

Seminario

***LA PULIZIA DEI POZZI PER ACQUA***  
Tecniche - Gestione - Normativa

*2 Dicembre 2005*

Monitoraggio e tecniche di pulizia dei pozzi in  
fase di manutenzione

Marco Chierigato - Ingegnere

Ufficio Tecnico "Botti Elio S.a.s."

## 1. Il pozzo

Il pozzo è un perforo scavato nel sottosuolo fino al ritrovamento di una falda ed attrezzato allo scopo di estrarre acqua da tale falda. Infatti dopo aver perforato un pozzo si deve completare l'opera, cioè la si deve rendere idonea a dare acqua, possibilmente non inquinata al minor costo possibile e per un lungo periodo. Perciò l'operazione consiste nel perforare il pozzo (perforo nel terreno), poi di completarlo, cioè renderlo idoneo alla sua funzione (tubaggio, drenaggio, cementazione) ed indi di svilupparlo per renderlo il più possibile efficiente (spurgo, lavaggio, ecc.).

## 2. Fattori che contribuiscono a ridurre la potenzialità dei pozzi

In condizioni indisturbate, l'acqua di falda si trova in uno stato di quasi equilibrio rispetto alle proprietà dell'acquifero ed ai costituenti chimici. La rottura di tale equilibrio naturale in seguito alla costruzione di un pozzo ed al suo emungimento è la radice di tutti i problemi che si hanno per quanto riguarda la sua manutenzione. Un pozzo progettato bene minimizza tale disturbo.

La decadenza dei pozzi spesso è dovuta ad un emungimento troppo elevato. Qualunque inconveniente che avviene durante l'esercizio di un pozzo viene accentuato od ed accelerato, quasi sempre in forma esponenziale, quando si aumenta la portata dell'acqua emunta. Si hanno aumenti abbastanza elevati della corrosione galvanica, idraulica, chimica e biologica qualora l'acqua sia aggressiva; se invece l'acqua è incrostante si hanno aumenti non indifferenti delle incrostazioni chimiche, fisiche e biologiche.

Le cause basilari delle rotture dei pozzi, le quali spiegano i problemi di manutenzione, trovano spesso origine nel progetto, nella costruzione, nello sviluppo ed ancora nella stabilità del perforo o nelle incrostazioni.

Progetto:

- 1) il progetto non ha considerato bene le condizioni idrogeologiche, compresa la qualità dell'acqua, l'interferenza, la ricarica e la scelta dei filtri
- 2) la portata d'emungimento non è ben rapportata al progetto
- 3) la portata emunta ed il progetto del pozzo non sono ben rapportati alla durata del pozzo

Costruzione:

- 1) errata identificazione e localizzazione dei strati acquiferi
- 2) installazione errata della tubazione
- 3) metodi di perforazione
- 4) protezione sanitaria

Sviluppo:

- 1) rimozione parziale del fango infiltratosi nel terreno durante la perforazione
- 2) rimozione non completa dei grani fini e dell'argilla contenuti nei terreni acquiferi
- 3) errata applicazione dei prodotti chimici

Stabilità del perforo:

- 1) rottura della tubazione, della cementazione, dei filtri
- 2) franamento del pozzo non tubato

Incrostazioni:

- 1) chimica
- 2) fisica
- 3) biologica
- 4) incrostazioni miste chimico-fisico-biologiche.

I programmi relativi alla conservazione preventiva riguardano in modo particolare i problemi relativi alle incrostazioni. Se si formano incrostazioni con delle buone tecniche di gestione se ne possono minimizzare gli effetti. Normalmente uno spurgo del pozzo può ringiovanirlo e riportarlo alla sua produttività originaria.

### 3. Il monitoraggio

Non esiste nessuna regola che dica quando un pozzo ha bisogno di manutenzione; tale intervento può essere necessario dopo 6 mesi oppure solo dopo 20 anni.

Purtroppo i pozzi sono dei manufatti poco considerati se non dalle aziende acquedottistiche di una certa importanza; nei piccoli comuni come pure in molte industrie ci si accorge del problema quando la diminuzione di portata che arriva all'utilizzazione è diventata molto piccola, cioè quando le incrostazioni nei filtri sono diventate molto grosse e spesse.

