

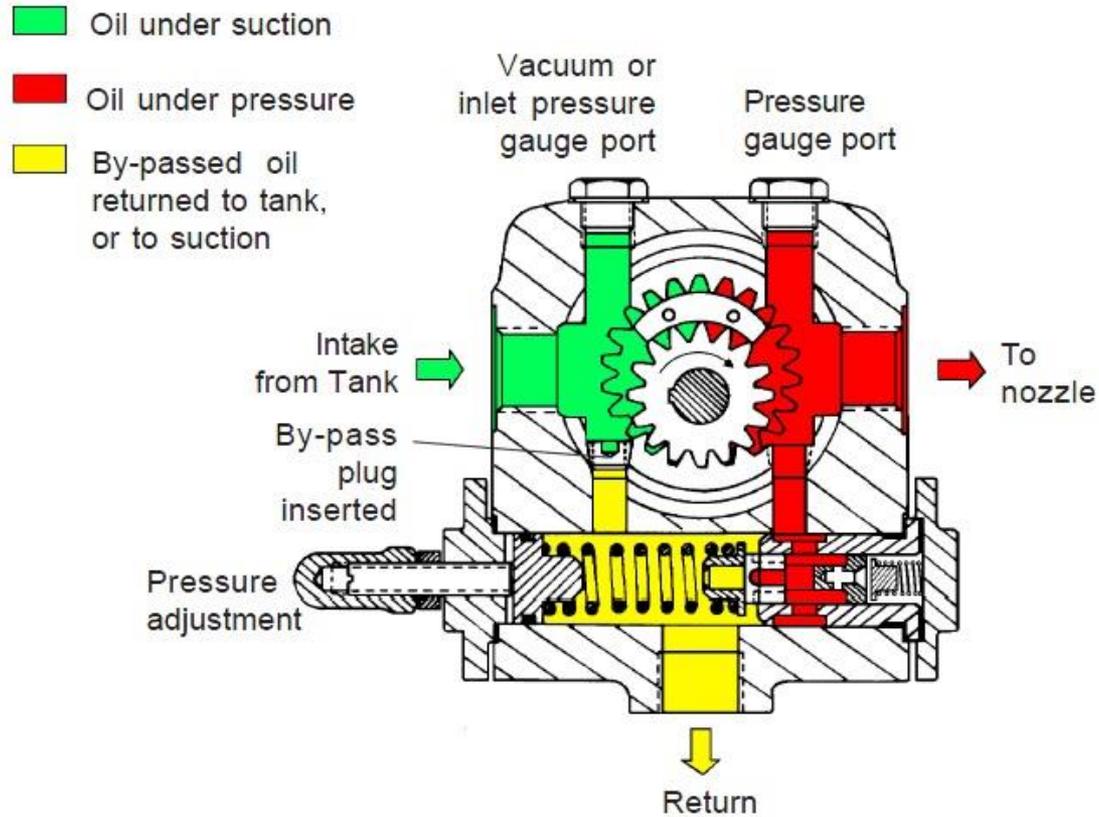


UNIVERSITÀ  
DEGLI STUDI DI TRIESTE  
*Dipartimento di Ingegneria e Architettura*

