



PRESCRIZIONI PER IL CAMPIONAMENTO DI ACQUE SOTTERRANEE E PER LA MISURA DEI LIVELLI DI FALDA

1 MISURE PIEZOMETRICHE: RILEVAMENTO DEI LIVELLI DI FALDA

Affinché le misure rilevate siano effettivamente rappresentative delle condizioni statiche della falda, accertare che, oltre al pozzo in esame, non siano presenti altri significativi punti di emungimento (es. campo pozzi) in esercizio in un raggio di 150 metri, a meno che non interessino una diversa falda.

Le misure piezometriche, nel caso sia necessario procedere anche al campionamento, vanno effettuate prima delle operazioni di spurgo.

La misura, in metri e in valore assoluto, va ordinariamente riferita alla bocca del pozzo/piezometro. In caso di prima ispezione, o comunque per eventuale controllo, annotare la misura del $\square h$ tra bocca pozzo e piano campagna (indicare con numero positivo se il bocca pozzo è sopraelevato rispetto al piano campagna; in caso contrario, annotare la misura con numero negativo).

2 CAMPIONAMENTO

2.1 Prescrizioni di carattere generale

Come norma generale, in caso di campionamenti in zone interessate da inquinamenti accertati e dei quali sia conosciuta la distribuzione, campionare prima i pozzi meno inquinati e successivamente i più inquinati.

Occorre organizzare le operazioni di campionamento in modo che i prelievi effettuati in uno stesso acquifero, vengano effettuati nel più breve arco complessivo di tempo affinché siano rappresentativi di una precisa condizione della falda stessa. Tale modalità operativa limita i fenomeni di variabilità naturale o indotta che influenza la possibilità per i dati di essere confrontabili.

In caso di precipitazioni significative, annotare tale evenienza sul verbale di campionamento. In generale, si consiglia di effettuare campionamenti a distanza di non meno di un paio di giorni dal termine delle piogge.

2.2 Criteri generali per la scelta della procedura di campionamento

Per **campionamento di tipo dinamico o in flusso**, si intende un prelievo di acque effettuato tramite pompa, subito dopo lo spurgo. Durante il campionamento la portata usata nella fase di spurgo deve essere diminuita, compatibilmente all'attrezzatura utilizzata.

Per **campionamento di tipo statico**, si intende un campione prelevato con pozzo/piezometro non in emungimento, mediante metodo manuale (es. bailer), sempre previo spurgo e dopo il ripristino, per quanto possibile, delle condizioni statiche.

In linea generale, è preferibile effettuare il campionamento cosiddetto dinamico, perché più rappresentativo delle reali condizioni della falda, in quanto vengono ridotte al minimo possibili alterazioni del chimismo delle acque.

Si ricorre al campionamento di tipo statico nei casi in cui sia accertata o si ipotizzi una stratificazione della falda, o per verificare la presenza in fase separata di sostanze non miscibili e/o per prelevare campioni in presenza di sostanze a densità diversa a profondità differenziate.

Le problematiche derivanti dal classico campionamento dinamico, nel caso in cui l'acqua presenti particolare tendenza all'intorbidamento, possono essere mitigate dalla tecnica di campionamento cosiddetta tipo **Low Flow** (a basso flusso), con portate di $0.1 \div 0.5$ l/min che induce un minimo abbassamento del livello del pozzo e limita i flussi turbolenti. Questa tecnica di campionamento presenta il vantaggio di ottenere una buona rappresentatività dell'acqua di falda, con un minimo "stress" dell'acquifero.

La medesima tecnica è particolarmente consigliabile nel caso di prelievi volti alla determinazione di sostanze organiche volatili i cui campioni debbono essere assoggettati alla minima turbolenza possibile onde evitare fenomeni di strappaggio delle sostanze volatili.

2.3 Procedura di campionamento

I criteri e le procedure indicate nel presente documento sono applicabili esclusivamente ai pozzi ed ai piezometri che pescano in una falda adeguatamente produttiva.

Qualora in fase di programmazione o nel corso delle operazioni in campo risulti impossibile applicare le prescrizioni indicate per le modalità di spurgo come riportato al par 2.3.1, valutare la significatività dei prelievi e dei relativi dati sulla base di considerazioni geologiche, idrogeologiche e sullo stato dei luoghi; inoltre registrare su specifico documento le modalità operative adottate in casi specifici in funzione degli obiettivi e in funzione alle finalità dei monitoraggi attuati.

Le **operazioni** devono essere svolte secondo la seguente sequenza:

1. Monitoraggio piezometrico;
2. Spurgo;
3. Campionamento e misura parametri chimico-fisici;
4. Pulizia delle attrezzature di campionamento alla fine di ogni campionamento (freatimetro, pompa, cavi, campionatori).

