

SUOLI DEL VENETO, VALORI DI FONDO DI METALLI E METALLOIDI

NEGLI ULTIMI 15 ANNI ARPAV HA CONDOTTO UNA SERIE DI INDAGINI SULLA CONCENTRAZIONE DI ALCUNI METALLI E METALLOIDI NEI SUOLI DEL VENETO. SONO STATI PRELEVATI E ANALIZZATI 4.131 CAMPIONI, DI CUI 2.337 IN SUOLI SUPERFICIALI (0-40 CM) E 1.794 IN SUOLI PROFONDI (70-100 CM), PER DEFINIRE I VALORI DI FONDO.

La valutazione dello stato di contaminazione dei suoli per quanto riguarda il contenuto in metalli e metalloidi richiede la conoscenza delle *concentrazioni naturali* dovute alle caratteristiche del materiale di partenza dal quale si è formato il suolo e dai processi che ne hanno caratterizzato lo sviluppo (Alloway, 1995; Kabata Pendias, 2001, Adriano, 2001). Tali concentrazioni infatti, soprattutto per alcuni metalli, possono variare notevolmente fino a raggiungere valori superiori ai limiti legislativi. Fin dalle prime indagini, iniziate nel 2000, per il rilevamento dei suoli finalizzato alla costituzione di una base conoscitiva per il Veneto, si è ritenuto di associare alla determinazione delle caratteristiche di base dei suoli anche la misura della concentrazione di alcuni metalli e metalloidi, con l'obiettivo di definire un quadro di riferimento a livello regionale; questo si è concretizzato nell'ambito della realizzazione della carta dei suoli regionale alla scala 1:250.000 (Arpav, 2005) e delle carte dei suoli alla scala 1:50.000 delle province di Treviso (Arpav, 2008), Venezia (Arpav, 2008), Padova (Arpav, 2013), Vicenza e Rovigo (2018).

Dal punto di vista normativo, il Titolo V del Dlg 152/2006 *Testo unico recante le norme in materia ambientale* disciplina criteri, procedure e modalità di messa in sicurezza, bonifica e ripristino ambientale dei siti inquinati (articoli 239-253). A tal fine l'art. 240, comma 1, lettera b), laddove viene definita la *concentrazione soglia di contaminazione* (Csc), precisa che: "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, queste ultime si assumono pari al valore di fondo esistente per tutti i parametri superati". Il riferimento ai valori di fondo, in questo caso solo di origine naturale, è stato ripreso anche

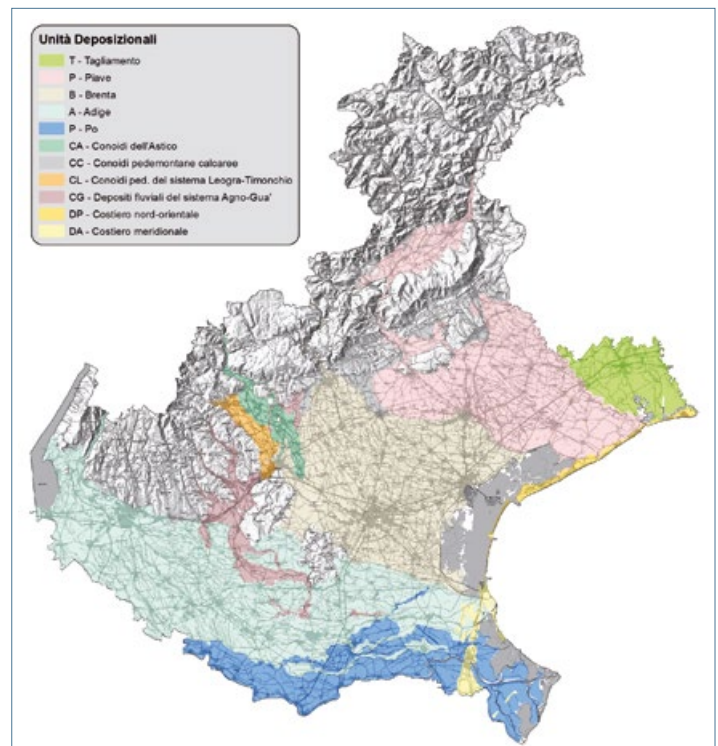


FIG. 1
VENETO, SUOLO
UNITÀ DEPOSIZIONALI

Mapa dei suoli di pianura originati da materiali alluvionali, aree omogenee denominate "unità deposizionali".

dalla normativa in tema di gestione delle terre e rocce da scavo (art. 7 e 20 del Dpr 120/2017).

