

# ESPERIENZE DELLA TOSCANA SUI VALORI DI FONDO NATURALE

ARPA TOSCANA HA CONDOTTO ALCUNE ESPERIENZE SULLA DETERMINAZIONE DI VALORI DI FONDO NATURALE, A PARTIRE DA QUANTO PROPOSTO NEL PROTOCOLLO ISPRA 2009 E NEL RECENTE PROGETTO DI RICERCA GEOBAS. I RISULTATI EVIDENZIANO ALCUNE CRITICITÀ RISCOSE NELL'APPLICAZIONE DEI PROTOCOLLI AD AMBITI ESTESI.

Come è noto in particolari contesti geochimici alcune sostanze originate da processi naturali possono costituire un fondo naturale elevato e che eccede le soglie normative per la qualità delle acque sotterranee. La direttiva sulle acque sotterranee 2006/118/CE [1] consente in questi casi di assumere, per la definizione del buono stato chimico, il *valore di fondo* (VF) definito come la “concentrazione di una sostanza o il valore di un indicatore in un corpo idrico sotterraneo, corrispondente all'assenza di alterazioni antropogeniche, o alla presenza di alterazioni estremamente limitate, rispetto a condizioni inalterate”, concetto che è ripreso inalterato nel Dlgs 30/2009 [2].

La norma ISO 19258 [3] sulla determinazione dei valori di fondo per la qualità del suolo distingue il contenuto di esclusiva origine naturale o *pedogeochimico*, da un più generale contenuto di *fondo* comprendente le fonti antropiche di tipo diffuso. In contesti fortemente antropizzati, infatti, sorgenti mobili estese o molto numerose sono in grado di determinare un *fondo ambientale* omogeneo, indistinguibile, almeno da un punto di vista statistico, da un pregresso *fondo naturale*.

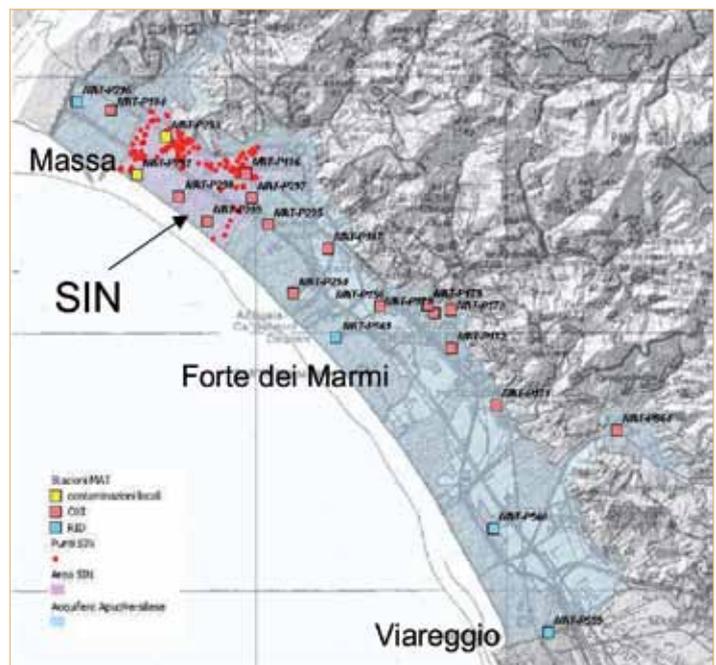
Nel monitoraggio ambientale delle acque sotterranee sarà il *fondo naturale* a costituire obiettivo e misura del buono stato chimico e se si escludono, in linea teorica, situazioni di locale contaminazione, i valori attesi saranno inoltre sempre compresi nel fondo ambientale.

Nella bonifica di un sito contaminato, invece, un fondo ambientale dato da fonti diffuse, non note e comunque estranee al perimetro del sito, potrebbe invece costituire l'unico possibile obiettivo di bonifica locale.

