

(4) Aspetti pratici per il monitoraggio di livelli di falda

La conoscenza della quantità di acqua presente nel sottosuolo si appoggia, innanzitutto, sull'indagine del livello che esse raggiungono.

Gli strati, successivi e diversamente permeabili, che compongono la pianura alluvionale disposti secondo pendenze più o meno accentuate ma generalmente degradanti nel senso del declino superficiale del territorio, definiscono le falde, nelle quali l'acqua si insinua, permane o fluisce, che si distinguono in *freatiche*, se al livello dell'acqua non è posto un limite superiore, o *artesiane*, queste ultime, dunque, in grado di contenere acque in pressione.

La falda freatica è la parte più superficiale del serbatoio sotterraneo, il cui livello si incontra, penetrando nel terreno, anche a profondità minime.

La falda artesiane, invece, spesso presente in più di un livello, può localmente trovarsi a grande profondità ed essere caratterizzata da acqua anche in forte pressione, che si manifesta coll'innalzarsi del livello lungo la perforazione che dovesse raggiungerla.

Le grandi distanze e le vicende geologiche che hanno determinato il formarsi della pianura, determinano il fatto che il carattere freatico o artesiane delle acque sotterranee possa essere tale localmente: infatti, una falda freatica in un punto può diventare artesiane in un altro, nello stesso territorio.

Questo alternarsi di livelli e pressioni è la principale causa, tra altro, dell'esistenza dei fontanili e dunque della *Fascia Dei Fontanili*, caratterizzata da un'estesa e singolare struttura stratigrafica dell'alta pianura Padana.

L'andamento dei valori del livello, per le falde freatiche, e della pressione, per le artesiane, dovrebbe essere una costante preoccupazione da parte della Pubblica Amministrazione competente in materia di risorse idriche, perché costituisce il principale segnale dell'equilibrio o dello squilibrio tra disponibilità e richiesta.

Tralasciando ogni possibile considerazione al riguardo, di cui si accenna in altra parte, non pare pleonastico evidenziare che il bilancio di un serbatoio è la somma algebrica tra le quantità che da esso escono e quelle che vi entrano. Nelle falde, molteplici sono questi flussi, alcuni sconosciuti ed altri neppure conoscibili, ma l'interesse principale sta nel verificarne le conseguenze, ancor prima delle cause, per poi concentrare ogni sforzo laddove si verificassero situazioni critiche.

Il monitoraggio dei livelli della falda freatica è uno degli elementi fondanti di questo lavoro e può ben rappresentare l'occasione per accennare ad alcuni problemi pratici tipici nella costruzione e gestione di queste misurazioni.

Cosa vuol dire *monitoraggio del livello di falda*?

Innanzitutto va detto che i movimenti dell'acqua nel sottosuolo sono caratterizzati da modestissime velocità (permeabilità), che possono ridursi anche a frazioni di millimetri al secondo.

Anche l'escursione verticale varia con estrema lentezza, a volte ancor più accentuata. In bibliografia è noto che il rapporto tra le velocità di filtrazione orizzontale e verticale può andare da due a cento, a seconda della consistenza degli strati attraversati.

In situazioni medie, la permeabilità orizzontale raggiunge valori di un decimetro al secondo, nel caso di ghiaie grossolane sciolte, sino ad un milionesimo di millimetro/secondo: la permeabilità verticale, dunque, può manifestare valori ancor minori.

Di fronte ad un fenomeno così lento è evidente che la misura per il suo controllo deve essere il più possibile continua, con adeguata cadenza, e protratta nel tempo. Data l'importanza del problema, è auspicabile che un punto di rilevamento possa mantenersi per tempi lunghissimi.

Quanto alla cadenza ed alla distribuzione dei punti di misura si debbono condurre alcune valutazioni territoriali, improntate non soltanto alla natura dei terreni ma anche alle condizioni al contorno.

