



Corso di formazione
RISCHIO IDROGEOLOGICO E IDROLOGICO

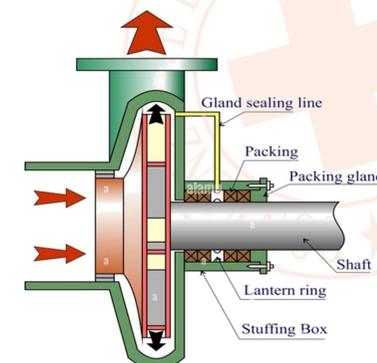
Le pompe centrifughe

Giuseppe Bolzoni
Emergency Manager

1

Le pompe centrifughe sono dispositivi meccanici progettati per trasferire liquidi da un punto a un altro utilizzando il principio della forza centrifuga generata dalla rotazione di un'elica o di una girante all'interno di una camera. Questo tipo di pompa è comunemente utilizzato in una vasta gamma di applicazioni industriali, commerciali e domestiche per pompare liquidi come acqua, sostanze chimiche, oli, liquidi refrigeranti e molti altri.

Le pompe centrifughe funzionano creando un flusso continuo di liquido attraverso la rotazione della girante all'interno di un corpo pompa. La girante, di solito costituita da palette o pale, ruota ad alta velocità, creando una pressione differenziale che spinge il liquido attraverso il sistema di condotti della pompa, aumentando la sua pressione e velocità. Questo flusso accelerato di liquido viene quindi convogliato verso l'uscita della pompa, dove può essere indirizzato verso il suo scopo finale.



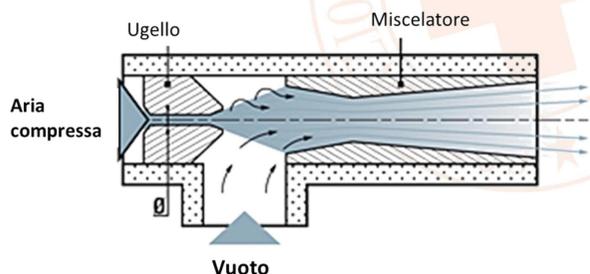
3

Pompe fluidodinamiche

Il movimento del fluido è prodotto da un momento meccanico indotto nel fluido stesso. Queste pompe non hanno bisogno di valvole, ma hanno lo svantaggio che la portata e l'efficienza diminuiscono con l'aumentare della pressione all'uscita. A volte queste pompe hanno la necessità dell'adescamento, ovvero di essere inizialmente riempite di liquido per poter funzionare. Le pompe centrifughe sono pompe fluidodinamiche.

I principali tipi di pompe fluidodinamiche sono:

- ✓ centrifughe, basate sull'effetto della forza centrifuga su di un fluido,
- ✓ lineari, come gli eiettori,
- ✓ ad ariete idraulico, in grado di sfruttare il colpo d'ariete.



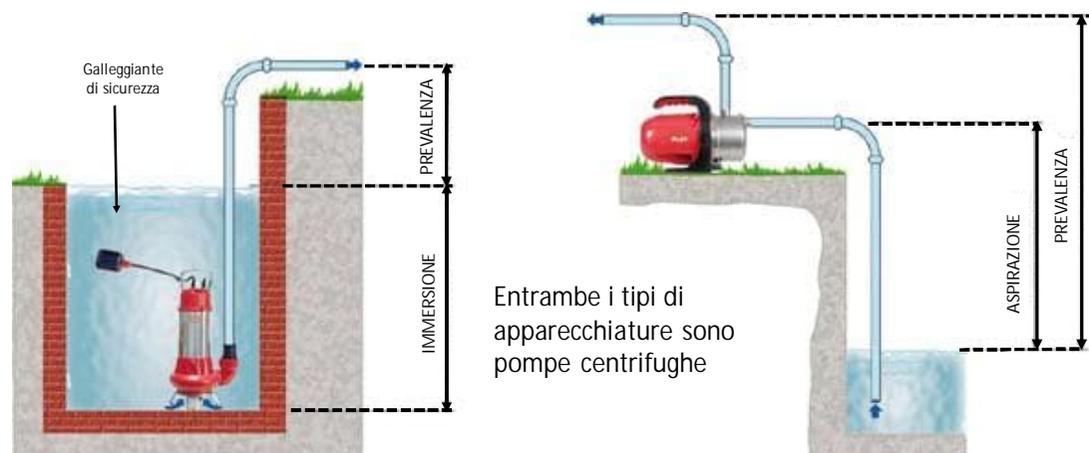
Classificazione per quanto concerne la disposizione:

- ✓ Pompe di superficie autoadescanti, quando la pompa è posta fuori dal liquido che deve spostare ed utilizza un tubo di pescaggio.
- ✓ Pompe ad immersione, quando la pompa è immersa nel liquido che deve spostare.
- ✓ Pompe di spurgo, sono delle pompe a metà strada tra quelle di superficie e quelle ad immersione, possono essere sommerse, ma non devono per forza di cose essere ricoperte dal liquido per poter funzionare e quindi essere raffreddate. Queste pompe hanno una bassa prevalenza per cui non consentono salti di pendenza elevati.

