



Dispense del corso online

Le prove di pompaggio: caratteristiche generali e cenni di interpretazione.

15/04/2013

Docente: Geol. Alessio Fileccia

GC09

INDICE

Risorse utili
Premessa

1. LE PROVE DI POMPAGGIO

- 1.1 Utilità e descrizione delle prove
- 1.2 Concetti e parametri fondamentali
- 1.3 Caratteristiche geometriche da considerare durante una prova di portata
- 1.4 Indagini preliminari
- 1.5 Zona della prova
- 1.6 Il pozzo
- 1.7 I piezometri
- 1.8 Sintesi dei metodi di elaborazione e parametri ricavabili da prove di portata
- 1.9 Metodi di interpretazione
- 1.10 Pozzo in acquifero confinato e regime permanente (soluzione di Thiem)
 - 1.10.1 Problema 1
- 1.11 Pozzo in acquifero libero e regime permanente (soluzione di Dupuit)
 - 1.11.1 Problema 2
 - 1.11.2 Condizioni di validità
- 1.12 Pozzo in acquifero confinato e regime transitorio (soluzione di Theis, soluzione approssimata di Cooper- Jacob)
 - 1.12.1 Problema 3
 - 1.12.2 Interpretazione delle misure di risalita
 - 1.12.3 Problema 4

2. INTERPRETAZIONE DELLA PROVA DI PORTATA MEDIANTE SOFTWARE AQTESOLV

- 2.1 Introduzione
- 2.2 Come analizzare una prova di pompaggio
- 2.3 Caratteristiche generali di AQTESOLV
- 2.4 Metodi risolutivi in AQTESOLV
- 2.5 Esempio di prova di pompaggio a Q costante

Risorse utili

Software

Nel corso che segue viene fatto riferimento specifico al software **Aqtesolv**[®] sviluppato dalla *HydroSOLVE, Inc.* con l'obiettivo di fornire uno strumento che permetta di analizzare i dati raccolti durante le prove di pompaggio, in diverse situazioni (acquiferi liberi, confinati, semiconfinati, fratturati), utilizzando numerose procedure analitiche.

La versione **demo** del software e il manuale d'uso sono disponibili gratuitamente online (previa registrazione). Non vi sono limiti di tempo relativi all'utilizzo del software; alcune limitazioni sono invece relative alla possibilità di stampare e/o salvare i risultati ottenuti. Di seguito i riferimenti per i relativi download.

- [Aqtesolv](#)
- [Manuale Aqtesolv](#)

Riferimenti bibliografici

1. **Aqtesolv (2007)** - *Manuale d'uso*
www.aqtesolv.com
2. **Beretta G.P. (1992)** - *Idrogeologia per il disinquinamento delle acque sotterranee*
Pitagora, BO
3. **Brassington Rick (1988)** - *Field Hydrogeology*
Open University Press J.Wiley and Sons
4. **Castany G. (1982)** - *Idrogeologia*
Flaccovio
5. **Celico Pietro (1986)** - *Prospezioni idrogeologiche (I-II)*, Liguori
6. **Cerbini Gianni (1992)** - *Il manuale delle acque sotterranee*
Geo-graph
7. **Chiesa Guido (1994)** - *Inquinamento delle acque sotterranee*
Hoepli
8. **Chiesa Guido (1992)** - *Pozzi di rilevazione*
Geo-graph
9. **Chiesa Guido (1992)** - *Glossario di idrogeologia*
Geo-graph
10. **Clarke David (1987)** - *Microcomputer programs for g.w. Studies*
Elsevier
11. **Custodio, Llamas (1996)** - *Idrologia Sotterranea*
Flaccovio
12. **Fletcher G. Driscoll (1986)** - *Groundwater and wells*
National Water Well Association
13. **Kruseman G.P, de Ridder (1989)** - *Analysis and evaluation of pumping test data*
(ILRI n. 47) ILRI
14. **Todd David Keith (1980)** - *Groundwater hydrology*
J. Wiley and Sons

