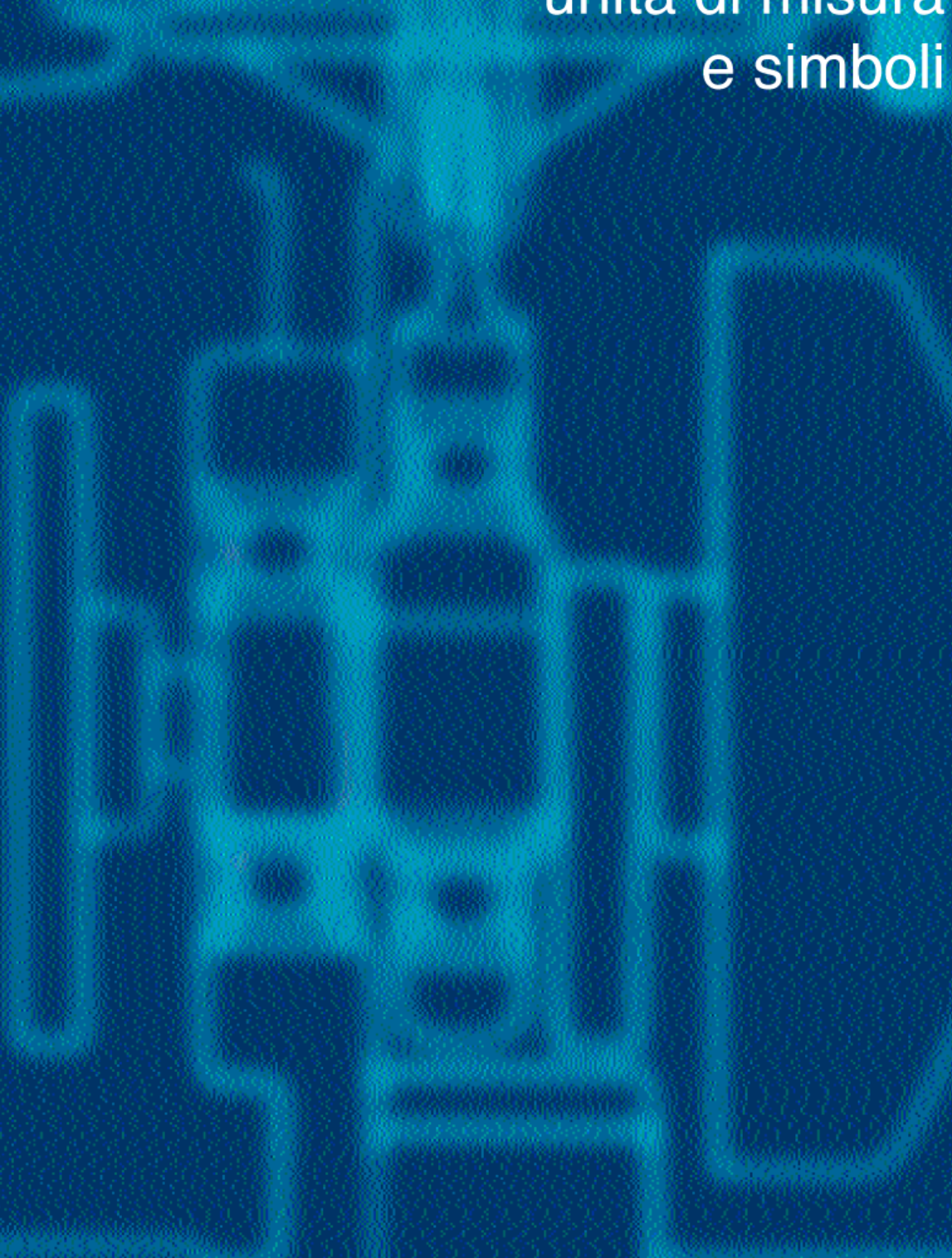


Capitolo 6

Quantità,
unità di misura
e simboli



6.1 Il sistema SI

La collaborazione internazionale nel campo delle unità di misura iniziò nel 1875, quando fu fondato il Comitato Internazionale di Pesi e Misure. Da allora vennero proposti ed adottati diversi sistemi di misura. Il passo più importante verso l'adozione di un sistema di unità veramente internazionale venne compiuto nel 1960, quando il Comitato Internazionale Pesi e Misure adottò il Sistema Internazionale di Unità, abbreviato in SI, che è stato accettato praticamente da tutti i paesi con effetto legale.

