

Monitoraggio dei corpi idrici sotterranei

Al fine di controllare lo stato quali-quantitativo di un corpo idrico, è necessario realizzare due specifiche reti di monitoraggio volte a rilevare:

- a) per lo stato quantitativo, una stima affidabile dello stato di tutti i corpi idrici o gruppo di corpi idrici sotterranei, compresa la stima delle risorse idriche sotterranee disponibili;
- b) per lo stato chimico, una panoramica corretta e complessiva dello stato chimico delle acque sotterranee all'interno di ciascun bacino idrogeologico e tale da rilevare eventuali trend crescenti dell'inquinamento antropico sul lungo periodo.

I programmi di monitoraggio delle acque sotterranee ricadenti all'interno di ciascun bacino idrografico devono comprendere:

- a) una rete per il monitoraggio quantitativo: al fine di integrare e validare la caratterizzazione e la definizione del rischio di non raggiungere l'obiettivo di buono stato quantitativo per tutti i corpi idrici o gruppi di corpi idrici, di cui alla Parte B dell'Allegato 1; il principale obiettivo è, quindi, quello di facilitare la valutazione dello stato quantitativo dei corpi idrici sotterranei;
- b) una rete per il monitoraggio chimico che si articola in:
 1. una rete per il monitoraggio di sorveglianza: al fine di integrare e validare la caratterizzazione e la identificazione del rischio di non raggiungere l'obiettivo di buono stato chimico per tutti i corpi idrici o gruppi di corpi idrici, di cui alla Parte B dell'Allegato 1; fornire informazioni utili a valutare le tendenze a lungo termine delle condizioni naturali e delle concentrazioni di inquinanti derivanti dall'attività antropica; indirizzare, in concomitanza con l'analisi delle pressioni e degli impatti, il monitoraggio operativo;
 2. una rete per il monitoraggio operativo: al fine di stabilire lo stato di qualità di tutti i corpi idrici o gruppi di corpi idrici definiti a rischio; stabilire la presenza di significative e durature tendenze ascendenti nella concentrazione di inquinanti.

Nei corpi idrici sotterranei destinati all'approvvigionamento idropotabile, in caso di particolari pressioni, sono considerati nel monitoraggio anche l'Escherichia Coli, come indicatore microbiologico, e le sostanze chimiche di cui al decreto legislativo 2 febbraio 2001, n. 31 "Attuazione della direttiva 98/83/CE relativa alla qualità delle acque destinate al consumo umano".

Detti parametri sono monitorati almeno una volta prima ed una durante ciascun periodo di pianificazione della gestione del bacino idrografico. Con particolare riferimento all'Escherichia Coli, tale parametro non è utilizzato ai fini della classificazione dello stato di qualità dei corpi idrici, ma come indicatore per l'individuazione delle misure da intraprendere. Inoltre, lo stesso parametro è monitorato solo in assenza di adeguati controlli.

I risultati dei programmi di monitoraggio devono essere utilizzati per:

- a) stabilire lo stato chimico e quantitativo di tutti i corpi idrici sotterranei, inclusa una valutazione delle risorse idriche sotterranee disponibili;

- b) supportare l'ulteriore caratterizzazione dei corpi idrici sotterranei;
- c) validare la valutazione del rischio;
- d) stimare la direzione e la portata delle acque sotterranee che oltrepassano la frontiera tra Stati membri;
- e) assistere la progettazione dei programmi di misure;
- f) valutare l'efficacia dei programmi di misure;
- g) dimostrare la conformità con gli obiettivi delle aree protette comprese le aree protette designate per l'estrazione di acque destinate al consumo umano;
- h) definire la qualità naturale delle acque sotterranee, incluse le tendenze naturali;
- i) identificare le tendenze nella concentrazione di inquinanti di origine antropica e la loro inversione.

Le regioni assicurano che i programmi di monitoraggio dei corpi idrici sotterranei siano basati su:

- a) l'identificazione dei corpi idrici di cui all'Allegato 1, Parte A;
- b) i risultati della caratterizzazione, compresa la valutazione del rischio, di cui all'Allegato 1, Parte B;
- c) il modello concettuale di cui all'Allegato 1, Parte C.

I monitoraggi, da effettuarsi con modalità e frequenze stabilite nel presente Allegato, hanno valenza sessennale, al fine di contribuire alla revisione dei piani di gestione del bacino idrografico, all'interno di ciascun distretto, e dei piani di tutela delle acque. Il primo periodo sessennale è 2010-2015. Resta fermo che i risultati del monitoraggio effettuato nel periodo 2008, ai sensi del decreto n. 152 del 2006, sono utilizzati per la predisposizione del primo piano di gestione da pubblicare entro il 22 dicembre 2009.

Caratteristiche dei siti per il monitoraggio chimico e per il monitoraggio quantitativo

La selezione, l'ubicazione e l'appropriata densità di siti di monitoraggio devono essere basate sul modello concettuale (caratteristiche idrogeologiche e pressioni) e possono essere supportate dalle seguenti informazioni esistenti:

- a) dati esistenti sulla qualità e/o quantità;
- b) caratteristiche costruttive degli esistenti siti di monitoraggio e regime delle estrazioni;
- c) distribuzione spaziale dei siti esistenti in rapporto alle dimensioni del corpo idrico sotterraneo;
- d) considerazioni pratiche inerenti la facilità di accesso, l'accesso a lungo termine e la sicurezza.