Possiamo affermare, purtroppo, che lo sfruttamento delle acque sotterranee, nel nostro territorio, ha già oltrepassato il limite della sostenibilità, tant'è che questo stesso lavoro è suscitato dalla preoccupazione di veder ridursi il numero dei fontanili per una progressiva mancanza di acqua che da essi scaturisce.

Le falde lombarde, cioè, sono sovrasfruttate.

Ne consegue che la misura dei livelli freatici o delle pressioni artesiane si trova a verificare una situazione di fatto già alterata e localmente in misura critica.

La **cadenza delle misure** non è quindi un valore che possa definirsi da progetto, ma costruito sul campo, osservandone l'andamento.

Come già detto, conoscendo la natura del sottosuolo attraversato, è possibile stimare una permeabilità attesa, sia verticale che orizzontale, e, su tali valori, calibrare la cadenza delle misure; ma se sappiamo, oppure soltanto ragionevolmente prevediamo, di trovarci in una zona dove vi siano numerosi punti di emungimento, dobbiamo attenderci variazioni assai più veloci e quindi accrescere la frequenza delle misure, per creare una popolazione di dati, livello/tempo, che possa segnalare le perturbazioni di origine artificiale ed evidenziare se queste siano continue o possano cessare, se non ridursi, in determinati orari o periodi.

Nel nostro lavoro abbiamo incontrato due casi emblematici:

- un punto di rilevamento della falda freatica (freatimetro) è stato collocato a pochi metri da un pozzo ad uso irriguo, che emunge una portata rilevante ma con la particolare situazione che il prelievo avviene con un turno irriguo dominato dalle necessità del fondo servito e dalla conseguente disponibilità del canale di distribuzione, determinata dalla locale organizzazione di irrigazione turnata. Questo pozzo, dunque, si attiva per dodici ore alla settimana, con inizio e fine fissati sempre nello stesso giorno ed alle stesse ore. Il nostro freatimetro, dunque, è stato programmato per effettuare una misura ogni ora. I dati prodotti consentono non soltanto di ben valutare il livello freatico, misurato nei tempi non prossimi al periodo di funzionamento del pozzo, ma permettono di condurre altre valutazioni, di estremo interesse, sui locali parametri geotecnici ed

idrogeologici, espressi dalle velocità con le quali si manifestano le perturbazioni prodotte dall'avvio e dall'arresto del pompaggio, ivi compresa, ad esempio, il limite di stress della falda rispetto a nuovi emungimenti. Questo punto di misurazione/captazione diventa così una sorta di monitoraggio complesso, preziosissimo.

- nel corso delle prime valutazioni territoriali per la realizzazione del lavoro, s'è preso atto dell'opportunità di verificare anche l'andamento delle pressioni nella prima falda artesianiana, immediatamente posta al di sotto della freatica e da questa separata da uno strato a permeabilità assai ridotta, che quindi localmente separa le acque in esse presenti. Per accedere all'artesianiana si sarebbero dovute eseguire due perforazioni spinte sino ad oltre cinquanta metri, assolutamente insostenibili rispetto al *budget* del progetto. L'esistenza di pozzi pubblici e la grande disponibilità dell'ente gestore, Padania Acqua s.p.a., ha reso possibile effettuare queste misure, utilizzando le canne di due pozzi dell'acquedotto. Poiché i pozzi dell'acquedotto sono caratterizzati da un periodo notturno di scarsa attività ed anche di fermo impianto, la cadenza dei due rilevaori automatici è stata impostata con una misura ogni mezz'ora. La prima messe di dati ha consentito di verificare che un tale intervallo consentiva di cogliere, ogni notte, un periodo di fermo impianto adeguato per considerare il dato quale misura della falda non localmente disturbata. La disponibilità di Padania Acque ha consentito di collocare, nella stessa area dei due pozzi artesiani, altrettanti freatimetri, utili anche per controllare, come s'è dimostrato, l'isolamento tra le due falde, poiché l'attività dei pompaggi dall'artesianiana non evidenziano alcuna perturbazione alla soprastante freatica. Per prudenza la frequenza dei due freatimetri è stata impostata con cadenza oraria.