Le unità sono divise in quattro classi diverse:

Unità fondamentali
Unità supplementari
Unità derivate
Unità addizionali

Se un prefisso (micro, milli, centi, kilo, mega, ecc.) è messo davanti al simbolo di

15 unità derivate hanno avuto le loro denominazioni:

Quantità	Denominazione	Simbolo	Espressa in altre unità SI	Espressa in unità fondamentali e supplementari
frequenza	hertz	Hz	-	s^{-1}
forza	newton	N	-	$m \times kg \times s^{-2}$
pressione, sollecitazione meccanica	pascal	Pa	N/m^2	$m^{-1} \times kg \times s^{-2}$
energia, lavoro	joule	J	$N \times m$	$m^2 \times kg \times s^{-2}$
potenza	watt	W	J/s	$m^2 \times kg \times s^{-3}$
carica elettrica	coulomb	C	$A \times s$	$s \times A$
tensione elettrica	volt	V	W/A	$m^2 \times kg \times s^{-3} \times A^{-1}$
capacità	farad	F	C/V	$m^2 \times kg^{-1} \times s^4 \times A^{-2}$
resistenza	ohm	Ω	V/A	$m^2 \times kg \times s^{-3} \times A^{-2}$
conduttività	siemens	S	A/V	$m^2 \times kg^{-1} \times s^3 \times A^2$
densità flusso magnetico	tesla	T	Wb/m^2	$kg \times s^{-2} \times A^{-1}$
flusso magnetico	weber	Wb	$V \times s$	$m^2 \times kg \times s^{-2} \times A^{-1}$
induttanza	henry	H	Wb/A	$m^2 \times kg \times s^{-2} \times A^{-2}$
flusso luminoso	lumen	lm	$cd \times sr$	$cd \times sr$
illuminamento	lux	lx	lm/m^2	$cd \times sr \times m^{-2}$

una unità, l'unità così formata è denominata multiplo o sottomultiplo.

Le unità fondamentali, le unità supplementari e le unità derivate sono denominate unità SI e le unità multiple o sottomultiple formate dalle unità SI sono denominate *unità in SI*. Notare che sono unità addizionali e non sono unità in SI.

Le unità base sono quelle delle unità stabilite ed indipendenti, con le quali possono essere espresse tutte le altre unità.

Ci sono 7 unità fondamentali nel sistema SI:

lunghezza	metro	m
massa	chilogram	kg
tempo	secondo	s
corrente elettrica	ampere	A
temperatura	kelvin	K
intensità luminosa	candela	cd
quantità di materia	mole	mol

Le unità supplementari sono unità di natura fondamentale ma non classificate come unità fondamentali né unità derivate.

Nel sistema SI sono incluse due unità supplementari:

angoli piani	radiante	rad
angoli solidi	steradiane	sr

Unità derivate sono formate come una potenza o prodotti di potenze di una o più unità fondamentali e/o unità supplementari secondo le leggi fisiche delle relazioni fra le diverse unità.

Unità addizionali. Ci sono numerose unità al di fuori del sistema SI, che per diversi motivi non possono essere eliminate nono-

stante che le unità corrispondenti in teoria possono essere espresse con unità SI. Alcune di queste unità sono state scelte per essere usate con le unità del sistema SI e sono denominate unità addizionali.

Inoltre ci sono altre quattro unità addizionali principalmente per impiego in astronomia ed in fisica. Tutte queste unità addizionali sono state approvate dal Comité International des Poids et Mesures (CIPM) nel 1969 e sono usate con le unità SI.

