

## 16.4.2 Boccaglio

Se si fa a meno della parte divergente del tubo di Venturi, il risultato è il **boccaglio** della *Figura 16.10*. È questo uno strumento più semplice del tubo di Venturi e può essere installato tra le flange del condotto; il risultato, cioè la misura della portata, è lo stesso, ma ottenuto a spese di una maggiore perdita di carico.

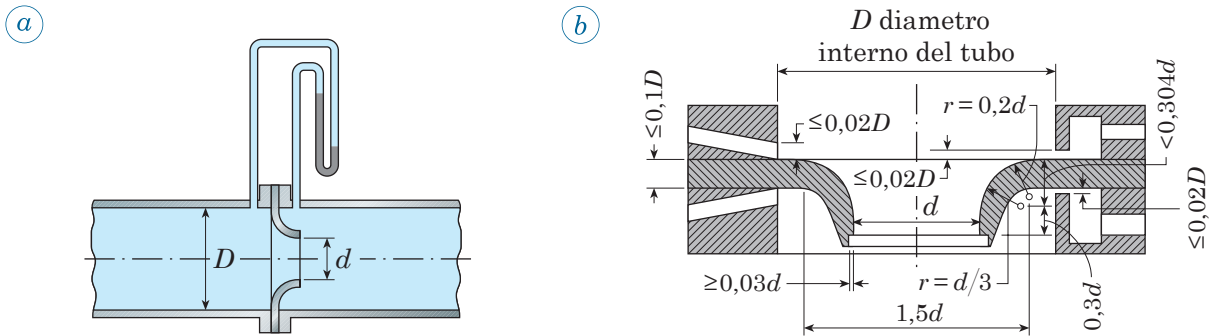


Fig. 16.10 - Boccaglio:

a) Schema con indicati i diametri  $d$  dell'area di gola  $a$  e del condotto  $D$  in cui è inserito il boccaglio. La portata del boccaglio dipende dall'altezza  $h$  (*Figura 16.9*) attraverso il *coefficiente di flusso*  $K$ :

$$\dot{V} = Ka \sqrt{2gh} \quad 16-11$$

b) Dimensioni unificate secondo l'ISO (Organizzazione internazionale delle norme).

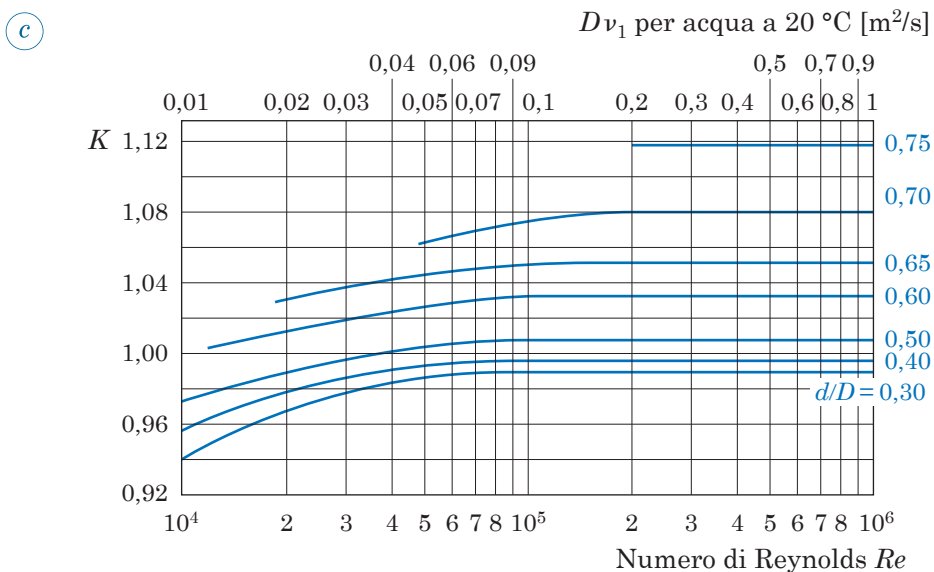


Fig. 16.10-c - Coefficiente di flusso  $K$  per il boccaglio della *Figura 16.10-b*. Per comodità, il numero di Reynolds  $Re$  viene calcolato facendo riferimento alle proprietà della sezione di ingresso e non all'area di gola. In alto è riportata una scala con il prodotto del diametro per la velocità nel condotto  $Dv_1$  da utilizzarsi solo nel caso in cui il fluido che scorre all'interno del tubo sia acqua.

### Esempio 16.8 Portata e perdita di carico con un boccaglio

Un boccaglio avente un diametro  $d = 77$  mm viene installato in un tubo di acciaio di diametro  $D = 154$  mm, in cui scorre dell'acqua, dando luogo a una differenza di pressione equivalente a un'altezza  $h = 145$  cm di colonna d'acqua. Determinare la portata  $\dot{V}$ .