# Rilievo delle prestazioni della pompa SUNTEC TA2C-4010\_7

Corso di Macchine

# pompa per combustibili SUNTEC TA2C-4010\_7 – 1/2

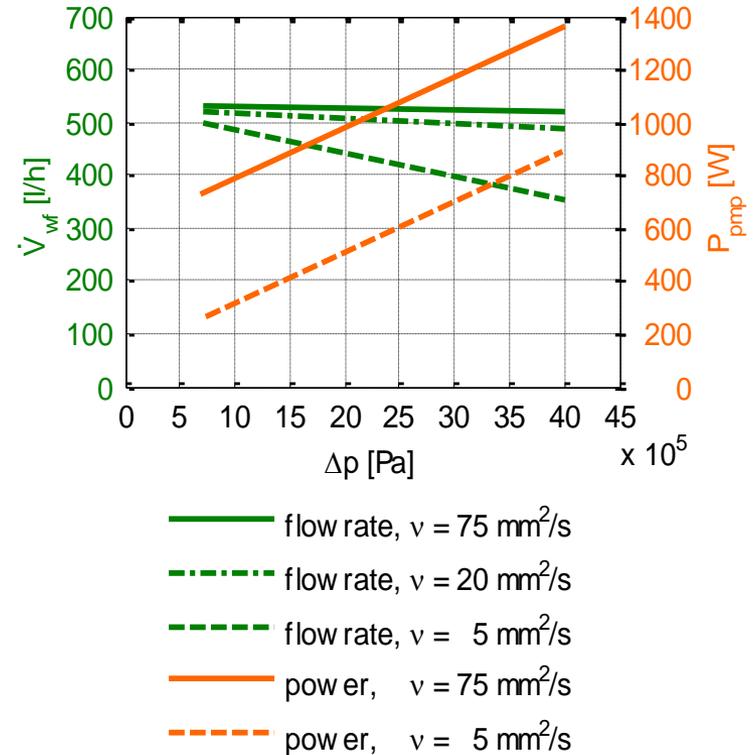


# pompa per combustibili SUNTEC TA2C-4010\_7 – 2/2

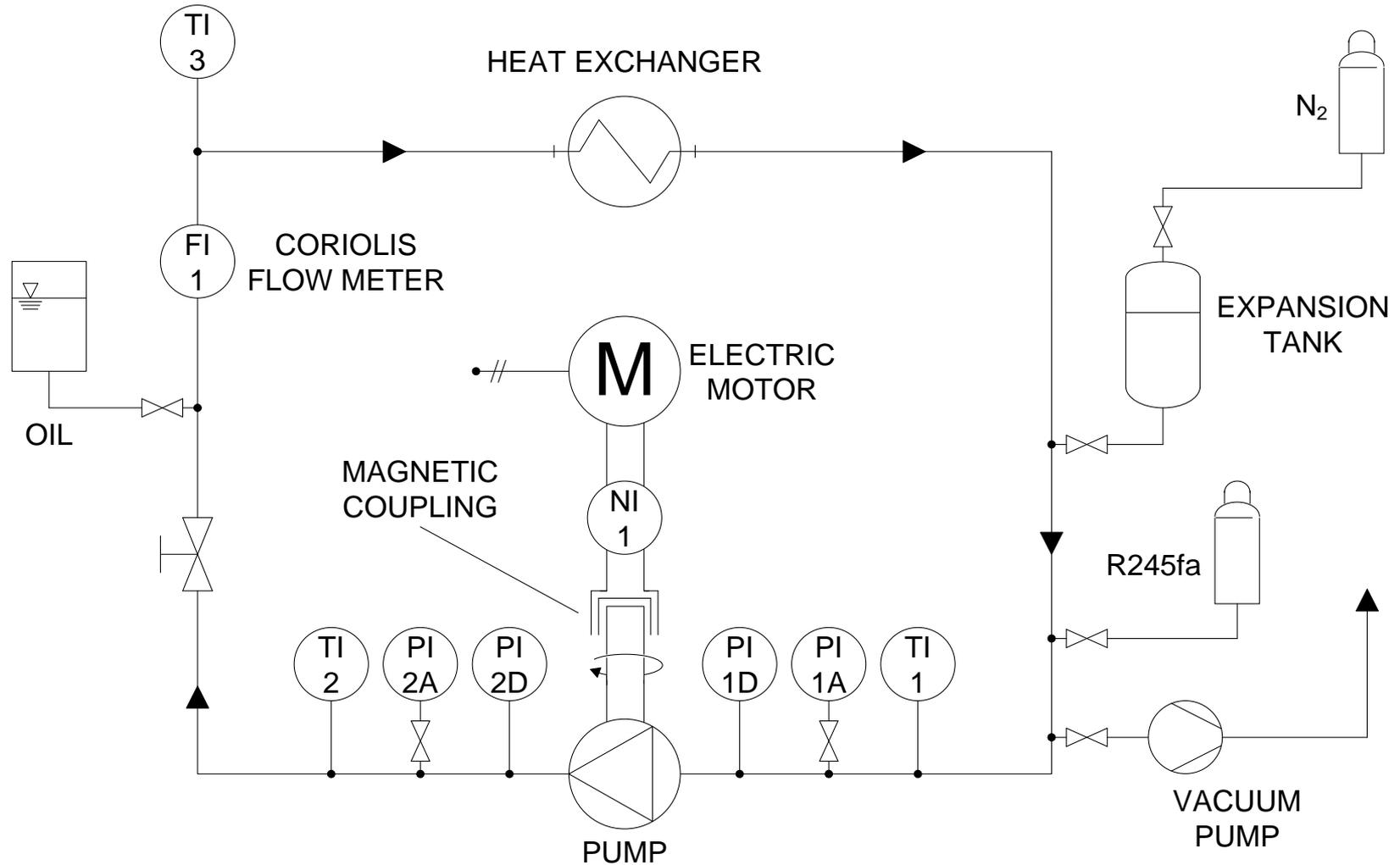
## *pump technical data*

|                                 |                           |
|---------------------------------|---------------------------|
| Weight                          | 5.4 kg                    |
| Max discharge pressure          | 40 bar                    |
| Operating temperatures          | 0 – 150 °C                |
| Operating kinematic viscosities | 3 – 75 mm <sup>2</sup> /s |
| Max shaft speed                 | 3600 rpm                  |
| Rated torque (@ 40 rpm)         | 0.3 Nm                    |