2.3.1 Spurgo del piezometro

Le operazioni di spurgo dei piezometri e/o dei pozzi dovranno essere effettuate seguendo un ordine predefinito (procedendo a partire dai pozzi in cui si prevedono livelli di concentrazione più bassi verso quelli a livelli di concentrazioni più alti), e per ogni postazione saranno effettuate secondo la seguente sequenza:

- a) Stendere un telo di nylon in prossimità del piezometro per posare le attrezzature o comunque evitare che si sporchino;
- b) Introdurre la pompa nel pozzo/piezometro fino a raggiungere il fondo foro, verificandone la profondità; quindi, sollevarla di circa 1-2 metri. Nel caso in cui sia conosciuta la profondità della zona filtrante, posizionare la pompa in corrispondenza della zona centrale di tale livello. Qualora il pozzo risulti più profondo della quota raggiungibile con le pompe portatili e non si conosca la posizione dei setti filtranti, sfruttare l'intera lunghezza dei cavi delle pompe sommerse.
- c) Misurare col freatimetro la soggiacenza riferita alla bocca del pozzo prima di iniziare il pompaggio, annotandola come riferita al tempo iniziale t_0 . Questa misura non rappresenta il livello piezometrico statico, ma il valore di riferimento per la misura degli abbassamenti durante le operazioni di spurgo (vedi anche il seguente punto g);
- d) Impostare la portata della pompa, per evitare il rischio di prosciugamento del pozzo, tenendo conto del diametro del pozzo e del volume d'acqua contenuto nello stesso e delle caratteristiche idrogeologiche dell'acquifero;
- e) Mettere in funzione la pompa ad una portata costante, inferiore a quella impiegata (se conosciuta) per lo sviluppo iniziale del pozzo/piezometro, controllando di tanto in tanto la soggiacenza dinamica della falda, al fine di prevenire il prosciugamento del pozzo. Nel caso il pozzo non sia mai stato ispezionato o campionato, durante le operazioni di spurgo, si deve procedere a misurare a intervalli di tempo determinati la soggiacenza dinamica della falda annotando le variazioni, utilizzando le tabelle fornite in allegato. Per pozzi di piccole dimensioni ($D < 10/15$ cm) e/o in zone scarsamente produttive, misurare il battente d'acqua nell'opera di captazione e aver cura di non indurre

un abbassamento del livello freaticometrico superiore al 50% del battente misurato.

f) Lo spurgo deve essere eseguito per consentire il ricambio di 3-5 volte il volume d'acqua presente al momento del sopralluogo e possibilmente fino alla "chiarificazione" dell'acqua, ossia fino a quando l'acqua non appare priva di particelle in sospensione in un tempo non superiore a 3-5 ore nel caso di piezometri. Si consiglia di verificare durante lo spurgo la stabilizzazione di alcuni parametri chimico-fisici (es. pH, conducibilità). Tre letture consecutive devono avere uno scostamento di ± 0.1 per il pH, $\pm 3\%$ per la conducibilità e torbidità visivamente costante (i trend di stabilizzazione seguono percorsi asintotici verso un valore costante), il cui controllo può essere effettuato ad intervalli determinati in un contenitore con flusso costante, evitando gorgogliamenti;

2.3.2 Campionamento dinamico

a) Misurare col freaticometro la soggiacenza dinamica riferita alla bocca del pozzo al raggiungimento della stabilizzazione del livello minimo di falda indotto dalla portata costante utilizzata e opportunamente quantificata mediante contenitori a volume noto;

b) Senza spegnere la pompa, diminuire la portata (se le caratteristiche tecniche della pompa lo consentono), attendere qualche minuto, misurare i parametri chimico-fisici e procedere al prelievo delle diverse aliquote d'acqua;

c) Aver cura di normalizzare con le stesse acque da campionare sia le sonde di misura che i contenitori, salvo i soli casi in cui i contenitori sono pretrattati (ad esempio sterilizzati) e/o contengono sostanze atte a stabilizzare l'acqua prelevata.

2.3.3 Campionamento a basso flusso tipo "Low flow"

La tecnica di campionamento a basso flusso tipo "Low flow" si colloca tra il campionamento dinamico e il campionamento statico, fermo restando quanto indicato per le procedure di spurgo del pozzo e si impiega ove è necessario minimizzare fenomeni di turbolenza che potrebbero accentuare la volatilizzazione di talune sostanze e/o per falde poco produttive.

Non sono richiesti requisiti particolari per le apparecchiature da utilizzare per le tecniche di campionamento low-flow. Elemento essenziale è la possibilità di impiego alle portate tipiche di questa tecnica (< 0.5 l/min), durante il campionamento, in modo da ottenere la minima perturbazione del pozzo.

