000	centistoke
Pa · s	10	poise
poise	0,1	Pa · s
stoke	0,0001 (10 <sup>-4</sup> )	m <sup>2</sup> / s
ft <sup>2</sup> /s	0,0929	m <sup>2</sup> / s

In Inghilterra si usano i secondi Redwood (RI)

In America impiegano i secondi **Saybolt Universal Seconds (SUS)**

Un'unità impiegata nel passato erano i gradi Engler (° E che rappresenta una misura relativa della viscosità del fluido rispetto a quella dell'acqua a 20 °C). Se un olio ha una viscosità di **5°E**, significa che alla temperatura di **50°C** ha impiegato un tempo maggiore di 5 volte rispetto a quello dell'acqua.

Dalla viscosità in gradi Engler si può passare alla viscosità cinematica **cSt** o **mm<sup>2</sup>/s** con la formula:

$$\nu = 7,5 \cdot \text{°E} \left(1 - \frac{1}{\text{°E}^3}\right)$$

*L'Organizzazione Internazionale per la Standardizzazione - ISO - ha emesso la norma che stabilisce una serie d'intervalli di viscosità cinematica per gli oli industriali. I numeri, che contraddistinguono le varie gradazioni ISO, approssimano il valore medio nell'intervallo di viscosità, stabilito in cSt alla temperatura di 40°C.*

Classe di viscosità ISO	$\nu_{40^\circ}$ (cSt)
VG 10	9 ÷ 11
VG 22	19,8 ÷ 24,2
VG 32	28,8 ÷ 35,2
VG 46	41,4 ÷ 50,6
VG 68	61,2 ÷ 74,8
VG 100	90 ÷ 110

Saybolt Universal Seconds (SUS)	ISO-VG	CentiStoke	CentiPoise
31	2	1.0	0.876
35	3	2.5	2.19
40	5	4.2	3.68
45	5/7	5.9	5.17
50	7	7.5	6.57
55	7/10	8.8	7.71
60	10	10.5	9.20
70	10/15	13.2	11.56
80	15	15.7	13.75
90	22	18.2	15.94
100	22	20.6	18.05
150	32	32.0	28.03
200	46	43.2	37.84
300	68	65.0	56.94
400	68/100	86.0	75.34
500	100	108	94.61
750	150	162	141.91
1000	220	216	189.22
1500	320	323	282.95
2000	460	431	377.56
3000	680	648	567.65
4000	1000	862	755.11

Gradi Engler	Secondi Redwood I	Secondi Redwood II (Admiralty)	Secondi Saybolt Universal	Secondi Saybolt Furol	Viscosità Cinematica in centistoke
1,0	27	/	28	/	1,0
1,4	39	5	42	/	5,0
1,8	51	7	57	/	9,6
2,2	65	8	73	13	13,8
2,6	77	10	90	15	17,5
3,0	91	11	105	16	21,1
3,4	104	12	121	17	24,5
4,2	128	15	150	20	30,9
5,0	154	17	181	22	37,3
6,0	185	20	218	25	45,0
7,0	217	23	255	29	53,0
8,0	248	26	292	32	60,8
9,0	279	29	329	35	68,4
10,0	311	32	365	39	76,0
12,0	373	38	438	46	91,2
15,0	466	47	548	56	114,0
20,0	621	62	730	73	152,0
25,0	776	78	913	91	190,0
30,0	932	93	1095	110	228,0
40,0	1242	124	1460	146	304,0
50,0	1553	155	1825	183	380,0
70,0	2147	217	2555	256	532,0
100,0	3105	311	3650	365	760,0
150,0	4660	466	5480	548	1140,0
200,0	6210	621	7300	730	1520,0
250,0	7760	776	9130	913	1900,0

