

# Aspetti tecnici riguardanti l'uso dei Master Meter

Andrea Malengo



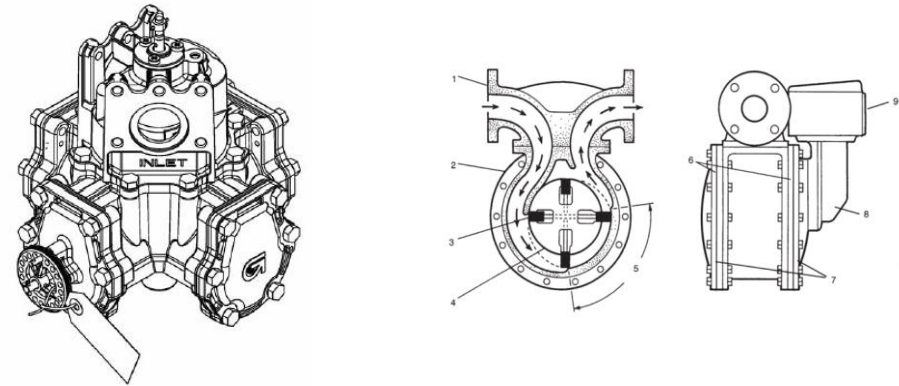
---

CRITERI PER L'ESECUZIONE DEI CONTROLLI METROLOGICI  
SUCCESSIVI SU SISTEMI DI MISURAZIONE PER GAS  
LIQUEFATTI PER AUTOTRAZIONE  
(DISTRIBUTORI DI GPL)

# Modelli di Master Meter per GPL

- Volumetrici (a spostamento positivo)

- Pistone
- Rotativi



Sono costituiti da una o più camere che ostruiscono il flusso del fluido e da un meccanismo rotante o alternativo che consente il passaggio di quantità di volume fisso.

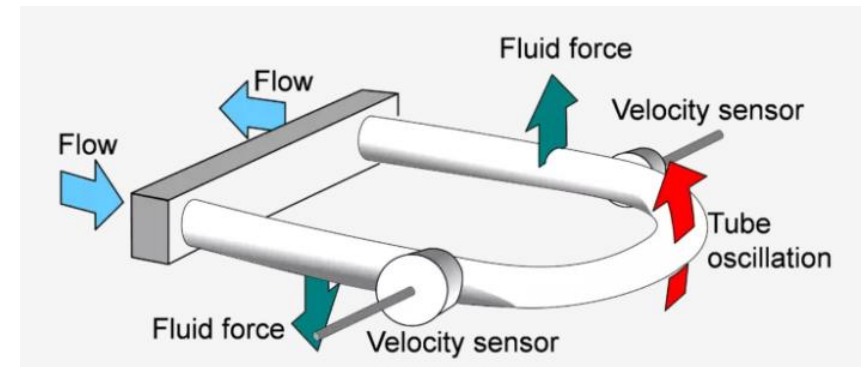
Il fluido passante riempie delle cavità di volume noto; con sistemi vari, il numero di cavità riempite viene contato fornendo così la quantità di fluido fluito.

- Massici

- Coriolis

Se si fa quindi passare un fluido in un tubo, solitamente a forma di U, si crea uno spostamento di questo tubo a causa della forza di Coriolis agente sul tubo stesso. Questo spostamento è proporzionale alla portata massica, che può così essere misurata.

Tale tecnica è relativamente recente (1977)



# Criticità

## Criticità dei misuratori volumetrici

- I modelli a pistone o rotativi hanno parti in movimento soggetti ad usura, il che può influire sulla stabilità dell'accuratezza nel tempo
- Sono altamente influenzati dalla viscosità del fluido.