Per l'applicazione di questa parte normativa, è stata importante l'approvazione da parte della Regione Veneto di criteri di indagine univoci per la determinazione del valore di fondo naturale dei metalli nei suoli (delibera Dgrv 464/2010), allo scopo di poter distinguere tra situazione di effettivo inquinamento causata da apporti esterni al suolo (processo esogeno) e situazione di elevata concentrazione naturale degli elementi presenti nel suolo (processo endogeno). Più recentemente anche il Sistema nazionale per la protezione ambientale (Snpa) ha approvato delle linee guida per la determinazione dei valori di fondo nei suoli e nelle acque sotterranee (2017) alla cui predisposizione ha contribuito anche Arpa Veneto con l'esperienza fin qui maturata.

Metodologia dell'indagine

Per la determinazione dei valori di fondo dei metalli nel suolo è stata utilizzata la procedura della norma ISO19258:2005 (*Soil Quality. Guidance on the determination of background values*) che rappresenta il riferimento a livello internazionale per le modalità di campionamento, analisi ed elaborazione dei dati. La norma fa una distinzione tra contenuto di fondo naturale (*pedo-geochemical background content*) e contenuto di fondo antropico (*background content*); il primo, che può essere considerato come contenuto naturale di un elemento, individua la concentrazione di elementi che è generata dai fattori caratteristici della pedogenesi, quali ad esempio la composizione e alterazione della roccia madre e le eventuali successive movimentazioni all'interno del suolo; il secondo si riferisce invece alla concentrazione di un elemento

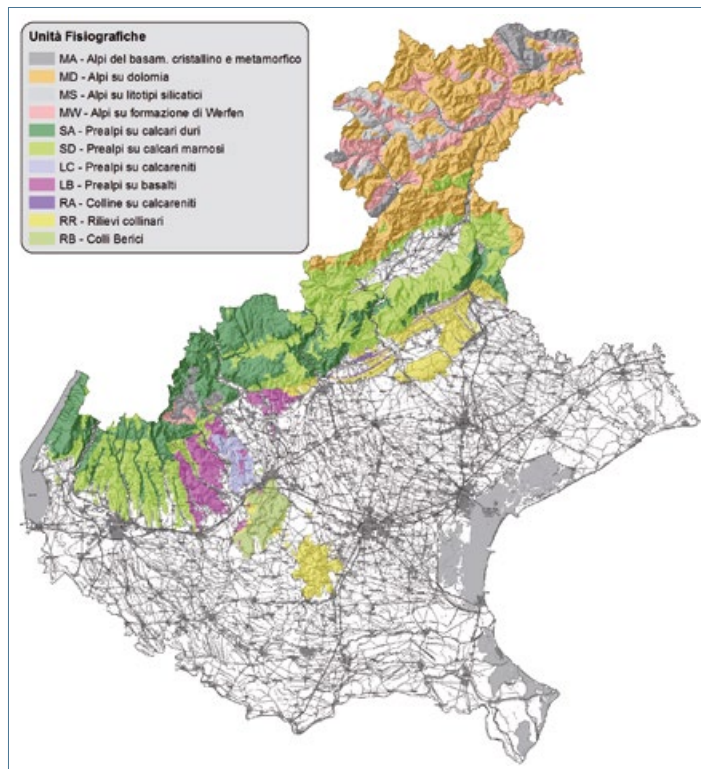


FIG. 2
VENETO, SUOLO,
UNITÀ FIOGRAFICHE

Mapa dei suoli in area montana, formati dai materiali presenti sul posto; aree omogenee identificate come "unità fisiografiche".

riferito a un tipo di suolo, localizzato in un'area o regione definita, che comprende sia le concentrazioni apportate da sorgenti naturali, sia quelle diffuse non naturali, quali ad esempio la deposizione atmosferica e le pratiche agronomiche ordinarie per quella certa area o regione.