Paragonabile a un valore di fondo ambientale il *livello di base* della stessa 2006/118/CE, calcolato dal valore medio misurato nei programmi di monitoraggio durante gli anni 2007 e 2008, rappresenta

FIG. 1  
ACQUE SOTTERRANEE

Toscana, SIN di Massa, dati del monitoraggio regionale MAT del corpo idrico alluvionale e costiero della Versilia e Riviera Apuana (2002-2006), con indicate condizioni redox e situazioni di locale contaminazione [6].



il riferimento per l'individuazione di tendenze significative e durature all'aumento delle concentrazioni di inquinanti.

## Metodologie e casi di studio

### Protocollo Ispra (2009)

Il *Protocollo per la definizione dei valori di fondo per le sostanze inorganiche nelle acque sotterranee* [4] elaborato da Ispra nel 2009 – benché derivato da una richiesta del ministero per l'Ambiente, la tutela del territorio e del mare (MATTM) per i *siti contaminati di interesse nazionale* (SIN) di Livorno, Massa e Piombino e pur avvertendo le difficoltà di determinare valori di fondo naturale in contesti fortemente impattati – assume in ultimo la definizione di valore di fondo essenzialmente naturale indicata dalla 2006/118/CE.

Il protocollo segue molte delle indicazioni della proposta europea Bridge [5] e prevede la formulazione di un

modello concettuale che, combinando le informazioni relative all'assetto geologico/idrogeologico e alla valutazione delle pressioni antropiche, fornisce gli elementi necessari alla selezione di punti d'indagine idonei per lo studio delle concentrazioni di fondo.

La procedura seguita da Arpa Toscana nelle applicazioni del protocollo nei SIN toscani ([6], [7], [8]) ha sempre previsto il confronto di due gruppi di dati: quelli derivanti dalle caratterizzazioni dei siti contaminati nelle aree SIN e quelli derivanti dalle campagne di “bianco”, condotte all'esterno. Dove disponibili sono stati utilizzati, come ulteriore gruppo di “bianco”, anche i dati del monitoraggio ambientale delle acque sotterranee (MAT) su corpi idrici che insistono in aree SIN.

Le esperienze hanno evidenziato la frequente necessità di separare sottogruppi per condizioni redox (figura 1), osservando anche come, tra indicatori

redox quali ferro, manganese e ossigeno disciolto, il manganese assicura una maggiore affidabilità in condizioni non ottimali di prelievo. In quei casi, infatti, il ferro è apparso in difetto, forse per una più rapida precipitazione, mentre l'ossigeno in eccesso, per sovraesposizione. Altro elemento critico ha riguardato la soglia di non naturalità indicata dal protocollo relativa a un valore molto ridotto di 10 mg/l, innalzata a 25 mg/l.

Il valore di fondo naturale derivato dal 95° percentile della distribuzione normale o log-normale, verificata su di un numero solitamente contenuto di punti di *bianco*, è stato confrontato con le più numerose determinazioni SIN, tramite diagrammi di frequenza cumulata, ricercando la corrispondenza tra la prima discontinuità nella curva di frequenza SIN e il 95° percentile dei gruppi di *bianco*.

Il protocollo è stato testato anche per la definizione di valori di fondo per i corpi idrici sotterranei significativi della rete di monitoraggio regionale [9].

