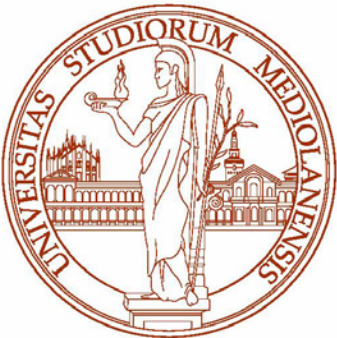


Valori di fondo nei suoli e nelle acque sotterranee



Giovani Pietro Beretta
Dipartimento di Scienze della Terra "Ardito Desio"
Università degli studi di Milano
via Mangiagalli 34 – 20133 Milano
giovanni.beretta@unimi.it

INDICE

1 – VALORI DI FONDO NELLE NORMATIVE

2 – GENERALITA'

3 – SUOLI (approccio maggiormente consolidato)

4 – ACQUE SOTTERRANEE (approccio da migliorare)

5 – CONSIDERAZIONI APPLICATIVE



I VALORI DI FONDO DI SUOLI E ACQUE SOTTERRANEE NELLA NORMATIVA - 1

D.Lgs. 152/06

art. 40 - b) concentrazioni soglia di contaminazione (CSC): i livelli di contaminazione delle matrici ambientali che costituiscono valori al di sopra dei quali è necessaria la caratterizzazione del sito e l'analisi di rischio sito specifica, come individuati nell'Allegato 5 alla parte quarta del presente decreto. 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;

D.Lgs. 30/2009 (Attuazione Direttiva 2006/118/CE)

art. 2 - b) valore soglia: lo standard di qualità ambientale delle acque sotterranee stabilito a livello nazionale conformemente alle disposizioni dell'articolo 3, comma 3; valori soglia possono essere definiti dalle regioni limitatamente alle sostanze di origine naturale sulla base del **valore di fondo**;

h) **concentrazione di fondo**: la concentrazione di una sostanza o il valore di un indicatore in un corpo idrico sotterraneo corrispondente all'assenza di alterazioni antropogeniche o alla presenza di alterazioni estremamente limitate rispetto a condizioni inalterate;

I VALORI DI FONDO DI SUOLI E ACQUE SOTTERRANEE NELLA NORMATIVA - 2

DM 10 agosto 2012, n. 161

art. 5 - 4. Nel caso in cui la realizzazione dell'opera interessi un sito in cui, per fenomeni naturali, nel materiale da scavo le concentrazioni degli elementi e composti di cui alla Tabella 4.1 dell'allegato 4, superino le Concentrazioni Soglia di Contaminazione di cui alle colonne A e B della Tabella 1 dell'allegato 5 alla parte quarta del decreto legislativo n. 152 del 2006 e successive modificazioni, è fatta salva la possibilità che le concentrazioni di tali elementi e composti vengano assunte pari al **valore di fondo naturale** esistente per tutti i parametri superati. A tal fine, in fase di predisposizione del Piano di Utilizzo, il proponente segnala il superamento di cui sopra all'Autorità competente, presentando un piano di accertamento per definire **i valori di fondo da assumere**.

D.Lgs. 152/2006

art. 240 - p) inquinamento diffuso: la contaminazione o le alterazioni chimiche, fisiche o biologiche delle matrici ambientali determinate da fonti diffuse e non imputabili ad una singola origine;

art. 239 - 3. Gli interventi di bonifica e ripristino ambientale per le aree caratterizzate da inquinamento diffuso sono disciplinati dalle regioni con appositi piani, fatte salve le competenze e le procedure previste per i siti oggetto di bonifica di interesse nazionale e comunque nel rispetto dei criteri generali di cui al presente titolo.

I VALORI DI FONDO DI SUOLI E ACQUE SOTTERRANEE NELLA NORMATIVA - 3

D.Lgs. 99/1992 (Attuazione della Direttiva 86/278/CEE)

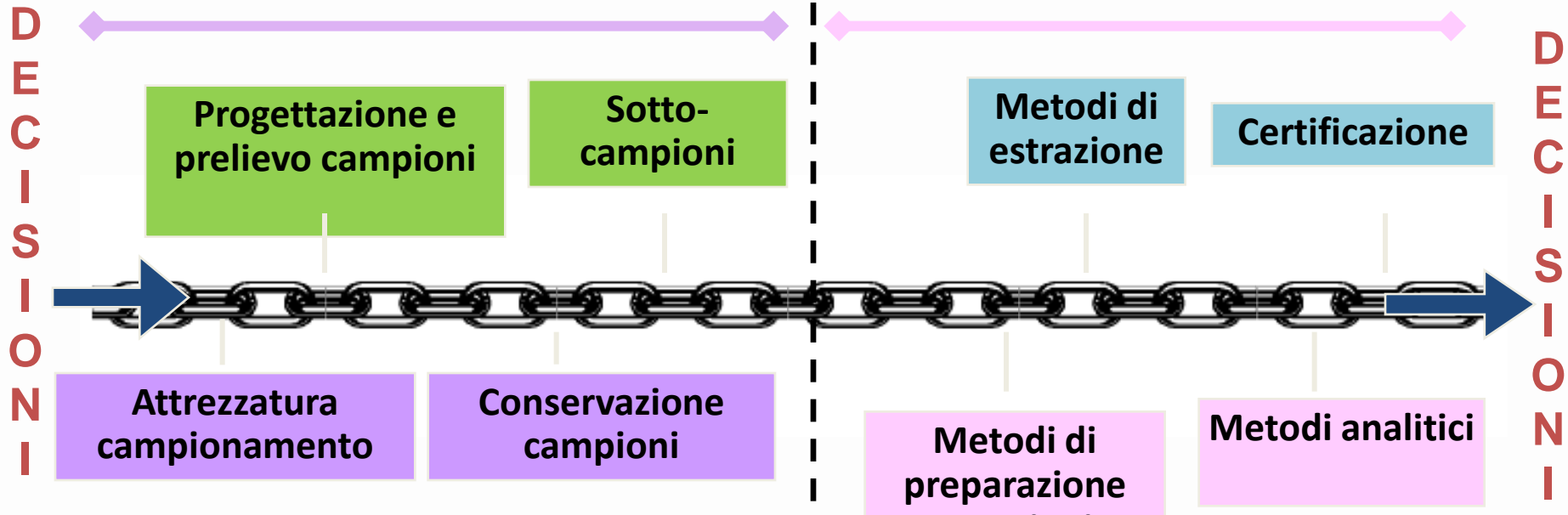
Art. 6 - 2) stabiliscono ulteriori limiti e condizioni di utilizzazione in agricoltura per i diversi tipi di fanghi in relazione alle caratteristiche dei suoli, ai tipi di colture praticate, alla composizione dei fanghi, alle modalità di trattamento;