## *operating curves at 2850 rpm*



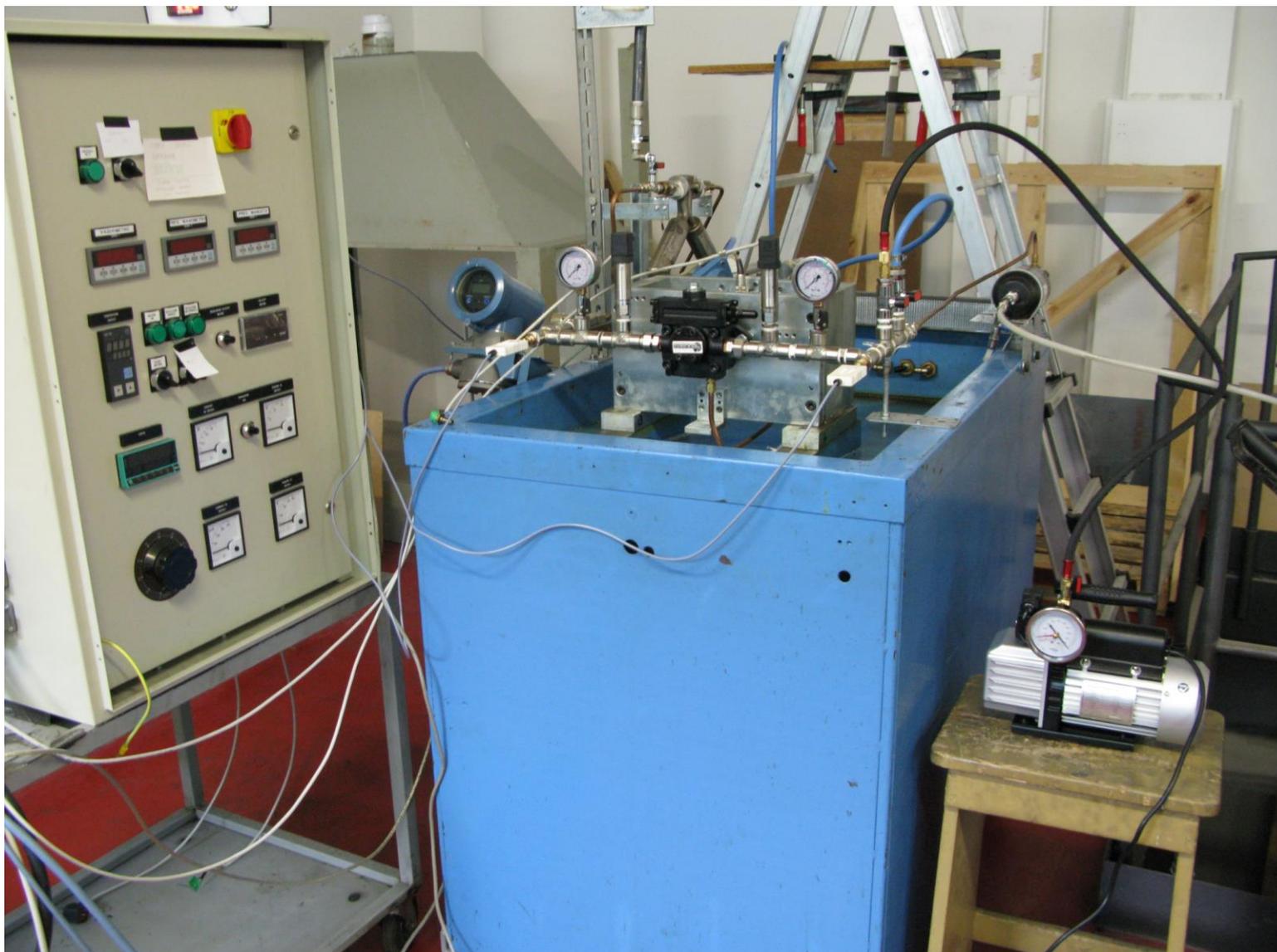
# Il banco prova: schema funzionale



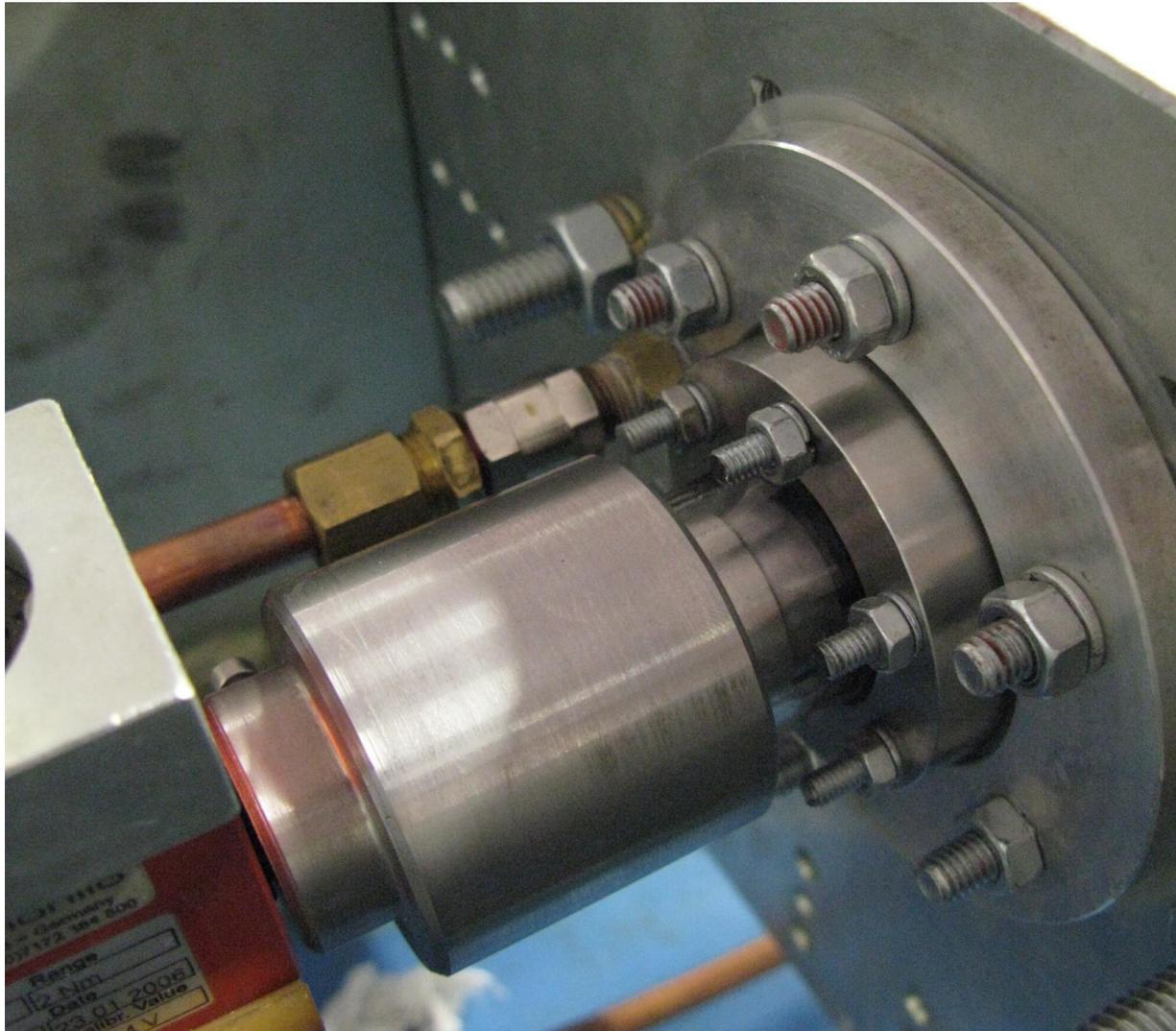
## Il banco prova: strumentazione

- ✓ Motore elettrico brushless SSD Drives, con velocità di rotazione regolabile con potenziometro. Velocità nominale 4000 giri/min e coppia nominale 1.65 Nm
- ✓ Pompa collegata al motore con un giunto magnetico da 2Nm, che funge anche da frizione per evitare guasti al torsionmetro in caso di coppie troppo elevate
- ✓ Torsionmetro Dr. Staiger Mohilo type 0170/01 MS 2A da 2 Nm, accuratezza  $\pm 0.2$  % del fondo scala
- ✓ Trasduttori di pressione GE tipo PMP 4070 da 20 bar, accuratezza dello  $\pm 0.08\%$  del fondo scala
- ✓ Misuratore di portata a effetto Coriolis Elite di Micro Motion con precisione dello 0.2%, che misura anche la densità del fluido
- ✓ Termometri a resistenza per la misura della temperatura del fluido