4

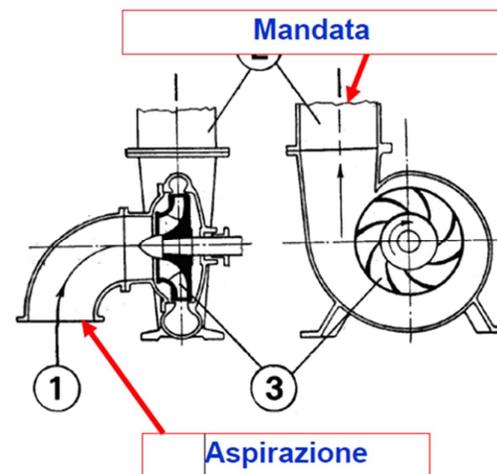
Pompe da immersione e pompe autoadescanti

Che differenze ci sono tra le pompe ad immersione e quelle autoadescanti?



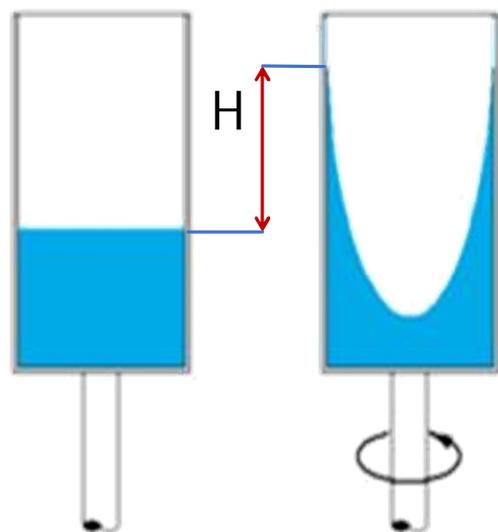
5

Caratteristiche delle pompe centrifughe



Una pompa centrifuga è composta essenzialmente da una parte rotante detta girante e da una parte fissa, o corpo della pompa, entro cui si muove l'acqua convogliata dalla forza centrifuga impressale dalla girante. L'acqua entra nella pompa attraverso il tubo di aspirazione e viene inviata, attraverso il movimento della girante, nel tubo di mandata. Il tubo di aspirazione è assiale rispetto alla girante, il tubo di mandata è radiale.

7



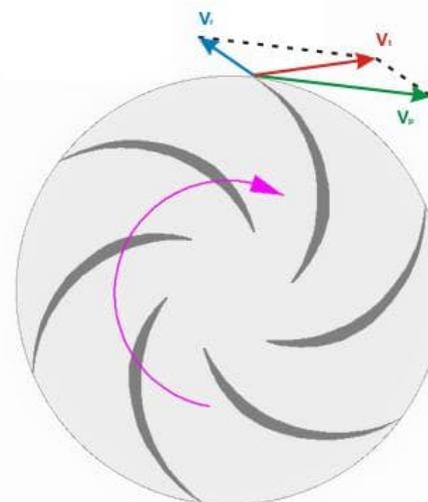
Pompe centrifughe

La pompa centrifuga è di gran lunga la pompa di uso più comune, sia in ambito industriale che civile.

Se ne comprende il funzionamento osservando come un cilindro riempito d'acqua, posto in rotazione attorno al proprio asse, modifica la forma del pelo libero, facendogli assumere un profilo parabolico.

La differenza H di livello che si osserva si dice prevalenza della pompa. Se si pratica un foro nella parte inferiore del cilindro si osserverà una fuoriuscita di liquido a pressioni diverse in funzione della prevalenza (H).

6



Pompa centrifuga

La pompa centrifuga utilizza l'effetto centrifugo della sua girante per movimentare il liquido, trasformando l'energia meccanica proveniente dal suo motore prima in energia cinetica e successivamente in energia di pressione che conferisce al liquido sollevato.

La pompa centrifuga è di gran lunga la pompa di uso più comune, sia in ambito industriale che civile.

8

Caratteristiche delle pompe centrifughe

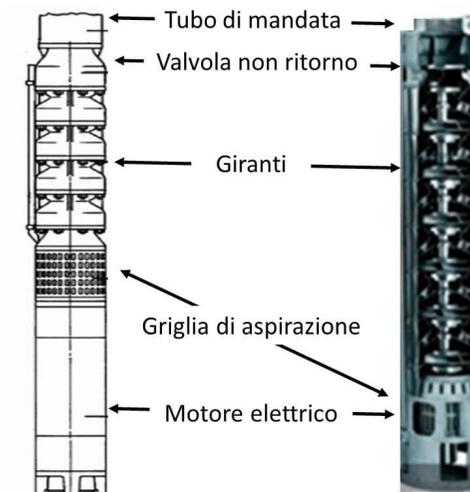
Il movimento della girante determina una depressione nel tubo di aspirazione e l'acqua, spinta dalla pressione atmosferica, risale lungo il tubo e viene proiettata dalla girante sul corpo della pompa dal quale esce attraverso il tubo di mandata.



Le pompe centrifughe, a seconda della disposizione dell'albero di trasmissione che muove la girante, si distinguono in orizzontali e verticali.

9

Pompe centrifughe verticali ad elevata prevalenza



11

Pompe centrifughe verticali



Pompa centrifuga verticale con dispositivo di sicurezza



10

Pompe centrifughe orizzontali



12

Pompe centrifughe orizzontali

Le pompe centrifughe orizzontali sono accoppiate direttamente al gruppo motore, e a seconda che questo sia ad alimentazione elettrica o a benzina, si distinguono in elettropompe o motopompe.

Sono pompe molto versatili, di dimensioni e peso contenuti, facilmente spostabili e trasportabili sia su automezzi sia a mano (pompe carrellate o barellate). Si prestano quindi sia per il prosciugamento di locali allagati che per l'uso antincendio.

