

Corso di

IMPIANTI TECNICI per l'EDILIZIA

**Pompe di circolazione per gli
impianti di riscaldamento**



Prof. Paolo ZAZZINI
Dipartimento INGEO
Università "G. D'Annunzio" Pescara
www.lft.unich.it

Pompe di circolazione

Negli impianti di riscaldamento la circolazione dell'acqua avviene mediante **pompe di circolazione** azionate da motori elettrici (elettropompe) \Rightarrow **circolazione forzata**.

Gli impianti a **circolazione naturale** sono in **disuso**.

Gli impianti a **circolazione forzata** sono a **circuito chiuso**.

Eventuali reintegri vengono fatti per **compensare possibili perdite**, che possono aver luogo nei giunti, nei raccordi, etc.

Le pompe di circolazione **forniscono** all'acqua **l'energia sufficiente** per alimentare i **terminali dell'impianto** (corpi scaldanti) **vincendo le perdite di carico** distribuite e concentrate

Sono in commercio diverse tipologie di pompe, tra cui:

Pompe centrifughe

Pompe assiali (ad elica)

Nelle **pompe assiali** una **girante elicoidale** imprime una spinta al fluido nella **direzione dell'asse di rotazione**, la stessa in cui il fluido viene aspirato

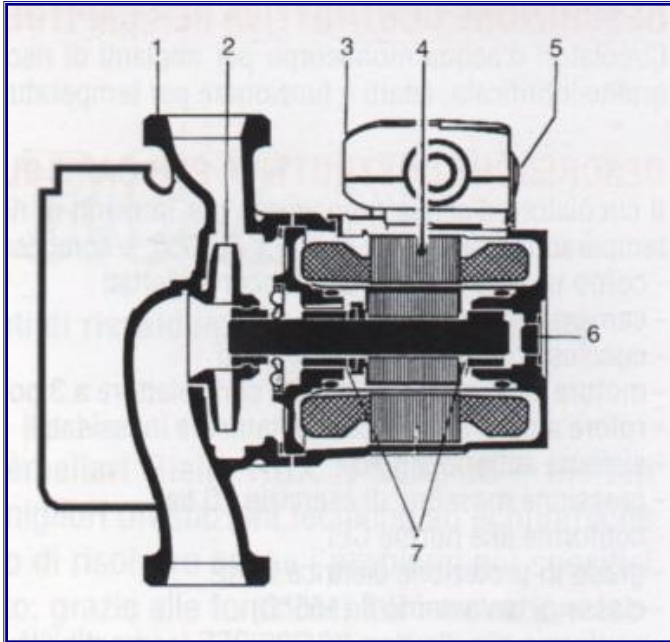
Nelle **pompe centrifughe** una **girante** con le **pale perpendicolari all'asse** imprime una **spinta centrifuga** all'acqua.

L'**aspirazione** avviene in **direzione assiale** mentre la **mandata** è in **direzione radiale** all'estremità delle pale della girante.

Le **pompe di circolazione** utilizzate negli impianti idro-termosanitari sono di solito **di tipo centrifugo**.

Le **elettropompe centrifughe** possono essere con motore esterno (**a tenuta meccanica**) oppure inglobato nel corpo della macchina (**circolatori**).

Sezione di una pompa centrifuga

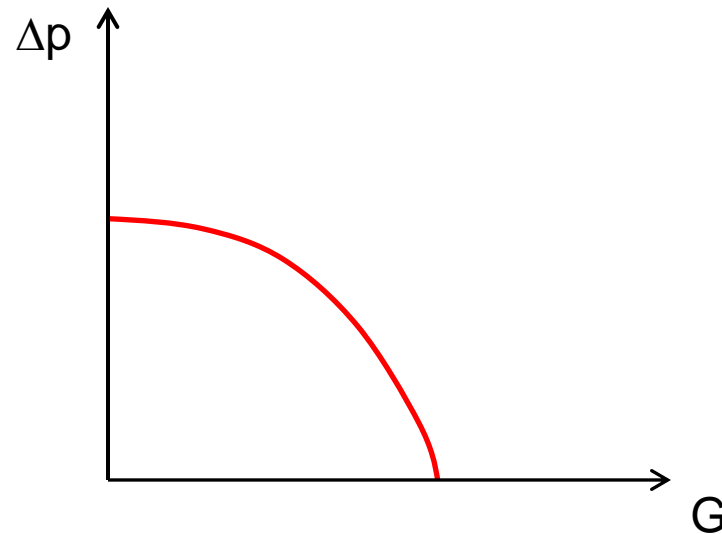


da: Catalogo RIELLO

1. Corpo pompa centrifuga
2. Girante
3. Scatola di comando
4. Motore elettrico
5. Selettore di velocità
6. Tappo di ispezione per il controllo della rotazione e per lo sfiato dell'aria
7. Cuscinetti

