

4.2. Problema

Devi selezionare una **valvola a globo** per le seguenti condizioni:

fluido: cloroformio

densità: $\rho_f = 91.46 \text{ lb/ft}^3$

portata nominale: $\dot{m} < 10 \text{ lb/s}$

diametro nominale della linea: $\text{DN} < 65 \text{ mm}$

pressione a monte della valvola: $3.5 \text{ atm} > P_1 > 2.5 \text{ atm}$

pressione P_2 a valle della valvola: atmosferica

tensione di vapore: $P_v = 0.1 \text{ psi}$

coefficiente del rapporto della pressione critica per i liquidi: $F_F = 0.956$

1. Calcolare il **coefficiente di efflusso** C_v per condizioni di funzionamento della valvola che rispettino i vincoli di cui sopra

È disponibile una valvola Burkert 2012 in acciaio, montaggio flangiato, con caratteristica intrinseca sia **equipercentuale** sia **lineare**, *rangeability* $r = 18:1$, con i dati del costruttore di cui sotto:

DN (mm)	K_{vn} ($\text{m}^3 \text{ (H}_2\text{O) /h bar}^{1/2}$)
15	4.7
20	8.1
25	12.0
32	19.5
40	31.0
50	45.0
65	70.0
80	110.0
100	170.0

La conversione tra il **coefficiente di portata** K_v ed il **coefficiente di efflusso** C_v è la seguente:

$$C_v = 1.16 K_v \text{ [=] gpm (H}_2\text{O) psi}^{-1/2}$$

2. **Dimensionare la valvola** per il problema in esame, scegliendo **DN** e **caratteristica intrinseca** più opportuni
3. Effettuare la **verifica di cavitazione** secondo la normativa IEC
4. Determinare la tensione di vapore P_v che manderebbe la valvola scelta **in cavitazione**
5. Cosa è la **caratteristica installata**?
6. Costruire un grafico che riporti per un'**autorità** $V=0.33$ la **caratteristica installata** della valvola scelta, imponendo $\Delta P_n = P_1 - P_2$
7. Discutere quanto questo grafico si discosti da quello della **caratteristica intrinseca**

The pink painted variables are DATA

The blu painted text is COMMENT

PROBLEM DATA

fluid: chloroform

$$\rho_f := 91.46 \cdot \text{lb} \cdot \text{ft}^{-3} \quad \text{density} \quad \rho_f = 1.465 \times 10^3 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$$

$$G_f := \frac{\rho_f}{1000 \cdot \left(\frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \right)} \quad \text{specific density} \quad G_f = 1.465$$

NB: per semplicità, non potendo essere $P_1 = 1 \text{ atm}$, viene scelto il valore min per la pressione a monte.
Ciò porta ad avere il valore più grande per C_v

$$P_1 := 2.5 \cdot \text{atm} \quad P_1 = 36.74 \text{ psi} \quad \text{upstream absolute pressure}$$

$$P_2 := 1 \cdot \text{atm} \quad P_2 = 14.696 \text{ psi} \quad \text{downstream pressure}$$

NB: per semplicità, viene scelto il valore max ammissibile per la portata massica.
Ciò porta ad avere il valore più grande per C_v

$$m_{\text{punto}} := 10 \text{ lb} \cdot \text{s}^{-1} \quad m_{\text{punto}} = 4.536 \frac{\text{kg}}{\text{s}} \quad \text{mass flow rate}$$

$$V_{\text{punto}} := \frac{m_{\text{punto}}}{\rho_f} \quad V_{\text{punto}} = 3.096 \times 10^{-3} \frac{\text{m}^3}{\text{s}} \quad V_{\text{punto}} = 49.074 \frac{\text{gal}}{\text{min}} \quad \text{volume flow rate}$$

$$P_v := 0.1 \cdot \text{psi} \quad P_v = 6.805 \times 10^{-3} \text{ atm}$$

$$F_F := 0.956$$

OTHER DATA

$$F_L := 0.9 \quad \text{ISA S.75.01 norm, Annex D: Globe Valve}$$

$$K_C := 0.8 F_L^2 \quad K_C = 0.648$$

$$r := 18 \quad \text{intrinsic characteristics: a) } =\% \text{ b) linear}$$

NEW DEFINITIONS

$$\text{bar} \equiv 10^5 \text{ Pa} \quad \text{global definition of a new unit (pressure) in MathCad}$$

$$\text{conversion_factor} := 1.16 \cdot \frac{\text{gal} \cdot \text{min}^{-1} \cdot \text{psi}^{-0.5}}{\text{m}^3 \cdot \text{hr}^{-1} \cdot \text{bar}^{-0.5}}$$