### Tabella di conversione viscosità

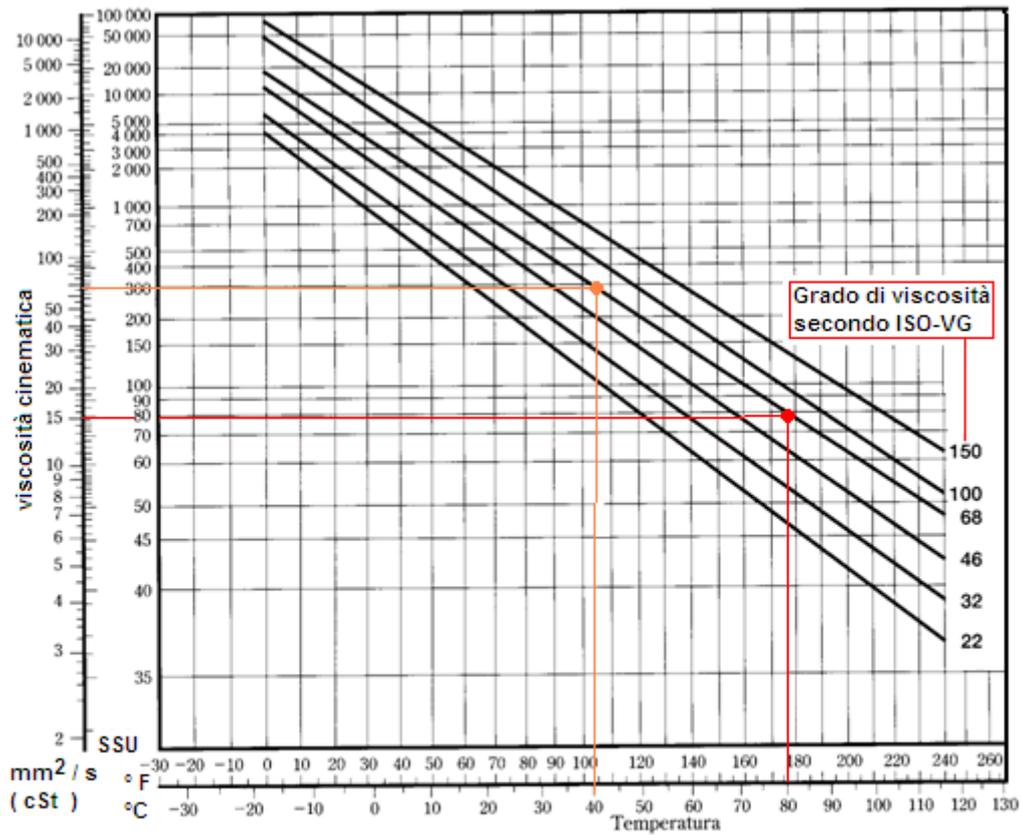
cSt	E°	R	S	cSt	E°	R	S
1,00	1,00	26,7	29,3	26,00	3,58	109,1	123,6
1,50	1,07	28,4	31,3	27,00	3,71	113,0	128,0
2,00	1,12	30,3	33,1	28,00	3,83	117,0	132,4
2,50	1,17	31,7	34,8	29,00	3,96	120,9	136,8
3,00	1,22	33,0	36,5	30,00	4,09	124,8	141,3
3,50	1,27	34,5	38,0	31,00	4,21	128,8	145,7
4,00	1,31	35,8	39,5	32,00	4,34	132,7	150,2
4,50	1,35	37,1	41,0	33,00	4,47	136,6	154,7
5,00	1,40	38,5	42,5	34,00	4,58	140,6	159,2
5,50	1,44	39,7	44,0	35,00	4,71	144,4	163,7
6,00	1,48	41,1	45,4	36,00	4,83	148,8	168,2
6,50	1,52	42,4	47,0	37,00	4,96	152,5	172,8
7,00	1,57	43,8	48,6	38,00	5,09	156,5	177,3
7,50	1,60	45,2	50,2	39,00	5,22	160,5	181,9
8,00	1,65	46,5	51,8	40,00	5,34	164,5	186,5
8,50	1,70	48,0	53,4	41,00	5,47	168,6	191,0
9,00	1,75	49,4	55,1	42,00	5,60	172,6	195,6
9,50	1,79	51,0	56,8	43,00	5,73	176,6	200,2
10,00	1,83	52,4	58,5	44,00	5,86	180,7	204,8
10,50	1,88	53,9	60,2	45,00	5,99	184,7	209,4
11,00	1,93	55,4	62,0	46,00	6,11	188,7	214,1
12,00	2,02	58,5	65,6	47,00	6,25	192,8	218,7
13,00	2,12	61,8	69,3	48,00	6,37	196,8	223,3
14,00	2,22	65,1	73,1	49,00	6,50	200,8	227,9
15,00	2,32	68,4	77,0	50,00	6,63	204,8	232,6
16,00	2,43	71,8	81,0	51,00	6,76	208,9	237,2
17,00	2,54	75,4	85,0	52,00	6,88	213,1	241,8
18,00	2,65	79,0	89,2	53,00	7,01	217,2	246,5
19,00	2,76	82,8	93,4	54,00	7,15	221,3	251,1
20,00	2,88	86,7	97,6	55,00	7,27	225,3	255,7
21,00	2,99	90,4	101,9	56,00	7,40	229,4	260,4
22,00	3,10	94,0	106,2	57,00	7,53	233,4	265,0
23,00	3,22	97,8	110,5	58,00	7,67	237,4	269,6
24,00	3,35	101,5	114,9	59,00	7,79	241,4	274,2
25,00	3,46	105,2	119,2	60,00	7,92	245,5	278,0