Curva caratteristica di una pompa

Ad ogni pompa è associabile una **curva di funzionamento** determinata sperimentalmente (**curva caratteristica**) che mette in relazione la **portata volumetrica** del fluido trattato con la **prevalenza della pompa**



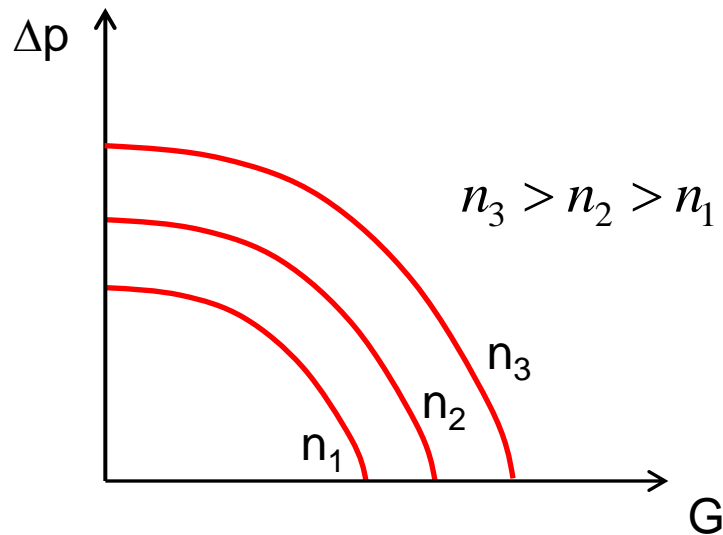
Ad ogni valore della portata corrisponde il valore della prevalenza che la pompa fornisce al fluido

Le **elettropompe a tenuta meccanica**, rispetto ai circolatori, presentano **costi minori e rendimenti più elevati**, nonché **intervalli di portata più ampi**

I **circolatori** sono in grado di elaborare **portate massime dell'ordine di 80-90 m³/h**. Per contro sono **meno rumorosi** e presentano **minore ingombro**

I circolatori consentono di scegliere tra **3 o 4 curve di funzionamento**

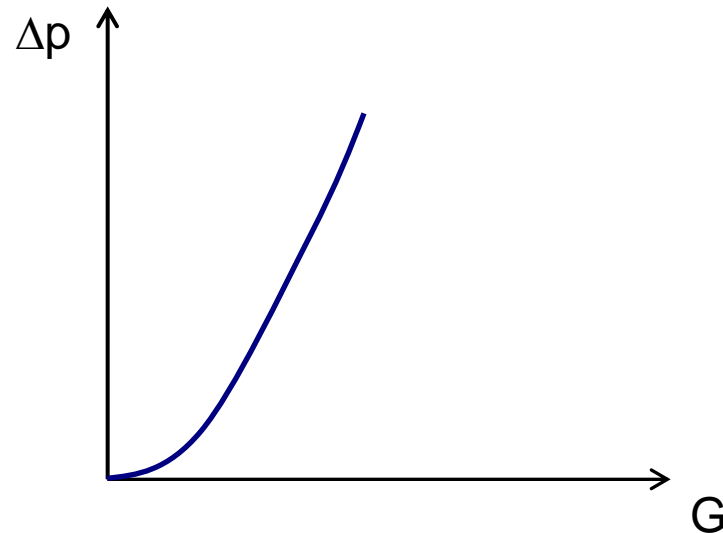
Ad ogni valore del **numero di giri** corrisponde una curva caratteristica.



Le varie **curve** sono **congruenti** fra di loro (sovrapponibili per traslazione)

Ad ogni **circuito** si può associare una **curva caratteristica** che dà le **perdite di carico** in funzione della **portata**.

