



DICATAM
Università degli Studi
di Brescia



DICAR
Università degli Studi
di Catania



DICEA
Sapienza, Università
di Roma

SiCon 2022
***Workshop su: Siti Contaminati. Esperienze negli
interventi di risanamento***

9-11 Febbraio 2022

**Il monitoraggio delle acque sotterranee
nei procedimenti di autorizzazione
ambientale**

Fabrizio Franceschini
ARPAT
Via Vittorio Veneto 27, 56127 Pisa
f.franceschini@arpat.toscana.it

Il monitoraggio delle acque sotterranee nei procedimenti di autorizzazione ambientale

Fabrizio Franceschini

ARPAT f.franceschini@arpat.toscana.it

Sommario. Nel quadro normativo europeo e nazionale la protezione delle acque sotterranee (AS) e la loro tutela per gli usi legittimi attuali e futuri hanno assunto un ruolo decisivo grazie agli strumenti del monitoraggio quali-quantitativo previsto dalle direttive 2000/60/CE e 2006/118/CE. A questi strumenti si sono recentemente aggiunti interventi normativi nell'ambito della prevenzione incentrati sui controlli delle attività produttive (direttiva IED). In moltissimi processi produttivi sono utilizzate o comunque gestite sostanze nocive per l'ambiente potenzialmente in grado di generare significative contaminazioni delle AS. Per questo motivo è fondamentale regolamentare e implementare il controllo del loro potenziale impatto sui corpi idrici sotterranei, potenzialmente utilizzabili per tutti gli usi legittimi ma soprattutto idropotabili, attraverso la realizzazione di adeguate reti di monitoraggio in corrispondenza delle potenziali sorgenti di contaminazione. Il processo avviene tramite una sequenza di azioni che, partendo dall'iter istruttorio di prima fase (valutazione dell'impatto ambientale e definizione delle misure di contenimento degli impatti), passa attraverso l'acquisizione delle informazioni idrogeologiche e idrochimiche sito-specifiche che devono necessariamente essere incluse nella documentazione valutata in sede di rilascio delle autorizzazioni ambientali. L'integrazione del quadro ambientale così definito, con le caratteristiche delle sostanze potenzialmente contaminanti e le loro modalità di gestione all'interno dell'impianto produttivo (stoccaggi, procedure di trasferimento e smaltimento, stato di manutenzione degli impianti etc.), permetterà di valutare il rischio di contaminazione delle AS e se necessario attivare una rete di monitoraggio permanente utile per intervenire prontamente in caso di dispersione di sostanze contaminanti. L'identificazione precoce del fenomeno di contaminazione in atto permetterà di impedire il trasferimento e la diffusione delle sostanze contaminanti negli acquiferi utilizzati o utilizzabili come risorsa idrica.

INTRODUZIONE

Le acque sotterranee (AS) costituiscono la più ampia riserva mondiale di acque dolci, rappresentando la principale risorsa per l'uso idropotabile, per l'industria e per l'agricoltura, oltre ad avere un importante ruolo nel ciclo idrogeologico e di sussistenza degli ecosistemi terrestri. Infatti, già prima degli anni novanta del secolo scorso, le AS, nell'ambito della Comunità Europea, erano state incorporate nel sistema di gestione delle risorse idriche e con le direttive successive (2000/60/EC e 2006/118/EC) si evidenzia l'importanza di limitare il loro deterioramento, avendo come obiettivo il mantenimento di un buono stato quantitativo e qualitativo a lungo termine.

Le AS vengono definite dall'art.74 comma 1. lettera I del D.lgs n.152/2006 come "tutte le acque che si trovano al di sotto della superficie del suolo, nella zona di saturazione e in diretto contatto con il suolo e il sottosuolo". Tale definizione comprende sia i corpi acquiferi oggetto di sfruttamento (Corpi Idrici Significativi, CSI) sia tutte le restanti acque facenti parte del complesso delle acque di saturazione del sottosuolo anche non soggette a flusso di massa (acquicludo). Ovviamente solo in presenza di flusso idrico un contaminante può migrare in maniera significativa all'interno della zona satura ed è quindi ai corpi idrici (acquiferi) e agli aquitardi che normalmente si concentrano le attenzioni sullo stato di qualità ambientale.