2.3.4 Campionamento statico

Nel caso si intenda determinare la presenza di sostanze a densità minore dell'acqua, si eseguirà il prelievo all'interfaccia acqua/aria e nelle porzioni superficiali dell'acquifero con campionatori di superficie (apposito *bailer* dotato di specifico accessorio per il campionamento di superficie); per sostanze aventi densità maggiore dell'acqua si utilizzeranno campionatori di profondità, annotando la profondità di campionamento.

Si sottolinea che, anche in caso di campionamento statico, salvo casi particolari, dovranno sempre essere effettuate le operazioni preliminari di spurgo descritte in precedenza, in quanto l'acqua all'interno del pozzo potrebbe

aver subito effetti di diluizione con acque meteoriche, fenomeni di interazioni con i materiali con i quali è stato costruito il pozzo stesso, fenomeni di riequilibrio alle pressioni parziali atmosferiche di CO₂ e O₂, o per azione batterica.

Le operazioni di campionamento su ciascun piezometro si svolgeranno secondo la seguente sequenza:

- a) Effettuare, se previsto dal programma di campionamento, la misura del surnatante tramite sonda di interfaccia;
- b) Immergere una prima volta il campionatore nel foro raccogliendo un'aliquota d'acqua per "normalizzare" il campionatore stesso, preventivamente decontaminato, ed eliminare l'acqua raccolta (ripetere più di 2 volte l'operazione); procedere al prelievo. Anche i recipienti dell'acqua campionata andranno preventivamente "normalizzati" con la stessa metodologia, salvo diverse indicazioni del laboratorio, e nel caso si tratti di contenitori pretrattati (ad esempio sterilizzati) e/o che contengono, sostanze atte a stabilizzare il campione prelevato;
- c) Utilizzare parte dell'acqua prelevata per la determinazione dei parametri chimico-fisici, e procedere al prelievo delle diverse aliquote d'acqua (vedi seguito);
- d) Le quote di campionamento saranno preventivamente stabilite in relazione agli obiettivi del campionamento, sulla base delle sostanze presuntivamente presenti, e andranno registrate come profondità alla bocca del pozzo/piezometro (in generale, salvo diverse prescrizioni, in superficie, a meta altezza e sul fondo);
- e) Evitare fenomeni di turbolenza e di aerazione sia durante la discesa del campionatore, sia durante il travaso del campione d'acqua nel contenitore specifico;
- f) Effettuare le operazioni di etichettatura;
- g) Riporre il contenitore etichettato nelle apposite borse termiche per il trasporto dei campioni;
- h) Compilare un verbale di campionamento con tutti i dati relativi al campionamento;
- i) Procedere alla pulizia e decontaminazione delle apparecchiature utilizzate tramite acqua potabile o demineralizzata da reperirsi sul posto oppure, eventualmente, in dotazione al mezzo. Per la pulizia e il mantenimento delle sonde di misura dei parametri chimico-fisici utilizzare acqua deionizzata.

3 MISURE IN SITU DEI PARAMETRI CHIMICO-FISICI

Una volta terminato lo spurgo o le operazioni di "svuotamento" descritte in precedenza, se possibile, ridurre la portata utilizzata (<1 l/min) senza innalzare o abbassare la pompa a immersione all'interno del pozzo e procedere alla rilevazione dei parametri chimico-fisici. Riportare i valori misurati sui verbali di campionamento.

Per facilitare le operazioni munirsi di *becker* in polietilene da 250 ml da utilizzarsi come contenitore dove misurare i parametri sopracitati. Risciacquare il *becker* e le sonde di misura ad ogni punto di controllo

direttamente con l'acqua da prelevare (dopo ogni prelievo lavare accuratamente le sonde con acqua deionizzata o potabile).

Una volta regolata la portata di emungimento (dove possibile) e lavata l'attrezzatura, riempire i *becker* ed immergere subito le sonde, senza accendere gli apparecchi, in modo da favorire il raggiungimento dell'equilibrio termico. Iniziare le misure accendendo solo il conducimetro, e poi procedere con l'accensione e la rilevazione di temperatura, pH, Eh e ossigeno disciolto; ad ogni misura, qualora non si sia creato un flusso continuo all'interno del *becker*, cambiare l'acqua nel *becker* stesso.

Durante le misurazioni dei singoli parametri non appoggiare le sonde sul fondo del contenitore e, se possibile, mantenere un flusso costante dell'acqua sotto analisi all'interno del *becker*, avendo cura di evitare gorgogliamenti all'interno dello stesso (soprattutto quando si rileva la concentrazione di ossigeno disciolto).

