

5 RETI DI DISTRIBUZIONE

5.1 CARATTERISTICHE GENERALI

L'acqua addotta al centro urbano dall'acquedotto esterno è distribuita a tutte le utenze da una *rete di distribuzione*, costituita da una rete di condotte che percorre tutte le strade.

A differenza dell'acquedotto esterno che funziona a regime costante, nella rete di distribuzione le portate seguono un regime variabile in dipendenza della domanda. In concomitanza con le portate, le pressioni in rete subiranno delle fluttuazioni. Interessano in particolare le condizioni limite che si verificano nell'*ora dei massimi consumi*, in cui le portate richieste sono massime e di conseguenza le quote piezometriche minime, e nell'*ora di minimi consumi*, in cui le portate richieste sono minime e le quote piezometriche massime.

Il sistema di distribuzione dovrà essere perciò dotato:

- di un'opera di disconnessione idraulica tra l'acquedotto e la rete di distribuzione,
- la rete di condotte,
- un serbatoio di compenso e di riserva.

L'*opera di disconnessione* serve per impedire la propagazione nell'acquedotto esterno delle oscillazioni di portata e di livello piezometrico che si hanno nella rete. In particolare, dato che la fonte potrebbe non essere in grado di fornire la domanda dell'ora di punta, senza l'organo di disconnessione, l'abbassamento piezometrico nella rete provocherebbe un parziale svuotamento dell'acquedotto, con la formazione di tratti con moto a canaletta, come mostra la figura 5.1a. L'organo di disconnessione può essere costituito: dal serbatoio stesso, in cui l'arrivo dell'acquedotto è all'aria libera, al disopra del massimo livello nel serbatoio, o in una torre piezometrica, costituita da un serbatoio sopraelevato, privo di capacità di compenso. Nella figura 5.1b è appunto illustrato l'effetto di un organo di questo tipo.

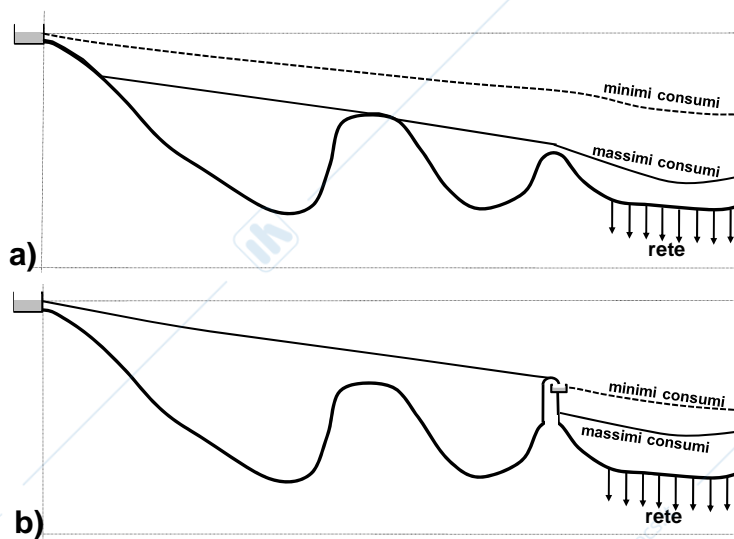


Figura 5.1 – Funzione dell'opera di disconnessione tra l'acquedotto e la rete di distribuzione

La rete di distribuzione è costituita da un rete di tubazioni a maglie chiuse, sia per consentire l'alimentazione di ogni utenza da due parti, in modo da garantire l'erogazione anche in caso di rottura di una condotta, sia per ottenere una maggiore di flessibilità di erogazione al variare della distribuzione spaziale della domanda, ottenendo un cielo piezometrico più uniforme.

La rete deve erogare le portate richieste nel rispetto di alcuni vincoli di quota piezometrica:

- a) piezometrica minima, circa 10 m superiore alla copertura edificio più alto (ad eccezione degli edifici fuori norma, come i grattacieli, che sono dotati di propri impianti di sollevamento);
- b) piezometrica massima, circa 70 m sul piano strada, per contenere le perdite d'acqua, che sono generalmente consistenti;
- c) oscillazione di pressione non superiore ai $15\div 20\text{ m}$, per ridurre l'usura delle guarnizioni di tenuta, sia dei giunti sia degli apparecchi idraulici negli edifici.

5.2 LE RETE DI CONDOTTE

La rete di distribuzione di un grande centro urbano è articolata in un sistema gerarchico di condotte, costituito:

- a) *condotte alimentatrici*, che trasportano l'acqua da un punto all'altro della città, anche per grandi distanze. Sono costituite da tubazioni di grande diametro, e su di esse non è consentito l'allaccio delle utenze. Generalmente si distingue un'*alimentatrice principale*, da cui si dipartono altre alimentatrici 'di zona' dette *alimentatrici secondarie*.
- b) *condotte distributrici*, su cui avvengono gli allacci delle utenze, che hanno diametro minore. Tra queste si possono distinguere le *distributrici con servizio antincendio*, su cui sono collegati gli idranti, che hanno diametro più grande per consentire il passaggio delle forti portate richieste, appunto, dagli idranti, e le *distributrici senza servizio antincendio*, che hanno diametri inferiori;
- c) *equilibratrici*, che hanno lo scopo di chiudere le maglie delle alimentatrici, e sono anche esse di diametri consistenti.

A seconda della disposizione del serbatoio rispetto al punto di arrivo dell'acquedotto, le reti possono avere due disposizioni fondamentali, con serbatoio di testata o terminale.

Rete con serbatoio di testata

Si adotta la disposizione *rete con serbatoio di testata* quando il serbatoio è ubicato in prossimità dell'arrivo dell'acquedotto. In questo caso l'acquedotto finisce direttamente nel serbatoio, che funziona anche da organo di disconnessione. Dal serbatoio si diparte un'alimentatrice principale, disposta ad anello, con andamento baricentrico rispetto all'estensione dell'area da servire (figura 5.2). Questa disposizione consente di servire tutta l'area anche in caso di rottura di un tronco dell'alimentatrice principale. Per questo stesso motivo, il diametro dell'alimentatrice principale è costante, anche se le portate in esercizio ordinario vanno riducendosi man mano che ci si allontana dal serbatoio.

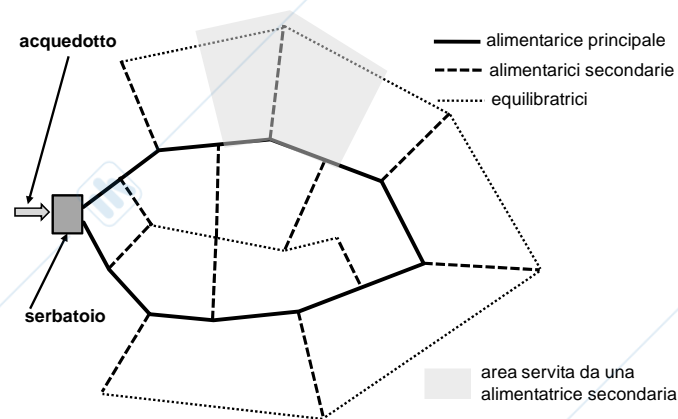


Figura 5.2 – Rete di distribuzione con serbatoio di testata

Il serbatoio alimenta la rete dai due lati dell'anello e il cielo piezometrico è generalmente degradante verso l'altra estremità della rete (figura 5.3). Le alimentatrici secondarie si staccano da quella principale, sia verso l'esterno, sia verso l'interno dell'anello, e formano maglie chiuse con le equilibratrici. Ciascuna delle alimentatrici secondarie, come la principale, ha un diametro costante.

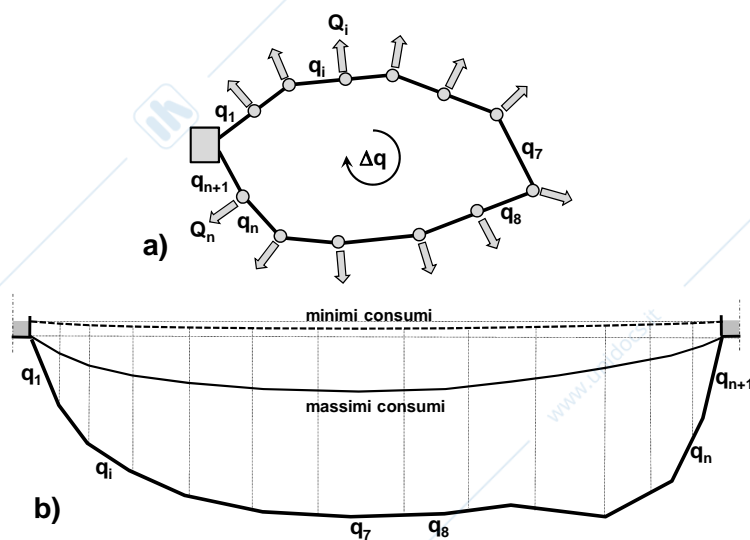


Figura 5.3 – Rete con serbatoio di testata: a) schema delle erogazioni e b) andamento della piezometrica lungo l'alimentatrice principale nell'ora dei massimi e in quella dei minimi consumi

Un calcolo di prima approssimazione può essere fatto trascurando sia le distributrici, sia le alimentatrici. La rete risulta pertanto aperta, a meno dell'anello costituito dall'alimentatrice principale.