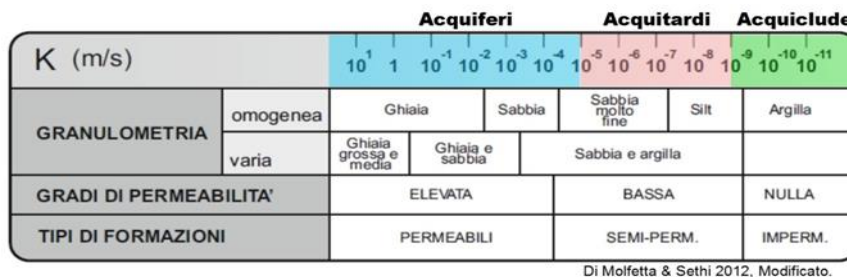


Figura 1. Classificazione dei corpi idrici sotterranei in funzione della permeabilità

In generale, la contaminazione delle acque sotterranee deriva dal trasferimento, diretto o ad opera di acque meteoriche o di infiltrazione, di sostanze inquinanti che sono presenti sul o nel suolo, e trasportate, sotto l'effetto della forza di gravità, nella zona satura. Il trasferimento avviene tramite il fenomeno della percolazione attraverso la zona insatura compresa tra la superficie e il livello piezometrico (livello freatico). Nel suo percorso le sostanze contaminanti

Il monitoraggio delle acque sotterranee nei procedimenti di autorizzazione ambientale

interagiscono con il terreno tramite dei processi chimico-fisici che dipendono dalle caratteristiche delle sostanze e dalle caratteristiche della zona insatura e dell'acquifero. A causa delle diverse conformazioni degli acquiferi la veicolazione delle sostanze può risultare non uniforme dipendendo molto dalla scala con la quale si effettuano le osservazioni; una scala microscopica attinente alla struttura del mezzo poroso e una scala macroscopica attinente alle caratteristiche stratigrafiche e giaciture delle formazioni geologiche (Freeze and Cherry, 1979; Civita, 2005). Questa eterogeneità può rendere molto complicato individuare la sorgente di contaminazione in tempi brevi per poter contenere il conseguente danno ambientale derivante dall'immissione di un contaminante in ambiente sotterraneo. Questo è il motivo per cui è importante identificare quanto prima le sorgenti di contaminazioni occulte in modo da evitare lo sviluppo di contaminazioni troppo estese per poter essere trattate. Il processo di trasporto e propagazione degli inquinanti nelle AS può avvenire tramite diversi fenomeni di tipo biologico, idrologico o chimico (Fetter et. Alii 2017; Francani, 2014). Nei terreni a bassa permeabilità (argille e limi) il trasferimento è molto lento e avviene soprattutto per diffusione mentre in presenza di terreni permeabili (ghiaie e sabbie o rocce fratturate) il trasferimento avviene essenzialmente per advezione con la formazione di un pennacchio lungo la direzione di scorrimento delle acque e con velocità di trasferimento dei contaminanti anche molto elevate. I contaminanti, in base alle densità delle sostanze e alle caratteristiche di permeabilità e giacitura dell'acquifero, possono diffondersi a diverse profondità della zona satura.

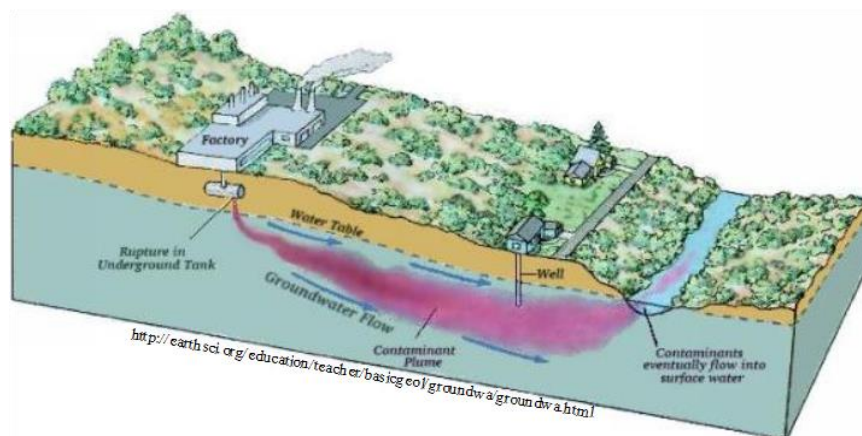


Figura 1. E' fondamentale identificare quanto prima le sorgenti di contaminazioni occulte o in atto in modo da evitare lo sviluppo di contaminazioni troppo estese per poter essere trattate.