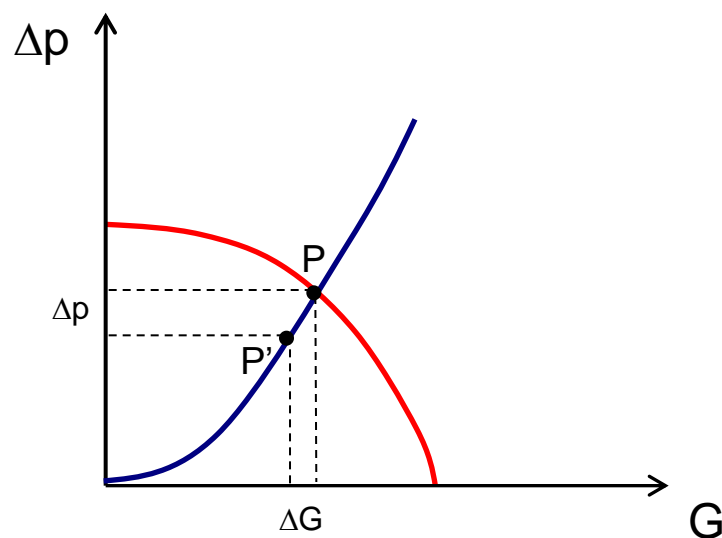
Poiché le perdite di carico dipendono dalla **pressione cinetica** (quadrato della velocità), risultano **proporzionali al quadrato della portata** e la curva del circuito è un ramo di parabola con vertice nell'origine degli assi



Il **punto di funzionamento** della pompa **P** viene ottenuto intersecando la curva caratteristica della pompa con quella del circuito.

Esso di solito non coincide con il **punto di funzionamento teorico P'** che è dato dalla **coppia prevalenza portata calcolate** nel processo di dimensionamento delle reti di distribuzione

La scelta della pompa porterà a selezionare la **curva caratteristica** in maniera tale che il **punto di funzionamento effettivo** sia il più **vicino** possibile a quello **teorico**



Per determinare il punto di funzionamento teorico si fa riferimento ad un valore di **portata** pari alla **somma di tutte le portate dei corpi scaldanti** alimentati dall'impianto e ad una **prevalenza** pari alla **perdita di carico totale del circuito più sfavorito, maggiorando** entrambe **del 10 %** per compensare le inevitabili approssimazioni di calcolo.

La potenza ottenuta dalla pompa (potenza ideale) si calcola con la formula seguente:

$$P_{pompa} = G_{H_2O} \cdot \Delta p$$

in cui:

P_{pompa} : potenza ideale della pompa [W]

G_{H_2O} : portata volumetrica d'acqua trattata dalla pompa [m³/s]

Δp : prevalenza impressa dalla pompa alla portata d'acqua [Pa]

Si definisce **rendimento** il rapporto tra la **potenza ideale** (Portata x Prevalenza) e la **potenza assorbita dal motore elettrico**.

$$\eta = \frac{P_{pompa}}{P_{el}}$$

Le pompe centrifughe di piccola potenza hanno di solito **rendimenti molto bassi ($\cong 0.2$)**. Il rendimento **aumenta all'aumentare della potenza**, fino ad un **valore massimo di circa 0,7**.