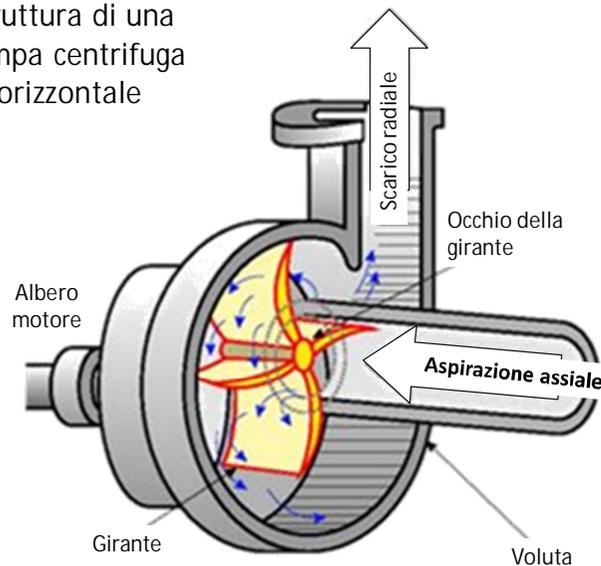
In quest'ultimo caso devono fornire alte pressioni all'acqua pompata, e questo si può ottenere con pompe a giranti multiple o pluristadio. L'acqua, all'uscita della prima girante, entra in una seconda e così via fino ad imboccare il tubo di mandata. La prevalenza della pompa è data dalla somma delle prevalenze delle singole giranti.



GIRANTE: è l'elemento principale della pompa. La tipologia dipende anche dalle caratteristiche del liquido. La curvatura delle palette nelle giranti moderne è rivolta nella direzione opposta al flusso. Questo consente pressioni maggiori e perdite di carico minori.



Struttura di una pompa centrifuga orizzontale



Le motopompe da svuotamento sono state progettate per impieghi gravosi continuativi di Vigili del Fuoco e Protezione Civile. Il rapido adescamento, anche con elevata prevalenza di aspirazione, l'elevata portata e prevalenza e l'altissima qualità dei materiali impiegati per la costruzione sono le caratteristiche principali.

La robusta costruzione del corpo pompa unita alla particolare conformazione della girante permette il trattamento ed il trasferimento acque luride, con sassi e corpi solidi in sospensione rendendo possibile il loro utilizzo senza impiegare il filtro di aspirazione.





Motopompe da svuotamento



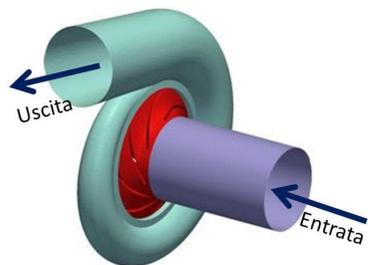
Pompa assiale
 Nella pompa assiale, o elicopompa, il movimento del fluido è assicurato da un'elica intubata, che spinge il fluido stesso come un'elica marina. Queste pompe vengono utilizzate nei lavori di bonifica, come idrovore, e in seguito hanno avuto impiego industriale in tutti quei casi in cui veniva richiesta una grande portata (normalmente superiore a $1000 \text{ m}^3/\text{h}$) a bassa prevalenza (normalmente inferiore a 4 metri). Esistono oggi pompe assiali con portate superiori a $50,000 \text{ m}^3/\text{h}$

Pompe assiali e pompe radiali

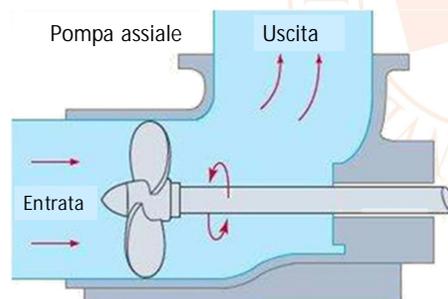
Mentre l'ingresso del liquido, nelle pompe, avviene sempre in direzione assiale, l'uscita può essere in direzione radiale o assiale.

La maggior parte delle pompe centrifughe ha l'aspirazione assiale e la mandata radiale o tangenziale verso l'alto.

Nella pompa a flusso assiale il movimento del fluido è assicurato da un'elica intubata, che spinge il fluido stesso come un'elica marina nella stessa direzione dell'ingresso. Queste pompe vengono utilizzate per grandi portate a bassa prevalenza (max. 4 metri).



Pompa radiale

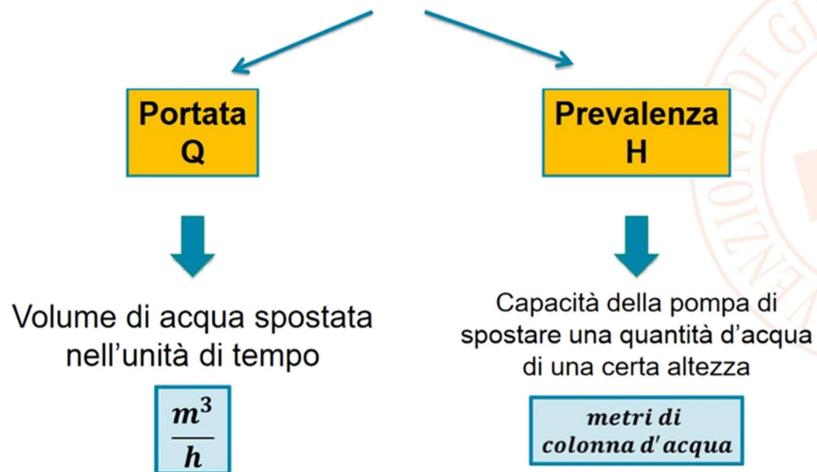


Prevalenza: Calcolo

La prevalenza da assegnare ad una pompa (in un impianto) risulta dalla somma di:

- 1) **Prevalenza geodetica** (Hg) dislivello fra il pelo liquido in aspirazione e il pelo liquido in mandata (con scarico libero nell'atmosfera ci si riferisce alla mezzeria del tubo di scarico).
- 2) **Perdite di carico** continue nelle tubazioni e localizzate nei pezzi speciali in aspirazione e mandata (comprese le perdite allo sbocco).
- 3) Eventuale **differenza di pressione** esistente tra il serbatoio di mandata e quello di aspirazione.