Il monitoraggio delle acque sotterranee nei procedimenti di autorizzazione ambientale

Nell'ambito degli studi finalizzati alla ricostruzione dei fenomeni di contaminazione delle acque sotterranee è evidente l'importanza di acquisire una conoscenza accurata delle caratteristiche principali del corpo idrico e delle caratteristiche chimico-fisiche delle sostanze inquinanti presenti. Tali conoscenze permettono di definire un modello idrogeologico di propagazione della sostanza che facilita l'identificazione del suo percorso e della sorgente primaria di contaminazione. L'obiettivo di avere un buono stato qualitativo e quantitativo delle AS deve necessariamente essere perseguito tramite la prevenzione di ulteriori diffusioni delle sostanze inquinanti e del loro trasporto nel suolo e nelle acque sotterranee. Ciò è reso possibile da un puntuale e diffuso monitoraggio dei potenziali punti di rilascio di contaminanti così da poter agire rapidamente in caso di anomalie, prevenendo l'instaurarsi di contaminazioni estese. Proprio la mancanza nel passato di un sistematico ed efficace controllo dello stato qualitativo delle acque sotterranee ha impedito interventi rapidi di rimozione delle sorgenti di contaminazione attive trasformando vaste porzioni dei principali acquiferi toscani in zone a inquinamento diffuso dove risulta estremamente complesso qualsiasi intervento di recupero per gli utilizzi più pregiati della risorsa idrica.

LE ATTIVITÀ ISTRUTTORIE NEL RILASCIO DELLE AUTORIZZAZIONI AMBIENTALI DI ATTIVITÀ PRODUTTIVE

In Regione Toscana il controllo delle acque sotterranee per tutti gli impianti di gestione rifiuti era previsto sulla base di disposizioni regionali contenute:

- nel DPGRT nr. 14/R/2004 (allegato 1, punto 4),
- al par. 7 del DCRT n. 385/1999 - Piano regionale di gestione dei rifiuti, e prevedeva il monitoraggio delle AS mediante l'installazione di pozzi spia o piezometri. Le norme non riportavano ulteriori informazioni lasciando alla buona norma e alla competenza del gestore/controllore tutti gli aspetti relativi a modalità e frequenza dei campionamenti, limiti di riferimento, necessità di elaborazione del modello idrogeochimico, interventi in caso di superamento dei limiti di riferimento etc.. La mancanza di specifiche competenze geologiche nei dipartimenti Arpat coinvolti nelle istruttorie e nei successivi controlli ha progressivamente portato al quasi totale abbandono delle prescrizioni sul monitoraggio delle acque sotterranee tranne là dove la presenza di professionalità specifiche di tipo geologico sono state in grado di interpretare le finalità del legislatore e di proporre prescrizioni adeguate. A tale scopo è utile ricordare come le matrici suolo, sottosuolo e acque sotterranee siano materia di esclusiva competenza geologica. In Provincia di Pisa, a partire dal 2005, grazie anche all'arrivo presso il dipartimento Arpat Pisa di un Geologo con competenze specifiche sui monitoraggi ambientali, le istruttorie autorizzative degli impianti di gestione rifiuti, in forza delle direttive regionali precedentemente citate, hanno

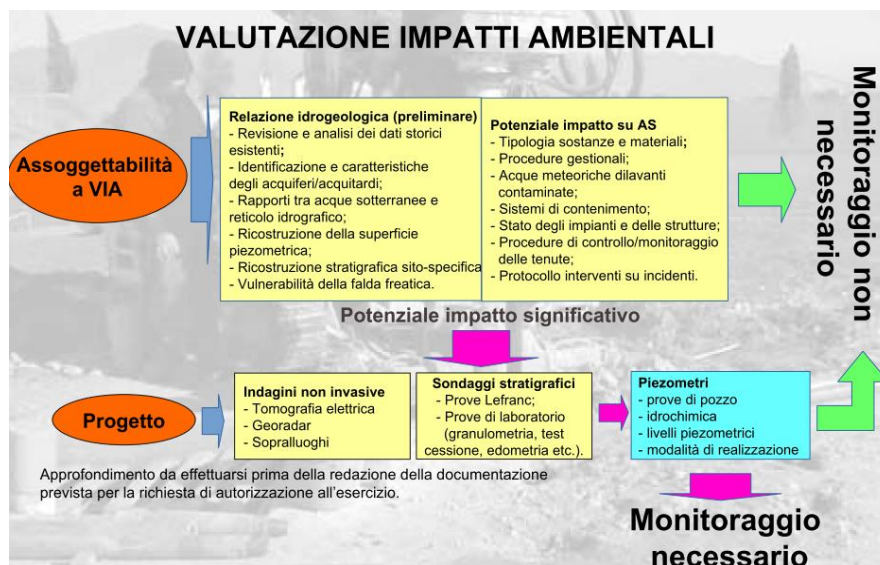
Il monitoraggio delle acque sotterranee nei procedimenti di autorizzazione ambientale