Raramente il deterioramento di un pozzo è rapido o catastrofico. In molti casi la diminuzione di portata e l'aumento dell'abbassamento avvengono molto lentamente, con entità quasi impercettibili. Tuttavia è possibile che quando si raggiunge un certo punto critico il deterioramento avvenga più rapidamente. Una volta raggiunto tale punto la possibilità di riabilitare il pozzo si riduce drasticamente. Perciò è essenziale prevedere un programma completo per le prove ed i controlli da farsi durante la gestione del pozzo.

Sono molte le variabili che influiscono sulle potenzialità di un pozzo, compresa la sua progettazione e costruzione, la portata emunta e le condizioni idrogeologiche locali. Come risultato di tali variabili, sono opportuni controlli relativi a differenti tipi di informazione in base giornaliera, mensile, annuale.

Controlli giornalieri:

la documentazione di queste osservazioni giornaliere molto spesso possono identificare qualche problema alla fase iniziale, quando la soluzione è ancora relativamente poco costosa. Variazioni di torbidità, colore, sabbia dell'acqua devono essere registrate giornalmente. Registrando tali osservazioni, le variazioni che esulano dalle normali operazioni, possono essere dovute a sorgenti esterne come le piogge, gli allagamenti, o da discariche poste nelle vicinanze e quindi problemi che sorgessero in futuro possono essere identificati rapidamente. Controlli di portata e pressione possono rivelare le tendenze e le condizioni del sistema nel tempo: Variazioni diluite nel tempo possono indicare un logoramento normale della pompa, formazione di incrostazioni oppure un aumento dell'attrito lungo la tubazione di scarico.

Controlli mensili:

Importanti sono i controlli mensili della portata e dei consumi energetici; questi controlli posti in forma tabulare possono dare indicazioni sull'aumento della potenza richiesta per produrre un volume unitario d'acqua. Conservando tali registrazioni per un lungo periodo di tempo è facile riconoscere e valutare le condizioni cicliche di un acquifero. Altri controlli da farsi mensilmente sono i livelli dinamici, relative portate e livelli statici. Come regola l'abbassamento aumenta nel tempo in un pozzo in pompaggio continuativo. Se il pozzo è stato progettato bene ed il pompaggio viene fatto secondo tale progetto, l'abbassamento deve aumentare molto lentamente.

Mensilmente si devono misurare anche gli abbassamenti; come regola, l'abbassamento aumenta nel tempo in un pozzo in pompaggio continuativo. Se il pozzo è stato progettato bene ed il pompaggio viene fatto secondo tale progetto, l'abbassamento deve aumentare molto lentamente. A parte l'età ed il continuo utilizzo, un aumento dell'abbassamento può derivare dall'inefficienza del pozzo oppure da un parziale prosciugamento della falda.

L'inefficienza dei pozzi avviene sempre in corrispondenza dei filtri o perchè essi subiscono un intasamento, oppure una corrosione od anche una incrostazione. Il determinare se l'aumento dell'abbassamento sia dovuto all'inefficienza del pozzo od al prosciugamento della falda è molto importante in quanto un eventuale intervento correttivo ha successo solo nel primo caso.

Controlli annuali:

Una prova di portata a gradini fatta annualmente può essere utilizzata per determinare l'efficienza del pozzo. Il metodo migliore è comunque quello di ricavare le curve portate-abbassamenti ( $Q-s$ ) sia nel pozzo nuovo che negli anni successivi e misurando i valori di  $I=sn/sv$  dove  $I$  è l'indice di deterioramento o danneggiamento,  $sn$  sono gli abbassamenti in pozzo nuovo,  $sv$  sono gli abbassamenti in pozzo vecchio. Però con tale metodo si dovrebbero fare le prove sempre con le medesime portate e con gli stessi intervalli di tempo, il che è umanamente impossibile. Perciò si consiglia di operare in modo diverso; cioè si fa la prova di portata a gradini nel pozzo nuovo e da tale prova si ricava un diagramma portate/portate specifiche ( $Q-Q/s$ ); a intervalli di tempo più o meno regolari, senza distogliere il pozzo dal suo "compito", si misura la portata  $Qv$  ed il relativo abbassamento  $sv$ . Con questo valore di  $Qv$ , se il pozzo fosse nuovo si avrebbe un certo valore di  $(Q/s)n$  e pertanto si può ottenere  $I=(Q/s)v/(Q/s)n=sn/sv$ . Tali valori dell'indice di danneggiamento  $I$  possono essere riportati in un diagramma *tempo-I* da cui si può vedere come tale fattore diminuisca nel tempo. A questo punto si dovrebbe decidere quando si rende necessario pulire il pozzo in quanto una sua minore efficienza viene a costare poiché, a parità di portata si ha un maggiore abbassamento e quindi necessita una maggiore potenza della pompa. Questo conteggio non è facile da farsi (in via teorica lo sarebbe) perché quando si pulisce un pozzo non si conosce a priori nè il costo di tale operazione nè il risultato ottenibile (quasi sempre non si raggiunge l'efficienza originaria). Comunque nell'eventualità (ideale) si conoscesse la spesa per la pulizia ed inoltre presumendo di riportare l'efficienza del pozzo, si può fare un conteggio abbastanza preciso. In un pozzo idraulicamente inefficiente, a parità di abbassamento si ha una diminuzione di portata, mentre a parità di portata si ha un aumento dell'abbassamento. Se si prendono le curve caratteristiche della pompa si vede che se si diminuisce la portata si ha un aumento della prevalenza, o viceversa, con conseguente diminuzione del rendimento della pompa e della potenza assorbita. Tutto ciò comporta una spesa sia per la diminuzione di rendimento, e sia perché si dovrà pompare più a lungo per ottenere la medesima quantità d'acqua.