La selezione di appropriati tipi di siti di monitoraggio all'interno di una rete a livello di corpi idrici sotterranei deve essere basata sulla conoscenza degli obiettivi del monitoraggio, del tempo di percorrenza e/o dell'età delle acque sotterranee che nel sito di monitoraggio vengono campionati. Queste conoscenze possono essere migliorate con la datazione delle acque sotterranee, attraverso specifiche metodiche quali, ad esempio, Trizio e Carbonio-14. Le coppie isotopiche $^{18}\text{O}/^{16}\text{O}$ e $^2\text{H}/^1\text{H}$ danno informazioni sul tasso di rinnovamento delle falde e permettono di distinguere gli acquiferi confinati da quelli liberi; inoltre, permettono di identificare le zone di ricarica in relazione ai dati isotopici dell'acqua piovana.

Le informazioni dettagliate sui siti devono essere disponibili e revisionate periodicamente. Dette informazioni, riportate a livello indicativo nella successiva tabella 1, devono essere usate per valutare l'adeguatezza del sito e costituiscono supporto per l'individuazione dei programmi di monitoraggio pertinenti.

Tabella 1- Informazioni utili per un sito di monitoraggio

| <i>Fattore</i> | Siti di monitoraggio chimico | Siti di monitoraggio quantitativo |
|---|-------------------------------------|--|
| Acquifero/i monitorato/i | E* | E |
| Ubicazione (coordinate geografiche), nome del sito e codice di identificazione | E | E |
| Corpo idrico interessato dal sito | E | E |
| Finalità del sito di monitoraggio | E | E |
| Tipo di sito di monitoraggio (pozzo in azienda agricola, pozzo industriale, sorgente, etc.) | E | E |
| Profondità e diametro/i dei pozzi | | |
| Descrizione della parte esterna del pozzo (integrità del rivestimento, pendenza della zona limitrofa esterna al pozzo) | | |
| Profondità delle sezioni a griglia o aperte dei pozzi | | |
| Vulnerabilità o indicazione dello spessore e del tipo di sottosuolo in corrispondenza del sito di monitoraggio | | |
| Valutazione dell'area di ricarica (inclusi l'uso del suolo, le pressioni e le potenziali fonti di pressioni puntuali, attraverso analisi di immagini satellitari e foto aeree) | | |
| Dettagli costruttivi | | |
| Quantitativi estratti o portata totale (alle sorgenti) | | |
| Regime pompaggio (descrizione qualitativa, per esempio intermittente, continuo, notturno etc.) | | |
| Abbassamento piezometrico (livello dinamico) | | |
| Area di ricarica | | |
| Profondità di pompaggio | | |
| Livello idrico statico o di riposo | | |
| Livello di riferimento per le misurazioni e caposaldo topografico di riferimento | | |
| Fenomeni di risalite artesiane o di tracimazioni | | |
| Stratigrafia del pozzo | | |
| Proprietà dell' acquifero (trasmissività, conduttività idraulica, etc.) | | |

* (E): informazioni essenziali. Per quanto riguarda le altre informazioni non identificate come essenziali, se ne raccomanda la raccolta.

Per la selezione dei siti del monitoraggio quantitativo si riportano le seguenti indicazioni:

- a) nei siti di monitoraggio non si devono svolgere attività di pompaggio o possono essere svolte solo per periodi brevi e in tempi ben definiti, e comunque interrotto per tempi

- significativi, in modo tale che le misurazioni del livello idrico riflettano le condizioni naturali;
- b) l'ubicazione dei siti deve essere al di fuori del raggio di influenza idraulico della pressione (pompaggio) così che le variazioni quotidiane dovute al pompaggio non siano evidenziate nei dati di monitoraggio,
 - c) possono essere utilizzate sorgenti caratterizzate da una portata totale superiore a 1 litro/secondo.

Ove non vi siano alternative, i dati provenienti da siti che fungono da pozzi di estrazione continua possono essere ritenuti accettabili solo se vi siano opportune correlazioni tra il livello statico ed il livello dinamico.

Al fine di ottimizzare i monitoraggi previsti da specifiche disposizioni in relazione a differenti obiettivi, è raccomandato, ove possibile, procedere alla individuazione di siti comuni rappresentativi dei diversi obiettivi. Tale pratica costituisce il monitoraggio integrato che contribuisce significativamente ad un monitoraggio a basso rapporto costi/efficacia, combinando i requisiti del monitoraggio di cui all'art. 92, comma 5, del decreto n.152 del 2006, alle aree protette designate per l'estrazione di acque destinate al consumo umano, alla registrazione di prodotti per la protezione delle piante o biocidi, di cui al decreto n. 59 del 2005, e la conformità al presente decreto legislativo.

4.1 Raggruppamento dei corpi idrici

I corpi idrici sotterranei possono essere raggruppati ai fini del monitoraggio garantendo che le informazioni ottenute forniscano una valutazione affidabile dello stato di ciascun corpo idrico all'interno del gruppo e la conferma di ogni tendenza significativa ascendente della concentrazione di inquinanti.

Il raggruppamento non deve compromettere il raggiungimento degli obiettivi ambientali e di monitoraggio di ciascun corpo idrico componente il gruppo.

Il raggruppamento può avvenire purché i corpi idrici siano assimilabili in termini di:

- a) caratteristiche dell' acquifero;
- b) alterazione delle linee di flusso;
- c) pressioni a cui il corpo idrico è sottoposto;
- d) attendibilità della valutazione del rischio.

Se i corpi idrici sotterranei sono classificati come "non a rischio", non è necessario che gli stessi siano adiacenti né prevedere siti di monitoraggio per ogni corpo idrico appartenente allo stesso raggruppamento. In quest'ultimo caso deve comunque essere garantito un monitoraggio complessivo sufficiente a rappresentarli.