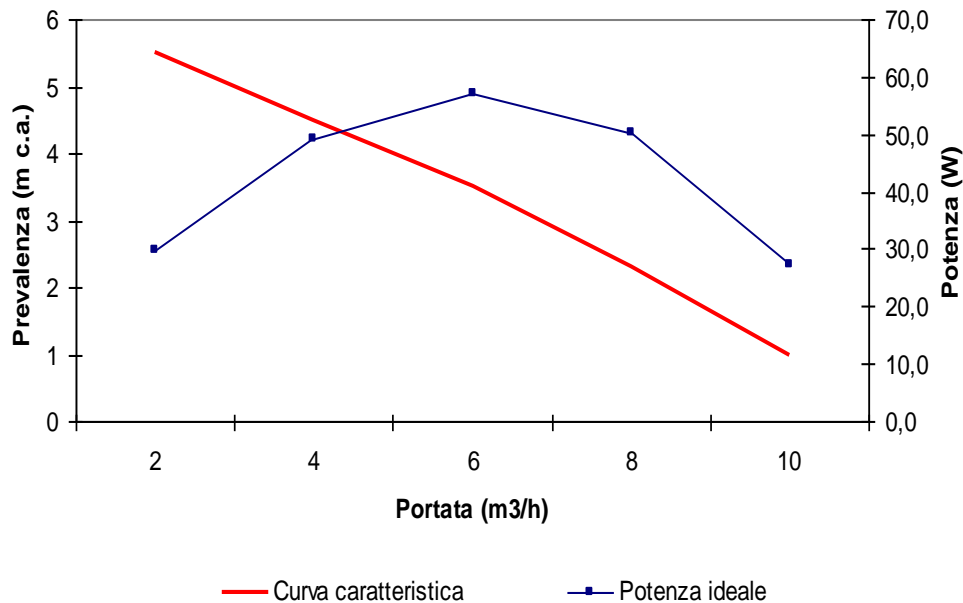
Nota la potenza elettrica assorbita si può determinare la **potenza ottenibile dalla pompa** attraverso la conoscenza del rendimento.

$$P_{pompa} = \eta \cdot P_{el}$$

Analogamente, **nota la potenza ideale della pompa**, si può determinare la **potenza elettrica assorbita**

$$P_{el} = \frac{P_{pompa}}{\eta}$$

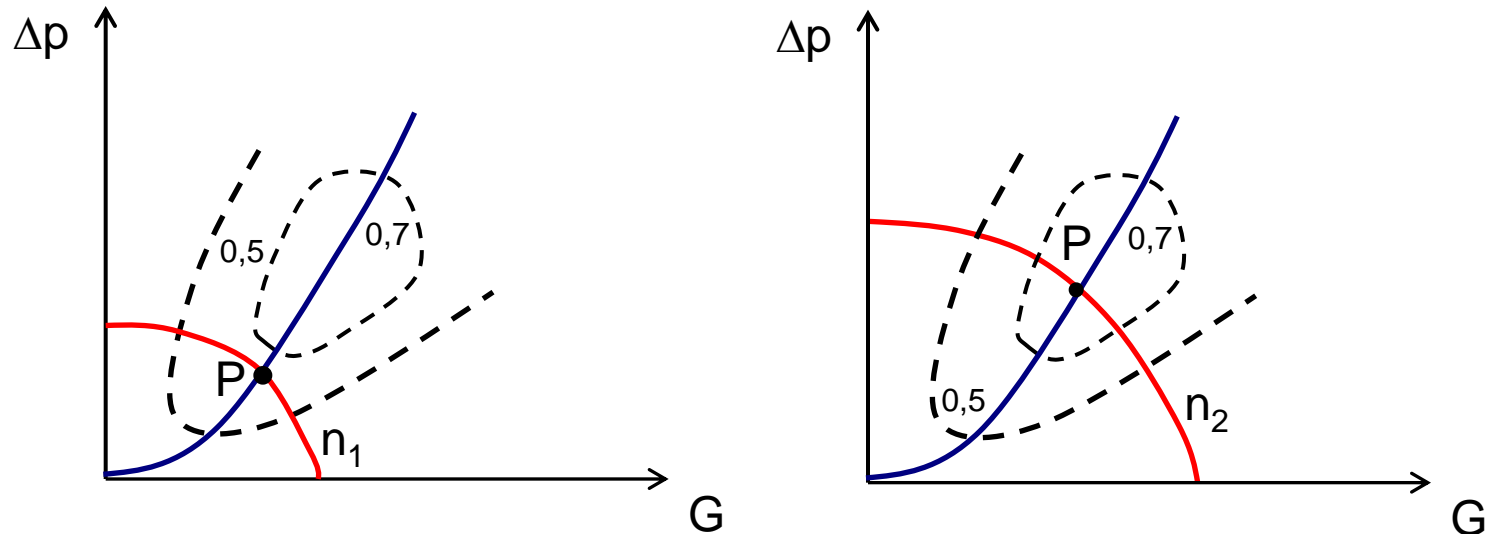
Esempio di prestazioni di una elettropompa centrifuga di potenza elettrica fissata



G(m ³ /h)	Δp (m _{H₂O})	P_{id} (W)	P_{el} (W)	η
2	5,5	30,0	100	0,30
4	4,5	49,0	100	0,43
6	3,5	57,2	100	0,57
8	2,3	50,1	100	0,50
10	1	27,2	100	0,27

Il massimo rendimento si ha in corrispondenza della massima potenza ideale

Le linee tratteggiate individuano **aree di funzionamento a diverso rendimento**



La pompa va scelta in modo da **far cadere il punto di funzionamento all'interno della zona di massimo rendimento** o il più vicino possibile ad essa.