## 4. Tecniche di manutenzione dei pozzi

### 4.1 Valutazione preliminare

Quando si vede che è necessario eseguire la manutenzione di un pozzo, prima di qualunque considerazione e di fondamentale importanza eseguire un sopralluogo con l'impresa incaricata per la pulizia, per prendere conoscenza di tutte le circostanze generali e particolari che possono influire sull'esecuzione dei lavori. Estratta la pompa di produzione è opportuno effettuare un'indagine televisiva: molto spesso è il metodo migliore per ottenere informazioni specifiche concernenti le condizioni del pozzo. L'indagine televisiva può localizzare con precisione dove la tubazione presenta problemi, come l'intasamento dei filtri o loro rottura. Quando i filtri sono molto incrostati, la telecamera può aiutare a prelevare un campione di tali incrostazioni; unitamente alla

telecamera si discende uno speciale contenitore a lama con il quale si può grattare una parte del materiale incrostante, quindi si può analizzare questo campione ed i risultati possono poi servire per scegliere il trattamento chimico più appropriato.

Per la definizione dell'intervento da eseguire è opportuno un lavoro che veda la collaborazione tra soggetto che gestisce l'opera di captazione ed impresa esecutrice. Da un lato il gestore è in grado di fornire informazioni storiche del pozzo: anno di costruzione, costruttore, modalità di esecuzione, eventuali problemi riscontrati durante la realizzazione e la pulizia, prove di portata di collaudo e successive, precedenti interventi di pulizia e naturalmente tutte le registrazioni effettuate indicando in particolare l'anomalia rilevata da cui è scaturita la decisione di eseguire un intervento di pulizia. Dall'altro l'impresa incaricata dovrà elaborare le informazioni acquisite e fornire, sulla base dell'esperienza accumulata nel settore, proposte che vagliate dalla committente potranno essere ritenute valide o meno anche in base a valutazioni di tipo economico e "strategico".

Le soluzioni adottate talvolta necessitano di tempi di trattamento superiori a quelli stimati, altre non portano ai risultati attesi. Già in fase di lavorazione in alcuni casi ci si accorge della scarsa efficacia del trattamento, e pertanto se possibile si propongono soluzioni alternative senza protrarre inutilmente la lavorazione. Ciò evidenzia la difficoltà nel definire l'intervento di manutenzione che spesso si articola in differenti trattamenti eseguiti in successione e l'importanza di registrare ogni particolare dei trattamenti effettuati con relativi risultati.

Per quantificare infine l'entità del recupero è necessario eseguire una prova di portata prima dell'esecuzione dell'intervento e una dopo.

## 4.2 Trattamento chimico

Il ciclo dei processi chimico fisici che causano le incrostazioni è molto complicato e di difficile previsione; al momento attuale si può solo dire che l'incrostazione generalmente aumenta con l'aumentare del contenuto di carbonati e di Fe nell'acqua. La situazione peggiora se si aumenta notevolmente l'abbassamento del livello dell'acqua nel pozzo durante il pompaggio e se si aumenta la portata d'acqua dal pozzo, dato che così aumenta la velocità del flusso d'acqua attraverso i filtri. Poiché non è possibile intervenire per variare la composizione chimica dell'acqua di falda, si consiglia di operare come segue: 1) i filtri devono avere una superficie filtrante molto grande in modo da ridurre il più possibile la velocità dell'acqua; 2) si deve ridurre la portata d'acqua estratta: conviene pompare da più pozzi piuttosto che pompare la medesima portata d'acqua da un solo pozzo; 3) è bene pulire o spurgare frequentemente il pozzo e non aspettare che la sua produttività idrica si riduca notevolmente.

