

## **Tavola 8.5 Monitoraggio del livello delle acque sotterranee e della portata delle sorgenti**

### **Introduzione**

Il livello di falda e la portata delle sorgenti sono parametri facilmente misurabili che indicano in termini quantitativi lo stato di una riserva idrica sotterranea (acquifero). In un punto specifico ed in un dato momento, il livello della falda è definito dall'altezza dell'acqua misurata in un piezometro installato nell'acquifero [3]. Il livello dell'acqua indica il grado di riempimento dell'acquifero. La portata di una sorgente indica il volume d'acqua sotterranea, che defluisce liberamente dal sistema attraverso la zona di sbocco. Il livello di falda e la portata delle sorgenti sono il risultato di processi complessi che implicano da un lato la ricarica (precipitazioni, infiltrazioni da corsi d'acqua) ed i deflussi della falda, d'altro la geometria, lo spessore e la natura dell'acquifero [2].

In Svizzera le acque di falda contribuiscono all'approvvigionamento d'acqua per più dell'80 %. I compiti di monitoraggio di questa risorsa vitale sono ripartiti tra la confederazione, i cantoni, le università, i politecnici ed i privati. L'obiettivo è quello di monitorare le variazioni quantitative delle risorse idriche sotterranee a breve termine e di valutare con un certo anticipo quelle a lungo termine, siano esse influenzate da fattori naturali o antropici. A tal fine le istituzioni preposte a detto studio si avvalgono di reti d'osservazione a livello locale, regionale e nazionale. I dati di queste reti costituiscono un patrimonio d'informazioni essenziali. L'interpretazione e la valorizzazione di questi dati necessita di osservazioni omogenee a lungo periodo. Queste informazioni rappresentano il fulcro della gestione duratura delle acque sotterranee.

La seguente tavola rappresenta più di 900 stazioni di misura (pozzi, piezometri e sorgenti) attualmente in funzione sul territorio svizzero, come pure 150 punti d'osservazione ormai abbandonati. La loro distribuzione spaziale si concentra per evidenti ragioni, attorno alle zone per le quali la disponibilità ed il fabbisogno d'acqua sono maggiori, in pratica, principalmente negli acquiferi porosi dei terreni sciolti delle vaste pianure alluvionali. Queste zone sono spesso densamente popolate (c.f. tavola 8.6). La densità della distribuzione delle stazioni di misura è molto variabile, esse rispondono tuttavia ai seguenti criteri:

- in servizio il 1° gennaio 2003;
- facente parte di una rete d'osservazione a lungo termine;
- dati interpretati e di dominio pubblico.
- Per le stazioni in disuso integrate nella tavola, il periodo d'osservazione è di almeno 10 anni.

### **Principi di misurazione ed acquisizione di dati**

Il livello di falda è misurabile tramite delle opere che permettono l'accesso al sottosuolo quali i piezometri (tubi, introdotti verticalmente nel sottosuolo, ciechi nella parte superiore e sfinestrati nella parte inferiore), i pozzi di pompaggio oppure, nel caso d'acquiferi artesiani, i manometri. Le misurazioni possono essere eseguite in diversi modi. In modo manuale si fa scivolare una sonda elettrica all'interno della tubatura verticale. Al contatto con l'acqua, il circuito elettrico si chiude producendo un segnale acustico o luminoso. Si misura quindi la differenza di livello tra il piano d'acqua ed un punto fisso in superficie (sommità del tubo piezometrico o coronamento del pozzo) tramite una bindella. Con metodo meccanico ci si avvale di un galleggiante legato ad una bobina di registrazione analogica (limnigrafo). Le stazioni più avanzate sono dotate di sonde pneumatiche connesse ad apparecchiature di registrazione digitale (data logger), che misurano la pressione dell'acqua.

Le misure nei piezometri riflettono lo stato naturale della falda. Nel caso dei pozzi in produzione, queste misure rappresentano uno stato perturbato del livello di falda. Durante la fase di pompaggio, infatti, si osserva un abbassamento artificiale della superficie piezometrica attorno al pozzo. I limnigrammi ed i dati generati sono rilevati regolarmente, e rispettivamente digitalizzati oppure registrati in formato numerico. Le misure di profondità del livello di falda sono convertite in altitudine (m s.l.m.) per differenza tra la profondità misurata e la quota di riferimento. In seguito questi dati sono controllati, eventualmente corretti, archiviati ed infine messi a disposizione del pubblico.