continuato a prevedere prescrizioni specifiche sul controllo delle acque sotterranee. Inizialmente il criterio con cui erano imposte le prescrizioni si basava essenzialmente su una valutazione di tipo geologico effettuata d'ufficio mediante dati sito-specifici presentati dalla ditta in sede di istruttoria o di tipo più generale legati alle norme di pianificazione territoriale (piano strutturale, cartografie geotematiche etc). La presenza di un database georeferenziato contenente i dati geologici di sondaggi geognostici e stratigrafici recuperati in ambito di autorizzazioni del Genio Civile (Provincia di Pisa, 2005) facilitava il compito rendendo superflua l'attivazione di una istruttoria dedicata all'acquisizione di tali informazioni direttamente dal proponente. La valutazione, partendo dall'obbligatorietà nella terebrazione di punti di campionamento imposta dai regolamenti regionali citati, permetteva di valutare le condizioni geologiche al contorno fornendo, già in fase istruttoria, le caratteristiche di massima delle opere da realizzare (profondità, permeabilità attese, direzione di flusso etc.). Le corrette modalità di campionamento e le caratteristiche geochimiche venivano acquisite e valutate dopo il primo campionamento, normalmente effettuato in contraddittorio con il proponente. Con le caratteristiche idrogeologiche di area vasta, integrate dalle informazioni sito-specifiche derivanti dalla perforazione dei piezometri, interpretate sulla base delle caratteristiche geochimiche delle acque sotterranee ottenute dal primo campionamento, veniva definito il modello idrogeochimico sito-specifico ed eventualmente prescritto il monitoraggio periodico che entrava a far parte, a tutti gli effetti, delle prescrizioni autorizzative all'esercizio dell'attività produttiva. Negli anni successivi, con l'entrata a regime della normativa IPPC l'approccio è stato esteso anche alle altre altre tipologie di autorizzazioni ambientali.

Schema di flusso delle attività

Nello schema seguente viene proposta la procedura utilizzata nell'identificazione delle indagini da effettuare in funzione dei diversi scenari normativi e dello schema decisionale in funzione del quale viene proposto/prescritto il monitoraggio delle acque sotterranee (Franceschini e Bonfanti, 2020). Lo schema di flusso riportato costituisce il processo decisionale con cui è stata ed è attualmente gestita presso il dipartimento ARPAT di Pisa l'attività istruttoria relativa agli atti autorizzativi per tutti gli impianti soggetti a AIA, AUA e VIA. Con il documento "*Linee guida per la predisposizione di una rete di monitoraggio delle acque sotterranee in impianti produttivi*" (ARPAT 2018), la procedura di attuazione degli interventi di controllo sulle acque sotterranee è stata uniformata ed è attualmente in implementazione su tutto il territorio regionale.

Il monitoraggio delle acque sotterranee nei procedimenti di autorizzazione ambientale



Relazione Geologica preliminare

Il processo di acquisizione delle informazioni necessarie a definire le caratteristiche idrogeologiche e l'attuale stato di qualità delle AS inizia nel procedimento di VIA o assoggettabilità a VIA con l'acquisizione e valutazione

Il monitoraggio delle acque sotterranee nei procedimenti di autorizzazione ambientale

delle informazioni disponibili di area vasta presenti nei documenti di pianificazione territoriale (comunali, provinciali e regionali), di gestione delle risorse (AIT, Gestore idrico, Genio Civile, Autorità Portuale, Autorità di Bacino etc) o a progetti di ricerca scientifica (Università, CNR etc.). Tutte le informazioni attinenti alle caratteristiche idrogeologiche e idrogeochimiche, eventualmente integrate e validate da indagini sito-specifiche eseguite all'interno dell'impianto in valutazione (es. eventuali indagini geotecniche per la realizzazione di opere edilizie, dati stratigrafici di pozzi industriale etc.) fanno parte della Relazione Idrogeologica Preliminare.