DATI DI CARATTERIZZAZIONE DI SITI CONTAMINATI (catena di qualità dei dati)

Campionamento

Analisi



Obiettivi

INCERTEZZE (n·10²)

INCERTEZZE (n·10)

Interventi

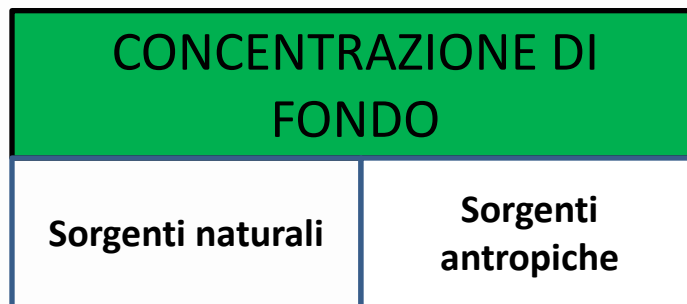


VALORI DI FONDO NEI SITI CONTAMINATI E NELLA TUTELA DELLE RISORSE IDRICHE

Acque
Suolo

D.Lgs. 152/06

CONCENTRAZIONE
TOTALE



CONCENTRAZIONI
NEL SITO



D.Lgs. 20/2009

CONCENTRAZIONE
TOTALE



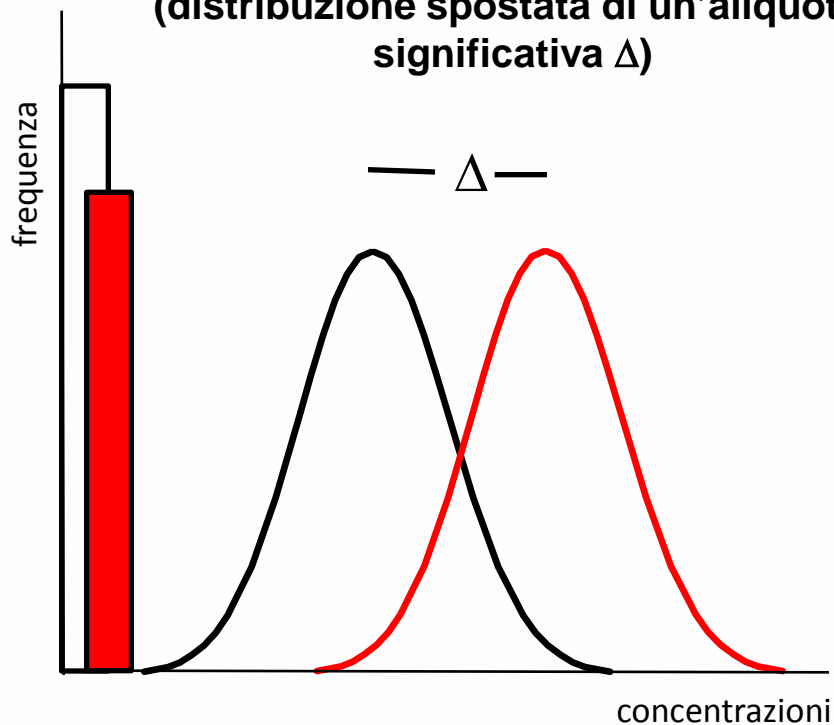
?

Acque

DISTRIBUZIONE CONTAMINANTI NEI SITI CONTAMINATI

DISTRIBUZIONE SITO E VALORI DI FONDO

(distribuzione spostata di un'aliquota significativa Δ)