## Criticità dei misuratori massici

- I misuratori di tipo Coriolis misurano la massa fluita.  
Tuttavia la maggior parte sono in grado di misurare anche la densità e fornire pertanto anche la misura in volume
- E' una misura di tipo indiretta (la portata è ricavata da una misura di una vibrazione)
- Sono soggetti a instabilità di zero

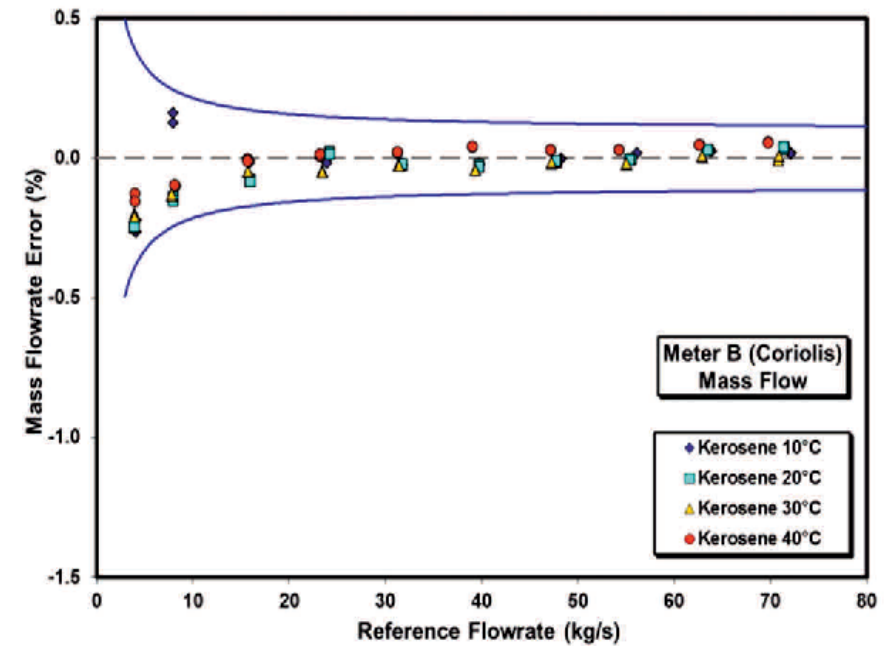
# Aspetti metrologici (1)

- I misuratori di tipo Coriolis hanno normalmente una ripetibilità della misura e una stabilità nel tempo migliore dei misuratori volumetrici.
- I Coriolis risultano più lineari per un campo di portate più ampio

Nella scelta del tipo di misuratore, il diametro dovrebbe essere sufficiente a garantire la portata massima, ma non deve essere esagerato. All'inizio del campo di misura i misuratori sono fortemente non lineari.

La scelta migliore è che la portata massima da misurare sia tra circa il 50% e il 100 % del campo di misura.

Per i distributori di GPL, in cui le portate massime effettive sono tra circa 30 L/min e 50 L/min, un diametro DN15 risulta adeguato.



# Aspetti metrologici (2)

- I misuratori di tipo Coriolis sono ottimi strumenti per misurare la massa erogata, le accuratezze che raggiungono sono confrontabili con quelle delle bilance, anche inferiori allo 0,05%.
- Il volume è determinato misurando simultaneamente la massa e la densità, pertanto, l'accuratezza di misura della densità influisce sull'accuratezza della misura del volume. La misura della densità può essere un aspetto critico nella misura del volume.
- Tali strumenti sono molto sofisticati e permettono anche di correggere in modo automatico la misura di volume alla temperatura di 15 °C.

Questa funzione non deve essere utilizzata per effettuare le verifiche dei distributori di GPL non compensati in temperatura. Attualmente in Italia la correzione del volume a 15 °C non è prevista.

# Esecuzione della prova

Il metodo con Master Meter risulta essere il più semplice rispetto agli altri metodi possibili:

- non necessita di serbatoi
- è facilmente trasportabile
- è probabilmente il metodo più rapido tra quelli possibili
- la misura non necessita di particolari correzioni

Tuttavia:

- La misura di volume dipende dalla temperatura, in quanto la temperatura influisce sulla densità del prodotto.
- La temperatura del GPL dipende dalle condizioni ambientali ma anche dalla procedura di prova.