Si indichino con D il diametro dell'alimentatrice principale e con D_i quelli delle alimentatrici secondarie. Ai fini del calcolo si può ipotizzare che la portata sia sottratta all'alimentatrice principale soltanto tramite le alimentatrici secondarie.

Nelle alimentatrici secondarie se si ipotizza che la portata sia erogata uniformemente lungo il percorso, la perdita di carico complessiva lungo la condotta è pari a quella che si avrebbe in

una condotta lunga un terzo con la portata iniziale¹. Con queste premesse, le portate che percorrono le alimentatrici secondarie sono dunque note, ma non sono note quelle dei vari tratti dell'alimentatrice principale. Questa, infatti, è chiusa ad anello, e non si sa quale sia la portata che esce dal serbatoio in ciascuna delle estremità del percorso: facendo riferimento alla figura 5.3,a non si sa quanto sia q_1 e quanto q_{n+1} , anche se si sa che la somma deve essere uguale alla somma delle portate derivate dalle alimentatrici secondarie. Si può però osservare che la perdita di carico totale lungo l'alimentatrice principale, partendo dal serbatoio e tornando al serbatoio dall'altro lato, deve essere nulla, come appare anche nella figura 5.3b.

Diamo ad arbitrio un valore q'_1 alla portata q_1 incognita, tutte le portate nell'alimentatrice principale saranno note a meno della differenza tra il valore vero e il valore ipotizzato di q_1 :

$$\Delta q = q_1 - q'_1 \tag{5.1}$$

Si può dunque scrivere:

$$k(D) \sum_{i=1}^{n+1} (q'_i + \Delta q)^2 L_i = 0 \tag{5.2}$$

La (5.2) è un'equazione quadratica in Δq , che si può agevolmente risolvere. A questo punto, tutte le portate nelle alimentatrici principali e secondarie sono note e, eliminando il serbatoio, la rete può essere considerata una rete aperta, come rappresentata nella figura 5.4.

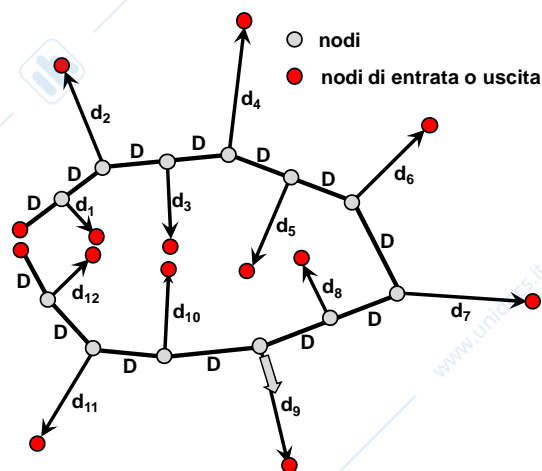


Figura 5.4 – Apertura della rete con serbatoio di testata

A questo punto, se si assegnano i carichi alle estremità libere delle alimentatrici secondarie, il problema è banale, perché una volta scelto il diametro commerciale dell'alimentatrice principale, i carichi nei nodi da cui si staccano le alimentatrici secondarie sono noti e il diametro di ciascuna può essere calcolato come un acquedotto unicursale, scegliendo il diametro commerciale immediatamente maggiore di quello teorico. Scegliendo diversi

¹ La perdita di carico totale δ in una condotta lunga L , che eroga uniformemente lungo il percorso tutta la portata iniziale Q è:

$$\delta = k(D)Q^2 \int_0^L \left(1 - \frac{x}{L}\right)^2 dx = \frac{k(D)LQ^2}{3}$$

diametri commerciali per l'alimentatrice principale, si hanno diverse soluzioni che è sufficiente confrontare, scegliendo la più economica.

Rete con serbatoio terminale

Si adotta la disposizione *rete con serbatoio terminale* quando il serbatoio è ubicato lontano dall'arrivo dell'acquedotto. In questo caso l'acquedotto dovrebbe attraversare la città per raggiungere il serbatoio. Si introduce, quindi, a monte della città una torre piezometrica, che funge da disconnessione, e la linea che da questa porta al serbatoio funge da alimentatrice principale, da cui si dipartono quelle secondarie. La *torre piezometrica* deve essere in grado di contenere le oscillazioni di livello, dovute alle variazioni di pressione in rete, all'interno di un tratto di tubazione verticale, impedendo così lo svuotamento e il riempimento di condotte sub-orizzontali, che implicherebbero il trascinarsi di aria nella rete (figura 5.5).

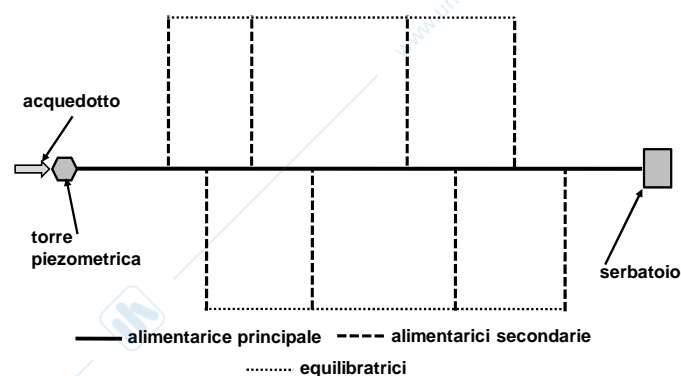


Figura 5.5 – Rete con serbatoio terminale

Nell'ora dei minimi consumi l'acquedotto, tramite la torre piezometrica e l'alimentatrice principale, alimenta tutta la rete e quello che resta arriva al serbatoio; la piezometrica scende dunque fino al serbatoio (figura 5.6). Nell'ora di massimi consumi, invece, l'acquedotto non è in grado di alimentare tutta la rete, e parte di questa è alimentata dal serbatoio. La piezometrica scende sia partendo dalla torre, sia partendo dal serbatoio.

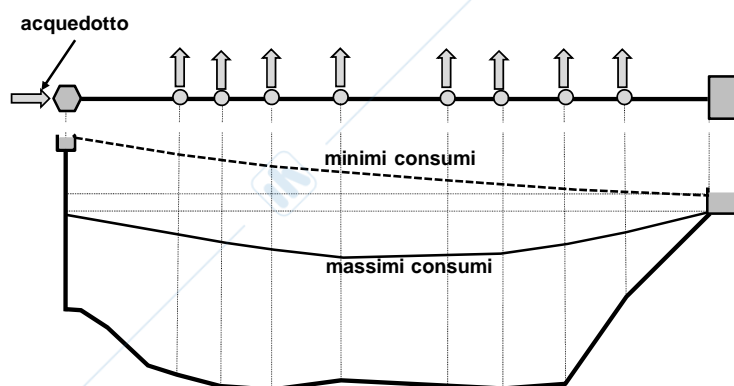


Figura 5.6 – Rete con serbatoio terminale: a) schema delle erogazioni e b) andamento della piezometrica lungo l'alimentatrice principale nell'ora dei massimi e in quella dei minimi consumi

Togliendo le distributrici e le equilibratrici, la rete risulta aperta, e ci si trova direttamente nelle condizioni del caso precedente (figura 5.7), e il dimensionamento può essere eseguito con la stessa metodologia.

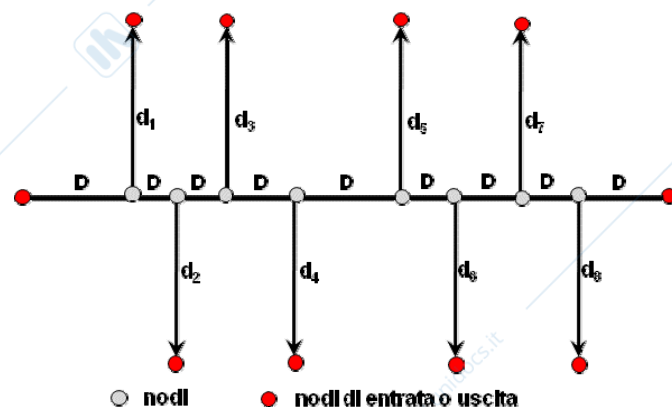


Figura 5.7 – Apertura della rete con serbatoio terminale

Verifiche in condizioni d'erogazione straordinaria

L'ottimizzazione delle reti di distribuzione viene svolta in condizioni di regime, con la domanda idrica dell'ora dei massimi consumi e col minimo livello idrico nel serbatoio, imponendo che i carichi in rete non scendano al disotto di un valore minimo, stabilito in modo da tener conto anche delle perdite di carico nelle condotte distributrici a valle. Tuttavia, come è noto, le reti di distribuzione devono essere in grado di far fronte anche a condizioni di erogazione straordinarie, che possono essere dovute a:

- erogazione antincendio concentrata in un piccolo numero di idranti contigui;
- rottura di un qualsiasi tronco della rete.

