

3.6 – Gruppi di pompaggio

Se la prevalenza della rete non viene fornita per effetto della gravità, **tramite un serbatoio in quota, o un emungimento in quota o in pressione**, occorre provvedere con gruppi di pompaggio.

I gruppi di pompaggio devono far fronte alla variabilità di richiesta delle utenze che, come evidenziato nei paragrafi precedenti, spaziano tra un valore minimo di portata ad uno massimo. I punti di funzionamento dell'impianto sono quelli che derivano dall'incrocio delle curve caratteristiche di impianto e del gruppo di pompaggio.

Tra i gruppi di pompaggio, in ordine crescente di portata fornita ($q \downarrow$), i più diffusi sono:

- gruppi di pompaggio **con serbatoi a membrana**, adatti per piccole portate, quindi, utenze civili o industriali caratterizzati da poche utenze e limitate richieste;
- gruppi di pompaggio **con autoclave** adatte per medie utenze industriali o grandi utenze civili, in genere fino a $60 \text{ m}^3/\text{h}$;
- gruppi di pompaggio **a controllo di flusso** adatti a utenze industriali caratterizzate da richieste di portata molto variabile nel tempo con punte di richiesta significative.

GRUPPI CON SERBATOIO A MEMBRANA

Portata adatta a servire piccole o medie utenze civili ed artigianali.

Prevede una pompa con a valle un serbatoio; nel serbatoio c'è una membrana che separa l'acqua dall'aria: se l'accumulo d'acqua aumenta, va a ridurre lo spazio per l'aria stessa, cresce la pressione dell'aria per effetto di questa restrizione della zona relativa all'aria stessa compartimentata dalla membrana.

A causa della membrana, **non c'è miscelazione dell'aria nell'acqua**, quindi consumo d'aria stessa, ed il **ripristino** viene fatto ma solo **per recuperare eventuali perdite nelle tenute**.

Infatti, c'è un pressostato che rileva le variazioni di pressione; è possibile svincolare un minimo l'azionamento della pompa dalle richieste dell'utenza usufruendo dell'accumulo: se il serbatoio eroga fluido la pressione del volume d'aria diminuisce, e, quindi, la pompa dell'acqua parte quando il valore della pressione ha raggiunto il valore definito $p_{\min}$.

Quando la richiesta delle utenze è minore della portata erogata dalla pompa, il serbatoio si riempie, la pressione dell'aria nella parte superiore aumenta, ed il pressostato, quando rileva il valore di $p_{\max}$ fa disattivare la pompa.

Se, invece, la pompa è spenta, e la portata è richiesta dalle utenze, questa è fornita dal serbatoio, e la prevalenza è fornita dall'aria compressa nel volume superiore del serbatoio; la pressione diminuisce fino al valore $p_{\min}$ rilevato dal pressostato che riavvia la pompa affinché riprenda a spingere il fluido e a fornire

prevalenza, fino a riuscire a riempire di nuovo anche il serbatoio.

Le pompe elettriche utilizzate se utilizzate spesso si rovinano rapidamente a causa del surriscaldamento, particolarmente elevato in caso di avviamenti/spegnimenti frequenti; la corrente di avviamento e la potenza in fase di avvio sono particolarmente elevate ed usuranti, è importante, pertanto, alimentare temporaneamente le utenze con la portata e la prevalenza fornita dal serbatoio per allungare i cicli di accensione/spegnimento.

La pressione varia fra $p_{\min}$ e $p_{\max}$:

$$p_{\min} = p_{\min_sfav} + \Delta p_{sfav}$$

potenza minima richiesta dall'utenza + sfavorita + un Δp dovuto alle perdite di carico in quelle condizioni e per quella utenza.

$$p_{\max} = p_{\max_fav} + \Delta p_{fav}$$

potenza minima richiesta dall'utenza + favorita + un Δp dovuto alle perdite di carico in quelle condizioni e per quella utenza.

I gruppi di pompaggio con serbatoio a membrana, **adatti per piccole e medie utenze civili ed artigianali**, sono costituiti da una pompa che presenta a valle un serbatoio con membrana che separa l'acqua dall'aria. L'aria viene posta in pressione di precarica al momento dell'installazione in modo da far fronte alle forniture dell'utenza più sfavorita garantendo che venga alimentata con il valore di minima pressione accettabile, una volta detratte tutte le perdite nel circuito.

Viene scelto in base alla portata massima richiesta dall'utenza poiché il serbatoio non svolge la funzione di accumulo ma serve, mantenendo in pressione la rete, per far fronte a piccoli prelievi dell'utenza senza far intervenire sempre la pompa garantendo un numero minore di attacchi successivi della pompa e salvaguardandola da surriscaldamenti del motore elettrico di alimentazione.

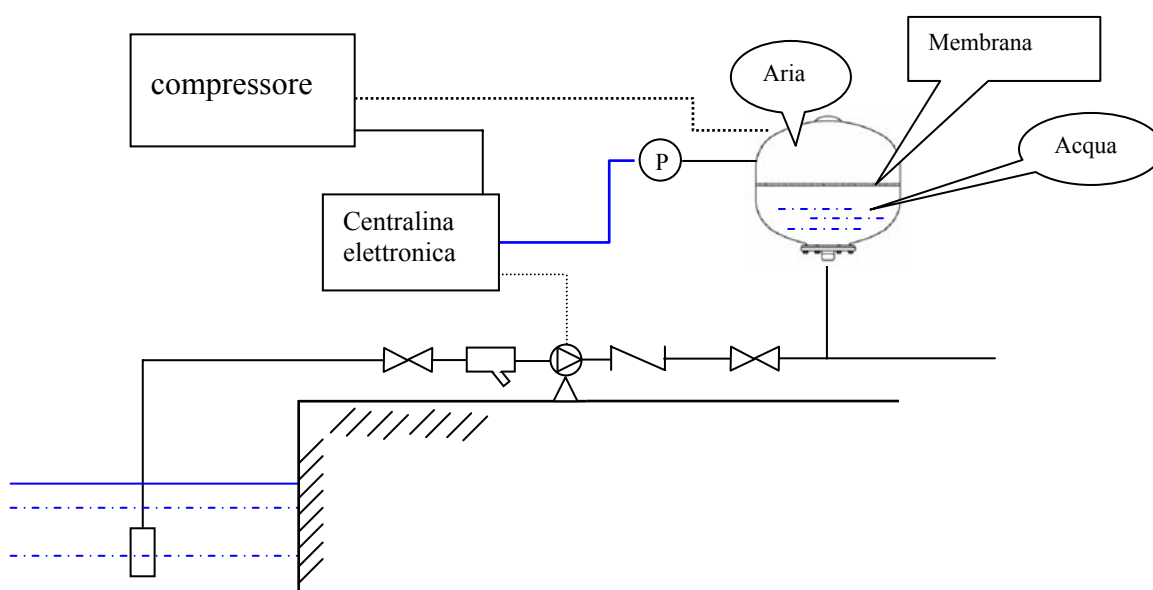


Figura 3.6.1 – gruppo di pompaggio con serbatoio a membrana.

Il principio di funzionamento è piuttosto semplice.