Misure di volume a temperature diverse per essere confrontate devono essere corrette.

Il coefficiente di espansione del GPL è di circa  $2,5 \times 10^{-3} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$  (per gli altri combustibili è circa  $1 \times 10^{-3} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$ )

Cioè la differenza di  $1 \text{ } ^\circ\text{C}$  provoca una variazione di volume del 0,25%

Il GPL viene erogato in pressione, anche la pressione influenza la densità.

Il coefficiente è di circa  $4 \times 10^{-4} \text{ bar}^{-1}$ , cioè la differenza di 1 bar provoca una variazione di volume del 0,04%.

Al fine di rendere trascurabili le possibili variazioni di temperatura e pressione tra il distributore e il Master Meter, è essenziale mantenere corta la linea di collegamento tra il distributore e il Master Meter. Se necessario isolare termicamente la tubazione di collegamento del Master Meter.

Prima di eseguire le prove far circolare il GPL per stabilizzare la temperatura.

Nel caso di misuratori Coriolis verificare che a portata nulla l'indicazione di portata sia nulla.

# La misura di densità dei Coriolis

- La misura di densità dei Coriolis avviene col principio del tubo vibrante.

La misura di densità del GPL determinata dal Coriolis può essere confrontata quella ottenuta con i densimetri ad immersione.

- Il confronto non è diretto, in quanto le condizioni di misura possono essere diverse:
  - La temperatura del GPL nel Coriolis può essere diversa da quella del cilindro in cui avviene la misura col termodensimetro
  - La pressione del GPL nel Coriolis è normalmente superiore da quella di misura del cilindro. Il GPL nel cilindro si trova in condizioni saturazione (fase liquida e gassosa), mentre nel Coriolis il GPL è in fase liquida compressa.

Pertanto le correzioni da applicare riguardano sia la temperatura sia la pressione.

Per la correzione in temperatura può essere utilizzata la tabella ASTM n.53, ricordandosi che i valori riportati di densità sono quelli riferiti alla condizione di saturazione.

# La taratura dei misuratori volumetrici

La misura di volume determinata da tali misuratori è influenzata dalle proprietà fisiche del fluido, in particolare dalla viscosità.

La loro taratura dovrebbe essere eseguita con il GPL in condizioni simili a quelle di lavoro.

La taratura deve essere eseguita per un campo di portata che comprenda le portate di prova, almeno su 5 punti del campo di misura, più di 5 se la risposta non fosse lineare

Requisito minimo  $(|E| + U) < 1/3 \text{ MPE}$  cioè  $(|E| + U) < 0,33\%$

*In Europa ci sono pochissimi laboratori in grado di tarare misuratori di portata utilizzando il GPL*

## Taratura con acqua

Poiché le proprietà fisiche dell'acqua sono notevolmente diverse da quelle del GPL, la taratura con acqua è consentita solo se è possibile dimostrare (tramite taratura o dichiarazioni del costruttore) che la taratura con fluidi diversi dal GPL è equivalente entro i requisiti richiesti, o che è possibile correggere la misura in modo appropriato.

*Tuttavia per questo tipo di misuratori è raro disporre di tali informazioni.*

Nel caso di taratura in acqua il requisito è  $(|E| + U) < 1/5 \text{ MPE}$  cioè  $(|E| + U) < 0,2\%$



# La taratura dei misuratori Coriolis (1)

Il principio di funzionamento dei Coriolis, rispetto ai volumetrici, è meno influenzato dalla viscosità. Tuttavia i Coriolis determinano la misura per via indiretta, e molti sono i fattori che influiscono sulla misura.

Ad esempio la temperatura influisce non solo sul diametro del tubo ma anche sull'elasticità del tubo vibrante.

Molti sono gli effetti da considerare per ottenere una misura accurata: temperatura, pressione, viscosità, densità.

I misuratori di tipo Coriolis stanno diventando sempre più sofisticati, sia per i materiali utilizzati, sia per la sensoristica utilizzata.