I due predetti casi consentono, dunque, di meglio comprendere come il rilevamento dei livelli di falda può o, meglio, dovrebbe essere calibrato in funzione della specifica situazione in cui si trova il punto di rilevamento, anche prevedendo periodi di *test*, in cui le frequenze di misura siano più ridotte, sino a produrre, almeno inizialmente, un mole di dati ridondante, cosa che non aggrava il carico di lavoro dello strumento, la cui autonomia poco dipende dal numero di letture.

I **misuratori** utilizzati, normalmente in commercio, infatti hanno ormai raggiunto livelli di efficacia ideali.

Oltre alle dimensioni particolarmente contenute (il diametro minimo della tubazione ospitante può limitarsi ad un pollice – 25,4 mm), hanno un'autonomia di alimentazione superiore al periodo di affidabilità delle batterie da utilizzare - tre normali AA alcaline da 1,5 V - che si consiglia di sostituire una volta all'anno. L'interfaccia ad infrarossi per il collegamento con il PC, necessario sia per scaricare i dati sia per programmare e controllare lo strumento, esclude qualsivoglia inconveniente che spesso incontrano i contatti ad innesto diretto, più o meno impermeabili, stante l'ambiente saturo di umidità.

A questo proposito, si deve anche evidenziare l'inutilità di attrezzare il punto di misura con teletrasmissione dei dati, che accresce in modo esponenziale sia l'impianto che la manutenzione. La lentezza del movimento della falda e le altrettanto lente conseguenze che ad esso si possono legare rendono infatti sufficiente una raccolta dei dati che può giungere a scadenze plurimensili, grazie all'ampia capacità della memoria interna allo strumento. Il numero di punti di

misura scaricati, con l'uscita di un'unità di personale, dipende grandemente dalle reciproche distanze e dai percorsi, poiché l'operazione di acquisizione dei dati è rapidissima.

Le sonde utilizzate in questo lavoro (ciascuna del costo di circa € 1600,00) hanno dimostrato l'utilità del rilevamento di un altro paràmetro importante per le acque di falda: la temperatura dell'acqua, le cui variazioni, rispetto al valore costante intorno ai 13 °C, concorrono a segnalare situazioni critiche.

Quando non si dispone di un punto di misura esistente, che può essere una tubazione esistente e sicuramente immersa nella falda da esplorare per una profondità pari alla sua massima escursione, si deve risolvere il problema dell'esecuzione di tubazioni *ad hoc*, che può essere così descritta:

- trivellazione con circolazione di fanghi bentonitici;
- colonna di lavoro Ø mm 200 (minimo adeguato per poter realizzare un buon filtro con ghiaietto);
- colonna definitiva in acciaio zincato finestrata, Ø 4" con estremità superiore filettata GAS;
- formazione di dreno con ghiaietto di cava 6/9 mm;
- tampone di argilla superficiale;
- spurgo con aria compressa.

Una postazione di questo tipo, per profondità massime di 40 metri circa, può costare intorno ai 180 €/m. Una inattesa difficoltà s'è rivelata la disponibilità delle ditte adeguatamente qualificate per realizzare questi freatimetri, dell'ordine dei dieci/dodici mesi a partire dalla commessa.

Il particolare della filettatura della colonna definitiva è importante. I punti di rilevamento sono quasi sempre in aree isolate o comunque di facile accesso, non foss'altro perché li si deve raggiungere, con pochi o nulli danni ad alcuno, con l'attrezzatura di realizzazione, solitamente montata su autocarro. Giocoforza è ragionevole predisporre un adeguato grado di protezione delle apparecchiature contenute nella colonna, che alla vista appare come una tubazione che sporge dal terreno per circa mezzo metro. Se il furto del misuratore non pare immaginarsi, poiché senza i codici di accesso non è altrimenti utilizzabile, è ormai endémico il dannosissimo 'vandalismo disinteressato'. Ecco perché è necessaria la filettatura dell'estremità della colonna, sulla quale si avvitava un tappo metallico di sicurezza, dotato di vite interna di blocco e con apertura con una speciale chiave a brugola pentagonale, fuori commercio. Con questa protezione, non si garantisce una sicurezza relativa soddisfacente.

