

## IL RUOLO DELLA GEOCHIMICA NELLA NORMATIVA AMBIENTALE

Giornata di studio Società Geochimica Italiana – IGG CNR – Università di Pisa

**Dove:** Aula Magna "F.lli Pontecorvo" (edificio E, Area Pontecorvo), Via Buonarroti

**Quando:** Mercoledì 23 Novembre 2016

**Note:** Richiesti crediti formativi

9:30 - 10:00 **Iscrizione e caffè di benvenuto**

10:00 - 10:30 Presentazione Istituto Geoscienze e Georisorse, CNR (IGG).

*Antonello Provenzale Direttore IGG-CNR*

Presentazione della Società Geochimica Italiana. *Marino Vetuschi Zuccolini Segretario del Consiglio di Presidenza Società Geochimica Italiana*

Presentazione dell'Ordine dei Geologi della Toscana. *Maria Teresa Fagioli Presidente OGT*

10:30 – 10:45 *Natura e prescrittività delle c.d. norme tecniche: quando il diritto si misura con la scienza*

*Ilaria Lolli (Dipartimento di Giurisprudenza - UNIPI)*

10:45 – 11:00 *Come proteggere geologi, geofisici e geochimici che lavorano su problematiche ambientali da controversie legali?*

*Luigi Marini (Geologo, consulente ambientale)*

11:00 – 11:15 *La definizione del Valore di Fondo, normative a confronto e casi applicativi*

*Stefano Menichetti (ARPAT Firenze)*

11:15 – 11:30 **Pausa caffè**

11:30 – 12:00 *Terremoti e responsabilità penale. Riflessioni tra comunicazione del rischio e (im)prevedibilità dell'evento*

*Cecilia Valbonesi (Dipartimento di Scienze Giuridiche - UNIFI)*

12:00 – 12:15 *Non linearità, caos e complessità: le dinamiche dei sistemi naturali e la staticità della normativa*

*Antonella Buccianti (Dipartimento Scienze della Terra - UNIFI)*

12:15 – 12:30 *Bonifica area mineraria di Abbadia San Salvatore: Spunti di riflessione sui valori di fondo ambientale*

*Daniele Rappuoli (Responsabile Bonifica Miniera Abbadia S.S.) e*

*Francesco Bianchi (Geologo)*

12:30 – 12:45 *GEOBASI: il database geochimico regionale per la valutazione dei valori di fondo*

*Manuela Corongiu (LaMMA)*

12:45 – 13:00 *La geochimica applicata alle attività di controllo ambientale*  
Fabrizio Franceschini (ARPAT Pisa)

13:00 – 14:00 **Pranzo buffet**

14:00 – 14:15 *Una sorgente sconosciuta di Boro nelle acque di falda dell'aretino: quando la normativa si scontra con i possibili limiti delle indagini ambientali*  
Orlando Vaselli (Dipartimento Scienze della Terra - UNIFI)

14:15 – 14:30 *Il fingerprinting chimico-isotopico in ambito forense: il riconoscimento delle contaminazioni da percolato*  
Raffaele Battaglini (Geologo, Terrelogiche Srl)

14:30 – 14:45 *Contesto normativo e sorgenti di contaminazione da EPT. Alcuni esempi*  
Riccardo Petrini (Dipartimento Scienze della Terra - UNIFI)

14:45 – 15:00 *Composti organici volatili: il delicato rapporto tra normativa e metodi di misura* Franco Tassi (Dipartimento Scienze della Terra - UNIFI)

15:00 – 15:15 *La geochimica a supporto dell'analisi di rischio di siti contaminati complessi: il caso di Perdasdefogu*  
Ilaria Minardi (Ingegnere, West Systems Srl)

15:15 – 15:30 *Biostabilizzazione aerobica in situ di discariche per RSU: definizione e verifica delle metodiche di raggiungimento mineralizzazione*  
Emiliano Paoletti (Ingegnere, Raft Srl)

15:30 – 15:45 *Come un rigoroso approccio idrogeochimico potrebbe evitare errori di valutazione nella fase di autorizzazione di una discarica*  
Marco Doveri (IGG-CNR)

15:45 - 16:45 **Discussione e fine lavori**

## BREVI RIASSUNTI DEGLI INTERVENTI PREVISTI

### **Ilaria Loli. Natura e prescrittività delle c.d. norme tecniche: quando il diritto si misura con la scienza.**

Con la sentenza n.61/1997 la Corte costituzionale chiariva per la prima volta in maniera esplicita cosa dovesse intendersi per «norme tecniche», affermando che dovessero intendersi per tali le prescrizioni «elaborate generalmente sulla base dei principi desunti dalle c.d. “scienze esatte” o dalle arti che ne sono applicazione (come, ad esempio, le prescrizioni che individuano standards qualitativi o metodologie di rilevazione dati e/o di trattamento materiali)».

Da tempo peraltro si distingue, anche sulla scorta delle definizioni fornite a livello europeo (cfr. ad esempio la direttiva n.83/189/CEE ed il regolamento n.1025/2012), fra quelle «norme tecniche» che, essendo vere e proprie norme giuridiche di fonte pubblicistica, sono dotate di efficacia prescrittiva e debbono pertanto essere obbligatoriamente osservate e quelle che, pur adottate da organismi riconosciuti ed abilitati, contengono precetti ad osservanza volontaria e non obbligatoria.

Dal fatto che un precetto a contenuto tecnico sia o meno incorporato in una norma giuridica derivano, come è intuibile, interrogativi diversi.

