

MISURE DI PORTATA

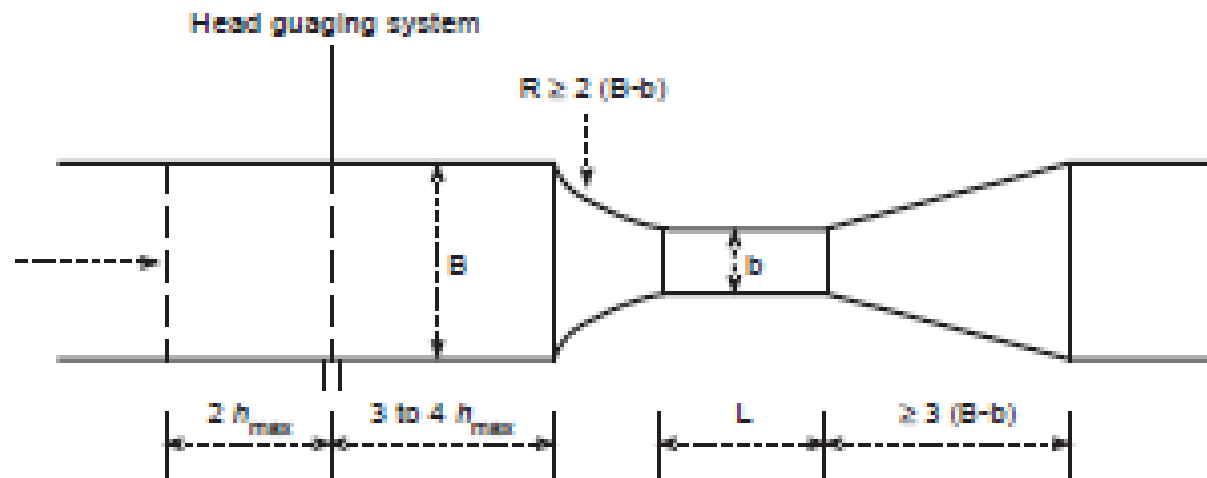
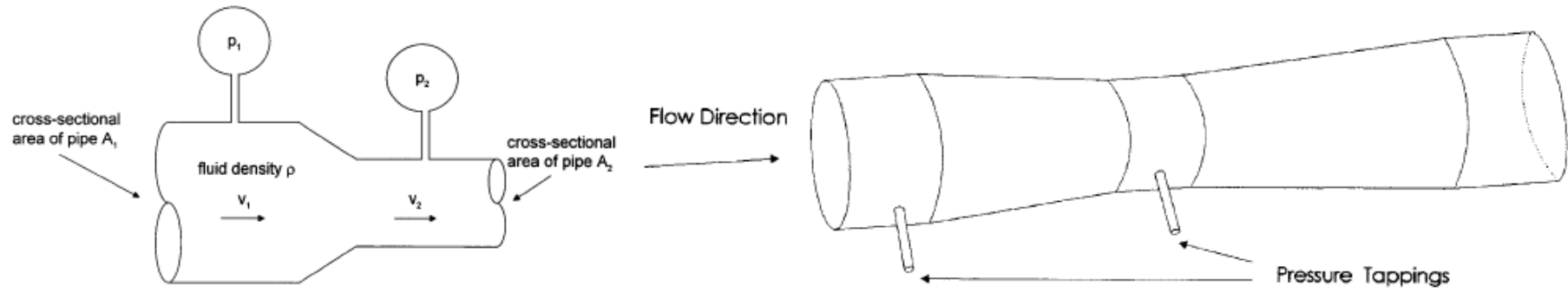
Le misurazioni di portata possono essere realizzate mediante:

- misure dirette di portata volumetrica
- misure dirette di portata massica
- misure dirette di velocità del fluido da cui si determina la portata volumetrica
- altro: ad esempio misura diretta di caduta di pressione, da cui si ricava l'energia cinetica del fluido $\frac{1}{2} \rho c^2$ e conseguentemente la portata

In generale, la misura della portata è affetta da imprecisioni relativamente elevate, in quanto gli errori di misura possono influenzare il processo in ognuno dei numerosi “passaggi” necessari e dipendere anche dalle assunzioni adottate.

Si spiega in questo modo perché molto spesso è difficile chiudere i bilanci di massa negli impianti.

TUBO DI VENTURI



TUBO DI VENTURI

Il tubo di Venturi introduce una bassissima perdita di carico e nel tratto divergente del tubo si recupera l'energia cinetica in pressione statica.