Unità fisiografiche e unità deposizionali

La scelta dei siti di campionamento è stata effettuata seguendo l'approccio *tipologico* definito nella norma ISO 19258:2005, cioè in funzione del materiale di partenza e delle tipologie di suolo, scegliendo i siti da analizzare all'interno di aree omogenee definite con criteri diversi: per la pianura, dove i suoli si sono originati da materiali alluvionali e queste aree omogenee prendono il nome di unità deposizionali (figura 1), il criterio è l'origine dei sedimenti dai quali si è formato il suolo (Ungaro et al., 2008; Amorosi & Sammartino, 2006; Giandon et al., 2004); nell'area montana, dove i suoli si sono formati dai materiali presenti sul posto e le aree omogenee sono state identificate con il nome di unità fisiografiche (figura 2), l'elemento di differenziazione è costituito dalla litologia prevalente sulla quale si è sviluppato il suolo e la tipologia e i processi pedogenetici che caratterizzano il suolo stesso (Garlato et al., 2008; Sartori et al., 2004).

Campionamento e analisi

I siti di campionamento sono stati individuati all'interno delle unità

fisiografiche/deposizionali utilizzando i campioni prelevati da profili rappresentativi delle principali unità tipologiche di suolo descritte nella carta dei suoli e, dove questi non erano sufficientemente numerosi, da trivellate appositamente eseguite e descritte. Nella scelta dei siti di campionamento si è inoltre tenuto in considerazione l'uso del suolo, scegliendo cioè siti ad uso agricolo, avendo cura di evitare zone contaminate o troppo vicine a potenziali fonti inquinanti e siti che presentavano evidenti tracce di intervento antropico. La profondità di campionamento è stata scelta in funzione degli orizzonti pedologici, ma con metodologie differenziate tra pianura e montagna. In pianura i campioni per la determinazione del contenuto naturale sono stati prelevati in corrispondenza del primo orizzonte o strato pedologico sotto i 70 cm, ritenendo tale profondità sufficiente per poter escludere qualsiasi eventuale apporto antropico; per la determinazione del contenuto naturale-antropico si è campionato in corrispondenza del primo orizzonte individuato partendo dalla superficie, fino a una profondità massima di circa 40-50 cm, corrispondente alla profondità di aratura.

In montagna si è operato prelevando un campione dal primo orizzonte pedologico, di spessore variabile, e un secondo campione in corrispondenza del primo orizzonte pedologico sotto i 70 cm quando possibile o, quando il suolo

era meno profondo, in corrispondenza dell'orizzonte più profondo campionabile. I campioni analizzati sono stati complessivamente 4131, di cui 2337 superficiali e 1794 profondi. In pianura ricadono 1906 campioni superficiali e 1480 profondi, mentre nell'ambiente montano-collinare 431 superficiali e 314 profondi.

Le determinazioni analitiche sono state effettuate presso il laboratorio Arpav del Servizio laboratori di Treviso, utilizzando metodi di analisi ufficiali riconosciuti a livello nazionale e/o internazionale ed eseguite sulla frazione granulometrica inferiore ai 2 mm (terra fine). I metalli analizzati sono *antimonio, arsenico, berillio, cadmio, cobalto, cromo, rame, mercurio, nichel, piombo, selenio, stagno, vanadio, zinco*; per misurarne la concentrazione nel suolo è stata eseguita la determinazione degli elementi in forma "totale" (o *pseudo-total* secondo la terminologia anglosassone) cioè quelli presenti nella frazione estraibile con acqua regia.

Elaborazione dei dati

L'elaborazione statistica dei dati è stata condotta inizialmente sull'intero dataset, per una prima stima dell'andamento delle concentrazioni, successivamente per ciascuna unità deposizionale/fisiografica. Sui dati sono state eseguite alcune elaborazioni di statistica descrittiva per ciascun elemento, mantenendo distinti i valori degli orizzonti superficiali da quelli profondi; per ogni variabile sono stati determinati media, mediana, minimo, massimo, percentili (5°, 25°, 75°, 90° e 95°), deviazione standard, errore standard, coefficienti di asimmetria (*skewness*) e di curtosi (*kurtosis*), test per la normalità. Una volta eliminati gli eventuali *outliers*, per ciascuna unità e per ogni metallo è stato calcolato il valore di fondo, che corrisponde al valore del 95° percentile all'interno di ciascuna unità fisiografica/deposizionale. Per poter distinguere tra valore di fondo antropico e valore di fondo naturale sono stati tenuti distinti i valori delle concentrazioni negli orizzonti superficiali e profondi, in modo tale da conservare le informazioni relative alle diverse profondità.