#### SOLUZIONE

La portata dell'acqua misurata dal boccaglio è per la **16-11** data da:

$$\dot{V} = K\alpha \sqrt{2gh}$$

Il coefficiente di flusso del boccaglio  $K$  è funzione del numero di Reynolds  $Re$ , come mostrato dalla *Figura 16.10-c*. Questo a sua volta è funzione della velocità  $v_1$ , dell'acqua che può essere determinata solo conoscendo la portata  $\dot{V}$ . Ma la portata è proprio la grandezza che dobbiamo calcolare. Occorre allora procedere per tentativi prendendo un primo valore di  $K$ , che dovrà poi essere aggiornato in funzione del valore della portata. Noto il rapporto tra il diametro del boccaglio  $d$  e il diametro del tubo  $D$ :

$$\frac{d}{D} = \frac{77 \text{ mm}}{154 \text{ mm}} = 0,5$$

andiamo a prendere, in questo primo tentativo,  $K$  sulla parte piatta della curva caratterizzata da  $d/D = 0,5$  dalla *Figura 16.10-c* ( $K = 1,005$ ).

Il valore dell'area  $\alpha$  del boccaglio è:

$$\alpha = \frac{\pi d^2}{4} = \frac{\pi \times (0,077 \text{ m})^2}{4} = 0,00466 \text{ m}^2$$

$$\dot{V} = 1,005 \times 0,00466 \text{ m}^2 \sqrt{2 \times 9,81 \text{ m/s}^2 \times 1,45 \text{ m}} = 0,025 \text{ m}^3/\text{s}$$

Ricaviamo adesso la velocità  $v_1$  relativa alla sezione del tubo di area

$$A = \frac{\pi D^2}{4} = \frac{\pi \times (0,154 \text{ m})^2}{4} = 0,0186 \text{ m}^2$$

utilizzando l'equazione di continuità:

$$\dot{V} = v_1 A \Rightarrow v_1 = \frac{\dot{V}}{A} = \frac{0,025 \text{ m}^3/\text{s}}{0,0186 \text{ m}^2} = 1,3 \text{ m/s}$$

Con il prodotto

$$Dv_1 = 0,154 \text{ m} \times 1,3 \text{ m/s} = 0,2 \text{ m}^2/\text{s}$$

entriamo, trattandosi di acqua, direttamente nel diagramma della *Figura 16.10-c* dall'alto senza calcolare il numero di Reynolds posto in basso sulle ascisse. Il valore  $Dv_1 = 0,2 \text{ m}^2/\text{s}$  si trova sulla parte piatta del diagramma, quando cioè il coefficiente del boccaglio  $K$  non varia più all'aumentare del numero di Reynolds. In queste condizioni il valore di  $K$  è uguale a quello che avevamo fissato in primo tentativo e non deve essere aggiornato.

### 16.4.3 Diaframma

Un **diaframma**, come quello della *Figura 16.11-a* può essere utilizzato come strumento di misura della portata nello stesso modo del tubo di Venturi e del boccaglio. Può anche essere posto alla fine del condotto in modo tale che il fluido venga scaricato come un getto libero. La portata  $\dot{V}$  misurata dal diaframma è espressa ancora dall'equazione **16-11** che avevamo introdotto per il boccaglio. La *Figura 16.11-c* riporta i valori del coefficiente  $K$  del diaframma normalizzato, mostrato nella *Figura 16.11-b*.

La differenza principale tra il diaframma, da un lato, e il boccaglio o il venturimetro, dall'altro lato, è che, mentre per questi due, a causa del condotto convergente che precede la sezione di gola, non vi è contrazione della vena fluida e quindi l'area di gola  $a$  coincide con l'area minima della vena, nel caso del diaframma al contrario l'area della sezione contratta della vena (indicata con il diametro  $d'$  nella *Figura 16.11-a*) è inferiore all'area  $a$  della gola del diaframma e oltre tutto può mutare di posizione al variare delle condizioni di impiego del diaframma.

