

# > Principali nozioni tecniche <

## 2.1 DEFINIZIONE DI PORTATA

La portata in volume è il volume di fluido che passa attraverso il ventilatore nell'unità di tempo.

Di uso meno frequente è la portata in peso, definita come il peso di fluido che passa attraverso il ventilatore nell'unità di tempo.

Conoscendo la portata di un ventilatore, collegato ad una condotta, si può calcolare la velocità del fluido nella sezione della condotta stessa con la formula:

$$v = \frac{Qv}{3.600 \cdot A} \quad (2.1)$$

dove:

v = velocità media del fluido in m/s

Qv = portata in m<sup>3</sup>/h

A = area della sezione della condotta in m<sup>2</sup>

Viceversa, conoscendo la velocità v del fluido e la sezione A della condotta, si può calcolare la portata:

$$Qv = v \cdot A \cdot 3600 \quad (2.2)$$

dove:

Qv = portata in m<sup>3</sup>/h

v = velocità media del fluido in m/s

A = area della sezione della condotta in m<sup>2</sup>

## 2.2 DEFINIZIONE DI PRESSIONE STATICA, DINAMICA E TOTALE

Quando un fluido è in movimento si possono distinguere tre tipi di pressione.

### 1 - Pressione statica (ps)

Viene definita come la pressione esercitata dal fluido sulle pareti della condotta o del recipiente in cui è contenuto. Essa agisce ugualmente in tutte le direzioni ed è indipendente dalla velocità del fluido.

Prendendo come riferimento la pressione ambiente, la pressione statica è positiva quando è maggiore della pressione ambiente, negativa quando è minore.

### 2 - Pressione dinamica (pd)

Viene definita come la pressione corrispondente alla parte di energia posseduta dall'unità di massa del fluido a causa della sua velocità (energia cinetica). Essa agisce nella stessa direzione del moto del fluido e viene sempre considerata di segno positivo.

La pressione dinamica è funzione della velocità e della densità del fluido ed è espressa dalla seguente formula:

$$pd = \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot v^2 \quad (2.3)$$

dove:

Pd = pressione dinamica in Pa (Pascal)

ρ = densità del fluido in Kg/m<sup>3</sup>

v = velocità del fluido in m/s

La pressione dinamica, espressa in mm H<sub>2</sub>O, può essere calcolata con buona approssimazione, per aria nelle condizioni normali tecniche, con la seguente formula pratica:

$$pd = \frac{v^2}{16} \quad (2.4)$$

dove:

Pd = pressione dinamica in mm H<sub>2</sub>O (da Pa)

v = velocità del fluido in m/s

### 3 - Pressione totale (pt)

Viene definita come la somma algebrica della pressione statica (ps) e della pressione dinamica (pd):

$$pt = ps + pd \quad (2.5)$$

Particolari condizioni di funzionamento del ventilatore sono:

- a) *funzionamento a bocca chiusa*
- b) *funzionamento a bocca libera*

Il ventilatore funziona a bocca chiusa quando la portata risulta nulla. Essendo nulla la velocità del fluido attraversante anche la pressione dinamica sarà nulla.

In questo caso si ha:

$$p_t = p_s$$

Questa condizione di funzionamento corrisponde all'inizio della curva di prestazione del ventilatore.

Il ventilatore funziona invece a bocca libera quando sia la bocca d'aspirazione che quella di mandata non sono collegate a condotte. In questo caso la pressione statica sarà nulla per cui si ha:

$$p_t = p_d$$

La pressione generata dal ventilatore è tutta dinamica e, questa condizione di funzionamento, corrisponde al punto finale della curva di prestazione del ventilatore.

### 2.3 MISURA DELLE PRESSIONI

La pressione statica si misura collegando un manometro (per es. ad acqua) tra la parete della condotta e l'ambiente esterno (vedi fig. 1 e 2).

La pressione dinamica, invece, si misura collegando un manometro tra la parete della condotta ed un punto interno tramite un tubo con l'apertura terminale esattamente opposta alla direzione del flusso (vedi fig. 1 e 2).

La pressione totale, infine, si misura collegando un manometro tra l'ambiente esterno ed un punto interno tramite un tubo con l'apertura terminale esattamente opposta alla direzione del flusso (vedi fig. 1 e 2).