La portata delle sorgenti è valutata con metodi simili a quelli in uso per il calcolo del deflusso superficiale. In prossimità della sorgente, o nella captazione, sono installate delle bocche a stramazzo o delle sezioni con profilo noto. I livelli d'acqua, misurati tramite dei galleggianti o delle sonde a pressione, sono trasformati in portate tramite una relazione livello-portata (c.f. tavola 5.1<sup>2</sup>).

### **Fattori che influenzano la quantità delle acque sotterranee – esempi tipici**

A causa della complessità del ciclo idrologico, i fattori che influenzano le acque sotterranee sono molteplici, sovente interdipendenti.

In genere sono le precipitazioni efficaci a produrre, tramite infiltrazione, le fluttuazioni del livello piezometrico delle acque sotterranee, soprattutto, quando queste non sono in relazione con corsi d'acqua superficiali. Questo si osserva nel limnometro di Jens, Moos [4], per il quale un'uguale quantità di pioggia produce sulla falda delle variazioni minori durante i mesi caldi, sintomo di un'importante evapotraspirazione, rispetto ai mesi più freddi.

Nel caso degli acquiferi alluvionali, la falda è, spesso, intimamente legata al corso d'acqua adiacente: caso assai frequente in Svizzera. Per esempio, secondo le variazioni di livello del Reno, la falda freatica misurata nel piezometro Felsberg (N. 6504) [5], sposa fedelmente l'evoluzione del livello del fiume, pur avendo una certa inerzia (la risposta idraulica è espressa da fluttuazioni moderate, leggermente ritardate e distribuite su un ampio arco di tempo).

Nelle regioni densamente popolate, i pozzi di pompaggio prelevano grandi quantità d'acqua dalla falda, provocando un forte abbassamento locale e temporaneo della superficie piezometrica. Questa riacquista progressivamente il livello naturale una volta interrotto l'emungimento della falda (c.f. limnigramma Dietikon).

Per le sorgenti, pur non sottovalutando il ruolo delle condizioni meteoriche, sono la natura e la tipologia dell'acquifero (tavola 8.4) a determinare le portate caratteristiche. Qui di seguito, sono presentati tre esempi per illustrare le principali tipologie del regime idrico delle sorgenti.

Il caso dei pozzi di Schlichenden Brünnen [5] mostra una sorgente in ambiente carsico, con bacino imbrifero situato essenzialmente superiore a 1000 m d'altitudine e suolo di copertura poco sviluppato. Le precipitazioni provocano dei repentini aumenti delle portate a seguito d'infiltrazioni dirette e di rapidi deflussi verso gli ampi condotti del reticolo carsico (grotte). Segue un abbassamento progressivo che corrisponde allo svuotamento delle micro-fessure nei blocchi rocciosi.

La sorgente di Pierre-Ozaire, a Savigny [1], rappresenta il punto di sbocco di un acquifero molassico fessurato, non alimentato da corsi d'acqua. Il suo idrogramma mostra un comportamento meno marcato grazie ad un reticolo di micro-fessure ed all'effetto tampone dovuto alla copertura di rocce molassiche alterate a composizione sabbiosa-limosa. Solo in caso di eventi pluviali prolungati si osserva una ricarica marcata.

Per finire, la sorgente di Chalet à Dizy [1], in terreni sciolti, mostra una stabilità di comportamento ancora maggiore tipica di un acquifero poroso. Le piogge temporali estivi e primaverili non influenzano il livello di falda, contrariamente alle piogge autunnali che provocano una reazione più marcata.

## Elaborazione dei dati a lungo termine

L'elaborazione di lunghe serie di dati ci consente di valutare le tendenze altrimenti difficilmente identificabili su brevi periodi e permettono di realizzare delle analisi approfondite sullo stato delle risorse idriche.