Le seguenti unità addizionali sono usate per usi tecnici:

Quantità	Unità addizionale		Note
	Denominazione	Simbolo	
angolo piano	grado	...°	$1^\circ = \frac{\pi}{180} \text{ rad}$
angolo piano	minuto	...'	$1' = \frac{1^\circ}{60}$
angolo piano	secondo	...''	$1'' = \frac{1'}{60}$
volume	litro	l	1 l = 1 dm ³
tempo	minuto	min	1 min = 60 sec
tempo	ora	h	1 h = 60 min = 3.600 sec
tempo	giorno	d	1 d = 24 h
peso	tonnellata (metrica)	t	1 t = 1.000 kg
pressione	bar	bar	1 bar = 10 ⁵ Pa = 10 ⁵ N/m ²

Unità multiple e unità sottomultiple. Una unità multipla o sottomultipla è formata da una unità SI o da una unità addizionale ove l'unità è preceduta da un prefisso che implica la moltiplicazione per una potenza di 10.

Nelle raccomandazioni internazionali (unificazioni) sono stabiliti 15 di questi prefissi come riportati nella tabella seguente.


















Potenza di 10	Prefisso		Esempio
	Denominazione	Simbolo	
10^{12}	tera	T	1 terajoule 1 TJ
10^9	giga	G	1 gigawatt 1 GW
10^6	mega	M	1 megavolt 1 MV
10^3	kilo	k	1 kilometro 1 km
10^2	etto	h	1 ettogrammo 1 hg
10^1	deca	da	1 decalumen 1 dalm
10^{-1}	deci	d	1 decimetro 1 dm
10^{-2}	centi	c	1 centimetro 1 cm
10^{-3}	milli	m	1 milligrammo 1 mg
10^{-6}	micro	μ	1 micrometro 1 μ m
10^{-9}	nano	n	1 nanohenry 1 nH
10^{-12}	pico	p	1 picofarad 1 pF
10^{-15}	femto	f	1 femtometro 1 fm
10^{-18}	atto	a	1 attosecondo 1 as

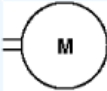




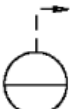
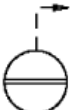
Pressione					
Pa=N/m ²	bar	kp/cm ²	Torr	m vp	mm vp
1	10^{-5}	1.02×10^{-5}	7.5×10^{-3}	1.02×10^{-4}	0.102
10^5	1	1.02	750	10.2	1.02×10^4
9.81×10^4	0.981	1	735	10	10^4
133,3	1.33×10^{-3}	1.36×10^{-3}	1	1.36×10^{-2}	13,6
9.81×10^3	9.81×10^{-2}	0.1	73.5	1	10^3
9.81	9.81×10^{-5}	10^{-4}	7.35×10^{-2}	10^{-3}	1
Energia					
J	kJ	kWh	kpm	kcal	
1	10^{-3}	2.78×10^{-7}	0.102	2.39×10^{-4}	
1000	1	2.78×10^{-4}	102	0.239	
3.6×10^6	3.6×10^3	1	3.67×10^5	860	
9.81	9.81×10^{-3}	2.72×10^{-6}	1	2.39×10^{-3}	
4.19×10^3	4.19	1.16×10^{-3}	427	1	
Potenea					
W	kpm/s	kcal/s	kcal/h	hk	
1	0.102	0.239×10^{-3}	0.860	1.36×10^{-3}	
9.81	1	2.34×10^{-3}	8.43	1.33×10^{-2}	
4.19×10^3	427	1	3.6×10^3	5.69	
1.163	0.119	0.278×10^{-3}	1	1.58×10^{-3}	
735	75	0.176	632	1	

6.2 Simboli per disegni

	Filtro dell'aria
	Silenziatore
	Diffusore
	Compensatore
	Valvola di smorzamento
	Compressore a vite
	Valvola di non-ritorno
	Valvola d'arresto
	Valvola di sicurezza
	Valvola manuale
	Valvola di chiusura della pressione
	Valvola di apertura della pressione
	Separatore di olio

	Eiettore
	Refrigerante raffreddato ad acqua
	Separatore d'acqua
	Serbatoio della condensa
	Direzione di flusso
	Refrigeratore raffreddato ad aria
	Ventilatore
	Serbatoio di espansione
	Valvola di minima pressione
	Valvola termoregolatrice
	Valvola termoregolatrice

	Filtro per fluido
	Pompa per fluido
	Serbatoio dell'olio con spurgo manuale
	Limitatore di efflusso
	By-pass
	Regolatore di pressione
	Valvola di arresto dell'olio
	Aria
	Olio
	Acqua
	Spurgo
	Conduttura per l'aria di ventilaz.
	Collegamento meccanico
	Aria di segnale
	Segnale elettrico
	Linea di contorno
	Energia elettrica

	Motore elettrico
	Scatola di distribuzione elettrica
	Giunto di accoppiamento del motore
	Flangia cieca
	Sensore di pressione, temperatura, ecc.
	Sensore di pressione, temperatura, ecc.
	Sensore di pressione, temperatura, ecc.