Pompe centrifughe Grandezze fondamentali

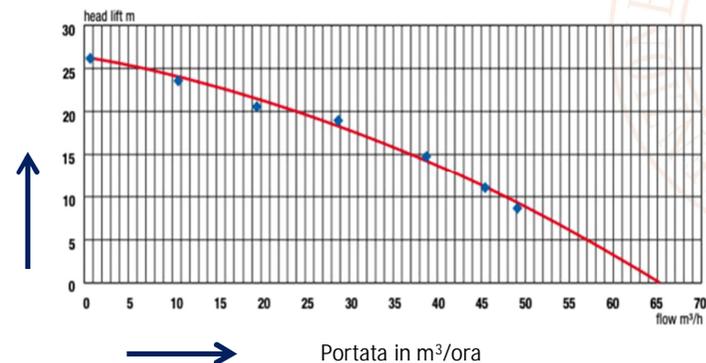


21

La portata è inversamente proporzionale all'altezza alla quale deve essere sollevato il liquido.

Alla massima prevalenza la portata si azzerava.

Per esempio: se una pompa ha una prevalenza dichiarata di 25 metri, significa che potrà pompare un liquido fino ad una altezza massima inferiore ai 25 metri con una portata praticamente azzerata in prossimità del dislivello equivalente alla prevalenza.



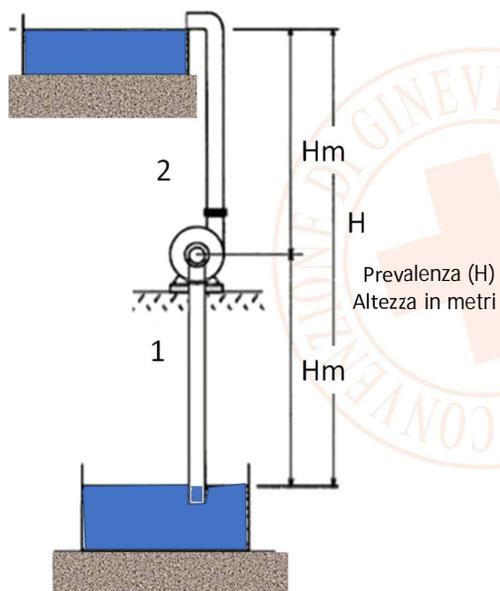
23

I parametri che caratterizzano le pompe centrifughe sono:

- ✓ la portata: che indica la quantità di liquido che la pompa riesce ad erogare nell'unità di tempo;
- ✓ la prevalenza: indica il dislivello tra la bocca di aspirazione e il punto finale di mandata (come altezza).

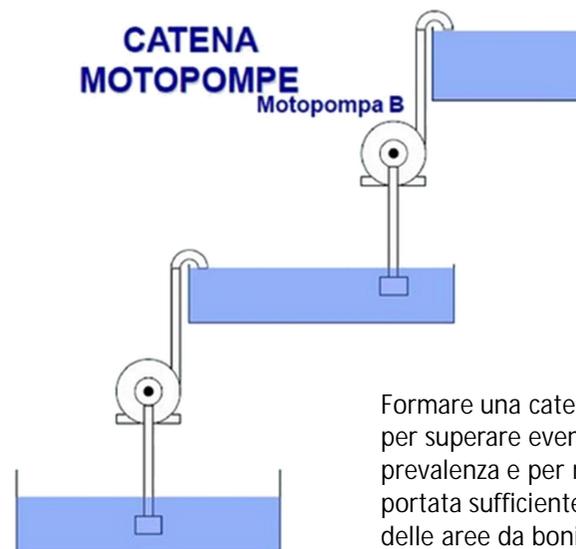
La prevalenza corrisponde quindi alla somma tra l'altezza d'aspirazione (1) e l'altezza della mandata (2).

Essa viene indicata con la lettera (H) ed è espressa in metri.



22

CATENA MOTOPOMPE



Formare una catena di pompe è utile per superare eventuali problemi di prevalenza e per mantenere una portata sufficiente per il drenaggio delle aree da bonificare.

24

Profondità massima di aspirazione delle pompe centrifughe

Il limite delle pompe centrifughe è la profondità massima di aspirazione.

Essendo la pressione atmosferica che spinge l'acqua nel tubo di aspirazione, la profondità massima da cui è possibile aspirare l'acqua corrisponde alla pressione atmosferica; cioè 10,33 metri.

In realtà, a causa delle perdite di carico, non è possibile sollevare l'acqua da una profondità superiore a 6-7 metri dall'asse della pompa.

