



Consiglio Nazionale delle Ricerche
ISTITUTO PER LO STUDIO DEGLI ECOSISTEMI

Valutazione della qualità del suolo nell'area di Agenda 21 Laghi

Gianniantonio Petruzzelli e Francesca Pedron



8° Forum - Ispra, 4 aprile 2009

Lo scopo di questo studio è stato quello di fornire delle informazioni utili per la valutazione della qualità del suolo attraverso la determinazione dei valori di concentrazione di potenziali contaminanti organici ed inorganici nell'area nella quale si colloca il territorio di Agenda 21 Laghi.

Questo progetto deriva dalla necessità di valutare se esistono zone del territorio nelle quali la qualità del suolo, per quanto concerne le concentrazioni in metalli e /o composti organici derivanti da processi antropici, può portare alla modifica delle condizioni naturali dell'ecosistema. Questo anche alla luce del fatto che in alcune fasi di studio del territorio, in certe aree, sono emerse talora situazioni anomale di alcuni indicatori della qualità globale dell'ecosistema.

Le cause di potenziale contaminazione dei suoli e della vegetazione della zona possono essere molteplici, tra le più importanti si devono considerare le possibili ricadute di inquinanti aerodispersi emessi in particolare dai cementifici Holcim di Trenate e Colacem di Cittiglio, il traffico veicolare ed altre realtà industriali dell'area.

Sono noti i possibili apporti derivanti dal traffico veicolare; in condizioni di normale operatività, le lavorazioni del cemento possono dar luogo soprattutto a deposizioni diffuse di polveri, comunque l'efficienza degli impianti è di solito elevata perché le polveri recuperate sono una risorsa per il cementificio. Tuttavia i cementifici hanno ottenuto l'autorizzazione ad utilizzare come combustibili numerosi rifiuti, derivanti da processi chimici organici, che non consentono a priori di escludere la possibilità di emissioni di natura diversa, in particolare di sostanze organiche pericolose. Per di più alcune delle categorie di rifiuti consentite, sono tali da poter ritenere possibile anche la presenza di inquinanti inorganici nelle emissioni.

In definitiva, il presente studio ha avuto come finalità l'approfondimento delle conoscenze sullo stato chimico dei terreni all'interno del territorio di Agenda 21 Laghi correlandolo a potenziali perturbatori tra i quali i più importanti possono essere considerati i cementifici Holcim e Colacem. Questa indagine potrà, inoltre, risultare propedeutica ad un eventuale piano di monitoraggio dell'area di influenza dei due cementifici, che potrà essere

predisposto nell'ottica della tutela ambientale del territorio interessato dalle ricadute dei cementifici e di altre possibili sorgenti di inquinamento.

Il terreno, pur possedendo un elevato potere di auto depurazione, può restare contaminato per tempi assai più lunghi rispetto alle altre matrici ambientali e può divenire una fonte di rilascio nel tempo di sostanze potenzialmente contaminanti. L'indagine è stata focalizzata su due gruppi di potenziali inquinanti: i metalli pesanti e le diossine. La scelta si è basata sulle ben note proprietà di persistenza di questi inquinanti, che consentono una buona possibilità di controllare le loro variazioni nel tempo.

Nel suolo i metalli pesanti, presenti in numerose forme chimiche, non sono degradabili e si presentano quindi come interessanti traccianti ed indicatori ambientali. Le stesse considerazioni possono essere fatte anche per le diossine che pur essendo teoricamente biodegradabili hanno tempi di permanenza nel terreno molto elevati. I metalli pesanti e le diossine si associano con il particolato atmosferico e raggiungono il suolo sia con le deposizioni secche e umide che con le acque piovane che dilavano le deposizioni di questi inquinanti dalla vegetazione.

Le informazioni deducibili da una stima dei metalli pesanti e delle diossine che sono presenti nel suolo possono quindi essere cruciali per la valutazione della qualità di un ambiente di elevato valore paesaggistico e naturale, evidenziando gli eventuali apporti derivanti da specifiche attività industriali e fornendo la base di partenza per successive valutazioni ambientali nel corso del tempo.

Localizzazione e campionamento

I campionamenti del terreno sono stati effettuati cercando di coprire tutto il territorio di Agenda 21 Laghi, individuando dei cerchi concentrici attorno ai due cementifici, per valutare se esistono gradienti di concentrazione di inquinanti in relazione alla distanza da questi, che possano indicare o escludere queste strutture come possibili fonti di contaminazione. Nel caso di Holcim, è stato possibile considerare cinque cerchi a distanza di 1, 2, 3, 5 e 7 km dal cementificio stesso (denominati rispettivamente 1° cerchio, 2° cerchio, 3° cerchio, 5° cerchio, 7° cerchio) mentre per l'altro, Colacem, i prelievi sono stati

condotti soltanto su tre cerchi concentrici a 3, 5 e 7 km dal cementificio (denominati rispettivamente 3° cerchio, 5° cerchio, 7° cerchio). Questo è stato deciso sulla base del fatto che il cementificio Colacem è posizionato all'esterno del territorio di Agenda 21 Laghi, di conseguenza i cerchi a 1 e 2 km non sono di competenza di questo studio.