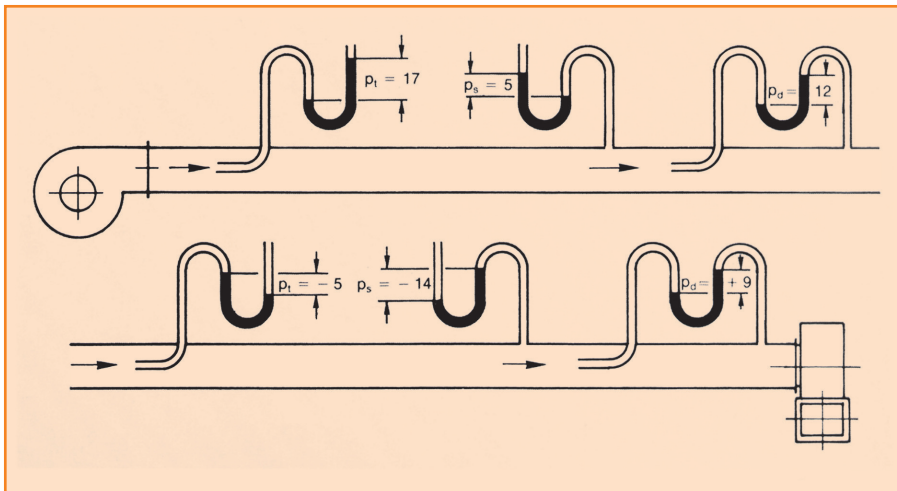


Fig. 1 - Ventilatore collegato in mandata. La pressione nella condotta è superiore alla pressione ambiente.

pressione totale - pressione statica = pressione dinamica

$$p_t (+ 17) - p_s (+5) = p_d (+ 12)$$

Fig. 2 - Ventilatore collegato in aspirazione. La pressione nella condotta è inferiore alla pressione ambiente.

pressione totale - pressione statica = pressione dinamica

$$p_t (- 5) - p_s (- 14) = p_d (+ 9)$$

### 2.4 DEFINIZIONE DI POTENZA ASSORBITA

Un ventilatore per fornire una portata d'aria con una determinata pressione totale, richiede una certa potenza meccanica che gli viene fornita dal motore elettrico.

Questa potenza, che dipende anche dal rendimento del ventilatore, è data dalla seguente formula:

$$P_v = \frac{Q_v \cdot p_t}{3,671 \cdot \eta} \quad (2.6)$$

dove :

$P_v$  = potenza assorbita in W

$Q_v$  = portata in  $m^3/h$

$P_t$  = pressione totale in  $mm H_2O$

$\eta$  = rendimento aeraulico in %

## 2.5 CURVA CARATTERISTICA DEL VENTILATORE

L'energia che un ventilatore riceve dal motore elettrico viene trasferita al fluido che l'attraversa sotto forma di pressione totale (pt). La pressione totale che un ventilatore può fornire non è però costante, ma varia in funzione della portata.

Anche la potenza assorbita varia in funzione della portata.

Per l'utilizzo pratico del ventilatore è allora necessario conoscere, per ogni valore di portata, quale sia la pressione totale disponibile e la potenza meccanica assorbita.

Queste informazioni possono essere date, per ogni ventilatore e per un determinato numero di giri, sotto forma di grafico in coordinate cartesiane in cui in ascisse vengono indicati i valori di portata ed in ordinate le pressioni e le potenze (o sotto forma di tabelle).

Sui cataloghi sono pubblicate le curve caratteristiche (per i ventilatori con trasmissione a rinvio) che riportano la pressione totale (pt), la pressione dinamica (pd), la potenza assorbita (Pv) in funzione della portata (Qv) e il n° di giri al minuto (r.p.m.); sono anche riportati i valori di rendimento ( $\eta$ ) e di rumorosità (Lp, Lw). Per le esecuzioni direttamente accoppiate, vengono pubblicate anche delle tabelle che riportano la pressione totale (pt), la portata (Qv), le potenze assorbite e installate (PV), il n° di giri al minuto (r.p.m.) e la rumorosità (Lp).

## 2.6 CURVA CARATTERISTICA DELL'IMPIANTO

Volendo far circolare una determinata quantità d'aria in un impianto occorre fornire al fluido una certa energia, sotto forma di pressione, per poter vincere gli attriti che questo incontra nel moto.