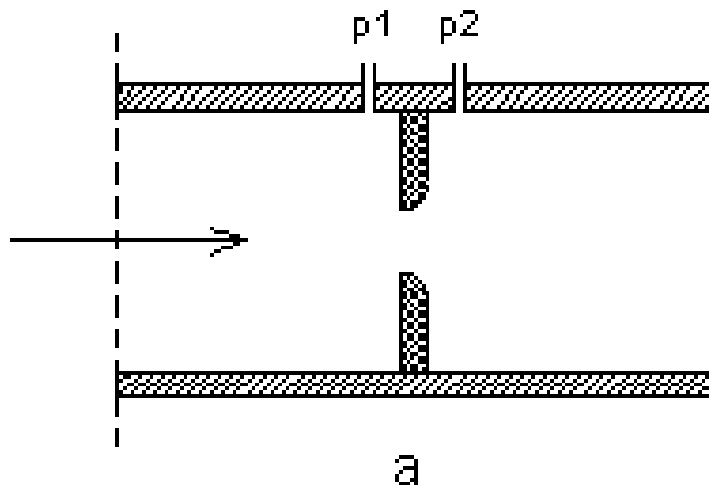
La regolarità della geometria interna ne rende anche difficile l'intasamento, consentendo così misurazioni su fluidi contenenti solidi in sospensione.

Questo sistema ha anche degli **svantaggi** notevoli:

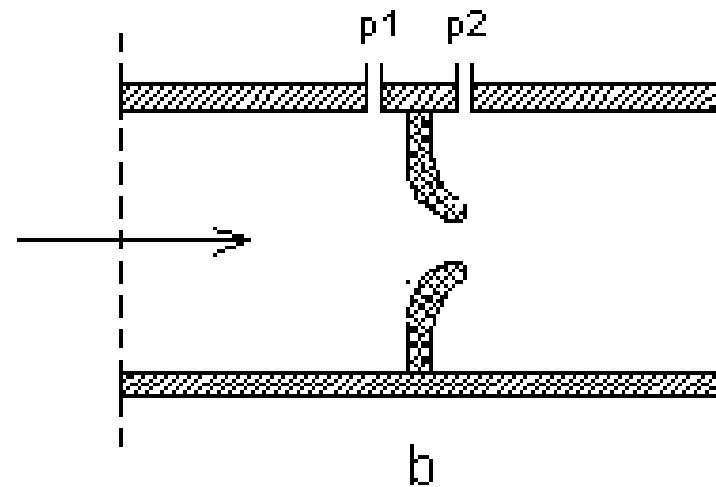
- notevole distanza tra le prese di pressione: mentre la presa di bassa pressione è nella strozzatura, quella di alta pressione deve essere posta a una certa distanza da questa, per non risentire degli effetti della vena contratta. Nella pratica, la presa di alta pressione si pone a $7\div 10$ diametri interni del tubo a valle della strozzatura;
- il secondo inconveniente sta nel fatto che il salto di pressione può avere sbalzi molto elevati o piccolissimi, a seconda della velocità del fluido, e questo può influenzare negativamente la misura effettuata.

Il tubo di Venturi fornisce misure di ottima precisione e per le sue caratteristiche si adatta a un vasto campo di portate, da pochi m^3/h a molte migliaia di m^3/h .