Premessa

Il corso è organizzato mediante l'esposizione e risoluzione di alcuni problemi pratici applicati a diverse tipologie di acquiferi. E' necessaria la conoscenza dei concetti base di idrogeologia e dei principali parametri. Dopo una parte introduttiva si passa ad illustrare alcuni casi pratici *(dai più semplici ai più complessi)*:

- **Pozzo in acquifero confinato e regime permanente** *(soluzione di Thiem)*
- **Pozzo in acquifero freatico e regime permanente** *(soluzione di Dupuit)*
- **Pozzo in acquifero confinato e regime transitorio** *(soluzione semplificata di Cooper-Jacob)*
- **Soluzione mediante software AQTESOLV.**

1 QUADRO NORMATIVO DI RIFERIMENTO

1.1 Utilità e descrizione delle prove

Le opere di captazione possono essere classificate in due grandi categorie:

- **Trincee e gallerie drenanti** (*opera a sviluppo orizzontale*)
- **Pozzi** (*opera a sviluppo verticale*)

L'opera poi si definisce completa quando penetra tutta la parte permeabile satura dell'acquifero, altrimenti è detta incompleta. Questo corso si occupa delle prove eseguite con pompaggio in un unico pozzo, completo, con o senza misure contemporanee in più punti distanti (*piezometri*). Quando ci si occupa di acque sotterranee per effettuare valutazioni quantitative o semplici previsioni su possibili zone di futuro inquinamento, è fondamentale ricavare alcuni parametri idrogeologici, quali la **trasmissività (T)**, la **conducibilità idraulica (K)**, l'**immagazzinamento (S)** ed il **raggio di azione (R)**.

Tra le varie analisi che si eseguono, le prove in pozzo (*o di portata*) sono le più accurate. Il motivo è nel volume di terreno interessato, che è molto superiore rispetto ad un'analisi di laboratorio o ad una prova di permeabilità in un pozzetto superficiale. Indagini come queste sono in genere lunghe e costose rispetto a molte altre e vanno spinte fino a sollecitare notevolmente l'acquifero per comprendere meglio i suoi meccanismi. Ne consegue che l'attendibilità dei parametri ricavati è tanto maggiore quanto più intense sono state le modifiche prodotte. Le prove di portata si possono dividere in due grandi categorie: le **prove in pozzo** e quelle **su acquifero**. Le prime, più semplici e meno costose, hanno in genere lo scopo di definire le caratteristiche costruttive dell'opera e la sua efficienza, ma con opportuni accorgimenti anche la trasmissività dell'acquifero. Le seconde richiedono la perforazione di uno o più piezometri attorno al pozzo di produzione, interessano un volume di terreno molto superiore rispetto alle prime e, se protratte per lungo tempo (*1-3 giorni*), danno una visione molto più completa del sito e delle condizioni ai limiti permettendo di ricavare valori attendibili di trasmissività, immagazzinamento, raggio d'azione. Accoppiando qualche semplice variante, si può ottenere inoltre **porosità** e **velocità effettiva**.



Foto 1 - Prova di portata su acquifero carsico; la portata della pompa è misurata mediante un recipiente di volume noto di 220 l (Cirenaica, Libia)

Le prove consistono nella costruzione di un pozzo di produzione, munito di pompa ed in grado di provocare una variazione consistente di livello piezometrico. La prova si protrae fino al raggiungimento di una situazione di equilibrio, o pseudo equilibrio del livello, e le misure progressive si effettuano sia in abbassamento sia in risalita, fino al ritorno al livello statico iniziale. Le **prove di pompaggio** oltre a fornire dunque, i parametri idrogeologici fondamentali **contribuiscono a chiarire tipologia e condizioni al contorno degli acquiferi** e, se necessario,

permettono di modificare il modello concettuale di partenza. Sono effettuate in genere su acquiferi alluvionali e più raramente in quelli fratturati e con i dati ricavati si possono fare diverse valutazioni pratiche:

- Previsione di futuri abbassamenti di falda
- Direzione di propagazione di inquinanti
- Efficacia di un sistema di bonifica
- Influenza di zone di prelievo o ricarica
- Potenzialità dell'acquifero
- Efficienza costruttiva del pozzo

Sia per le prove in pozzo che per quelle su acquifero, vengono in genere misurati anche i valori di risalita di livello quando la pompa viene spenta a termine prova. Negli esempi che seguono non sono presentate le prove a gradini (*Step drawdown test*) utilizzate in genere per valutare la sola efficienza costruttiva del pozzo di produzione. La legge fondamentale che regola il fenomeno è quella di Darcy; da questa sono derivate varie formule, applicabili a particolari situazioni ed utilizzabili in forma grafica.

Vi sono due principali condizioni di flusso idrico per le quali esistono equazioni analitiche:

- **flusso in regime permanente** (*regime stazionario, di equilibrio, steady state flow*)
- **flusso in regime transitorio** (*regime non stazionario, di non equilibrio, unsteady state flow*)

Il primo si verifica quando la quantità d'acqua in ingresso nel dominio di studio, è uguale a quella in uscita. Nel caso del pozzo, i livelli restano costanti nel tempo durante il pompaggio, e l'acquifero fornisce la stessa quantità d'acqua prelevata dalla pompa. Questo si verifica quando vi è una ricarica continua, proveniente dall'acquifero o da infiltrazione, acquiferi laterali, bacini superficiali...

La caratteristica fondamentale del regime permanente è che non viene prelevata acqua dalla zona di immagazzinamento; l'acquifero è un semplice mezzo che la trasmette, dalla zona di ricarica a quella di prelievo. Il flusso in regime stazionario, o permanente, ha la caratteristica di non dipendere dal tempo.

Il flusso in regime di non equilibrio si verifica quando, a seguito del pompaggio, i livelli piezometrici continuano a modificarsi nel tempo, eventualmente fino al raggiungimento della situazione d'equilibrio, durante la quale restano pressochè costanti nonostante si continui ad estrarre acqua. In un regime variabile, l'acquifero non solo trasmette l'acqua ma ne fornisce in parte, entrando così in gioco il coefficiente di immagazzinamento.

Come sottolineato da Mc Whorter e Sunada (1977) la situazione di equilibrio costituisce un'eccezione e non la regola e normalmente sono necessarie settimane o mesi prima di raggiungere un regime permanente ed in molti casi non si raggiunge mai.

La procedura generale prevede il pompaggio di un volume d'acqua da un pozzo e la misura dei livelli dinamici della falda sia nel pozzo principale sia in uno o più piezometri circostanti. Se si considera un pozzo che pompa per un lungo periodo un acquifero poroso omogeneo ed isotropo, la superficie piezometrica prende la forma di un cono rovesciato al cui centro si trova il pozzo (*vedi Figura 1*).

Lo scopo del pompaggio è quello di produrre un abbassamento che aumenti il gradiente idraulico tale da spostare l'acqua verso i filtri. Più basso è il gradiente (*piccole portate*) minore è la quantità d'acqua che è possibile prelevare.