I fattori di influenza possono essere corretti, ma non sempre tali correzioni sono sufficienti, o sono eseguite in modo automatico.

Sul mercato sono presenti molti modelli di Coriolis, la scelta dipende dal tipo di fluido da misurare e dalle condizioni di misura e deve rispettare i requisiti di accuratezza richiesti.

Bisogna considerare sia gli aspetti che riguardano la misura di massa ma anche quelli che riguardano la misura di densità.

Anche per i Coriolis sarebbe preferibile che la loro taratura avvenisse in volume e con il GPL.

I requisiti metrologici di accuratezza sono riportati nella precedente slide.

# La taratura dei misuratori Coriolis (2)

Anche per i Coriolis è ammessa la taratura con acqua.

Poiché i Coriolis sono meno influenzati dalla viscosità, la taratura con acqua è meno critica rispetto a quelli volumetrici.

Nel caso di taratura in acqua è importante verificare anche la misura di densità, non solo per il valore dell'acqua.

I densimetri dei Coriolis, vengono regolati prendendo come valore di riferimento la densità dell'acqua e dell'aria. Per valori intermedi la misura avviene linearizzando la risposta del sensore.

La densità del GPL liquido ha un valore di circa 500-600 kg/m<sup>3</sup>.

Non ci sono liquidi che alla pressione atmosferica e a temperature normali abbiano densità simili al GPL, quelli che si avvicinano di più sono gli idrocarburi, circa 700 kg/m<sup>3</sup>, tale valore è sufficientemente prossimo al valore del GPL.

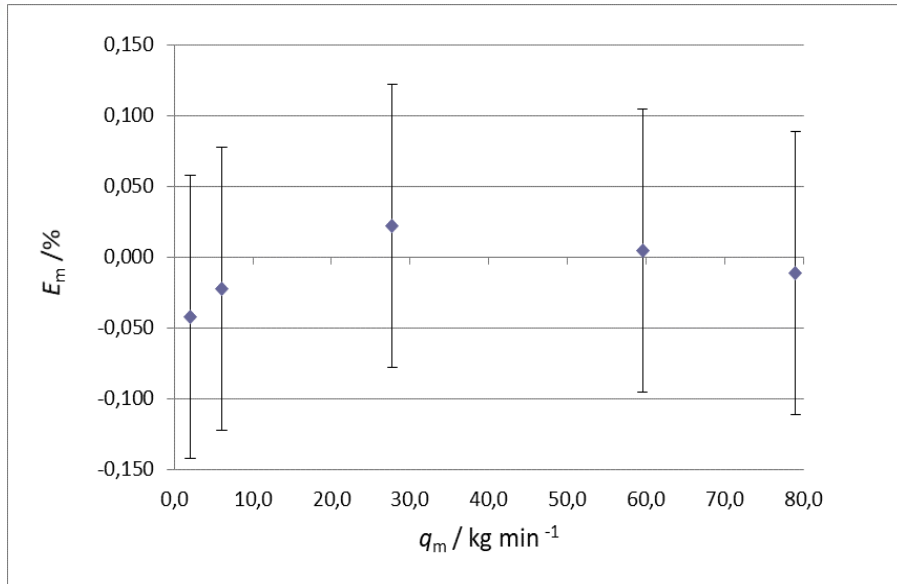
Un effetto che può influenzare la misura della densità è anche la pressione.

E' buona norma eseguire la taratura in volume ma anche in massa, variando la pressione, in tal modo vengono evidenziate eventuali criticità.