DIAFRAMMA O BOCCAGLIO



DIAFRAMMA



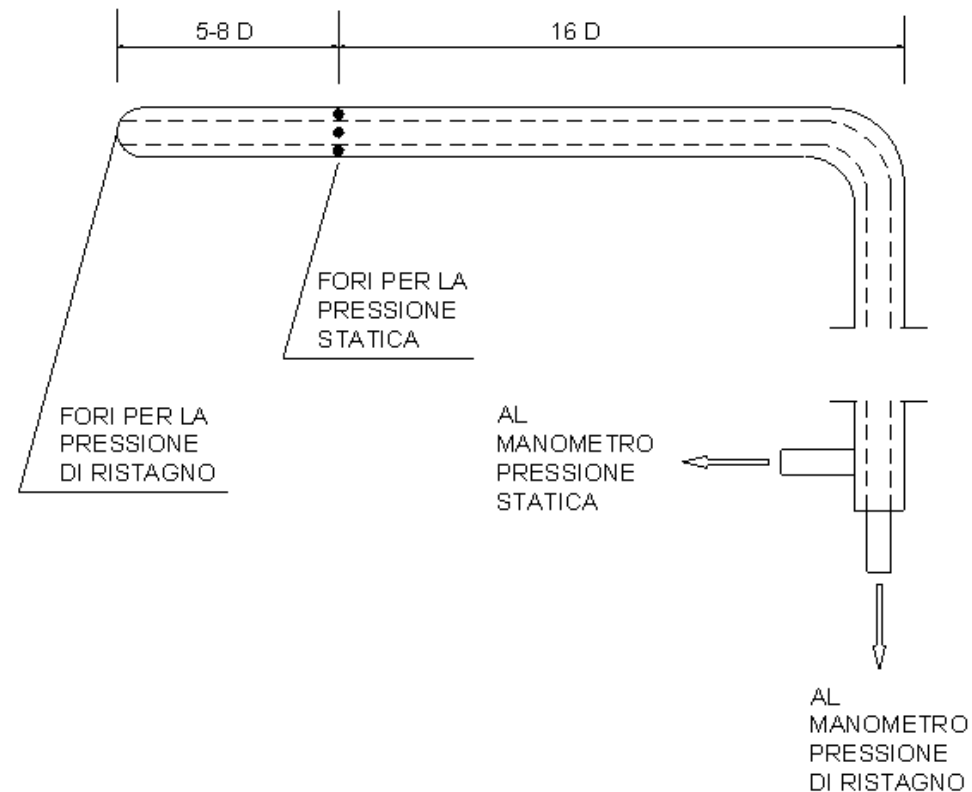
BOCCAGLIO

Sono due misuratori di portata molto simili, basati sull'introduzione volontaria in un condotto di una perdita di carico concentrata.

Rispetto al tubo di Venturi, il boccaglio e il diaframma introducono una forte perdita di carico.

Questo sistema di misura della portata è probabilmente il più diffuso; anche se di solito è meno preciso del tubo di Venturi, ha comunque un'ottima precisione, dell'ordine dell'1% della misura. Si adatta a misure di portate molto piccole (cm^3/h) fino a molto grandi (migliaia di m^3/h).

TUBO DI PITOT



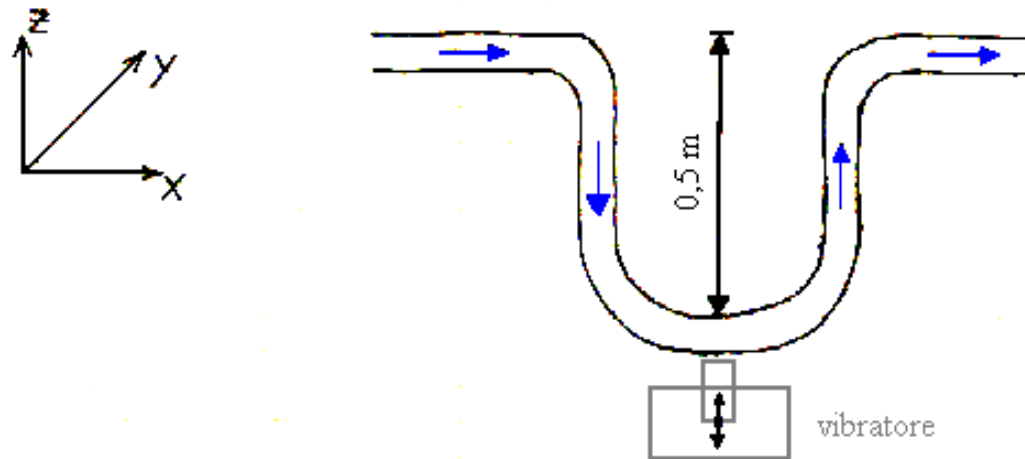
È uno strumento che si presta molto bene a misure di velocità molto elevate degli aeriformi. Lavorando prevalentemente con aria, le differenze di pressione sono infatti minime, e quindi difficilmente misurabili; con velocità elevate invece, la differenza di pressione aumenta, rendendone più agevole la misura.

Anche con questo sistema è necessario conoscere la densità del fluido per risalire alla velocità.