Se i corpi idrici sotterranei sono classificati come "a rischio", il raggruppamento è possibile solo quando gli stessi sono adiacenti, fatta eccezione per i piccoli corpi idrici sotterranei simili o per i corpi idrici sotterranei ricadenti nelle isole di medie o piccole dimensioni. Per ciascun corpo idrico è raccomandato almeno un sito di monitoraggio. Per determinare la relazione tra i corpi idrici, comunque, il numero di siti di monitoraggio dipenderà dalle caratteristiche dell'acquifero, direzione di deflusso idrico, pressioni a cui il corpo idrico è sottoposto e attendibilità della valutazione del rischio.

Il monitoraggio operativo può essere rivolto ad uno o più corpi idrici componenti il gruppo, selezionati sulla base del modello concettuale, di cui alla Parte C dell'Allegato 1, per esempio il corpo o i corpi idrici più sensibili. Quest'ultimo criterio è finalizzato all'ottimizzazione del monitoraggio ambientale in termini di rapporto costi/efficacia.

4.2 Monitoraggio dello stato chimico e valutazione delle tendenze

I programmi di monitoraggio delle acque sotterranee sono necessari per fornire un quadro conoscitivo completo e corretto dello stato delle acque all'interno di ciascun bacino idrografico, per rilevare la presenza di tendenze ascendenti all'aumento delle concentrazioni di inquinanti nel lungo termine causate dall'impatto di attività antropiche ed assicurare la conformità agli obiettivi delle aree protette.

In base alla caratterizzazione ed alla valutazione dell'impatto svolti conformemente all'Allegato 1, le regioni definiscono un programma di monitoraggio di sorveglianza per ciascun periodo cui si applica un piano di gestione del bacino idrografico. I risultati del programma del monitoraggio di sorveglianza sono utilizzati per elaborare un programma di monitoraggio operativo da applicare per il restante periodo coperto dal piano.

IL piano riporta le stime sul livello di attendibilità e precisione dei risultati ottenuti con i programmi di monitoraggio.

4.2.1 Monitoraggio di sorveglianza

Il monitoraggio di sorveglianza, da condurre durante ciascun ciclo di gestione del bacino idrografico, va effettuato nei corpi idrici o gruppi di corpi idrici sia a rischio sia non a rischio. Il programma di monitoraggio di sorveglianza è inoltre utile per definire le concentrazioni di fondo naturale e le caratteristiche all'interno del corpo idrico.

Selezione dei parametri

Le regioni devono obbligatoriamente monitorare i seguenti parametri di base:

- Tenore di ossigeno (OD), qualora ci sia un'interazione con le acque superficiali;
- pH;
- Conduttività elettrica (CE);
- Nitrati;
- Ione ammonio.

Qualora sia appropriato, tra i parametri da monitorare devono essere inclusi la temperatura ed un set di ioni diffusi ed in traccia ed indicatori selezionati.

L'elenco dei parametri di base deve anche includere ulteriori parametri inorganici specifici della struttura geologica locale per l'acquisizione di informazioni sullo stato qualitativo del fondo naturale, per poter verificare l'efficacia del modello concettuale, del piano di monitoraggio, del campionamento e dei risultati analitici.

In aggiunta ai parametri di base, le regioni, sulla base di una dettagliata analisi delle pressioni, selezionano tra le sostanze riportate di seguito quelle potenzialmente immesse nel corpo idrico sotterraneo. In assenza di detta analisi tutte le sostanze di seguito riportate devono essere monitorate.

Inquinanti di origine naturale

- Arsenico
- Cadmio
- Piombo
- Mercurio
- Cloruri
- Solfati

Inquinanti di sintesi

- Tricloroetilene
- Tetracloroetilene

Inoltre è necessario monitorare obbligatoriamente quelle sostanze indicative di rischio e di impatto sulle acque sotterranee ascrivibili alle pressioni definite nella fase di caratterizzazione, tenendo in considerazione la lista dei contaminanti definita nelle tabelle 2 e 3, Parte A, dell'Allegato 3. In questa fase di selezione risulta fondamentale utilizzare il modello concettuale che consente, tra l'altro, di identificare qualunque pressione che vada ad influenzare ciascun sito di campionamento.

Per i corpi idrici che, in base alla caratterizzazione, si ritiene rischino di non raggiungere lo stato buono, il monitoraggio riguarda anche i parametri indicativi dell'impatto delle pressioni determinanti il rischio.

Sono monitorati, se necessario, anche parametri addizionali quali, ad esempio, la torbidità ed il potenziale redox (Eh).

In corrispondenza di tutti i siti è raccomandato il controllo del livello piezometrico o della portata al fine di descrivere "lo stato fisico del sito" come supporto per interpretare le variazioni (stagionali) o le tendenze nella composizione chimica delle acque sotterranee.

I corpi idrici transfrontalieri sono controllati rispetto ai parametri utili per tutelare tutti gli usi legittimi cui sono destinate le acque sotterranee.

Selezione dei siti

Il processo di selezione dei siti di monitoraggio, è basato su tre fattori principali:

- a) il modello concettuale (o i modelli concettuali), compresa la valutazione delle caratteristiche idrologiche, idrogeologiche e idrochimiche del corpo idrico sotterraneo, quali i tempi di percorrenza, la distribuzione dei diversi tipi di uso del suolo (esempi: insediamenti, industria, foresta, pascolo/agricoltura), alterazione delle linee di flusso, sensibilità del recettore e dati di qualità esistenti;
- b) la valutazione del rischio e grado di confidenza nella valutazione, compresa la distribuzione delle pressioni principali;
- c) considerazioni pratiche relative all'adeguatezza dei singoli siti di campionamento. I siti devono essere facilmente accessibili a breve e a lungo termine e sicuri.