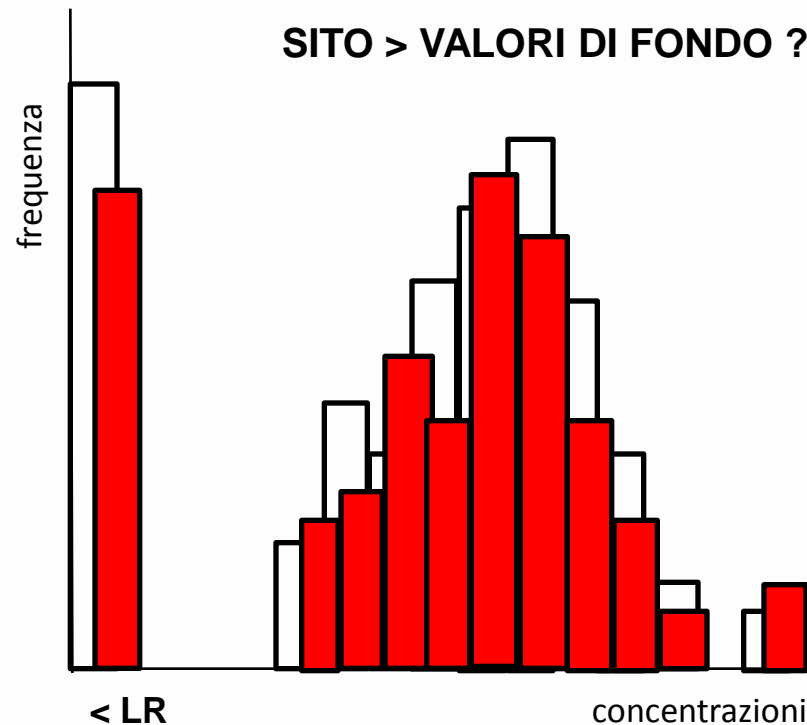
VALORI DI FONDO



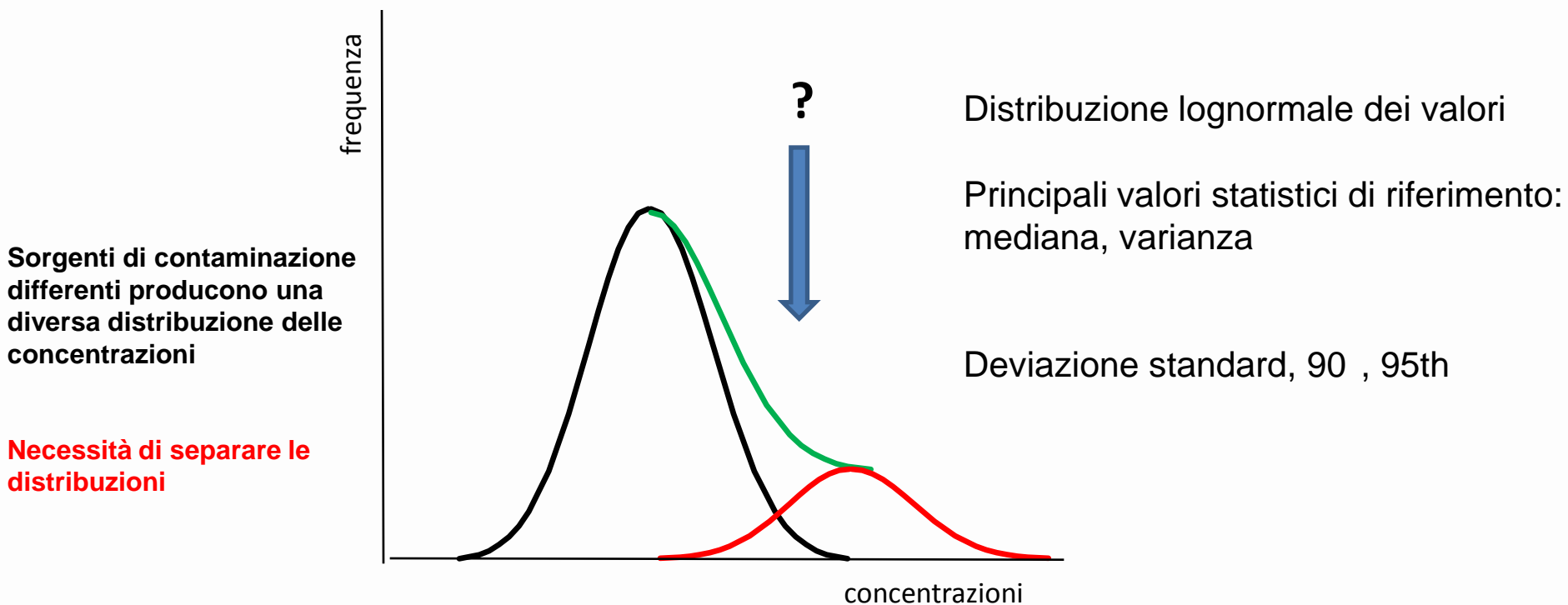
SITO

Δ = aliquota soggetta a bonifica

SITO > VALORI DI FONDO ?



DISTRIBUZIONE CONTAMINANTI IN UN SITO CONTAMINATO E NELL'AREA LIMITROFA (es. metodo Bridge)



COMPONENTE NATURALE

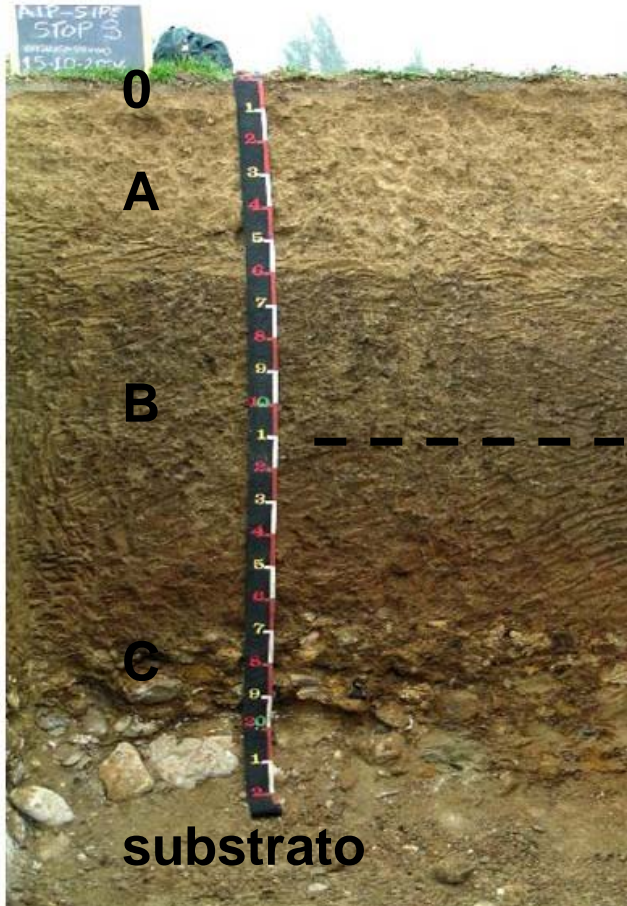


COMPONENTE ANTROPICA



SOMMATORIA

CARATTERIZZAZIONE "AMBIENTALE" DEL SUOLO



D.Lgs. 152/2006
(caratterizzazione,
analisi di rischio)
(Topsoil) ●

D.M. 181/2012
(terre e rocce
da scavo)

Regione Emilia
Romagna (Servizio
geologico,...)

Topsoil ●
(naturale-antropico)

