

# VALVOLE DI REGOLAZIONE NEI PROCESSI INDUSTRIALI. PRINCIPI E COMPONENTI -SECONDA PARTE-



*A cura di Alessandro Brunelli (\*)*

## Sommario

Sedi delle valvole  
Tenuta delle valvole  
Caratteristiche di portata  
Equazioni di dimensionamento  
Principali parametri caratteristici  
Esempio di calcolo  
Selezione del coefficiente di portata  
Selezione della tipologia delle valvole di regolazione

Le valvole di regolazione sono dispositivi fondamentali per il controllo della portata di fluido nei processi industriali. Agiscono modulando il flusso in base ai segnali del sistema di controllo, garantendo stabilità e precisione operativa. Questo articolo esplora il loro funzionamento, la classificazione, le normative di riferimento (IEC 60534) e i principali componenti, tra cui attuatori, posizionatori, cappelli e otturatori.

## Sedi delle valvole

La sede è un organo importante della valvola anche se essendo fissata nel corpo, risulta meno esposta alle sollecitazioni del fluido rispetto l'otturatore. Comunque, tenuto in considerazione del ruolo che essa riveste nel garantire la tenuta della valvola, una particolare attenzione è dedicata, oltre che al suo disegno, anche al suo fissaggio nel corpo, al fine, sia di evitare allentamenti con conseguenti perdite e sia di permettere una facile eventuale sostituzione. Pertanto sono previste all'occorrenza esecuzioni integrali, filettate e anche saldate.

## Tenuta delle valvole

La tenuta delle valvole, è classificata secondo la Norma Internazionale IEC 60534-4, come riportato nelle Tabella 4, nella quale è importante rimarcare che le classi di tenuta V e VI, oltre che con sedi soffici, possono essere ottenute anche con sedi metalliche (m/m: metallo/metallo), però con elevate forze di chiusura (seating-forces).

## Caratteristiche di portata

La caratteristica di portata intrinseca della valvola (altrimenti detta "inerente") è la relazione esistente tra la corsa della valvola e la portata del fluido mantenendo costanti, al variare della corsa, temperature e pressioni a monte ed a valle della valvola, e in queste condizioni nominali coincide con la relazione tra la corsa ed il coefficiente di portata Cv, trattato nel prosieguo.

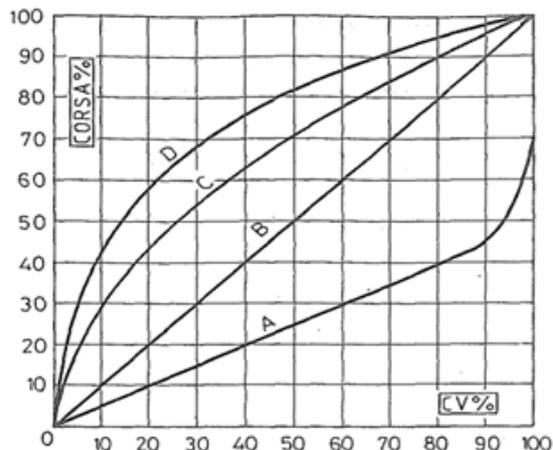


Figura 5 - Curve intrinseche più comuni delle valvole di regolazione

La Figura 5 illustra le più comuni curve caratteristiche intrinseche.

Però, quando una valvola viene installata su un processo, la sua caratteristica inerente diventa installata (altrimenti detta "in esercizio") e dipende dal rapporto Y tra il  $\Delta P$  della valvola ( $\Delta P_v$ ) e il  $\Delta P$  del processo ( $\Delta P_{tot}$ ) e pertanto la caratteristica installata si deforma come illustrato in Figura 6.

Classe di tenuta	Fluido di prova	Massima perdita della sede	Applicabilità
I	Liquido o Gas	-	Valvole su specifiche acquirente
II	Liquido o Gas	$5 \cdot 10^{-3} Q_{nom}$	Valvole a seggio doppio con tenuta m/m
III	Liquido o Gas	$1 \cdot 10^{-3} Q_{nom}$	Valvole a farfalla con tenuta m/m
IV	Liquido o Gas	$1 \cdot 10^{-4} Q_{nom}$	Valvole a seggio singolo con tenuta m/m
IV-S1	Gas	$5 \cdot 10^{-6} Q_{nom}$	Idem con tenuta migliorata oppure valvole a seggio doppio con teflon
V	Liquido	$1,8 \cdot 10^{-5} \cdot \Delta P \cdot D$ (l/h)	Valvole a seggio singolo o gabbia con inserti in teflon
VI	Gas	$0,3 \cdot \Delta P \cdot F$ (l/h)	Idem con tenuta soffice in teflon, gomma elastomeri
NOTE	Q nom: Portata nominale; D: Diametro valvola (mm); F: Coefficiente perdita (IEC 60534-4)		