Una rete efficace di monitoraggio deve essere in grado di monitorare impatti potenziali delle pressioni identificate e l'evoluzione della qualità delle acque sotterranee lungo le linee di flusso all'interno del corpo idrico.

Nel caso in cui i rischi riguardino alcuni recettori specifici come ad esempio alcuni ecosistemi particolari, devono essere previsti siti addizionali di campionamento nelle aree adiacenti a questi recettori specifici (ad esempio, corpi idrici superficiali ad elevata biodiversità).

I principi fondamentali da seguire ai fini dell'identificazione dei siti, che comunque non può prescindere da una analisi caso per caso, sono:

- a) siti adatti: la selezione deve essere basata sul modello concettuale regionale dei corpi idrici (o dei gruppi di corpi idrici sotterranei) e su una revisione dei siti di monitoraggio esistenti e candidati sul modello concettuale locale. Estese aree di estrazione e sorgenti possono fornire adeguati siti di campionamento, poiché prelevano acqua da una grande area e volume dell'acquifero particolarmente in sistemi omogenei. Le sorgenti sono

particolarmente raccomandate in acquiferi in cui predominano fratture carsiche o superficiali. Comunque, una rete rappresentativa di monitoraggio deve idealmente basarsi su un mix bilanciato di diversi tipi di siti di monitoraggio. In alcuni sistemi idrogeologici in cui V acqua sotterranea contribuisce in maniera significativa al flusso di base di un corso d'acqua, il campionamento dell'acqua superficiale può fornire campioni rappresentativi dell'acqua sotterranea;

- b) rappresentatività: nei sistemi acquiferi caratterizzati da fenomeni di stratificazione, la collocazione dei siti di monitoraggio deve ricadere su quelle parti del corpo idrico che sono più suscettibili all'inquinamento. In genere tali parti sono quelle superiori. Per avere una valutazione rappresentativa della distribuzione dei contaminanti in tutto il corpo idrico, può essere necessario prevedere ulteriori punti di monitoraggio;
- c) corpi a rischio: i siti di monitoraggio di sorveglianza servono a fornire la base per il monitoraggio operativo, ossia, a partire dai risultati la rete può essere adattata di conseguenza. Per i programmi di sorveglianza ed operativo possono essere usati gli stessi siti;
- d) corpi non a rischio dove la confidenza per la valutazione del rischio è bassa: il numero dei siti di monitoraggio deve essere sufficiente a rappresentare il range delle pressioni e delle condizioni del percorso dell'inquinante nei corpi idrici sotterranei (o gruppi di corpi idrici sotterranei) con lo scopo di fornire dati sufficienti ad integrare la valutazione di rischio. L'ubicazione dei siti di campionamento può dunque ricadere sulla aree più suscettibili del corpo idrico per ciascuna combinazione pressione/percorso. Si raccomanda un minimo di 3 punti di campionamento in un corpo idrico sotterraneo o gruppo di corpi idrici;
- e) gruppi di corpi idrici sotterranei in cui le pressioni sono limitate (basse o assenti): nei gruppi di corpi idrici sotterranei definiti non a rischio e per i quali la confidenza nella valutazione del rischio è elevata, i siti di campionamento sono necessari in primo luogo per valutare le concentrazioni di fondo naturale e le tendenze naturali.

Frequenza di monitoraggio

Il monitoraggio di sorveglianza deve essere effettuato durante ogni periodo di pianificazione della gestione di un bacino idrografico e non può superare la periodicità dei 6 anni prevista per la revisione e l'aggiornamento dei Piani di gestione dei bacini idrografici; le regioni ne possono aumentare la frequenza in relazione ad esigenze territoriali.

La scelta di un'appropriata frequenza di monitoraggio di sorveglianza è generalmente basata sul modello concettuale e sui dati di monitoraggio delle acque sotterranee esistenti.

Laddove vi sia una adeguata conoscenza del sistema delle acque sotterranee e sia già stato istituito un programma di monitoraggio a lungo termine, questo deve essere utilizzato per determinare un'appropriata frequenza del monitoraggio di sorveglianza.

Qualora le conoscenze siano inadeguate e i dati non disponibili, la tabella 2 indica le frequenze minime di monitoraggio di sorveglianza che possono essere adottate per differenti tipi di acquiferi.

Tabella 2 – frequenze minime del monitoraggio di sorveglianza

| | | Tipo di flusso dell'acquifero | | | | |
|---|---|-------------------------------|-------------------------------------|------------------|--|---------------------|
| | | Confinato | Libero | | | |
| | | | Flusso intergranulare significativo | | Flusso esclusivamente per fessurazione | Flusso per carsismo |
| Flussi significativi profondi | Flusso superficiale | | | | | |
| Frequenza iniziale (parametri di base e addizionali) | | 2 volte all'anno | trimestrale | trimestrale | Trimestrale | trimestrale |
| Frequenza a lungo termine (parametri di base) | Trammissività generalmente alta-moderata | Ogni 2 anni | 1 volta all'anno | 2 volte all'anno | 2 volte all'anno | 2 volte all'anno |
| | Trammissività generalmente bassa | Ogni 6 anni | 1 volta all'anno | 1 volta all'anno | 1 volta all'anno | - |
| Parametri addizionali | | Ogni 6 anni | Ogni 6 anni | Ogni 6 anni | Ogni 6 anni | - |

Al fine di definire un programma corretto delle frequenze di monitoraggio è necessario considerare anche quanto di seguito riportato.