●
Suolo
superficiale

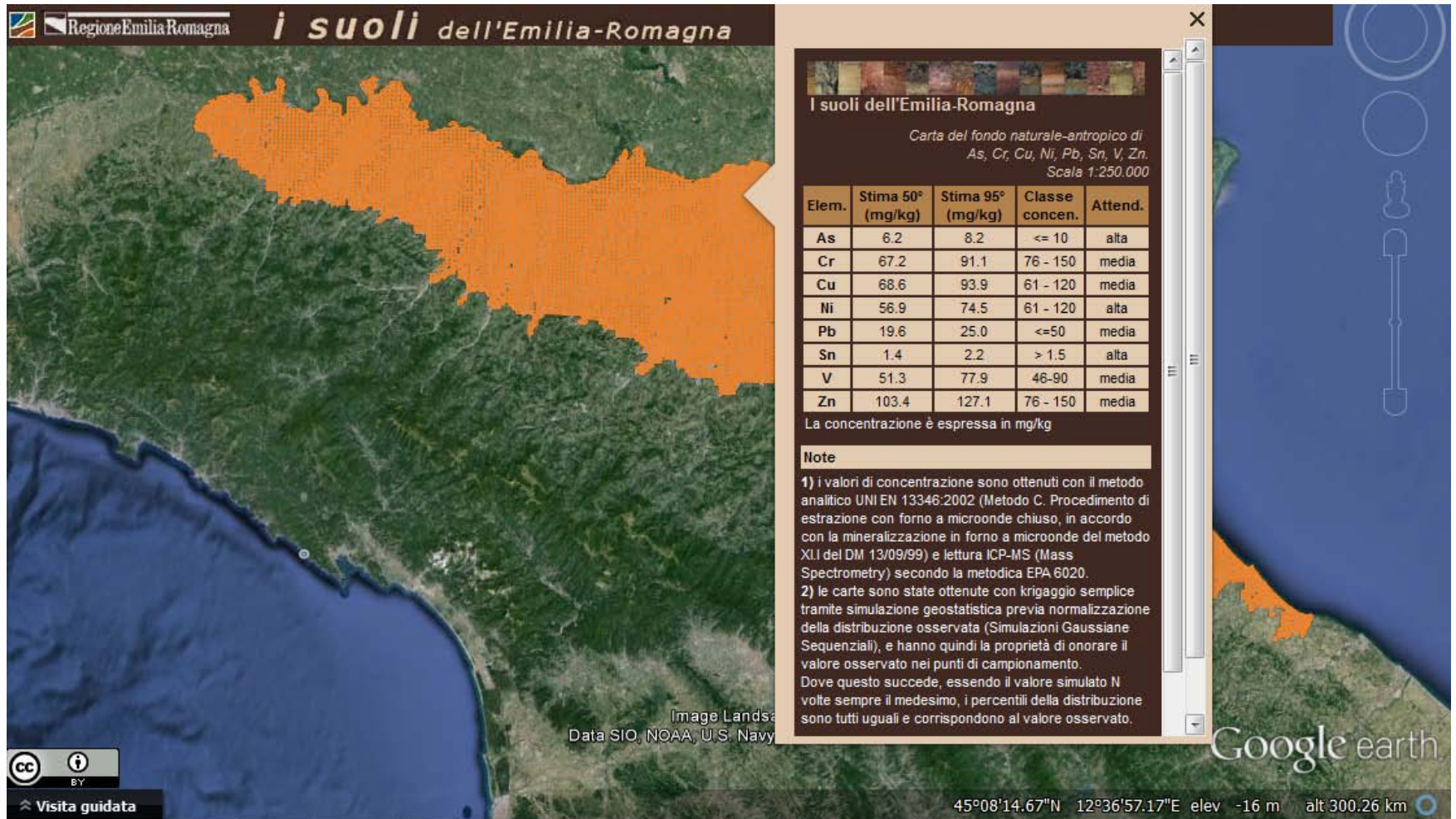
●
Suolo

●
Subsoil
(naturale)