Parlando delle norme tecniche ad efficacia vincolante, ci si può infatti interrogare se esistano meccanismi in grado di consentire una rapida incorporazione dei risultati raggiunti dalla ricerca scientifica e tecnologica in norme giuridiche, in modo che il diritto riesca a ‘tenere il passo’ con la scienza.

Quanto alle norme tecniche alle quali non è obbligatorio conformarsi, due sono invece le questioni che emergono in particolare. Da un lato si può infatti discutere di quale sia l’efficacia di tali norme che, come detto, non contengono precetti vincolanti; dall’altro lato, se sia possibile – e se del caso, attraverso quali strumenti – conferire loro quella efficacia prescrittiva di cui sarebbero altrimenti prive.

### **Luigi Marini. Come proteggere geologi, geofisici, geochimici che lavorano su problematiche ambientali da controversie legali?**

Quattro ricercatori che lavorano in geochimica ambientale presso il Dipartimento di Scienze Ambientali dell’Università di Siena, il Prof. Francesco Riccobono, il Dr. Giuseppe Protano, il Dr. Luigi Antonello Di Lella ed il Dr. Fabio Baroni, sono stati recentemente coinvolti in un caso di vera e propria persecuzione giudiziaria.

Nel dicembre 2002, il Ministero della Difesa dette incarico al Dipartimento di Scienze Ambientali dell’Università di Siena di eseguire uno studio geochimico-ambientale nel poligono sperimentale di addestramento interforze del Salto di Quirra (PISQ). Precedentemente, i ricercatori senesi avevano effettuato studi geochimici in aree del Kosovo dove vennero utilizzati proiettili e bombe di uranio impoverito, acquisendo una considerevole esperienza sull’impatto ambientale da esso causato, come documentato da numerosi lavori su riviste internazionali.

Lo studio geochimico-ambientale del PISQ venne focalizzato sulla distribuzione dell’uranio ed altri elementi pesanti tossici nei suoli, ma vennero investigati anche sedimenti fluviali attivi, acque naturali e piante coltivate e spontanee. Purtroppo, in contrasto con le aspettative di diversi abitanti della zona, i ricercatori senesi non trovarono alcuna evidenza sulla presenza di uranio impoverito nella zona esaminata.

Successivamente, lo studio dei ricercatori senesi venne duramente contestato dal Procuratore della Repubblica di Lanusei, Dr. Domenico Fiordalisi, assistito per gli aspetti tecnici principalmente dal Prof. Evandro Lodi Rizzini, professore ordinario di fisica dell'Università di Brescia, già membro del CERN di Ginevra. I ricercatori senesi vennero indagati per il reato di "omissione dolosa aggravata di cautele contro infortuni e disastri". In particolare, essi vennero accusati di:

- (a) non aver denunciato "il grave pericolo delle anomale concentrazioni di torio riscontrate nelle aree ad alta intensità militare"
- (b) di essersi serviti di "tutte le conoscenze raggiunte in Kosovo ... negli anni 2002 e 2003 sulla ricerca nel terreno di uranio impoverito, per utilizzare nel PISQ metodi che di fatto impedivano di evidenziare la eventuale presenza di residui di uranio impoverito".

Per quanto riguarda il punto (a), al PISQ non vi è alcuna anomalia di torio, in quanto i contenuti di questo elemento chimico nei suoli locali sono confrontabili con i valori trovati in altre aree della Sardegna ed altrove, in contesti geologici analoghi. Per quanto riguarda il punto (b), è totalmente diverso, in termini di tattiche di esplorazione geochimica, studiare una piccola area in cui è noto che sono stati usati proiettili di uranio impoverito e sono visibili i crateri di esplosione, come in Kosovo, e indagare una vasta area, in cui non si sa se i proiettili di uranio impoverito sono stati utilizzati o meno, come al PISQ. Purtroppo, il consulente tecnico della Procura della Repubblica di Lanusei non era in grado di comprendere questi aspetti, ben noti ad un geochimico, ed ha anche fatto alcuni errori imbarazzanti.

Incidentalmente, il Procuratore della Repubblica di Lanusei accusò anche:

- otto alti ufficiali, che si sono succeduti come comandanti del PISQ, il responsabile del servizio di prevenzione e protezione del PISQ, ed i tre membri della Commissione del Ministero della Difesa, per il reato di "omissione dolosa aggravata di cautele contro infortuni e disastri"; tre generali vennero accusati anche per i reati di "omissione di atti di ufficio dovuti per ragioni di igiene e sanità" e "ostacolo aggravato alla difesa di un disastro";
- due chimici della SGS Italia S.p.A., per i reati di "falsità ideologica aggravata in atto pubblico" e di "ostacolo aggravato alla difesa di un disastro";
- il medico competente del PISQ, per i reati di "omissione dolosa aggravata di cautele contro infortuni e disastri", "omissione di atti di ufficio per motivi di igiene e sanità", "ostacolo aggravato alla difesa di un disastro" e di "favoreggiamento aggravato";
- il sindaco del Comune di Perdasdefogu, per i reati di "ostacolo aggravato alla difesa di un disastro" e di "favoreggiamento aggravato".

Il giorno 11 marzo 2013, il Giudice per le Indagini Preliminari (GIP), Dr. Nicola Clivio, ha nominato un Consulente Tecnico di Ufficio (CTU), nella persona del Prof. Mario Mariani, Coordinatore della Sezione di Ingegneria Nucleare del Dipartimento di Energia del Politecnico di Milano, ponendogli una serie di quesiti volti a valutare lo stato ambientale del PISQ e l'operato delle persone coinvolte nella vicenda, fra cui i ricercatori senesi.