Di grande importanza sono i cambiamenti nell'andamento temporale della concentrazione degli inquinanti che influenza la frequenza di monitoraggio selezionata così come l'accresciuta conoscenza del modello concettuale.

In generale, i corpi sotterranei di prima falda sono piuttosto dinamici nelle variazioni qualitative e quantitative delle acque. Quando si verifica tale variabilità, la frequenza di monitoraggio deve essere selezionata in modo tale da caratterizzare in maniera adeguata la stessa variabilità.

Nei sistemi di corpi idrici sotterranei meno dinamici due campionamenti per anno possono, inizialmente, essere sufficienti per il monitoraggio di sorveglianza. Se questo monitoraggio non mostra significative variazioni in un ciclo di pianificazione di bacino idrografico (6 anni), può essere opportuna una successiva riduzione della frequenza di campionamento.

A causa dei probabili cambiamenti temporali nell'andamento della concentrazione di inquinanti, specialmente nei sistemi con flusso sotterraneo piuttosto dinamico, i campionamenti nei siti di monitoraggio devono essere eseguiti ad uguali intervalli temporali. Questo garantisce risultati di monitoraggio comparabili e un'appropriata valutazione delle tendenze.

Sulla base dei risultati del monitoraggio di sorveglianza acquisiti, le frequenze devono essere riviste regolarmente ed adeguate di conseguenza al fine di assicurare la qualità delle informazioni.

4.2.2 Monitoraggio operativo

Il monitoraggio operativo è richiesto solo per i corpi idrici a rischio di non raggiungere gli obiettivi di qualità ambientale.

Deve essere effettuato tutti gli anni nei periodi intermedi tra due monitoraggi di sorveglianza a una frequenza sufficiente a rilevare gli impatti delle pressioni e, comunque, almeno una volta all'anno.

Deve essere finalizzato principalmente a valutare i rischi specifici che determinano il non raggiungimento degli obiettivi.

Nella progettazione di un programma di monitoraggio operativo, la confidenza richiesta nei risultati di monitoraggio deve essere definita. Tale confidenza nei monitoraggi operativi dipende dalla variabilità delle sorgenti di impatto, dalle caratteristiche dell'acquifero o delle acque sotterranee in questione, così come dai rischi in caso di errore. In teoria l'incertezza derivante dal processo di monitoraggio non deve aggiungersi significativamente all'incertezza nel controllo del rischio.

L'accettabilità di non individuare un nuovo rischio o di non controllarne uno conosciuto deve essere stabilita, usata per fissare gli obiettivi di variabilità delle proprietà in questione e usata per il controllo della qualità del monitoraggio rispetto alla variabilità dei dati.

Selezione dei parametri

Nella maggior parte dei casi sia i parametri di base, sia parametri selezionati sono richiesti in ogni stazione di monitoraggio.

Il processo di selezione di tali parametri è basato su:

- a) caratterizzazione e modello/i concettuale/i inclusa una valutazione della suscettibilità del percorso delle acque sotterranee, sensibilità del recettore, il tempo necessario perché ciascun programma di misure sia efficace e la capacità di discernere tra gli effetti delle varie misure;
- b) valutazione del rischio e livello di confidenza nella valutazione; inclusa la distribuzione delle pressioni principali identificate nel processo di caratterizzazione che possono determinare lo "stato scarso" del corpo idrico;
- c) considerazioni pratiche relative alla idoneità dei singoli siti di monitoraggio.

Selezione dei siti

Nel selezionare i siti di monitoraggio operativo la priorità nella ubicazione degli stessi deve essere basata su:

- a) disponibilità di siti idonei esistenti (ad esempio siti impiegati nei monitoraggi di sorveglianza) che forniscano campioni rappresentativi;
- b) potenzialità nel supportare differenti programmi di monitoraggio (per es. determinate sorgenti possono fungere da siti di monitoraggio per la qualità e la quantità delle acque sotterranee e per le acque superficiali);
- c) potenzialità per monitoraggi integrati-multiobiettivo ad esempio combinando i requisiti del monitoraggio di cui all'articolo 92, comma 5, del decreto n.152 del 2006, del monitoraggio di cui alle aree protette designate per l'estrazione di acque destinate al consumo umano, del monitoraggio connesso alla registrazione di prodotti per la protezione delle piante o biocidi, del monitoraggio ai sensi del decreto n.59 del 2005, e la conformità al presente decreto;
- d) potenziali collegamenti con siti di monitoraggio delle acque superficiali esistenti o pianificati.

Qualora il rischio coinvolga ecosistemi significativi di corpi idrici superficiali connessi alle acque sotterranee, la Regione può prevedere siti di campionamento addizionali da ubicare in aree prossime ai corpi idrici superficiali. Detto monitoraggio suppletivo può includere il controllo delle parti più superficiali dell'acquifero ed eventualmente delle acque che drenano dai suoli, per esempio tramite campionatori multilivello, lisimetri e prove di drenaggio *in situ*. I dati ottenuti, oltre che contribuire a valutare lo stato e le tendenze, possono anche aiutare a distinguere gli impatti dei differenti tipi di pressioni, valutare l'estensione spaziale degli impatti e determinare il destino dei contaminanti e il trasporto tra la sorgente e il recettore.