Mentre i coefficienti di portata  $C$  del venturimetro e  $K$  del boccaglio sono praticamente coincidenti con i coefficienti di velocità  $C_v$ , il coefficiente di portata  $K$  del diaframma risente sia del valore del coefficiente di velocità  $C_v$ , sia del coefficiente di contrazione  $C_c$ , in genere inferiore a uno. È per questo motivo che l'andamento del coefficiente  $K$  del diaframma (*Figura 16.11-c*) è completamente diverso da quello del coefficiente  $K$  del boccaglio (*Figura 16.10-c*). Ad alti  $Re$ , il  $K$  del diaframma è costante così come avveniva per il boccaglio ma, al diminuire del numero di Reynolds, si osserva un aumento di  $K$  con un massimo che cade, a seconda del rapporto  $d/D$ , in un intervallo di  $Re$  compreso tra 200 e 600. Abbassandosi il numero di Reynolds, infatti, aumenta l'azione viscosa che porta a una diminuzione nel coefficiente di velocità  $C_v$ , e a un aumento del coefficiente di contrazione  $C_c$ . Quest'ultimo predomina sul primo fino a raggiungere un valore prossimo a uno ( $C_c \approx 1$ ), come nel caso del boccaglio. Da qui in avanti l'ulteriore diminuzione del numero di Reynolds fa diminuire  $K$  in quanto il coefficiente di velocità  $C_v$  continua a diminuire come nel caso del boccaglio.

Il merito principale del diaframma consiste nel fatto che può essere installato in un condotto con il minimo di problemi e di spesa. Lo svantaggio principale è la maggiore resistenza per attrito e quindi la maggiore perdita quando confrontato con un tubo di Venturi oppure con un boccaglio.

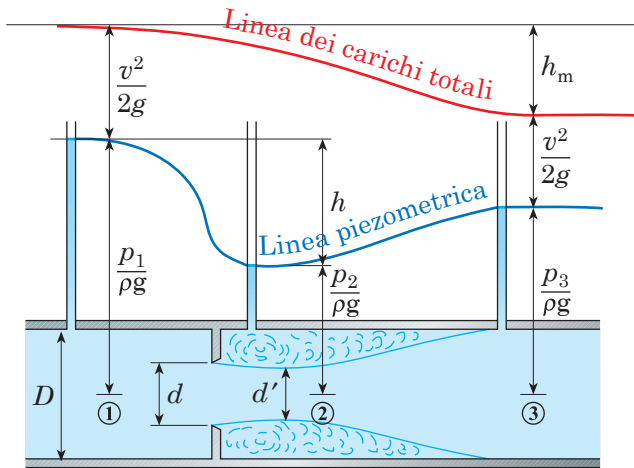


Fig. 16.11-a - Diaframma inserito in un condotto.

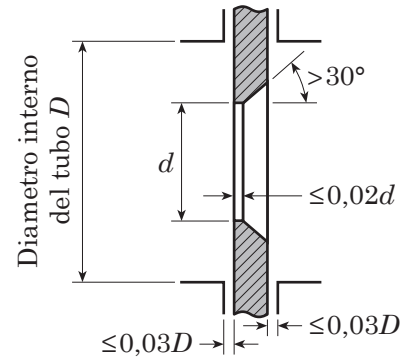


Fig. 16.11-b - Dimensioni tipiche di un diaframma.

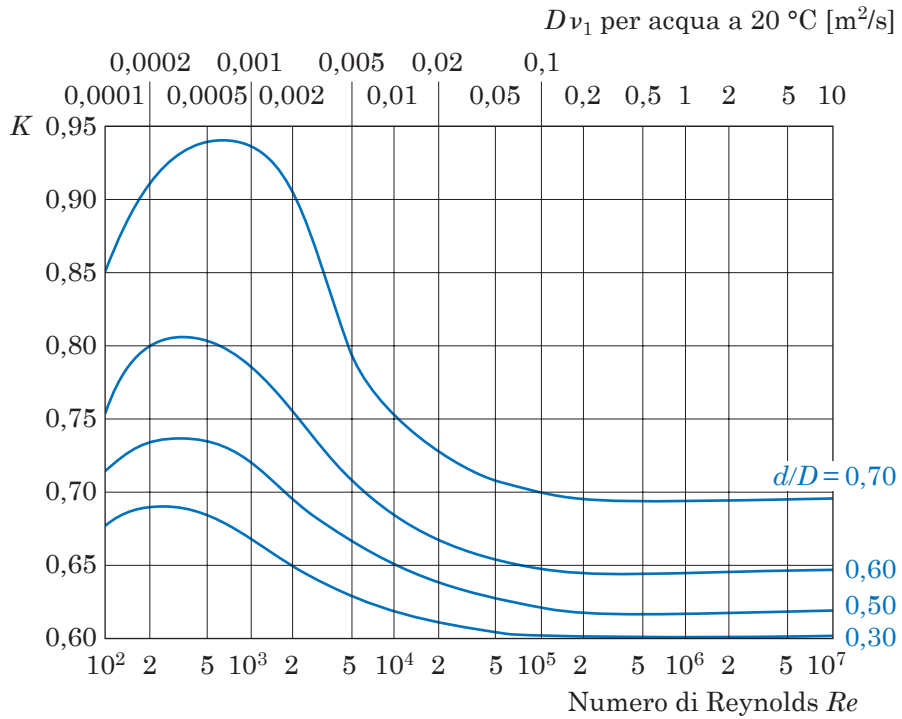
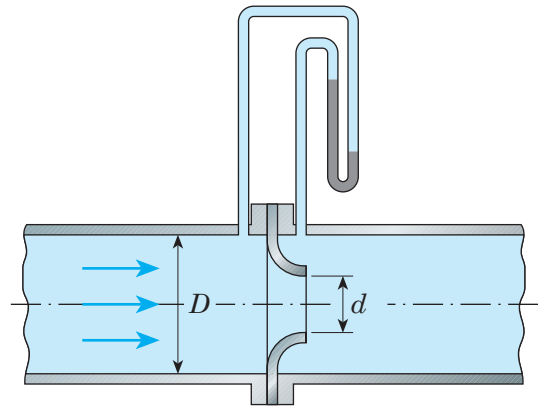