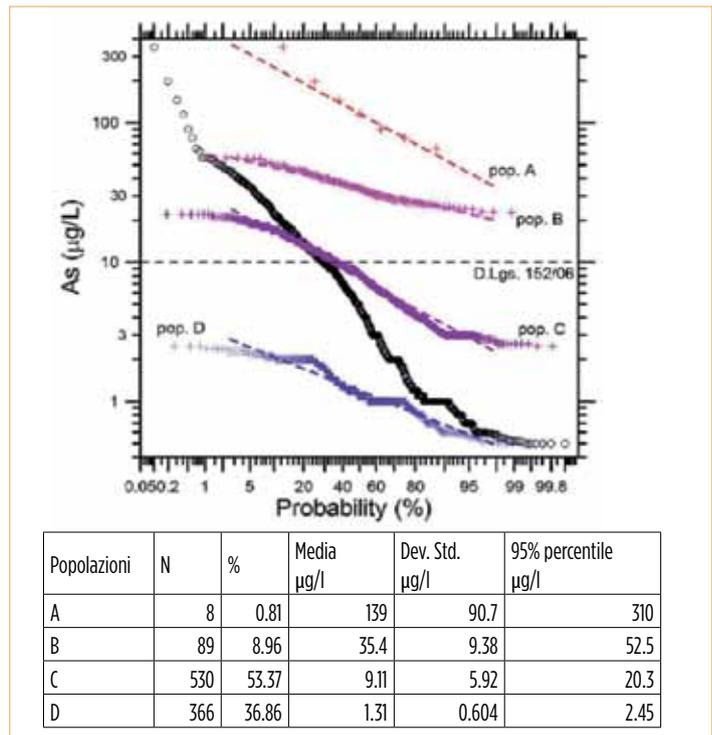
Sebbene in molti casi sia possibile individuare e verificare valori di fondo per raggruppamenti di corpi idrici in contesti geologici e geochimici omogenei, alcune sostanze, e tipicamente i solfati, hanno evidenziato notevoli differenze tra stazioni di uno stesso corpo idrico, impedendo il riconoscimento di una qualsiasi distribuzione omogenea nello stesso corpo idrico.

È stato notato, d'altra parte, come le



FIG. 2  
ACQUE SOTTERRANEE

Diagramma di probabilità in scala logaritmica per le concentrazioni di arsenico disciolto nelle acque dei corpi idrici sotterranei significativi toscani (MAT). Le croci e le linee di diverso colore si riferiscono alle singole popolazioni separate tramite il metodo di Sinclair e delle quali sono riportati i relativi parametri statistici.



stesse stazioni più mineralizzate, anche provenienti da corpi idrici diversi e responsabili della forte disomogeneità, sembrano riconoscersi in gruppi "trasversali" omogenei e con proprio valore di fondo.

#### Progetto GeoBasi

Come studio propedeutico alla determinazione di valori di fondo naturale il Progetto GeoBasi [10] ha applicato ai dati di monitoraggio ambientale delle acque sotterranee delle rete regionale (MAT) il metodo della partizione delle frequenze su diagrammi di probabilità come riportato in *figura 2*. Le popolazioni ottenute, caratterizzate ciascuna in termini di media, deviazione standard e 95° percentile quale potenziale indicatore del livello di fondo, si basano su tutti i valori superiori al limite di determinazione senza preselezione, raggruppamento e media.

Le stesse mappe realizzate dal GeoBasi, classificando le stazioni sulla base delle medie, mettono in evidenza che per uno stesso corpo idrico – rappresentante, in linea teorica, un contesto omogeneo –, si ottengono, di norma, più classi di potenziali livelli di fondo. Considerata l'assenza di preselezione, queste classi potranno corrispondere a più *facies* geochimiche naturali come alla presenza di situazioni di contaminazione sia diffuse che puntuali.

Proprio in direzione di una verifica dell'effettiva rappresentatività dei livelli di fondo espressi dalle singole stazioni

rispetto al corpo idrico di appartenenza, Arpa Toscana ha ulteriormente approfondito i risultati del GeoBasi aggregando i valori per stazione, corpo idrico e periodi temporali successivi 2004-2007 e 2008-2011, utilizzando la statistica della mediana, più robusta nei confronti di possibili *outlier*.

Le soglie già risultate al Progetto Geobasi per la partizione delle frequenze si sono verificate anche per i valori mediani attribuibili alle corrispondenti classi di livelli di fondo (A-F). L'aggregazione dei dati, che per uniformità con i risultati del Geobasi ha riguardato i soli valori positivi, oltre a bilanciare stazioni con minore o maggiore disponibilità di dati, ha permesso dunque il confronto di livelli di fondo, tra stazione e corpo idrico, e tra periodi successivi in una stessa stazione.