Quando le utenze richiedono il servizio, inizialmente è il serbatoio a far fronte alle richieste fino al punto in cui la pressione, letta da un pressostato a valle della pompa, segnala che è stata raggiunta la pressione minima.

A questo punto il pressostato invia il comando di accensione della pompa che, fatta funzionare per la portata massima, alimenta l'utenza e, nel caso in cui la portata richiesta dall'utenza sia inferiore alla massima, alimenta anche il serbatoio, che viene riportato gradualmente al valore massimo di pressione.

Raggiunto il valore massimo di pressione, il pressostato invia il segnale di fermata alla pompa.

Il caratteristico utilizzo di questi gruppi di pompaggio porta a frequenti attacchi successivi delle pompe con problemi di surriscaldamento dei motori elettrici di alimentazione delle giranti. Motori piccoli, meglio raffreddabili, risentono meno di queste gravose condizioni di funzionamento ma permettono portate minori.

L'intervallo di pressione minima e massima di funzionamento, del gruppo di

pompaggio, viene calcolato in base ai valori di richiesta delle utenze al fine di garantire l'alimentazione ai valori minimi accettabili delle utenze più sfavorite con il valore minimo, garantire, invece, che la pressione non ecceda quella massima ammissibile alle utenze più favorite.

In definitiva dovrà essere:

$$\begin{cases} p_{\min} = p_{\min,usf} + \Delta p_{usf} + \Delta z_{usf} \\ p_{\max} = p_{\max,uf} + \Delta p_{uf} + \Delta z_{uf} \end{cases}$$

La pressione minima è quella che serve a rendere possibile la alimentazione dell'utenza che, data la collocazione piano altimetrica, pressione utenza, perdite di carico da vincere ha le condizioni di Δp rispetto al gruppo maggiori;

in ogni caso non si deve eccedere il massimo di pressione sopportabile nel circuito/impianto corrispondente all'utenza più favorita.

GRUPPI CON SERBATOIO AUTOCLAVE

L'autoclave è un recipiente cilindrico in pressione con fondi bombati alimentato, generalmente, da due, o più, gruppi pompa che funzionano alternativamente al fine di garantire un funzionamento meno usurante delle pompe stesse.

In alcuni gruppi di pompaggio ad autoclave possono essere presenti anche tre pompe di alimentazione. All'interno del contenitore è presente un cuscino di aria che è lasciato **a contatto** con l'acqua. L'acqua viene inviata all'autoclave dopo essere stata prelevata con pressione pari a quella dell'atmosfera.

Se anche l'acqua fosse già satura di aria alla pressione di prelievo per il pompaggio, una volta posta in pressione nell'autoclave aumenta la solubilità dell'aria nell'acqua per cui parte del cuscino di aria si diffonde nell'acqua che viene inviata all'utenza.

Se lasciato privo di controllo della presenza di aria, dopo alcuni cicli di funzionamento si interromperebbe la capacità del gruppo di pompaggio di garantire la prevalenza richiesta dalle utenze. A tal fine occorre collegare l'autoclave con un compressore di reintegro dell'aria quando le condizioni di funzionamento lo richiedano.

Le pompe di alimentazione sono controllate da una coppia di pressostati.

Il pressostato di minima rileva il valore di pressione che corrisponde al livello minimo di acqua nell'autoclave per cui invia il segnale di avvio delle pompe in modo da ripristinare il volume di acqua mancante e garantire il funzionamento delle utenze.

Il serbatoio non funge da svincolo della fase di prelievo rispetto alla distribuzione alle utenze, ovvero non svolge la funzione di bilanciamento fra portata in ingresso e fabbisogno in uscita, quanto piuttosto e soprattutto, nel rispetto della garanzia delle pressioni entro un certo range, di allungamento del ciclo di accensione/spegnimento dei gruppi pompanti.

Si hanno due o tre pompe e relativi dispositivi quali filtri e valvole, comandate da un pressostato di minimo e uno di massimo (per il livello minimo si ha che l'aria si è espansa e $p = p_{\min}$ e la centralina fa partire una dei gruppi di pompe alternativamente, ed il serbatoio, se le utenze non assorbono tutta la portata, si riempie; la pompa si stacca quando si raggiunge $p = p_{\max}$).

Il livellostato indica che, se in corrispondenza del livello massimo, $L_{\max}$, la pressione risultasse più bassa del dovuto, $p < p_{\max}$, la quantità di aria presente e la sua pressione sono insufficienti, e fa partire il compressore per il ripristino di aria in pressione che si è consumata miscelandosi all'acqua (qui non c'è membrana di separazione).

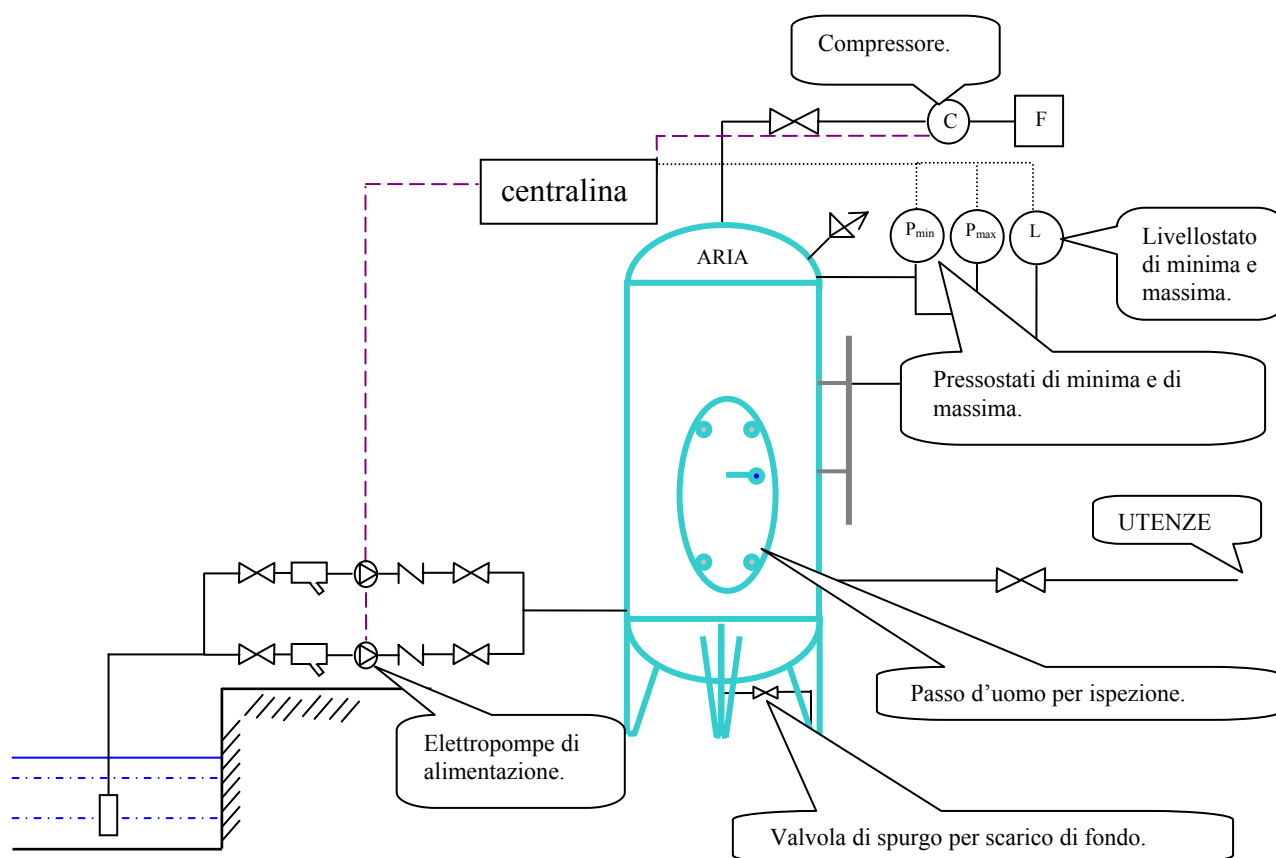
In corrispondenza di $V_{\max}$, ovvero di $p_{\min}$, se non dovesse entrare in funzione il gruppo pompante non si sarebbe in grado di soddisfare le utenze.