Dopo un accurato studio comprendente la raccolta ed analisi di 125 campioni di suoli, 29 campioni di terreni da carotaggi, e 7 campioni di acque, nonché la interpretazione dei nuovi dati acquisiti e di quelli precedenti, il 3 giugno 2014 il perito del GIP ha depositato la Relazione Peritale presso il Tribunale di Lanusei, concludendo fra l'altro che:

- "sulla base dei campioni di suolo ed acque prelevati, non siamo in presenza di un disastro ambientale";
- "i valori dei diversi parametri ottenuti nel corso di questa campagna analitica non sembrano discostarsi molto dai valori riscontrati durante le precedenti indagini analitiche";

- “i risultati analitici relativi alle sostanze radioattive (Uranio e Torio) mostrano valori che non evidenziano scostamenti significativi rispetto a valori generali di fondo ambientale e di rapporto isotopico e quindi non possono essere con assoluta certezza riconducibili all’impiego di specifici sistemi d’arma (missili Milan, proiettili all’uranio impoverito)”. In particolare il CTU ha riconosciuto che i ricercatori senesi hanno operato in modo congruo ed in linea con gli standard scientifici della comunità geochimica internazionale.

Finalmente, il giorno 11 luglio 2014, il GIP ha prosciolto i ricercatori senesi, e la maggior parte degli altri imputati, con formula piena, ossia “perché il fatto non sussiste”. Sono stati rinviati a giudizio solamente otto alti ufficiali per “omissione dolosa aggravata di cautele contro infortuni e disastri”. Il processo è tuttora in corso.

Per quanto riguarda i ricercatori senesi, da un lato possono essere soddisfatti del lieto fine, d’altro lato la vicenda ha avuto effetti devastanti dal punto di vista psicologico, professionale ed economico. Cosa fare per evitare che si ripetano analoghi episodi persecutori?

Esiste un ordinamento sportivo, autonomo ed indipendente, munito di propri statuti e regolamenti nonché di propri organi di giustizia sportiva. Sarebbe auspicabile fare qualcosa di simile per chi si occupa di scienza e in particolare di scienze della terra e dell’ambiente. Perlomeno potrebbe essere costituito un comitato di garanti, comprendente esperti di scienze della terra, per vagliare la fondatezza delle accuse e la congruità scientifica dell’operato degli accusati, prima che la giustizia ordinaria faccia il suo corso.

Dal punto di vista economico, si potrebbe pensare a forme di assicurazione per compensare le spese legali ed i danni professionali e di immagine. L’Università di Siena ha un ufficio legale e contenzioso. Esiste la stessa tutela per gli altri enti di ricerca? E per i geologi professionisti?

### **Stefano Menichetti. La definizione del Valore di Fondo, normative a confronto e casi applicativi**

La determinazione dei valori di fondo (VF) è più volte richiamata nella normativa ambientale italiana in quanto possono costituire dei valori di riferimento sostitutivi da cui dipende la gestione operativa delle matrici interessate.

- Terre e Rocce da Scavo: l’idoneità per il riuso dei materiali di risulta provenienti da attività od opere soggette a VIA o AIA è data dalla conformità alle CSC dei siti di produzione e destinazione, salvo la possibilità di imputare i superamenti delle CSC al fondo naturale nel sito di produzione. Nell’ipotesi di utilizzo in sito diverso da quello di produzione, anche nel sito di destinazione si dovranno verificare caratteristiche analoghe del fondo naturale.
- Siti Contaminati: la definizione dei valori di fondo è richiamata all’art. 240 c.1: “Nel caso in cui il sito potenzialmente contaminato sia ubicato in un’area interessata da fenomeni antropici o naturali che abbiano determinato il superamento di una o più concentrazioni soglia di contaminazione (CSC), queste ultime si assumono pari al valore di fondo esistente per tutti i parametri superati”.
- Inquinamento Diffuso: le Regioni disciplinano con appositi piani gli interventi di bonifica e ripristino ambientale per le aree caratterizzate da inquinamento diffuso sono disciplinate dalle Regioni con appositi piani. L’inquinamento diffuso, definito come “contaminazione o le alterazioni chimiche, fisiche o biologiche delle matrici ambientali determinate da fonti diffuse e non imputabili ad una singola origine” è riassumibile in una popolazione di fondo con relativo valore.

- Stato Chimico dei Corpi Idrici: le regioni adottano gli standard di qualità ambientale definiti a livello comunitario e i valori soglia stabiliti a livello nazionale. Le regioni limitatamente alle sostanze di origine naturale possono sostituire i valori soglia con valori di fondo naturale. Si tratta di definire valori di fondo naturale alla scala di corpo idrico.

Per quanto riguarda la metodologia, a livello nazionale sono disponibili due linee guida redatte da APAT-ISS (2006) ed ISPRA (2009) che riguardano il solo contesto del fondo naturale e dei procedimenti sui siti contaminati, la prima sulle matrici di suolo e sottosuolo, mentre la seconda sulle acque sotterranee.

L'esperienza maturata negli anni dal sistema agenziale ha evidenziato come la complessità di scenari e contesti diversi dai siti contaminati richieda una rimodulazione degli aspetti metodologici delineati dalle due linee guida.

La stessa espressione come singolo numero del valore di fondo, seppure elemento di facile gestione, può costituire una eccessiva semplificazione dello scenario in studio a fronte di realtà ambientali complesse. Nell'esperienza i procedimenti hanno spesso allargato il suo orizzonte anche ad altri "descrittori" del fondo quali ad esempio la derivazione di più strutture di popolazioni statistiche e la modellazione geostatistica.

Il primo caso di studio riguarda la definizione di un possibile valore di fondo per la contaminazione diffusa da composti organo-alogenati per i corpi idrici della pianura fiorentina e pratese dove il monitoraggio ambientale richiesto dalla Direttiva Quadro 2000/60/UE aveva indicato, negli anni, uno stato chimico compromesso da questi composti.