Valutazione del potenziale impatto sulle acque sotterranee

In parallelo alla redazione della Relazione Idrogeologica Preliminare deve essere effettuata una valutazione tecnica sulle sostanze gestite all'interno dell'impianto produttivo e sulle loro capacità di contaminare le AS. In prima istanza tutte le sostanze rientranti nelle tabelle 1 e 2 dell'all. 5, Titolo V, Parte Quarta del D.lgs 152/2006 smi e nelle tabelle 1, 2 e 3 dell'all.3 del D.Lgs 30/2009, presenti in forma solubile o comunque contenute in materiali allo stato liquido o semiliquido gestiti all'interno dell'impianto produttivo, concorrono a rendere potenzialmente critico l'impatto sulle AS. Per i materiali solidi la valutazione deve tenere conto delle capacità di lisciviazione delle sostanze contaminanti da parte delle acque meteoriche/dilavanti. Il secondo elemento da valutare è la loro capacità a determinare una contaminazione della falda che sarà espletata tramite una descrizione di dettaglio dei presidi di contenimento delle sostanze contaminanti o dei materiali che le contengono (stoccaggi, impianti di trasferimento esterni ed interrati, impianti di lavorazione etc.), del loro stato di efficacia e di manutenzione, di eventuali controlli/monitoraggi strutturali o di tenuta.

Non necessità di monitoraggio periodico e chiusura del procedimento

Nei casi in cui:

- non siano presenti sostanze contaminanti in forma liquida o contenute in materiali liquidi o semiliquidi;
- le aree di lavoro potenzialmente interessate da ruscellamenti di acque contaminate siano totalmente impermeabilizzate;
- non siano possibili fenomeni di lisciviazione di sostanze contaminanti da materiali solidi;
- siano escluse perdite occulte da stoccaggi e linee di trasferimento;
- siano presenti adeguati protocolli di intervento su fenomeni di sversamento superficiale di sostanze contaminanti o materiali contenenti sostanze contaminanti;
- siano effettuati periodici interventi di controllo/monitoraggio strutturali e di tenuta dei contenitori e delle linee di trasferimento;

Il monitoraggio delle acque sotterranee nei procedimenti di autorizzazione ambientale

si può ritenere esaustiva la documentazione prodotta e, previo sopralluogo per la verifica delle condizioni dichiarate, non sarà necessario procedere ad ulteriori approfondimenti.

Indagini integrative sito specifiche

Nel caso in cui le informazioni non permettano una ricostruzione del modello concettuale idrogeochimico sufficientemente approfondito e ci siano carenze strutturali od operative sui presidi di contenimento, si renderà necessario procedere alla realizzazione di sondaggi stratigrafici eventualmente da completare a piezometro. L'esecuzione dei sondaggi stratigrafici (carotaggio continuo) può essere preceduta da indagini non invasive per definire le ubicazioni più adatte e da sopralluoghi del geologo per valutare le caratteristiche geomorfologiche e idrologiche dell'area. Tali caratteristiche, infatti, forniscono spesso indicazioni preziose sul sottosuolo e AS anche in mancanza di dati stratigrafici. Il completamento a piezometri dei sondaggi è quasi sempre obbligato e consigliabile. Solo in caso di rilevazione di spessori di argille plastiche semiconsolidate su tutto il profilo indagato (profondità minima di indagine di almeno 10 metri), assenza di acqua nel foro e mancanza di chiare evidenze di ricarica idrica, potrà non essere previsto il completamento a piezometro dei sondaggi.

Indagine idrogeologica di dettaglio

Tutte le informazioni acquisite permetteranno di aggiornare la Relazione Idrogeologica Preliminare producendo, attraverso l'esecuzione delle attività riportate nello schema di flusso, la Relazione Idrogeologica di Dettaglio. Questa relazione risulta indispensabile per una corretta conoscenza delle matrici ambientali da indagare e quindi dovrà essere prodotta come elaborato di progetto in tutte le richieste di autorizzazione ambientale connesse a AIA, AUA ed ex art.208 e ex artt.214/215. Per i contenuti di questa relazione e per la descrizione in dettaglio delle operazioni previste si faccia riferimento al già citato documento "*Linee guida per la predisposizione di una rete di monitoraggio delle acque sotterranee in impianti produttivi*" ARPAT 2018. Da tenere presente che nella caratterizzazione quanti-qualitativa delle AS è rilevante la stagionalità del prelievo e quindi qualsiasi anomalia riscontrata deve necessariamente essere valutata su almeno due campionamenti stagionali dove per stagionali, al minimo, si intende il periodo di morbida (lungo periodo di precipitazioni meteoriche) e di magra (assenza di precipitazioni significative per almeno tre mesi). Per questo motivo, normalmente, l'istruttoria autorizzativa si conclude con la prescrizione di procedere al monitoraggio periodico per un limitato periodo di tempo che comprenda almeno una sequenza di magra e di morbida, al termine del quale sarà valutata la necessità di attivazione del monitoraggio periodico definitivo. In caso contrario la rete piezometrica dovrà essere comunque mantenuta funzionante per

