

### 4.3. Problema del 21.01.09

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

fluido: sugo di pomodoro

densità:  $\rho_f = 8.7 \text{ lb/gal (US)}$

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

diametro nominale della linea:  $\text{DN} < 100 \text{ mm}$

pressione a monte della valvola:  $P_1 = 1900 \text{ torr}$

pressione a valle della valvola:  $P_2 = 1444 \text{ torr}$

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

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

1. Calcola il **coefficiente di efflusso**  $C_v$  per il funzionamento della valvola

È disponibile una valvola Combraco 57 in acciaio, montaggio flangiato, con **caratteristica intrinseca** sia **equipercentuale** sia **lineare** sia **parabolica**, *rangeability*  $r = 20$ , con i dati del costruttore di cui sotto:

DN mm	$K_{vn}$ $\text{m}^3 (\text{H}_2\text{O}) / \text{h bar}^{1/2}$
8	3.0
15	9.2
20	12.1
40	17.0
60	29.3
80	34.6
100	52.8
120	70.3
150	88.4

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

$$C_v = 1.16 K_v \quad [=] \text{gpm psi}^{-1/2}$$

2. **Dimensiona la valvola** per il problema in esame, scegliendo quella con il DN e con la **caratteristica intrinseca** più opportuni,
3. Effettua la **verifica di cavitazione** secondo la normativa IEC
4. Determina la tensione di vapore  $P_v$  che manderebbe la valvola scelta **in cavitazione**
5. Cosa è la **caratteristica installata**?
6. Costruisci un grafico che riporti per un'**autorità**  $V=0.40$  la **caratteristica installata** della valvola scelta
7. La scelta della **caratteristica intrinseca** fatta al prec. punto 2) è congruente con il valore imposto  $V=0.40$  ?

Il costruttore Combraco 57 ti dà la possibilità di variare la *rangeability*  $r$  a tuo piacimento e, d'altra parte, tu puoi variare l'**autorità**  $V$  a tuo piacimento.

8. Determina, seguendo le indicazioni della teoria, la migliore combinazione di valori di  $r$  e  $V$  che renda la curva della **caratteristica installata** più vicino possibile ad una retta

The pink painted variables are DATA

The blu painted text is COMMENT

### PROBLEM DATA

fluid:  
tomato juice

$$\left. \begin{aligned} \rho_f &:= \frac{8.7 \cdot \text{lb}}{\text{gal}} && \text{density} && \rho_f = 1.042 \times 10^3 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \\ G_f &:= \frac{\rho_f}{1000 \cdot \left(\frac{\text{kg}}{\text{m}^3}\right)} && \text{specific density} && G_f = 1.042 \end{aligned} \right\}$$

$$F_F := 0.956$$

Inserire il valore di  $P_1$

1900

upstream absolute pressure

Inserire il valore di  $P_2$

1444

downstream pressure

Inserire il valore di  $P_v$

5.171

- atm
- Pa
- psi
- torr



Inserire il valore della portata massica

10

mass flow rate

- kg/s
- lb/min
- lb/s



data  
in converted units



$P_1 = 36.74 \text{ psi}$

$P_2 = 27.922 \text{ psi}$

$P_v = 0.1 \text{ psi}$

$m_{\text{punto}} = 4.536 \frac{\text{kg}}{\text{s}}$

$$V_{\text{punto}} := \frac{m_{\text{punto}}}{\rho_f}$$

$V_{\text{punto}} = 4.351 \times 10^{-3} \frac{\text{m}^3}{\text{s}}$

$V_{\text{punto}} = 68.966 \frac{\text{gal}}{\text{min}}$

volume flow rate

### OTHER DATA

$F_L := 0.9$  [ISA S.75.01 norm, Annex D: Globe Valve](#)

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

$r := 20$

intrinsic characteristics: a) =%  
b) linear  
c) parabolic

### NEW DEFINITIONS

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

conversion\_factor  $\equiv 1.16 \cdot \frac{\text{gal min}^{-1} \cdot \text{psi}^{-0.5}}{\text{m}^3 \cdot \text{hr}^{-1} \cdot \text{bar}^{-0.5}}$