●
Suolo
profondo

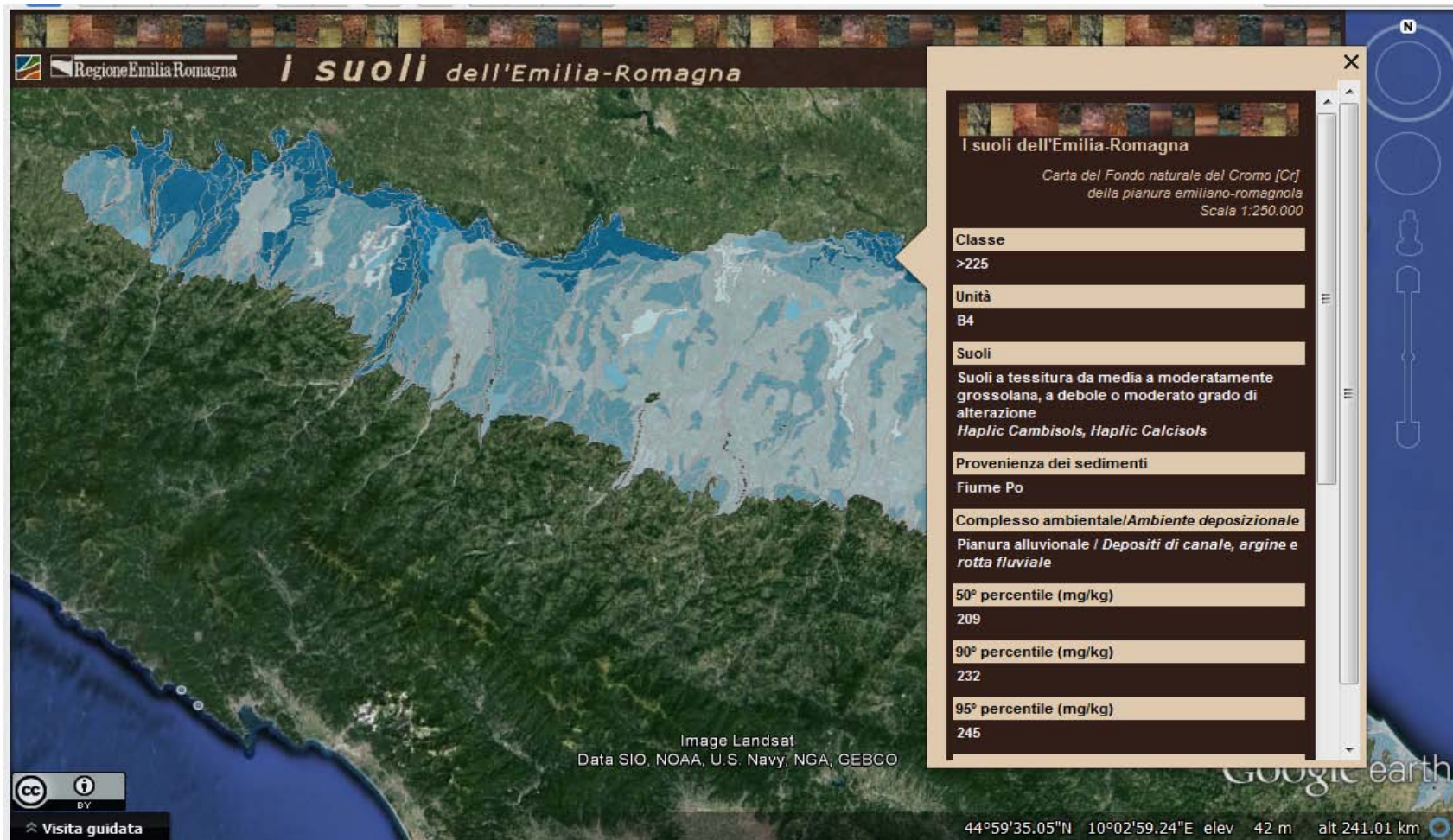
Sottosuolo

FONDO NATURALE-ANTROPICO DEL CROMO NEI SUOLI – EMILIA ROMAGNA



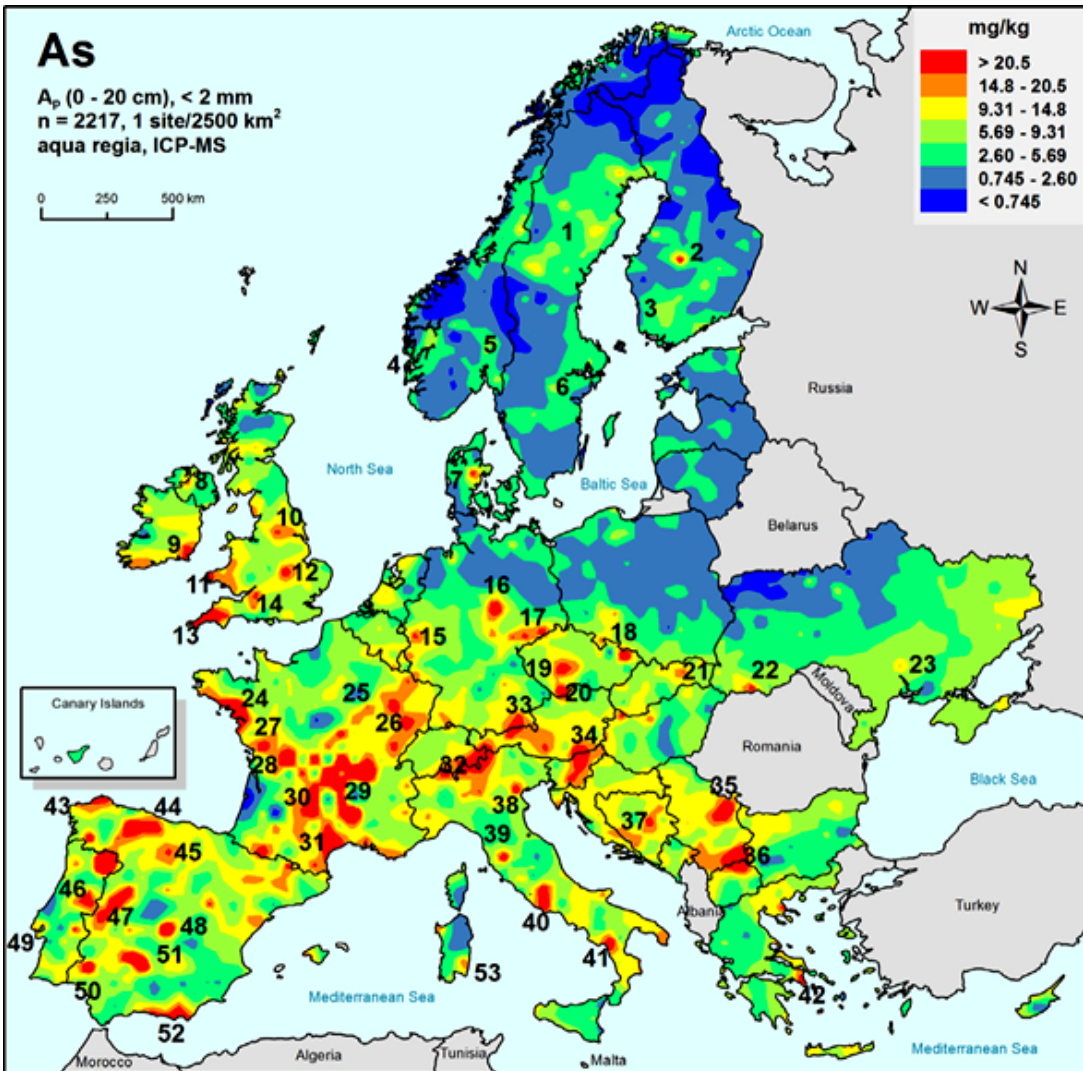
Cromo nel *topsoil* (20-30 cm di profondità) nei suoli ad uso agricolo

FONDO NATURALE DEL CROMO NEI SUOLI – EMILIA ROMAGNA



Cromo nel *subsoil* (90-140 cm di profondità, 60-80 nei suoli con ghiaie) nei suoli ad uso agricolo

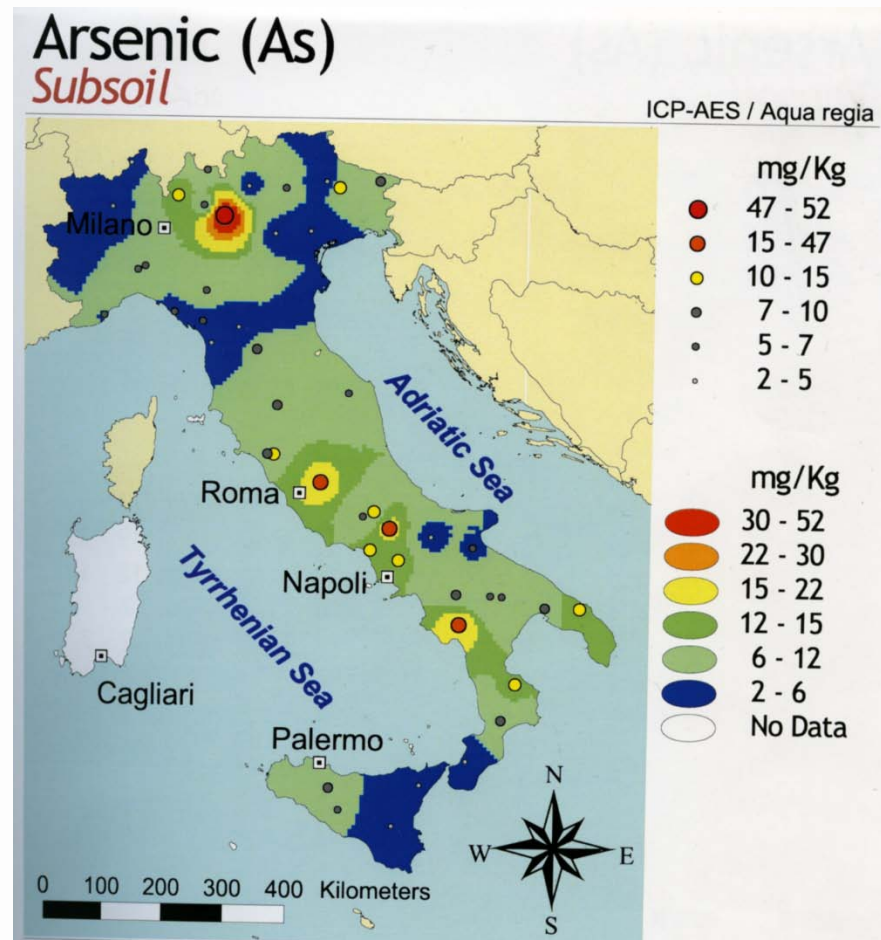
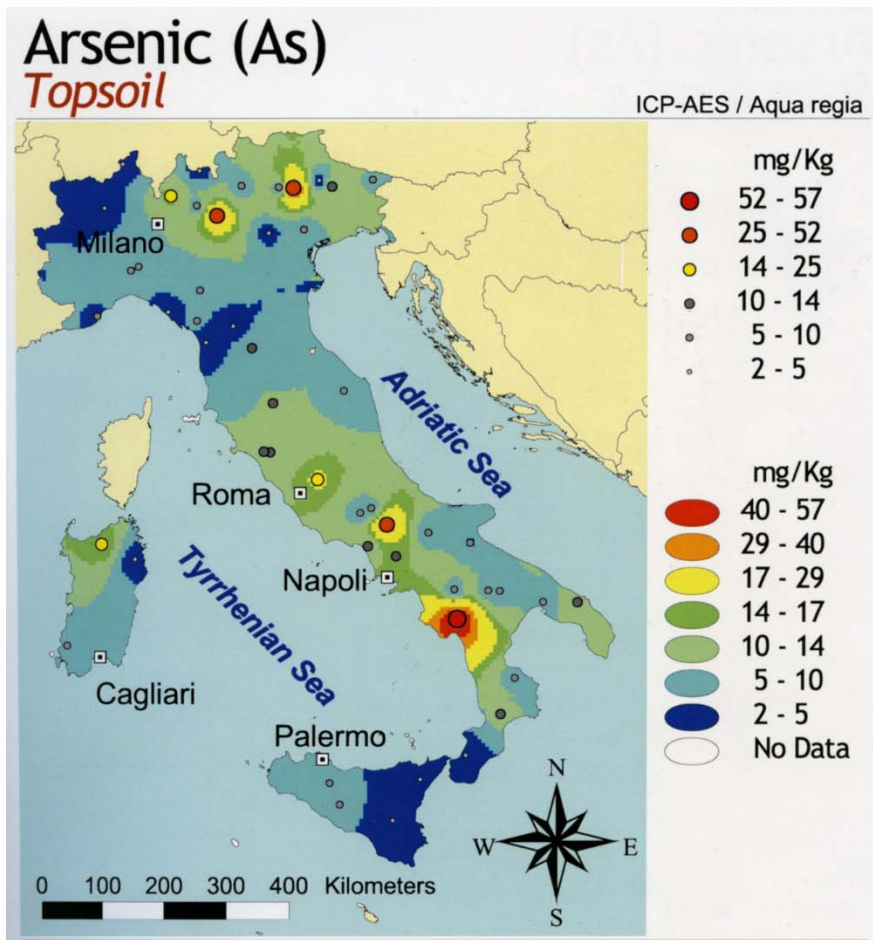
DISTRIBUZIONE DI ARSENICO IN TOPSOIL AGRICOLI DELL'EUROPA