Nello studio sono state analizzate sotto il profilo statistico e geostatistico diverse fonti dati di ARPAT in merito alla contaminazione di tetracloroetilene (PCE) e tricloroetilene (TCE). La fonte dati principale è stata rappresentata dalla banca dati MAT del monitoraggio ambientale relativa al periodo 2002-2012 per 20 stazioni dei due corpi idrici. Una ulteriore fonte dati di confronto è stata rappresentata dalla banca dati "SISBON" relativa ai campioni di controllo realizzati da ARPAT nei procedimenti di caratterizzazione e bonifica dei siti contaminati.

Il modello concettuale ha ipotizzato la presenza di più processi responsabili della contaminazione e dispersione degli inquinanti. Processi di avvezione e dispersione responsabili della formazione dei pennacchi e processi diffusivi in senso stretto, ma a cui si aggiungono, vista la possibilità per questo particolare contaminante di rimanere a lungo per capillarità nella matrice come forma di saturazione residua, ulteriori fonti diffuse di rilascio persistenti.

L'analisi dei dati che ha previsto una prima serie di diagrammi esplorativi del tipo box-plot e normal quantile plot accompagnati da test di significatività su differenze e correlazioni si è concentrata nello studio della curva di frequenza cumulata in scala di probabilità normale secondo il metodo Sinclair (1974). Tramite l'algoritmo di separazione "hclust" sono state ricercate e separate un numero variabile di classi, in genere da 4 a 6, a distribuzione normale come verificata da test statistici come Shapiro Wilk o Lillefor. Per ciascuna delle classi separate è stato quindi calcolato e identificato come limite superiore della classe il 95° percentile come  $media + 1,644 * devst$ . I limiti delle classi sono riportati sia sulla curva normal quantile della banca dati di confronto SISBON, sia su plot temporali costruiti per ciascuna stazione. Gli esiti, analizzati criticamente, sono riassunti in una tabella di valori soglia al passaggio tra non contaminato e fondo antropico (valore prossimo alla CSC) e tra fondo antropico e cosiddetti punti caldi (hot-spots) rappresentativi di aree sorgenti e relativi pennacchi.

Il secondo caso di studio riguarda la determinazione dei valori di fondo per ferro, manganese, solfati ed arsenico per le acque sotterranee della Piana di Scarlino in un contesto particolare dove alle naturali anomalie connesse alla presenza dei vicini giacimenti minerari si sono sommati contributi di inquinamento localizzato e diffuso,

dovuto sia alla presenza di impianti di smistamento e trasformazione dei minerali estratti sia al massiccio impiego dei residui minerali a fini geotecnici per rilevati stradali. Per l'elaborazione dei valori di fondo sono stati utilizzati dati delle numerose campagne di monitoraggio e controllo condotte dal 2003 al 2012 sia nelle aree dei siti contaminati sia in aree di "bianco" adiacenti. La determinazione dei valori di fondo ha riguardato un insieme indistinto di pozzi di profondità compresa nell'intervallo tra 3 e 50 m secondo un modello concettuale di acquifero generalmente multistrato e solo localmente multifalda. I pozzi sono stati invece distinti per condizioni redox, separando da un lato le aree più ossigenate e prossime alle aree di ricarica e ai rilievi sui lati SE e WNW, e dall'altro le aree con stati ridotti corrispondenti all'area più interna tra Pecora e Allacciante e più prossima ai siti contaminati.

Sono state seguite inizialmente le indicazioni del Protocollo ISPRA con:

1. calcolo delle medie per singolo punto di prelievo;
2. esclusione dei campioni con evidenze di contaminazione (nitrati > 50 mg/L, NaCl > 1000 mg/L, Inquinanti organici > CSC/3);
3. separazione delle popolazioni in campo riducente e popolazioni in campo ossidante, secondo le soglie del protocollo Bridge (50 µg/L Mn e/o 200 µg/L Fe e/o 1 mg/L O<sub>2</sub>);

Tuttavia il set di dati provenienti dalle aree di bianco ha mostrato, oltre ad alcuni outlier, l'esistenza di due distinte classi di valori, evidenti sui grafici delle frequenze cumulate e di probabilità normale, che sono state ricondotte a

- Valori di Fondo Naturale
- Valori di Fondo Antropico

Come ulteriore verifica è stata analizzata la distribuzione geospaziale dei valori appartenenti alle due classi riscontrando per ambedue le classi distribuzioni casuali dei valori.

### **Cecilia Valbonesi. Terremoti e responsabilità penale. Riflessioni tra comunicazione del rischio e (im)prevedibilità dell'evento.**

Il terremoto di L'Aquila del 6 aprile 2009, oltre a rappresentare una tragedia per le 309 vittime e un fattore di compromissione del patrimonio immobiliare della città, costituisce un punto di svolta per la scienza, per la comunicazione del rischio e per il diritto penale. Le vicende giudiziarie che hanno seguito l'evento sismico, con il corollario delle polemiche da esse alimentate, hanno sollevato un dibattito internazionale in ordine ai rapporti fra scienza e società, scienza e politica, scienza e diritto. Infatti, sebbene le sentenze di Appello e Cassazione abbiano assolto sei dei sette imputati (confermando la condanna a carico del solo vice capo della Protezione Civile per le affermazioni "rassicuranti") nel corso dei tre gradi di giudizio sono emerse alcune criticità incentrate in particolare sull'ingresso della scienza nelle aule processuali.