In questi casi sono accettabili in rete pressioni inferiori, purché sia assicurata almeno l'alimentazione, sia pure con portate ridotte, dei piani più bassi delle abitazioni. Bisogna quindi verificare che tali pressioni siano soddisfatte anche nelle condizioni di erogazione straordinarie.

A questo scopo si può ricorrere a metodi di verifica, che non sono descritti in questo corso.

6 APPARECCHIATURE E MANUFATTI

6.1 VALVOLE

Lungo gli acquedotti e nelle reti di distribuzione sono collocate delle apparecchiature necessarie per la gestione delle opere.

Valvole d'intercettazione

Gli organi di intercettazione, servono per mettere fuori uso dei tronchi, riducendo al minimo le utenze colpite da disservizio. A questo scopo si impiegano *saracinesche* (figura 6.1), che a seconda della pressione a cui devono resistere si distinguono in saracinesche a corpo piatto, per basse pressioni, a corpo ovale per pressioni medie e a corpo cilindrico per alte pressioni. Per grandi diametri è preferibile usare valvole a *farfalla* (figura 6.2), che sono meno ingombranti.

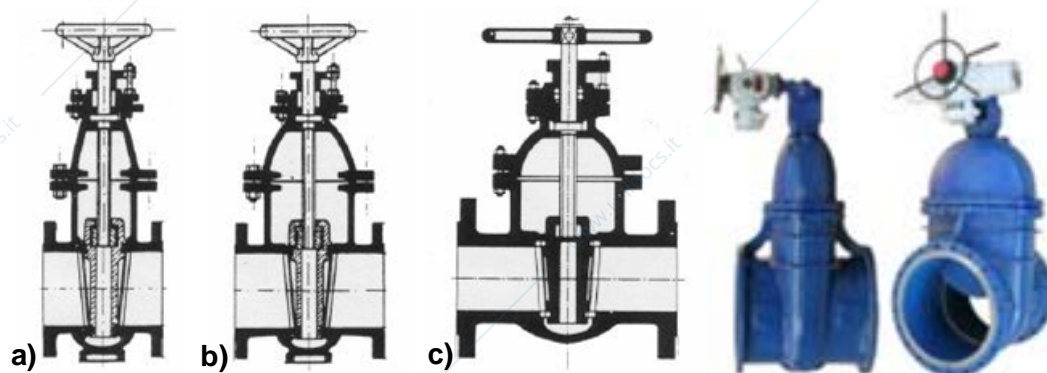


Figura 6.1 – Saracinesche a corpo: a) piatto, b) ovale, c) cilindrico

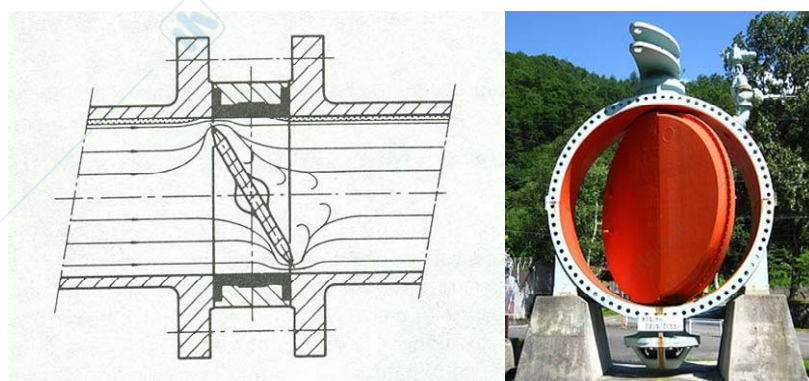


Figura 6.2 – Valvola a farfalla

Le saracinesche sono inserite anche in derivazione sugli scarichi, usualmente posti nei punti di minimo dell'acquedotto ed anche in punti opportuni della rete di distribuzione. Gli scarichi sono installati in pozzetti, con una tubazione che li collega al più vicino colatore naturale o alla fognatura.

Valvole regolatrici di carico

Sia le saracinesche, sia le valvole a farfalla funzionano bene soltanto se completamente chiuse o completamente aperte. Per regolare le portate e i carichi si usano le *valvole a stella* (figura 6.3), costituite da due dischi parzialmente forati. Quando i fori dei due dischi sono messi in corrispondenza, la perdita di carico è minima; ruotando un disco rispetto all'altro in modo da ridurre le aperture libere, si parzializza la sezione e si introduce una perdita di carico più o

meno grande. Quando i tubi sono invecchiati, se la scabrezza è molto aumentata, si possono rimuovere completamente i dischi lasciando il passaggio indisturbato.

In alternativa possono essere usate *valvole a fuso* (figura 6.4), costituite da uno spinotto che può essere spinto in avanti, in modo da ostruire il passaggio, o tirato indietro, in modo da lasciare un'area libera maggiore per il deflusso. Queste valvole hanno un flusso estremamente regolare con tutti i gradi di apertura.

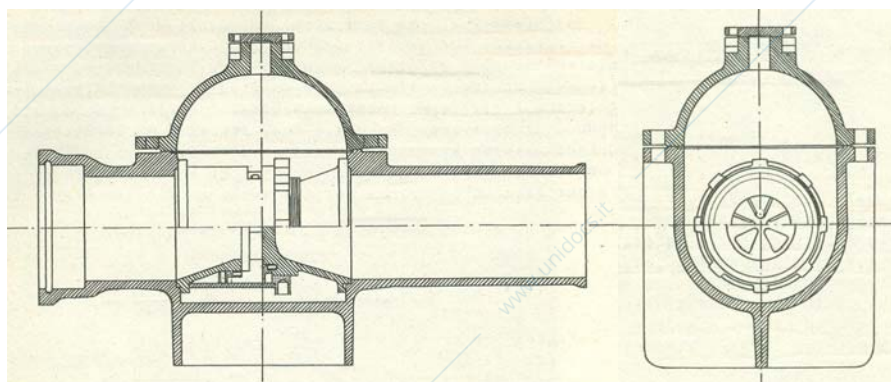


Figura 6.3 – Valvola a stella

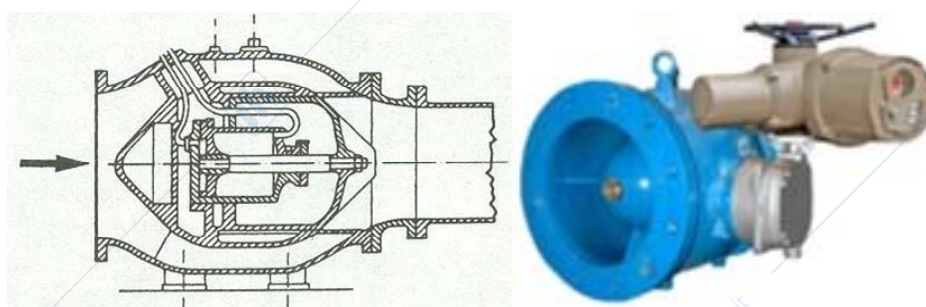


Figura 6.4 – Valvola a fuso

Una valvola regolatrice di carico funziona come una strozzatura (figura 2.10), producendo una forte accelerazione della corrente, con la trasformazione di energia di pressione in energia cinetica, e quindi una dissipazione di gran parte di questa nel successivo rallentamento della corrente. In corrispondenza della sezione contratta si crea, quindi, un forte abbassamento di pressione e, se il carico di valle non è sufficientemente elevato, anche l'innescò della cavitazione.

6.2 SFIATI

Gli sfiati, ubicati sui punti di colmo del profilo dell'acquedotto assolvono diverse funzioni:

- evacuazione dell'aria durante il normale esercizio,
- evacuazione dell'aria durante il riempimento dell'acquedotto,
- rientrata dell'aria durante la vuotatura dell'acquedotto,
- sfioratori di sicurezza.

La funzione d) è svolta soltanto da uno sfiato libero, costituito da un semplice tubo aperto verso l'alto, che raggiunge la quota piezometrica d'esercizio, come si è visto nel punto 4.2. Le prime tre funzioni, invece, sono svolte anche dagli sfiati in pressione. La prima funzione richiede il passaggio di una modestissima portata d'aria, dato che durante l'esercizio l'aria si sviluppa e si accumula lentamente. Sarebbe quindi sufficiente un orifizio di luce molto modesta (dell'ordine del mm). Le altre due funzioni, invece, richiedono il passaggio di forti portate d'aria, per consentire il riempimento rapido dell'acquedotto. Sono quindi necessarie luci piuttosto ampie.

Sfiati in pressione

Uno sfiato in pressione è costituito come indicato nella figura 6.5. In un contenitore, dotato verso l'alto di un'apertura, è alloggiato un galleggiante, che quando il livello dell'acqua è alto chiude l'apertura. In esercizio, man mano che l'aria si accumula il livello dell'acqua scende, finché la spinta idrostatica sul galleggiante non è più in grado di vincerne il peso, e il galleggiante si abbassa, l'aria esce, il livello dell'acqua risale e l'apertura viene richiusa.