L'evoluzione temporale del livello di falda a Nebikon, Winkel [5] è mostrata tramite l'analisi simultanea delle medie mensili e delle medie pluriennali associate (medie aritmetiche calcolate su quindici anni). Il grafico permette di evidenziare i periodi con ricarica abbondante (superficie blu) da quelli in cui la ricarica è stata piuttosto scarsa (superficie grigia). Entrambi le fasi con scarsa ricarica corrispondono a periodi di pronunciata siccità (1997–1998 e 2003) e conseguente svuotamento dell'acquifero, mentre le superfici blu rappresentano le annate più umide con ricarica della falda.

Per l'analisi delle sorgenti si è scelta l'evoluzione temporale della portata della sorgente dell'Areuse a St-Sulpice [5]. Il confronto delle medie giornaliere dell'anno 2002 con le medie mensili e con i valori massimi e minimi osservati su un lungo periodo (20 anni) permette di evidenziare le tendenze e trarre importanti informazioni concernenti l'utilizzazione delle risorse idriche. I valori minimi vengono, per esempio, utilizzati per determinare i livelli di guardia della falda e le portate minime, permettendo, così, di determinare le portate autorizzate per lo sfruttamento, in accordo con una gestione sostenibile. Le serie storiche dei valori massimi sono utili, per esempio, per il dimensionamento delle opere di captazione e per i rischi in caso di piene.

## Modelli idrogeologici schematici

L'acquifero a porosità primaria di Felsberg, lungo il Reno a monte di Coira, rappresenta un tipico esempio di falda legata a dei corsi d'acqua principali. Si tratta di terreni di fondovalle sciolti, con un'estensione ben delimitata, spesso composti da un'alternanza di ghiaia in parte sabbiosa e da limi. La loro permeabilità è buona. La falda è sfruttata in gran parte per l'approvvigionamento dell'acqua potabile (c.f. tavola 8.6). Per questa categoria d'acquiferi il monitoraggio del comportamento delle acque di falda avviene tramite piezometri e pozzi di pompaggio. Questi rappresentano singoli punti d'osservazione della superficie piezometrica. L'interpolazione di questi valori isolati permette la compilazione delle carte con le curve isopiezometriche (linee di uguale livello delle acque sotterranee), la cui cadente indica la direzione del flusso sotterraneo, che di norma è perpendicolare alle linee isopiezometriche. Secondo i luoghi, la falda drena il corso d'acqua (situazione A) oppure lo alimenta (situazione B); questo comportamento può cambiare invertendosi secondo il regime idrologico.

Gli acquiferi carsici sono presenti su circa un quinto della superficie nazionale. L'acquifero carsico di Muotatal è un tipico esempio di questa categoria di acquiferi. In questi casi si parla di «porosità doppia» poiché le acque interstiziali fluiscono in modo rapido nella roccia tramite condotti di ampio diametro e nel contempo in modo più diffuso grazie alle micro-fessurazioni della roccia. In quest'ambiente, il monitoraggio quantitativo delle acque di falda è fatto per tramite delle sorgenti.

## Ringraziamenti

Questa tavola è stata realizzata grazie ad un concetto sviluppato dall'ufficio mbn (Matousek, Baumann & Niggli AG). Si ringraziano i responsabili per l'idrogeologia dei diversi cantoni per l'eccellente collaborazione.

## Bibliografia

- [1] **GEOLEP (2004):** Réseau AQUITYP. Ecole polytechnique fédérale, Laboratoire de géologie de l'ingénieur et de l'environnement, Lausanne.
- [2] **Matthess, G., Ubell, K. (2003):** Allgemeine Hydrogeologie, Grundwasserhaushalt. Lehrbuch der Hydrogeologie Band 1, Berlin.
- [3] **Müller, T. (1999):** Wörterbuch und Lexikon der Hydrogeologie (Deutsch-Englisch). Berlin.
- [4] **Office de l'économie hydraulique et énergétique – Office de la protection des eaux et de la gestion des déchets du canton de Berne (2004):** Annuaire hydrographique du canton de Berne. Berne.
- [5] **Office fédéral des eaux et de la géologie (2004):** Annuaire hydrologique de la Suisse 2003. Berne-Ittigen.