## Il banco prova: vista d'insieme

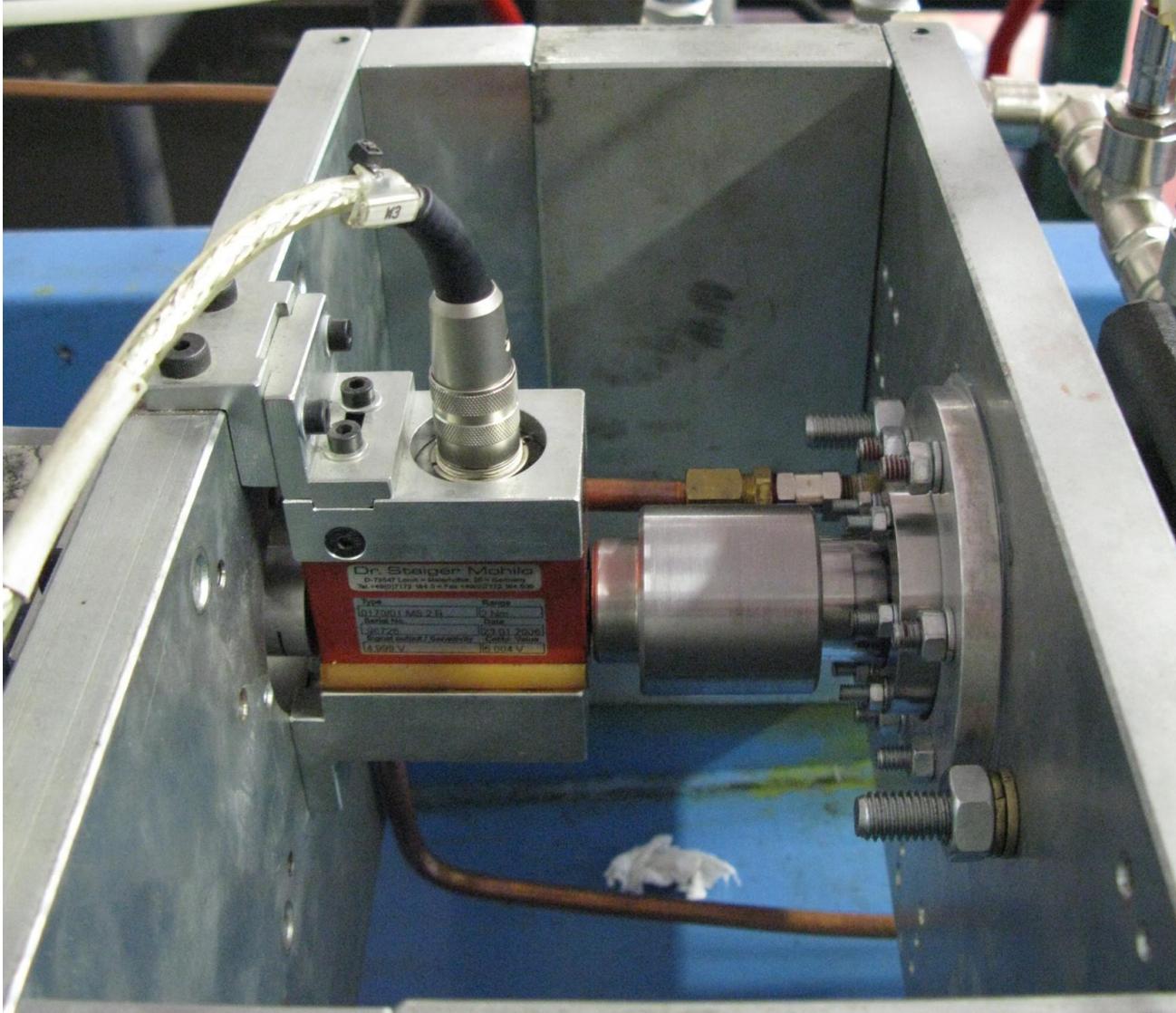


## Il banco prova: giunto magnetico – 1/2

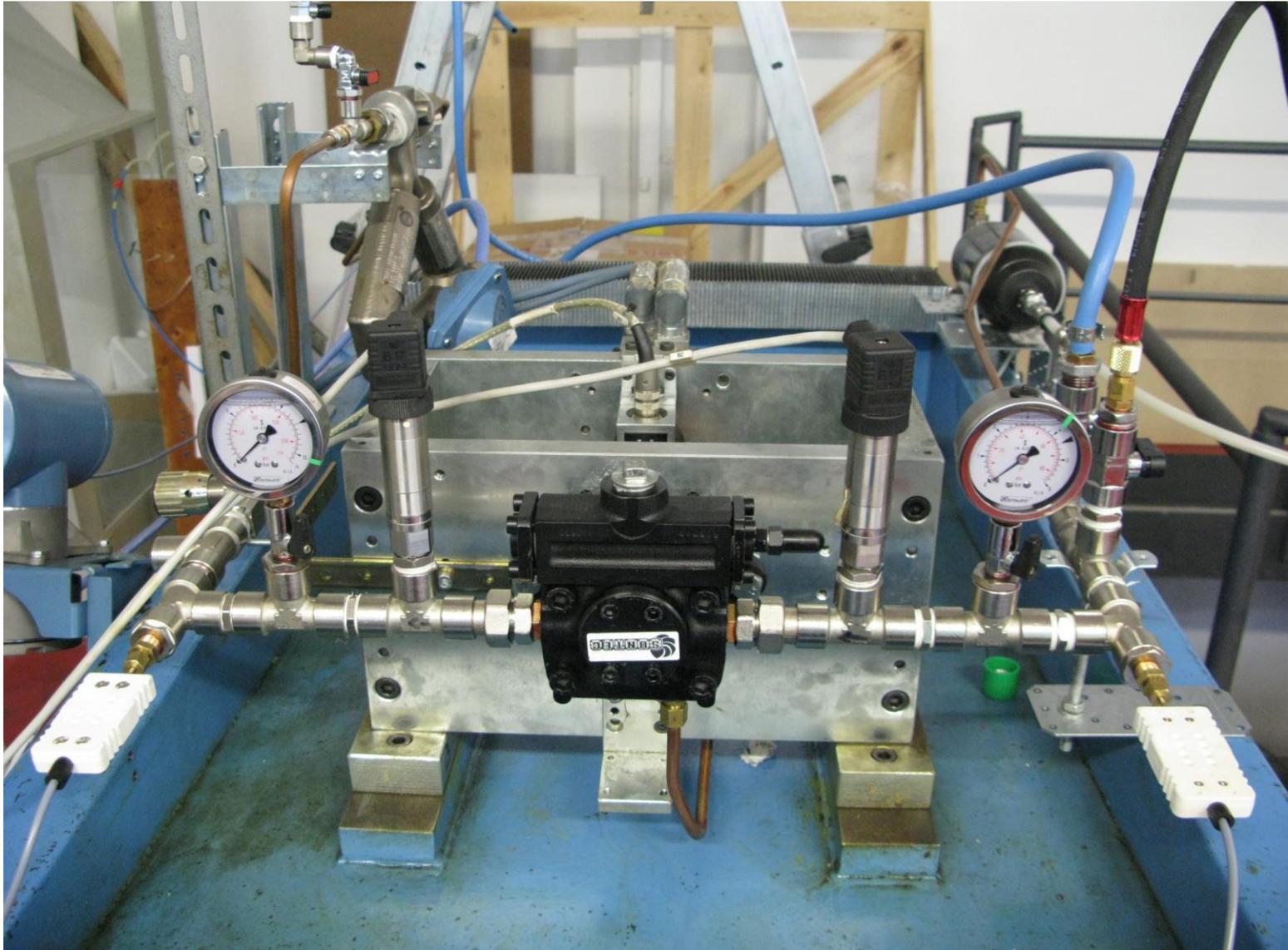




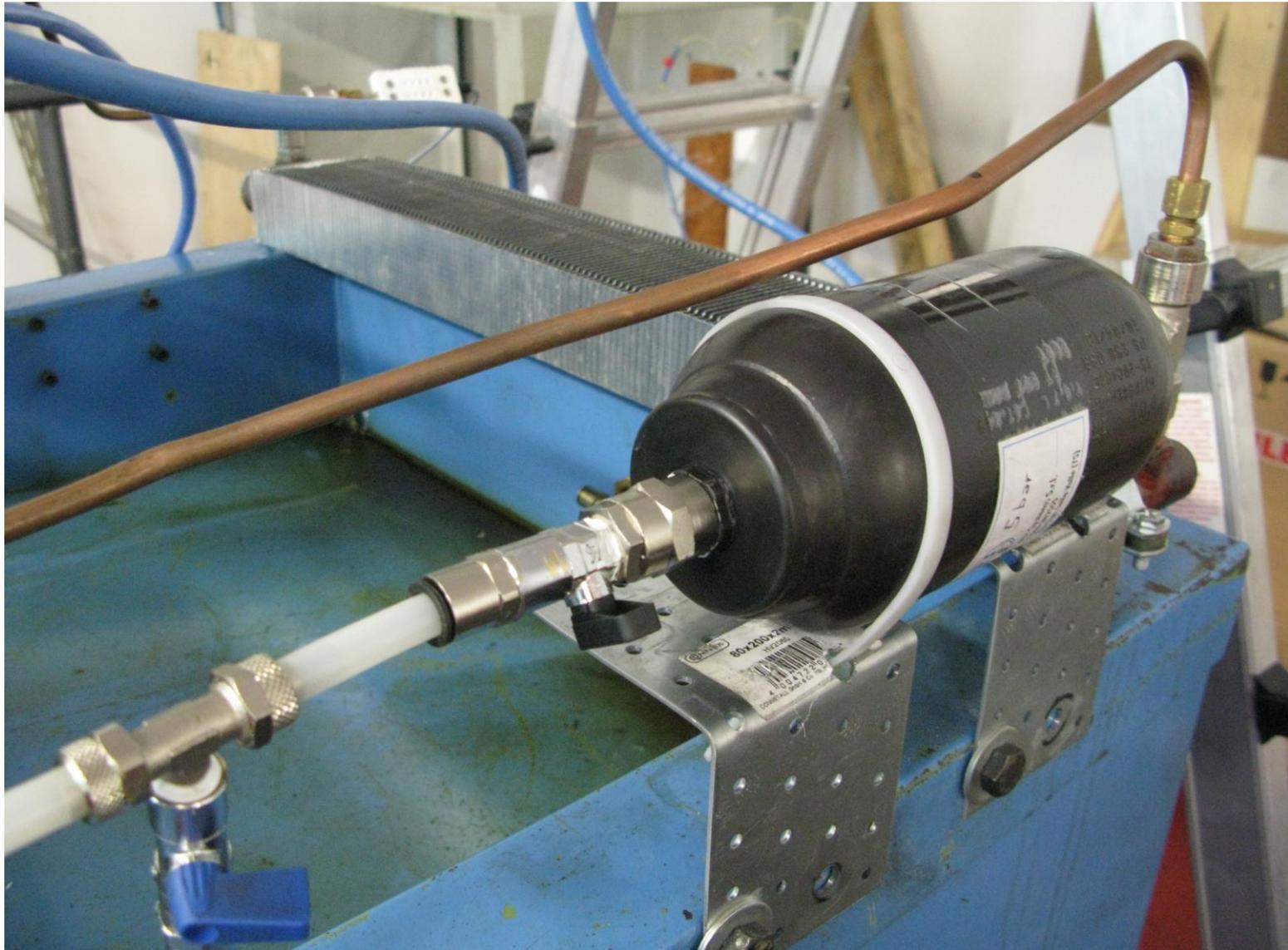
## Il banco prova: torsionmetro



## Il banco prova: pompa



# Il banco prova: vaso di espansione



# Il banco prova: vaso di espansione

## Caratteristiche Tecniche:

**Pressione massima di lavoro (PS) :**  
250 / 210 bar

**Pressione di prova (PT) :** PSx1,43

**Corpo:** in acciaio stampato

**Metodologia costruttiva:** raccordi terminali saldati in protezione di argon

**Temperatura d'impiego esecuzione standard:** da - 20 °C a + 80 °C

**Membrana standard:** non riparabile adatta a oli minerali e a fluidi non aggressivi

**Montaggio:** in ogni posizione

**Rapporto di compressione:**

- consigliato:  $P2/P0 = 2.5$