La pressione da fornire varia con la portata e la relazione esistente tra queste due grandezze viene indicata dalla seguente espressione:

$$p = K \cdot Qv^2 \quad (2.7)$$

dove:

p = pressione

K = coefficiente dipendente dalle caratteristiche dell'impianto in esame (resistenza aeraulica)

Qv = portata

Se le caratteristiche dell'impianto non variano, il coefficiente K rimane costante per variazioni non molto ampie della portata e può essere ricavato dalla formula:

$$K = \frac{p}{Qv^2} \quad (2.8)$$

Ricavato K, per una condizione di funzionamento, è possibile tracciare la curva della p in funzione della Qv, cioè la "curva caratteristica dell'impianto". In coordinate cartesiane e con scala lineare, questa curva risulta una parabola passante per l'origine degli assi (fig. 3).

## 2.7 PUNTO DI FUNZIONAMENTO

Un ventilatore, installato in un impianto, fornirà una portata corrispondente al valore della pressione statica necessaria per vincere la resistenza al moto del fluido nel circuito.

Disponendo su uno stesso diagramma sia la curva della pressione statica del ventilatore che quella relativa alla resistenza aeraulica dell'impianto, il punto di incontro delle due curve sarà il "punto di lavoro" (punto A di fig. 3).



Fascia di miglior utilizzo

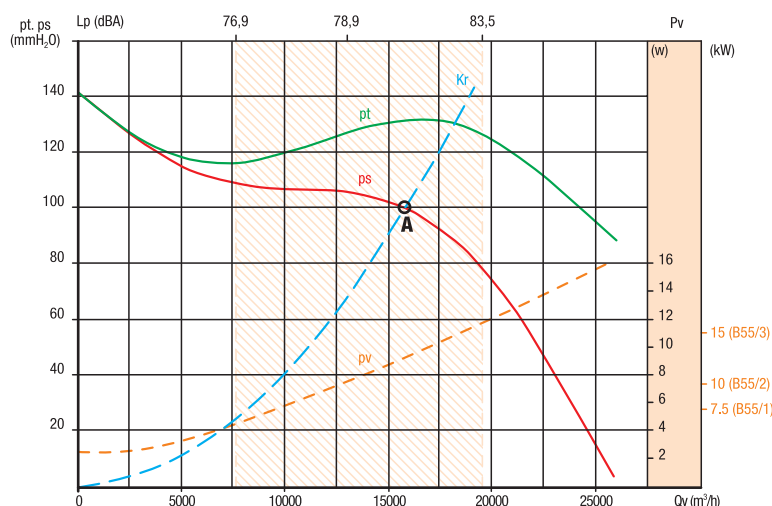


fig. 3

Il punto di lavoro è un punto di equilibrio dato che, in queste condizioni, la pressione statica fornita dal ventilatore uguaglia quella necessaria per vincere le resistenze aerauliche dell'impianto.

Se le resistenze del circuito variano, per esempio con la parziale chiusura od apertura di una serranda oppure per l'inserimento di ulteriori curve, si può tracciare una nuova curva caratteristica dell'impianto e trovare un nuovo punto di equilibrio con la curva della pressione statica del ventilatore.

Può essere valutata allora la conseguente variazione della portata.

È bene che il punto di funzionamento del ventilatore si trovi sempre entro la fascia di miglior utilizzo (zona centrale delle curve caratteristiche) perché in questa zona il rendimento del ventilatore è più elevato.

Ciò consente un risparmio di potenza assorbita ed una più bassa rumorosità a parità di prestazioni.

È sconsigliabile far funzionare il ventilatore in un punto della curva troppo a destra (zona vicino alla bocca libera) poiché si avrebbero pressioni dinamiche troppo elevate, basso rendimento ed elevata rumorosità.

**In questo caso è più conveniente scegliere un modello di grandezza superiore della stessa serie.**

È ugualmente sconsigliabile scegliere un punto della curva troppo a sinistra (zona vicino alla bocca chiusa) perché si avrebbero rendimenti troppo bassi e funzionamento instabile.

**In questo caso è più conveniente scegliere un ventilatore di grandezza inferiore della stessa serie.**

## 2.8 UNITÀ DI MISURA E CONVERSIONI

Si riportano, qui di seguito per comodità degli utenti, le definizioni delle principali unità di misura utilizzate nella ventilazione e le relazioni di conversione tra le unità equivalenti.

Per la portata in volume il Sistema Internazionale (SI) adotta il m<sup>3</sup>/s. Tuttavia come già detto, nell'uso pratico viene più frequentemente usato il m<sup>3</sup>/h e diverse altre unità di misura. Nei paesi anglosassoni viene invece utilizzato il piede cubico per minuto (cfm).