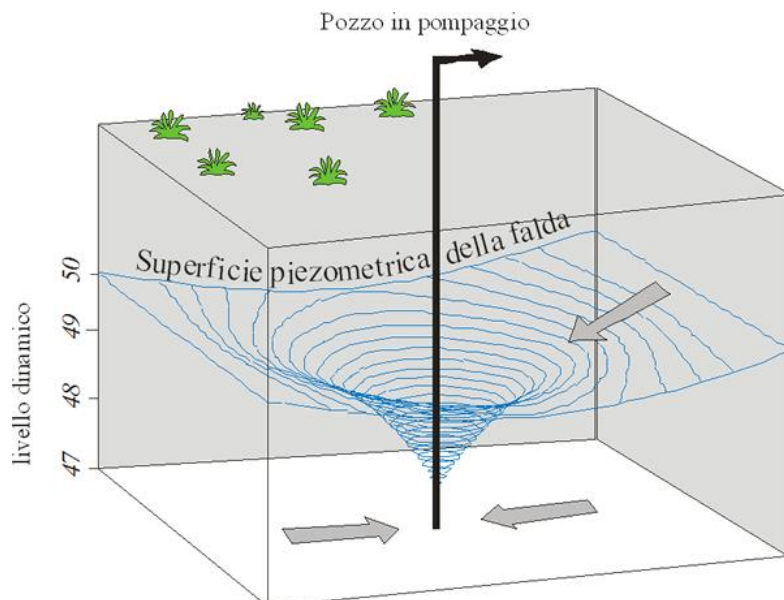


Figura 1 - Cono di depressione di una falda in pompaggio

Nel pozzo poi l'acqua deve entrare attraverso una superficie cilindrica (*quella dei filtri*) alta quanto è lo spessore di acquifero, ed occorre un gradiente notevole affinché il flusso sia uguale alla portata pompata. Attraverso ogni cilindro concentrico al pozzo e di raggio crescente, deve passare una portata costante, ma poiché la superficie aumenta proporzionalmente al raggio, il gradiente necessario a mantenere il flusso diminuisce all'aumentare della distanza dal pozzo e questo produce una forma ad imbuto della superficie dinamica di depressione.

Negli **acquiferi freatici** la riduzione di spessore della parte satura e la componente verticale di flusso, complicano alquanto la situazione. Dato che l'acqua prelevata proviene direttamente dal volume intergranulare, il cono si espande lentamente ed il raggio di azione non arriva molto lontano.

Per un **acquifero artesiano** il cono di depressione risulta da una perdita di pressione (compressione della matrice solida dell'acquifero ed espansione dell'acqua). L'allargamento è relativamente veloce ed il raggio di azione giunge a grande distanza. Il cono non rappresenta una zona desaturata (come nei freatici) ma un'area che continua a crescere per diminuzione di pressione.

In generale più basso è il coefficiente d'immagazzinamento maggiore è l'ampiezza del cono di depressione, ed il rapporto tra artesiani e freatici può essere di 1 a 10. Ad esempio per **Q** e **T** costanti, se il raggio di azione in un freatico è circa 120 m, in un artesiano può arrivare a 1200 m (*Lohman*).

1.2 Concetti e parametri fondamentali

La programmazione di una prova in sito presuppone la conoscenza di alcuni concetti e parametri idrogeologici fondamentali, che qui elenchiamo:

- **ACQUIFERO LIBERO (*water table aquifer*)**
I parametri che lo caratterizzano di più, sono la porosità efficace (***specific yield***) e la conducibilità idraulica orizzontale (***Kh***) e talvolta anche quella verticale (***Kv***); quando si studiano acquiferi costituiti da livelli a diversa conducibilità, si dovrebbero considerare le conducibilità equivalenti.
- **ACQUIFERO CONFINATO (*confined aquifer*)**
I parametri caratteristici sono la trasmissività (***T = Kh***), l'immagazzinamento (***S, storage***), l'immagazzinamento specifico (***Ss = S/b, specific storage***);
- **ACQUIFERO SEMICONFINATO (*leaky aquifer*)**
E' caratterizzato dagli stessi parametri dei confinati ed in più dalla conducibilità idraulica dell'acquitardo (***K'***), dal suo fattore di fuga (**$B = \sqrt{Tb'/K'}$; *leakage factor***) e conduttanza (**$C = K'/b'$, *hydraulic conductance***);
- **ACQUITARDO (*aquitard*)**
Suoi parametri caratteristici sono la conducibilità idraulica (***K'***), il fattore di fuga (**$B = \sqrt{Tb'/K'}$; *leakage factor***) e la conduttanza (**$C = K'/b'$, *hydraulic conductance***);
- **ACQUICLUDO (*aquiclude*)**
La sua caratteristica è di avere conducibilità idraulica prossima od uguale a zero.