Tabella 4 - Classi di tenuta normalizzate per valvole di regolazione (IEC 60534-4)

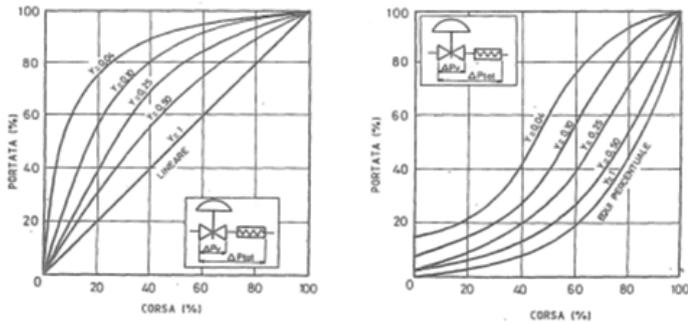


Figura 6 - Caratteristiche installate di valvole lineari (a) ed equipercentuali (b)

Per questa ragione se il  $\Delta P_v$  è una frazione del  $\Delta P_{tot}$  del processo, è meglio prevedere una valvola equipercentuale anziché lineare, che diventerebbe quasi ad apertura rapida  
Dimensionamento delle valvole

Per procedere al dimensionamento di una valvola di regolazione, occorre conoscere una serie di informazioni di processo e di dati di impianto, che possono essere così suddivisi:

### Informazioni di processo

- Tipo di fluido e sue caratteristiche chimiche, fisiche e termodinamiche, infiammabilità, grado di tossicità e presenza di particelle solide, pericolo di solidificazione
- Portata massima e minima e relative pressioni e temperature
- Pressione differenziale a valvola chiusa
- Pressione differenziale della valvola rispetto a quella della linea
- Posizione in mancanza di alimentazione all'attuatore
- Presenza di eventuali shock termici
- Rapidità di intervento
- Tenuta a valvola chiusa
- Limiti di rumorosità accettabili

### Dati di impianto

- Pressione e temperatura di progetto
- Tipo di tubazione: dimensioni, materiali e connessioni
- Alimentazioni disponibili: elettriche, pneumatiche, ecc.
- Orientamento e accessibilità per manutenzione

E pertanto poi con i dati e le informazioni sopra riportate si può procedere ad una preliminare scelta della tipologia della valvola prima di procedere al suo dimensionamento (Figura 7).

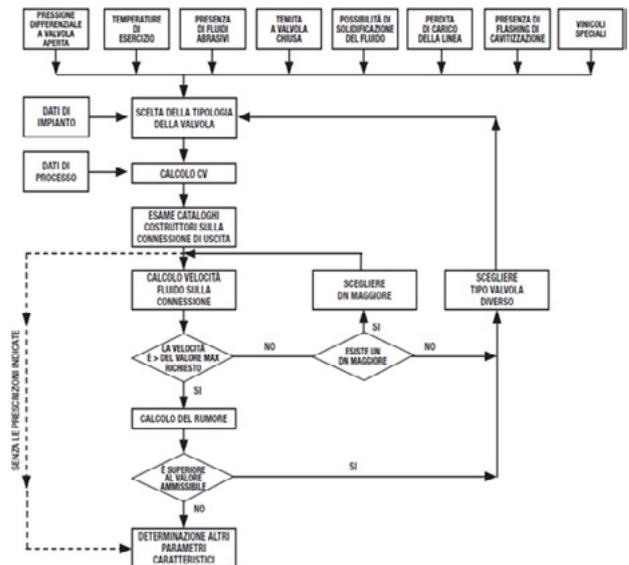


Figura 7 - Schema generale per la preliminare scelta delle valvole di regolazione

### Equazioni di dimensionamento

Il dimensionamento delle valvole di regolazione viene generalmente condotto secondo le equazioni di dimensionamento previste dalle Norme Internazionali IEC Serie 60534, che permettono di calcolare il suo coefficiente portata Cv, tenendo conto delle loro particolari condizioni di esercizio, solitamente diverse da quelle normalizzate, specificate per la valutazione del Cv stesso.