cSt = Centistoke (mm<sup>2</sup>/s)  
E° = Engler°

R = Redwood  
S = Saybolt

Tutte queste unità generalmente sono determinate misurando il tempo di deflusso di un dato volume di liquido attraverso un foro calibrato.

**VISCOSITA' IN FUNZIONE DELLA TEMPERATURA**  
**CATALOGO UFI FILTRI**



Esempio: se si utilizza un olio VG 68 = 68 cSt a 40 °C ;  
 alla temperatura di 80 °C la sua viscosità diventa 15 cSt

## ➤ Temperatura

Definizione: è la proprietà fisica che registra il trasferimento di energia termica da un corpo a un altro.

Unità di base S.I: **K** (Kelvin). Quest'unità stabilisce che a  $-273\text{ °C}$  cessa qualsiasi oscillazione delle particelle più piccole della materia (molecole, atomi, ioni), quindi le particelle si trovano in uno stato di quiete assoluta ed è valido per tutte le sostanze  
 Altre unità: **°C** scala Celsius utilizzata in Europa.

**°F** scala utilizzata in paesi anglosassoni.

Unità di misura	Fattore di conversione	Unità convertita
Fahrenheit	$(\text{°F} - 32) : 1,8$	Celsius
Celsius	$\text{°C} \cdot 1,8 + 32$	Fahrenheit
Fahrenheit	$(\text{°F} + 459,67) : 1,8$	Kelvin
Kelvin	$\text{K} \cdot 1,8 - 459,67$	Fahrenheit

$$\text{°C} = \frac{5 \cdot (\text{°F} - 32)}{9}$$

Definizioni di alcune temperature caratteristiche dell'olio:

- **Autoignizione (AIT):** minima temperatura alla quale si ottiene la fiamma senza innesco esterno.
- **Fiamma (fire point):** minima temperatura alla quale si ha produzione di vapore in grado di mantenere la combustione; il fluido si incendia a contatto con una fiamma libera; punto di fiamma del fluido.
- **Scintilla (flash point):** minima temperatura alla quale una sufficiente quantità di fluido è evaporata in modo da formare con l'aria ambiente una miscela combustibile che si incendia a contatto con una fiamma libera; punto di fiamma dei vapori.
- **Scorrimento (pour point):** temperatura minima alla quale il liquido è ancora in grado di fluire.
- **Solidificazione:** temperatura alla quale il fluido non scorre più per effetto della forza di gravità.