Il monitoraggio delle acque sotterranee nei procedimenti di autorizzazione ambientale

le verifiche di fine attività o eventuali campionamenti in concomitanza di eventi eccezionali di potenziale contaminazione che dovessero prodursi nel frattempo.

Monitoraggio periodico permanente

Nel caso in cui il modello idrogeologico risultante dall'attività istruttoria fino a qui realizzata e il quadro ambientale evidenzia la necessità di mantenere un controllo periodico sullo stato di qualità delle AS, anche al fine di evidenziare eventuali trend e tendenze significative che dovessero ritenersi utili all'identificazione precoce di contaminazioni in atto, l'atto autorizzativo (Piano di Monitoraggio e Controllo) potrà essere integrato con l'attivazione del monitoraggio permanente sulle AS; la prescrizione riporterà i punti di campionamento, la frequenza e i parametri da monitorare.

Come indicato dalla normativa vigente, il monitoraggio delle AS è obbligatorio per le aziende AIA con una frequenza minima di cinque anni (art.29 sexies). La frequenza di campionamento delle AS in un impianto produttivo dipende dal modello idrogeologico e idrogeochimico presente. In casi di modelli complessi o di concomitanza di elevata vulnerabilità della falda in impianti ad alto rischio di contaminazione sarebbe opportuna una frequenza di campionamento stagionale, quadrimestrale o trimestrale, che può comunque essere modificata successivamente in caso di interventi di limitazione del rischio. Nei casi in cui il rischio di contaminazione della falda sia minore la frequenza di campionamento può essere ridotta ad annuale ed in tal caso da effettuarsi preferenzialmente nei periodi di magra. Il documento "*Linee guida per la predisposizione di una rete di monitoraggio delle acque sotterranee in impianti produttivi*" ARPAT 2018, a cui si rimanda, suggerisce il protocollo più adatto per l'attuazione delle operazioni di campionamento. Preme sottolineare che la tipologia delle attività preliminari al campionamento e il campionamento stesso deve necessariamente basarsi sui grafici dei tempi di ricarica dei singoli piezometri ricavate dalle prove di pozzo.

Parametri analitici e valutazioni idrogeochimiche

Un aspetto rilevante da mettere in evidenza nel momento in cui si debba valutare lo stato di qualità di un'AS, già noto nell'ambito dei monitoraggi regionali sui corpi idrici significativi in attuazione della direttiva 2000/60, riguarda la natura dei parametri chimici presenti nelle AS. Di per sé l'acqua meteorica che è all'origine dell'alimentazione delle falde sotterranee contiene piccolissime quantità di sali disciolti, essendo il prodotto del processo di evaporazione e successiva condensazione del ciclo idrologico che caratterizza l'idrosfera. Solo dopo l'infiltrazione nel terreno e il continuo contatto con la frazione solida dell'acquifero le acque si arricchiscono di sali e, in funzione degli ambienti chimici presenti nel sottosuolo, acquisiscono specifiche caratteristiche

Il monitoraggio delle acque sotterranee nei procedimenti di autorizzazione ambientale