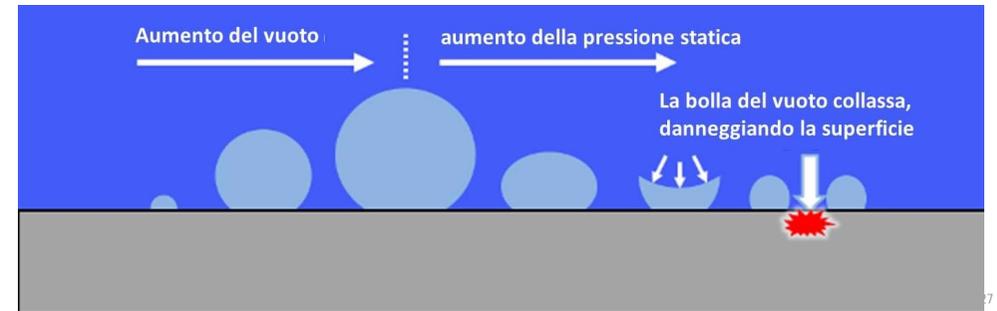
Dovendo pompare a profondità maggiori, la pompa entrerà in cavitazione.

25

Il fenomeno della cavitazione è causata da una istantanea vaporizzazione del fluido, localizzata principalmente nelle zone in cui la pressione assoluta risulta molto bassa, seguita da una rapida ri-condensazione.

Le bolle che vengono a crearsi, nel momento in cui collassano, creano microgetti a pressioni elevate con conseguente erosione delle parti meccaniche colpite.

Le zone maggiormente colpite sono quelle di contatto tra il fluido e le superfici solide delle pompe (girante e corpo) o nelle zone in cui il fluido è a contatto con piccole particelle in sospensione nello stesso e si manifesta con sensibili schiocchi e vibrazioni.



27

Cavitazione

La cavitazione consiste nella formazione di vapore d'acqua all'interno della pompa. Questo è uno degli aspetti più importanti da considerare in una pompa.

Questo fenomeno, oltre ad inibire l'operazione di pompaggio, può portare a gravi danneggiamenti delle parti meccaniche. In una pompa centrifuga, nell'occhio della girante, a causa della elevata velocità del liquido, avviene un repentino abbassamento della pressione.

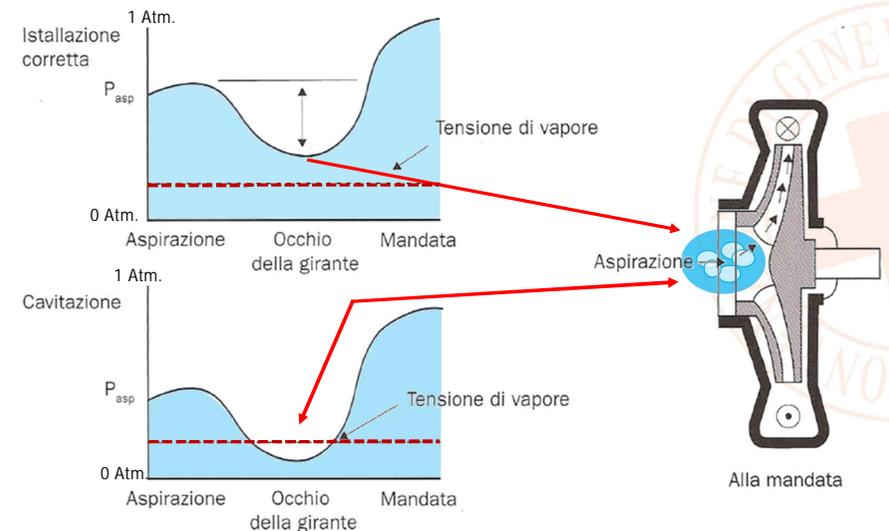
Se la pressione scende al di sotto della tensione di vapore del liquido, questo vaporizza.

In presenza di vapore la pressione e la portata diventano instabili. Se la pompa è installata in battente negativo, cioè sopra il livello del liquido, non riesce più ad auto adescarsi.



Effetto della cavitazione sulla girante di una pompa centrifuga

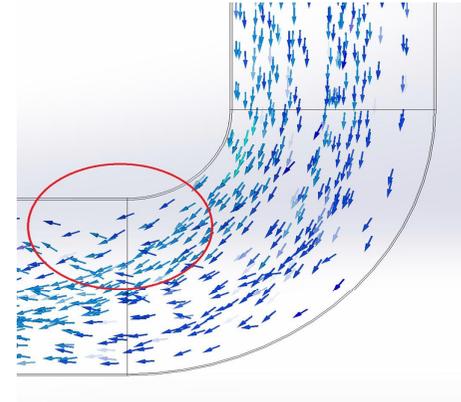
CAVITAZIONE



28



Danni da cavitazione sulle pale di una girante

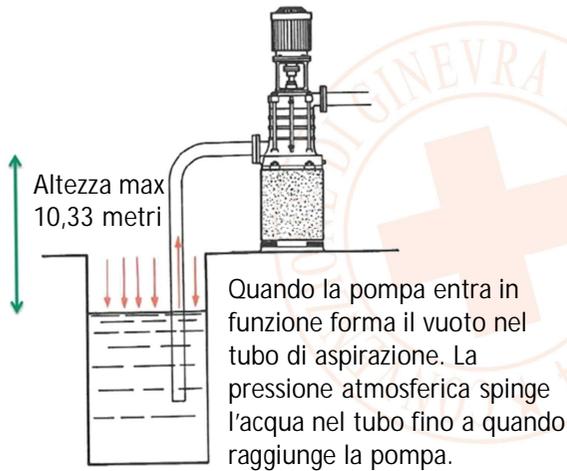


E' importante considerare anche le perdite di carico nel sistema. Le perdite di carico sono causate da attrito nei condotti, curve, valvole e altre restrizioni nel percorso del flusso del liquido. Queste perdite riducono la pressione disponibile per sollevare il liquido. Pertanto, l'altezza massima effettiva alla quale una pompa centrifuga può sollevare il liquido sarà inferiore a causa di queste perdite.