Su ogni cerchio sono state definite almeno 5 stazioni di prelievo per il cementificio Holcim e da 3 a 5 per il cementificio Colacem. Su 13 campioni di terreno sono state effettuate le analisi per valutare il contenuto di contaminati organici, in particolare le diossine, mentre per quanto riguarda i metalli pesanti, quali Cr, Cu, Ni, Pb, Zn e Hg, sono stati selezionati 38 punti di campionamento.

Alcuni dei punti di prelievo sono stati raccolti in zone che ricadono nell'area di influenza di entrambi i cementifici. Ad esempio il campione 172 si trova a 5 km dal cementificio Colacem e a 7 km da Holcim, mentre per i campioni 170, 171, 188, 197 e 198 si verifica la situazione inversa. Una descrizione dei punti di campionamento insieme alle coordinate geografiche è stata riportata nell'allegato 1.

Poiché lo studio intende valutare lo stato attuale dei terreni per poter verificare anche in futuro l'eventuale ricaduta di contaminanti emessi dai cementifici, i prelievi di terreno sono stati effettuati esclusivamente nello strato superficiale, tenendo conto anche del fatto che i contaminanti organici più pericolosi, quali le diossine hanno una ridotta mobilità nel terreno. Questa scelta consente di procedere a delle future campagne di monitoraggio in grado di individuare apporti recenti di contaminanti, tuttavia i valori di concentrazione riscontrati hanno una significatività legata ad un reciproco raffronto, ma non possono essere confrontati con dati tabellari generici, ad esempio quelli dalla tabella 1 dell'allegato 5 alla Parte IV del D. Lgs 152/2006.

Per ogni stazione il suolo è stato campionato alla profondità da 0 a 5 cm annotando le coordinate geografiche e fotografando la zona interessata dal prelievo.

Metodologia sperimentale

I campioni di suolo sono stati essiccati all'aria, macinati e setacciati a due millimetri. La determinazione dei metalli pesanti totali nei campioni di suolo è stata eseguita mediante mineralizzazione in Acqua Regia (3 HCl:1 HNO₃) utilizzando un forno a microonde (Ethos-900, Milestone); circa 1 g di campione di suolo, macinato finemente (<2mm), viene pesato in appositi contenitori in teflon da utilizzare nel forno a microonde con 7 mL di Acqua Regia. Il programma con cui è stata eseguita la mineralizzazione di campioni di suolo è il seguente: 10 minuti a 200 W e, successivamente a una pausa di 1 minuto, altri 10 minuti a 250 W, con 5 minuti finali di ventilazione. La mineralizzazione di ogni singolo campione è stata eseguita in doppio e ad intervalli regolari sono state effettuate le mineralizzazioni di campioni certificati di riferimento (BCR N°144 - Trace elements in sewage sludge e BCR n°141 Trace elements in calcareous loam soil Bureau Community Reference).

Il campione di suolo mineralizzato è stato filtrato e raccolto quantitativamente in matracci da 25 mL portando a volume con acqua deionizzata. La determinazione dei diversi elementi è stata eseguita su questi campioni mediante spettrometria di assorbimento atomico (Varian AA 240 FS).

Le analisi di caratterizzazione dei suoli che hanno riguardato il pH, la capacità di scambio cationico e la tessitura, sono state effettuate in accordo con i metodi ufficiali della Società Italiana di Scienza del Suolo, riportati nella Gazzetta Ufficiale N 185 del 13/9/1999.

Nelle tabelle in allegato 1, che accompagnano le foto è riportata l'analisi dei terreni; si deve precisare che tali analisi, effettuate secondo le norme ufficiali della Società italiana di Scienza del suolo riguardano esclusivamente lo strato superficiale del suolo e riflettono pertanto la composizione di questo strato legato alla presenza di abbondante materiale vegetale. Si può presumere che una certa differenza sia riscontrabile, rispetto al terreno sottostante, in particolare nelle analisi di tessitura quando il prelievo viene fatto a profondità più elevate. La caratterizzazione di questo strato superficiale è stata comunque fatta perché funzionale agli scopi di questo studio, infatti, la presenza di una forte

componente con dimensioni di tipo sabbioso delle particelle di suolo, porta ad evidenziare una buona permeabilità di questo primo strato di suolo che può facilitare il passaggio di questi contaminanti negli strati immediatamente inferiori. Bisogna inoltre considerare che questo tipo di matrice è in grado di rispondere meglio alle esigenze di verificare gli eventuali incrementi di contaminanti nel breve e medio periodo.

Le analisi dei metalli e quelle di caratterizzazione sono state effettuate presso i laboratori ISE CNR della sede di Pisa. Le analisi delle diossine (Allegato 3), eseguite secondo il metodo EPA 1613B 1994, sempre sulla frazione < 2mm, sono state effettuate dal Laboratorio Theolab (Torino), che già aveva avuto modo di collaborare con l'Istituto, mostrando sempre notevoli capacità analitiche ed elevata professionalità. Il Laboratorio Theolab ha operato in stretto collegamento con ISE.

RISULTATI

Metalli pesanti nei suoli

Holcim

I valori di concentrazione dei metalli nel suolo sono descritti per ogni singolo metallo, assumendo come sorgente il cementificio Holcim e considerando per un confronto le concentrazioni su ogni cerchio stabilito a distanza crescente dal cementificio.

Tutti i dati numerici e grafici sono riportati nell'allegato 2, di seguito è riportata una breve sintesi dei risultati ottenuti.