**Estrazione in acqua regia di
frazioni < 2 mm**

in: Arsenic in agricultural and grazing
land soils of Europe (Tarvainen T. et al.,
2013)

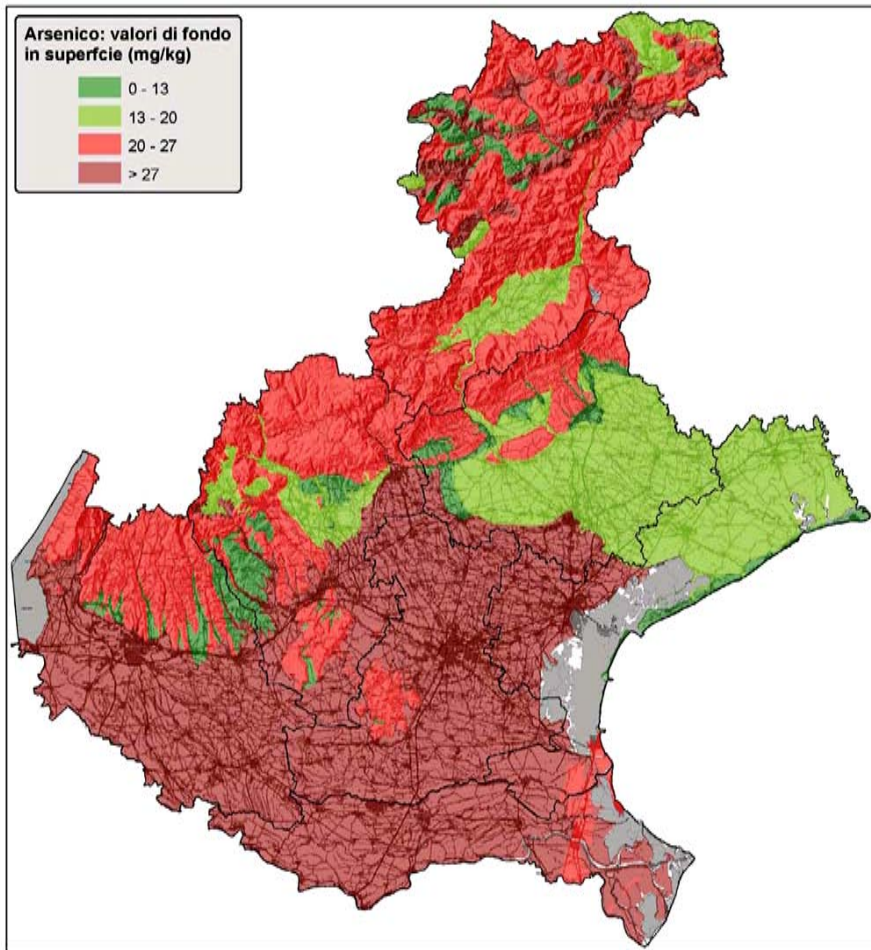
DISTRIBUZIONE DI ARSENICO IN TOPSOIL E NEL SOTTOSUOLO