Risultati

Nella *tabella 1* vengono riportati i valori di fondo per ogni metallo e metalloide definiti in ognuna delle unità fisiografiche e deposizionali. Per una semplificazione a livello operativo, per ogni metallo e metalloide, si è scelto di fornire un unico valore per ciascuna unità, corrispondente al valore più elevato tra il fondo antropico

e quello naturale; i due valori di fondo sono comunque disponibili. I metalli per i quali non si osserva in nessuna unità fisiografica/deposizionale alcun superamento delle concentrazioni soglia di contaminazione sono antimonio, mercurio e selenio; nella *tabella 1* è stato riportato anche lo stagno per il quale dal 2014 non esiste più un limite normativo. Il *cadmio* mostra 2 soli superamenti entrambi in area prealpina sia su calcari duri (SA) e, anche se con valori inferiori, su suoli sviluppati su calcari marnosi (SD); valori prossimi al limite, ma inferiori si osservano anche sui colli Berici (RB) e sempre in prealpi su calcareniti (LC). Per questo metallo le concentrazioni osservate in superficie e in profondità sono molto simili confermando che i valori anomali riscontrabili sono imputabili al materiale di partenza e non ad apporti antropici: in sostanza il valore di fondo antropico e quello naturale sono uguali.

Il *piombo* presenta valori superiori al limite solo in area prealpina, sia su calcari duri che marnosi (SA e SD) e in area montana nell'unità delle alpi su formazione di Werfen (MW). A differenza del cadmio, il piombo mostra sempre un significativo arricchimento superficiale molto probabilmente dovuto alla deposizione atmosferica realizzatasi negli scorsi decenni per la presenza del piombo come antidetonante nelle benzine. Le concentrazioni superficiali più alte si sono riscontrate nelle aree prossime alla pianura, ma su suoli non coltivati (prealpi) dove viene a mancare l'effetto "diluizione" dato dall'aratura che coinvolge uno spessore di suolo di almeno 30-40 cm. *Arsenico, berillio, cobalto, cromo, nichel, vanadio e zinco* superano la concentrazione soglia di contaminazione prevista per i siti a uso verde pubblico, privato e residenziale in numerose unità, coinvolgendo una superficie significativa del territorio regionale. Valori di fondo superiori alle concentrazioni soglia di

contaminazione definite per i siti a uso commerciale e industriale (colonna B) si hanno solo per *arsenico* nell'unità delle colline su calcareniti (RA, 89 mg/kg). Le aree con il maggior numero di superamenti sono le Prealpi su basalti in area montana e i depositi fluviali del sistema Agno-Guà in pianura, che ricevono sedimenti proprio dall'alterazione dei basalti; in questi suoli cobalto, cromo, nichel, vanadio e zinco presentano valori di fondo nettamente superiori alle concentrazioni soglia di contaminazione. Oltre a queste due unità, concentrazioni anomale di diversi metalli si osservano anche nell'unità delle colline su calcareniti (RA) che però occupa una superficie estremamente limitata rispetto al territorio regionale. Per tutti i metalli citati si osserva una sostanziale omogeneità tra valore di *fondo naturale e antropico* a eccezione dello zinco che mostra un leggero arricchimento superficiale soprattutto nelle unità coltivate di pianura.