Nel caso in cui i rischi e le pressioni riguardino le stesse acque sotterranee, per esempio pressioni diffuse, i siti di campionamento devono essere maggiormente distribuiti lungo il corpo idrico, e devono essere rivolti alle differenti pressioni e alla loro distribuzione all'interno del corpo idrico sotterraneo. Nell'ambito di tale monitoraggio è importante tenere conto della combinazione tra le pressioni più rappresentative e la sensibilità delle acque sotterranee.

Frequenza di monitoraggio

La selezione della frequenza nell'ambito di ogni anno di monitoraggio è generalmente basata sul modello concettuale e, in particolare, sulle caratteristiche dell'acquifero e sulla sua suscettibilità alle pressioni inquinanti.

La tabella 3 individua frequenze minime di monitoraggio operativo per differenti tipologie di acquifero dove il modello concettuale è limitato e i dati esistenti non sono disponibili.

Se, invece, vi è una buona conoscenza della qualità delle acque sotterranee e del comportamento del sistema idrogeologico, possono essere adottate frequenze ridotte di monitoraggio, comunque non inferiori ad una volta l'anno.

La frequenza e la tempistica del campionamento in ogni sito di monitoraggio deve, inoltre, considerare i seguenti criteri:

- a) i requisiti per la valutazione della tendenza;
- b) l'ubicazione del sito di campionamento rispetto alla pressione (a monte, direttamente al disotto, o a valle). Matti le ubicazioni direttamente al disotto di una pressione possono richiedere monitoraggi più frequenti;
- c) il livello di confidenza nella valutazione del rischio e i cambiamenti della stessa valutazione nel tempo;
- d) le fluttuazioni a breve termine nella concentrazione degli inquinanti, per esempio effetti stagionali. Laddove sia probabile riscontrare effetti stagionali e altri effetti a breve termine, è essenziale che le frequenze di campionamento e le tempistiche siano adattate (incrementate) di conseguenza e che il campionamento abbia luogo nello stesso momento ogni anno, o nelle stesse condizioni, per rendere comparabili i dati per la valutazione delle tendenze, per accurate caratterizzazioni e per la valutazione degli stati di qualità;
- e) la tipologia di gestione dell'uso del suolo, per esempio periodo di applicazione di nitrati o pesticidi. Questo è importante specialmente per i sistemi a rapido scorrimento come gli acquiferi carsici e/o i corpi idrici sotterranei di prima falda.

Il campionamento per il monitoraggio operativo deve continuare finché il corpo idrico sotterraneo è considerato, con adeguata confidenza, non più nello stato scarso o a rischio di essere in uno stato scarso e ci sono adeguati dati che dimostrano un'inversione delle tendenze.

Tabella 3- Frequenze minime del monitoraggio operativo nell'ambito di ciascun anno

| | Tipo di flusso dell'acquifero | | | | |
|--|-------------------------------|--|---|---|-------------------------------------|
| | Confinato | Libero | | | |
| | | Flusso intergranulare significativo | | Flusso esclusivamente per fessurazione | Flusso per carsismo |
| Flussi significativi profondi | Flusso superficiale | | | | |
| Acque sotterranee ad elevata vulnerabilità | 1 volta all'anno | 2 volte all'anno | Come appropriato ma almeno 2 volte all'anno | Come Appropriato almeno trimestrale | Come Appropriato almeno trimestrale |
| Acque sotterranee a bassa vulnerabilità | 1 volta all'anno | 1 volta all'anno 2 volte all'anno in caso di tendenze significative | Come appropriato ma almeno 2 volte all'anno | Come appropriato ma almeno 2 volte all'anno | Come Appropriato almeno trimestrale |

4.3 Monitoraggio dello stato quantitativo

La rete di monitoraggio dello stato quantitativo delle acque sotterranee è progettata in modo da fornire una stima affidabile dello stato quantitativo di tutti i corpi idrici o gruppi di corpi idrici sotterranei, compresa la stima delle risorse idriche sotterranee disponibili. Le Regioni inseriscono nei piani di tutela una o più mappe che riportano detta rete.

Il Monitoraggio dello stato quantitativo ha l'obiettivo di integrare e confermare la validità della caratterizzazione e della procedura di valutazione di rischio, determinare lo stato quantitativo del corpo idrico sotterraneo, supportare la valutazione dello stato chimico, l'analisi delle tendenze e la progettazione e la valutazione dei programmi di misure.

Come per le altre reti di monitoraggio, la progettazione della rete per il monitoraggio quantitativo deve essere basata sul modello concettuale del sistema idrico sotterraneo e sulle pressioni.

Gli elementi chiave del modello concettuale quantitativo sono:

- la valutazione della ricarica e del bilancio idrico predisposto secondo le linee guida di cui all'Allegato 1 al decreto del Ministro dell'ambiente e della tutela del territorio in data 28 luglio 2004, pubblicato nella Gazzetta Ufficiale n. 268 del 15 novembre 2004;
- le valutazioni esistenti del livello dell'acqua sotterranea o della portata ed informazioni pertinenti sui rischi per le acque superficiali e gli ecosistemi terrestri che dipendono dalle acque sotterranee;
- il grado di interazione tra acque sotterranee e relativi ecosistemi terrestri e superficiali dove questa interazione è importante e potrebbe potenzialmente determinare un'influenza negativa sullo stato di qualità del corpo idrico superficiale.

Lo sviluppo di una rete di monitoraggio quantitativo può essere iterativo; i dati raccolti dai nuovi siti di monitoraggio possono essere usati per migliorare e perfezionare il modello concettuale, usato per collocare ogni sito di monitoraggio, sull'intero corpo idrico sotterraneo, e la gestione del programma di monitoraggio quantitativo.