Il materiale incrostante non è quasi mai formato da un solo prodotto (carbonato di Ca, ossido ferrico, silicato di Al, materiali organici) ma da una miscela di due o più di essi.

I trattamenti variano a seconda del tipo d'incrostazione; quelle dovute ai precipitati di carbonati, solfati o dei composti del ferro possono essere rimosse o disciolte mediante acidi forti, quelle dovute alla melma dei ferrobatterisi combattono usando un battericida o un prodotto disinfettante, quelle dovute alla presenza di limo o argilla possono essere eliminate usando prodotti disperdenti o flocculanti. Per i vari tipi di prodotti da usare, l'attrezzatura ed il metodo operativo sono quasi sempre i medesimi, occorre cioè versare nel pozzo il prodotto da utilizzare e mantenerlo continuamente in agitazione; solo per i prodotti disperdenti e flocculanti si dovrà operare diversamente. Riassumendo l'operazione consiste nel: 1) versare l'acido o il prodotto da usare nel pozzo in quantità tale da "coprire tutta la parte filtrante"; 2) lasciare il tutto in riposo per un po' di tempo (1-2 ore); 3)

mescolare per qualche minuto utilizzando il tubo d'immissione; 4) lasciare in riposo per altre 2-3 ore; 5) pistonare il pozzo per 10-20 min; 6) pulire e spurgare il pozzo.

il metodo migliore consiste nel versare il prodotto richiesto mediante un piccolo tubo (possibilmente in plastica e mai zincato) che arriva quasi fino al fondo del pozzo; se si usano acidi, questi non devono mai essere versati rapidamente nel pozzo perché in seguito alla loro reazione chimica si può avere una formazione di gas che può fare eruttare fuori dal pozzo parte di acido, con conseguente pericolo per l'operatore. Si deve tener presente che l'acido tende a pulire quasi sempre la zona meno intasata, e che se anche si ripete l'operazione più volte tale zona sarà sempre la via preferenziale per il passaggio dell'acido. Un procedimento tipico è il seguente: si versa nel pozzo una quantità d'acido tale da "coprire tutta la parte filtrante (tale operazione va fatta a gradini di non oltre 1,5-2 m a partire dal fondo); l'acido normalmente è più pesante dell'acqua e perciò tende a spiazzarla mescolandosi con essa. quando si è versato il volume di acido richiesto, si versa nel pozzo dell'acqua in volume sufficiente a spiazzare tutto l'acido dal tubetto, cercando contemporaneamente di agitare l'acido nel pozzo con il tubetto stesso.

Quando si fa il trattamento per i ferrobatteri ci si deve ricordare che l'intasamento dei filtri e del dreno non è dovuto solo alla presenza del materiale organico prodotto dai batteri, ma anche alla presenza dei prodotti inorganici d'ossidazione del Fe e del Mn, generalmente associati con questi organismi. Inoltre, normalmente, si ha pure la presenza di incrostazioni di natura calcarea. Perciò è sempre consigliabile fare più trattamenti, iniziando dalla clorazione perché così si mettono "a nudo" gli altri tipi di incrostazioni; dopo ogni trattamento, che deve essere ripetuto più volte, si deve spurgare bene il pozzo dato che il cloro e l'acido cloridrico o altri composti non si devono mai trovare contemporaneamente nel pozzo.

Quando si utilizzano i composti chimici nei pozzi, si deve operare con molta attenzione perché se tali composti non vengono usati come si deve, l'effetto del trattamento può anche non essere soddisfacente. I composti chimici possono inquinare un pozzo posto nelle vicinanze e che è in fase di pompaggio durante l'operazione di trattamento. Nel caso questo venga usato come acqua potabile ciò crea un problema non indifferente e perciò si consiglia di usare prodotti non tossici. In questi casi è necessario controllare la qualità dell'acqua estratta dai pozzi adiacenti e di controllare la direzione del flusso di falda. Dopo la riabilitazione o manutenzione del pozzo, si deve decidere cosa farne dell'acqua contenente prodotti chimici, che viene estratta dal pozzo. Pertanto conviene analizzare l'acqua contenuta nel pozzo prima di estrarla; dopo che ci si è assicurati che l'acqua non è pericolosa, si può dare inizio all'emungimento del pozzo.