La capacità di una pompa centrifuga di aspirare il liquido sollevandolo è limitata dalla pressione atmosferica e dalle perdite di carico nel sistema. La pressione atmosferica limita l'altezza massima di acqua che la pompa può aspirare.

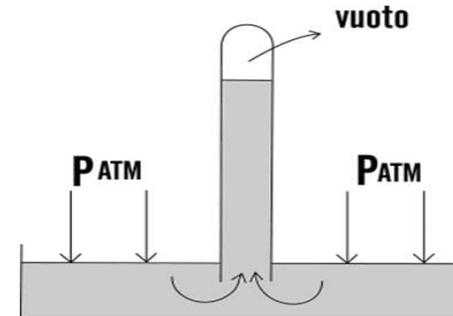
Ad esempio, a livello del mare, la pressione atmosferica media è di circa 101325 pascal (Pa) o 1 atmosfera (atm). Pertanto, la massima altezza teorica che una pompa centrifuga può sollevare il liquido è di circa 10,3 metri a livello del mare, poiché 1 atm corrisponde a circa 10,3 metri di colonna d'acqua.



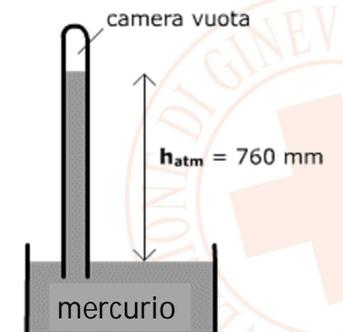
Cos'è la Pressione Atmosferica?

E' il " peso" esercitato dalla colonna d'aria sull'unità di superficie.

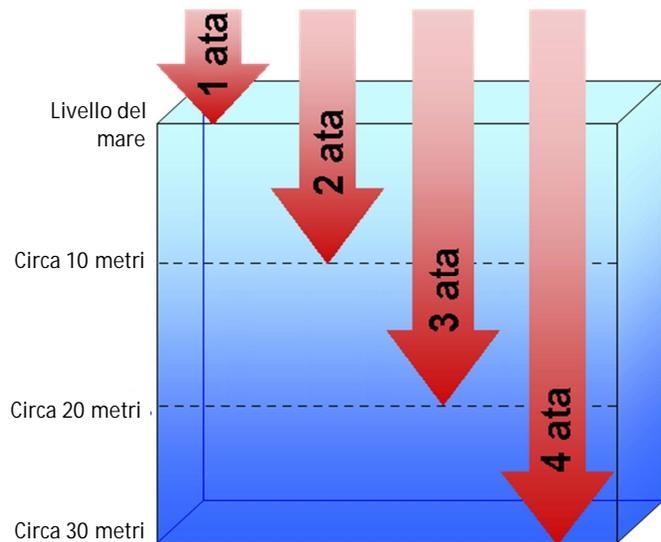
Ad esempio, su 1 cm², la colonna d'aria che lo sovrasta in condizioni normali, al livello del mare, ha un peso che si aggira intorno a 1.033 g per cm² (1,033kg/cm²).



Tubo di Torricelli



Misura definita da Torricelli pesando la colonna di 76 cm di mercurio nel tubo omonimo



Non solo per chi fa le immersioni subacquee

33

Considerazioni lato aspirazione

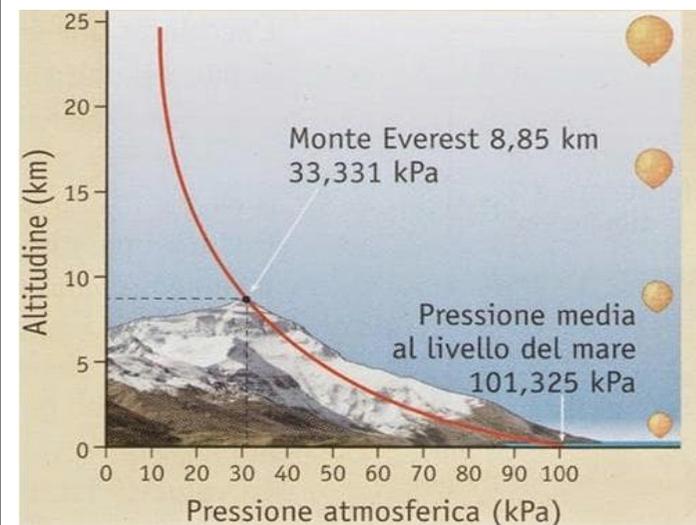
Le condizioni di installazione sono essenziali per la sicurezza operativa e il ciclo di vita di una pompa. Il lato aspirazione è più critico del lato mandata.

I suggerimenti più importanti sono:

- ✓ Tubo aspirazione una taglia superiore ad aspirazione della pompa.
- ✓ Velocità del fluido non superiore a 1,5-2 m/s.
- ✓ Velocità minima del fluido superiore a 0,5-0,7 m/s in caso di aria o gas intrappolati.
- ✓ Velocità minima del fluido superiore a 1,5 m/s in caso di solidi o sedimenti nel fluido pompato.



35



Sull'Everest una pompa centrifuga andrebbe in cavitazione con un pescaggio superiore ai 2-2,5 metri

34

Considerazioni lato aspirazione

- ✓ Tubazioni verso il lato aspirazione più corte possibile
- ✓ Pompa installata più vicino possibile alla sorgente (bacino, serbatoio, ecc.).
- ✓ Limitare per quanto possibile il numero di valvole, giunzioni, o componenti che introducano perdite di carico.
- ✓ In sistemi aperti l'ingresso della tubazione deve essere protetto da un filtro con una maglia appropriata.