Liquido	AIT (°C)	Fire (°C)	Flash (°C)
Olio minerale	245	180	150
Estere fosforico	610	330	310
Idrocarb. Clorurato	650	400	380
Silicone	480	335	285

## ➤ Calore

Definizione: forma di energia che si trasferisce tra due corpi che si trovano in condizioni termiche differenti.

Unità di base S.I : **J** (Joule).

Altre unità di misura: caloria, chilocaloria.

Nei paesi anglosassoni si utilizza il **BTU** (British Thermal Unit).

Unità di misura	Fattore di conversione	Unità convertita
Joule	0,2389	cal
Joule	0,0009	BTU
BTU	252	cal
BTU	1,055	kJ
cal	4,186	J
kcal	4186	J

## ➤ Rendimento

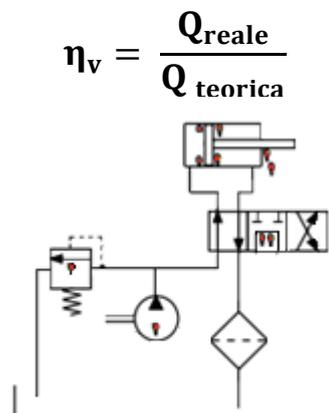
In una trasformazione d'energia (meccanica, elettrica, idraulica), l'energia ottenuta è sempre inferiore all'energia fornita.

$$\text{Rendimento} = \frac{\text{energia ottenuta}}{\text{energia fornita}}$$

Il rendimento di pompe, motori, attuatori lineari e di tutti i componenti oleodinamici è inferiore all'unità, per effetto delle inevitabili perdite che possono essere di due tipi: volumetriche o meccaniche.

Il rendimento **volumetrico** tiene conto dei trafileamenti di olio dovuti all'inevitabile gioco presente fra le parti fisse e le parti in movimento del componente e pertanto la portata reale è differente da quella teorica.

(In generale : 0,9 ÷ 0,95 o 90% ÷ 95%)



Occorre tenere presente che una certa percentuale di perdita volumetrica è necessaria per la lubrificazione degli elementi in movimento.

Il rendimento **meccanico** o **idromeccanico** di una pompa è dato dal rapporto fra la pressione effettiva misurata sulla bocca in mandata e pressione teorica sviluppabile in assenza di perdite.  $\eta_m = P_{\text{eff}} / P_{\text{teo}}$

In generale  $\eta_m = 0,8 \div 0,9$

Il rendimento **globale** è dato dalla :  $\eta_g$  o  $\eta_t = \eta_v \cdot \eta_m$

In generale  $\eta_g = 0,75 \div 0,85$

### Pompa idraulica : rendimento totale $\eta_g$

La potenza idraulica all'uscita della pompa è data da:

$$P_{idr} = p \left( \frac{N}{m^2} \right) \cdot Q \left( \frac{m^3}{s} \right) = \frac{Nm}{s} \text{ (watt)}$$

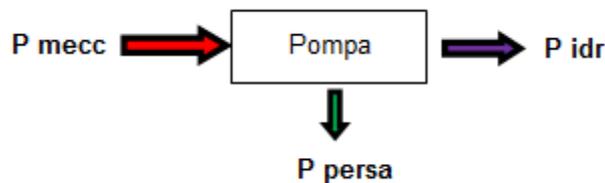
La potenza fornita alla pompa dal motore elettrico /diesel attraverso l'albero rotante (rad/sec) che trasmette una coppia **C** (Nm) è data dalla formula:

$$P_a(\text{Potenza assorbita dalla pompa}) = C \text{ (Nm)} \cdot \omega \left( \frac{\text{rad}}{\text{sec}} \right) = \frac{Nm}{s} \text{ (watt)}$$