La relazione esistente tra queste due unità è:

unità di misura	m <sup>3</sup> /s	m <sup>3</sup> /h	m <sup>3</sup> /1'	l/s	l/1'	cfm
1 m <sup>3</sup> /s	1	3600	60	1000	60000	2119
1 m <sup>3</sup> /h	0,0002777	1	0,016666	0,2777	16,666	5,8857
1 m <sup>3</sup> /1'	0,016666	60	1	16,666	1000	35,314
1 l/s	0,001	3,6	0,06	1	60	2,12
1 l/1'	1,666x10 <sup>-5</sup>	0,06	0,001	0,016666	1	0,03531
1 cfm	0,000472	1,7	0,02831	0,472	28,3168	1

L'unità di pressione del SI è il pascal (Pa), che corrisponde alla forza di 1 Newton sulla superficie di 1 m<sup>2</sup>.

Unità di uso frequente sono invece: il mm H<sub>2</sub>O, che corrisponde alla forza di 1 kilogrammo sulla superficie di 1 m<sup>2</sup> (1 = 1 kgf/m<sup>2</sup>), il torr (mm Hg), il bar e il millibar (mbar). Nei paesi anglosassoni la pressione viene misurata in pollici di colonna d'acqua (inwg = inch water gage).

unità di misura	Pa	mm H <sub>2</sub> O (kgf/m <sup>2</sup> )	torr (mm Hg)	bar	mbar	inwg
1 Pa (N/m <sup>2</sup> )	1	0,102	0,0075	0,00001	0,01	0,004
1 mm H <sub>2</sub> O (kgf/m <sup>2</sup> )	9,806	1	0,0735	9,806x10 <sup>-5</sup>	0,098	0,0393
torr (mm Hg)	133,32	13,6	1	0,0013	1,3332	0,5352
bar	100.000	10197	750,06	1	1000	401,46
mbar	100	10,2	0,75	0,001	1	0,4014
inwg	249	25,4	1,8683	0,0024	2,49	1

Per la velocità l'unità adottata dal SI è il m/s ed è anche quella usata nella tecnica della ventilazione.

Nei paesi anglosassoni viene invece, spesso usato il piede per minuto (foot per minute) con la seguente formula di conversione:

$$1 \text{ fpm (ft/m)} = 0,00508 \text{ m/s}$$

Per le temperature il SI adotta due unità di misura: il grado celsius (°C) ed il grado kelvin (°K).

La relazione tra le due grandezze è:

$$^{\circ}\text{K} = 273,15 + ^{\circ}\text{C}$$

L'unità di temperatura aglosassone è il grado Fahrenheit (°F) e la relazione di conversione è:

$$^{\circ}\text{F} = \frac{9}{5} \cdot ^{\circ}\text{C} + 32$$

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

L'unità di potenza del SI è il watt (W) od il kwatt (kW)

unità di misura	W	kW	HP	CV	kcal/h
1 W	1	0,001	0,00134	0,00136	0,86
1 kW	1000	1	1,341	1,36	860
1 HP	745,7	0,7457	1	1,014	641,18
1 CV	735,5	0,7355	0,986	1	632,35
kcal/h	1,162	0,00116	0,00156	0,001582	1

Le relazioni esistenti tra altre unità anglosassoni di uso più frequente e le corrispondenti del SI sono:

unità di misura	mm (millimetro)	m (metro)	ft (piede)	in (pollice)
1 mm (millimetro)	1	0,001	0,0033	0,0396
1 m (metro)	1000	1	3,28	39,37
1 ft (piede)	304,8	0,3048	1	12
1 in (pollice)	25,4	0,0254	0,0833	1

unità di misura	l (litro)	m <sup>3</sup> (metro cubico)	cuft (piede cubico)	cuin (pollice cubico)
1 l (litro)	1	0,001	0,0353	61
1 m <sup>3</sup> (metro cubo)	1000	1	35,314	61023,74
1 cuft (piede cubico)	28,32	0,02832	1	1728
1 cuin (pollice cubico)	0,0163	1,63x10 <sup>-6</sup>	0,00057	1

1 lb (libbra) = 0,4536 kg

1 kg = 2,2045 lb

## 2.9 CLASSIFICAZIONE E TERMINOLOGIA DEI VENTILATORI

La classificazione dei vari tipi di ventilatori e la relativa terminologia è stata oggetto di unificazione con la norma UNI 7972.