MISURATORE A EFFETTO CORIOLIS

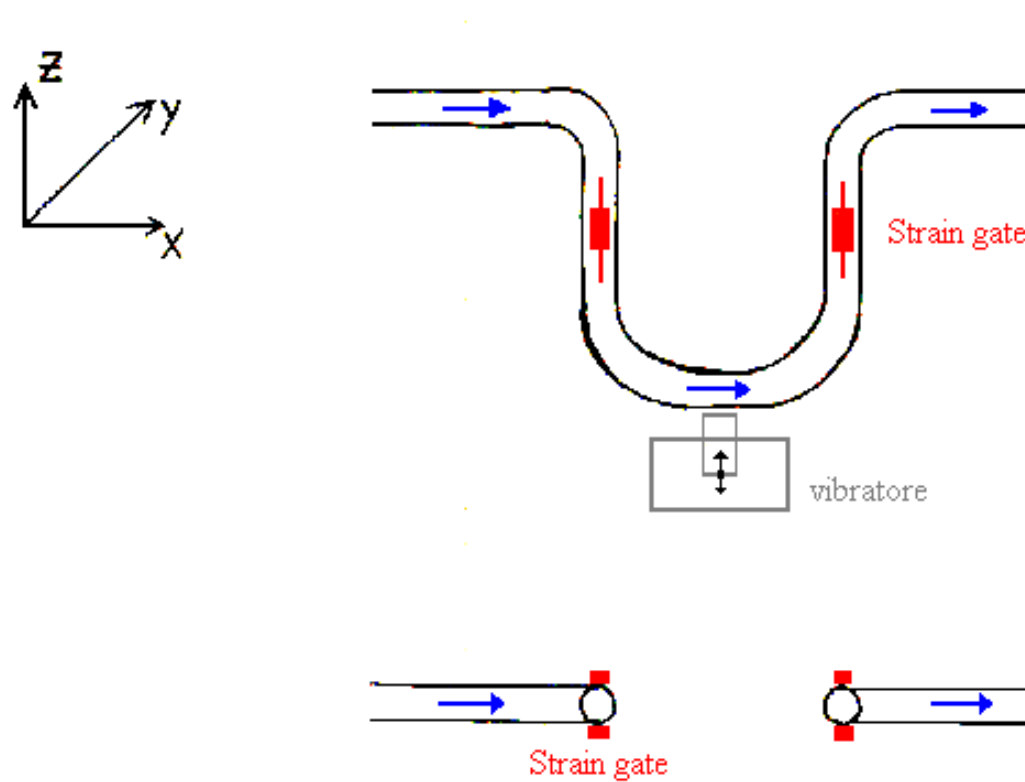
Il misuratore di portata ad effetto Coriolis si realizza mediante la configurazione lungo il condotto di un tratto “a ferro di cavallo” sul piano xy al cui vertice dello stesso viene posto un vibratore che ha il compito di fare oscillare il condotto lungo l’asse z mentre è attraversato dal fluido.

Per rispettare la conservazione della quantità di moto si ha una coppia di forze costante che torce il condotto; questa coppia di forze è dovuta all’effetto Coriolis.



Da equazioni fisiche risulta che la velocità c_m del fluido è proporzionale alla coppia di torsione.

Quest'ultima è misurabile per mezzo di strain gage posizionati sulle braccia del condotto come in figura.



Questo tipo di misuratore è in grado di fornire direttamente la misura della portata in massa, in quanto l'effetto Coriolis è di tipo gravitazionale.

I vantaggi che si hanno nell'utilizzo di questo strumento di misura sono principalmente:

- l'alta precisione di misura, anche fino a $\pm 0.5\%$;
- la versatilità dello strumento: è insensibile a variazioni di densità, viscosità, temperatura, pressione;
- la possibilità di rilevare la portata, la densità e la temperatura del fluido in transito.

Svantaggi:

- strumento... inutilizzabile all'equatore (ove l'effetto Coriolis è nullo).

L'utilizzo di questo tipo di misura risulta particolarmente indicata per:

- misure di portata di gas (metano, ossigeno, azoto, anche per grossi diametri)
- temperature fino a $260\text{ }^{\circ}\text{C}$;
- ampio range di pressioni: preferibilmente alte e altissime (ρ più elevati).

ROTAMETRO



E' un misuratore di portata di scarsa precisione, usato comunemente nelle centrali termiche per la misura di piccole e medie portate.

Nella sua configurazione più semplice è composto da un tratto di tubo verticale graduato di forma tronco-conica realizzato in vetro, all'interno del quale vi è un galleggiante.