Il modo migliore di disperdere quest'acqua è di pomparla in un serbatoio da inviare poi a un impianto di trattamento specifico. In presenza di acidi forti può essere necessario neutralizzare, anche solo parzialmente l'acido del pozzo. Ciò può essere fatto versando soda caustica nell'acqua di primo emungimento raccolta in una apposita vasca. Molti dei prodotti chimici usati per la riabilitazione e la manutenzione dei pozzi (come gli acidi ad esempio) sono noti, tuttavia per molti altri le conoscenze sono limitate e perciò conviene sempre fare un'esame dettagliato per determinare l'impatto di ciascuno di essi prima di decidere quale sia il metodo migliore del loro smaltimento.

### **4.3 Trattamento meccanico**

#### **4.3.1 Pompaggio**

Per questa operazione si utilizza una normale elettropompa sommersa priva di valvola di fondo.

Si fa funzionare la pompa con la saracinesca posta nella mandata poco aperta, cioè con portata piccola, per un breve periodo di tempo (qualche decina di minuti), indi si ferma la pompa; in questo modo l'acqua contenuta nella tubazione verticale di mandata della pompa ritorna nel pozzo creando una contropressione nella falda e relativo lavaggio controcorrente dei filtri e del dreno. Dopo aver ripetuto tale operazione diverse volte, si mette in pompaggio il pozzo in forma continuativa con la medesima portata. Se l'acqua viene pulita si ripetono ancora tali operazioni, ma con portate man mano crescenti. Si deve fare attenzione di mettere in moto la pompa solo dopo qualche minuto di sosta perchè si ha una inversione di rotazione passando dalla fase di pompaggio alla fase di scarico e ciò potrebbe causare la rottura dell'albero di trasmissione motore-pompa. Si deve inoltre porre particolare attenzione alla durata degli intervalli di pompaggio, in quanto devono essere tali da fare uscire tutto il materiale entrato nel pozzo con l'accensione della pompa. Le condizioni per poter spegnere la pompa sono pertanto di acqua emunta pulita e sia trascorso tempo sufficiente ad aver fatto "un ciclo completo" dell'acqua del pozzo; diversamente si rischia di riempire il pozzo (riferimento a pozzi profondi).

Oltre al trattamento precedente che viene adottato soprattutto per lo spurgo iniziale del pozzo, si può effettuare un pompaggio con portata maggiore di quella di esercizio (superpompaggio). Ciò fa aumentare il flusso d'acqua attraverso i filtri, con conseguente trasporto dei grani fini entro il pozzo e disintasa i filtri e gli interstizi. Anche in questo caso si opera con cicli alterni. Questo sistema di trattamento, ha un'efficacia molto limitata, tuttavia può avere una certa efficacia se viene usato come intervento temporaneo o di emergenza per migliorare parzialmente la produttività del pozzo. Questo metodo procedurale viene usato periodicamente per prolungare i tempi tra gli interventi di manutenzione più efficaci. In questo caso più che nel precedente sarà da valutare l'effettiva resistenza meccanica della colonna tenendo conto anche di eventuali indebolimenti dovuti all'età del pozzo onde evitare schiacciamenti della colonna per eccessiva depressione.

#### **4.3.2 Pistonaggio**

Si utilizza un pistone generalmente formato da un cilindro fornito di guarnizioni di gomma il cui diametro deve essere un po' più piccolo del diametro interno della tubazione di rivestimento; perché il pistone possa scendere senza che la contropressione agente sul fondo dello stesso rallenti eccessivamente la discesa è necessario dare un peso al pistone proporzionale alla contropressione che si viene a generare. Si cala il pistone un po' sopra i filtri (4-5 m) e si comunica a questo un moto alternato di sali-scendi, con una corsa di qualche metro, cioè si crea un flusso alternato dell'acqua attraverso i filtri; tale operazione va ripetuta a quote sempre più basse, fino all'estremità inferiore dei filtri.