Queste criticità si appuntano, in particolar modo, sulla ricostruzione delle responsabilità penalmente rilevanti sia in punto di nesso causale che di coefficiente soggettivo.

Se le storture operate dalla sentenza di primo grado non sono sconosciute alla comunità scientifica, le forzature presenti nella ricostruzione offerta dalla Suprema Corte meritano invece di essere evidenziate e comprese. La necessità e l'urgenza di questa indagine trova fondamento in un duplice ordine di ragioni. In primo luogo, da molti anni ormai, la Giurisprudenza chiamata a pronunciarsi sulle responsabilità colpose per i disastri naturali applica una ricostruzione del rimprovero colposo spesso destituita di fondamento scientifico e ancorata a parametri che si richiamano al precauzionismo di matrice comunitaria. La sentenza c.d. Grandi Rischi, infatti, presenta dei rimandi espressi a sentenze che hanno segnato l'abbandono progressivo

dell'ortodossia del rimprovero colposo, quali quelle sulle morti da mesotelioma pleurico da CVM o sul disastro di Sarno. In secondo luogo, data la funzione nomofilattica della Cassazione, la sentenza sul terremoto di L'Aquila è destinata a inserirsi nel novero delle pronunce che costituiranno un precedente sia per i giudici di merito che di per quelli di legittimità, chiamati a decidere in merito ai disastri che inevitabilmente, in misura maggiore o minore, interesseranno il territorio del nostro Paese e che chiameranno in causa tecnici, scienziati e amministratori.

Ecco, dunque, che l'analisi delle problematiche salienti emerse in questa triste vicenda consente di indirizzare gli "operatori del rischio" verso l'adozione di comportamenti non solo scientificamente corretti, ma che salvaguardino loro stessi dal possibile rischio di un coinvolgimento nelle vicende giudiziarie. L'estromissione della scienza dal processo rappresenta una esplicita opzione metodologica adottata dalla Suprema Corte la quale afferma di considerare le scienze psicologiche come scienze "metafisiche". Ecco che quindi, in prima battuta, questa rinuncia al profilo epistemologico inficia totalmente la ricostruzione della sussistenza della correlazione causale fra il messaggio proplatato dall'esperto e la decisione delle vittime di dismettere le cautele auto protettive (dormire fuori casa), comportamento che poi ne cagionerà la morte. L'interrogativo che ne sorge è stringente: come posso stabilire questa correlazione in assenza di una legge che mi dimostri, con efficacia generalizzante, come la condotta della vittima sia da ascrivere alle dichiarazioni dell'imputato oltre ogni ragionevole dubbio?

Non solo, ma profondamente indebolito risulta anche il coefficiente psicologico del rimprovero. L'incauta ed errata comunicazione del rischio assurge qui a fattore di responsabilità sulla base di una considerazione dettata dal precauzionismo. Infatti, non solo lo scienziato deve prevedere che una sua assicurazione può influenzare la condotta dei cittadini, ma altresì che da questa assicurazione può derivare il decesso. Un decesso che dipende dal verificarsi di un evento imprevedibile quale il terremoto.

Dunque è facilmente pronosticabile che l'abbandono del dato scientifico, unitamente alla valorizzazione di una prevedibilità ai limiti del divino, influenzeranno l'accertamento delle future responsabilità. Di questo sembra particolarmente cosciente la comunità scientifica la quale, anche in occasione delle scosse sismiche che da due mesi a questa parte interessano in modo drammatico ampie parti del nostro territorio nazionale, da un lato sta offrendo una comunicazione ancora più capillare, puntuale e scientificamente ineccepibile, e dall'altro sta analizzando e studiando una struttura protocollare relativa alla gestione e comunicazione del rischio che possa essere utile a orientare il singolo operatore, il quale spesso di trova solo innanzi alle perduranti incognite della scienza.

### **Antonella Buccianti. Non linearità, caos e complessità: le dinamiche dei sistemi naturali e la staticità della normativa**

A prima vista molti fenomeni naturali sembrano semplici, regolari, e appaiono obbedire a dinamiche lineari; tuttavia a uno sguardo più attento scopriamo il loro vero aspetto spesso complesso, irregolare e tipicamente non lineare.

Ma cosa s'intende per lineare (o non lineare) e cosa significa realmente fenomeno lineare (o non lineare)?

In un sistema naturale soggetto a forze esterne può accadere che la risposta a una qualsiasi perturbazione sia in una relazione lineare con la perturbazione stessa e la semplice proporzionalità è un caso speciale.

In un sistema dinamico la linearità indica che piccole (grandi) variazioni dei suoi parametri d'ingresso comportano piccole (grandi) variazioni dei parametri di uscita. Un sistema dinamico non lineare invece mostra che anche piccoli cambiamenti all'ingresso



del sistema possono causare grandi effetti all'uscita. Un esempio è il caso dei sistemi caotici.

I fenomeni caotici sono tipici di quei sistemi dinamici non lineari che possiedono caratteristici frattali nello spazio e apparenti aspetti casuali (random) nel tempo. Diversi sistemi geochimici quali ad esempio le acque naturali sembrano comportarsi dal punto di vista compositivo in questo modo aprendo enormi problematiche sulla prevedibilità dello svolgersi degli eventi, specie per quanto riguarda il comportamento d'inquinanti potenzialmente pericolosi. Questa condizione mal si concilia con la staticità della normativa.

### **Daniele Rappuoli & Francesco Bianchi. Bonifica area mineraria di Abbadia San Salvatore: Spunti di riflessione sui valori di fondo**

Nel XX secolo le miniere di cinabro dell'area amiatina sono state tra le più importanti nel mondo, quella principale, di Abbadia San Salvatore, si è sviluppata in continuità con il centro abitato facendo parte integrante del tessuto urbano e sociale.