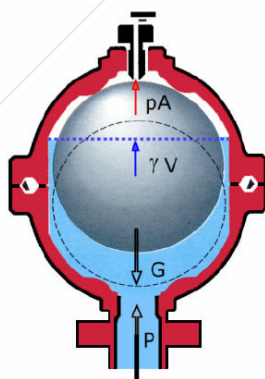


Figura 6.5 – Sfiato in pressione

Perché questo funzionamento sia possibile è necessario che:

- a) il galleggiante galleggi, vale a dire che il suo peso sia

$$G > \gamma W$$

dove γ è il peso specifico dell'acqua e W il volume delle galleggianti;

- b) che la pressione interna p sia sufficientemente bassa da non premere il galleggiante sull'apertura anche quando il livello idrico è completamente calato, vale a dire:

$$G > p\Omega$$

dove Ω è l'area dell'apertura.

Se la pressione è forte, occorre allora che l'area della bocca sia piccola, altrimenti il galleggiante non scende e l'aria che si accumula durante l'esercizio non esce. D'altra parte, si è visto, per il riempimento e la vuotatura della condotta è necessario che Ω sia grande. Si utilizzano allora gli *sfiati a doppio corpo*, come illustrato nella figura 6.6, in cui le luci sono due: una con una piccola apertura, che funziona in esercizio (figura 6.6a), ed una con

un'apertura grande, che si apre solo durante la vuotatura della condotta (figura 6.6b) e si richiude al termine del successivo riempimento (figura 6.6c).

Gli sfiati son installati in appositi pozzetti (figura 6.7).

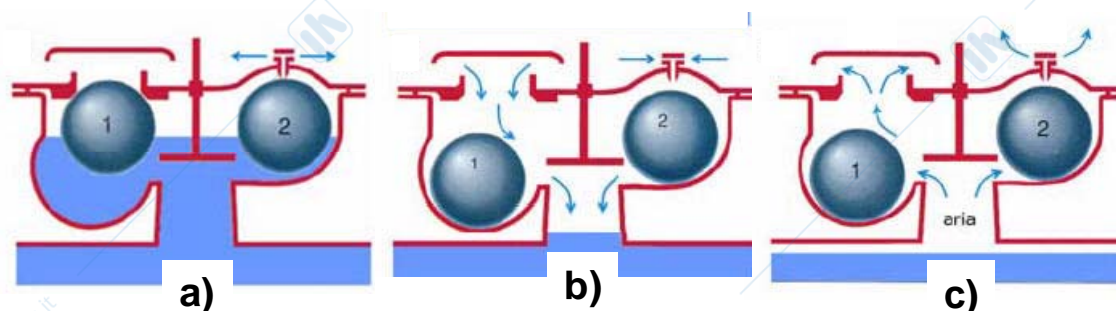


Figura 6.6 – Funzionamento di uno sfiato in pressione a doppio corpo

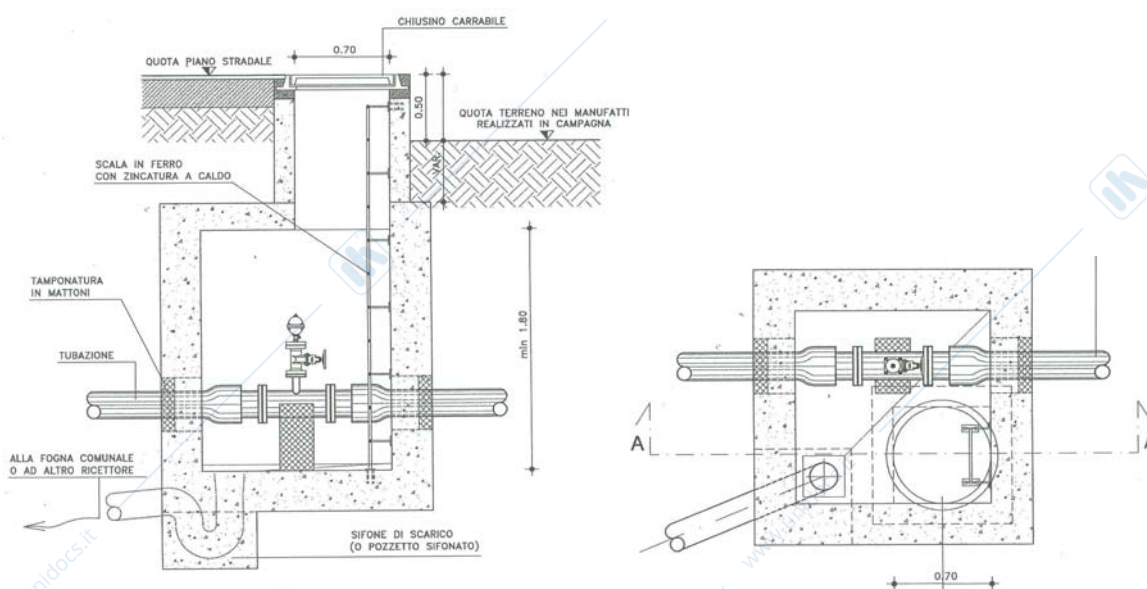


Figura 6.7 - Pozzetto di sfiato (ACEA)

6.3 BLOCCHI D'ANCORAGGIO

Nei cambiamenti di sezione e soprattutto nelle curve le spinte che l'acqua esercita su un tratto di tubazione non sono più equilibrate ed è necessario ancorare il tubo a degli appositi *blocchi d'ancoraggio*.

Per valutare la direzione e l'entità della spinta si applica l'equazione globale che si esprime:

$$G + H + M_1 - M_2 = 0$$

dove:

G è la risultante delle forze di massa,

H è la risultante delle forze di superficie,

M_1 è il flusso della quantità di moto entrante nel volume,

M_2 è il flusso della quantità di moto uscente dal volume.

Le forze di massa si riducono al peso del liquido:

$$G = \rho g W$$

dove ρ è la densità dell'acqua e W è il volume del liquido.

Le forze di superficie sono costituite dalla spinta della parete del tubo S e dalle pressioni sulle due sezioni della corrente che limitano il volume W , pari a

$$\Pi_1 = p\Omega_1 \quad \text{e} \quad \Pi_2 = p\Omega_2$$

dove Ω_1 e Ω_2 sono le aree delle due sezioni.

Il flusso della quantità di moto attraverso le due sezioni vale:

$$M_1 = \rho \frac{Q^2}{\Omega_1} \quad \text{e} \quad M_2 = \rho \frac{Q^2}{\Omega_2}$$

dove Q è la portata.

Se interessa la componente orizzontale della spinta, il peso non entra in gioco e si ha:

$$\Pi_1 + \Pi_2 + M_1 - M_2 + S = 0$$

dove i vettori indicano le sole componenti orizzontali. La risultante R delle forze che agiscono sulla condotta è dunque:

$$R = -S = \Pi_1 + \Pi_2 + M_1 - M_2$$

Nel caso di una curva planimetrica di angolo 2ϕ rappresentato nella figura 6.8, la risultante della spinta è:

$$R = 2 \left(p\Omega + \rho \frac{Q^2}{\Omega} \right) \sin \phi$$

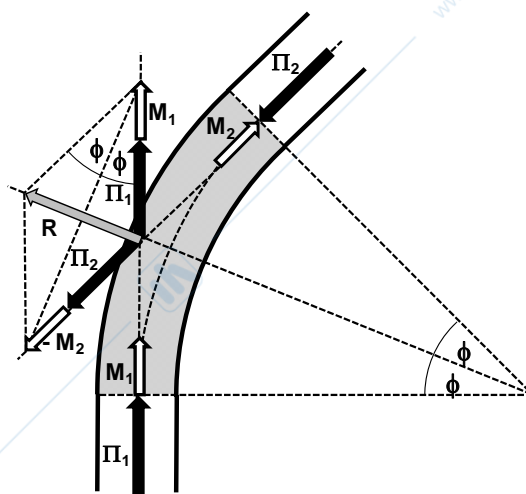


Figura 6.8 – Spinta su una curva planimetrica

Nella figura 6.9 è rappresentato il blocco d'ancoraggio per la deviazione altimetrica di una condotta forzata di un impianto idroelettrico. La figura 6.10 mostra un particolare di una ancoraggio al blocco.

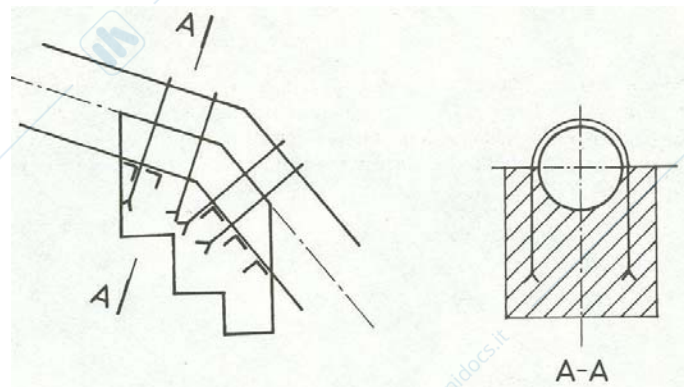


Figura 6.9 – Blocco d'ancoraggio per una deviazione altimetrica (Milano, 1996)

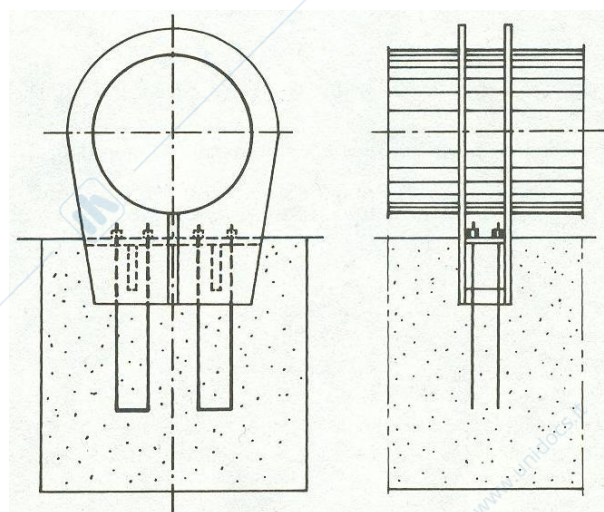


Figura 6.10 – Ancoraggio di una condotta a un blocco

6.4 PARTITORI

I partitori servono per dividere la portata addotta da una condotta in due o più condotte distinte secondo proporzioni prestabilite. I partitori possono essere in pressione o a superficie libera, a seconda del carico esistente sul punto di partizione.