Unità fisiografiche/ deposizionali	Sb	As	Be	Cd	Co	Cr	Hg	Ni	Pb	Cu	Se	Sn	V	Zn
Tagliamento (T)	1.1	15	1.8	0.59	12	68	0.26	43	30	49	0.76	3.1	88	90
Piave (P)	1.0	14	1.6	0.70	15	62	0.26	51	37	192	0.51	3.9	86	120
Brenta (B)	2.0	46	2.1	0.93	16	63	0.51	38	56	110	0.36	6.3	84	143
Adige (A)	1.6	40	1.5	0.93	19	124	0.21	103	57	97	0.75	4.2	80	150
Po (O)	1.3	28	1.7	0.54	20	162	0.08	130	34	66	0.91	3.7	89	111
Costiero nord-orientale (DP)	0.6	11	0.6	0.25	6.0	32	0.37	19	38	45	0.32	2.0	43	70
Costiero meridionale (DA)	1.0	23	1.1	0.26	16	166	0.13	105	42	48	0.68	4.7	70	158
Conoidi pedemontane calcaree (CC)	0.84	13	1.6	0.92	22	103	0.21	81	42	141	0.40	3.7	84	113
Conoidi dell'Astico (CA)	3.3	25	1.8	0.74	25	84	0.36	66	65	101	0.52	7.2	190	150
Conoidi pedem. del sistema Leogra-Timonchio (CL)	2.7	28	1.9	0.74	27	90	0.18	47	90	90	0.37	6.0	129	195
Depositi fluviali del sistema Agno-Guà (CG)	1.9	21	1.5	0.66	50	190	0.10	160	88	103	0.42	3.4	151	160
Rilievi collinari (RR)	1.1	18	1.7	0.90	27	102	0.36	66	48	112	0.59	3.6	100	141
Colline su calcareniti (RA)	3.9	89	2.1	0.96	14	298	0.13	67	57	52	0.55	4.0	303	176
Colli Berici (RB)	4.5	39	2.8	1.8	31	199	0.14	111	72	81	0.59	4.4	226	145
Prealpi su calcareniti (LC)	1.8*	34*	2.7*	1.9*	39*	172*	0.13*	122*	39*	50*	0.74*	3.3*	162*	128*
Prealpi su basalti (LB)	1.6	14	2.1	0.56	79	313	0.15	251	57	99	0.47	4.2	212	177
Prealpi su calcari marnosi (SD)	2.6	17	2.3	2.2	35	175	0.28	148	133	88	0.81	3.4	138	197
Prealpi su calcari duri (SA)	3.3	27	2.7	3.8	36	123	0.33	92	101	96	1.1	4.9	175	220
Alpi su Formazione di Werfen (MW)	2.1*	30*	2.2*	1.8	19	73	0.70*	41	128	34	1.1*	2.5*	92*	148
Alpi su litotipi silicatici (MS)	2.1*	13*	2.2*	0.52*	31	72	0.19*	37	55	72	nd	nd	184*	122
Alpi su dolomia (MD)	2.3*	24*	1.4*	1.6	19	84	0.23*	46	61	39	0.50*	2.9*	96*	138
Alpi del basamento cristallino e metamorfico (MA)	2.6*	19*	1.6*	0.52	22	68	0.40*	46	90	48	nd	nd	69*	150

* numero campioni per la determinazione del valore di fondo inferiore a 30, numerosità minima consigliata dalla norma ISO 19258 (2005); nd: valore di fondo non determinato.

TAB. 1 METALLI E METALLOIDI NEL SUOLO - Valori di fondo nelle unità fisiografiche e deposizionali del Veneto, in rosso i valori maggiori delle concentrazioni soglia di contaminazione previsti per i siti a uso verde pubblico, privato e residenziale (colonna A) dal Dlgs 152/2006.

Per il *rame* si è proceduto in maniera diversa in conseguenza del forte arricchimento superficiale osservato nelle aree a vigneto. Si è scelto quindi di trattare tutte queste superfici separatamente, indipendentemente dall'unità deposizionale/fisiografica di appartenenza, e definire per questo uso del suolo un valore di fondo antropico specifico, pari a 284 mg/kg, valore più che doppio rispetto al limite per le aree residenziali (120 mg/kg).

Tutti i restanti campioni sono stati trattati secondo le procedure standard, ma nonostante questo si osservano due superamenti dei limiti di legge, nell'unità del Piave (P) e in quella delle conoidi pedemontane calcaree (CC), anche su suoli oggi non più a vigneto, ma molto probabilmente così coltivati in passato e che quindi hanno mantenuto concentrazioni elevate.

In pianura, nelle unità di Po, Adige e Brenta, sono numerosi i valori di fondo superiori al limite mentre, all'estremo opposto, troviamo il Tagliamento, che non evidenzia nessun superamento, e il Piave che presenta un unico superamento per il rame, per i motivi sopra ricordati. Significativi, in termini di superficie coinvolta e per la pericolosità dell'elemento, sono i superamenti del limite per l'arsenico nei depositi di Brenta e Adige.