Quando la portata di alimentazione delle pompe risulta maggiore di quella delle utenze, $q_{\text{pump}} > q_{\text{users}}$, si ha un graduale riempimento del serbatoio fino al punto in cui viene raggiunto il riempimento massimo $p_{\text{max}} = p_1$, $V = V_1 = V_{\text{aria_min}}$.

A quel punto il cuscino di aria presente all'interno in quantità adeguate, ha raggiunto la pressione massima che, rilevata dal pressostato di massima, invia il segnale di arresto delle pompe.

Se raggiunto il livello per il quale il cuscino di aria dovrebbe aver raggiunto la pressione massima, $L = L_{\text{max}}$, la pressione assume un valore inferiore, $p < p_{\text{max}}$, vuol dire che l'aria nel serbatoio non è più in quantità sufficienti. Un pressostato collegato con il livellostato ad una centralina, invia, quindi, il segnale di avvio ad un compressore che ricarica di aria il serbatoio fino ad un valore di pressione leggermente superiore a quello che lo ha fatto partire per evitare attivazioni troppo frequenti.

Per determinare il volume necessario alla scelta dell'autoclave, occorre far riferimento alle espansioni del volume di aria all'interno del serbatoio tra il valore di pressione minima e quello di pressione massima. Facciamo riferimento allo schema di fig. 3.6.3 e considerando che l'aria nelle sue espansioni e compressioni segue una trasformazione politropica con esponente n compreso tra 1,3 e 1,36.



Schema di un gruppo di pompaggio ad autoclave.

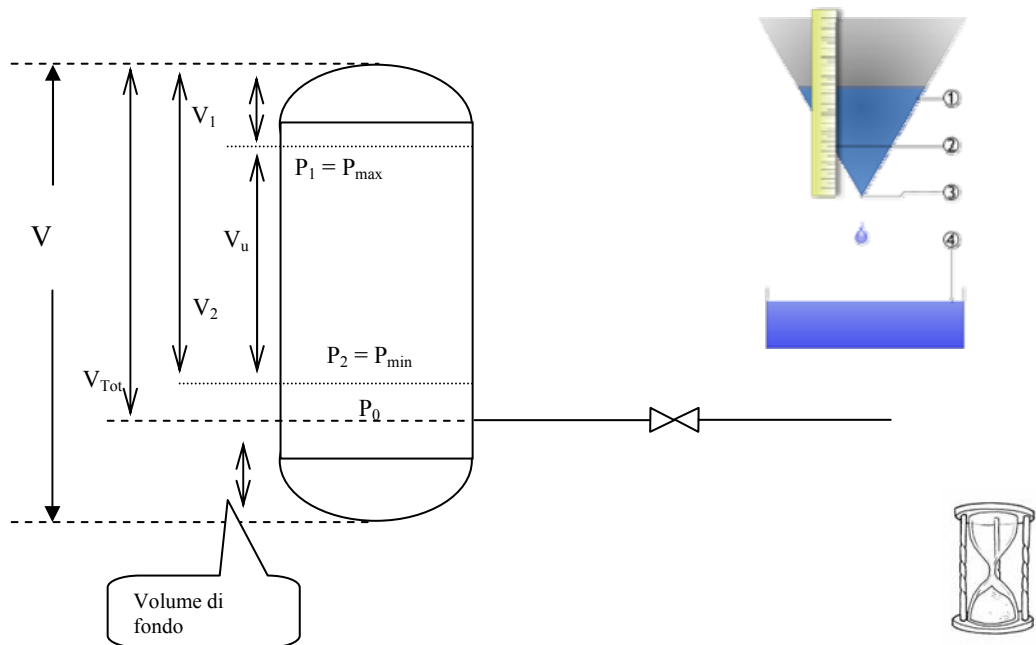
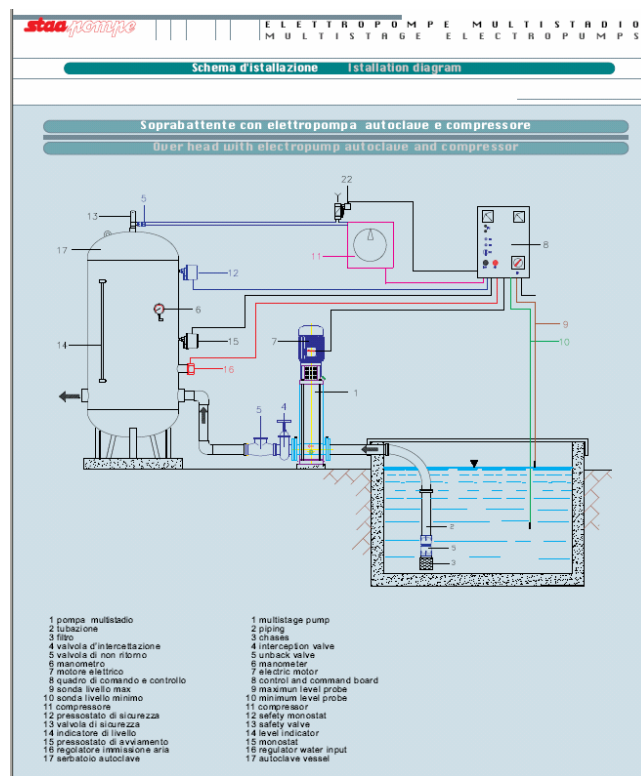


Fig. 3.6.3 – Andamento volumi all'interno di serbatoio con gruppo di pompaggio ad autoclave.