- massimo:  $P2/P0 = 4$

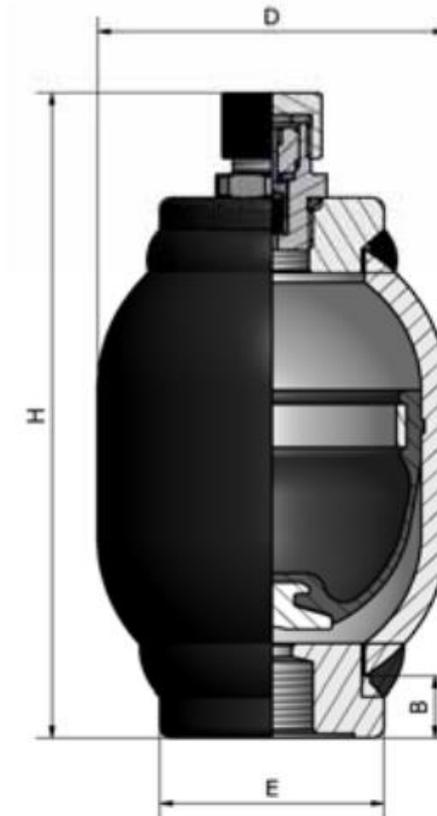
**Vita meccanica:** il numero di cicli è inversamente proporzionale all'aumento del rapporto di compressione

**Garanzia:** vedi pagina dedicata

**Parti di ricambio:** vedi pagina dedicata

**Disponibile:**

- H...LT con membrane adatte per temperature di utilizzo a -40 °C
- membrane per impiego con fluidi aggressivi



# Il banco prova: misuratore Coriolis – 1/3

## Il principio di funzionamento

Il principio fisico dei misuratori di portata massica ad effetto Coriolis, si basa sulla determinazione, in un generico tratto  $L$  di tubazione (figura 2.30) entro cui scorre il fluido di misura, di un moto rotatorio di trascinamento della terna