In montagna l'unità che presenta il minor numero di superamenti è l'area alpina dove affiora il basamento cristallino e metamorfico (MA), nella quale solo il *cobalto* supera di poco i limiti di colonna A.

Rispetto alla prima elaborazione eseguita nel 2011 (Arpav, 2011), nel 2016 il numero di dati a disposizione è aumentato notevolmente ma rimangono, in particolare in alcune unità fisiografiche di montagna, alcuni metalli con un numero di dati analitici inferiore a 30, numerosità consigliata dalla norma Iso 19258 (2005).

Tali metalli sono evidenziati in *tabella 1* tramite un asterisco. È da evidenziare che nelle unità per le quali nel 2011 si disponeva di pochi dati mentre nel 2016 i dati disponibili erano più di 30, il valore di fondo già definito nel 2011 non risulta molto diverso da quello calcolato nel 2016, a dimostrazione della particolare robustezza dell'approccio usato nell'individuare il valore di fondo anche con una numerosità campionaria ridotta.

**Paolo Giandon, Adriano Garlato,
Francesca Ragazzi**

Arpav, Direzione tecnica, Servizio Centro Veneto suolo e bonifiche



FOTO: ARCHIVO ARPA VENETO

RIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI

Adriano D.C., 2001. *Trace elements in terrestrial environments: biogeochemistry, bioavailability, and risks of metals*. Springer, New York.

Alloway B.J. (ed.), 1995. *Heavy metals in soils*, Blackie Academic & Professional, II edition, London.

Amorosi A., Sammartino I., 2006. "Influence of sediment provenance on background values of potentially toxic metals from near-surface sediments of Po coastal plain", *Int. Journal of Earth Science*, Springer.

Arpa Veneto, 2018. Carta dei suoli della provincia di Rovigo. Osservatorio regionale suolo, Treviso, in stampa.

Arpa Veneto, 2018. Carta dei suoli della provincia di Vicenza. Osservatorio regionale suolo, Treviso, in stampa.

Arpa Veneto, 2013, Carta dei suoli della provincia di Padova. Osservatorio regionale suolo, Treviso, 182 pp.

Arpa Veneto, 2008. Carta dei suoli della provincia di Treviso. Osservatorio regionale suolo, Castelfranco Veneto (TV), 108 pp.

Arpa Veneto, 2008. Carta dei suoli della provincia di Venezia. Osservatorio regionale suolo e Provincia di Venezia, 268 pp.

Arpa Veneto, 2005. Carta dei suoli del Veneto. Osservatorio Regionale Suolo, Castelfranco Veneto (TV), 383 pp.

Arpa Veneto, Regione Veneto, 2011, *Metalli e metalloidi nei suoli del Veneto*. Serie Orientambiente, 188 pp.

Arpa Veneto, Regione Veneto, 2016, *Metalli e metalloidi nei suoli del Veneto. Aggiornamento 2016*, http://www.arpa.veneto.it/temi-ambientali/soilo/file-e-allegati/documenti/metalli-pesanti/Metalli_metalloidi_suoli_Veneto.pdf

Garlato A., Sartori G., Ungaro F., Vinci I., Giandon P., 2008. *Contenuto di metalli pesanti nei suoli montani e collinari del Veneto*. Arpa Veneto. Documento interno.

Kabata - Pendias A., Pendias H., 2001, *Trace elements in soils and plants*, CRC Press, II Ed., Boca Raton.

ISO, International Standards Organisation, 2005. *Soil quality. Guidance on the determination of background values*, n. 19258.

Sartori G., Corradini F., Bini C., Gemignani S., Mancabelli A., 2004. *Contenuto di metalli pesanti nei suoli del Trentino*. Studi trentini di scienze naturali, Acta Geologica, Vol. 79: 75-117.

Snpa, 2017. *Linee guida per la determinazione dei valori di fondo per i suoli e per le acque sotterranee*. http://www.isprambiente.gov.it/files2017/snpa/copy_of_Delibera20conallegati.pdf/at_download/file

Ungaro, F., Ragazzi, F., Cappellin R., Giandon, P., 2008. *Arsenic concentration in the soils of the Brenta Plain (Northern Italy): mapping the probability of exceeding contamination threshold*. The Journal of Geochemical Exploration, 96/2-3 pp. 117-131.