Parallelamente sono state "segnalate" situazioni di potenziale contaminazione nei seguenti casi:

- concentrazioni di nitrati > 50 mg/l
- concentrazioni di NaCl > 1 g/l
- concentrazioni di contaminanti organici superiore al valore soglia DlgS 30/2009
- livelli di fondo che variano tra i periodi 2004-2007 e 2008-2011.

Le stazioni con livello di fondo superiore al corpo idrico e nessuna segnalazione sono state quindi riconosciute come *stazioni di fondo naturale locale*.

Le stazioni segnalate con livello di fondo superiore al corpo idrico sono state invece puntualmente verificate, dove possibile in termini di significatività statistica, sulla presenza di *trend* non stazionari e/o

effettiva correlazione tra contaminazione e tenore elevato di fondo naturale. Considerato che in stazioni segnalate non è sicuro che le alterazioni antropiche portino necessariamente a incrementi delle sostanze di fondo naturale, in assenza di riscontri effettivi sono state riconosciute, anche qui, ulteriori situazioni di fondo naturale locale.

Ne risulta, come visibile in figura 3, un quadro complesso, con pochi corpi idrici con fondo naturale in generale eccesso sul valore soglia e più numerose stazioni con fondo naturale superiore al corpo idrico. Situazioni, queste ultime, di interesse e da approfondire per gli aspetti geologici e geochemici, ma che certo contrastano con i requisiti di unitarietà e omogeneità, anche sotto il profilo chimico, alla base della definizione stessa di corpo idrico.

## Conclusioni

Le esperienze di Arpa Toscana sulla definizione di valori di fondo naturale in acque sotterranee derivano in massima parte dall'applicazione del protocollo Ispra del 2009, osservando che, per quanto destinato a siti contaminati inseriti in contesti fortemente antropizzati, si limita alla definizione del solo fondo naturale, senza dare, al momento, strumenti per affrontare l'altro valore di fondo inclusivo dell'inquinamento diffuso o *ambientale*. Le applicazioni del protocollo hanno evidenziato l'importanza della separazione per *facies redox* e più in generale *idrochimica* e l'utilità di un confronto del fondo ottenuto dai pochi campioni delle aree esterne, con i più numerosi dati interni al sito. La metodologia del protocollo è stata applicata a scala più generale per la determinazione dei valori di fondo nei corpi idrici del monitoraggio regionale, mettendo in evidenza alcune disomogeneità, come nel caso tipico dei solfati, con necessaria assunzione di valori di fondo naturale *locale*. Un quadro ancor più analitico, ricco di fondi naturali locali degni di approfondimenti geochemici, ma anche molto eterogeneo e frammentato nei riguardi dei corpi idrici regionali, è risultato dalle metodiche messe in campo dal Progetto Geobasi e successivamente approfondite e applicate da Arpa Toscana