Si consideri la fase di riempimento da p_0 a p_1 , corrispondente alla pressione massima, si ottiene la seguente relazione:

$$V_{tot}^n \cdot p_0 = V_1^n \cdot p_1$$

o meglio:

$$V_{tot} \cdot p_0^{1/n} = V_1 \cdot p_1^{1/n}$$

$$V_{tot} = V_1 \cdot \left(\frac{p_1}{p_0} \right)^{1/n}$$

Nella fase di svuotamento tra la pressione massima e quella minima p_2 si ottiene:

$$V_2 \cdot p_2^{1/n} = V_1 \cdot p_1^{1/n}$$

$$V_2 = V_1 \cdot \left(\frac{p_1}{p_2} \right)^{\frac{1}{n}}$$

Si valuti, ora, il volume utile, che risulta dalla differenza tra il volume di aria nella massima espansione e quello nella massima compressione, corrispondenti ai volumi V_2 e V_1 , si ha:

$$V_u = V_2 - V_1$$

$$V_u = V_1 \left(\frac{p_1}{p_2} \right)^{\frac{1}{n}} - V_1 = V_1 \left[\left(\frac{p_1}{p_2} \right)^{\frac{1}{n}} - 1 \right] = V_1 \left(\frac{p_1^{\frac{1}{n}} - p_2^{\frac{1}{n}}}{p_2^{\frac{1}{n}}} \right)$$

$$V_1 = V_u \left(\frac{p_2^{\frac{1}{n}}}{p_1^{\frac{1}{n}} - p_2^{\frac{1}{n}}} \right)$$

Utilizzando le relazioni precedenti si ottiene la formula finale del volume totale in funzione del volume utile e delle pressioni di funzionamento:

$$V_{tot} = V_u \cdot \left(\frac{p_2^{\frac{1}{n}}}{p_1^{\frac{1}{n}} - p_2^{\frac{1}{n}}} \right) \left(\frac{p_1}{p_0} \right)^{1/n} = V_u \cdot \frac{\left(\frac{p_2}{p_0} \right)^{\frac{1}{n}}}{\left(\frac{p_1}{p_1} \right)^{\frac{1}{n}} - \left(\frac{p_2}{p_1} \right)^{\frac{1}{n}}} = V_u \cdot \frac{\left(\frac{p_2}{p_0} \right)^{\frac{1}{n}}}{1 - \left(\frac{p_2}{p_1} \right)^{\frac{1}{n}}}$$

$$V_{tot} = V_u \cdot \frac{(p_2/p_0)^{1/n}}{1 - (p_2/p_1)^{1/n}}$$

Il volume totale dell'autoclave può essere ridotto nel caso in cui la pressione di precarica p_0 uguagli la pressione minima p_2 (in tal caso il rapporto p_2/p_0 risulterebbe = 1, valore minimo rispetto all'altra situazione possibile in cui $p_2 > p_0$).

Il calcolo deve, però, procedere oltre andando a considerare il numero di attacchi successivi dei motori di avviamento delle pompe, con l'obiettivo di legare la scelta dell'autoclave alle caratteristiche delle utenze da servire.

A tal fine si considera l'intervallo minimo che intercorre tra due successivi avviamenti imponendo che questo sia identicamente ripetuto durante il funzionamento del gruppo.

Tempo di svuotamento generico ($q_u - q_p > 0$):

$$t_{sv} = \frac{V_u}{Q_{users} - Q_{pompe}}$$

Tempo di riempimento generico ($q_p - q_u > 0$):

$$t_{sv} = \frac{V_u}{Q_{pompe} - Q_{users}}$$

In condizioni estreme per cui nella fase di svuotamento $q_p = 0$ (pompe spente), e in quella di riempimento $q_u = 0$, si ha il minimo dei tempi suddetti di svuotamento e riempimento. Il ciclo di accensione/spegnimento delle pompe è il più breve possibile:

SVUOTAMENTO_{+breve} $q_p = 0$ $\rightarrow$ $t_{sv,min} = \frac{V_u}{Q_{users}} = \frac{V_u}{Q_{max}}$

Le pompe sono ferme e le utenze prelevano al massimo

$$(q_p = 0; q_u = q_{u,max}).$$

RIEMPIMENTO_{+breve} $q_u = 0$ $\rightarrow$ $t_{rie,min} = \frac{V_u}{Q_{pompe}} = \frac{V_u}{Q_{max}}$

Le pompe vengono fatte partire e le utenze NON prelevano

$$(q_p = q_{p,max}; q_u = 0).$$

In questo modo si ottiene un calcolo conservativo, poiché il tempo di intervento successivo delle pompe risulterà sicuramente maggiore nel funzionamento reale.

L'intervallo minimo suddetto è dato dalla somma del tempo minimo di

riempimento e del tempo minimo di svuotamento del volume utile.

La portata delle pompe deve essere pari alla portata massima richiesta dalle utenze e calcolata in base alla curva dei consumi.

Il valore di tempo minimo si ottiene in caso di riempimento con utenze scollegate e pompe che alimentano il serbatoio con la portata massima; il tempo minimo di svuotamento è dato, analogamente, da utenze che richiedono la portata massima e pompe in arresto.

Ci si rende conto che tali condizioni sono altamente cautelative poiché è verosimile che il funzionamento nel tempo ciclo assume spesso tempi maggiori tra un attacco ed il successivo. In queste condizioni si ha che il tempo tra due attacchi successivi delle pompe è:

$$t_{\min_ciclo_acc} = t_{ri,\min} + t_{sv,\min} = 2 \cdot \frac{V_u}{Q_{\max}}$$

$$n = \frac{1}{t_{\min_ciclo_acc}} \leq n^* = n_{\max}$$

dove n^* è il numero di cicli di accensione/spengimento in tutte le condizioni possibili.

$$n = \frac{q_{\max}}{2V_{ut}} \rightarrow V_{ut} = \frac{q_{\max}}{2n_{\max}}$$

Il tempo minimo viene assegnato dai costruttori di pompe sulla base di dati di cartello che definiscono il numero di attacchi massimi in un certo intervallo di tempo, espresso in numero di attacchi al minuto ($n_{\max}$).

Si ottiene, quindi:

$$V_{tot} = \frac{\dot{Q}_{\max}}{2n_{\max}} \cdot \frac{\left(\frac{p_2}{p_0}\right)^{1/n}}{1 - \left(\frac{p_2}{p_1}\right)^{1/n}}$$

$$V_{tot} = \frac{30s}{n_{\max}} \cdot \dot{Q}_{\max} \cdot \frac{\left(\frac{p_2}{p_0}\right)^{1/n}}{1 - \left(\frac{p_2}{p_1}\right)^{1/n}}$$

$$V_{tot} = \frac{30s}{n_{\max}} \cdot \dot{Q}_{\max} \cdot \frac{1}{1 - \left(\frac{p_2}{p_1}\right)^{1/n}}$$

$$\text{se } p_2 = p_0.$$

In genere è opportuno aumentare tale volume di un 10% ÷ 15% per tener conto di volumi non utilizzabili. Il volume così calcolato deve essere messo a confronto con i volumi disponibili presso i costruttori. In genere esistono autoclavi con volumi che partono da 0,5 m³ fino a 2,5 m³.