In assenza di flusso, il galleggiante cade verso il basso, fermato dalla troncatura del tubo; quando viene aperta la valvola, il fluido, mettendosi in movimento, esercita una forza di tipo tangenziale sul galleggiante, trascinandolo verso l'alto, in misura proporzionale alla quantità di fluido che in quel momento attraversa il tubo.

Uno dei pregi di questo strumento è la facilità di lettura; si capisce immediatamente se il fluido è in movimento.

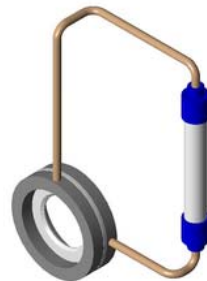
Per quanto sopra detto, appare che il rotametro può funzionare solo se posto in posizione verticale con flusso ascendente, e che il funzionamento è possibile solo con fluidi puliti.

ROTAMETRO

Varianti:

- se il galleggiante è di materiale magnetico, ed il tubo di misura è costruito in materiale diamagnetico, si può evitare il tubo trasparente, fragile, e far trascinare un indicatore esterno che può anche trasmettere un segnale a distanza. Inoltre si possono usare tubi ad alta pressione e si possono trattare fluidi caldi, pericolosi o corrosivi;
- per portate molto alte, allo scopo di evitare rotametri di dimensioni eccessive, si usano i rotametri in derivazione. Grazie alla perdita di carico creata da un orificio tarato una parte del flusso passa attraverso un normale rotametro. Tarando il sistema, si ha una indicazione abbastanza corretta.

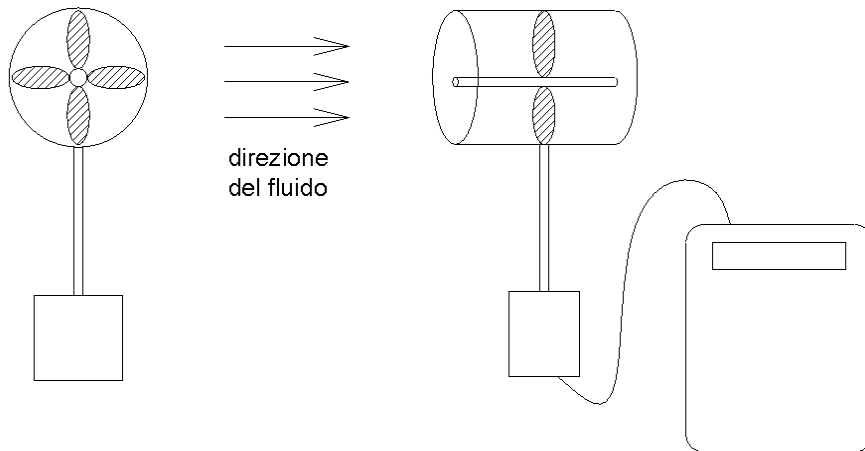
I flussimetri ad area variabile hanno generalmente una precisione dell'ordine del $\pm 5\%$ del valore di fondo scala; quelli speciali ed i modelli molto piccoli arrivano al $\pm 10\%$.



TURBINE ED ELICHE

Vengono divise in due classi, a seconda che il fluido di cui devono misurare la velocità sia gassoso o liquido.

Le turbine che operano sui **gas** sono dette più propriamente **ventole**, e sono misuratori puntuali di velocità. Sono costituite da un'elica sostenuta da un perno, collegato ad un anello di protezione, sul quale viene innestato il manico. Per effettuare la misura, si orienta lo strumento in modo che l'asse di rotazione dell'elica sia parallelo alla direzione del moto del fluido.