mobile  $(x, y, z)$  solidale al tubo stesso, rispetto alla terna fissa  $(\xi, \psi, \zeta)$ , in modo che sul concio elementare di massa di fluido  $dm$  agisca un'accelerazione complementare, detta di Coriolis, pari a:

$$\bar{a}_c = 2 \cdot \bar{\omega}_\zeta \cdot \bar{v}_r \quad (2.41)$$

dove  $\bar{\omega}_\zeta$  è la velocità angolare (uniforme o pulsante) di detto moto di trascinamento e  $\bar{v}_r$  è la velocità relativa del fluido.

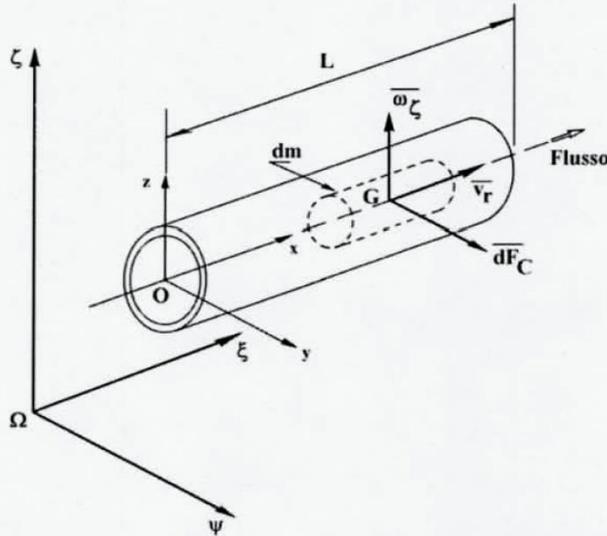


Figura 2.30 - Principio di funzionamento dei misuratori ad effetto Coriolis

Sul concio elementare di fluido verrà, quindi, ad agire una forza di inerzia elementare  $dF_C$  detta forza di Coriolis:

$$d\bar{F}_C = -2 \cdot dm \cdot \bar{\omega}_\zeta \cdot \bar{v}_r \quad (2.42)$$