NB: per semplicità, limitiamo le scelte possibili ai soli valori di DN < 50 mm

$$\text{DN} := \begin{pmatrix} 15 \\ 20 \\ 25 \\ 32 \\ 40 \\ 50 \end{pmatrix} \text{ mm} \quad K_{\text{vn}} := \begin{pmatrix} 4.7 \\ 8.1 \\ 12.0 \\ 19.5 \\ 31.0 \\ 45.0 \end{pmatrix} \frac{\text{m}^3}{\text{hr} \cdot \text{bar}^{\frac{1}{2}}} \quad C_{\text{vn}} := \text{conversion_factor} \cdot K_{\text{vn}}$$

$$\Downarrow \quad C_{\text{vn}} = \begin{pmatrix} 5.452 \\ 9.396 \\ 13.92 \\ 22.62 \\ 35.96 \\ 52.2 \end{pmatrix} \text{ gal min}^{-1} \cdot \text{psi}^{-0.5}$$

DESIGN CALCULATIONS

1) C_v CALCULATION

$$P_1 - P_2 = 22.044 \text{ psi}$$

$$C_v := \frac{V_{\text{punto}}}{\sqrt{\frac{P_1 - P_2}{G_f}}} \quad C_v = 12.651 \text{ gal min}^{-1} \cdot \text{psi}^{-0.5} \text{ Valve Flow Coefficient}$$

2) VALVE SIZING**VALVOLA CON CARATTERISTICA =%**

$$\phi(h) := r^{h-1}$$

$$DN_4 = 0.032 \text{ m}$$

$$\phi_{0.7} := \phi(0.7) \quad \phi_{0.7} = 0.42 \quad C_{vn_4} = 22.62 \text{ gal} \cdot \text{min}^{-1} \cdot \text{psi}^{-0.5} \quad C_{vn_4} \cdot \phi_{0.7} = 9.504 \text{ gal} \cdot \text{min}^{-1} \cdot \text{psi}^{-0.5}$$

risulta: $C_v^* = \phi(0.7)C_{vn} < C_v$; NON VA BENE!

$$DN_5 = 0.04 \text{ m}$$

$$\phi_{0.7} := \phi(0.7) \quad \phi_{0.7} = 0.42 \quad C_{vn_5} = 35.96 \text{ gal} \cdot \text{min}^{-1} \cdot \text{psi}^{-0.5} \quad C_{vn_5} \cdot \phi_{0.7} = 15.109 \text{ gal} \cdot \text{min}^{-1} \cdot \text{psi}^{-0.5}$$

risulta: $C_v^* = \phi(0.7)C_{vn} > C_v$; OK!!

VALVOLA CON CARATTERISTICA LINEARE

$$\phi(h) := h + \frac{1-h}{r}$$

$$DN_4 = 0.032 \text{ m}$$

$$\phi_{0.7} := \phi(0.7) \quad \phi_{0.7} = 0.717 \quad C_{vn_4} = 22.62 \text{ gal} \cdot \text{min}^{-1} \cdot \text{psi}^{-0.5} \quad C_{vn_4} \cdot \phi_{0.7} = 16.211 \text{ gal} \cdot \text{min}^{-1} \cdot \text{psi}^{-0.5}$$

risulta: $C_v^* = \phi(0.7)C_{vn} > C_v$; OK!! NB: tuttavia C_v^* è più grande del caso preced.

$$DN_5 = 0.04 \text{ m}$$

$$\phi_{0.7} := \phi(0.7) \quad \phi_{0.7} = 0.717 \quad C_{vn_5} = 35.96 \text{ gal} \cdot \text{min}^{-1} \cdot \text{psi}^{-0.5} \quad C_{vn_5} \cdot \phi_{0.7} = 25.771 \text{ gal} \cdot \text{min}^{-1} \cdot \text{psi}^{-0.5}$$

risulta: $C_v^* = \phi(0.7)C_{vn} \gg C_v$; NON VA BENE!

3) CHECK FOR NO CAVITATION (IEC norm) $\rightarrow (\Delta P - \Delta P_{\max}) < 0$

$$\Delta P := P_1 - P_2 \quad \Delta P = 22.044 \text{ psi}$$

$$\Delta P_{\max} := F_L^2 (P_1 - F_F \cdot P_v) \quad \Delta P_{\max} = 29.682 \text{ psi}$$

$$\Delta P - \Delta P_{\max} = -7.638 \text{ psi}$$

4) VAPOR PRESSURE GIVING CAVITATION (IEC norm)

$$\Delta P_{\max} = \Delta P$$

$$P_{v_new} := \frac{1}{F_F} \left(P_1 - \frac{\Delta P}{F_L^2} \right) \quad P_{v_new} = 6.87 \times 10^4 \text{ Pa} \quad \rightarrow \quad P_{v_new} = 9.964 \text{ psi}$$