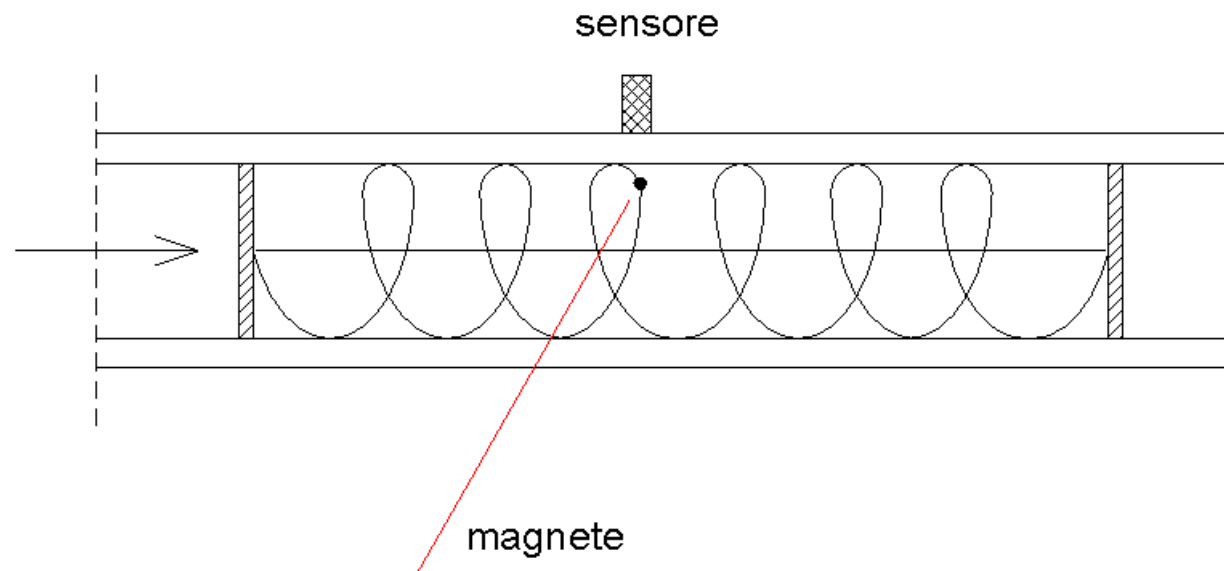
Attraverso un contascatti analogico o digitale si registra il moto dell'elica: in questo modo lo strumento fornisce in uscita direttamente la velocità.

Questo dispositivo, detto anche anemometro a ventolina, non trova grandi applicazioni industriali; viene utilizzato solitamente per misurare la velocità negli impianti di riscaldamento e di condizionamento, sia all'interno dei condotti che all'esterno delle bocchette di emissione.

TURBINE ED ELICHE

Le **turbine** operano invece sui **liquidi**; sono dei misuratori di portata, ovvero di velocità media. Sono poste permanentemente all'interno del circuito idraulico, e assumono la forma del condotto.

Sono formate da una turbina elicoidale, sostenuta da un perno.

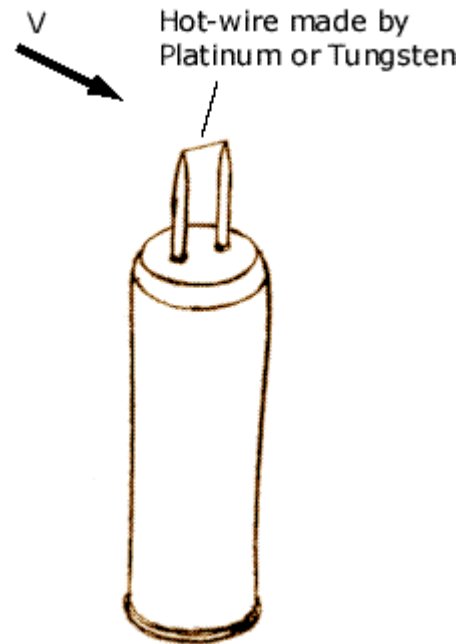


La lettura della velocità di rotazione della turbina viene effettuata per mezzo di un contascatti elettronico; viene annegato un piccolo magnete all'interno di una pala della turbina; all'esterno del condotto è posto un sensore che registra il passaggio del magnete, fornendo in uscita direttamente il valore della velocità del fluido.

ANEMOMETRO A FILO CALDO

L'anemometro a filo caldo viene utilizzato per misurare piccole portate d'aria; viene più spesso utilizzato per evidenziare le caratteristiche principali di una corrente fluida (velocità, intensità e scala della turbolenza, vorticità).

Questo strumento è formato da un tubo con all'interno un sottile filamento in genere di platino che diventa incandescente allo scorrere dell'energia elettrica; mediante la differenza di temperatura tra l'aria che scorre intorno al tubo e il filamento si riesce a ricavare la velocità.