L'implementazione di un modello numerico delle acque sotterranee o di un modello idrologico che integri le acque superficiali e sotterranee sono utili strumenti per compilare ed interpretare i dati del monitoraggio quantitativo ed identificare le risorse e gli ecosistemi a rischio. Inoltre, le stime di incertezza che si possono ottenere con un modello numerico possono essere d'aiuto per identificare parti del corpo idrico sotterraneo che necessitano dell'integrazione di siti per meglio descrivere la quantità e la portata delle acque sotterranee.

Selezione dei parametri

Per la valutazione dello stato quantitativo delle acque sotterranee sono raccomandati almeno i seguenti parametri:

- a) livelli delle acque sotterranee nei pozzi o nei piezometri;
- b) portata delle sorgenti;
- c) caratteristiche del flusso e/o livelli idrici dei corsi d'acqua superficiali durante i periodi di siccità (ad es. quando il contributo delle piogge al flusso delle acque superficiali può essere trascurato e la portata del fiume è mantenuta sostanzialmente dall'acqua sotterranea);
- d) livelli idrici delle zone umide e dei laghi che dipendono significativamente dalle acque sotterranee.

La selezione dei siti di monitoraggio e dei parametri deve essere basata su un solido modello concettuale del corpo idrico che deve essere monitorato.

Un monitoraggio addizionale per supportare la caratterizzazione e la classificazione delle acque sotterranee tiene conto almeno di:

- a) parametri chimici e indicatori (per esempio temperatura, conduttività, etc.) per monitorare l'intrusione salina o di altra natura. Qualora venga utilizzato un unico sito di monitoraggio sia per la valutazione dello stato chimico sia per la valutazione dello stato quantitativo e i controlli avvengano contemporaneamente, i dati per il controllo dei parametri chimici addizionali sono utilizzati per le finalità sopra riportate. Per gli acquiferi delle isole può essere appropriato monitorare le zone di transizione tra acqua dolce ed acqua marina;
- b) piovosità e altri componenti richiesti per calcolare l'evapotraspirazione (per il calcolo della ricarica delle acque sotterranee);
- c) monitoraggio ecologico degli ecosistemi terrestri connessi alle acque sotterranee (inclusi gli indicatori ecologici);
- d) estrazione di acque sotterranee.

I requisiti specifici per i dati di monitoraggio di supporto, che integrano le conoscenze ottenute dal monitoraggio del livello delle acque sotterranee, sono fortemente determinati dagli strumenti o dai metodi adoperati per supportare la valutazione del rischio o dello stato e della confidenza richiesta in queste valutazioni.

La chiave per la selezione dei parametri dipende da quanto quel parametro sia rappresentativo dello scenario idrogeologico monitorato e della sua importanza nel determinare il rischio o lo stato del corpo idrico.

In alcuni scenari idrogeologici particolarmente complessi, limitare il monitoraggio al solo livello delle acque sotterranee nei piezometri può essere inappropriato per le finalità del presente decreto e in alcuni casi altamente fuorviante. In queste circostanze le caratteristiche del flusso dei corsi d'acqua o delle sorgenti connesse può fornire dati migliori con i quali intraprendere una valutazione.

Ciò è maggiormente probabile nei casi di bassa permeabilità o di acquiferi fratturati. Ci sono casi in cui il livello dell'acqua rimane più o meno stabile, ma si verificano fenomeni di intrusione di acqua proveniente da altri acquiferi o da corpi idrici superficiali o dal mare.

Specifiche condizioni devono essere considerate nel caso dei corpi idrici sotterranei delle isole. Se c'è il rischio di intrusione, allora specifici indicatori della qualità delle acque andranno monitorati (per esempio la conduttività elettrica e la temperatura dell'acqua).

Densità dei siti di monitoraggio

La rete per il monitoraggio quantitativo deve essere progettata prevedendo un numero di pozzi tale da consentire il controllo su eventuali variazioni dello stato quantitativo del corpo idrico sotterraneo.

La rete si articola in sufficienti siti di monitoraggio rappresentativi per stimare il livello delle acque sotterranee di ciascun corpo idrico o gruppi di corpi idrici, tenuto conto delle variazioni del rawenamento a breve e a lungo termine ed in particolare:

- a) per i corpi idrici sotterranei che si ritiene rischino di non conseguire gli obiettivi ambientali, bisogna assicurare una densità dei punti di monitoraggio sufficiente a valutare l'impatto delle estrazioni sulle variazioni dello stato quantitativo delle acque sotterranee;
- b) per i corpi idrici sotterranei le cui acque fluiscono attraverso la frontiera tra l'Italia ed altri Paesi, è necessario designare sufficienti punti di monitoraggio per stimare la direzione e la portata delle acque sotterranee attraverso la frontiera.

Il monitoraggio quantitativo può essere richiesto su due differenti piani.

In primo luogo, se possibile, bisogna valutare i livelli e i flussi delle acque lungo un corpo idrico sotterraneo. Questi possono essere correlati alla valutazione del bilancio idrico dell'intero corpo idrico sotterraneo predisposto secondo le linee guida di cui all'Allegato 1 al decreto del Ministro dell'ambiente e della tutela del territorio in data 28 luglio 2004, pubblicato nella Gazzetta Ufficiale n. 268 del 15 novembre 2004.