avente modulo uguale a  $2 \cdot dm \cdot |\omega_\zeta| \cdot |v_r| \cdot \sin\vartheta$  (con  $\vartheta$  pari all'angolo formato dai due vettori  $\bar{\omega}_\zeta$  e  $\bar{v}_r$ ), direzione ortogonale al piano individuato dai due vettori  $\bar{\omega}_\zeta$  e  $\bar{v}_r$  e verso opposto a quello di  $\bar{a}_c$ . Assumendo per semplicità  $\bar{v}_r$  e  $\bar{\omega}_\zeta$  paralleli, rispettivamente, all'asse  $x$  ed

all'asse  $z$  ( $\sin\vartheta = 1$ ), ricordando le definizioni di velocità istantanea e di portata massica (1.3), la forza di Coriolis agente su tutto il tratto  $L$  di tubazione è data dalla:

$$d\bar{F}_C = \int_0^L 2 \cdot dm \cdot \omega_\zeta \cdot \frac{dx}{dt} = \int_0^L 2 \cdot \dot{m} \cdot \omega_\zeta \cdot dx = 2 \cdot \dot{m} \cdot \omega_\zeta \cdot L \quad (2.43)$$

Tale relazione rappresenta, in forma esplicita, il legame funzionale tra la portata massica  $\dot{m}$  e la forza di Coriolis. Una volta riprodotte nella tubazione le condizioni di moto relativo necessarie all'insorgere dell'effetto Coriolis, è possibile valutare la portata in massa  $\dot{m}$  effluente misurando gli effetti (spostamenti, deformazioni, ecc.) prodotti nella tubazione stessa da detta forza di Coriolis.

Nella generica configurazione di figura (figura 2.31), la tubazione di passaggio del fluido viene fatta oscillare intorno l'asse  $O-O$  per mezzo di un eccitatore elettromagnetico; i vettori delle velocità del fluido nei diversi tratti della tubazione risultano pertanto ortogonali (e di verso opposto) nei tratti  $A$  e  $C$ , e paralleli nel tratto  $B$  alla direzione di  $\omega$ . La forza di Coriolis che si genera nei suddetti tratti risulta pertanto nulla nel tratto  $B$  ( $\sin\vartheta = 0$ ) e massima ma di verso opposto nei tratti  $A$  e  $C$  ( $\sin\vartheta = 1$ ). Ciò implica la generazione di un momento  $M$  sull'asse di simmetria  $R-R$  dato dalla:

$$M = F_{C1} \cdot r_A + F_{C2} \cdot r_B = 2 \cdot F \cdot r = 4 \cdot r \cdot \dot{m} \cdot \omega_\zeta \cdot L \quad (2.44)$$

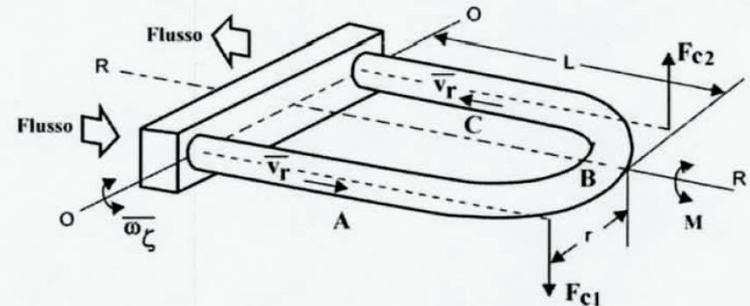


Figura 2.31 – Momento delle forze di Coriolis

Tale momento induce una torsione  $\Theta$  sul condotto, che all'equilibrio sarà contrastata dal momento elastico del condotto  $M_T = K\Theta$ , con  $K$  pari al modulo elastico dello stesso:

$$\dot{m} = \frac{K \cdot \Theta}{4rL \cdot \omega} \quad (2.45)$$

Le deformazioni indotte nel tratto di misura sono mostrate in (figura 2.31).