In questa norma viene precisato, anzitutto, cosa si intende per “ventilatore”. Il termine indica la macchina operatrice generica, senza alcun elemento aggiuntivo sia all'entrata (aspirazione) che all'uscita (mandata).

Il termine “aspiratore” indica invece una macchina particolare, prevista cioè per il collegamento a tubazione solo dal lato aspirazione (es. torrino d'aspirazione).

Per quanto riguarda le prestazioni viene data la seguente classificazione:

- a) Ventilatori per bassa pressione:** ventilatori per pressioni inferiori a 720 pascal (< 73 mm H<sub>2</sub>O).
- b) Ventilatori per media pressione:** ventilatori per pressioni comprese tra 720 e 3600 pascal (73 ÷ 367 mm H<sub>2</sub>O).
- c) Ventilatori per alta pressione:** ventilatori per pressioni superiori a 3600 pascal (> 367 mm H<sub>2</sub>O).

Riguardo alle condizioni di funzionamento la norma UNI indica quanto segue:

### a) ventilatore per servizio normale:

ventilatore adatto per convogliare aria non tossica, non corrosiva, non infiammabile, senza particelle liquide o solide, e la cui temperatura non sia maggiore di 80°C, ovvero di 40°C nel caso che il motore ed i supporti del ventilatore si trovino investiti dall'aria convogliata.

### b) ventilatori per servizi speciali:

- *ventilatore per gas caldi:* è un ventilatore adatto per convogliare gas caldi, la cui temperatura deve essere compresa entro valori specificati. Può essere costruito con materiali resistenti alle alte temperature e può essere provvisto di un dispositivo per il raffreddamento dei supporti.

- *ventilatore per fluidi bifase (gas liquido):* è un ventilatore adatto per convogliare aria contenente particelle di liquido.

Costruttivamente possono essere previsti un dispositivo per il drenaggio del liquido e protezioni, o materiali, appropriati contro la corrosione e l'erosione.

- *ventilatore a tenuta di gas:* è un ventilatore costruito in modo tale da ridurre la fuoriuscita del gas convogliato e/o l'entrata dell'aria esterna. Il grado di tenuta dipende dal tipo e dalla pressione del gas convogliato.

- *ventilatore per trasporto polveri:* è un ventilatore idoneo ad aspirare aria contenente polveri ed è progettato per il particolare tipo di polvere trasportata.

- *ventilatore attraversato per il trasporto di materiali solidi:* è un ventilatore idoneo ad aspirare aria contenente materiali solidi (per es. trucioli di legno, fibre tessili, materiali pulvirulenti) ed è progettato per il particolare tipo di materiale trasportato.

- *ventilatore antideposito:* è un ventilatore progettato in modo tale da ridurre al minimo il deposito del materiale trasportato e dotato di mezzi per la sua pulizia periodica.

- *ventilatore resistente all'abrasione:* è un ventilatore progettato per ridurre al minimo l'abrasione.

Le parti soggette ad usura sono costruite con materiali idonei all'abrasione e/o possono essere facilmente sostituibili.

- *ventilatore resistente alla corrosione:* è un ventilatore costruito con materiale idoneo, od opportunamente rivestito, per resistere

all'azione corrosiva del fluido trasportato.

- *ventilatore antiscintilla*: è un ventilatore progettato per ridurre il rischio di provocare scintille che possono avere luogo per sfregamento fra le parti che lo compongono, oppure con un materiale proveniente dall'esterno. Sono previsti diversi tipi di costruzione, secondo il grado di sicurezza ritenuto necessario e definito dalle nuove norme ATEX.

- *ventilatore da tetto (torrino di estrazione)*: è un ventilatore progettato per essere installato sul tetto e dotato di protezione contro gli agenti atmosferici.

Le categorie di applicazioni speciali sopra elencate rappresentano i casi più tipici e frequenti nel campo della ventilazione.

Vi sono inoltre altri tipi di ventilatori con caratteristiche speciali idonei ad applicazioni specifiche.

I ventilatori ovviamente possono raggruppare diverse delle caratteristiche descritte.

## 2.10 VENTILATORI A TRASMISSIONE

Qualche volta in installazioni industriali od in impianti di ventilazione si richiedono determinate prestazioni, in pressione e portata, con tolleranze molto strette.