geochimiche che ne permettono una classificazione e relativa possibilità di distinzione. A tale scopo nelle fasi preliminari della caratterizzazione, oltre ai parametri previsti da normativa, è necessaria l'analisi degli elementi maggiori contenuti nelle AS (anioni come cloruri, solfati, nitrati e carbonati e cationi come sodio, potassio, magnesio, calcio) oltre allo ione ammonio e alla determinazione in campo del potenziale redox. Anioni e cationi maggiori permettono il confronto tra acque mentre ione ammonio e potenziale redox definiscono le condizioni chimico-fisiche presenti in zona satura. Specialmente nei casi in cui le acque oggetto della caratterizzazione appartengono a corpi idrici a medio-bassa permeabilità (acquitardi) è fondamentale il confronto dei risultati analitici tra i diversi punti di campionamento al fine di evidenziare la presenza e continuità di un unico corpo idrico. Nei risultati delle caratterizzazioni effettuate nell'ambito delle istruttorie in provincia di Pisa sono molti i casi in cui le differenze geochimiche tra punti della stessa rete di monitoraggio indicano corpi idrici distinti. In tali casi solo l'associazione tra dati chimici, fisici di campo e idrogeologici (livelli piezometrici, conducibilità idraulica e trasmissività) permette una valutazione corretta dello stato di qualità della matrice indagata. Il deterioramento di tale stato di qualità legato ad attività antropiche è infatti ovvio e facile da individuare quando le sostanze contaminanti sono di natura antropica (antropogeniche) mentre la valutazione è molto più difficile nei casi in cui entrino in gioco nel ciclo produttivo sostanze presenti anche naturalmente (geogeniche) come ad es. metalli, ammoniaca e anioni maggiori. Casi emblematici sono quelli dei monitoraggi delle discariche e dei depuratori dove, tra le sostanze che possono determinare il degrado dello stato di qualità delle AS, sono da annoverare cloruri e metalli, caratteristici dei percolati da rifiuti urbani e industriali e dei reflui trattati. In questi casi sarà solo dopo l'iniziale attività di caratterizzazione idrogeochimica e un primo consistente set di analisi periodiche che si potrà valutare, attraverso l'analisi di trend e variazioni significative, l'eventuale impatto sulle AS.

ESEMPI DI APPLICAZIONE DELLA PROCEDURA PROPOSTA

Il materiale istruttorio e analitico prodotto in 15 anni di attività di supporto tecnico e di controllo disponibile può essere utilizzato per definire i criteri generali sui quali basare le valutazioni per l'applicazione delle disposizioni recentemente introdotte a livello nazionale con il recepimento della direttiva IED (direttiva 75/2010/UE) mediante modifica della parte seconda del Dlgs 152/2006. Tali disposizioni confermano quanto già previsto dalla normativa regionale toscana sulla necessità di un monitoraggio delle matrici suolo e sottosuolo in prossimità delle attività produttive a rischio che permetta l'identificazione precoce di eventuali contaminazioni di tali matrici prevenendo il trasferimento della contaminazione verso recettori ambientali

Il monitoraggio delle acque sotterranee nei procedimenti di autorizzazione ambientale

e umani. Le reti di monitoraggio così attivate e gestite in autocontrollo dai singoli proponenti (gestori attività produttive) integrano la rete di monitoraggio regionale dei singoli corpi idrici contribuendo a formare un modello concettuale di estremo dettaglio delle caratteristiche idrogeochimiche delle AS. A tal fine il presente documento è uno strumento utilizzabile nell'ambito della definizione di linee guida per l'applicazione dell'art.29 sexies comma 6 bis del citato decreto.

Nella tabella seguente sono riassunte tutte le reti di monitoraggio attive o in corso di attivazione in impianti produttivi della provincia di Pisa. Oltre alle reti di monitoraggio proprie delle autorizzazioni ambientali precedentemente trattate, nell'elenco sono presenti anche le reti di monitoraggio legate alla normativa sulle discariche (D.lgs n.36/2003) dove il monitoraggio delle AS è obbligatorio e altre tipologie di impianti come ad es. le cave nei casi siano state oggetto di smaltimento di rifiuti. Nel computo non sono riportati i siti in bonifica con rete di monitoraggio di piezometri installati con finalità di caratterizzazione ambientale ai sensi del Titolo V, Parte Quarta del D.lgs n.152/2006 a meno che tali siti non siano attività oggetto di autorizzazione ambientale.

Tabella 1. Siti produttivi con rete di monitoraggio AS attiva

	Gestione rifiuti	Depuratori acque reflue	Altre attività produttive	Discariche attive/post mortem	Discariche dismesse	Attività estrattive	TOTALI
n.siti	52	6	15	9	13	2	97
n.piez.	177	23	62	62	88	12	424

E' evidente come le attività di gestione dei rifiuti costituiscano una delle tipologie di impianti produttivi maggiormente soggette al controllo delle AS. Il numero complessivo dei piezometri installati, pur rientrando nell'ambito del sistema degli auto-controlli, rende conto dell'impegno profuso nelle fasi istruttorie relative alla valutazione della documentazione accessoria e dei successivi controlli e sopralluoghi per la verifica della corretta applicazione dei protocolli e procedure prescritti nell'atto di autorizzazione ambientale.