Cromo

La concentrazione di cromo nei suoli prelevati varia in un intervallo che va da un minimo intorno a 6 mg kg^{-1} fino ad un massimo di poco superiore a 21 mg kg^{-1} , con un valore medio di circa 11 mg kg^{-1} . Come detto in precedenza, per poter determinare se le ricadute dal cementificio influenzino la presenza di cromo nei terreni circostanti, oltre a questi valori globali, è molto importante suddividere i campioni per cerchio, mediare le concentrazioni ottenute e confrontare questi risultati tra loro. Nel caso di questo metallo, non si notano variazioni significative dato che i valori di concentrazione variano in generale in un intervallo compreso tra circa 10 e 12 mg kg^{-1} .

Rame

Per quanto riguarda il rame, nei campioni di suolo è stato riscontrato un valore medio di concentrazione intorno a 19 mg kg^{-1} con valori che vanno da quasi 12 mg kg^{-1} fino a circa 41 mg kg^{-1} . In un solo caso è stata ottenuta una concentrazione di metallo fuori da questo intervallo, molto più elevata e intorno a 100 mg kg^{-1} . Il campione di terreno che ha dato questo risultato è stato prelevato ai margini di un fosso, perciò è possibile che il valore elevato di rame sia stato causato da operazioni pulizia del fosso stesso che può avere portato alla deposizione di sedimenti scavati sul bordo del fossato.

Come per il cromo, anche per il rame non si notano differenze significative nella sua concentrazione tra i vari cerchi a distanza crescente dal cementificio Holcim. Infatti, la concentrazione di rame è intorno a 19 mg kg^{-1} nei primi 2 cerchi, dopo di che si innalza di poco fino a circa 24 mg kg^{-1} nel terzo cerchio per poi tornare ai valori iniziali intorno a 20 mg kg^{-1} nel quinto e settimo cerchio.

Nichel

Nel caso del nichel, i valori di concentrazione nei suoli prelevati nel territorio di Agenda 21 Laghi variano da circa 13 fino a poco più di 34 mg kg^{-1} , oscillando intorno ad un valore medio di circa 20 mg kg^{-1} . Per quanto riguarda la distribuzione della concentrazione di metallo nei cerchi si nota un innalzamento dal primo al terzo, passando da circa 17 a quasi 23 mg kg^{-1} , e successivamente una diminuzione fino a valori intorno a 20 mg kg^{-1} nei cerchi più distanti dal cementificio. Come si può osservare dai valori riportati le variazioni non risultano significative.

Piombo

La variazione della concentrazione di piombo nei campioni di suolo avviene in un intervallo un po' più ampio, da circa 17 fino a quasi 70 mg kg^{-1} . La media di tutti i dati ottenuti è risultata intorno a 33 mg kg^{-1} . Anche nel caso del piombo non sembra essere presente un'influenza da parte del cementificio Holcim dato che non si osservano variazioni statisticamente significative dal primo al settimo cerchio.

Zinco

Lo zinco è presente nei terreni analizzati in concentrazioni che vanno da poco più di 50 fino a circa 177 mg kg^{-1} con un valore medio che è di poco superiore a 80 mg kg^{-1} . Dall'intervallo suddetto è escluso un solo punto, lo stesso che era stato evidenziato per il rame, dove la concentrazione di zinco è arrivata a circa 230 mg kg^{-1} . La motivazione di un valore così diverso e elevato rispetto a tutti gli altri potrebbe essere la stessa riportata per il rame e cioè lo zinco potrebbe derivare da materiali sedimentati all'interno del fosso che durante un'operazione di pulizia sono stati depositati lungo i bordi.

Non si notano differenze significative nella concentrazione di zinco tra i vari cerchi e non si può individuare alcun andamento della concentrazione dalla distanza minima alla massima dal cementificio nei valori ottenuti dato che sono presenti incrementi e

diminuzioni continue. Infatti, nel primo cerchio la concentrazione di questo metallo è intorno a 81 mg kg^{-1} , mentre nel secondo diminuisce fino a circa 75 mg kg^{-1} . Nel terzo cerchio troviamo ancora un aumento fino a circa 85 mg kg^{-1} e a questo segue una diminuzione fino a quasi 74 mg kg^{-1} e poi un aumento fino a circa 93 mg kg^{-1} rispettivamente nel quinto e nel settimo cerchio.