In secondo luogo, può essere necessario un monitoraggio "locale" più mirato sui flussi e sui livelli riferiti ai corpi recettori pertinenti che sono localmente alimentati dalle acque sotterranee, ad es. corpi idrici superficiali (fiumi, laghi ed estuari) ed ecosistemi terrestri dipendenti dalle acque sotterranee. Quest'ultimo monitoraggio può includere informazioni integrative sulla salinità (con riferimento alle intrusioni saline) o informazioni integrative derivanti dal monitoraggio ecologico svolto ai sensi della normativa nazionale e comunitaria vigente (come prova dell'impatto sugli ecosistemi dovuti all'estrazione di acqua sotterranea).

Nei corpi idrici o gruppi di corpi idrici classificati "non a rischio" il monitoraggio quantitativo può essere ridotto. Infatti, non è necessario svolgere il monitoraggio su ogni corpo idrico all'interno di un gruppo di corpi idrici, a patto che tutti i corpi idrici del gruppo siano comparabili dal punto di vista idrogeologico.

Nei corpi idrici o gruppi di corpi idrici classificati "a rischio" la distribuzione dei siti di monitoraggio deve essere sufficiente per capire le condizioni idrogeologiche relative ai recettori identificati come a rischio e alla loro importanza.

La densità del monitoraggio deve essere sufficiente per assicurare un'adeguata valutazione degli impatti sul livello delle acque sotterranee causati dalle estrazioni.

Per quei corpi idrici sotterranei che attraversano la frontiera tra l'Italia ed uno o più Stati Membri, il numero di siti di campionamento deve essere sufficiente per stimare la direzione e la portata delle acque sotterranee attraverso il confine.

Frequenza di monitoraggio

La frequenza dei rilevamenti deve essere sufficiente a permettere di stimare lo stato quantitativo di ciascun corpo idrico o gruppo di corpi idrici sotterranei, tenuto conto delle variazioni del rawenamento a breve e lungo termine. In particolare:

- a) per i corpi idrici sotterranei che si ritiene rischino di non conseguire gli obiettivi ambientali, è fissata una frequenza delle misurazioni sufficiente a valutare l'impatto delle estrazioni sul livello delle acque sotterranee;
- b) per i corpi idrici sotterranei le cui acque fluiscono attraverso la frontiera tra l'Italia ed altri Paesi, è fissata una frequenza delle misurazioni sufficiente a stimare la direzione e la portata delle acque sotterranee attraverso la frontiera.

La frequenza dei monitoraggi si stabilisce sulla base dei dati necessari per determinare rischio e stato dei corpi idrici e, laddove necessario, per supportare la progettazione e valutazione dei programmi di misure.

La frequenza di monitoraggio dipende principalmente dalle caratteristiche di un corpo idrico e dal sito di monitoraggio. I siti con una significativa variabilità annuale devono essere monitorati più frequentemente rispetto a siti con minore variabilità. In generale un monitoraggio trimestrale sarà sufficiente per il monitoraggio quantitativo dove la variabilità è bassa, ma un monitoraggio giornaliero è preferito, in particolare quando si misurano le portate. La frequenza deve essere rivista quando migliora la comprensione della risposta e del comportamento dell'acquifero e in relazione all'importanza di ciascun cambiamento delle pressioni sul corpo idrico sotterraneo. Questo assicura che sia mantenuto un programma caratterizzato da un basso rapporto costi/efficacia.

4.4 Controlli di qualità

Per il campionamento e l'analisi devono essere stabilite procedure appropriate per il controllo di qualità; tali misure sono necessarie per ridurre al minimo le incertezze.

Gli elementi minimi che devono essere presi in considerazione nei controlli di qualità sono:

- a) identificazione e registrazione dei campioni;
- b) metodi di campionamento, pianificazione del campionamento e report, per esercizi di campo;
- c) trasporto e magazzinaggio del campione;
- d) validazione dei metodi analitici;
- e) procedure per le misure analitiche;
- f) controlli di qualità interni dei metodi;
- g) partecipazione in schemi esterni per i controlli di qualità (intercalibrazione);
- h) elaborazione dei risultati;
- i) tracciabilità dei documenti e delle misure.

Per i laboratori di analisi l'accreditamento deve avvenire ai sensi della ISO 17025.

4.5 Protocollo per il campionamento-ISO raccomandate

Un appropriato piano di campionamento deve includere la selezione dei siti di campionamento, la frequenza e la durata del campionamento, le procedure di campionamento, il trattamento dei campioni e l'analisi dei campioni.

Le procedure di campionamento e di trattamento del campione dovranno riferirsi a linee guida e/o standard internazionali incluse parti rilevanti della norma ISO 5667 nello stato di ultima revisione.

Allo stato attuale le parti della norma ISO 5667 utili per il monitoraggio delle acque sotterranee sono le seguenti:

La norma ISO 5667-1: 2006 fornisce i principi per una corretta progettazione del campionamento negli ambienti acquatici.

La norma ISO 5667-3: 2003 fornisce indicazioni riguardo alla preparazione, stabilizzazione, trasporto e conservazione dei campioni di acqua.

La norma ISO 5667-11: 1993 fornisce i principi a) per la progettazione dei programmi di campionamento, b) le tecniche di campionamento, c) la manipolazione dei campioni e d) il sistema di identificazione del campione e le procedure di registrazione e tracciabilità delle acque sotterranee;

La norma ISO 5667-18: 2001 fornisce dei principi per i metodi di campionamento delle acque sotterranee nei siti contaminati.

La norma ISO 5667-14: 1993 fornisce linee guida per il controllo di qualità delle operazioni di campionamento e trattamento del campione.