Alla chiusura definitiva, Eni elaborò un progetto di bonifica tenendo a riferimento la normativa Regionale del 1995 "Linee guida per la bonifica dei siti sede di attività minerometallurgica del mercurio nel Monte Amiata". L'amministrazione comunale, divenuta titolare dell'area, da alcuni anni sta procedendo alla revisione progettuale ed ai lavori di bonifica.

La nostra esperienza, fatta tra la normativa ambientale e gli aspetti geochimici, sembra dimostrare che le problematiche geochimiche hanno assai più spazio di quello che il rigido formalismo delle norme gli assegna.

Uno degli aspetti che andrebbe approfondito è quello dei valori di fondo, che influisce marginalmente per il procedimento di bonifica, ma che interessa invece l'abitato di Abbadia San Salvatore. Sarebbe necessario un approccio degli enti di governo, centrale e regionale.

Nel caso di Abbadia l'analisi statistica svolta è stata molto limitata, ma l'esperienza ha indotto una riflessione sull'impostazione a monte, in termini di definizione della situazione, definizione dell'obiettivo e quindi definizione del piano di campionamento.

Una situazione anomala per il mercurio, arsenico e antimonio, era tuttavia già nota grazie alle indagini di geochimica esplorativa della Rimin, svolte sugli stream sediment, che aveva mostrato la presenza di elevate concentrazioni in una vasta fascia a monte dell'abitato di Abbadia, ed in parte anche a valle, in aree poco o per niente impattate dall'attività mineraria.

I dati a disposizione indicano che l'area presenta concentrazioni anomale non direttamente legate a processi antropici. Per affrontare il problema dei valori di fondo serve un progetto articolato e ben organizzato, dove la geostatistica ha un ruolo imprescindibile, ma all'interno di un quadro ben più ampio.

### **Manuela Corongiu. GEOBASI: il database geochimico regionale per la valutazione dei valori di fondo.**

La valutazione del fondo naturale geochimico (geochemical baseline) è uno strumento estremamente utile per guidare decisioni politiche concernenti problematiche ambientali e la sua conoscenza è richiesta ogni qual volta si voglia comprendere se le

variazioni di concentrazione di una determinata specie chimica in una data matrice siano legate a processi naturali o dovute a fenomeni di contaminazione.

Negli ultimi 20 anni su questo tema si è focalizzata l'attenzione degli enti preposti al controllo ambientale in risposta al crescente bisogno di introdurre regole efficaci per riconoscere, prevenire, ridurre e contrastare l'inquinamento chimico dell'ambiente.

La definizione delle geochemical baselines non può prescindere dalla conoscenza delle caratteristiche geochimiche e geo-litologiche dell'area di studio; la significatività dei valori così definiti è strettamente dipendente anche dai metodi di campionamento, di preparazione dei campioni e di determinazione dei vari componenti chimici inorganici.

Sebbene l'importanza di definire in modo corretto i valori di fondo sia nota a tutti gli operatori del settore geo-ambientale, attualmente le concentrazioni che definiscono la soglia di contaminazione (D. Lgs. 152/06) sono state definite a livello nazionale e derivano dal recepimento di direttive europee, che a loro volta spesso ricalcano la legislazione di paesi come Stati Uniti d'America e Canada.

Tenendo conto di ciò risulta evidente che la realizzazione di una base di dati è da considerare la premessa fondamentale, perché rappresenta lo strumento che consente di validare i dati disponibili, effettuare confronti, verificare la copertura spaziale dell'informazione, individuare errori e/o omissioni, implementare le conoscenze con successive integrazioni. Proprio da queste necessità nasce il progetto Geobasi-Toscana e il database geochimico regionale (<http://www506.regione.toscana.it/geobasi/index.html>), realizzato su piattaforma completamente open source, che raccoglie e rende disponibili alla libera consultazione dati chimici sulle acque e sui sedimenti del territorio toscano.

### **Fabrizio Franceschini. La geochimica applicata alle attività di controllo ambientale**

Negli ultimi anni, a seguito del recepimento di varie direttive europee, le attività di vigilanza e controllo ambientale, svolte in Italia dalle Agenzie Regionali di Protezione Ambientale (ARPA), si sono progressivamente modificate in modo sostanziale. Si è passati da un approccio "command & control" dove prevaleva la competenza ispettiva dell'operatore, all' "Integrated Pollution Prevention and Control" ovvero il controllo e prevenzione integrata dell'inquinamento che prevede, da parte delle autorità di controllo, la verifica del rispetto delle specifiche BAT (Best Available Technologies) e una contestuale ricostruzione delle alterazioni degli ecosistemi indotti dalla presenza delle attività produttive. Ultimamente anche il codice penale (Ecoreati) si è adeguato a tale approccio introducendo, nell'ambito dell'identificazione dei reati ambientali, la necessità di definire "quantità numeriche mediante conoscenze scientifiche e verifiche di tipo tecnico".

Questo processo ha portato ad una progressiva ed indispensabile integrazione delle competenze ispettive già presenti nelle Agenzie con specifiche professionalità nel campo della Biologia, Geologia e Ingegneria. Come successo per altre discipline tecniche, l'avvio del processo di consolidamento delle professionalità nelle scienze applicate può avvenire solo quando la normativa viene interpretata ed applicata da personale competente che alimenta il processo virtuoso della domanda e dell'offerta. L'applicazione alle problematiche ambientali dell'idrogeologia ed in maniera ancora più marcata, della geochimica, intesa quest'ultima come ricostruzione degli equilibri di elementi e composti chimici nelle matrici ambientali, sta però avendo un avvio stentato a causa della mancanza strutturale di idonee scuole che possano formare professionisti validi in questi settori ancora marginali della ricerca applicata.