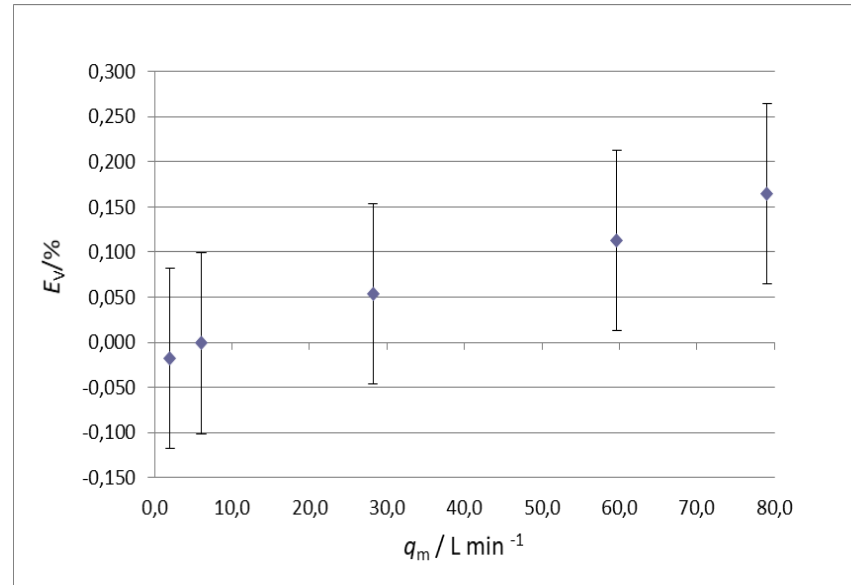
Se esistono effetti sistematici noti, ricavati da informazioni fornite dal costruttore o da certificati di taratura, si raccomanda di correggere la misura.

# Esempio di taratura di un Coriolis

## Taratura in massa



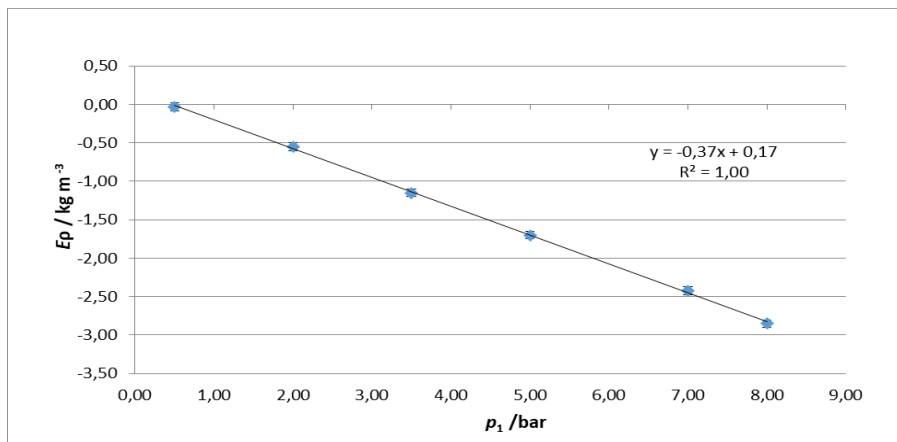
## Taratura in volume



## Condizioni di taratura

$q_v / \text{L/min}$	$p_1 / \text{bar}$
2,02	0,93
6,04	1,05
28,2	1,24
59,7	3,37
79,1	5,60

## Errore sulla densità in funzione della pressione



- L'errore sulla misura in volume dipende dalla misura della densità
- L'errore di misura della densità dipende dalla pressione. *Tale effetto misurato sperimentalmente è anche dichiarato dal costruttore*
- Quindi la misura di volume è influenzata dalla pressione, tale effetto può essere significativo, pertanto deve essere corretto

*Questo è un esempio, non tutti i Coriolis si comportano in questo modo*

# Conclusioni

- I misuratori Master Meter sono il metodo più pratico per eseguire le verifiche periodiche dei distributori di GPL.
- Specialmente quelli di tipo Coriolis garantiscono una misura affidabile nel tempo.
- E' preferibile eseguire la taratura con GPL, ma specialmente per i Coriolis, è possibile utilizzare l'acqua, tuttavia è necessario considerare anche gli aspetti riguardanti la misura di densità.
- Nell'acquisto di un Master Meter per GPL è necessario informarsi scrupolosamente sulle caratteristiche metrologiche del misuratore.