Nella figura (6.11) è illustrato lo schema di un *partitore in pressione*. La portata Q_1 deve essere suddivisa nelle portate Q_2 e Q_3 . In c sono disposte delle valvole regolatrici di carico che possono essere regolate in modo di dividere opportunamente la portata. Le valvole devono essere in grado di eseguire anche una completa intercettazione nel caso si voglia interrompere una delle linee derivate senza intercettare anche l'altra. Se le valvole prescelte non sono idonee allo scopo, si dispongono in serie anche delle valvole d'intercettazione.

A valle di ciascuna valvola è disposto un venturimetro e per misurare la portata derivata e uno sfiato di rientrata d'aria f , nel caso che si debba vuotare la linea. Al termine della condotta in arrivo è disposto un altro sfiato libero con funzione di sfioratore di sicurezza b , per impedire che un'errata manovra delle valvole c produca un indesiderato aumento di pressione. Al piede dello sfioro si dispone anche uno scarico a per la vuotatura della condotta di monte. Nello schema in figura si è ipotizzato che la pressione sia modesta e che quindi si possano utilizzare degli sfiati liberi. Se, invece, la pressione è elevata gli sfiati liberi f sono sostituiti da sfiati in pressione e lo sfiato b da una valvola che apre lo scarico quando la pressione supera un valore assegnato. La breve tubazione di *by-pass*, indicata con d serve, intercettata da una valvola, serve per riempire gradualmente la condotta dopo una vuotatura, nel caso che questa sia di grande diametro.

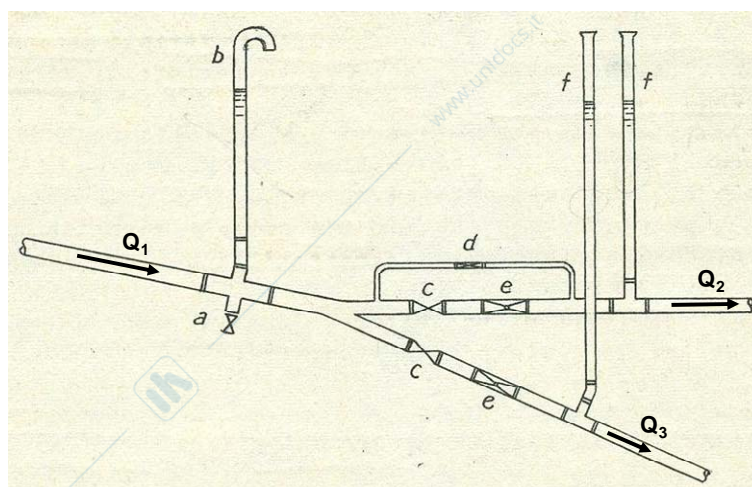


Figura 6.10 – Schema di un grande partitore a bassa pressione (Arredi, 1962)

Nella figura (6.11) è rappresentato un partitore impiegato in una rete di distribuzione, dove non vi è pericolo di pressioni eccessive, dato che il cielo piezometrico è dominato dal serbatoio. In questo caso l'opera è dotata soltanto di valvole e di scarichi per l'eventuale vuotatura di un tronco in manutenzione. Su una delle condotte è ubicato uno sfiato per il rientro dell'aria in caso di vuotatura. Spesso lo sfiato non è indispensabile, quando si vuota la condotta l'aria può comunque rientrare dalle colonne delle utenze.

I *partitori a superficie libera* sono costituiti da vasche da cui si dipartono le tubazioni. La partenza per le diverse linee può avvenire da vasche distinte, messe in comunicazione tramite paratoie regolabili o stramazzi di cui si possa regolare l'apertura, oppure da una sola vasca disponendo le valvole di regolazione dei carichi sulle derivazioni.

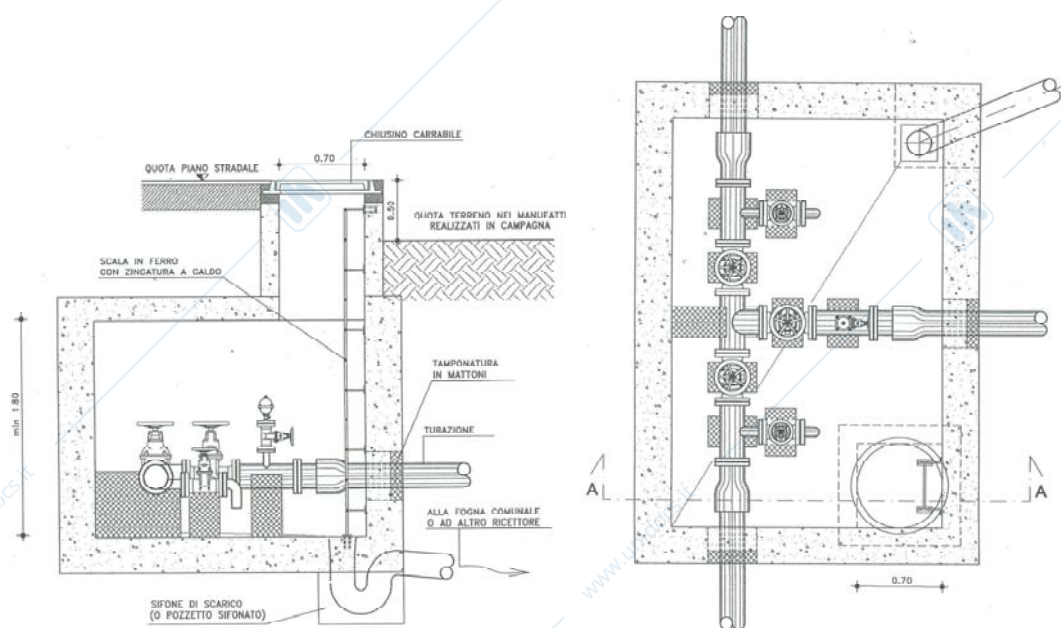


Figura 6.11 – Partitore in pressione per reti di distribuzione (ACEA)

6.5 ATTRAVERSAMENTI

Attraversamenti di strade

Negli acquedotti esterni gli attraversamenti stradali rappresentano un punto di vulnerabilità, perché le sollecitazioni prodotte dal traffico pesante possono danneggiare la condotta, mentre le eventuali perdite d'acqua potrebbero causare danni alla strada. Inoltre, per fare le riparazioni occorre intervenire sulla strada con rallentamento o interruzione del traffico. Per questo motivo il tubo è posto in opera in un contro-tubo (figura 6.12), che convoglia fuori del corpo stradale le eventuali perdite d'acqua e consente l'esecuzione delle riparazioni semplicemente sfilando il tubo.

L'attraversamento deve essere isolabile, per mezzo di valvole collocate in pozzetti posti alle due estremità. Uno dei pozzetti deve essere dotato di scarico per smaltire le eventuali perdite della condotta.

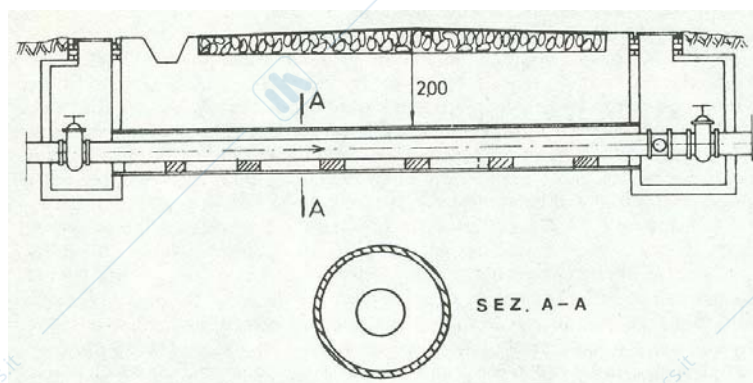


Figura 6.12 – Attraversamento stradale in tubo guaina (Milano, 1996)

Se la strada è molto larga oppure la condotta è di grande diametro, l'attraversamento è eseguito in un cunicolo praticabile, che facilita gli interventi (figura 6.13).