NB: per semplicità, limitiamo le scelte possibili ai soli valori di DN < 100 mm

$$\text{DN} := \begin{pmatrix} 8 \\ 15 \\ 20 \\ 40 \\ 60 \\ 80 \end{pmatrix} \text{ mm} \quad K_{\text{vn}} := \begin{pmatrix} 3 \\ 9.2 \\ 12.1 \\ 17 \\ 29.3 \\ 34.6 \end{pmatrix} \frac{\text{m}^3}{\text{hr} \cdot \text{bar}^{\frac{1}{2}}}$$

$$C_{\text{vn}} := \text{conversion\_factor} \cdot K_{\text{v}} \quad \Downarrow \quad C_{\text{vn}} = \begin{pmatrix} 3.48 \\ 10.672 \\ 14.036 \\ 19.72 \\ 33.988 \\ 40.136 \end{pmatrix} \text{ gal min}^{-1} \cdot \text{psi}^{-0.5}$$

## DESIGN CALCULATIONS

### 1) $C_v$ CALCULATION

$$P_1 - P_2 = 8.818 \text{ psi}$$

$$C_v := \frac{V_{\text{punto}}}{\sqrt{\frac{P_1 - P_2}{G_f}}} \quad C_v = 23.713 \text{ gal min}^{-1} \cdot \text{psi}^{-0.5} \text{ Valve Flow Coefficient}$$

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

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

Per DN = 40 mm

$$\phi_{0.7} := \phi(0.7) \quad \phi_{0.7} = 0.407 \quad C_{vn_4} = 19.72 \text{ gal} \cdot \text{min}^{-1} \cdot \text{psi}^{-0.5} \quad C_{vn_4} \cdot \phi_{0.7} = 8.028 \text{ gal} \cdot \text{min}^{-1} \cdot \text{psi}^{-0.5}$$

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

Per DN = 60 mm

$$\phi_{0.7} := \phi(0.7) \quad \phi_{0.7} = 0.407 \quad C_{vn_5} = 33.988 \text{ gal} \cdot \text{min}^{-1} \cdot \text{psi}^{-0.5} \quad C_{vn_5} \cdot \phi_{0.7} = 13.836 \text{ gal} \cdot \text{min}^{-1} \cdot \text{psi}^{-0.5}$$

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

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

Per DN = 40 mm

$$\phi_{0.7} := \phi(0.7) \quad \phi_{0.7} = 0.715 \quad C_{vn_4} = 19.72 \text{ gal} \cdot \text{min}^{-1} \cdot \text{psi}^{-0.5} \quad C_{vn_4} \cdot \phi_{0.7} = 14.1 \text{ gal} \cdot \text{min}^{-1} \cdot \text{psi}^{-0.5}$$

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

Per DN = 60 mm

$$\phi_{0.7} := \phi(0.7) \quad \phi_{0.7} = 0.715 \quad C_{vn_5} = 33.988 \text{ gal} \cdot \text{min}^{-1} \cdot \text{psi}^{-0.5} \quad C_{vn_5} \cdot \phi_{0.7} = 24.301 \text{ gal} \cdot \text{min}^{-1} \cdot \text{psi}^{-0.5}$$

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

$$\phi(h) := h^2 + \frac{1-h^2}{r}$$

Per DN = 40 mm

$$\phi_{0.7} := \phi(0.7) \quad \phi_{0.7} = 0.515 \quad C_{vn_4} = 19.72 \text{ gal} \cdot \text{min}^{-1} \cdot \text{psi}^{-0.5} \quad C_{vn_4} \cdot \phi_{0.7} = 10.166 \text{ gal} \cdot \text{min}^{-1} \cdot \text{psi}^{-0.5}$$

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

Per DN = 60 mm

$$\phi_{0.7} := \phi(0.7) \quad \phi_{0.7} = 0.515 \quad C_{vn_5} = 33.988 \text{ gal} \cdot \text{min}^{-1} \cdot \text{psi}^{-0.5} \quad C_{vn_5} \cdot \phi_{0.7} = 17.521 \text{ gal} \cdot \text{min}^{-1} \cdot \text{psi}^{-0.5}$$

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

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

$$\Delta P := P_1 - P_2 \quad \Delta P = 8.818 \text{ psi}$$

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

$$\Delta P - \Delta P_{\max} = -20.864 \text{ psi}$$

**4) VAPOR PRESSURE GIVING CAVITATION (IEC norm)**

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

$$P_{v\_new} := \frac{1}{F_F} \left( P_1 - \frac{\Delta P}{F_L^2} \right) \quad P_{v\_new} = 1.865 \times 10^5 \text{ Pa} \quad P_{v\_new} = 27.044 \text{ psi}$$