Si deve fare attenzione all'inizio del pistonaggio perchè se si solleva troppo rapidamente e per un lungo tratto il pistone si può causare lo schiacciamento dei filtri nell'eventualità che essi siano molto intasati; tale inconveniente ha molte più probabilità di accadere se si inizia il pistonaggio direttamente in corrispondenza dei filtri. A intervalli più o meno regolari si provvede alla pulizia del pozzo estraendo la sabbia eventualmente depositatasi sul fondo. Nel caso in cui il pozzo fosse dotato della sacca di fondo, allora suddetta operazione di pulizia può essere fatta una sola volta, cioè alla fine del pistonaggio. Questo tipo d'intervento è molto indicato ed efficace in terreni sabbiosi.

A volte il pistone può essere fornito di valvole per il passaggio dell'acqua durante la fase di discesa, perché altrimenti ne sarebbe impedita la discesa libera; in questo caso la sua azione di discesa diventa meno efficace.

Durante la fase di risalita del pistone, l'acqua innalzata dal pistone, tende a fluire nella falda (a causa dell'aumento della pressione idrostatica), mentre al disotto del pistone l'acqua tende a fluire dalla falda entro il pozzo. Perciò in tale tratto di filtro si ha prima un flusso d'acqua dal pozzo verso la falda e poi, poco dopo, il flusso inverso.

Può sussistere il problema che questa energica azione possa sospingere una parte dei grani fini entro gli interstizi del terreno con conseguente intasamento del terreno, difficile poi da eliminare. Per eliminare o ridurre questo inconveniente si deve ridurre il carico idrostatico nel pozzo emungendo acqua dal pozzo (aria compressa o pompa). Il pistone con la valvola produce lo stesso effetto.

Si può pure operare con pistoni doppi che funzionano anche come packer perché contemporaneamente all'operazione di pistonaggio si ha pure un lavaggio mediante acqua pompata dalla superficie attraverso le aste collegate al pistone.

Il pistonaggio è utilizzabile solo se la resistenza dei tubi allo schiacciamento lo permette e se non c'è presenza di strati di terreno di piccola granulometria (limo, argilla sabbiosa), cioè se la permeabilità dell'acquifero è sufficientemente alta ovvero i filtri siano troppo intasati. Esistono difficoltà per il pistonaggio di pozzi poco profondi di grosso diametro.

### 4.3.3 Aria Compressa

L'aria compressa è un metodo spesso utilizzato per le operazioni di sviluppo. È un metodo molto efficace per eliminare i detriti dai pozzi e come fase iniziale di sviluppo. Tuttavia ha un effetto di pistonaggio molto limitato e poco energico. Il metodo può essere usato con successo unitamente ad altri metodi di sviluppo ed inoltre è un metodo per immettere i prodotti chimici nel pozzo ed anche per estrarli quando sono esausti.

Si tratta di un sistema con due tubi dove il tubo dell'aria viene installato internamente al tubo di scarico. L'aria viene iniettata attraverso il tubetto interno con una pressione sufficiente a fuoriuscire in forma di bolle lungo l'intercapedine dei due tubi. Le bolle d'aria riducono la densità dell'acqua che si trova nell'intercapedine tra i due tubi e pertanto si innalza permettendo così all'acqua contenuta nel terreno di entrare nel pozzo. All'aumentare dell'abbassamento l'immersione del tubo di scarico diminuisce e quindi l'aria tende ad fuoriuscire in forma di un'unica grande bolla; generalmente l'efficienza del sistema è elevata quando l'immersione del tubo di scarico è il 60% e più.

Conviene iniziare lo spurgo partendo dalla sommità dei filtri per poi discendere gradualmente fino al fondo; ciò minimizza la formazione di tappi di sabbia ed anche lo schiacciamento della tubazione.

Un problema potenziale riguardante lo spurgo con aria compressa è dovuto all'eventuale trascinarsi ed intrappolamento di aria entro il terreno acquifero (nel caso in cui si utilizzasse il pozzo stesso come tubo di scarico). Si crea come una bolla d'aria attorno al pozzo impedendo così l'afflusso di acqua. Se c'è uno strato impermeabile attorno al pozzo e sovrapposto allo strato acquifero in fase di spurgo, l'aria compressa, attraverso i filtri fluisce verso l'alto esternamente alla tubazione di rivestimento fino a che viene bloccata, in pressione, dallo strato impermeabile sovrastante. Man mano che l'aria fluisce la bolla d'aria formatasi si allarga, riducendo così lo spessore saturo dell'acquifero vicino al pozzo e impedendo che l'acqua fluisca verso il pozzo. Dove esistono queste condizioni geologiche il tubo dell'aria deve essere disceso fino ai filtri.