E' possibile **cambiare il numero di giri** per far sì che il punto di funzionamento ricada in una zona ad elevato rendimento

Le **caratteristiche** e le **prestazioni** della pompa devono essere **adeguate** alle **esigenze** del circuito:

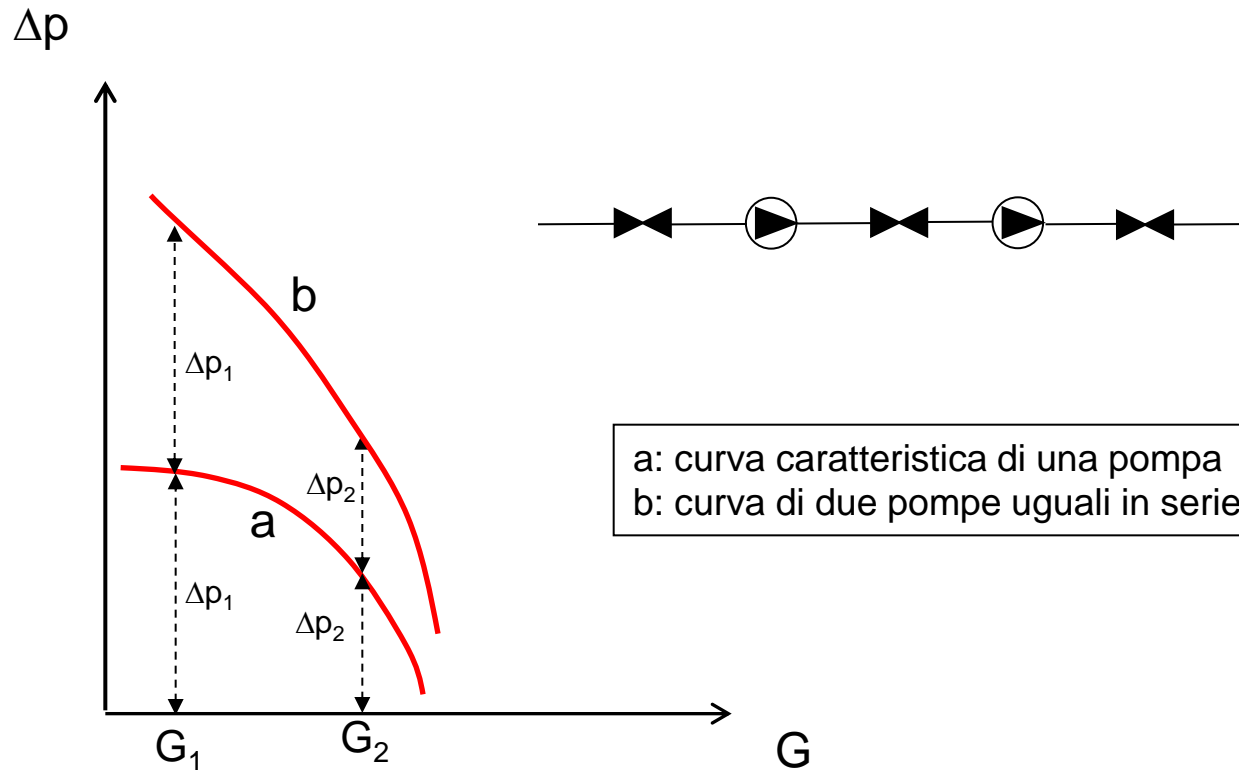
verificare il **livello di rumorosità** soprattutto per installazioni vicine ad **ambienti** che richiedono **bassi valori del livello sonoro**.