**6) INSTALLED CHARACTERISTICS****AUTORITA' DELLA VALVOLA**

$$\Delta P_n := \Delta P \quad \rightarrow \quad \Delta P_n = 8.818 \text{ psi}$$

$$V := 0.4$$

$$\Delta P_0 := \frac{\Delta P_n}{V} \quad \rightarrow \quad \Delta P_0 = 22.044 \text{ psi}$$

**VALVOLA CON CARATTERISTICA INTRINSECA LINEARE, DN = 60 mm**

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

$$C_{vn} := C_{vn_5} \quad \rightarrow \quad C_{vn} = 33.988 \text{ gal} \cdot \text{min}^{-1} \cdot \text{psi}^{-0.5}$$

$$V_{\text{punto}_n} := C_{vn} \sqrt{\frac{\Delta P_n}{G_f}} \quad \rightarrow \quad V_{\text{punto}_n} = 98.847 \text{ gal} \cdot \text{min}^{-1} \quad \text{PORTATA NOMINALE}$$

**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**.

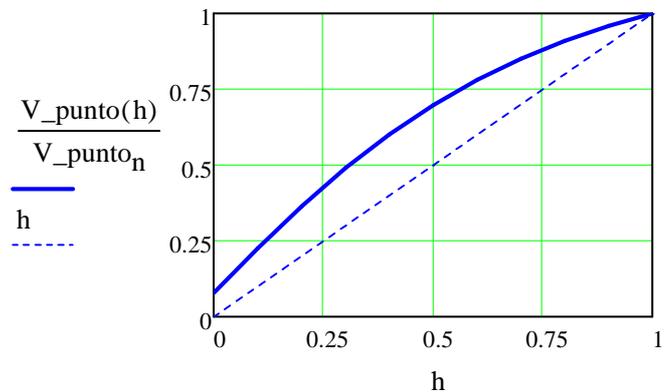
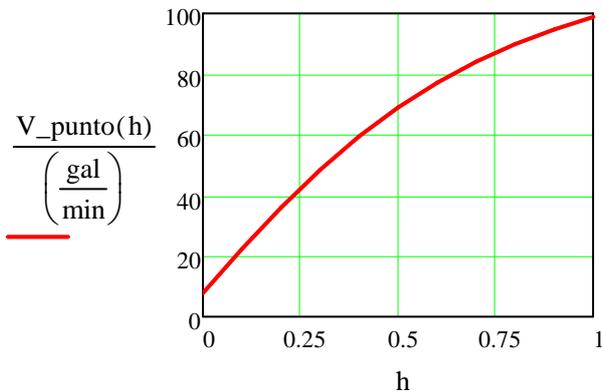
$$V\_punto(h) := \frac{V\_punto_n}{\sqrt{1 - V + \frac{V}{\phi(h)^2}}}$$

This instruction defines **V\_punto(h)** as a new function of the independent variable **h**.

h =	$\phi(h) =$	V_punto(h) =
0	0.05	7.8 $\frac{\text{gal}}{\text{min}}$
0.1	0.145	22.313
0.2	0.24	35.987
0.3	0.335	48.439
0.4	0.43	59.463
0.5	0.525	69.017
0.6	0.62	77.173
0.7	0.715	84.07
0.8	0.81	89.874
0.9	0.905	94.749
1	1	98.847

These are the values chosen for the independent variable (**h**),  
the values calculated for its function  $\phi(h)$   
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 the diagrams are obtained in Mathcad by simply typing the function and the independent variable on the axes, respectively.

### 7)

La scelta della caratteristica intrinseca fatta al prec. punto 2) è congruente con il valore imposto  $V=0.40$