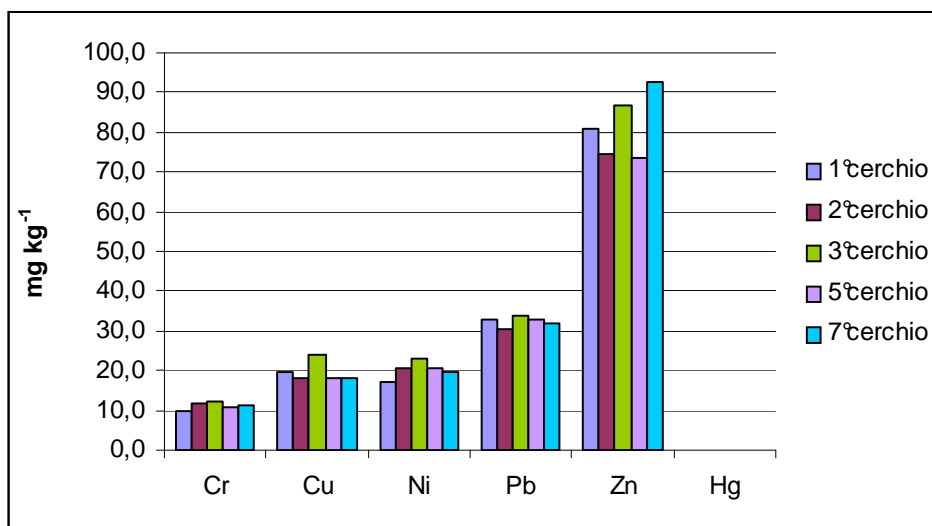
Mercurio

Per quanto riguarda il mercurio, i valori di concentrazioni sono tutti molto bassi al di sotto di 0.50 mg kg^{-1} , e la variazione è tra un minimo intorno a $0.0070 \text{ mg kg}^{-1}$ ed un massimo di quasi 0.30 mg kg^{-1} . Anche in questo caso, nel campione prelevato in prossimità del fosso, è stata trovata una concentrazione di mercurio molto più elevata rispetto alla totalità dei punti prelevati, intorno a 0.47 mg kg^{-1} . Perciò escludendo questo punto, la concentrazione media di mercurio nei campioni di suolo risulta intorno a 0.080 mg kg^{-1} .

Nel caso della distribuzione della concentrazione di mercurio a distanze crescenti dal cementificio, non si riscontrano variazioni significative dal primo al quinto cerchio rimanendo intorno a concentrazioni di circa 0.070 mg kg^{-1} , mentre si può notare un aumento più rilevante nel settimo cerchio arrivando a una concentrazione intorno a 0.120 mg kg^{-1} , che comunque resta un valore non elevato.

Nella figura 1 è riportato l'andamento delle concentrazioni dei vari metalli nei diversi cerchi considerati

Figura 1 Concentrazione dei metalli nel suolo a distanza crescente dal cementificio Holcim



Non si rintracciano variazioni significative tra i vari cerchi, anche se, dall'esame della figura, si nota una certa tendenza alla presenza di un valore massimo di concentrazione nel 3° cerchio.

Cementificio Colacem

Per quanto riguarda la totalità dei punti di campionamento e quindi come variano in generale, le concentrazioni dei metalli si rimanda alla discussione precedente fatta per il cementificio Holcim. Di seguito è stata riportata una breve descrizione relativa alla distribuzione dei metalli sui cerchi per poter verificare eventuali influenze da parte del cementificio Colacem sul contenuto di questi contaminanti nei terreni.

Cromo

Nel caso del cromo non si notano differenze significative tra i tre cerchi. Infatti, si passa da circa 10 mg kg^{-1} nel terzo cerchio ad un valore intorno a 12 mg kg^{-1} nei cerchi alle distanze di 5 e 7 km.

Rame

Per quanto riguarda il rame si è potuto riscontrare una variazione significativa nella sua concentrazione nel settimo cerchio rispetto ai primi due. Infatti, la concentrazione di questo metallo rimane intorno a 18 mg kg^{-1} nel terzo e nel quinto cerchio, mentre alla distanza di 7 km dal cementificio è stato ottenuto un valore più elevato pari a circa 34 mg kg^{-1} .

Nichel

La concentrazione di nichel non presenta variazioni significative dal terzo al settimo cerchio rimanendo in tutti i casi intorno a un valore di circa 20 mg kg^{-1} .

Piombo

Per il piombo si è presentata una situazione simile a quella ottenuta per il nichel dato che i valori di concentrazione oscillano da circa 32 a quasi 36 mg kg^{-1} in tutti e tre i cerchi considerati e di conseguenza il cementificio non sembra influire sulla presenza di questo metallo.

Zinco

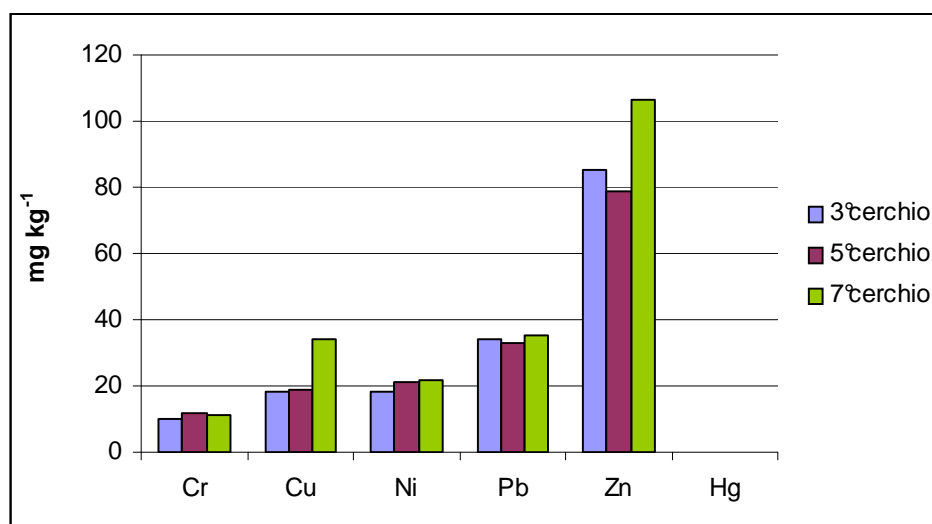
Per quanto riguarda lo zinco, si può notare un innalzamento della sua concentrazione nel settimo cerchio dove è stato rilevato un valore di circa 105 mg kg^{-1} . Negli altri due cerchi invece le concentrazioni di zinco sono più basse e simili tra loro, intorno a 82 mg kg^{-1} .