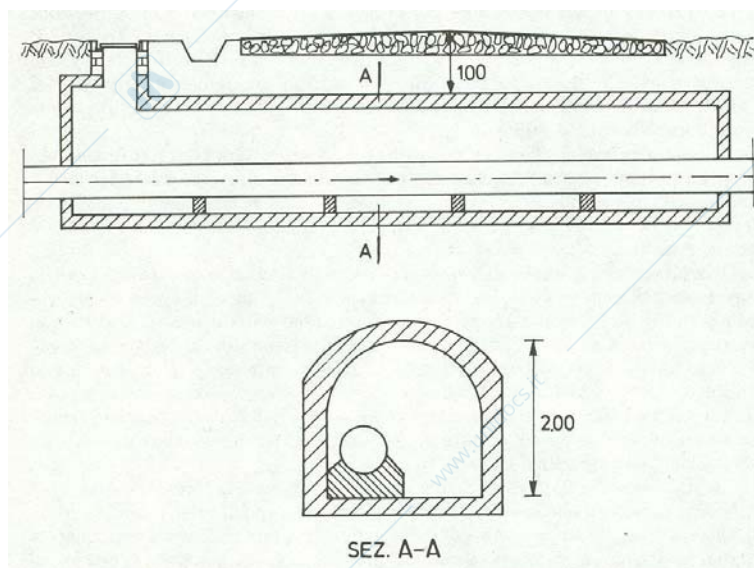


Figura 6.13 – Attraversamento stradale in cunicolo (Milano, 1996)

Attraversamenti di corsi d'acqua

Gli attraversamenti dei corsi d'acqua possono avvenire al disopra, per mezzo di ponti canali, oppure semplicemente appoggiandosi a ponti esistenti, oppure al disotto, come nel caso delle strade. In questo caso, però, la quota dell'alveo deve essere fissata per mezzo di una briglia.

Nella figura 6.14 è rappresentato un ponte canale costituito da una trave reticolare.

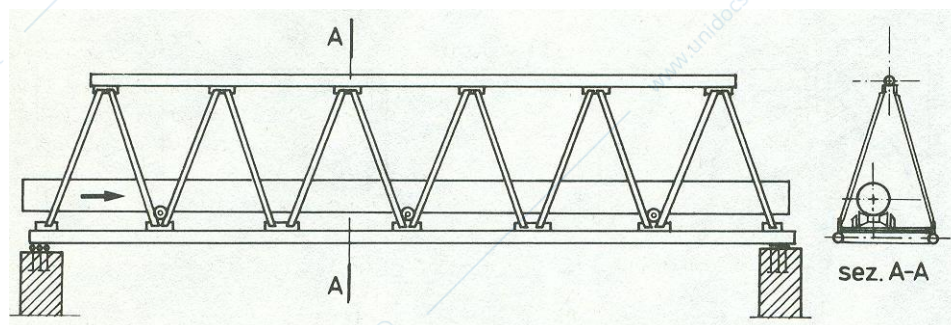


Figura 6.14 – Ponte canale (Milano, 1996)

Nella figura 6.15 è rappresentato un ponte canale costituito da una condotta autoportante. In questo caso sul punto di colmo è necessario disporre uno sfiato.

Come gli attraversamenti stradali, anche i ponti canali devono essere resi isolabili per mezzo di saracinesche, con eventuali scarichi.

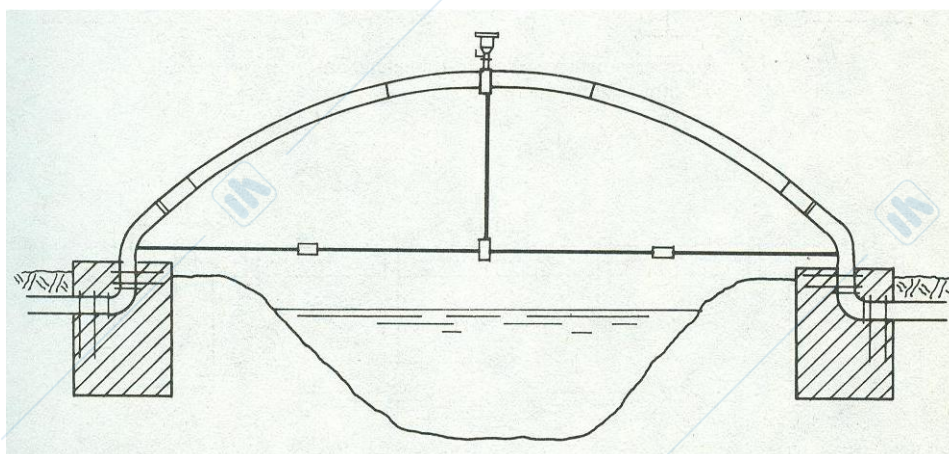


Figura 6.15 – Ponte canale con condotta autoportante (Milano, 1996)

6.6 SOLLEVAMENTI

Nella figura 6.16 è illustrato lo schema di un sollevamento per acquedotto. Il sollevamento è quasi sempre dotato di una condotta di mandata di una certa lunghezza, per cui le perdite di carico nella condotta possono rappresentare un'aliquota importante della prevalenza della pompa. La prevalenza vale dunque:

$$H = H_g + J(D, Q^2)L$$

dove H_g è la prevalenza geodetica $J(D)$ è la pendenza piezometrica nella condotta, dipendente dal diametro D e dal quadrato della portata sollevata Q , mentre L è la lunghezza della condotta.

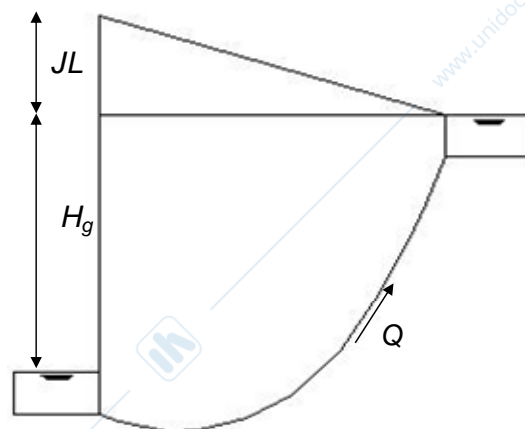


Figura 6.16 – Schema di un sollevamento per acquedotto

Nella figura 6.17 sono rappresentate le caratteristiche della pompa e della condotta ed è individuato il punto di funzionamento; è indicato anche il rendimento η della pompa.

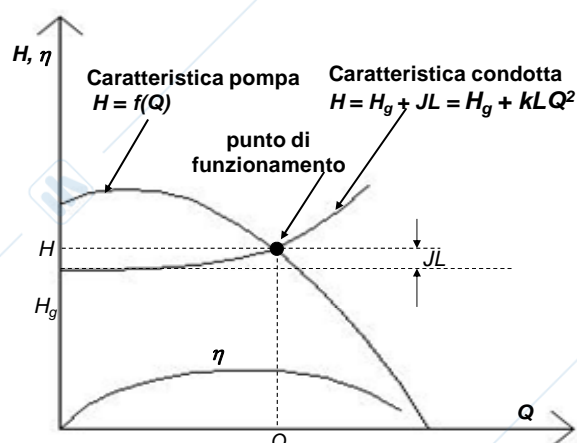


Figura 6.17 – Linee caratteristiche del sollevamento e punto di funzionamento

La potenza effettiva dell'impianto è data da:

$$N = \frac{gQH}{\eta}$$

Generalmente negli acquedotti le portate da sollevare non sono enormi, mentre le prevalenze possono essere anche molto grandi. Si adoperano quasi sempre, perciò, pompe centrifughe (figure 6.18). nelle pompe per acquedotti, che sollevano acqua pulita, le giranti possono avere giochi modesti rispetto alla parte fissa della pompa e il rendimento è piuttosto elevato.

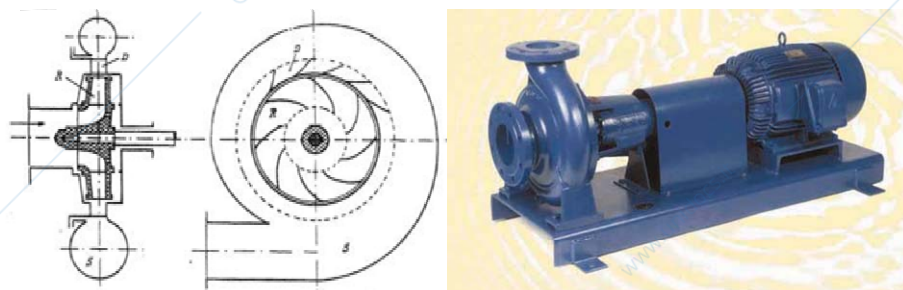


Figura 6.18 – Pompa centrifuga

La potenza di un impianto di sollevamento è in genere ripartita tra più pompe. per raggiungere elevate prevalenze si dispongono più pompe in serie (figura 6.19a). La caratteristica dell'insieme delle pompe si ricava allora sommando le prevalenze a parità di portata. Nella figura 6.20a è illustrata la costruzione della caratteristica di due pompe in serie uguali. Spesso le pompe in serie sono costituite da un unico corpo con giranti disposte in serie (*pompe multistadio*) (figura 6.21).