1.3 Caratteristiche geometriche da considerare durante una prova di portata

La figura seguente schematizza i parametri geometrici più importanti di cui prendere nota prima e durante la prova di portata, sia per il pozzo di produzione sia per i piezometri eventuali.

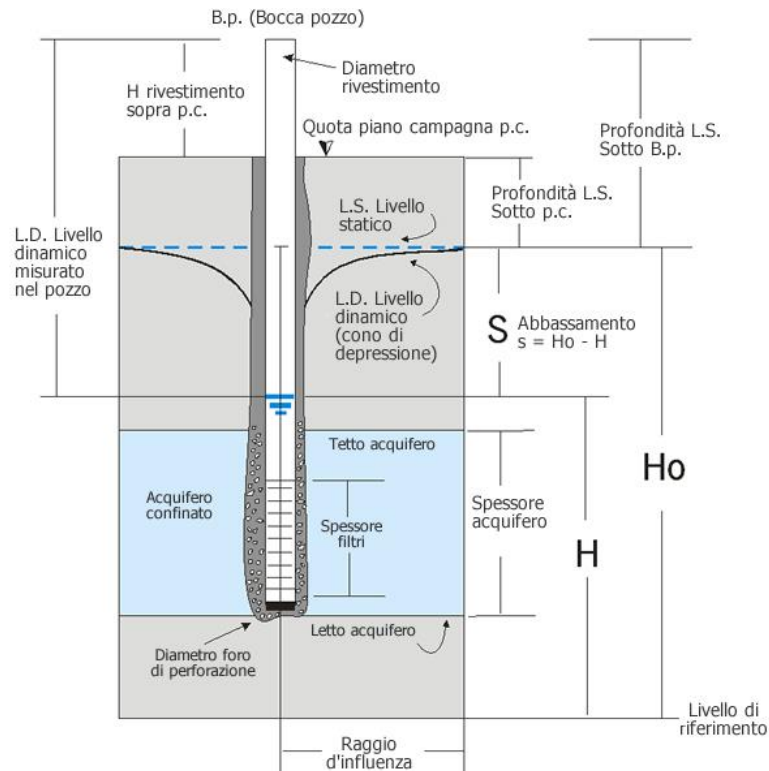


Figura 2 - Grandezze che caratterizzano un pozzo durante una prova di portata: nella figura sono sintetizzate le caratteristiche da ricavare durante la prova in base alla geometria pozzo - acquifero

1.4 Indagini preliminari

Prima di iniziare il test è necessario ottenere una serie di dati o condurre delle indagini preliminari, che aiuteranno a scegliere la metodologia esecutiva ed interpretativa più adeguate:

- **Informazioni stratigrafiche** del sito e possibilmente **ricostruzione geometrica** dell'acquifero
- **Condizioni al contorno e regime**
- **Superficie piezometrica naturale**
- **Punti d'acqua** nelle vicinanze

1.5 Zona della prova

Nel caso vi sia la possibilità di scegliere la zona della prova è utile considerare i seguenti aspetti:

- La **situazione stratigrafica ed idrogeologica** dovrebbe essere costante nei dintorni
- La zona dovrebbe essere **lontana da pozzi** in emungimento o di ricarica
- L'**acqua pompata** deve essere allontanata ad una distanza tale a non ricaricare l'acquifero studiato
- Il **gradiente piezometrico** circostante deve essere nullo
- Il **luogo** deve essere facilmente accessibile da uomini e mezzi

Estratto delle dispense del corso online “*Le prove di pompaggio: caratteristiche generali e cenni di interpretazione*” disponibile sulla piattaforma e-learning per professionisti tecnici Geocorsi®.

Ogni corso è valutato in termini di **crediti formativi** nelle misure previste dai Consigli Nazionali dell'area tecnica di riferimento.

Accedi alla [scheda del corso](#) per tutti i dettagli.

Per informazioni: www.geocorsi.it +39 085 4917052 - info@geocorsi.it