6) INSTALLED CHARACTERISTICS

$$\Delta P_n := \Delta P \quad \rightarrow \quad \Delta P_n = 22.044 \text{ psi}$$

AUTORITA' DELLA VALVOLA

$$V := 0.33$$

$$\Delta P_0 := \frac{\Delta P_n}{V} \quad \rightarrow \quad \Delta P_0 = 66.8 \text{ psi}$$

VALVOLA CON CARATTERISTICA INTRINSECA =%

$$DN_5 = 0.04 \text{ m} \quad \phi(h) := r^{h-1}$$

$$C_{vn} := C_{vn_5} \quad \rightarrow \quad C_{vn} = 35.96 \text{ gal} \cdot \text{min}^{-1} \cdot \text{psi}^{-0.5}$$

$$V_{\text{punto}_n} := C_{vn} \sqrt{\frac{\Delta P_n}{G_f}} \quad \rightarrow \quad V_{\text{punto}_n} = 139.488 \text{ gal} \cdot \text{min}^{-1} \quad \text{PORTATA NOMINALE}$$

PREPARAZIONE DEI DATI PER IL DIAGRAMMA DELLA CARATTERISTICA INSTALLATA**NOTE SULL'USO DI MathCad**

$$h := 0, 0.1 .. 1$$

This is Mathcad's range variable operator.

NB: Notice that when you type the semicolon character [;], it displays on the screen as two dots (■..■) surrounded by placeholders.

Notice that ,0.1 represents the increment of the range variable.

$h =$	$\phi(h) =$
0	0.056
0.1	0.074
0.2	0.099
0.3	0.132
0.4	0.177
0.5	0.236
0.6	0.315
0.7	0.42
0.8	0.561
0.9	0.749
1	1

These are the values chosen for the independent variable h and the values calculated for its function $\phi(h)$.

Range variables in Mathcad are always displayed in a table.

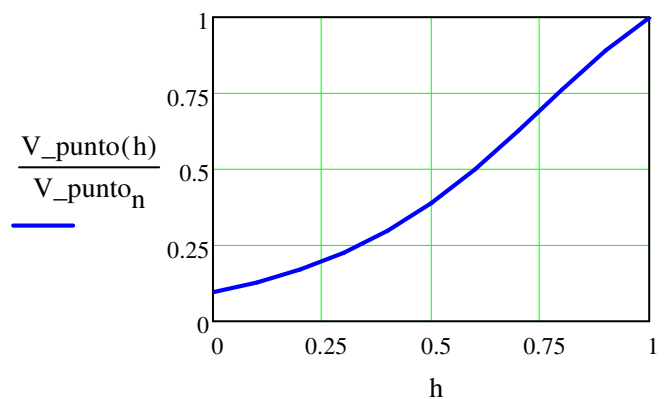
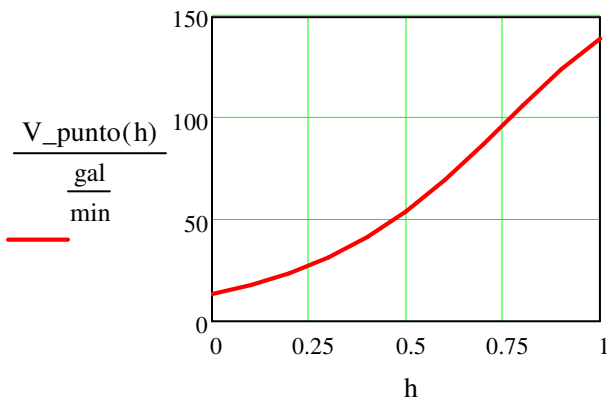
$$V_punto(h) := \frac{V_punto_n}{\sqrt{1 - V + \frac{V}{\phi(h)^2}}}$$

This instruction defines $V_punto(h)$ as a new function of the independent variable h .

$h =$	$V_punto(h) =$	$\frac{gal}{min}$
0	13.448	
0.1	17.911	
0.2	23.811	
0.3	31.551	
0.4	41.571	
0.5	54.255	
0.6	69.725	
0.7	87.535	
0.8	106.401	
0.9	124.352	
1	139.488	

These are the values chosen for the independent variable h and the values calculated for its function $V_punto(h)$.

Range variables in Mathcad are always displayed in a table.



These are the diagrams (dimensional and non-dimensional) of $V_punto(h)$.

NB: Notice that they are obtained in Mathcad by simply typing the function and the independent variable on the axes, respectively.