## 8) MIGLIORE COMBINAZIONE DI VALORI DI *rangeability* (r) E DI autorità (V)

### Modifica di *rangeability* e di Autorità

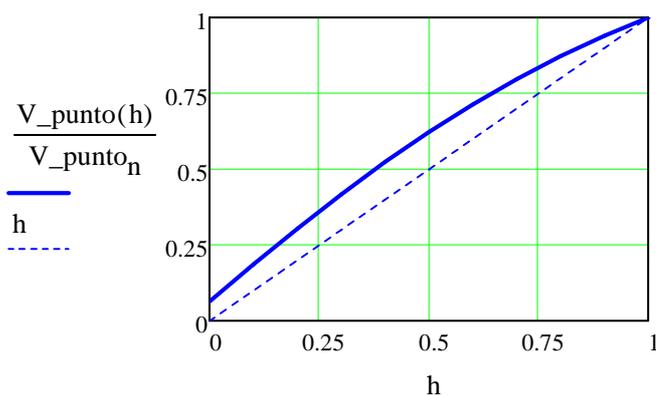
nel seguito sono progressivamente variati i valori di r e V

$r = 20$

$V := 0.6$

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

$$V_{\text{punto}}(h) := \frac{V_{\text{punto}_n}}{\sqrt{1 - V + \frac{V}{\phi(h)^2}}}$$

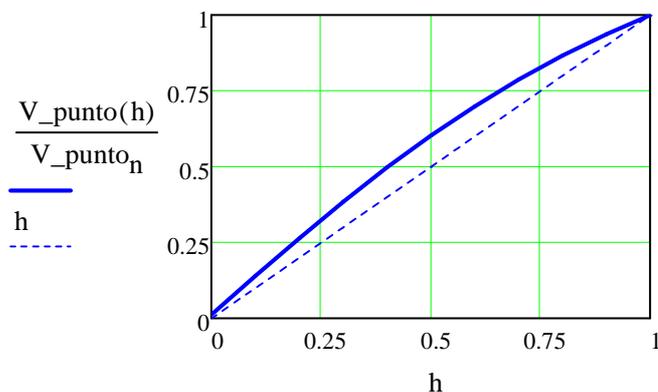


$r := 100$

$V := 0.6$

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

$$V_{\text{punto}}(h) := \frac{V_{\text{punto}_n}}{\sqrt{1 - V + \frac{V}{\phi(h)^2}}}$$

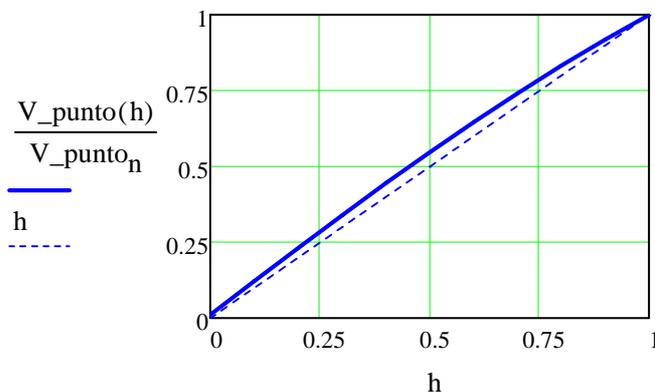


$r = 100$

$V := 0.8$

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

$V_{\text{punto}}(h) := \frac{V_{\text{punto}_n}}{\sqrt{1 - V + \frac{V}{\phi(h)^2}}}$

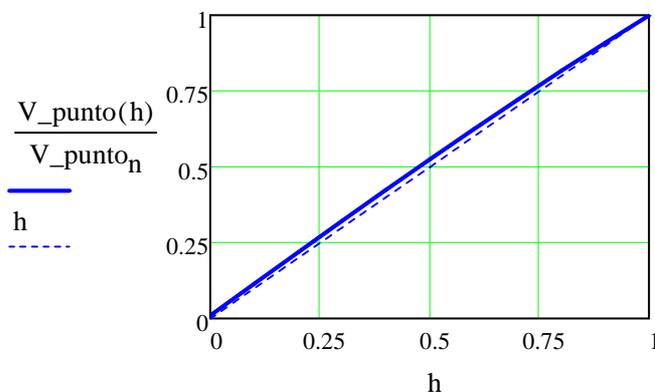


$r = 100$

$V := 0.9$

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

$V_{\text{punto}}(h) := \frac{V_{\text{punto}_n}}{\sqrt{1 - V + \frac{V}{\phi(h)^2}}}$



Una combinazione realistica di valori di  $r$  e  $V$  che renda la curva della **caratteristica installata** più vicino possibile ad una retta è:

$r = 100; \quad V = 0.9$

La migliore combinazione di valori di  $r$  e  $V$  teoricamente prevede:

$r \rightarrow \infty; \quad V = 1$

$V = 1$  significa, però, "assenza dell'**utenza**"