**Orlando Vaselli. Una sorgente sconosciuta di Boro nelle acque di falda dell'aretino: quando la normativa si scontra con i possibili limiti delle indagini ambientali**

Nel 2009 alcuni abitanti del piccolo paese di Castelluccio (Arezzo) notarono effetti degradativi di alcuni vegetali da giardino. Le indagini svolte da ARPAT evidenziarono come alcune acque utilizzate per innaffiare gli orti di proprietà fossero caratterizzate da elevate concentrazioni di Boro (sino a 57 mg L<sup>-1</sup> e quindi, ben al di sopra del numero di parametro, i.e. 1 mg L<sup>-1</sup>). Successivamente, per definire la/e sorgente/i di Boro furono effettuati dei campionamenti di acque sotterranee a larga scala a cui seguirono monitoraggi mensili e poi tri-settimanali su pozzi domestici e piezometri perforati sotto richiesta di ARPAT per verificare l'evoluzione delle concentrazioni di Boro nel tempo. Accanto a queste indagini geochimiche se ne accompagnarono altre di natura isotopica (Boro, Ossigeno, Idrogeno e Zolfo) nel tentativo di riconoscere la provenienza del suddetto elemento accoppiando altri parametri geochimici a quelli del semplice contenuto di Boro.

I campionamenti periodici sono tuttora in corso in quanto gli studi effettuati dagli enti istituzionali coinvolti non hanno permesso di avere un quadro completo atto a definire delle responsabilità specifiche causando un'impasse nelle eventuali opere di ripristino delle normali concentrazioni di Boro nelle acque di falda di questa porzione del territorio aretino.

**Raffaele Battaglini. Il fingerprinting chimico-isotopico in ambito forense: il riconoscimento delle contaminazioni da percolato**

Il lavoro presentato è stato effettuato come perizia, richiesta dal Giudice per le Udienze Preliminari, nell'ambito di un procedimento giudiziario volto a verificare la corretta realizzazione di tre discariche afferenti ad un unico comparto. I corpi discarica oggetto di indagine, contigui ma separati tra loro, sono stati realizzati in scavo all'interno di formazioni prevalentemente calcaree. Le indagini qui presentate erano finalizzate a verificare se le opere di contenimento del percolato avessero l'efficienza necessaria per impedirne la fuoriuscita. Per raggiungere questo scopo è stato condotto uno studio geochimico e isotopico che ha interessato pozzi interni ed esterni al comparto, tutti attestati nell'acquifero carbonatico delle Murge.

La normativa ambientale relativa ai piani di caratterizzazione e quindi alla ricerca di contaminazioni, come è noto, prevede l'analisi di un corposo numero di parametri (D.Lgs. 152/2006; Tabella 2 Allegato 5 al Titolo V Parte IV). Nonostante la numerosità dei composti organici e inorganici previsti, non vi è tra questi né quanto necessario a comprendere i processi geochimici dei sistemi in gioco, tra tutti le specie ioniche principali e gli isotopi stabili dell'acqua, né indicatori univoci della contaminazione da percolato, quali il trizio. Solo l'integrazione di questi parametri nei protocolli di monitoraggio permette di stabilire con efficacia se siano o meno in atto eventi contaminativi, in loro assenza i parametri previsti dalla normativa portano spesso sia a falsi positivi, sia, nel peggiore dei casi ad ignorare situazioni di elevata pericolosità per l'ambiente e l'uomo.

**Riccardo Petrinj. Contesto normativo e sorgenti di contaminazione da EPT. Alcuni esempi**

La caratterizzazione ambientale di un sito è identificabile con l'insieme delle attività che permettono di ricostruire i fenomeni di contaminazione a carico delle matrici ambientali" (D. Lgs. 152/2006). Una corretta interpretazione del testo richiede la conoscenza del contesto geologico, idrogeologico, geochimico ed alla attività di origine antropica in cui la contaminazione si verifica, e delle specifiche proprietà e comportamento dei contaminanti in tale contesto. Questa conoscenza è la premessa per una interpretazione dei fenomeni che hanno portato al superamento delle concentrazioni soglia di contaminazione. Sulla base di questa conoscenza, devono essere utilizzati i parametri ritenuti più idonei nello specifico contesto ambientale, e le modalità di campionamento ed analisi ritenute più opportune anche se non espressamente previste nella normativa. Verranno riportati alcuni brevi esempi.

### **Franco Tassi. Composti Organici volatili: Il delicato rapporto tra normativa e metodi di misura**

I Composti Organici Volatili consistono in una eterogenea famiglia di specie chimiche che suscitano particolare interesse agli occhi di scienziati ed operatori del campo ambientale, dato l'elevato impatto che alcuni di tali composti hanno sulla qualità dell'aria. La normativa vigente in Italia, in costante e lento adeguamento rispetto alle indicazioni che provengono dalla Comunità Europea, descrive i limiti di concentrazione di talune specie, quali ad esempio il benzene, un ben noto agente cancerogeno. Tuttavia, le indicazioni su come debbano essere eseguite le misure di tali contaminanti, aspetto che condiziona fortemente l'affidabilità e la ripetibilità del dato analitico, sono lacunose ed in molti casi estremamente datate. Le innovazioni in campo tecnologico hanno permesso di sviluppare strumentazioni e metodi innovativi che portano a minimizzare l'errore e fornire un ampio dataset, tale da includere un numero di composti ben maggiore rispetto a quello posto sotto normativa ed estremamente utile per l'interpretazione del dato sensibile. Test comparativi, che hanno messo a confronto i risultati ottenuti con l'adozione di tali nuove tecniche con quelli derivanti dall'approccio classico, hanno evidenziato la totale inadeguatezza di questi ultimi che, ciononostante, continuano a rappresentare il metodo "ufficiale" per le misure di monitoraggio ambientale da parte degli organi preposti. Nel corso di questo intervento sarà mostrato un quadro riassuntivo della situazione attuale del grado di applicabilità e del reale stato di applicazione dei metodi di misura che più si adattano al controllo della qualità dell'aria in situazioni ad elevato impatto antropogenico e naturale.