Uno dei primi e più rilevanti effetti dell'applicazione delle misure per il monitoraggio delle AS è stata l'identificazione di contaminazioni non note ancora in corso di allargamento. I risultati dei primi campionamenti delle acque di falda su piezometri appositamente realizzati a seguito di prescrizione in sede di autorizzazione ambientale in uno stabilimento chimico di produzione di

Il monitoraggio delle acque sotterranee nei procedimenti di autorizzazione ambientale

farmaci hanno permesso di rilevare una estesa contaminazione da benzene e clorobenzene nel sottosuolo dell'area dello stabilimento. La contaminazione era sviluppata su un pennacchio di contaminazione che aveva origine dal dismesso e "dimenticato" parco serbatoi interrati dove erano stoccati i solventi utilizzati in passato nell'attività produttiva. Il contaminante presente in maggiori quantità è il clorobenzene che immesso in falda, attraverso spillamenti dagli involucri deteriorati dei vecchi serbatoi, solubilizzava degradando in parte a benzene. Il rinvenimento della contaminazione ha permesso l'attivazione delle opportune misure di messa in sicurezza d'emergenza (MISE) con la rimozione dei vecchi serbatoi e dei residui di sostanze contaminanti ancora presenti e la realizzazione di un sistema di barrieramento idraulico, realizzato in forma di MISO, per interrompere la diffusione della contaminazione in falda. Al momento la MISE è completata e l'area del parco serbatoi interamente bonificata e ripristinata mentre la barriera idraulica è funzionante e la diffusione della contaminazione tenuta sotto controllo tramite il monitoraggio periodico, in attesa della progettazione di interventi risolutivi.

Una situazione analoga è stata rinvenuta nella zona industriale di Santa Croce sull'Arno, in uno stabilimento chimico nel quale sono stoccate e in parte recuperate sostanze utilizzate nel Distretto Conciario. Anche in questo caso un vecchio parco serbatoi interrati, già rimosso da tempo, è all'origine di un pennacchio di contaminazione di tricloroetilene e suoi prodotti di degradazione. Solo grazie alle basse permeabilità dei terreni presenti in zona satura, l'estensione del pennacchio è al momento limitata a poche centinaia di metri. E' stata attivata una MISO che prevede l'estrazione delle acque dalla porzione più contaminata dell'acquifero, il loro trattamento su carboni attivi e il riutilizzo nel ciclo produttivo. L'intervento ha permesso di dismettere il vecchio pozzo artesiano ad uso industriale dell'impianto con un notevole risparmio sia in termini di costo diretto della risorsa idrica sia dei costi del necessario trattamento per l'eliminazione di ferro e manganese a cui doveva essere soggetta l'acqua emunta.

Da citare, infine, il caso in cui il processo di valutazione della necessità di attivazione del monitoraggio periodico si sia completato con la realizzazione dei piezometri che risultano essere a ricarica nulla. In questa situazione, verificata in due soli casi, il monitoraggio periodico avviene mediante verifica dell'assenza di battente idrico nei tubi piezometrici. Ovviamente dopo aver accertato mediante l'analisi del modello concettuale derivato dalla caratterizzazione idrogeologica che i piezometri siano attestati all'interno della zona satura del sottosuolo.

BIBLIOGRAFIA

ARPAT (2018). *Linee guida per la predisposizione di una rete di monitoraggio*

Il monitoraggio delle acque sotterranee nei procedimenti di autorizzazione ambientale

delle acque sotterranee in impianti produttivi. www.arpat.toscana.it

Celico P. (1986). *Prospezioni idrogeologiche*. Liguori ed., Napoli.

Civita M. (2005). *Idrogeologia applicata e ambientale*. Casa Editrice Ambrosiana.

Di Molfetta A., Sethi R. (2012). *Ingegneria degli acquiferi*. Springer-Verlag, Italia.

Franceschini F., Bonfanti A (2020). *Il monitoraggio delle acque sotterranee nei procedimenti di autorizzazione ambientale*. *Il Geologo*, Ordine dei Geologi della Toscana, Anno XXXI, dicembre 2020, n.113.

Freeze A., Cherry J.A. (1979). *Groundwater*. Prentice-Hall, 1979

Fetter C.W., Boving T., Kremer D. (2017). *Contaminant Hydrogeology*. Waveland Press, Inc.

Francani V. (2014). *Idrogeologia ambientale*. Casa Editrice Ambrosiana, Zanichelli 2014.