ANEMOMETRO A FILO CALDO

Vengono utilizzate due differenti tipologie:

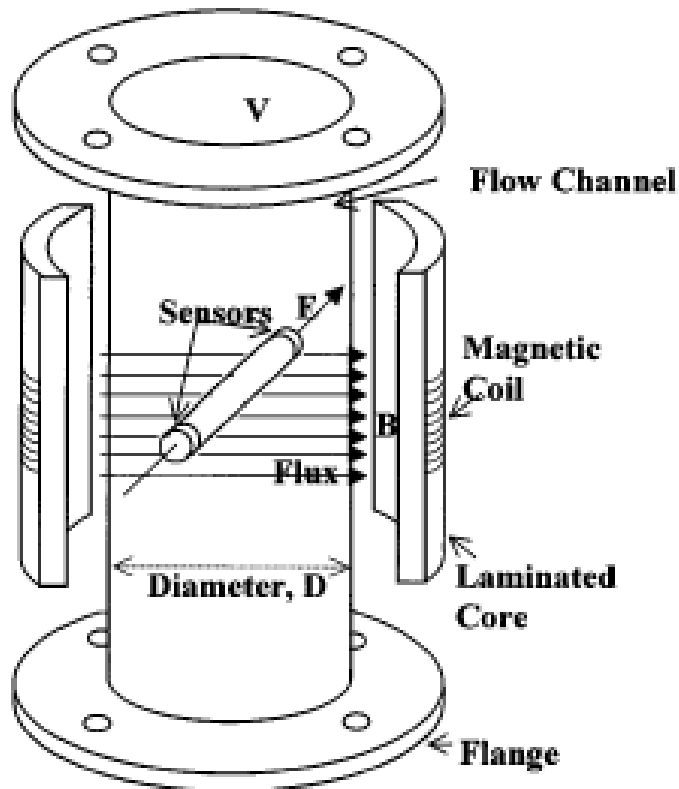
- anemometro a potenza costante (CPA);
- anemometro a temperatura costante (CTA).

Il primo fornisce una potenza elettrica costante all'elemento resistente mentre il secondo provvede, sempre mediante una corrente applicata, a mantenere costante la differenza di temperatura tra sensore e fluido da misurare.

I vantaggi di questo tipo di strumento sono:

- misura diretta della portata massica senza bisogno di effettuare correzioni sulla pressione o sulla temperatura;
- sensibilità alle basse velocità;
- accuratezza e ripetibilità delle misure;
- risposta veloce ai cambiamenti di velocità e di temperatura;
- insensibilità alle componenti trasversali della velocità.

MISURATORE MAGNETICO DI PORTATA



Esteriormente, questo strumento è una piccola scatola che avvolge il condotto in cui scorre il fluido.

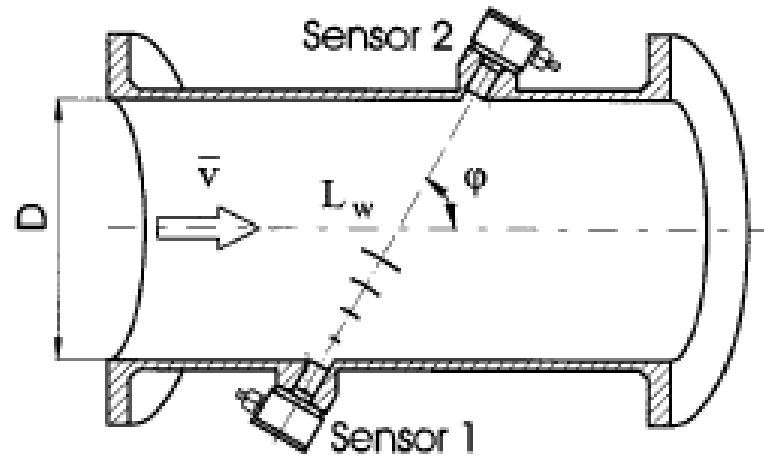
Al suo interno, vengono avvolte al tubo delle spire di materiale conduttore, nelle quali viene fatta passare una corrente variabile nel tempo.

In questo modo nel condotto vi è un campo magnetico oscillante; se il fluido che scorre è paramagnetico (come l'acqua), il campo magnetico viene perturbato; dalla misura dell'intensità di queste variazioni è possibile risalire alla velocità del fluido, e quindi alla portata.

Il suo limite è evidentemente quello di funzionare solo con fluidi paramagnetici.

La precisione di questa classe di strumenti è generalmente intorno allo 0,5 – 1%.