Il coefficiente Cv, è definito in termini di una portata volumica normalizzata che passa attraverso una valvola ad una determinata apertura, riferita a queste condizioni nominali:

- Pressione differenziale tra monte e valle: 1 psi ( $7 \cdot 10^3$  Pa)
- Tipo di fluido: Acqua
- Temperatura del fluido: 5:40 °C (40:100 °F)
- Unità di misura della portata: gpm (galloni US per minuto)

Il valore di Cv può essere determinato in relazione al tipo di valvola come espresso in Tabella 5.

TIPO DI VALVOLA	VALORE Cv
A globo con passaggio ridotto	$0,006 \cdot d^2$
A globo a singola e doppia sede	$0,018 \cdot d^2$
Ad angolo	$0,021 \cdot d^2$
A farfalla aperta a 60°	$0,028 \cdot d^2$
A farfalla aperta a 90°	$0,054 \cdot d^2$

Tabella 5 - Relazione tra Cv e il diametro della valvola d in mm

## Principali parametri caratteristici

Oltre il coefficiente di portata  $C_v$  nelle equazioni di dimensionamento delle valvole IEC, compaiono numerosi altri parametri, quali, tra i principali:

$F_d$  – Fattore di forma

vale 1 quando il diametro idraulico di passaggio del flusso nella valvola equivale al diametro circolare di passaggio, diversamente è minore di 1.

$F_L$  – Fattore di recupero,

vale 1 per le valvole che non recuperano la pressione a valle (tipo a gabbia), è solitamente inferiore a 1 e quindi può provocare il fenomeno di cavitazione in liquidi che diventano vapori e poi ancora liquidi all'interno della valvola, erodendo così l'otturatore e provocando rumorosità.

$F_p$  – Fattore di piping,

vale 1 per le valvole che hanno lo stesso diametro della tubazione, e diminuisce diminuendo il diametro della valvola, incrementando così la determinazione del coefficiente di portata  $C_v$ .

$F_R$  – Fattore di Reynolds

vale 1 per le valvole operanti in regime turbolento con Reynolds  $> 2.000$ , e diminuisce in regime laminare financo 0,1 riducendo di conseguenza il coefficiente di portata anche di 10 volte.

$X_T$  – Fattore limite della pressione differenziale, solitamente 0,5 al di sotto del quale con pressione differenziale inferiore a metà della pressione di ingresso, il gas raggiunge la velocità del suono con conseguente rumorosità.

A titolo di compendio si riportano nella seguente Tabella 6, i tipici valori dei fattori di recupero  $F_L$ , di pressione  $X_T$  e di forma  $F_d$ , tratti dalla Norma Internazionale IEC 60534-2-1.

Tipo di Valvola	Tipo di Trim		Senso Flusso	$F_L$	$x_T$	$F_d$
Globo, singola sede	Otturatore conformato (lineare e equipercentuale)		Apre	0.90	0.72	0.46
			Chiuso	0.80	0.55	1.00
Globo e Angolo	Otturatore conformato (lineare e equipercentuale)		Apre	0.90	0.72	0.46
			Chiuso	0.80	0.65	1.00
Farfalla e Eccentrico	Offset		Qualsiasi	0.67	0.35	0.57
Globo e Angolo	Multistadio, Multipasso	2	Qualsiasi	0.97	0.812	-
		3		0.99	0.888	-
		4		0.99	0.925	-
		5		0.99	0.950	-

Tabella 6 - Tipici valori dei coefficienti  $F_L$ ,  $X_T$  e  $F_d$  per vari tipi di valvole (IEC 60534-2-1)

## Esempio di calcolo

Le formule di calcolo sono abbastanza complesse e si rimanda alla IEC 60534-2 per eventuali approfondimenti; ciò nonostante i diversi costruttori mettono a disposizione dei clienti dei programmi di calcolo operanti su Excel.

A titolo di esempi si riporta nel prosieguo un semplice esempio di dimensionamento grafico di una valvola con nomogramma a regolo che si impiegava qualche tempo fa (Figura 8)!

## Dati di Processo

- Tipo di fluido: Acqua
- Densità relativa all'acqua  $\rho_r$ : 1
- Temperatura di ingresso: 15°C
- Pressione di ingresso: 10 bar a
- Pressione di uscita: 9 bar a
- Pressione critica (per acqua): 221 bar a

- Pressione di vaporizzazione (per acqua): 1,025 bar a
- Portata massica ( $Q_m$ ): 30.000 kg/h

Date le condizioni di pressione del processo anche selezionando eventualmente valvole ad alto recupero non si raggiungeranno mai condizioni di cavitazione data la bassissima pressione di vaporizzazione dell'acqua.