Mercurio

Per il mercurio i valori di concentrazione ottenuti mostrano una diminuzione dal terzo al quinto cerchio, passando da circa 0.12 a poco più di 0.080 mg kg⁻¹, e successivamente, passando al settimo cerchio, di nuovo un aumento fino a quasi 0.14 mg kg⁻¹.

Nella figura 2 è riportato l'andamento delle concentrazioni dei vari metalli nei diversi cerchi considerati

Figura 2 Concentrazione dei metalli nel suolo a distanza crescente dal cementificio Colacem.



Anche in questo caso una lettura puramente visiva del grafico individuerrebbe una linea di tendenza che evidenzia un massimo di concentrazione nel cerchio alla distanza di 7 Km dal cementificio Colacem.

Tuttavia statisticamente non esistono differenze significative alle varie distanze dai due cementifici.

Diossine nei suoli

I risultati forniti dal laboratorio Theolab sono riportati direttamente come tali nell'allegato 3 in forma di "Rapporti di Prova".

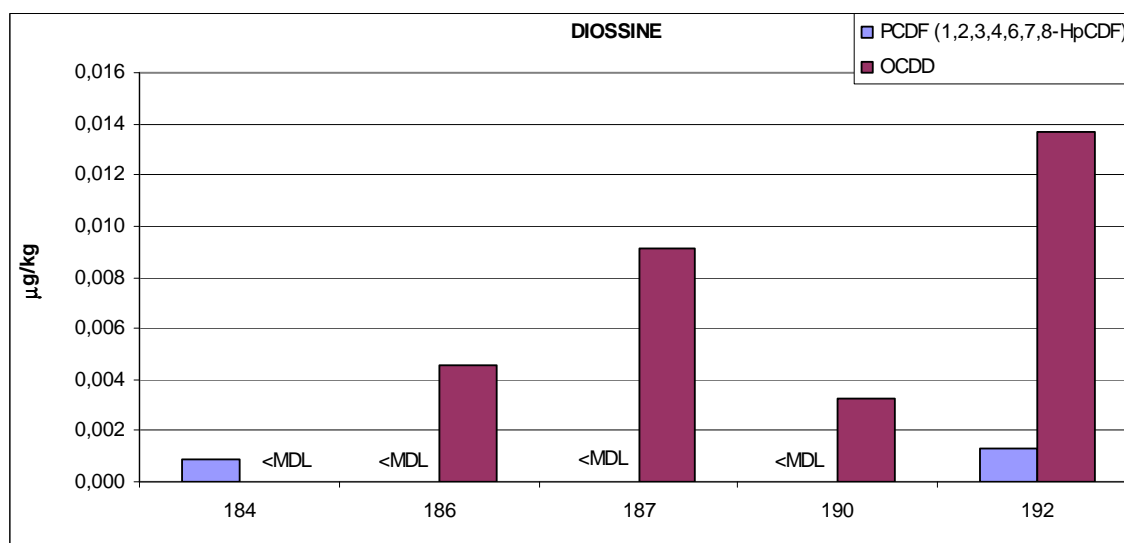
Come già detto in precedenza, le stazioni di prelievo del terreno per l'analisi dei composti organici sono state 13. Il campionamento è stato condotto in modo da interessare entrambi i cementifici alle distanze previste. Precisamente, per quanto riguarda il cementificio Colacem sono stati prelevati due punti ad una distanza di circa 3 ed un punto a 5 km dal cementificio stesso. Nell'altro caso, cementificio Holcim, sono presenti due punti di prelievo in ciascuno dei cerchi alle distanze di 1, 2 e 3 km, mentre nel quinto cerchio ne sono stati prelevati 3, tra questi uno è sottoposto anche all'influenza del cementificio Colacem, essendo a una distanza di circa 7 km da quest'ultimo. Infine, nel settimo cerchio a 7 km dal cementificio Holcim è presente un solo punto di campionamento.

In generale, la concentrazione delle diossine è risultata al di sotto dei limiti di quantificazione per la maggior parte dei campioni prelevati e soltanto in cinque casi sono stati ottenuti dei valori quantificabili anche se molto bassi. Questo risultato è interessante perché mostra che potrebbe effettivamente essere presente una certa influenza di attività antropiche in grado di aumentare, anche se in misura molto lieve, la dotazione di queste sostanze nel suolo.

Per quanto riguarda il cementificio Holcim, sono da segnalare i seguenti punti: in un caso a circa 1 km dall'inceneritore, è stata trovata una concentrazione intorno a $0.00085 \mu\text{g kg}^{-1}$ per un PCDF, il 1,2,3,4,7,8,9-HpCDF, mentre nel secondo cerchio è presente un punto di campionamento con una concentrazione di OCDD pari a circa $0.0090 \mu\text{g kg}^{-1}$. Nel terzo cerchio i risultati ottenuti hanno fornito una concentrazione per l'OCDD di circa $0.0045 \mu\text{g kg}^{-1}$ in un caso e di quasi $0.014 \mu\text{g kg}^{-1}$ in un altro, per il quale è da segnalare anche la presenza di 1,2,3,4,7,8,9-HpCDF con valori intorno a $0.0013 \mu\text{g kg}^{-1}$. Infine, per quanto riguarda il cementificio Colacem, è stata determinata una concentrazione di OCDD intorno a $0.0033 \mu\text{g kg}^{-1}$ in un punto posto a una distanza di circa 3 km dal cementificio stesso.