Una volta risolti i problemi tecnologici per la realizzazione dei punti di rilevamento, si deve affrontare il problema più delicato: l'individuazione dei siti.

Nel nostro caso, la collocazione di massima è predeterminata dalla forma sostanzialmente quadrilatera dell'area scelta, che ha comportato la posa di tre freatimetri posti secondo altrettante linee meridiane parallele.

Ma il decidere il luogo esatto di ogni singola collocazione comporta l'accesso e la disponibilità di aree altrui.

È con particolare enfasi che si vuole qui sottolineare l'assoluta accoglienza e disponibilità dimostrata da tutti i proprietari dei fondi visitati, senza mai incontrare alcuna opposizione. Per questo riteniamo un doveroso atto il citare tutte le persone che abbiamo contattato e che ci hanno onorato della loro, immediata fiducia:

- Azienda Agricola Asti s.s. - avv. Enrico Asti - Milano
- Az. Agr. Boldini Andrea e Eugenio – sig. Andrea Boldini - Cascina Bonòme – Agnadello (CR)
- Az. Agr. Cascina Fontanella – sig. Luigi Parapini – Caravaggio (BG)
- Az. Agr. Cascina Mirabellina – sig. Ernesto Ércoli – Agnadello (CR)
- Az. Agr. Cascina Nova - sig. geom. Luigi Carrara - Arzago d'Adda (BG)
- Az. Agr. Cascina San Francesco – sig. Davide Cremascòli - Casaletto Vaprio (CR)
- Az. Agr. Cascina San Fabiano - sig. Romano Ferrari - Capralba (CR)
- Az. Agr. Cascina Viscontina - sig. Luigi Vismara - Agnadello (CR).

Non v'è da escludere una piccola parte di mérito nell'approccio seguito, costantemente ispirato al più assoluto rispetto della proprietà altrui. Le persone, quali sono i nostri agricoltori, spesso costretti a lavorare in solitudine, sono inclini all'accoglienza, foss'anche per uno scambio di battute, anche con sconosciuti. L'importante è saper cogliere il luogo, il tempo ed i modi più appropriati, a dare l'immediata sensazione che si è animati dal massimo rispetto non solo per la persona - che, di primo acchito, sembra importunare - ma anche dei luoghi, della terra che si calpesta. Non sempre è possibile giungere all'incontro comodamente seduti in auto: è buona cosa, spesso, abbandonare il veicolo ai mǎrgini dei fondi, e proseguire a piedi, ai bordi del campo, anche fosse evidentemente incolto. I primi e più efficaci contatti vanno condotti personalmente, ma gli orari ed i luoghi vanno scelti nella comodità altrui, non propria. Régole dettate forse da generali princìpi di educazione, che riteniamo di sottolineare anche in questa occasione poiché, come dicevano gli antichi, *repetita iuvant!*

Tutto ciò non toglie nulla al tempo necessario per percorrere il territorio, trovar modo di raggiungere i punti scelti sulla carta, comprendere quali, tra i tanti, meglio si adattano alle necessità.

Non v'è neppure da escludere, come anche qui accaduto, che alcuni siti siano poi stati giudicati non ideali, con la necessità di riprendere i sopralluoghi e le valutazioni *in loco*, così come si deve mettere in preventivo che una scelta possa poi rivelarsi errata al momento del rilevamento dei dati: è un'alea sempre presente quando si indaga il sottosuolo, che fortunatamente, in questo lavoro, non s'è manifestata!

Ecco dunque che le installazioni hanno comportato circa un anno solare di tempo, non certo di lavoro, che ha concorso ad un certo ritardo rispetto al programma ma che ha permesso di realizzare punti di monitoraggio soddisfacenti anche per i rigorosi paràmetri dettati dal Politecnico di Milano.

C'è un ultimo aspetto, come tutti gli altri importante: il piano di riferimento.