Pertanto può essere applicata la metodologia del nomogramma di Figura 8, con approssimazioni di determinazioni del  $C_v$  di circa il 10%, attraverso i seguenti passaggi:

- Tracciare la retta tra la  $p_r$  e la portata massica  $Q_m$  fino ad arrivare alla penultima linea
- Tracciare facendo passare per questo ultimo punto la retta tra il DP e  $C_v$
- Individuare sulla linea  $C_v$  il coefficiente di portata richiesto

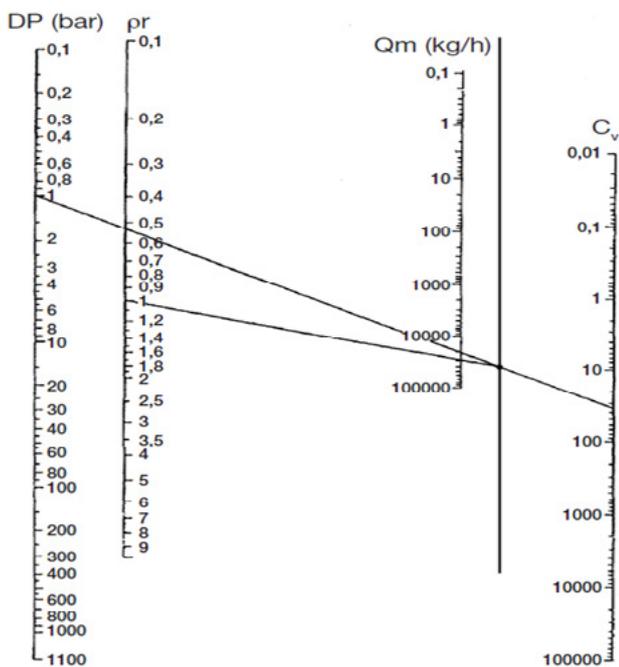


Figura 8 – Determinazione grafica del coefficiente di portata Cv

### Selezione del coefficiente di portata

Il coefficiente di portata Cv calcolato secondo le Norme Internazionali IEC 60534 ha innanzitutto il campo di validità riportato in Figura 9 per le varie tipologie di valvole considerate.

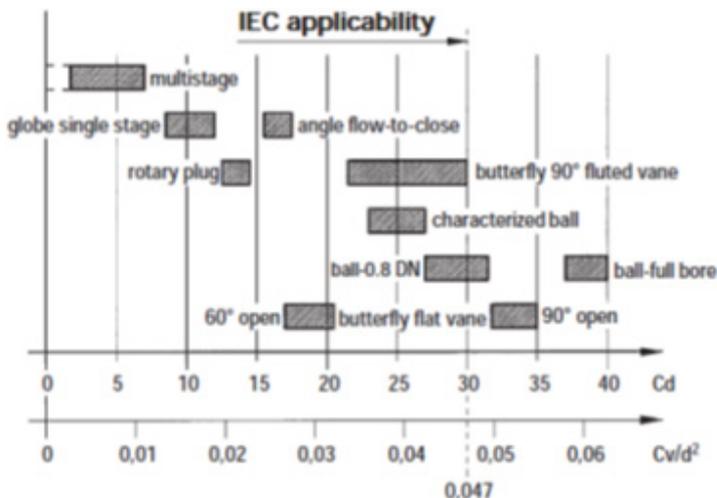


Figura 9 - Coefficienti di capacità relativa delle valvole di regolazione

Inoltre, bisogna ricordare che le formule di dimensionamento IEC 60534 hanno le precisioni di calcolo del coefficiente di portata riportate in Tabella 7.

Pertanto è opportuno maggiorare il Cv scelto rispetto quello calcolato secondo le indicazioni riportate in Tabella 8, cosicché la valvola possa funzionare a pieno carico a circa il 70-80% del Cv massimo e pertanto garantire corretta

funzionalità e pronto recupero di eventuali variazioni di carico.