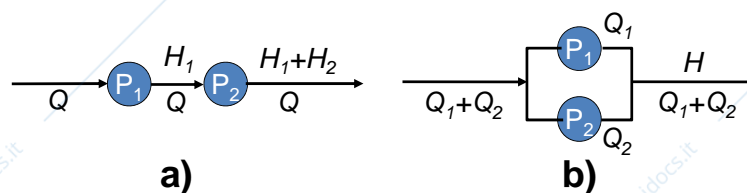


Figura 6.19 – Disposizione delle pompe a) in serie e b) in parallelo

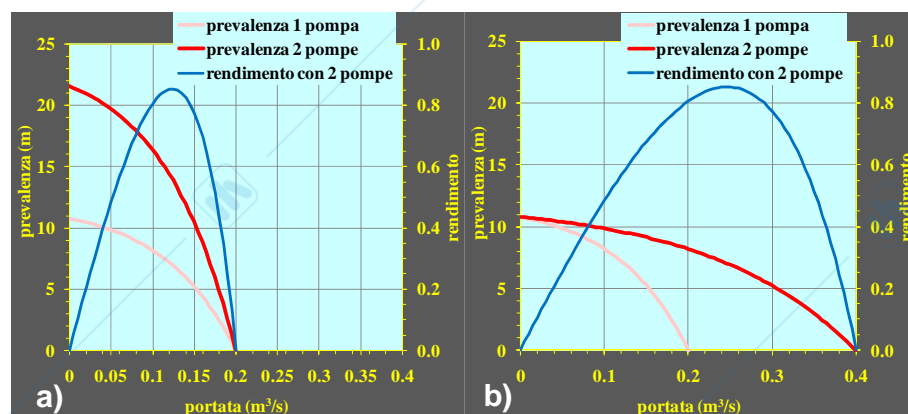


Figura 6.20 – Caratteristiche di due pompe uguali disposte a) in serie e b) in parallelo

Spesso anche la portata viene suddivisa tra più pompe disposte in parallelo (figura 6.19b). La caratteristica dell'insieme delle pompe è allora costruita sommando le portate a parità di prevalenza. La costruzione della caratteristica di due pompe in parallelo uguali è rappresentata nella figura 6.20b.

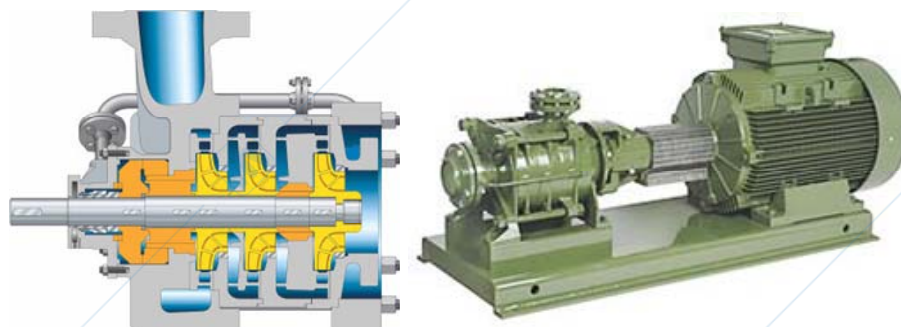


Figura 6.21 – Pompa multistadio per alte prevalenze

7 SERBATOI

7.1 FUNZIONE DEI SERBATOI DI ACQUEDOTTO

I serbatoi d'acquedotto, inseriti nelle reti di distribuzione, hanno le seguenti funzioni:

- funzione di compenso,
- funzione di riserva,
- funzione di disconnessione, che compete ai soli serbatoi di testata e di cui si è già parlato nel punto 5.1.

Funzione di compenso

La *funzione di compenso* consiste nel trasformare la portata costante dell'acquedotto in quella variabile richiesta dalla rete.

Il serbatoio esegue soltanto un compenso giornaliero, accumulando acqua durante la notte, quando la domanda è inferiore alla portata media, e restituendo durante il giorno, quando la domanda supera la media. Se si volesse svolgere anche un compenso mensile o annuale il serbatoio risulterebbe enorme e quindi costosissimo. Di conseguenza l'acquedotto esterno deve addurre la portata media del giorno dei maggiori consumi e la determinazione della capacità del serbatoio si esegue sulla base della domanda di tale giorno, illustrata nella figura 7.1a. Nella figura 7.1b è indicata in azzurro la legge integrale dei consumi. La capacità di compenso è misurata dalla distanza verticale tra le due rette a pendenza costante pari alla portata media del giorno dei maggiori consumi (in rosso), traslate in modo da essere tangenti superiormente e inferiormente in modo da essere tangenti alla legge della domanda.

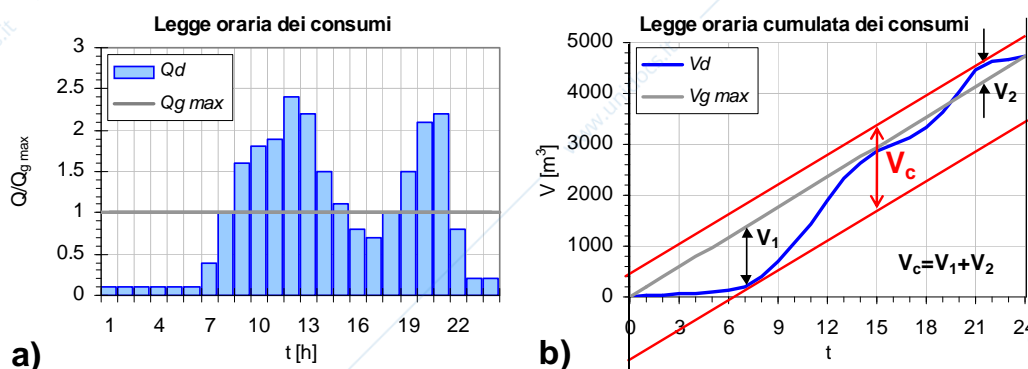


Figura 7.1 – Calcolo della capacità di compenso di un serbatoio d'acquedotto

Funzione di riserva

La funzione di riserva consiste nel mantenere sempre un volume d'acqua invasato per far fronte a situazioni di emergenza, che possono essere:

- rottura dell'acquedotto: il serbatoio deve essere in grado di fornire l'acqua necessaria all'utenza per il periodo necessario alla riparazione;
- richiesta anti-incendio: in caso d'incendio, soprattutto nei piccoli centri, la richiesta d'acqua può rappresentare una frazione importante del consumo ordinario.

Il volume di riserva deve essere, dunque, calcolato in base alla vulnerabilità della alimentazione, e può essere minore se vi sono più fonti indipendenti di approvvigionamento. In generale si valuta il volume di riserva pari ad un giorno della portata media.

7.2 TIPI DI SERBATOI

Dal punto di vista strutturale i serbatoi possono innanzitutto distinguersi in:

- serbatoi in caverna*, se sono disposti nel sottosuolo,
- serbatoio seminterrati*, se sono disposti sul suolo, con uno scavo più o meno profondo,
- serbatoi sopraelevati*, se sono disposti ad una certa altezza dal suolo, sostenuti da una struttura.

La scelta della tipologia dipende dalla disponibilità di quote, come mostra la figura 7.2. In particolare, un serbatoio in caverna, può essere particolarmente economico nel caso in cui la roccia sia adatta, sia dal punto di vista dello scavo, sia dal punto di vista della stabilità. Altrimenti può essere preferibile costruire un serbatoio seminterrato. I serbatoi sopraelevati sono costosissimi, e possono essere utilizzati solo per capacità relativamente modeste.

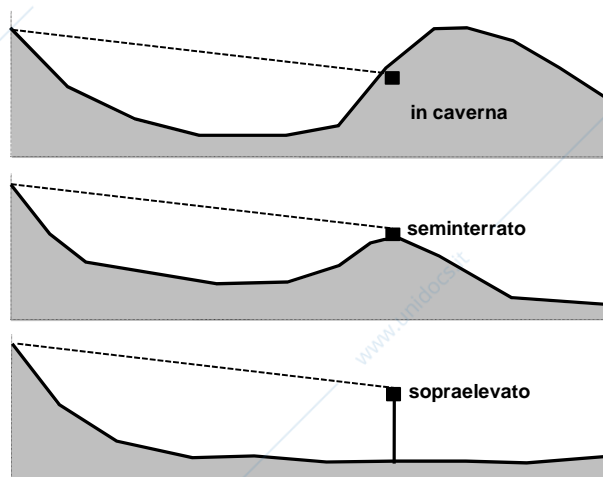


Figura 7.2 – Disposizione altimetrica dei serbatoi

Nella figura 7.3 è rappresentata la disposizione di un serbatoio in caverna. È in genere costituito da più camere separate. La camera di manovra è costituita da un cunicolo, costrito talvolta a cielo aperto, in cui passano le tubazioni che competono alle camere e le relative apparecchiature.