E' **consigliabile** installare **a monte e a valle** di ogni pompa **valvole di intercettazione** per agevolare **interventi di manutenzione**, nonché **manometri** per effettuare il **controllo della pressione differenziale**, la cui diminuzione può essere **indice di logoramento** della **girante** o della **presenza di ostruzioni** nei passaggi tra le palette.

Può accadere che le **pompe** di circolazione **disponibili non rispondano** ai **requisiti di prevalenza e portata dell'installazione**.

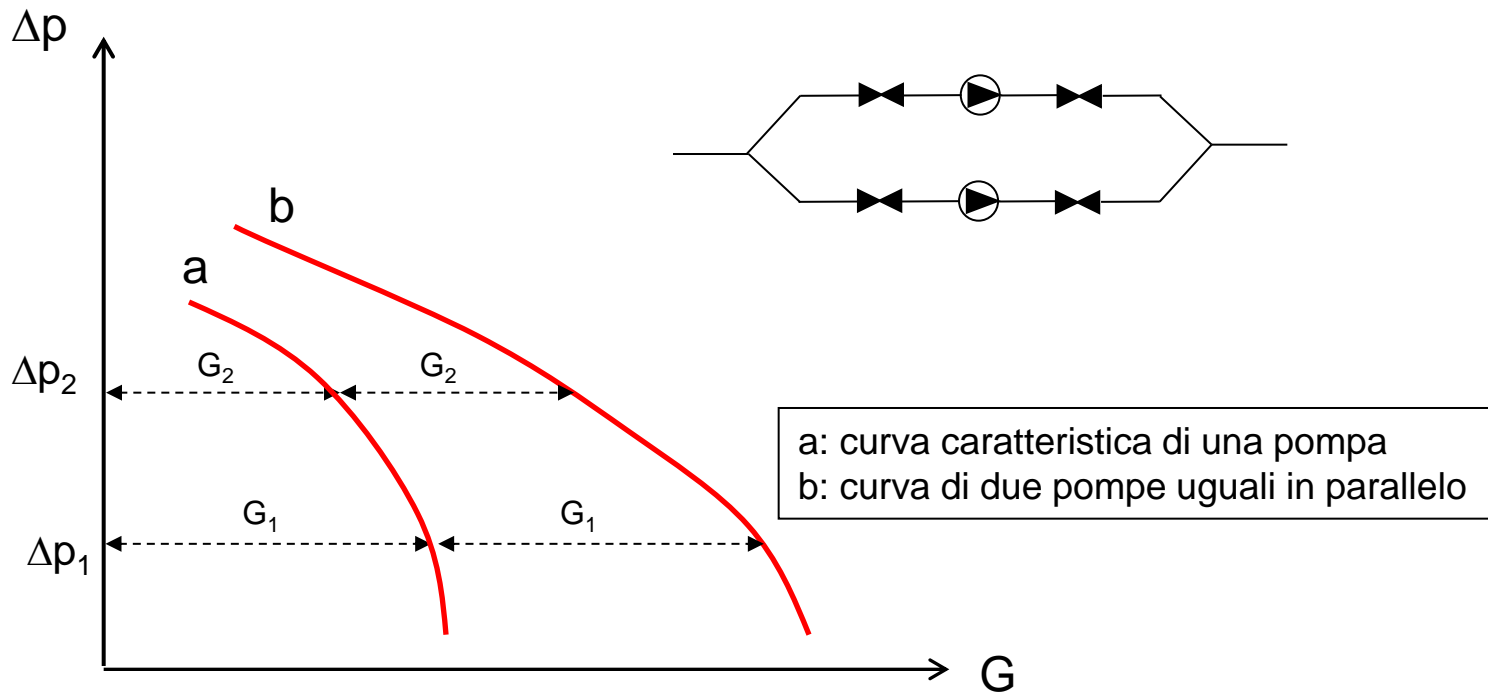
In questo caso è possibile accoppiarne **due o più pompe in serie o in parallelo** per ottenere le prestazioni richieste.