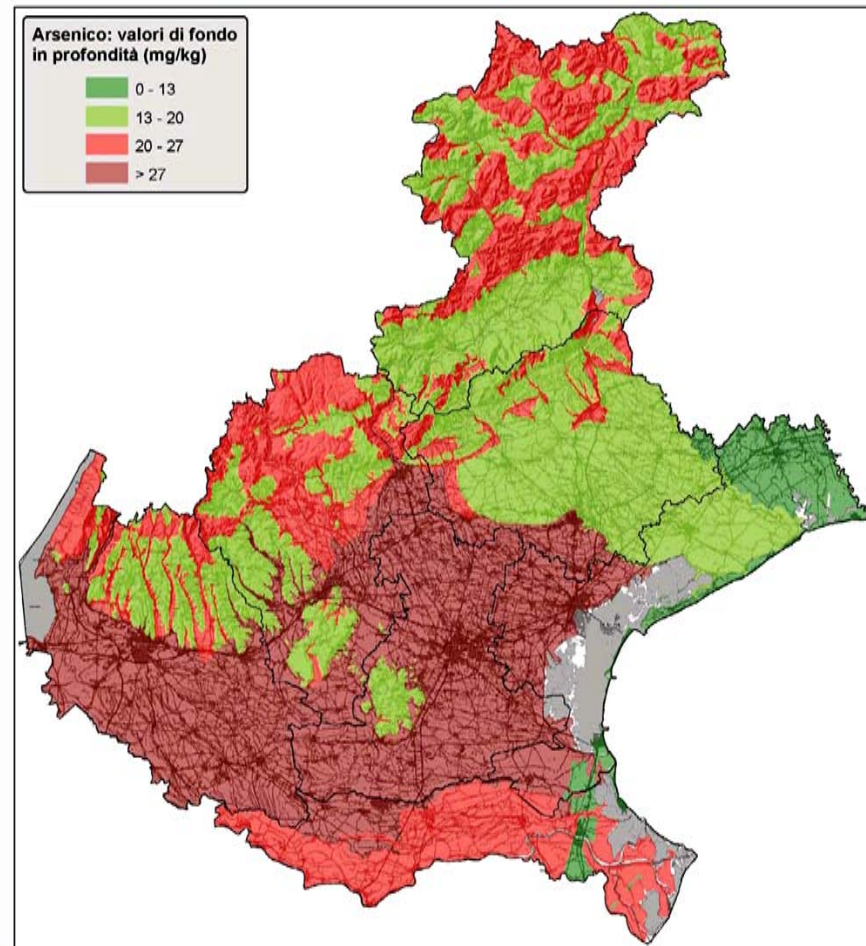
In: Atlante geochimico-ambientale d'Italia (De Vivo B. et al., 2009)

VALORI DI FONDO (95 PERCENTILE) NEI SUOLI DEL VENETO (ARPAV, Regione Veneto 2011)

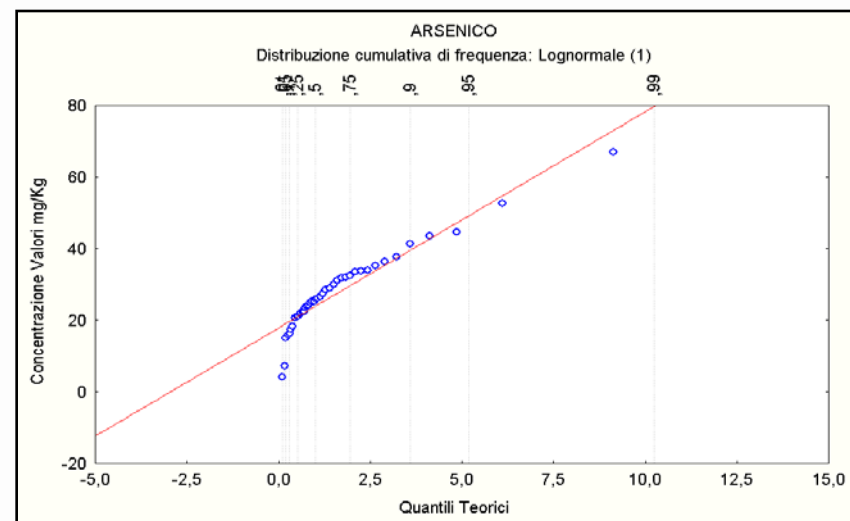
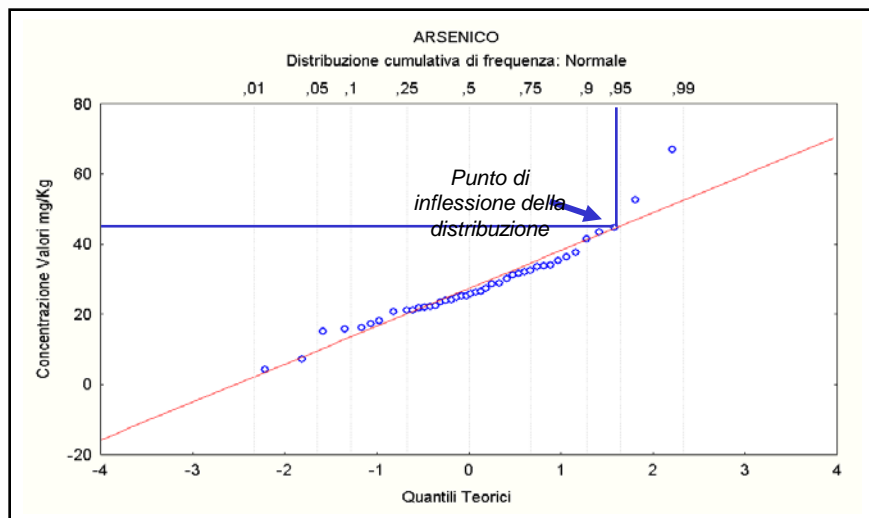
superficiali