### **Ilaria Minardi. La geochimica a supporto dell'analisi di rischio di siti contaminati complessi: il caso di Perdasdefogu**

L'Analisi di Rischio (AdR) sanitaria ambientale, prevista dal D.Lgs 152/2006 quando, a seguito di un Piano di Caratterizzazione, un sito è definito contaminato, permette di valutare quale sia il rischio per la popolazione eventualmente esposta alla contaminazione di suoli ed acque. L'Analisi di Rischio permette altresì, se sviluppata in modalità inversa, di ottenere gli obiettivi specifici di bonifica, ovvero quei valori di concentrazione che devono essere rispettati nelle matrici ambientali affinché non vi sia alcun rischio per la salute umana, anche questi fondamentali se si considerano gli impatti ambientali ed economici di un'opera di bonifica. Al fine di effettuare un'analisi completa ed efficace è importante definire dettagliatamente il modello concettuale del sito, in modo da comprendere la sorgente ed il percorso della contaminazione verso potenziali recettori. L'AdR pertanto presuppone una conoscenza profonda del sito, in

particolare dal punto di vista geologico ed idrogeologico, pertanto deve essere sito specifica ed almeno di Livello 2, ovvero condotta con software che permettano di schematizzare il sistema evitando una sottostima finale del rischio. In sistemi complessi tuttavia non è semplice definire il modello concettuale, come nel caso di Perdasdefogu, dove i superamenti delle Concentrazioni Soglia di Contaminazione (CSC), sia nei suoli che nelle acque, sono stati interpretati e spiegati solo grazie all'utilizzo di tecniche geochimiche e di parametri non previsti dal D.Lgs 152/2006. Proprio grazie all'ausilio di queste tecniche è stato possibile spiegare l'origine delle acque campionate, la loro circolazione ed introdurre la problematica dei valori di fondo di alcuni metalli. In questo modo è stato possibile costruire un modello concettuale solido e sviluppare il calcolo del rischio in modo efficace.

### **Emiliano Paoletti. Biostabilizzazione aerobica in situ di discariche per RSU: definizione e verifica delle metodiche di raggiungimento mineralizzazione**

Tra le tecnologie di bonifica di ex discariche non controllate, in alcuni casi il trattamento on site, è quello meno impattante da un punto di vista ambientale. Questo è il caso della bonifica della discarica per RSU sita in località Ex Fornace le Piaggiole nel comune di Campi Bisenzio (FI). Negli anni 60, lo scavo lasciato dalle attività di estrazione dell'argilla per la realizzazione di manufatti di terracotta, fu riempito con i RSU della piana fiorentina, compresi rifiuti tessili del comprensorio pratese. In quegli anni la sensibilità ambientale risultava molto limitata e non furono considerati gli effetti di tale scelta. Nel 2004, a distanza di anni, la nuova proprietà (POLISTRAD SpA), è intervenuta per risanare il sito e riqualificare l'area.

Nel caso di discariche la presenza del rifiuto rappresenta la principale sorgente di contaminazione ma percolati e gas sono i principali veicoli con cui la contaminazione impatta sull'ambiente.

La migliore soluzione praticabile a costi sostenibili, fu dimostrato essere la biostabilizzazione aerobica in situ dei RSU presenti in discarica. Tutti gli interventi previsti, accolti ed autorizzati dagli enti, soffrivano di una importante incertezza: quando poter considerare ultimate le attività di bonifica? Avvalendosi della professionalità dei dipartimenti IGG ed ISE del CNR di Pisa, il team di professionisti, coordinati dall'ingegner Bonari, mise a punto un set di parametri che valutati in maniera incrociata e sinergica, permisero di stabilire quando e se il RSU presente potesse essere considerato minrealizzato e quindi considerare la discarica in una condizione analoga a quella, prevista dal DLgs 36/03, di post-chiusura.

In base agli obiettivi previsti attraverso una sperimentazione ad hoc sui rifiuti estratti, fu realizzato un impianto pilota e successivamente dimensionato l'impianto di biostabilizzazione aerobica in scala reale che ha rappresentato una importante evoluzione tecnologica ed un'eccellenza tecnica nella gestione delle criticità connesse con i RSU.

### **Marco Doveri. Come un rigoroso approccio idrogeochimico potrebbe evitare errori di valutazione nella fase di autorizzazione di una discarica**

La tendenza della normativa ambientale è quella di includere parametri a carattere geochimico essenzialmente allo scopo di una verifica diretta di situazioni di contaminazione, trascurando quasi del tutto le potenzialità di questi strumenti in fase di programmazione/progettazione. Rientra in questa casistica la normativa inerente i siti di discarica, che peraltro trascura del tutto alcuni parametri potenzialmente risolutivi anche per la fase di monitoraggio degli effetti di un impianto sull'ambiente idrico.

Attraverso un esempio reale questo contributo porrà l'attenzione su come lo svolgimento di uno studio idrogeochimico comprensivo possa mettere in evidenza aspetti fondamentali del contesto idrogeologico, di cui tener conto in fase di autorizzazione di un impianto di discarica.