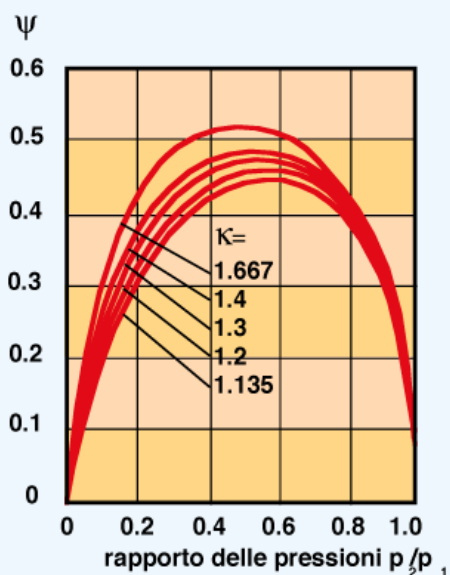
6.3 Diagrammi e tabelle

Materiale	J/kg x K
aria (alla pressione atmosferica)	1 004
alluminio	920
rame	390
olio	1 670-2 140
acciaio	460
acqua	4 185
zinco	385

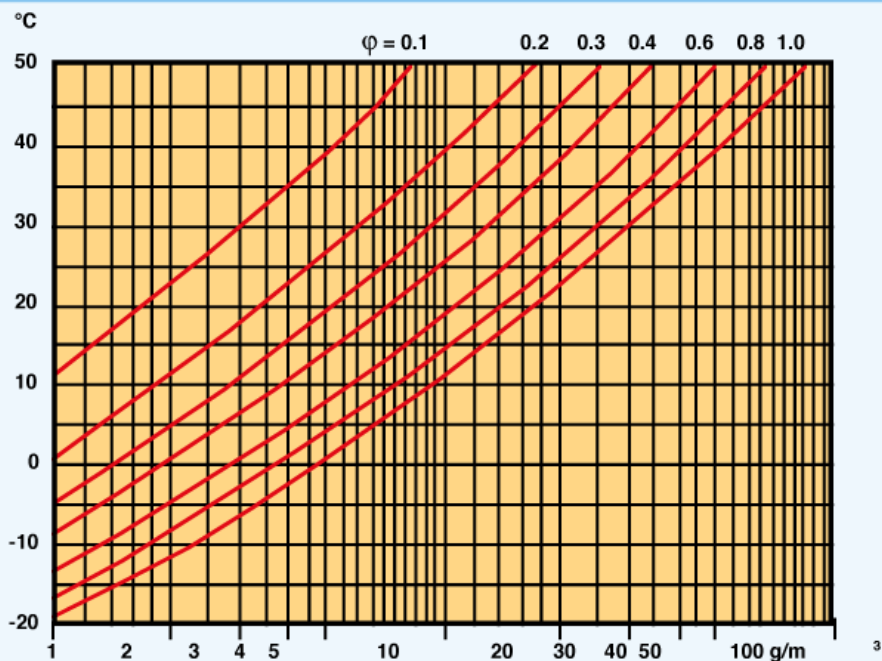
Capacità termica di alcuni materiali.

punto di ebollizione	78,8	K
pressione critica (a)	37,66	bar
temperatura critica	132,52	K
peso specifico	1,225	Kg/m ³
viscosità dinamica	17,89 x 10 ⁻⁶	Pa x s
punto di congelamento	57 - 61	K
costante del gas	287,1	J (Kg x K)
viscosità cinematica	14,61 x 10 ⁻⁶	m/s ²
peso molare	28,964	(adimensionale)
capacità termica a:		
pressione costante	1,004	KL (Kg x K)
capacità termica specif.	1,40	(adimensionale)
velocità del suono	340,29	m/s
conduttività termica	0,025	W/(m x K)