Non è possibile attribuire con sicurezza questi apporti ai due cementifici anche se è presente, in più punti di prelievo, un valore di concentrazione quantificabile per l'OCDD (Octaclorodibenzo-p-diossina) che è un indicatore di contaminazione da diossine provenienti da attività di incenerimento. D'altra parte negli ultimi dieci anni sono stati pubblicati diversi studi, riportati nelle note bibliografiche, sulla contaminazione del suolo da parte di impianti di incenerimento ed è stato riscontrato che solo con un campionamento ripetuto nell'arco del tempo è possibile individuare delle variabilità di concentrazione che possono essere attribuite alle ricadute dagli impianti, mentre un prelievo puntuale, salvo malaugurati malfunzionamenti degli impianti, può indicare solo delle linee di tendenza da tenere sotto controllo. I risultati ottenuti, per quanto riguarda i valori al di sopra del limite di quantificazione, sono riportati nella Figura 3.

Figura 3. Concentrazione di diossine e furani ($\mu\text{g}/\text{kg}$)



I valori di concentrazione confrontati con i valori soglia di contaminazione CSC della normativa riguardante i siti contaminati D.L. 152/2006 risultano almeno 10000 volte inferiori ai valori limite previsti per la destinazione d'uso verde pubblico e residenziale.

CONCLUSIONI DELLO STUDIO

Il suolo come matrice ambientale

Per valutare la qualità ambientale del suolo e comprendere il significato dei valori di concentrazione di potenziali contaminanti presenti è necessario tenere presente che si tratta di un sistema a tre fasi. In generale la fase solida costituisce il 50% di un terreno mentre l'altra metà è costituita dallo spazio occupato dai pori che, in un terreno di buona qualità, contiene per metà acqua e per metà aria. Le tre fasi sono in natura non divisibili, ed in stretto contatto; ogni variazione che avviene in una di loro, si ripercuote sulle altre, tuttavia ben diverso è il comportamento e la pericolosità di un contaminante a seconda che sia presente in una o in un'altra fase.

Quando un contaminante è presente nella fase solida, che si forma essenzialmente per degradazione della roccia madre, non partecipa ai processi ambientali, quindi non costituisce un pericolo immediato per l'uomo e per l'ambiente. Al contrario un contaminante presente nella fase liquida, che costituisce la soluzione del terreno, è solubile, mobile, in grado di raggiungere le radici delle piante ed eventualmente, a seconda della sua biodisponibilità, entrare nella catena alimentare, ed in grado di muoversi in profondità fino a raggiungere la falda. La fase liquida del suolo è in definitiva il principale mezzo di trasporto di tutte le sostanze, comprese quindi quelle inquinanti.

La fase gassosa del terreno è costituita dall'aria il cui fluire all'interno del terreno è essenziale per la crescita delle piante e per i processi di decomposizione dei residui animali e vegetali, nonché dei materiali di natura organica sia di origine naturale che antropica, in questa fase sono presenti solo i contaminanti più volatili.

Le tre fasi del suolo: solida, liquida e gassosa, sono accompagnate da una quarta importantissima fase: la fase vivente, infatti in un grammo di suolo sono contenuti mediamente 10 bilioni di organismi che influenzano in modo determinante molti dei processi che vi avvengono. Questo complesso sistema è la fonte primaria degli elementi e delle sostanze che l'uomo assorbe attraverso la dieta. Infatti, oltre il 98% degli alimenti è prodotto sul terreno: le piante assorbono le sostanze dal suolo e le trasferiscono nella catena

alimentare. Gli elementi assorbiti dalle piante vengono ingeriti direttamente nel caso di consumo di vegetali, o indirettamente attraverso la carne, il latte ecc.

Il suolo, pertanto, non deve essere inteso come una matrice inerte ma come una entità complessa, in continuo divenire, caratterizzata da una notevole variabilità naturale, nella quale costituenti organici e minerali, aria e acqua, presentano diversi arrangiamenti strutturali e funzionali, nella quale avvengono scambi continui di energia e di materia tra comparto biotico e abiotico ed i cui caratteri fondamentali sono determinati dalle complesse interazioni tra i processi chimici, fisici e biologici che si realizzano al suo interno.