Accoppiamento in serie di due pompe uguali



Stessa portata G , prevalenza **somma delle prevalenze** $\Delta p_{\text{tot}} = 2 \Delta p$

Accoppiamento in parallelo di due pompe uguali

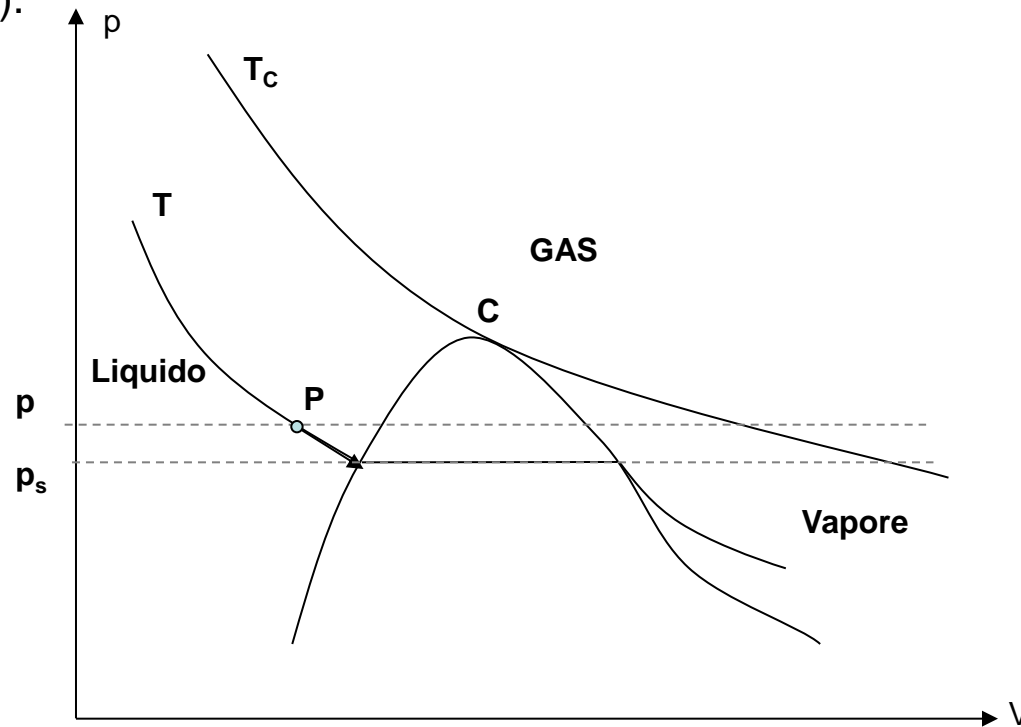


Stessa prevalenza Δp , portata **somma delle portate $G_{\text{tot}} = 2 G$**

Cavitazione

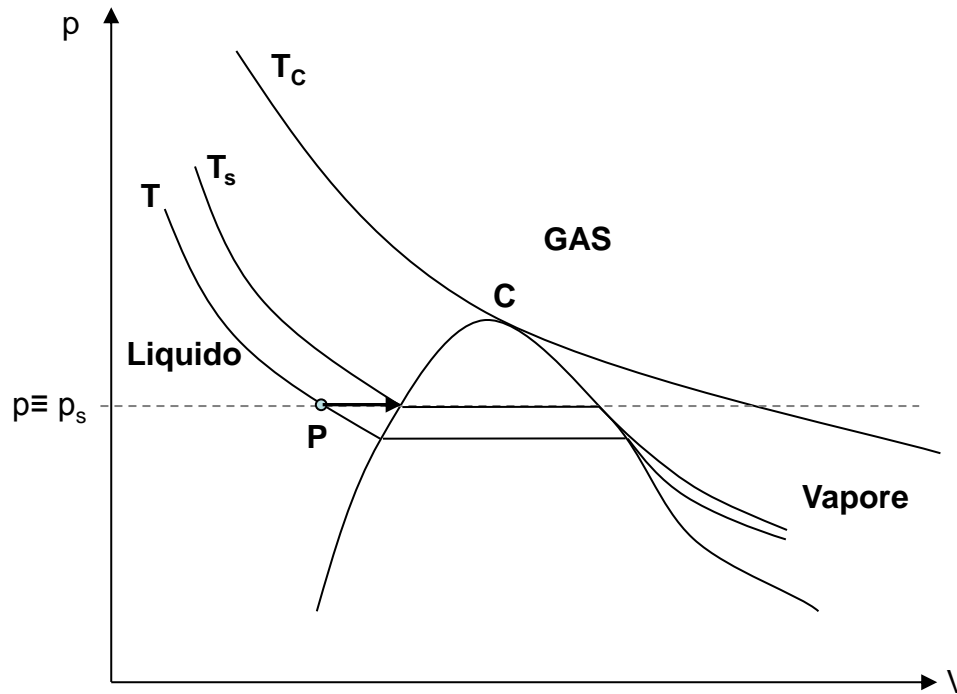
Consiste nella **formazione di bolle di vapore** instabili all'interno del fluido. L'**implosione** di queste bolle produce un **rumore caratteristico**.