NB: il problema è relativo alle accensioni/spegnimenti ripetuti che provocano il maggior riscaldamento e danneggiamento dei gruppi di pompaggio, pertanto è il tempo minimo fra due sequenze che deve essere limitato e NON il funzionamento continuativo: vedi diagramma schedulazione tempo funzionamento interruzione:

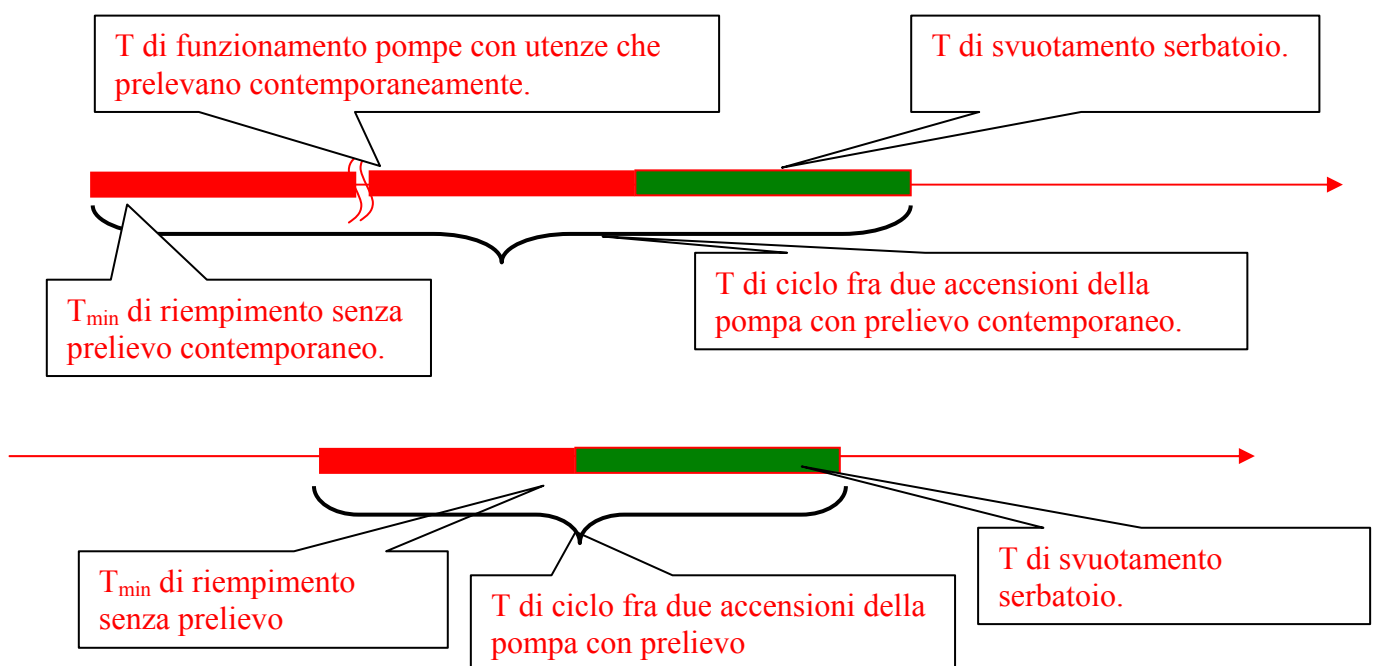


Fig. 3.6.3bis – Confronto ciclo riempimento/svuotamento con e senza prelievo contemporaneo.

I gruppi di pompaggio a controllo di flusso

I gruppi di pompaggio a controllo di flusso sono adatti per elevate portata e quando sono richieste piccole variazioni di prevalenza.

Sono costituiti da tre pompe in parallelo che hanno a valle un serbatoio in pressione, come nel caso dei gruppi di pompaggio con serbatoio a membrana. In questo caso, però, il serbatoio svolge la sola funzione di controllare e mantenere la pressione a valle entro un certo intervallo di valori.

Il gruppo è controllato da un flussometro che, sulla base della portata rilevata a valle e richiesta dalle utenze, provvede ad attivare il giusto numero di pompe. Lo schema è rappresentato in fig. 3.6.4 insieme al grafico che ne descrive il funzionamento. La centralina elabora i segnali che provengono dal flussometro, dal pressostato, collegato al serbatoio a membrana, e dal serbatoio di aspirazione inviando di conseguenza opportuni segnali alle pompe.

La centralina ha il compito di alimentare la parte elettronica del gruppo, regolare il numero di attacchi orari delle pompe, distribuire il carico di servizio tra le diverse pompe per livellare il loro utilizzo, di controllare il livello di aspirazione per impedire la marcia a secco. Inoltre, attiva la funzione di una pompa come pilota, funzione che viene svolta a turno da ciascuna pompa del gruppo.

La pompa, quando svolge la funzione di pilota, può intervenire in due modi: per richiesta minima d'acqua da parte delle utenze; per perdite minime nell'impianto.

Nel caso di attivazione della pompa pilota per perdite minime dell'impianto l'attivazione avviene dopo l'esaurimento delle riserva di acqua presente nel serbatoio a membrana fino al punto in cui si ottiene la pressione minima di start.

La pompa entra in funzione e ripristina la pressione dell'impianto in seguito al ripristino della riserva di acqua nel serbatoio a membrana. Nell'intervallo di richiesta fino alla portata Q' il funzionamento è garantito da una sola pompa, tra Q' e Q'' deve entrare in funzione una seconda pompa, oltre Q'' e fino a Q_{max} sono necessarie tre pompe.

Il serbatoio serve fondamentalmente per mantenere costante la pressione alle utenze: quando risulta troppo bassa fa scattare alla centralina un segnale per azionare una o più pompe in relazione al valore di portata richiesta dalle utenze.