Nella situazione così sintetizzata, i dati analitici derivanti da una campagna di valutazione di un territorio molto esteso, devono essere letti insieme alle caratteristiche chimico fisiche dei suoli. Sono infatti le specifiche caratteristiche dei suoli che determinano la distribuzione delle sostanze tra le fasi del terreno, e che solo una quota parte delle quantità totali riscontrate, quella mobile e “biodisponibile” può rappresentare una concreta sorgente di rischio immediato per l’uomo e l’ambiente. Nel suolo, la biodisponibilità è la risultante di una serie di complessi processi di trasferimento di massa e di assorbimento che sono determinati dalle proprietà delle sostanze, dalle caratteristiche del suolo e dalla biologia degli organismi interessati. In generale la dimensione e la natura degli effetti di un contaminante saranno determinati oltre che dalla concentrazione anche dalla forma chimica; infatti se la concentrazione di un contaminante che raggiunge l’organo bersaglio è molto bassa, ovvero la forma chimica è tale da non interagire con un organismo, non si osserva alcun effetto negativo. Al contrario se un composto è presente in elevata concentrazione in forma biodisponibile, si possono verificare effetti negativi anche in tempi molto brevi (Petruzzelli e Pedron, 2007).

Metalli pesanti

Il sistema suolo è, dunque, un ecosistema complesso nel quale esistono molteplici interazioni di natura chimica, fisica e biologica. I metalli pesanti sono componenti naturali non biodegradabili della crosta terrestre e, come elementi in tracce, alcuni metalli pesanti sono essenziali per la salute dell’uomo. Tuttavia anche i metalli essenziali possono divenire tossici quando la loro concentrazione eccede certi livelli. La loro pericolosità è legata al

possibile passaggio nella catena alimentare e anche al fatto che tendono a bioaccumularsi negli esseri viventi.

Nella interpretazione dei valori di concentrazioni di analisi ambientali di metalli presenti nel suolo uno degli errori che può essere fatto è quello di cercare delle tabelle di confronto prendendo a riferimento i limiti di qualche legge in cui sia inserita la matrice suolo. I valori di concentrazione rilevati nel presente monitoraggio non devono essere confrontati con i limiti di legge esistenti per tutt'altre situazioni ambientali, come quelle legate alla bonifica dei siti contaminati, né con dati di tossicità riportati in letteratura per terreni diversi di differenti aree geografiche.

Anche concentrazioni di metalli inferiori alle soglie di tossicità possono infatti provocare fenomeni di stress e quindi una perturbazione del sistema stesso, in quanto agire negativamente sulla diversità della specie, sulla produttività degli organismi, sulle diverse funzioni del sistema come i cicli dei nutrienti, l'uso dell'acqua ecc.

I termini di paragone devono essere i valori di background che sono caratteristici e specifici per l'area considerata, e che, almeno parzialmente, possono essere dedotti dalle analisi della presente indagine (ad esempio pur con una certa approssimazione si possono considerare come valori di fondo i valori medi di concentrazione rilevati). E' opportuno sottolineare come con il termine valore di fondo (background) si fa riferimento alla distribuzione delle concentrazioni di una sostanza nel suolo derivante dai processi geologici e pedologici comprendente anche l'apporto di sorgenti diffuse, ma che non sono influenzati dalle attività specifiche (cementificio, traffico veicolare e altre realtà industriali della zona) presenti nel territorio o ad esse ricollegabili.

Nella valutazione dei dati si deve tenere presente che uno studio di breve durata non può tenere conto compiutamente delle variazioni stagionali nell'apporto di metalli in traccia nel sistema suolo. Nell'arco dell'anno è possibile che si verifichino delle differenze, soprattutto nei primi strati di terreno legate alla piovosità ed alle caratteristiche climatiche stagionali, tuttavia la buona omogeneità dei dati ottenuti fa presumere che quelli riscontrati siano sostanzialmente gli intervalli di valori di concentrazione tipici dei suoli dell'area considerata.

Se da un punto di vista scientifico, per quanto esposto in precedenza, si deve ribadire che utilizzare termini di paragone impropri può portare a rilevanti errori di interpretazione, per una visione semplificata, con lo scopo di rendere più immediata la lettura dei dati ottenuti così da consentire una valutazione e una comunicazione appropriata del rischio, nei grafici che riportano i dati dei metalli pesanti nei vari punti di prelievo, è stato comunque inserito un riferimento normativo, la concentrazione considerata come soglia di contaminazione per suoli a destinazione verde e residenziale dal D.L. 152/2006, concernente la bonifica di siti contaminati. Questo valore di concentrazione, evidenziato da una linea rossa, è quello che, se superato, può indicare possibili eventi di inquinamento del suolo.

Per quanto riguarda gli elementi metallici, non si riscontrano, allo stato attuale, influenze derivanti dalla attività dei cementifici, non rilevandosi alcun gradiente di concentrazione nei vari cerchi indagati a distanza crescente dalle potenziali fonti di emissione. Gli sporadici valori di concentrazione più elevati sono attribuibili a specifiche situazioni ambientali, come nel caso del campione 170, i cui valori elevati potrebbero derivare dalla pulitura dei sedimenti del fossato in prossimità del quale è stato effettuato il prelievo.

Rimane tuttavia da notare che nel terzo cerchio Holcim si riscontrano in generale i valori più elevati di concentrazione di metalli pesanti.

Diossine

Le policlorodibenzo diossine (PCDD) e i policlorodibenzofurani (PCDF) hanno proprietà chimiche simili. Le PCDD comprendono 75 diversi composti (congeneri) e i PCDF 135. Di questi solo 17 sono tossici quando il cloro nella molecola è in posizione 2,3,7,8.