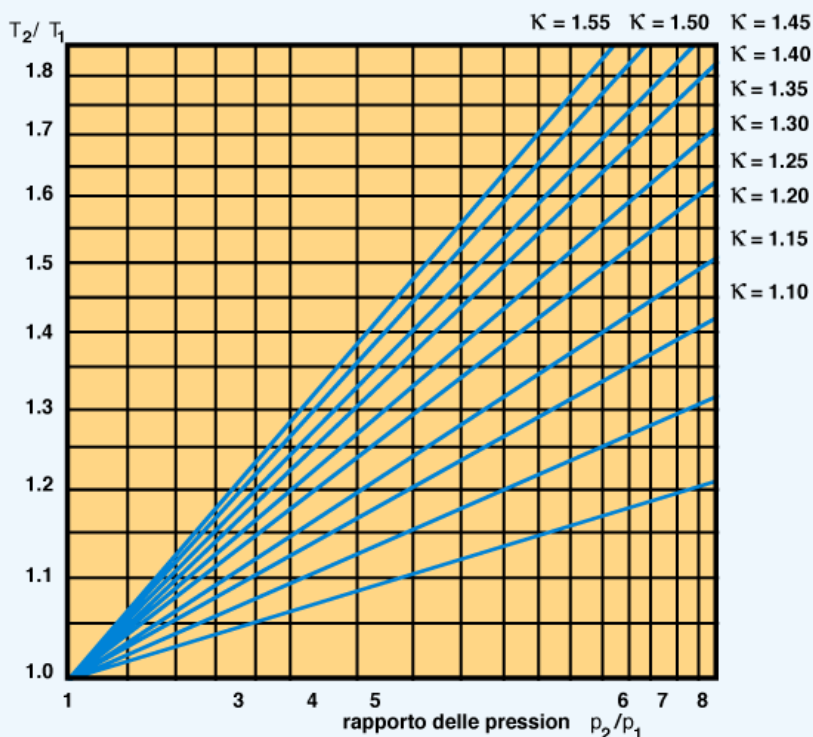
Alcune costanti fisiche dell'aria secca al livello del mare (=15°C e 1,013 bar).



Coefficienti di portata in funzione del rapporto delle pressioni per diversi valori di κ .



Contenuto di acqua nell'aria a diverse tensioni relative di vapore (φ). Il contenuto massimo di acqua raddoppia per ogni aumento di temperatura di 11 K.



Il diagramma mostra la relazione delle temperature T_2/T_1 di diversi gas con diversi valori k durante la compressione adiabatica.

t °C	Ps mbar	ρ_w g/m ³	t °C	Ps mbar	ρ_w g/m ³
-40	0.128	0.119	5	8.72	6.80
-38	0.161	0.146	6	9.35	7.26
-36	0.200	0.183	7	10.01	7.75
-34	0.249	0.225	8	10.72	8.27
-32	0.308	0.277	9	11.47	8.82
-30	0.380	0.339	10	12.27	9.40
-29	0.421	0.374	11	13.12	10.01
-28	0.467	0.413	12	14.02	10.66
-27	0.517	0.455	13	14.97	11.35
-26	0.572	0.502	14	15.98	12.07
-25	0.632	0.552	15	17.04	12.63
-24	0.689	0.608	16	18.17	13.63
-23	0.771	0.668	17	19.37	14.48
-22	0.850	0.734	18	20.63	15.37
-21	0.937	0.805	19	21.96	16.31
-20	1.03	0.884	20	23.37	17.30
-19	1.14	0.968	21	24.86	18.34
-18	1.25	1.06	22	26.43	19.43
-17	1.37	1.16	23	28.09	20.58
-16	1.51	1.27	24	29.83	21.78
-15	1.65	1.39	25	31.67	23.05
-14	1.81	1.52	26	33.61	24.38
-13	1.98	1.65	27	35.65	25.78
-12	2.17	1.80	28	37.80	27.24
-11	2.38	1.96	29	40.06	28.78
-10	2.60	2.14	30	42.43	30.38
-9	2.84	2.33	31	44.93	32.07
-8	3.10	2.53	32	47.55	33.83
-7	3.38	2.75	33	50.31	35.68
-6	3.69	2.99	34	53.20	37.61
-5	4.02	3.25	35	56.24	39.63
-4	4.37	3.52	36	59.42	41.75
-3	4.76	3.82	37	62.76	43.96
-2	5.17	4.14	38	66.28	46.26
-1	5.62	4.48	39	69.93	48.67
0	6.11	4.85	40	73.78	51.19
1	6.57	5.19	41	77.80	53.82
2	7.06	5.56	42	82.02	58.56
3	7.58	5.95	43	86.42	59.41
4	8.13	6.36	44	91.03	62.39

Pressione di saturazione (P_s) e densità (ρ_w)
del vapore acqueo saturo.