# Il banco prova: misuratore Coriolis – 2/3

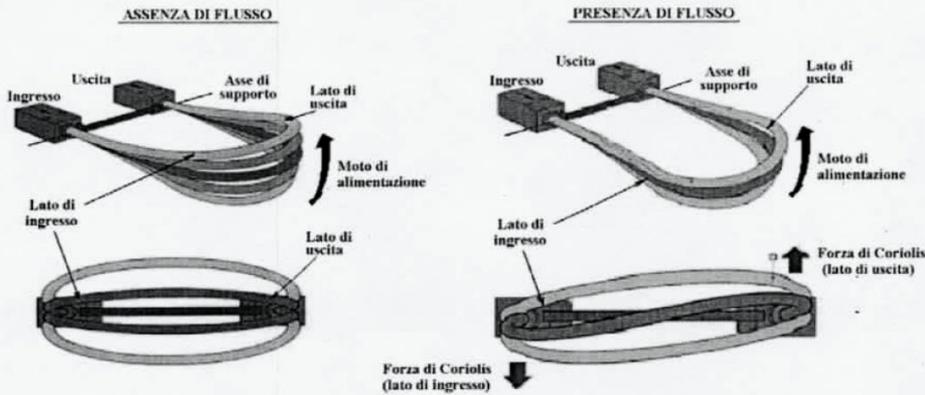


Figura 2.32 – Deformazioni indotte nella tubazione di misura

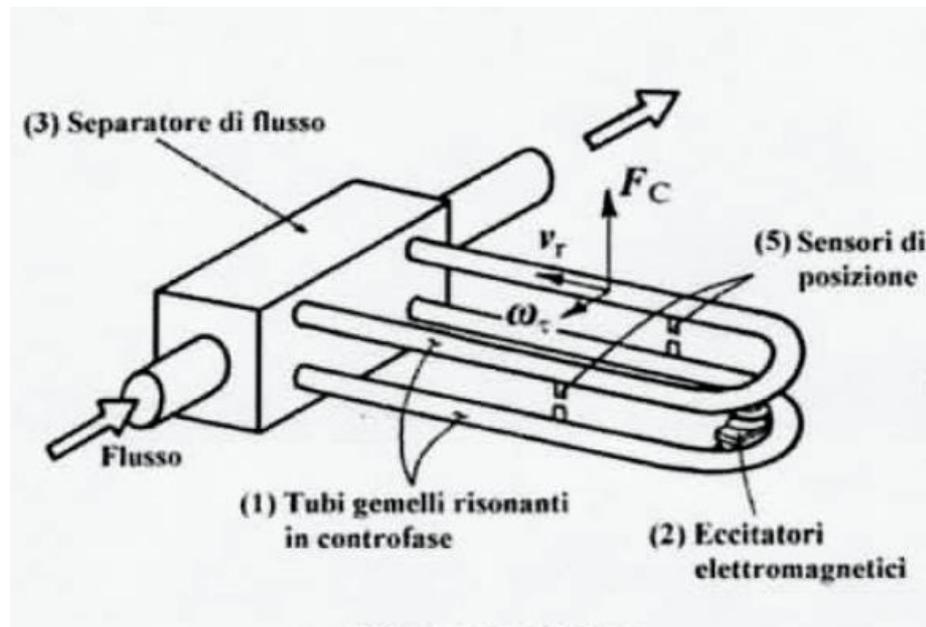
È possibile dimostrare che per piccole velocità angolari (relative al moto di alimentazione) e per piccole deformazioni  $\Theta$  (indotte dal moto di misura), lo spostamento  $\Theta$  è proporzionale a:

$$\sin\Theta \approx \Theta = \frac{\omega L \cdot \Delta t}{2r} \quad (2.46)$$

dove  $v_t = \omega L$  è la velocità tangenziale del tubo nel suo punto medio e  $\Delta t$  è lo sfasamento temporale con cui i due rami del tubo attraversano il punto medio del proprio percorso. Combinando le (2.42) e (2.43) segue che la portata in massa  $\dot{m}$  è proporzionale al solo  $\Delta t$  ed a parametri noti da progetto (K ed r):

$$\dot{m} = \frac{K}{4rL \cdot \omega} \cdot \frac{\omega L \cdot \Delta t}{2r} = \frac{K \cdot \Delta t}{8r^2} \propto \Delta t \quad (2.47)$$

In verità bisogna osservare che, pur se non esplicitamente evidente nella (2.47), il modulo elastico K della tubazione è dipendente dalle proprietà elastiche della tubazione risonante, nonché dalle sue dimensioni e forme. La dipendenza delle proprietà elastiche dei tubi risonanti dalla temperatura del fluido di misura in essi effluente rende, perciò, necessaria in tutti i misuratori a tubi deformanti una termocompensazione di tali effetti, limitandone l'utilizzo a fluidi con temperature non superiori a 250 °C.



## Esempio di tecnologia costruttiva

Il doppio tubo di passaggio consente di:

- bilanciare dinamicamente il sistema vibrante;
- ridurre le perdite di carico, dato che i tubi, dovendosi deformare, hanno piccolo diametro e spessore.

# Il banco prova: misuratore Coriolis – 3/3

## Caratteristiche metrologiche:

- adatti a misure di liquidi, anche non Newtoniani;
- elevata precisione grazie alla misura “diretta” della portata massica (e non come prodotto portata in volume e densità, ognuna con il suo errore di misura);
- sporadici problemi di stabilità dello zero per dissimmetria dei flussi, sensibilità alla temperatura, sporcamento dei tubi;
- non accettano frazioni di vuoto (bolle di aria o vapore) superiori al 5% circa.

### Foglio di taratura per misuratori di portata

Cliente: **UNIVERSITA' DI TRIESTE** Ns.ref: 39718227  
 Sensore: **CMF025M319NB** Serial: 332414  
 Trasmettitore: **MVD1700C11ABZIZZ** Serial: 3746690  
 Dati caratterizzazione sensore: Tag:

Flow cal: 4,27524,75

K1: 6307,13 K2: 7479,16 FD: 0 TC: 4,44

Dati strumento primario: **CMF010M324NM** SN#: 356317  
 Bilancia riferibile BEL sn: C012/D6F  
 Criterio di accettabilità: **Bollettino tecnico**

Condizioni della prova: Temperatura: **22,2 °C** Umidità: **29 %**

#### PROVA PRELIMINARE (1)

(Tolleranza ammessa (+/-): 0.50 % +/- zero stab.)

| Strumento:              | Riferimento: | Differenza: | Errore:  |
|-------------------------|--------------|-------------|--|
| Batch 1: 5005 g.        | 5000 g.      | 5 g.        | 0,100%   |
| Batch 2: 5013 g.        | 5000 g.      | 13 g.       | 0,260%   |
| Batch 3: 5016 g.        | 5000 g.      | 16 g.       | 0,320%   |
| <b>MEDIE:</b> 5011,3 g. | 5000,0 g.    |             | K corr. : <span style="background-color: black; color: black;">XXXXXXXXXX</span> |

#### PROVA FINALE (2)

|                         |           |      |        |
|-------------------------|-----------|------|--------|
| Batch 1: 5005 g.        | 5000 g.   | 5 g. | 0,100% |
| Batch 2: 5006 g.        | 5000 g.   | 6 g. | 0,120% |
| Batch 3: 5004 g.        | 5000 g.   | 4 g. | 0,080% |
| <b>MEDIE:</b> 5005,0 g. | 5000,0 g. |      |        |

**ESITO: CONFORME**

**Note:** Prova eseguita con acqua.  
 Portata media: prova 40 kg/h Campo scala 4 – 20 mA = 50 Kg/h  
 Cut-off: 1 Kg/h

Data:  
 11 gennaio 2012

EMERSON PROCESS MANAGEMENT  
 via Montello 71-73 20038 Seregno MI

Caratteristiche del fluido utilizzato per la prova AA 2022-23

Gasolio per autotrazione