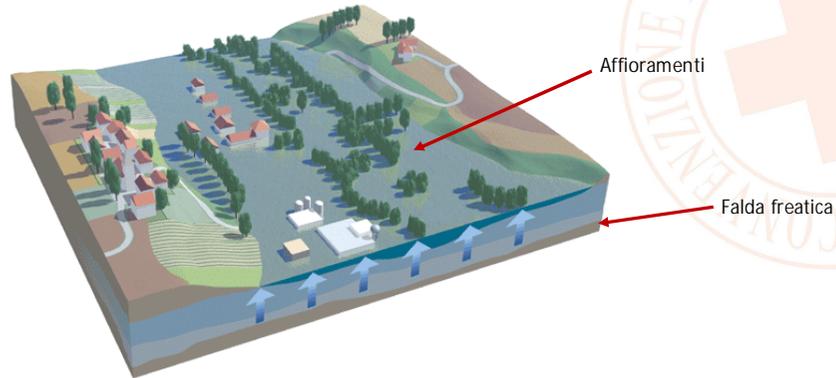


36

Pompe assiali (idrovore)

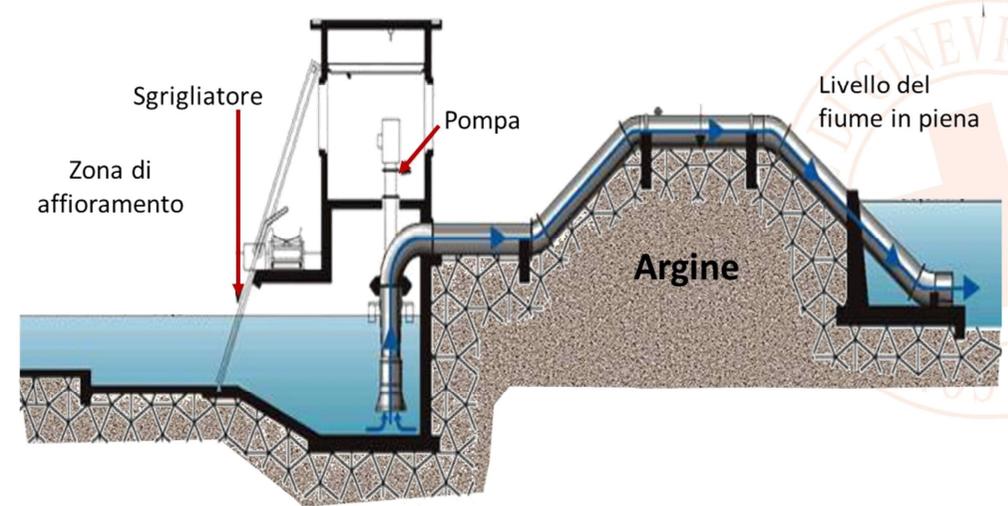
Durante le piene dei grandi fiumi, la pressione dell'acqua blocca la falda freatica e la costringe ad affiorare sui terreni.

Questo fenomeno provoca l'allagamento di ampi spazi sotto il terrazzo morfologico anche se gli argini non collassano questi affioramenti devono essere drenati. Per fare queste operazioni si usano pompe assiali (bassa prevalenza portate elevate).

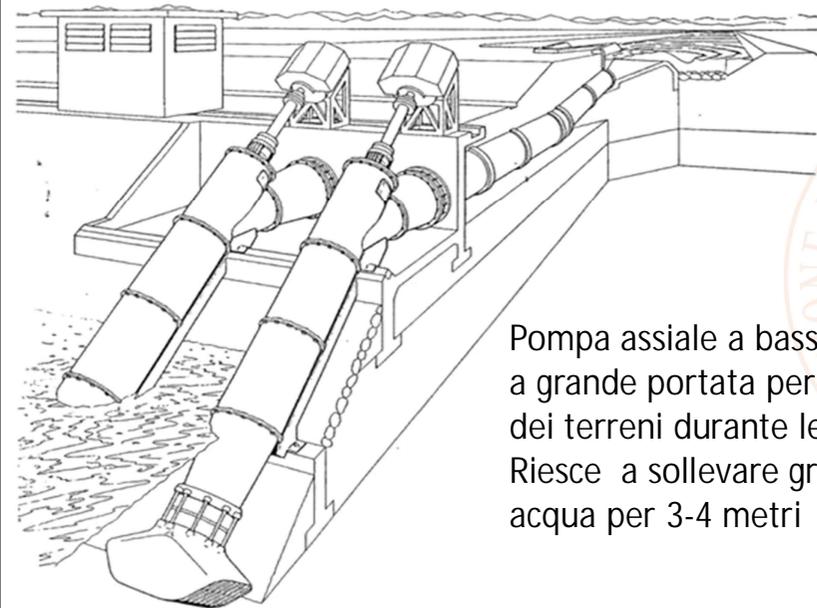


37

POMPA ASSIALE A BASSA PREVALENZA



39



Pompa assiale a bassa prevalenza e a grande portata per il drenaggio dei terreni durante le piene. Riesce a sollevare grandi masse di acqua per 3-4 metri