Queste relazioni permettono di esprimere il rendimento totale  $\eta_g$  della pompa.

$$\eta_g = \frac{P_{idr}}{P_a} = \frac{p \cdot Q}{C \cdot \omega} = \frac{\frac{N}{m^2} \cdot \frac{m^3}{s}}{Nm \cdot \frac{\text{rad}}{s}}$$

Possiamo dire che  $\eta_g$  è dato dal rapporto tra la potenza idraulica e la potenza meccanica o potenza assorbita dalla pompa.



*Tabella esempio di rendimento totale tipico delle pompe*

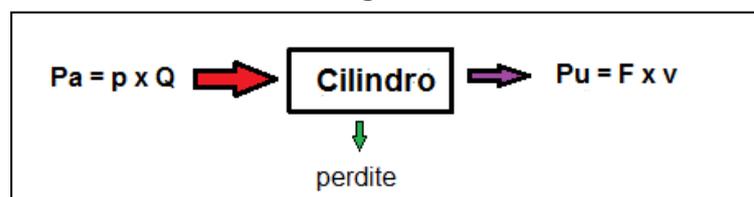
Tipo di pompa	Rendimento totale $\eta_g$ %
Ingranaggi esterni	85
Ingranaggi interni	90
Palette	85
Pistoni radiali	90
Pistoni asse inclinato	92
Pistoni assiali	91

Facciamo un confronto tra una pompa a ingranaggi esterni e una a pistoni con asse inclinato. La portata è di 100 l/min. e la pressione di 200 bar, calcoliamo la potenza impiegata.

$$\text{Pompa a ingranaggi esterni } N = \frac{p \cdot Q}{600 \cdot \eta_g} = \frac{200 \cdot 100}{600 \cdot 0,85} = 39,21 \text{ Kw}$$

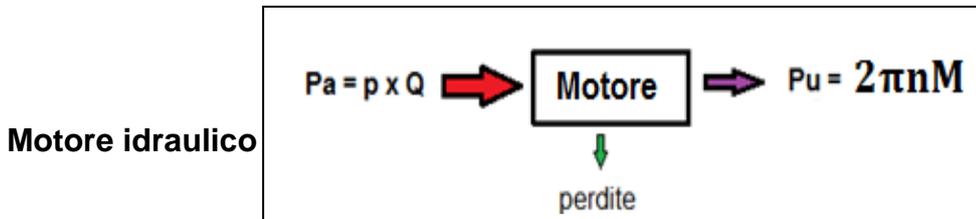
$$\text{Pompa a pistoni asse inclinato } N = \frac{p \cdot Q}{600 \cdot \eta_g} = \frac{200 \cdot 100}{600 \cdot 0,92} = 36,23 \text{ Kw}$$

**Cilindro idraulico**



Il rendimento  $\eta_g = \frac{P_u}{P_a} = \frac{F \cdot v}{p \cdot Q} = \frac{\frac{N \cdot m}{s}}{\frac{N}{m^2} \cdot \frac{m^3}{s}}$

Il rendimento totale  $\eta_g$  di un cilindro oleodinamico varia da 0,9 a 0,8. I costruttori riportano a catalogo il valore corretto.



Il rendimento  $\eta_g = \frac{P_u}{P_a} = \frac{2\pi n M}{p \cdot Q} = \frac{2\pi \cdot \frac{rad}{s} \cdot \frac{N \cdot m}{s}}{\frac{N}{m^2} \cdot \frac{m^3}{s}}$

Il rendimento di un motore idraulico

Tipo di motore	Rendimento totale $\eta_g$ %
Ingranaggi esterni	75
Palette	80
Pistoni radiali	90
Pistoni asse inclinato	95
Pistoni assiali	90

Disegno esemplificativo dei rendimenti generali da considerare in un circuito oleodinamico.