Gas	Volume %	Peso %
azoto N ₂	78.084	75.520
ossigeno O ₂	20.947 6	23.142
argon Ar	0.934	1.288
anidride carbonica CO ₂	0.031 4	0.047 7
neon Ne	0.001 818	0.001 267
elio He	0.000 524	0.000 072 4
cripton Kr	0.000 114	0.000 330
xeno Xe	0.000 008 7	0.000 039
idrogeno H ₂	0.000 05	0.000 003
metano CH ₄	0.000 2	0.000 1
protossido d'azoto N ₂ O	0.000 05	0.000 08
ozono O ₃	estate: 0 to 0.000 007	0 to 0.000 01
	inverno: 0 to 0.000 002	0 to 0.000 003
anidride solforica SO ₂	0 to 0.000 1	0 to 0.000 2
biossido d'azoto NO ₂	0 to 0.000 002	0 to 0.000 003
ammoniaca NH ₃	Ca 0	Ca 0
ossido di carbonio CO	Ca 0	Ca 0

Composizione di aria secca e pulita al livello
del mare. Questa composizione è relativa-
mente costante fino all'altezza di 25 km.

Tipo e grandezza della macchina	Fabbisogno massimo l/s
Trapano, Ø = diametro della punta (mm) Piccolo Ø < 6.5 Medio 6.5 < Ø = < 10 Grande 10 < Ø < 16	6.0 7.5 16.5
Maschiatrici	6
Cacciavite, d = grandezza vite Piccola d < M6 Media M6 < d < M8	5.5 7.5
Avvitatrice ad impulsi, d = grandezza bullone Piccola d < M10 Media M10 < d < M20 Grande d ≥ M20	5.0 7.5 22.0
Fresatrici	7.5
Lucidatrici/Fresatrici per stampi, e = potenza (kW) Piccola e < 0.5 Grande e > 0.5	8.0 16.5
Molatrice, e = potenza (kW) Piccola 0.4 < e < 1.0 Media 1,0 < e < 2 Grande e > 2	20.0 40.0 60.0
Martelli scalpellatori Leggeri Pesante	6.0 13.5
Paranchi pneumatici t = capacità di sollevamento t < 1 tonnellata t > 1 tonnellata	35 45
Scrostatori	5.0
Pulitore di ugelli	6.0
Avvitadadi, d = diametro bullone d ≤ M8 d ≥ M10	9 19

Alcuni esempi di fabbisogno di aria compressa di alcuni utensili e macchine pneumatiche comuni, basati sull'esperienza. Questi valori formano la base per calcolare la portata necessaria del compressore.