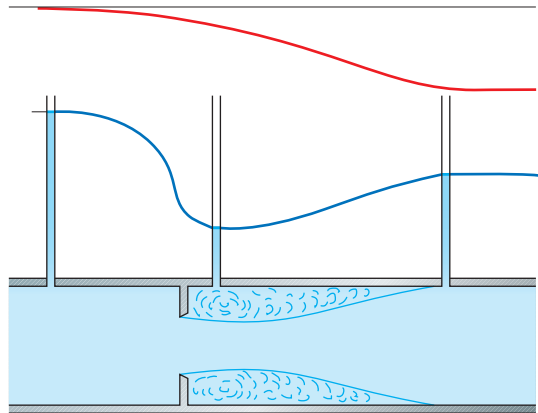
Fig. 16.11-c - Coefficiente di flusso  $K$  per il diaframma di *Figura 16.11-b*.

## SINTESI

Il *boccaglio* è più semplice del tubo di Venturi perché, essendo sprovvisto della parte divergente, può essere installato tra le flange del condotto. La semplicità viene però ottenuta a spese di una maggior perdita di carico del Venturi per l'assenza del diffusore.



Nel Venturi e nel boccaglio, a causa della presenza del convergente che precede la sezione di gola, l'area di gola coincide con l'area minima della vena. Nel *diaframma*, al contrario, l'area della sezione contratta della vena è inferiore all'area della gola del diaframma.



## ESERCIZI

**16.15** - Calcolare la portata  $\dot{V}$  misurata da un boccaglio di diametro  $d = 90$  mm; il boccaglio è installato in un tubo di acciaio di diametro  $D = 150$  mm, in cui scorre dell'acqua, e dà luogo a una differenza di pressione equivalente a un'altezza  $h = 2,71$  m di colonna d'acqua. Seguendo il procedimento illustrato nell'*Esempio 16.8*, si assuma, in prima approssimazione, un coefficiente  $K$  del boccaglio sulla parte piatta della curva della *Figura 16.10-c* e poi lo si controlli entrando nella figura con il valore del prodotto  $Dv_1$ .

Si chiede infine a quale valore del numero di Reynolds  $Re$  corrisponda tale prodotto.

$$K = 1,032;$$

$$\dot{V} = 0,0478 \text{ m}^3/\text{s}; \quad Re = 400.000$$

**16.16** - Calcolare per l'acqua il valore del fattore  $Dv_1$ , utilizzato nella *Figura 16.10-c*, in funzione del numero di Reynolds  $Re$ , che varia da 10.000 a 600.000. Si assuma una massa volumica  $\rho_{\text{acqua}} = 1000 \text{ kg/m}^3$  e un coefficiente di viscosità  $\mu_{\text{acqua}} = 0,001 \text{ N}\cdot\text{s/m}^2$ .

$Re$	$1 \times 10^4$	$1 \times 10^4$	$4 \times 10^4$	$6 \times 10^4$	$8 \times 10^4$	$1 \times 10^5$	$2 \times 10^5$	$4 \times 10^5$	$6 \times 10^5$	$8 \times 10^5$	$1 \times 10^6$
$Dv_1$	0,01	0,02	0,04	0,06	0,08	0,10	0,20	0,40	0,60	0,80	1,00

## VERIFICA DELL'APPRENDIMENTO

17. Il Venturi è costituito da due parti: la prima convergente e la seconda divergente (il diffusore). Il boccaglio è più semplice del tubo di Venturi perché non ha ..... . Ciò comporta però una perdita di carico .....
18. Nello strumento che misura la portata, la posizione dell'area minima della vena del fluido:
- coincide con l'area di gola nel Venturi;
  - si trova a monte dell'area di gola nel boccaglio;
  - si trova a valle dell'area di gola nel diaframma.