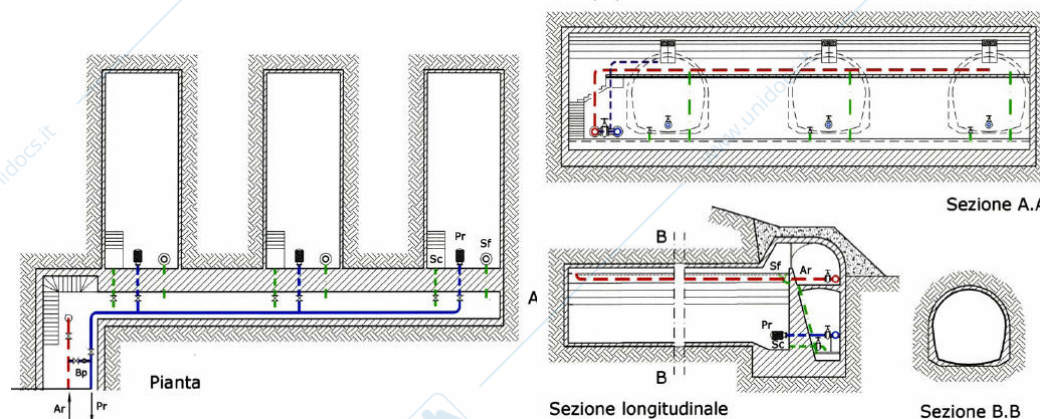


Figura 7.3 – Serbatoio in caverna a tre camere

I serbatoi seminterrati, anch'essi molto impiegati, sono in generale costituiti da due camere indipendenti, in modo che in caso di manutenzione di una camera ne resti sempre una per il compenso, sia pure con una ridotta capacità di riserva. I piccoli serbatoi sono spesso costituiti da una sola camera. nella figura 7.4 è rappresentato un piccolo serbatoio a una camera.

I serbatoi sopraelevati sono usualmente ad una camera ed hanno capacità limitate. Nel caso che serva un serbatoio di grande capacità e non vi sia quota sufficiente per un serbatoio

seminterrato o in caverna, si può costruire il grande serbatoio sul suolo ed uno più piccolo sopraelevato con funzione di vasca di carico, alimentato da un impianto di sollevamento. Un esempio di serbatoio sopraelevato è rappresentato nella figura 7.5.

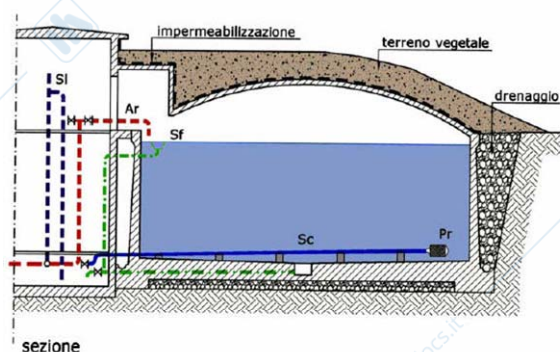


Figura 7.4 – Piccolo serbatoio seminterrato ad una camera

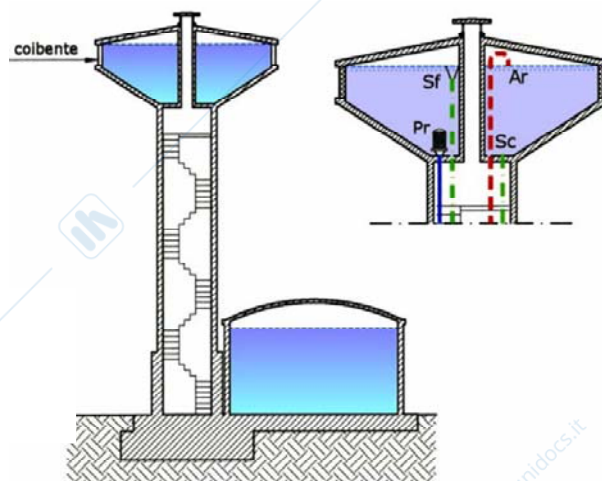


Figura 7.5 – Serbatoio sopraelevato

7.3 CAMERA DI MANOVRA E VASCA

La camera di manovra di un serbatoio contiene tutte le apparecchiature che consentono la gestione del serbatoio.

La disposizione delle apparecchiature idrauliche di un serbatoio a due vasche è illustrata nella figura 7.6. Attraverso la camera di manovra passano le condotte:

- a) di *arrivo* dall'acquedotto,
- b) di *presa* per la rete,
- c) di scarico del serbatoio.

Nelle vasche l'arrivo è disposto dalla parte opposta della presa, per consentire la continua circolazione dell'acqua ed evitare zone di acqua stagnante.

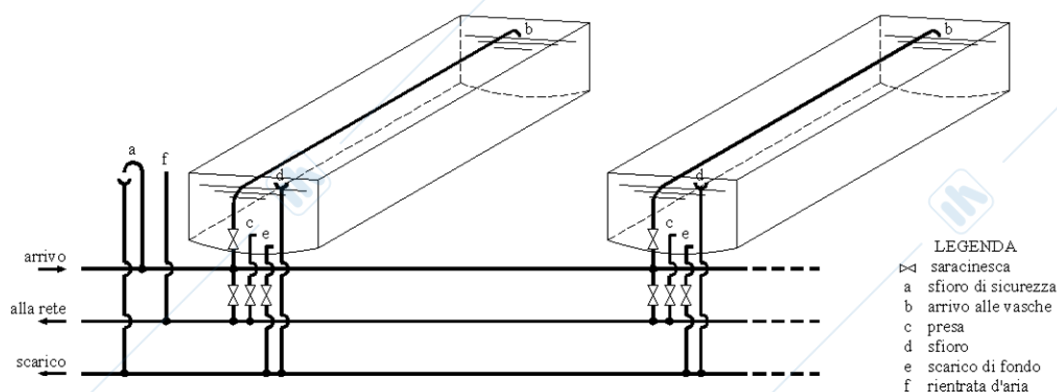


Figura 7.6 – Apparecchiature idrauliche di un serbatoio di testata a due vasche

Nei serbatoi di testata, che hanno anche la funzione di disconnessione dall'acquedotto, l'arrivo nella vasca è disposto in alto, sopra il massimo livello idrico, in modo che la condizione di valle dell'acquedotto non risenta delle oscillazioni di livello nel serbatoio.

Nei serbatoi terminali, invece, l'arrivo e la presa avvengono tramite la medesima condotta, che prima di entrare nella vasca si divide, con l'arrivo in alto e la presa in basso disposta, come tutte le prese, presso il fondo della vasca, ma in questo caso dotata di una valvola unidirezionale, in modo da non funzionare da arrivo (figura 7.7).

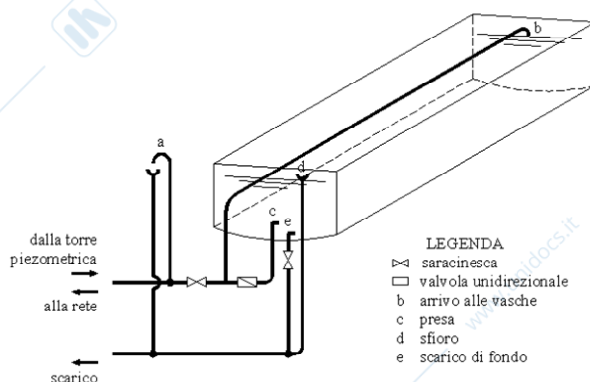


Figura 7.7 – Apparecchiature idrauliche in un serbatoio terminale ad una vasca

La presa dello scarico di fondo della vasca è disposta in un alloggiamento più basso in modo da poter svuotare completamente il serbatoio.

Le condotte di arrivo, presa e scarico sono chiuse da valvole. In esercizio le valvole su arrivo e presa sono aperte, quella sullo scarico è chiusa.

Ciascuna vasca è dotata di uno sfioro, in modo che il livello non possa alzarsi oltre il massimo. La tubazione di sfioro si congiunge a quella di scarico a valle della saracinesca, in modo da non essere intercettato da questa.

Nei serbatoi di testata ad una vasca (figura 7.8) si dispone un *by-pass*, chiuso da una saracinesca, tra l'arrivo e la presa, per poter alimentare comunque la rete durante la manutenzione della vasca. Inoltre, a monte della saracinesca che intercetta l'arrivo uno

sfiatore di sicurezza, in modo da non mandare in carico idrostatico l'acquedotto nel caso che si chiuda la saracinesca d'arrivo.

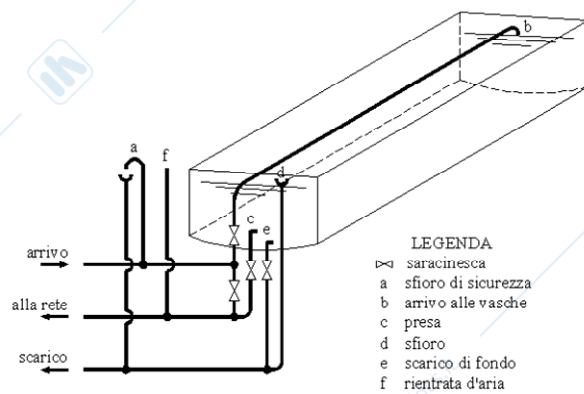


Figura 7.7 – Apparecchiature idrauliche in un serbatoio di testata ad una vasca