**Stefano Menichetti**

Arpa Toscana

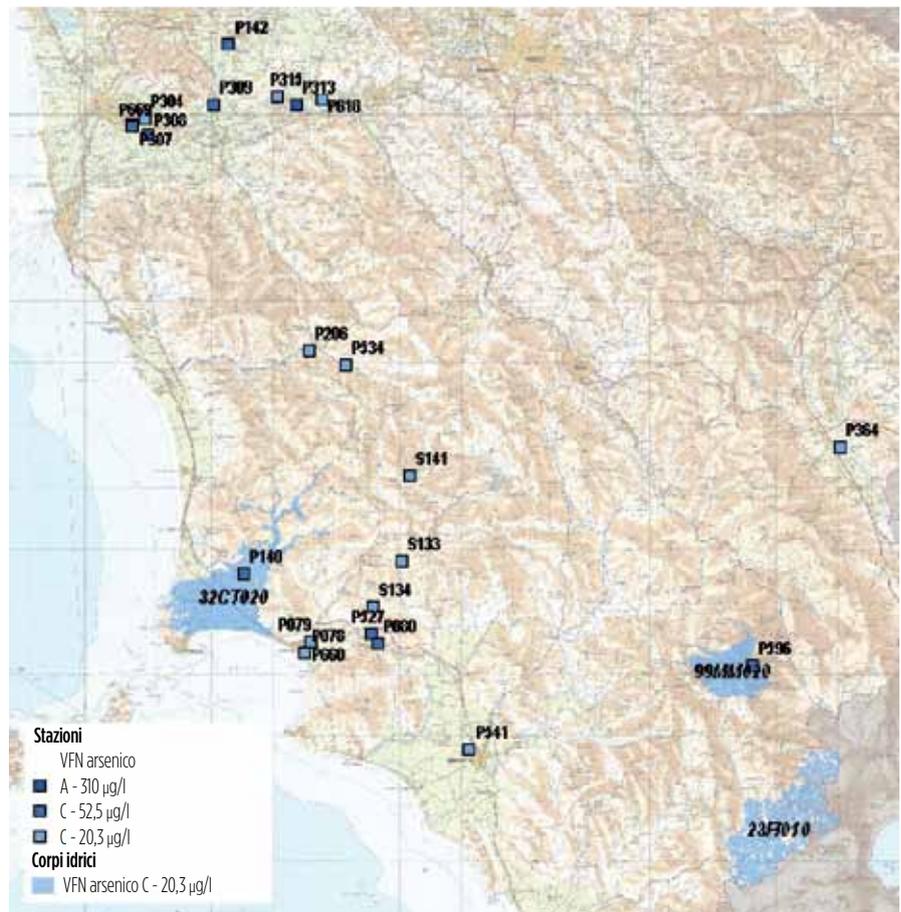


Fig. 3 Distribuzione geografica di corpi idrici e stazioni del monitoraggio regionale MAT con livelli di fondo generali e locali in eccesso sul valore soglia di 10 µg/l.

## BIBLIOGRAFIA

1. Direttiva 2006/118/CE sulla protezione delle acque sotterranee dall'inquinamento e dal deterioramento.
2. Decreto legislativo 16 marzo 2009, n. 30, attuazione della direttiva 2006/118/CE.
3. UNI CEI EN ISO/IEC 19258, 2011 Norma europea *Qualità del suolo: guida alla determinazione dei valori di fondo*. 2011.
4. ISPRA, 2009 *Protocollo per la definizione dei valori di fondo per le sostanze inorganiche nelle acque sotterranee*. <http://www.apat.gov.it/>
5. Muller D., Blum A., Hart A., Hookey J., Kunkel R., Scheidleder A., Tomlin C., Wendland F., 2006: *Final Proposal for methodology to setup groundwater threshold values in Europe*, Deliverable D18, BRIDGE project, 63 p., [www.wfd-bridge.net](http://www.wfd-bridge.net).
6. ArpaT 2009: *Definizione dei valori di fondo per alcuni parametri nelle acque sotterranee nei siti di interesse nazionale di Massa Carrara, Livorno e Piombino*. <http://www.arpato.toscana.it/>
7. ArpaT, 2010: *Definizione dei valori di fondo per alcuni parametri nelle acque sotterranee nel sito di interesse nazionale di Grosseto* <http://www.arpato.toscana.it/>
8. ArpaT, 2011: *Definizione dei valori di fondo per alcuni parametri nelle acque sotterranee nel sito di interesse nazionale di Orbetello, Grosseto*
9. Menichetti S., Boni S., *Natural Background Level in Tuscan Groundwater Bodies Monitored for Water Framework Directive 2000/60*. 85° Congresso Società geologia italiana; sessione 14 "L'inquinamento da fonti naturali: stato dell'arte e prospettive delle ricerche", Pisa 6-8 Settembre 2010.
10. Buccianti A., Macera P., Marini L., Protano G. e Raco B., 2011. Progetto GeoBasi Toscana, Piano regionale di azione ambientale, PRAA 2009, Obiettivo E "Tutela della risorsa idrica".