Tipo di calcolo	Precisione di calcolo ( $\pm$ in %)
Fluidi incomprimibili	5
Liquidi cavitanti (cavitation)	10
Liquidi evaporanti (flashing)	20
Miscela liquido-gas >10%	30
Miscela liquido-vapore >10%	40
Valvole multistadio e a salti multipli	10

Tabella 7 - Precisioni di calcolo del coefficiente di portata delle valvole di regolazione

Tipo di valvola	Maggiorazione del Cv scelto Vs. Cv calcolato (+ in %)
Valvole a singolo stadio	20-30
Valvole multistadio	30
Valvole per liquidi cavitanti	40
Valvole per miscele bifase	50
Valvole a elevato Cd o con $\Delta P$ molto bassi	40

Tabella 8-Maggiorazioni tipiche del coefficiente di portata scelto delle valvole di regolazione

### Selezione della tipologia delle valvole di regolazione

La scelta della tipologia della valvola è dettata dai seguenti fattori:

- Caratteristiche e geometrie dell'impianto: che condizionano talvolta la sua applicazione in linea, ed angolo, ecc.
- Caratteristiche di capacità richieste: che condizionano talvolta il passaggio da una valvola a globo ad una valvola rotativa; vedasi anche la Figura 9 che definisce la corretta applicabilità in relazione alla tipologia.
- Caratteristiche di tenuta richieste in caso di fermata dell'impianto: che condiziona il passaggio da doppia sede, a singola sede, talvolta con alte forze di chiusura; vedasi anche la Tabella 4 per le classi di tenuta normalizzate in relazione alla tipologia.

Inoltre, è dettata anche dalle caratteristiche specifiche delle diverse tipologie di valvole, che sono espresse come vantaggi e svantaggi applicativi, utili per una prima scelta, in Tabella 9.

Tipo di valvola	VANTAGGI	SVANTAGGI
A globo	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Ampia selezione di corpo e di materiali di rivestimento che permettono di adattarla facilmente ai vari tipi di servizi</li> <li>• Le valvole sono disponibili in tutte le più comuni flangiature</li> <li>• Nessun limite per pressione e temperatura di esercizio.</li> <li>• Scelta tipi di otturatori diversi con varie caratteristiche di portata da abbinare alla dinamica dei vari sistemi di controllo</li> <li>• Soluzioni disponibili per problemi di cavitazione e rumorosità</li> <li>• Disponibilità di ogni classe di tenuta</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Limitazione del max DN per le valvole in linea</li> <li>• Costi elevati confrontati con valvole rotative quando applicate in bassa pressione</li> <li>• Maggiore massa e dimensioni rispetto a valvole rotative equivalenti anche quando modelli ad angolo sono prese in considerazione</li> </ul>
A sfera	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Maggiore capacità di quelle a globo.</li> <li>• Adatte anche per fluidi abrasivi e spessi</li> <li>• Eccellente tenuta del packing</li> <li>• Elevata rangeability</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Limitata resistenza alle alte temperature</li> <li>• Non adatte per servizi con liquidi in cavitazione</li> <li>• Limitato controllo del rumore</li> </ul>
A farfalla	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Alta capacità al più basso costo</li> <li>• Limitata massa e ingombro</li> <li>• Limitati costi installazione/manutenzione</li> <li>• Eccellente tenuta del packing</li> <li>• Ampia gamma di dimensioni, materiali e rating di P/T</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Limitata funzionalità ad alte pressioni a causa problemi di coppia di azionamento</li> <li>• Necessita impiego del posizionatore</li> <li>• Servizio limitato alle alte temperature</li> <li>• Non adatte per liquidi cavitanti</li> <li>• Elevata rumorosità</li> </ul>
A eccentrico	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Tutti i vantaggi elencati per le valvole a farfalla convenzionali e inoltre:</li> <li>• Tenuta perfetta anche nel lungo termine</li> <li>• Coppia di azionamento ridotta</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Come per valvole a farfalla convenzionali, tranne:</li> <li>• Non elevate coppie di apertura</li> <li>• Non elevate perdite in chiusura</li> </ul>

Tabella 9 - Vantaggi e svantaggi delle più comuni tipologie di valvole di regolazione

**Keywords:** Valvole di regolazione; processi industriali; controllo portata; IEC 60534; attuatori; posizionatori; otturatori; tenuta valvole; classi di tenuta; caratteristiche di portata; coefficiente Cv; dimensionamento valvole; cavitazione; rumorosità; curve caratteristiche; pressione differenziale; valvole a globo; valvole a farfalla; valvole a sfera; selezione valvole.

**Nota:** La prima parte dell'articolo è stato pubblicato sul numero precedente di Automation Technology (Anno IX - N.33 - Maggio / Giugno 2025)



**L'Autore\***

Alessandro Brunelli, Esperto in automazione, strumentazione, taratura e sicurezza degli impianti industriali. Segretario CEI SC65B: Misura e Controllo dei Processi Industriali