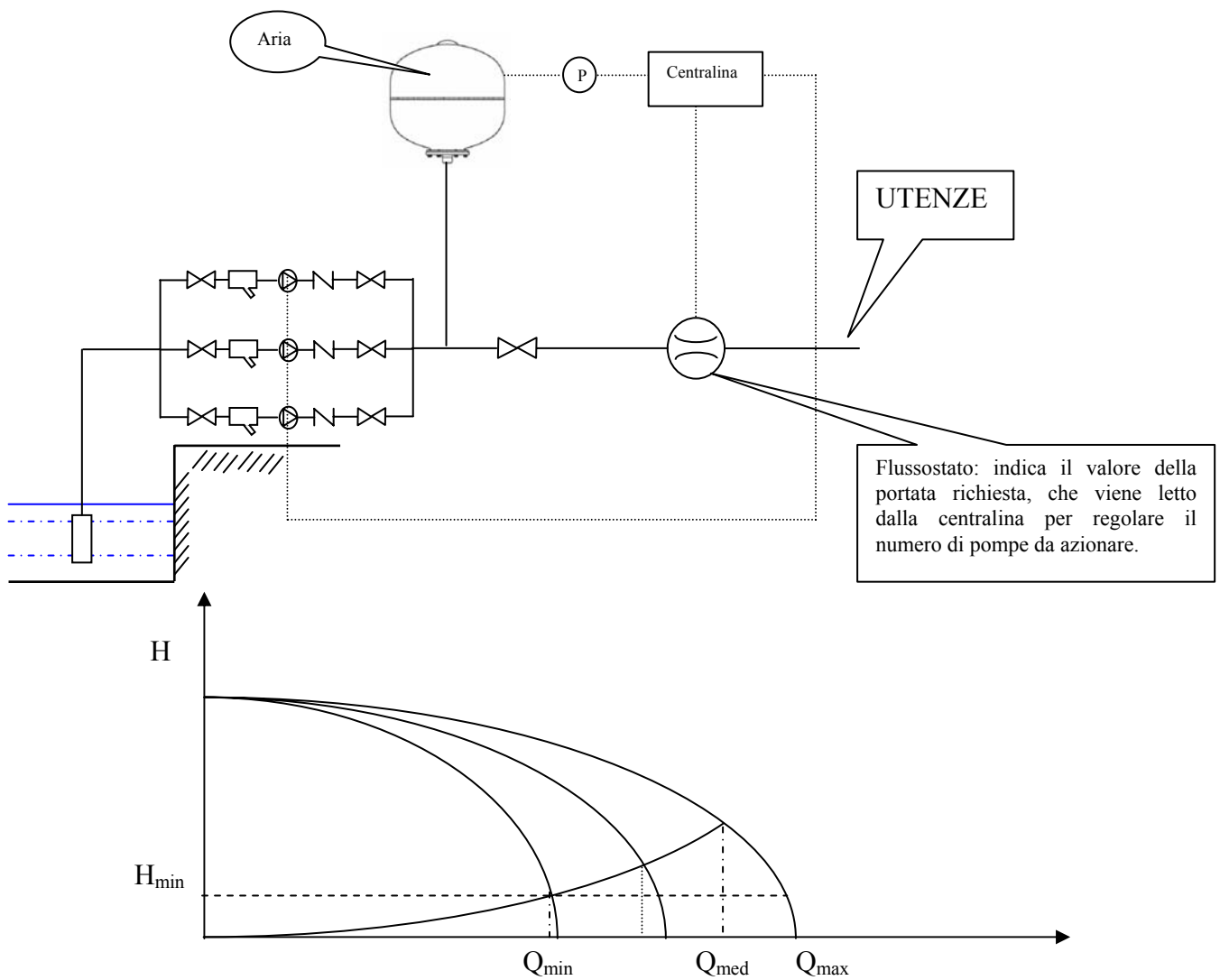


Figura 3.6.4 – Schema di un gruppo di pompaggio a controllo di flusso e grafico che ne descrive il funzionamento.

Caratteristica delle tre pompe messe in parallelo e diagramma del circuito resistente: per $Q < Q_{min}$ funziona solo una pompa, per $Q_{min} < Q < Q_{med}$ funzionano due pompe, per $Q > Q_{med}$ e inferiore a $\ll Q_{max}$ funzionano tutte e tre le pompe.

Il serbatoio serve fundamentalmente per mantenere costante la pressione alle utenze: quando risulta troppo bassa fa scattare alla centralina un segnale per azionare una o più pompe in relazione al valore di portata richiesta dalle utenze.

Si cerca con la centralina di distribuire il ruolo di pompa pilota fra le tre.

GRUPPI AUTOCLAVE MONOBLOCCO A CUSCINO D'ARIA



IV. CARATTERISTICHE DEI POZZI

a) Pozzi freatici

Immaginiamo una canna cilindrica permeabile immessa in una falda freatica fino alla profondità alla quale si trova lo strato impermeabile (fig. 34.13).

Siano:

- H = altezza (m) della falda freatica misurata a partire dalla superficie impermeabile (**livello statico**);
- r = raggio del pozzo (m);
- Q = portata volumetrica (m^3/s) di acqua estratta dal pozzo mediante elettropompa;
- h = altezza dell'acqua nel pozzo, conseguente al prelievo della portata Q , misurata a partire dalla superficie impermeabile (**livello dinamico**);
- s = abbassamento (m) del livello della falda, rispetto al livello statico, in conseguenza del prelievo della portata Q dal pozzo (**abbassamento dinamico**);
- R = distanza alla quale la falda non risente del prelievo di acqua Q (m);
- j = pendenza specifica per unità di lunghezza (in un certo istante $j = dz/dx$);
- k = coefficiente di permeabilità, funzione della grandezza e della forma dei granelli di sabbia costituenti lo strato attraversato, nonché del loro assetamento (k ha la dimensione di una velocità, m/s);
- v = velocità dell'acqua (per la legge di Darcy, $v = k j = k dz/dx$).

NOTA: in realtà, la distanza fra il PIANO CAMPAGNA ed il LIVELLO STATICO è molto maggiore di quanto il disegno rappresenti per esigenze di rappresentazione.

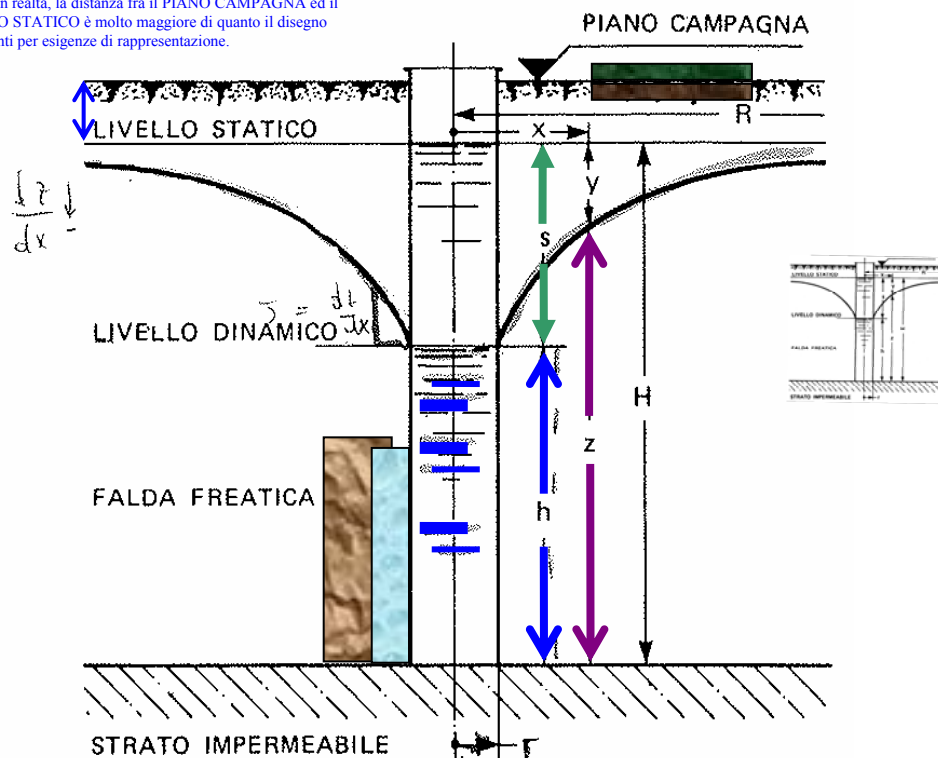


Fig. 34.13 – Captazione di acqua da una falda freatica: andamento dei livelli di un pozzo freatico.

Il valore di s in funzione della portata è calcolato sperimentalmente tramite delle perforazioni di pozzi “spia” all’interno dei quali viene rilevata l’altezza di risalita del fluido, e la corrispondente distanza.

La portata emunta passerà attraverso un cilindro di altezza z e raggio x con velocità v che decresce all’aumentare della distanza dal pozzo. Si può scrivere, quindi, una relazione basandosi sul principio di continuità.