Può essere generata da una **diminuzione della pressione locale** ($p \rightarrow p_s$) spinta fino al valore della **tensione di vapore** del liquido (pressione alla quale il liquido vaporizza per un valore dato di temperatura).



La pressione del liquido scende localmente per cui **le bolle** di vapore che si formano si trovano ad un valore di **pressione inferiore** a quello del **liquido circostante**.

Nell'ebollizione il liquido vaporizza perché raggiunge le **condizioni di saturazione all'aumentare della temperatura a pressione costante**, per cui il **vapore** contenuto nelle bolle ed il liquido circostante si trovano allo **stesso valore di pressione (tensione di vapore)**.



A differenza di ciò che avviene nell'ebollizione, **le bolle generate per cavitazione sono meccanicamente instabili**.

Resistono finché rimangono nella zona di bassa pressione, ma appena escono da questa per ritornare **in una zona di fluido in quiete**, la **pressione del vapore** non riesce a contrastare la **pressione idrostatica** esterna ed avviene **l'implosione delle bolle**.

La formazione delle bolle di vapore per **cavitazione** è legata alla presenza sulle pale della pompa di un **centro di nucleazione**, costituito da **asperità** presenti sulla sua superficie o da **impurità** trasportate dal liquido e depositate su di essa.

La cavitazione è favorita dalle seguenti situazioni:

Ingenti **perdite di carico** a monte della pompa (in **aspirazione**);

Differenza di quota tra serbatoio e pompa;

Alto valore della tensione di vapore dell'acqua a causa di un **elevato valore della temperatura**.

In corrispondenza della **girante** il moto rotatorio delle pale, spostando il liquido, può creare **zone di bassa pressione** potenzialmente causa di cavitazione.

La cavitazione causa una **diminuzione delle prestazioni ottenibili** dalla pompa.

Di solito si ritiene che il fenomeno sia in atto quando si nota un **abbassamento di potenza, prevalenza o portata superiore al 3%**.

E' anche causa di **emissione di rumore** e **danneggiamento dei componenti meccanici** della pompa, fino alla **rottura della girante** a causa del **collasso delle bolle** che genera **urti meccanici intensi** in grado di scavare dei fori sulle parti metalliche.

La cavitazione può essere in fase di **aspirazione** o di **scarico**.

La cavitazione in aspirazione si ha quando il **liquido entra** nella pompa in **condizioni di bassa pressione** per cui **bolle di vapore** si formano **all'ingresso della pompa**, attraversano la girante e **implodono in corrispondenza della sezione di uscita** dove incontrano una zona ad alta pressione.

Per evitare questo fenomeno bisogna garantire un **valore minimo di pressione all'ingresso** della pompa, definito da una grandezza particolare caratteristica della pompa:

NPSH (Net Positive Suction Head - carico netto sulla aspirazione)

Il valore dell'NPSH rappresenta la **pressione minima che deve essere garantita all'ingresso della pompa per evitare fenomeni di cavitazione**.

L'NPSH è di solito espresso in m c.a. (Sistema Tecnico)

La cavitazione in **fase di scarico** si manifesta quando la **pressione di uscita della pompa è molto alta** (di solito quando la pompa lavora a meno del 10% delle sue condizioni di massima efficienza).

A causa del valore elevato della pressione all'uscita, può avvenire che una parte del **liquido ricircoli nella pompa invece di uscire**, passando ad alta velocità nello spazio tra la girante e lo statore.

L'alta velocità di cui è dotato il fluido causa la **formazione di zone di bassa pressione** e la conseguente generazione di **bolle di vapore**.

Questa situazione può provocare notevole **usura della girante e dello statore**, oltre che **dei cuscinetti e delle guarnizioni**. In condizioni estreme si può avere anche la **rottura dell'albero**.