Punto di rugiada°C	g/m ³	Punto di rugiada°C	g/m ³	Punto di rugiada°C	g/m ³	Punto di rugiada°C	g/m ³
+100	588.208	+58	118,199	+16	13.531	-25	0.55
99	569.071	57	113,130	15	12.739	26	0.51
98	550.375	56	108,200	14	11.987	27	0.46
97	532.125	55	103,453	13	11.276	28	0.41
96	514.401	54	98,883	12	10.600	29	0.37
95	497.209	53	94.483	11	9.961	30	0.33
94	480.394	52	90.247	10	9.356	31	0.301
93	464.119	51	86.173	9	8.784	32	0.271
92	448.308	50	82.257	8	8.243	33	0.244
91	432.885	49	78.491	7	7.732	34	0.220
90	417.935	48	74.871	6	7.246	35	0.198
89	403.380	47	71.395	5	6.790	36	0.178
88	389.225	46	68.056	4	6.359	37	0.160
87	375.471	45	64.848	3	5.953	38	0.144
86	362.124	44	61.772	2	5.570	39	0.130
85	340.186	43	58.820	1	5.209	40	0.117
84	336.660	42	55.989	0	4.868	41	0.104
83	324.469	41	53.274			42	0.093
82	311.616	40	50.672	-1	4.487	43	0.083
81	301.186	39	48.181	2	4.135	44	0.075
80	290.017	38	45.593	3	3.889	45	0.067
79	279.278	37	43.508	4	3.513	46	0.060
78	268.806	36	41.322	5	3.238	47	0.054
77	258.827	35	39.286	6	2.984	48	0.048
76	248.840	34	37.229	7	2.751	49	0.043
75	239.351	33	35.317	8	2.537	50	0.038
74	230.142	32	33.490	9	2.339	51	0.034
73	221.212	31	31.744	10	2.156	52	0.030
72	212.648	30	30.078	11	1.96	53	0.027
71	204.286	29	28.488	12	1.80	54	0.024
70	196.213	28	26.970	13	1.65	55	0.021
69	188.429	27	25.524	14	1.51	56	0.019
68	180.855	26	24.143	15	1.38	57	0.017
67	173.575	25	22.830	16	1.27	58	0.015
66	166.507	24	21.578	17	1.15	59	0.013
65	159.654	23	20.386	18	1.05	60	0.011
64	153.103	22	19.252	19	0.96	65	0.0064
63	146.771	21	18.191	20	0.88	70	0.0033
62	140.659	20	17.148	21	0.80	75	0.0013
61	134.684	19	16.172	22	0.73	80	0.0006
60	129.020	18	15.246	23	0.66	85	0,00025
59	123.495	17	14.367	24	0.60	90	0,0001

Contenuto di acqua nell'aria ai diversi punti di rugiada.

6.4 Unificazioni e norme d'uso corrente

Qui di seguito sono elencate le unificazioni e le norme di uso corrente (1997) che interessano il settore dell'aria compressa. L'elenco fa riferimento alle regolamentazioni svedesi, ma nella maggior parte dei casi ci sono in altri paesi regolamentazioni nazionali equivalenti.

Le unificazioni elencate sono tutte, con qualche eccezione, europee o internazionali. I documenti Pneurop sono normalmente pubblicati con una pubblicazione CAGI destinata al mercato americano.

È sempre importante controllare con l'ente, che pubblica le norme, che si sta usando l'ultimissima edizione, a meno che la richiesta/domanda faccia riferimento ad una pubblicazione datata.

6.4.1 Regolamenti e unificazioni relativi alla sicurezza

6.4.1.1 Requisiti di sicurezza delle macchine

Direttiva CE 89/392/EEG, Direttiva sulle macchine. In Svezia questa direttiva è stata fatta legge come AFS 93:10 (modificata come AFS 94:48). National Swedish Board of Occupational Safety and Health regulation for machiney.

EN 1012-1 Compressori e pompe a vuoto - Requisiti di sicurezza - Del 1: Compressori

EN 1012-2 Compressori e pompe a vuoto - Requisiti di sicurezza - Del 2: Pompe a vuoto.

6.4.1.2 Sicurezza in presenza di pressione

Direttiva 87/404/EEG, Serbatoi pressurizzati semplici. In Svezia questa direttiva è stata fatta legge come AFS 93:41 (modificata come AFS

94:53). Regolamento del National Swedish Board of Occupational Safety and Health per i serbatoi pressurizzati semplici.

LA Direttiva 76/767/EEC riguarda le leggi comuni per i serbatoi pressurizzati ed i metodi di controllo. Direttiva 97/23/EG per equipaggiamenti pressurizzati (in vigore dal 29/11/1999.

AFS 86:9 (modificata come AFS 94:39). Regolamento del National Swedish Board of Occupational Safety and Health per i serbatoi pressurizzati ed altri equipaggiamenti pressurizzati.

EN 764 Equipaggiamenti pressurizzati - Terminologia e simboli - Pressione, temperatura.

EN 286-1 Serbatoi pressurizzati non a contatto con fiamma progettati per aria e azoto - Parte 1: Progetto, costruzione e prova.