Si consideri la superficie cilindrica di raggio x e altezza z coassiale con il condotto permeabile costituente il pozzo (z misurata a partire dal fondo impermeabile, x dall'asse del pozzo): attraverso tale superficie passa la portata

$$(34.3) \quad Q = 2 \pi x z v_{\text{ortog}}$$

La velocità v può essere espressa tramite l'equazione di Darcy (andarsela a vedere!), che mette in relazione il gradiente del cono inverso alle caratteristiche del terreno attraverso il coefficiente di permeabilità k :

$$v = k \cdot \frac{dz}{dx} \rightarrow$$

$$(34.3) \quad Q = (2 \pi x z) * v = 2 \pi x z k \frac{dz}{dx}$$

Dalla (34.3) si ricava, integrando

$$\begin{array}{c} \text{*****} \\ \frac{Q}{2\pi k} \frac{dx}{x} = z dz \implies \frac{z^2}{2} = \frac{Q}{2\pi k} \ln x + C \end{array}$$

$$(34.4) \quad z^2 = \frac{Q}{\pi k} \ln x + C$$

Poiché per $x = r$, $z = H - s = h$, risulta

$$C = (H - s)^2 - \frac{Q}{\pi k} \ln r$$

Allora la (34.4) diventa

$$(34.4 \text{ bis}) \quad z^2 = (H - s)^2 + \frac{Q}{\pi k} \ln \frac{x}{r}$$

E osservando che per $x = R$, $z = H$, dalla (34.4 bis) si ottiene, con semplici passaggi, la seguente equazione, nota come *caratteristica dei pozzi in falda freatica*:

$$(34.4) \quad Q = \pi k \frac{H^2 - (H - s)^2}{\ln \frac{R}{r}} = \frac{\pi k}{\ln \frac{R}{r}} (2Hs - s^2) = \frac{\pi k}{\ln \frac{R}{r}} s(2H - s) = \frac{\pi k s}{\ln \frac{R}{r}} (2H - s)$$

→

$$Q = \frac{\pi k s (2H - s)}{\ln \frac{R}{r}}$$

con la quale, noti Q ed s si ricava il raggio del pozzo r.

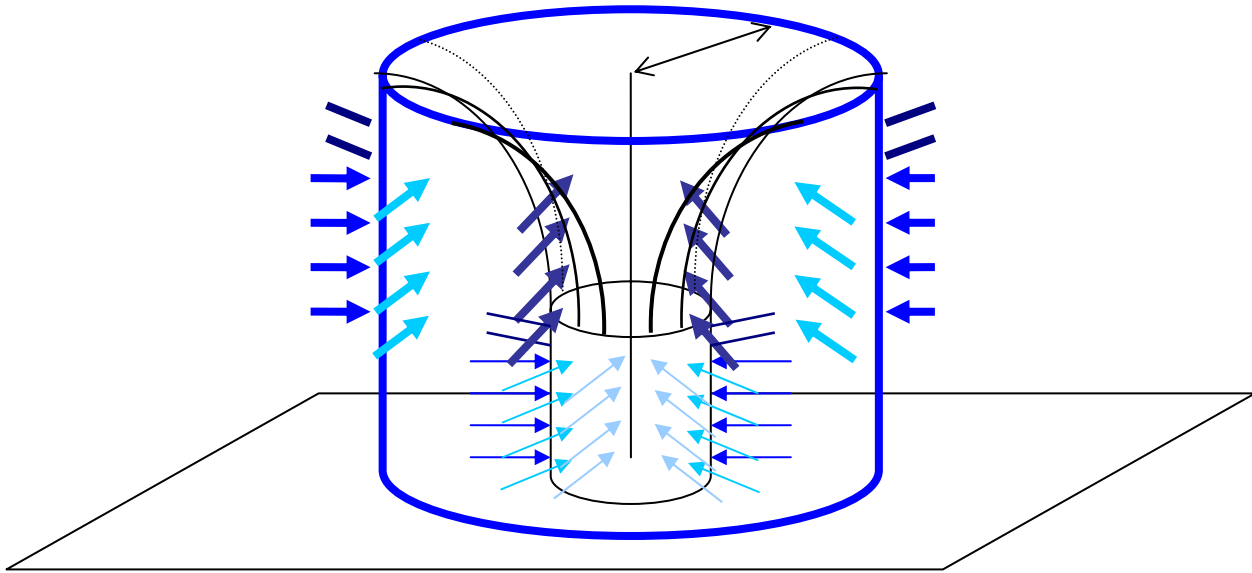


Fig. 34.13 bis - Superfici cilindriche concentriche asse pozzo freatico: portate entranti per differenti distanze (piezometriche secondo cono depressione dinamica; vettori velocità *circa* proporzionali alla relazione di Darcy; altezze crescenti da livello dinamico h per x = r fino a z = H per x = R).

b) Pozzi artesiani

Nel caso di falda artesiana, essendo, la corrente d'acqua compresa tra due strati impermeabili, l'equazione si modifica poiché la portata viene elaborata attraverso una superficie cilindrica che è pressoché costante, fatto salvo le irregolarità dei due strati confinanti la falda nel ricircolo d'influenza del prelievo.

Per la risoluzione dell'equazione differenziale si fa riferimento alla falda freatica equivalente che rappresenta i livelli ideali che avrebbe la falda artesiana se fosse lasciata libera di risalire al suo livello piezometrico.

Con riferimento alla fig. 34.14, nella quale con m si è indicata l'altezza della falda artesiana, risulta, attraverso la superficie cilindrica di raggio x .

$$(34.6) \quad Q = (2 \pi x m) v = 2 \pi x m k \frac{dz}{dx}$$

dalla quale si ottiene, integrando

$$\begin{array}{c} \text{*****} \\ \frac{Q}{2 \pi m k} \frac{dx}{x} = dz \quad \implies \quad z = \frac{Q}{2 \pi k m} \ln x + C \end{array}$$

$$(34.7) \quad z = \frac{Q}{2 \pi m k} \ln x + C \quad \implies \quad z = \frac{Q}{2 \pi k m} \ln x + C$$

Per $x = r$, $z = H - s = h$, per cui la costante C vale

$$C = (H - s) - \frac{Q}{2 \pi k m} \ln r$$

Di conseguenza, la (34.7) diventa

$$(34.7 \text{ bis}) \quad z = (H - s) + \frac{Q}{2 \pi k m} \ln \frac{x}{r}$$

Anche qui, per $x = R$, $z = H$; pertanto, dalla (34.7 bis) si ottiene la

$$(34.8) \quad Q = \frac{2 \pi k m}{\ln \frac{R}{r}} [H - (H - s)] = \frac{2 \pi k m}{\ln \frac{R}{r}} s$$

$$Q = \frac{\pi k s}{\ln \frac{R}{r}} \frac{(2H - s)}{2m} \quad \begin{array}{l} \text{per falda freatica} \\ \text{per falda freatica} \end{array}$$

Ovvero, ponendo

$$A = \frac{2 \pi k m}{\ln \frac{R}{r}} \text{ costante}$$

si può scrivere:

$$(34.9) \quad Q = A s$$

nota come *caratteristica dei pozzi in falda artesianica*.