38



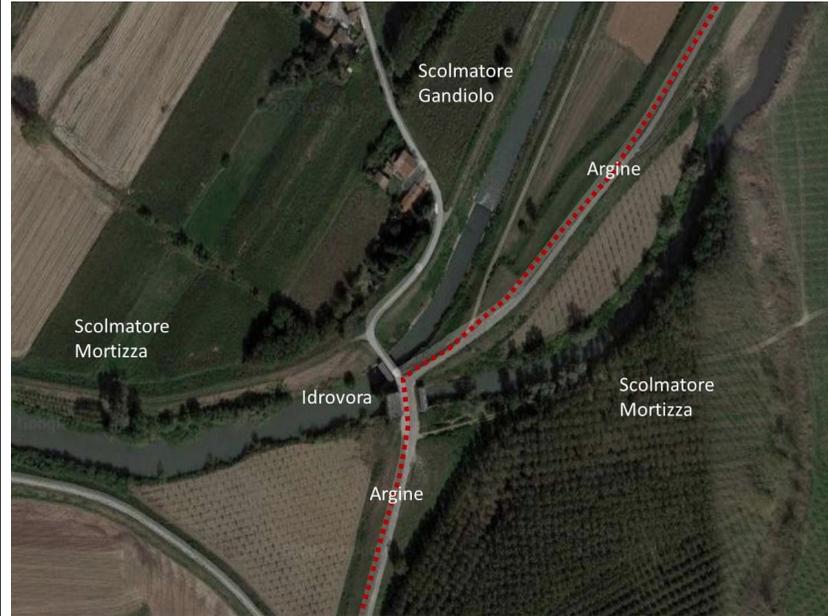
La contro-chiavica dell'impianto idrovoro della Bonifica Reggiana Mantovana di Moglia di Sermide⁴⁰

40



Impianti di drenaggio del territorio per ridurre gli affioramenti di falda durante la piena del Po a San Rocco al Porto

41



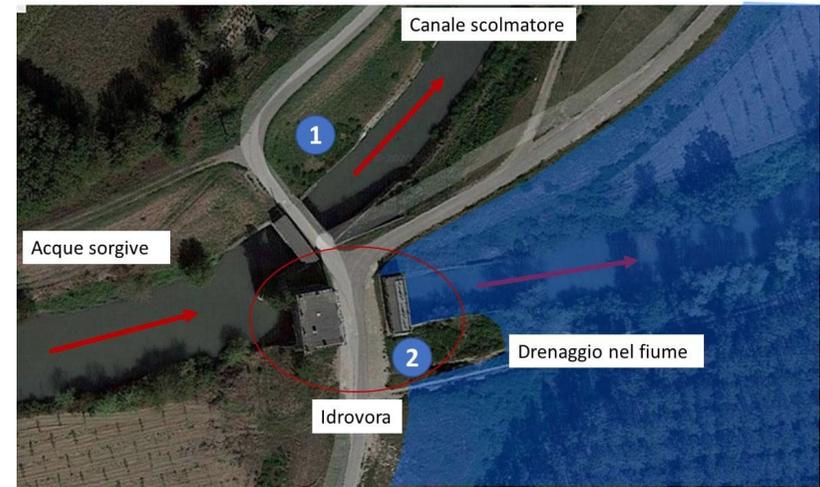
Lo scolmatore Mortizza ha il compito di drenare e portare al fiume le acque di affioramento sotto il terrazzo morfologico nella zona di Guardamiglio e San Rocco per evitare l'impaludamento del territorio.

43



Impianto di bonifica del consorzio Muzza-Basso lodigiano. Le pompe intervengono durante le piene del Po per drenare le acque di falda che affiorano e immetterle nel fiume il cui livello è di alcuni metri sopra il terreno.

42



In condizioni normali le paratoie rimangono aperte e l'acqua scarica a fiume naturalmente
 1.- Con una piena media il canale scolmatore è in grado di far defluire le acque sorgive
 2.- Con la massima piena entrano in funzione anche le pompe dell'idrovora sollevando l'acqua di circa 4 metri per scaricarla nel fiume in piena.

44

Tubazioni

Oltre alla pompa, altri componenti importanti del sistema di sollevamento sono le tubazioni che, in funzione dell'uso, possono essere aspiranti o prementi. In fase di aspirazione i tubi devono sempre essere rigidi; in genere di materiale plastico spiralato con plastica rigida o con filo metallico. In fase di mandata (premente), le tubazioni possono essere in materiale telato (tipo manichette dei vigili del fuoco).



45

Norme di sicurezza

- 1.- Indossare tutte le protezioni fornite (DPI): caschetto, guanti, mascherina.
- 2.- Indossare indumenti idonei in base al tipo di intervento da effettuare, naturalmente sempre con divisa in dotazione come base.
- 3.- Prima di iniziare l'intervento predisporre un cordone sanitario di segnalazione e delimitazione della zona di lavoro.
- 4.- Effettuare un sopralluogo prima che i volontari inizino a lavorare.
- 5.- In caso di allagamento di edifici e di crolli, interrompere la corrente elettrica, chiudere l'acqua e la fornitura di metano e verificare se ci sono bombole di gas.
- 6.- Nei luoghi chiusi fare attenzione alla formazione di ossido di carbonio evitando l'utilizzo di motori a scoppio.



Conoscere gli impianti per poter comunicare correttamente.

E' fondamentale conoscere il materiale a disposizione. Per esempio:

- ✓ i diametri dei tubi e i tipi di giunzione che devono essere a giunzione rapida (es: a baionetta o Storz),
- ✓ i metri di tubo disponibili,
- ✓ il tipo di macchine utilizzate con le relative portate e prevalenza,
- ✓ se sono macchine per il pompaggio di acque limpide o fangose.



Storz



Baionetta

46



Grazie per
l'attenzione