EN 286-2 Serbatoi pressurizzati non a contatto con fiamma progettati per aria e azoto - Parte 2: Serbatoi pressurizzati per sistemi di frenatura pneumatica e sistemi ausiliari per autoveicoli e relativi rimorchi.

EN 286-3 Serbatoi pressurizzati non a contatto con fiamma progettati per aria e azoto - Parte 3: Serbatoi pressurizzati in acciaio progettati per equipaggiamento di frenatura pneumatica ed equipaggiamento ausiliario per materiale rotabile su rotaia.

EN 286-4 Serbatoi pressurizzati non a contatto con fiamma progettati per aria e azoto - Parte 4: Serbatoi pressurizzati in lega di alluminio progettati per equipaggiamento di frenatura pneumatica ed equipaggiamento ausiliario per materiale rotabile su rotaia.

6.4.1.3 Ambiente

Pneurop PN8NTCI, normativa per la misura del rumore. ISO84/536/EC. Requisiti di livello di rumore delle macchine. Una unificazione speciale per la misurazione del rumore è stata redatta nell'ambito ISO. Per l'emissione di

fumi di scarico dei motori a combustione una decisione è attesa secondo "EU stage 1".

6.4.1.4 Sicurezza contro i rischi dovuti all'energia elettrica

ELSAK-FS 1994:9 *Regolamenti del National Swedish Board of Electrical Safety concernenti il materiale elettrico*

ELSAK-FS 1994:7 *Regolamenti del National Swedish Board of Electrical Safety concernenti le installazioni con correnti molto intense (equivalente a IEC 364)*

Direttiva UE 89/336/EEG *Compatibilità elettromagnetica*

ELSAK-FS 1995:5 *Regolamenti del National Swedish Board of Electrical Safety's concernenti la compatibilità elettromagnetica.*

EN 60204-1 *Macchine, istruzioni relative la sicurezza contro i rischi dovuti all'elettricità*

EN 60439-1 *Assiemmi di apparecchiature e dispositivi di controllo a bassa tensione.*

6.4.2 Unificazioni e norme relative alla tecnologia

6.4.2.1 Unificazione

SS 1796 *Tecnologia dell'aria compressa - Terminologia*

ISO 3857-1 *Compressori, macchine ed utensili pneumatici - Vocabolario - Parte 1: Nozioni generali*

ISO 3857-2 *Compressori, macchine ed utensili pneumatici - Vocabolario - Parte 2: Compressori*

ISO 5390 *Compressori - Classificazione*

ISO 5941 *Compressori, utensili e macchine: Pressioni preferite*

SS-ISO 1217 *Tecnologia dell'aria compressa -*

compressori volumetrici - prove di erogazione

ISO 5389 *Turbocompressori - Normativa per la prova delle prestazioni*

ISO 7183-1 *Essiccatori di aria compressa. Parte 1: Caratteristiche e prova*

ISO 7183-1 *Essiccatori di aria compressa. Parte 2: Valutazione delle prestazioni*

ISO 8010 *Compressori per l'industria di processo - Tipi a vite - Caratteristiche e tabelle dati per la loro progettazione e costruzione*

ISO 8011 *Compressori per l'industria di processo - Tipi turbo - Caratteristiche e tabelle dati per la loro progettazione e costruzione*

ISO 8012 *Compressori per l'industria di processo - Tipi alternativi - Caratteristiche e tabelle dati per la loro progettazione e costruzione*

SS-ISO 8573-1 *Aria compressa per uso generale - Parte 1: Sostanze contaminanti e classi di qualità.*

Per potenziare gli attuali regolamenti nazionali svedesi ci sono:

Norme relative ai serbatoi pressurizzati 1987

Norme relative alle tubazioni 1978

Norme relativi ai recipienti per aria 1991

Pubblicati dall'ente di unificazione dei recipienti a pressione-direttiva EG 73/23/EEG Direttiva per macchine a bassa tensione

6.4.2.3 Misurazioni

ISO 8573-2 *Aria compressa per usi generali. Parte 2: Metodi di prova per il contenuto di aerosol di olio*

(Bozza) ISO 8573-3 *Aria compressa - Parte 3: Misurazione dell'umidità*

(Bozza) ISO 8573-4 *Aria compressa - Parte 4: Misurazione delle particelle solide*