Le diossine sono tra gli inquinanti ambientali che hanno colpito maggiormente la pubblica opinione, soprattutto in seguito all'incidente di Seveso. In condizioni normali la principale fonte di immissione di questi composti nell'ambiente sono i processi di combustione, quindi gli impianti di trattamento dei rifiuti che impiegano questi processi sono una potenziale sorgente di PCDD. Si tratta di composti presenti in tutti i comparti

ambientali ed a causa della loro persistenza rappresentano una potenziale fonte di rischio per gli organismi viventi. La contaminazione da PCDD e PCDF dei suoli è dovuta a ricadute aeree conseguenti i processi di combustione ed è condizionata da fattori legati al trasporto atmosferico unitamente alla dinamica di deposizione del particolato. Questi composti, in generale, rimangono negli strati superficiali del terreno e si muovono molto lentamente lungo il profilo.

Negli studi di inquinamento ambientale, la valutazione delle diossine nel suolo riflette gli accumuli di lungo periodo, mentre la concentrazione nella vegetazione è un riflesso delle deposizioni più recenti. In studi condotti in altre nazioni in aree in prossimità di inceneritori, secondo procedure sperimentali simili a quelle adottate nel presente studio, è stato riscontrato che le concentrazioni di questi composti nei vegetali sono di norma inferiori a quelle riscontrabili nel terreno. In questo studio si è deciso, in accordo con le procedure più utilizzate a livello internazionale di ridurre al minimo la profondità del campionamento per meglio evidenziare gli effetti delle ricadute atmosferiche (Vizard et al. 2006). In questo modo, nei campioni di suolo sono inevitabilmente presenti anche dei residui vegetali che è molto difficile separare prima dell'analisi e questo può avere portato ad una sotto stima della effettiva concentrazione nel suolo. Di questo si deve tenere conto in eventuali futuri monitoraggi e può servire anche a spiegare la differenza tra i valori di concentrazione trovati in questo studio e i precedenti risultati riscontrati in uno stesso punto di campionamento.

D'altra parte la scelta di un campionamento superficiale, oltre che scientificamente collaudata da precedenti indagini (Lorber et al. 1998; Cheng et al. 2003; Nadal et al. 2002; Vizard et al. 2006), risponde anche all'esigenza di fornire ad Agenda 21 Laghi dei valori di concentrazione che possono essere considerati come il punto zero per ulteriori campagne di monitoraggio, nel breve, medio periodo, nelle quali potrebbero essere individuati eventuali apporti più recenti e quindi più superficiali. Data la natura del territorio, la presenza di vegetazione nei primi centimetri del suolo è da considerarsi una caratteristica molto diffusa e le eventuali variazioni nel tempo saranno individuabili su questa matrice, in sostanza un misto di suolo e lettiera, che per prima rifletterà le ricadute ed anche le possibili variazioni

stagionali. Queste considerazioni non escludono naturalmente la possibilità di controlli mirati distintamente alle matrici suolo e vegetali.

La considerazione della qualità del suolo è una questione centrale per ogni attività di valutazione ambientale; infatti, il suolo svolge un ruolo di primaria importanza in molti equilibri ambientali svolgendo un'insostituibile azione di filtro e di protezione degli altri comparti.

I criteri operativi generali con i quali si è svolto il presente Progetto, derivano dalla esigenza di fornire una valutazione di eventuali scostamenti di concentrazione dai valori di fondo di alcuni metalli e composti organici nei suoli dell'area in esame, anche sulla base degli interessanti risultati di precedenti studi sulla biodiversità lichenica e sui valori di QBS, ottenuti nello stesso territorio di Agenda 21 Laghi.

I risultati ottenuti forniscono un quadro della situazione ambientale del suolo al momento attuale e rappresentano, come previsto dal Progetto di studio, anche una possibile base di partenza per successivi monitoraggi nel tempo.

Sulla base dei risultati ottenuti si può ritenere che:

- le concentrazioni di metalli pesanti riscontrate nel suolo rientrano negli intervalli di valori che possono essere ritenuti "normali";
- per quanto concerne la presenza nei suoli di diossine PCDD, i valori sono da considerarsi molto modesti ancorché si sia riscontrata la presenza in alcuni punti di OCDD, composto che è considerato un indicatore dei processi di combustione di rifiuti;
- la prevista integrazione di questi risultati con quelli provenienti da altri studi, potrà fornire un quadro abbastanza completo della situazione ambientale del territorio e le indicazioni per la predisposizione di un eventuale piano di monitoraggio nel tempo.

RIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI

- Gazzetta Ufficiale: Decreto Ministeriale N 185 del 13/9/99 Approvazione dei "Metodi Ufficiali di Analisi Chimica del Suolo".
- Cheng P, Hsu M, Ma E, Chou U, Ling Y.. *Chemosphere* 2003; 52 1389-1396.
- Lorber M, Pinsky P, Gehring P, Braverman C, Winters D, Sovocool W. *Chemosphere* 1998; 37: 9-12.
- Nadal M, Agramunt MC, Schuhmacher M, Domingo JL. *Chemosphere* 2002; 49: 153-159.
- Petruzzelli G. e Pedron F., "Meccanismi di biodisponibilità nel suolo di contaminanti ambientali persistenti", in Rapporti ISTISAN 07/50, pp. 68-75 (2007).
- Vizard, C.G, Rimmer, D.L, Pless-Mulloli, T, Singleton, I, & Air, V.S. *Science of the Total Environment* 2006, 370(1), 61-69.