In tali casi è difficile poter soddisfare la richiesta con ventilatori direttamente accoppiati. Un modello può presentare prestazioni insufficienti mentre quello immediatamente successivo della stessa serie, prestazioni esuberanti e non accettabili.

D'altra parte costruire un modello speciale, con girante di diametro appropriato, intermedio tra due successivi della serie dei diametri disponibili, è in generale una soluzione antieconomica. In questi casi si preferisce aggiustare le prestazioni del ventilatore di serie variandone il numero dei giri. Come viene precisato nel paragrafo [4.3] la velocità di rotazione del motore asincrono non può essere variata in modo facile e conveniente.

Quindi per variare la velocità della girante del ventilatore occorre abbandonare il tipo di costruzione ad accoppiamento diretto e ricorrere al modello a trasmissione a cinghia.

Con la trasmissione a cinghia è possibile ottenere la velocità richiesta della girante, una volta scelta la velocità del motore, variando il rapporto tra i diametri delle pulegge secondo la nota relazione:

$$\frac{n_g}{n_m} = \frac{D_m}{D_g} \quad (2.9)$$

dove:

$n_g$  = numero di giri della girante

$n_m$  = numero di giri del motore

$D_m$  = diametro della puleggia calettata sull'albero del motore

$D_g$  = diametro della puleggia calettata sull'albero della girante

Esempio (vedi pag. 18):

$Q_v = 42.000 \text{ m}^3/\text{h}$

$P_s = 1.600 \text{ Pa}$  (163 mm H<sub>2</sub>O)

$t = +20^\circ\text{C}$  (di esercizio)

a) leggere in ascissa, in corrispondenza della portata richiesta, la pressione dinamica (pd) corrispondente; in questo caso

$p_d = 400 \text{ Pa}$

Sommare la pd alla ps richiesta al fine di ottenere la pt.

$p_t = p_s + p_d = 1.600 + 400 = 2.000 \text{ Pa}$

b) selezionare sul grafico il punto di lavoro Portata/Pressione corrispondente ai valori ricavati.

Possiamo, a questo punto rilevare i seguenti dati:

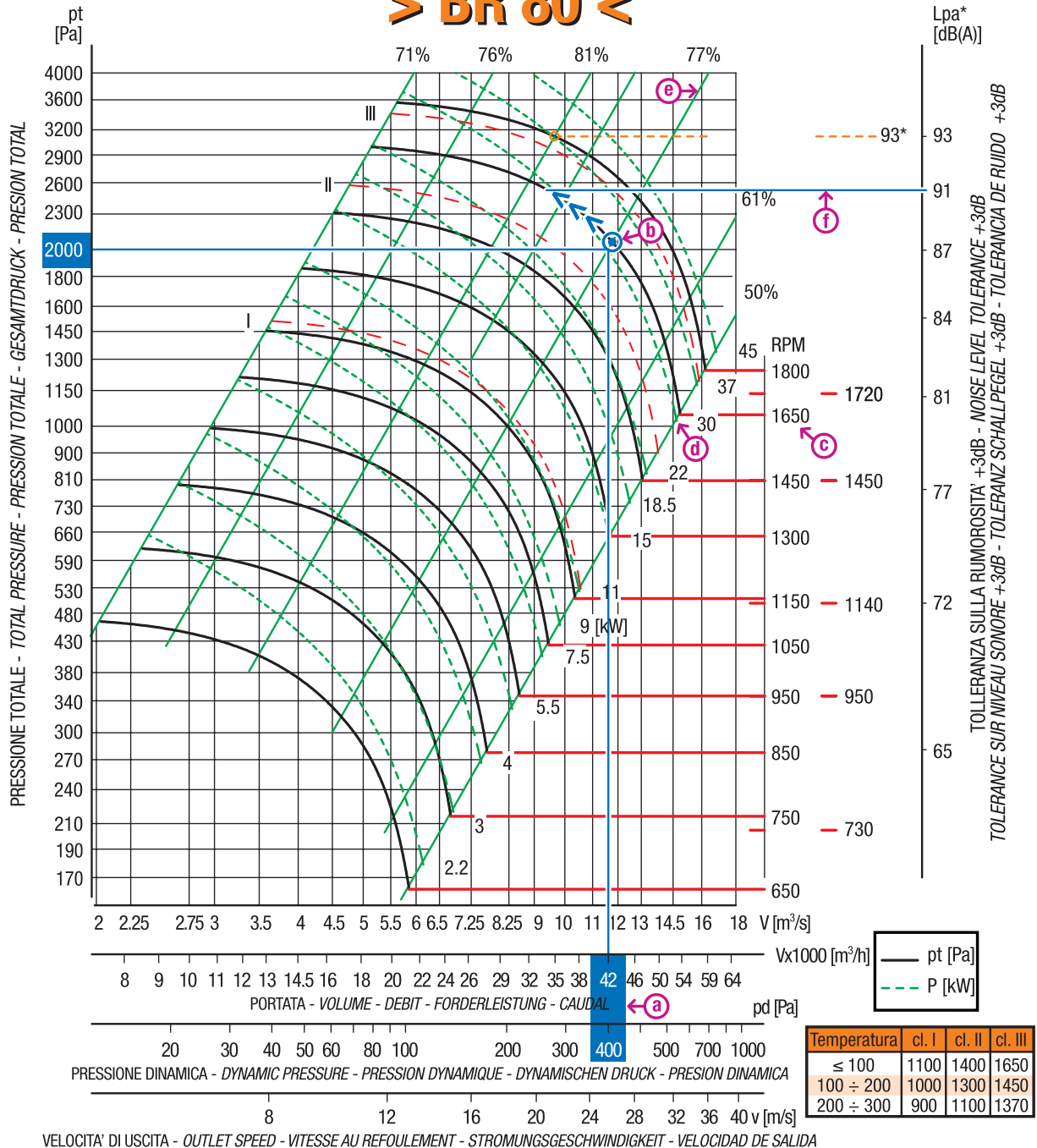
c)  $n^\circ$  di giri = 1.650 r.p.m. (giri della ventola)