*Modello quali - quantitativo per la tutela della
'Fascia dei Fontanili',
nella fase di pianificazione dell'uso della risorsa acqua.*

Il livello della falda assume il più efficace riferimento se lo si riferisce ad un unico piano, che meglio non può essere che la quota assoluta sul livello del mare. Per disporre di un tale riferimento, esteso per superfici di centinaia di chilometri quadrati, il método più speditivo e dalla precisione adeguata è la livellazione satellitare che si appoggia alla rete GPS; ottima alternativa alla livellazione classica che si appoggi sui punti trigonometrici IGM o catastali, non sempre disponibili nelle vicinanze dei punti scelti per le stazione di rilevamento. La principale qualità di questo sistema è la velocità del rilevamento in campo, che può raggiungere, con due sole unità di personale, i 10÷20 punti al giorno. Si tratta di un processo assai vantaggioso soprattutto laddove si volesse raggiungere un elevato livello di dettaglio delle quote dei terreni e di eventuali punti dove è noto e/o raggiungibile il livello delle acque. Assai opportuna è la scheda che deve accompagnare ogni punto di rilevamento, il cui dettaglio consente sia d'essere utilizzata da chiunque conduca studi sull'argomento, che saranno così tra loro compatibili, eccone un esempio:

 CONSORZIO IRRIGAZIONI CREMONESI <small>(Ente morale)</small> www.consorziourrigazioni.it		Località C.NA VISCONTINA	Nome P005	Sezione C.T.R. C6a3		
		COMUNE DI AGNADELLO(CR)				
		Quota ell. rilevata H= 141,680 m	Quota ort. rilevata H= 93,836 m.s.l.m.			
Rilievo effettuato da <i>Disaster Management Consulting</i> Paderno Dugnano – marzo 2009						
Accesso: Da Vailate percorrere la S.P. 34 in direzione Agnadello; superare il ponte sulla roggia Cremasca, deviare a sinistra (circa 380 m) in direzione C.na Viscontina. IL piezometro è posto poco oltre la curva a gomito prima della c.na.		Materializzazione: Centrinio posto sul coperchio a protezione dell'interfaccia ad infrarossi, situata all'interno dell'unità di comunicazione del piezometro, sulla testa del pozzo.				
Stralcio cartografico 		Fotografia 				
Start Time per il punto: 27/03/2009 12:19		Coordinate geografiche (WGS84) Lat. = 45°26'23,9128" Lon.= 9°34'22,8639"				
Note: Le quote rilevate si riferiscono alla parte superiore del coperchio a protezione dell'unità di comunicazione del piezometro. Il tecnico esecutore e revisore:   Disaster Management Consulting Via Delle rose 12/A – Paderno Dugnano (MI) Tel-Fax: 02/99044837 www.disasterconsulting.it		Coordinate geografiche (Roma40) Lat. = 45°26'21,2977" Lon.= -2°52'44,3087"				
		Coordinate piane (UTM-WGS84) N = 5.031.987,702 E = 544.815,577				
		Coordinate piane (GAUSS-BOAGA) N = 5.032.001,496 E = 1.544.844,904				
		Coordinate geografiche (ED50) Lat. = 45°26'27,2659" Lon.= 9°34'26,6443"				
		Coordinate piane (UTM-ED50) N = 5.032.186,077 E = 544.899,057				

*Modello quali - quantitativo per la tutela della
'Fascia dei Fontanili',
nella fase di pianificazione dell'uso della risorsa acqua.*

Ecco dunque illustrati i principali aspetti pratici che si son dovuti risolvere per giungere all'esecuzione della rete di monitoraggio dell'area campione, estesa per oltre cinquanta chilometri quadrati ed oggi perfettamente funzionante.



Anche in questa occasione diventa così doveroso auspicare che, terminato questo progetto, si possa individuare enti che possano mantenere almeno qualche parte della rete installata, per il momento presa in carico dall'Università Cattolica di Piacenza, per il tramite del prof. Marco Trevisan, che ha potuto cogliere l'opportunità di arricchire un altro progetto in corso in quell'area.