Nel caso in cui su un punto di misura si determinino valori dei parametri chimico-fisici molto differenti da quelli misurati alla stazione precedente, si deve attendere più tempo per la stabilizzazione strumentale, per eliminare "l'effetto memoria" dello strumento stesso. In ogni caso, per ogni parametro attendere la stabilizzazione della misura.

3.1 Conducibilità

Immergere totalmente l'elettrodo, possibilmente in posizione verticale, evitando le zone a maggiore turbolenza, e assicurarsi che non vi siano bolle d'aria all'interno della sonda. Il dato deve essere sempre espresso in $\mu\text{S}/\text{cm}$, approssimando all'intero (se i valori sono molto alti l'apparecchio esprime il dato solo in mS; effettuare la relativa equivalenza: $1 \text{ mS} = 1000\mu\text{S}$).

3.2 Temperatura

Temperatura dell'aria

Va misurata tenendo il termometro (o la termocoppia dello strumento), preventivamente asciugato, esternamente a eventuali costruzioni a protezione dell'opera di presa all'ombra, ad una certa altezza dal suolo (1 m ca.) e, se possibile, al riparo da correnti d'aria. È espressa in °C approssimando alla prima cifra decimale.

Temperatura dell'acqua

Va misurata tenendo il termometro (o la termocoppia dello strumento), all'ombra e con acqua corrente. Nel caso vi siano due o più strumenti in grado di dare la temperatura verificare che le letture coincidano o siano ragionevolmente prossime; rilevare comunque il dato dello strumento più preciso (se in uso termometro a mercurio). È espressa in °C approssimando alla prima cifra decimale.

Temperature anomale possono verificarsi se il parametro viene misurato a valle di tubazioni o impianti di pompaggio. Assicurarsi che il dato sia rappresentativo del corpo idrico. Nel caso di prelievo da rubinetto lasciare scorrere molta acqua prima di rilevare la temperatura, aspettando la stabilizzazione del valore.

3.3 Potenziale redox (Eh)

Immergere totalmente l'elettrodo facendo molta attenzione agli urti e a non appoggiare l'elettrodo sul fondo del contenitore. Se lo strumento non è dotato di sonda termometrica separata fare attenzione che il sensore di temperatura sia immerso nell'acqua. La misura del potenziale redox può richiedere stabilizzazioni superiori agli altri parametri. Non eccedere comunque nell'attesa, poiché tale parametro è sensibile alle variazioni delle condizioni della soluzione di misura. Esprimere il dato in mV approssimando alla decina poiché la lettura difficilmente è perfettamente stabile, (ad es. con 786 segnare v790; con 853 segnare 850), se l'ultimo numero è "5 si approssima all'unità superiore.

A misura effettuata rimettere subito il cappuccio di protezione all'elettrodo. Fare comunque riferimento ai manuali in dotazione allo strumento.

3.4 pH

Immergere la sonda, se lo strumento non è dotato di sonda termometrica separata fare attenzione che il sensore di temperatura sia immerso nell'acqua. Esprimere il dato approssimando alla prima cifra decimale (ad es. con 7,86 segnare 7,9; con 8,53 segnare 8,5) se l'ultima cifra rilevata (2° decimale) è "5" si approssima all'unità superiore, generalmente la lettura difficilmente è perfettamente stabile, (ad es. se oscilla tra 8,45 ed 8,44, segnare 8,4; se tra 8,45 ed 8,46, segnare 8,5).

Rimettere il cappuccio di protezione all'elettrodo verificando che contenga sempre la soluzione elettrolitica (se accidentalmente dovesse mancare, versare alcune gocce di acqua pulita e ricordarsi di sostituirla subito con la soluzione elettrolitica al rientro). Fare comunque riferimento ai manuali in dotazione allo strumento.

Nel caso in cui si misurino valori di pH anomali (<5 e >9) si deve attendere più tempo per la stabilizzazione strumentale. E' comunque utile ripetere la misura 2 volte.

3.5 Ossigeno disciolto

Esprimere la concentrazione di ossigeno disciolto misurato in mg/L, approssimando alla prima cifra decimale. Posizionare la sonda nel *becker* mantenendo un flusso costante senza provocare gorgogliamenti e, dopo aver atteso l'equilibrio termico a apparecchio spento, tenere la sonda in leggero movimento senza creare turbolenza (il movimento va considerato ottimale quando il dato fornito è stabile e non vi è tendenza al calo). Verificare la misura dello strumento sia prima dell'effettuazione della misura, sia subito dopo; quando la misura non ha un valore accettabile, effettuare subito una nuova misura (sono necessari pochi minuti in acqua in quanto la sonda è già in equilibrio termico) e registrare l'ultimo dato ottenuto.

Terminata la misura, asciugare la sonda e chiuderla con l'apposito cappuccio prima di riporre lo strumento. Fare comunque riferimento ai manuali in dotazione allo strumento.