d) pot. assor = 30 kW (curva tratteggiata verde)

e)  $\eta = 77\%$  (linea diagonale verde)

f)  $L_p = 91 \text{ dB(A)}$ . Dal punto di lavoro, scorrere lungo la curva portata/pressione fino ad incrociare la linea diagonale del max. rendimento ( $\eta = 81\%$ ) e quindi spostarsi in orizzontale a dx fino ad incrociare la scala della pressione sonora LP.

# > BR 80 <



VELOCITA' DI USCITA - OUTLET SPEED - VITESSE AU REFOULEMENT - STROMUNGSGESCHWINDIGKEIT - VELOCIDAD DE SALIDA

Livello potenza sonora - Sound power level - Niveau de puissance sonore - Schalleistungspegel - Nivel potencia Sonora [dB] *									
RPM	Banda d'ottava - Octave band - Bande d'octave - Oktavband - Banda de octava [Hz]								Lpa* dB(A)
	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	
1080	94.9	94.9	96.9	91.9	90.9	85.9	77.9	77.9	81
1260	98.3	98.3	100.3	95.3	94.3	89.3	81.3	81.3	84.4
1440	101.3	101.3	103.3	98.3	97.3	92.3	84.3	84.3	87.3
1620	103.9	103.9	102.9	103.9	99.9	94.9	86.9	86.9	90.7
1800	106.2	106.2	105.2	106.2	102.2	97.2	89.2	89.2	93

[\*] Al massimo rendimento - At max. efficiency - A la maxime efficacité - zur höchsten Leistung - Al Máximo rendimiento - Distanza - Distance - Distance - Abstand - Distancia : 1,5 m - Temperatura - Temperature - Température - Temperatur - Temperatura : 15 [°] - Densità - Density - Densité - Bezugsdichte - Densidad : 1,225 [kg/m³] - Tolleranza sulla portata - Capacity tolerance - Tolérance sur le débit - Fordertoleranz - Tolerancia caudal : ±5% PD² - WD² - GD² - PD² : 26 kgm²

Riepilogo dati:

Qv = 42.000 m³/h

Pt = 2000 Pa (ps = 1600 Pa; pd = 400 Pa)

pot. assor. = 30 kW (installare motore 37 kW)

η = 77%

Lp = 91 dB(A)

n° di giri = 1.650 r.p.m. (giri della ventola)

Volendo installare un motore da 37 kW 4 poli 50Hz (≈ 1.475 r.p.m.) il rapporto di trasmissione da dare ai diametri delle pulegge sarà:

Rt = r.p.m. motore/r.p.m. girante = 1.475 / 1.650 = 0,89