MISURATORE DI PORTATA AD ULTRASUONI

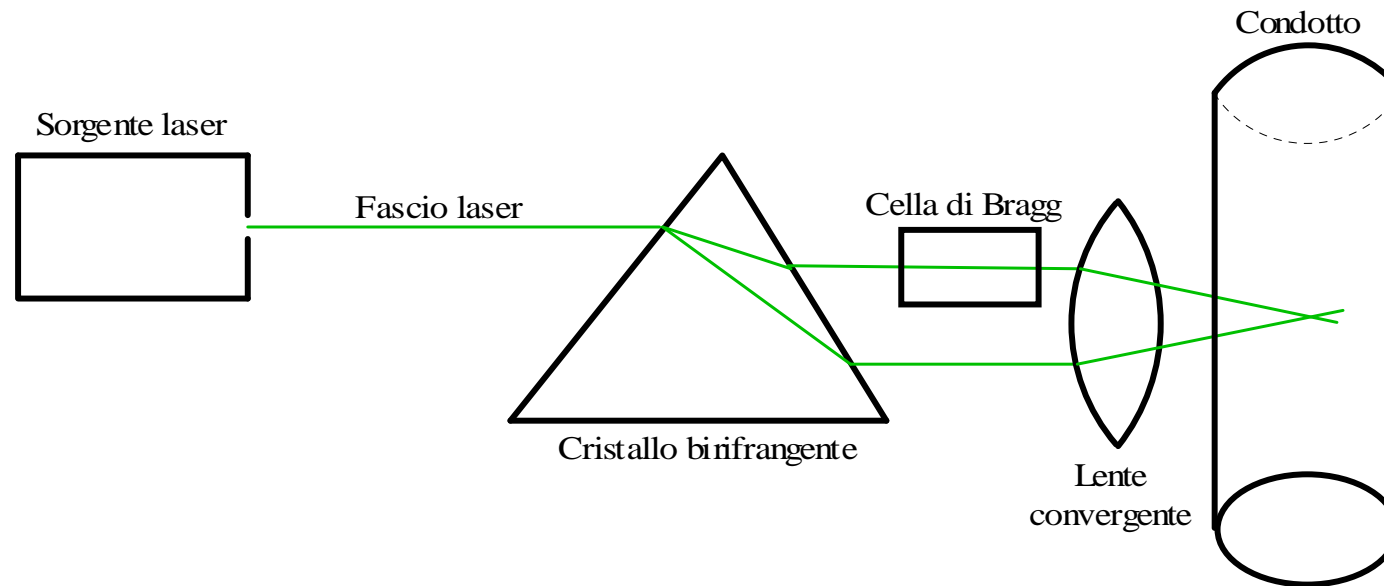


Il tipo più comune di misuratore è a riflessione: se si emette un'onda sonora dalla parete verso il centro di un tubo, questa verrà riflessa (in parte) dalla parete opposta.

Se nel tubo vi è un fluido in movimento, questo sposterà l'onda sonora, che quindi compirà un percorso diverso per raggiungere il sensore.

Misurando il tempo intercorso tra l'emissione dell'onda e la sua captazione si può risalire alla velocità del fluido.

MISURATORE DI PORTATA LASER



L'anemometro laser-doppler è uno strumento per la misura della velocità puntuale di un fluido.

Lo strumento lavora con due sorgenti laser perfettamente in fase. Un sistema di lenti focalizza i due fasci laser facendoli convergere in un punto all'interno del fluido di cui si vuole misurare la velocità.

MISURATORE DI PORTATA LASER

Nel punto in cui i due fasci laser interagiscono si creano frange di interferenza, ovvero bande alternativamente buie e luminose dovute all'interferenza rispettivamente distruttiva e costruttiva della luce laser.

Se si pone in questa zona il fluido che scorre, le impurità presenti nel liquido verranno illuminate e oscurate, in corrispondenza delle frange chiare e scure.

Tramite un cannocchiale, focalizzato nella zona di interferenza, si ottengono in uscita dei segnali di intensità proporzionale alla luce ricevuta dal cannocchiale. Maggiore è la velocità del fluido maggiore sarà il susseguirsi degli impulsi.

I principali svantaggi di questo sistema di misurazione sono:

- l'elevato costo
- il fatto che per effettuare la misura è necessario che fluido e condotto siano perfettamente trasparenti.

Nonostante ciò è uno strumento di altissima precisione nella misura della velocità, poiché riesce ad analizzare un'area ristrettissima (praticamente puntiforme) del condotto dal momento che la misura viene effettuata nel punto d'intersezione dei raggi laser.