L'equazione di continuità in questo caso assume la forma:

$$Q = 2 \cdot \pi \cdot x \cdot m \cdot v = 2 \cdot \pi \cdot x \cdot m \cdot k \cdot \frac{dz}{dx}$$

che risolvendo porta alla seguente relazione in z:

$$z = \frac{Q}{2 \cdot \pi \cdot k \cdot m} \ln x + C'$$

dove, imponendo le condizioni al contorno relative alla falda freatica equivalente, si ottiene la caratteristica dei pozzi di falda artesianica:

$$Q = \frac{2 \cdot \pi \cdot k \cdot m}{\ln \frac{R}{r}} \cdot s = 2 \frac{\pi k s}{\ln \frac{R}{r}} \quad m$$

Alcuni autori propongono come caratteristica di un pozzo la espressione:

$$(34.10) \quad Q = 2\pi r h_f v_0$$

dove, oltre alle notazioni già note:

h_f = lunghezza totale delle parti finestrate (m);

v_0 = velocità dell'acqua in corrispondenza della colonna finestrata (m/s).

La (34.10) evidenzia, in sostanza, i parametri su cui si può intervenire per aumentare la portata di un pozzo.

L'aumento del diametro ha un'influenza notevole sulla portata fino a valori del diametro stesso inferiori a 1 m: per diametri maggiori, l'importanza dell'aumento del diametro agli effetti della portata diventa via via minore (fig. 34.15).

È ovvia la convenienza di installare le tubazioni finestrate in corrispondenza di tutte le falde idriche, ad eccezione di quelle inquinate oppure povere di acqua (queste ultime in genere alimentano sabbia finissima o limo),

Infine, poiché v_0 dipende, per la legge di Darcy, dal coefficiente di permeabilità k , si comprende l'importanza di disporre attorno alle colonne filtranti ghiaietto siliceo di granulometria e composizione atti ad aumentare il valore di v_0 .

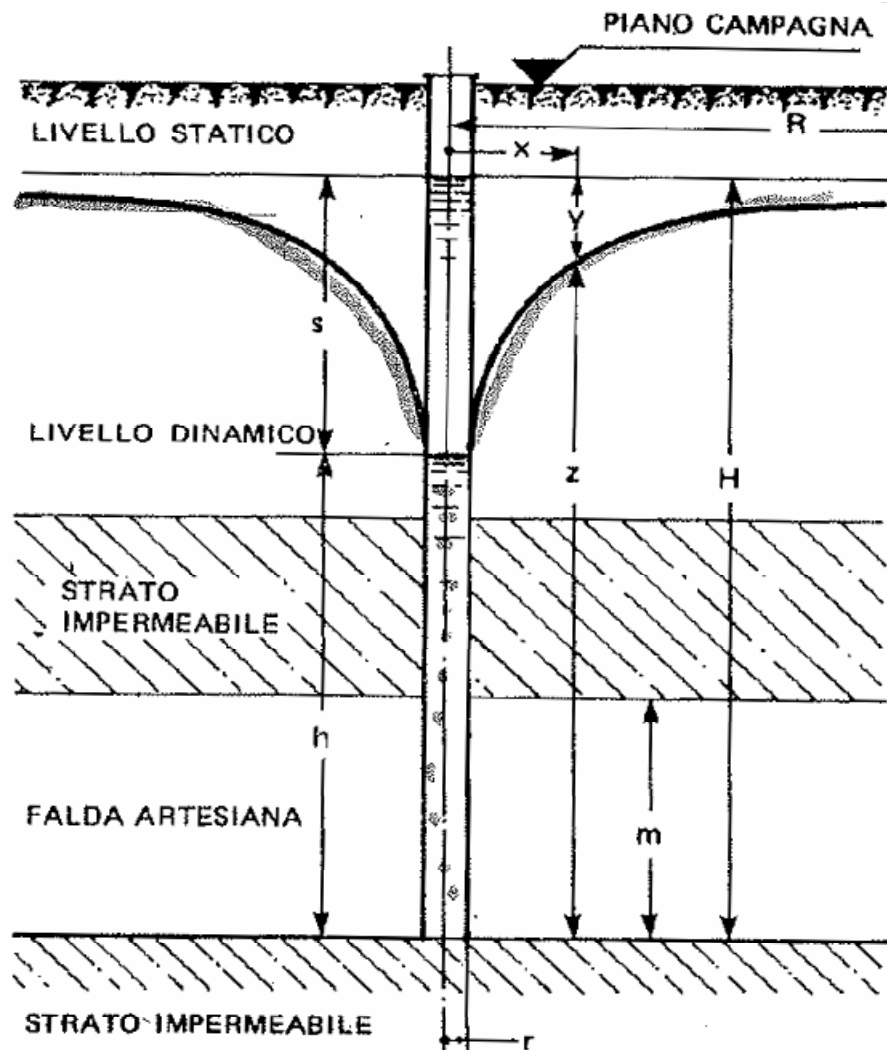


Fig. 34.14 – Captazione di acqua da una falda artesiiana.

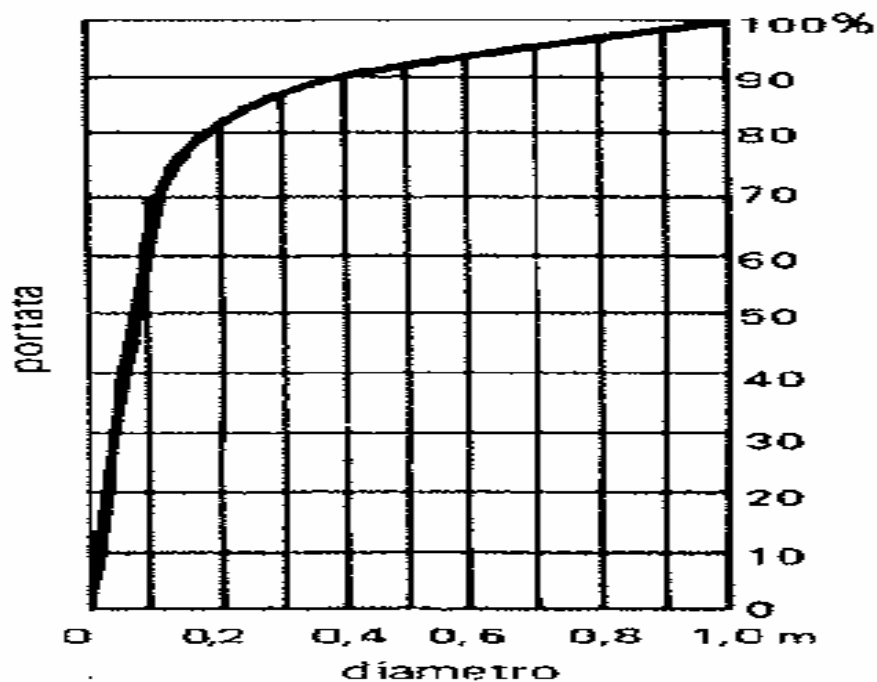


Fig. 34.15 – Variazione della portata di un pozzo in funzione del diametro.

L'origine riferimento non è stata trovata.

Gruppi Pompaggio

by Reggio Amedeo Gallo

Errore.