Il sistema è molto indicato quando ci si trova in presenza di molta sabbia poichè non c'è il pericolo di rovinare e mettere fuori uso la pompa di spurgo; ha la sola limitazione che il rapporto immersione/sollevamento deve essere superiore al 35%. Con questo sistema si deve conoscere la quantità d'aria necessaria per poter estrarre una data quantità d'acqua (equazione, tabella). Per il posizionamento del tubo dell'aria si deve tener conto oltre che dei dati del pozzo (profondità, quota dei filtri) anche della pressione disponibile al compressore che deve essere superiore al valore dato dalla somma dell'abbassamento "s" e l'immersione "l".

#### 4.3.4 Lavaggio con ugelli

Si tratta di un attrezzo munito lateralmente di alcuni ugelli da dove esce un getto d'acqua ad elevata pressione che dilava i filtri e parzialmente anche il terreno circostante. Questo metodo dà buoni risultati quando si tratta di eliminare il pannello del fango eventualmente rimasto attaccato alle pareti del perforo e per eliminare le incrostazioni accumulate sui filtri. Gli ugelli hanno un'apertura che dipende dalla portata d'acqua di lavaggio (34-250 l/min) dato che la velocità d'uscita non deve essere inferiore ai 40 m/s. Le aste o tubi di mandata collegate agli ugelli devono avere un diametro sufficientemente grande (da 1"1/2 a 3"), in modo da ridurre al minimo le perdite di carico idraulico.

Il metodo ha diversi vantaggi: attrezzo semplice e facile da usare ed inoltre può essere usato unitamente al trattamento chimico. L'energia del getto può essere concentrata dov'essa è più necessaria. Se durante il processo di lavaggio si emunge con la pompa o con l'aria compressa, il materiale fine dilavato dai getti viene estratto dal terreno. Operando contemporaneamente con lavaggio e pompaggio si deve regolare la portata della pompa in modo che questa sia maggiore della portata per il lavaggio e man mano che l'acqua viene più pulita si può aumentare la portata della pompa. L'efficacia di tale metodo dipende dal tipo o forma delle fenestrate dei filtri; nel caso di filtri punzonati o fresati la parte di terreno acquifero interessata o "colpita" dal getto dell'acqua è molto più piccola di quella che si ha nel caso di filtri a spirale; nei filtri a ponte e in quelli a persiana il getto dell'acqua colpisce il terreno solo indirettamente in quanto il flusso viene deviato.

Poichè i getti d'acqua sono concentrati nella loro area piccola d'impatto è necessario ruotare lentamente l'attrezzo e contemporaneamente abbassarlo ed alzarlo in modo che i getti d'acqua interessino tutta la superficie dei filtri.

Il metodo di lavaggio con ugelli produce gli stessi effetti del pistone, infatti si devono estrarre i detriti rimossi o con la pompa o con l'aria compressa. Preferibilmente si opera partendo dall'alto verso il basso per ridurre il pericolo di uno schiacciamento della tubazione al disopra del porta ugelli oppure che questo venga bloccato dalla sabbia.

Talvolta al jetting si associa la spazzolatura. Scopo della spazzolatura è ovviamente distaccare le incrostazioni su filtri e tubazioni. Per i filtri a spirale si deve operare con molta attenzione perchè c'è il rischio di rovinarli. Il vantaggio principale del metodo è di distaccare le incrostazioni e ciò fa aumentare l'efficacia del jetting o di metodi chimici da applicarsi in un secondo tempo.

Una variante di tale sistema è quella di applicare gli ugelli sulla tubazione di mandata della pompa di spurgo, poco al disopra di essa. regolando la saracinesca posta in superficie, si può operare in modo che una parte dell'acqua pompata esca direttamente dagli ugelli per il lavaggio dei filtri. In questi casi si deve operare con una pompa ad alta prevalenza e calcolare con buona precisione le perdite di carico idraulico negli ugelli. Se però non si vuole usare la pompa sommersa per il lavaggio dei filtri perché essa ha poca prevalenza o altro, allora al disopra della pompa si installa una valvola unidirezionale che permette il

passaggio dell'acqua solo da basso verso l'alto. Durante il lavaggio dei filtri, eseguito con un normale pompa posta in superficie, tale valvola rimane chiusa, mentre durante il pompaggio essa si apre.