profondi



DETERMINAZIONE DEL LIVELLO DI FONDO DI METALLI PESANTI NEI SUOLI DELL'ENTROTERRA VENEZIANO

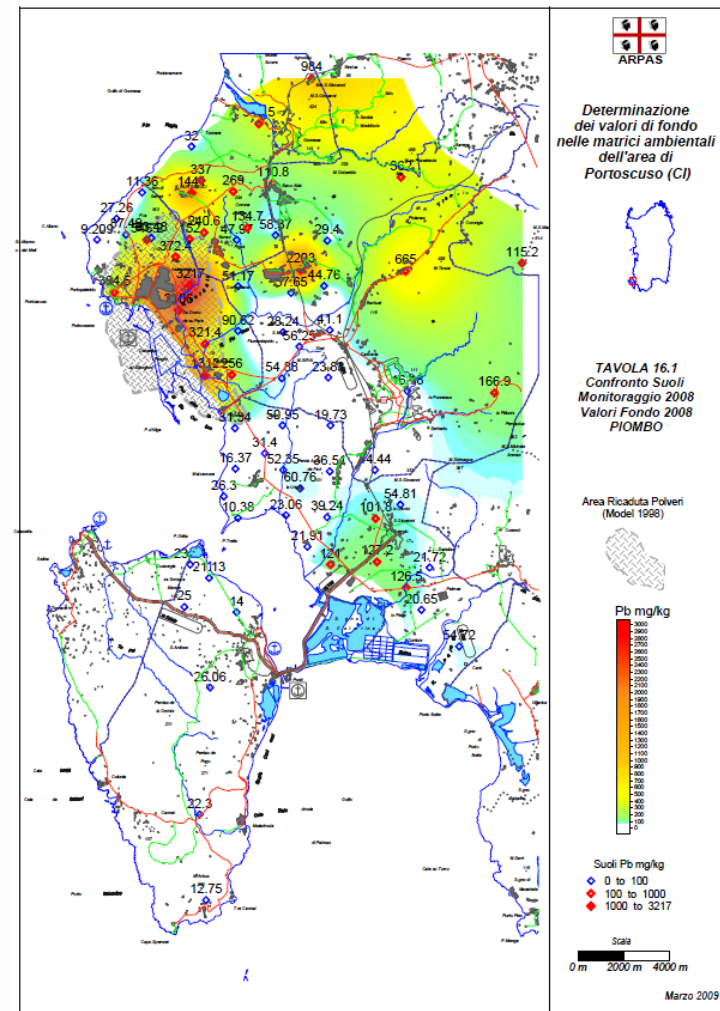


	As mg/Kg	Sn mg/Kg	Be mg/Kg	Zn mg/Kg	V mg/Kg
PROPOSTA DI SOGLIA MASSIMA DI BACKGROUND	45	6.5	2.1	152	83
Limiti D.M. 471/99 Verde pubblico	20	1	2	150	90
Limiti D.M. 471/99 Comm./Industriale	50	350	10	1500	250

Da: ARPAV, Provincia di Venezia, Comune di Venezia, 2002

DETERMINAZIONE DEI VALORI DI FONDO NELLE MATRICI AMBIENTALI DELL'AREA DI PORTOSCUSO (ARPAS, 2009)

Suoli (mg/kg)	Valore Fondo (substrato Quaternario)	Valore Fondo (substrato vulcaniti)	D.Lgs 152/06 Tab 1 colonna A	D.Lgs.152/2006 Tab 1 colonna B
Fosforo totale	992	810		
Solfati solubili	291	nd		
Alluminio	40,005	39,515		
Berillio	1.72	1.68	2	10
Cadmio	nd	1.16	2	15
Ferro	26,327	25,370		
Manganese	947	694		
Piombo	108	251	100	1000
Stagno	1.27	1.55	1	350
Zinco	88	99	150	1500



Background values in European soils and sewage sludges

Result of JRC-coordinates study on background values

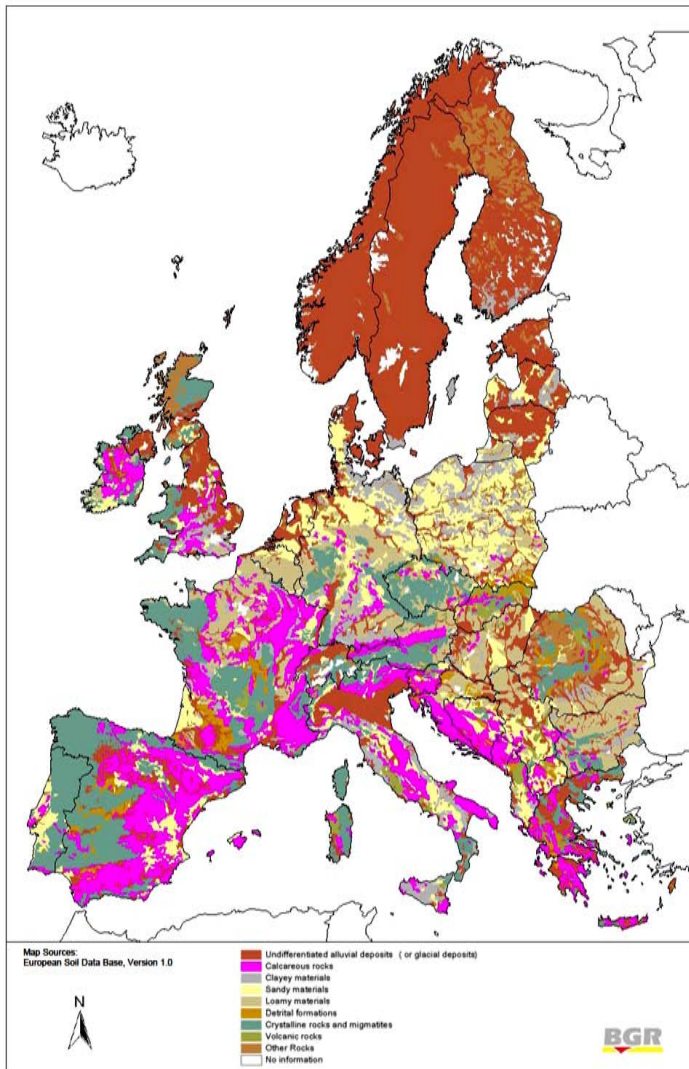
(Gawlik B.M., Bidoglio G., 2006)

CLASSIFICAZIONE DEL CONTENUTO DI METALLI NEL SUOLO SECONDO I PARAMETRI DI:

- Substrato
- Uso del Suolo (agricolo, prateria, foresta, altro)
- Granulometria
- pH
- Sostanza organica

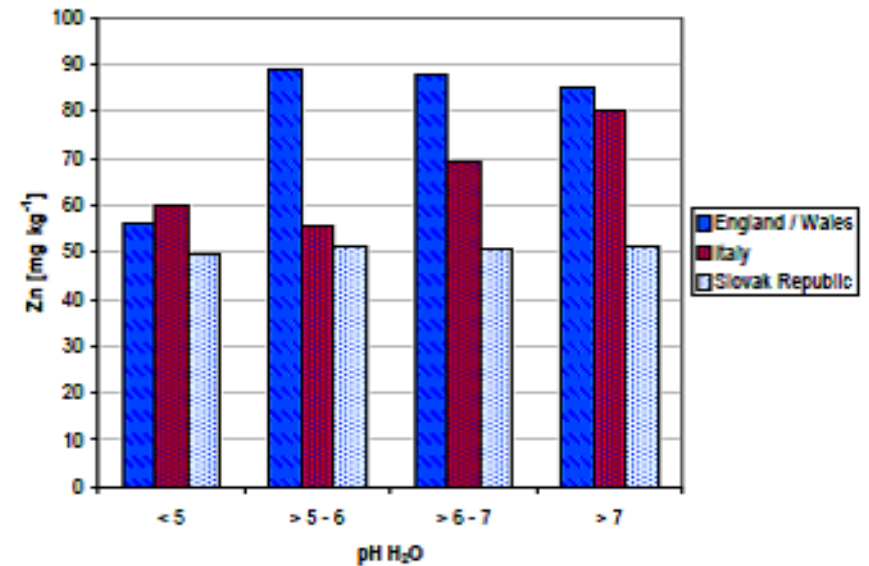
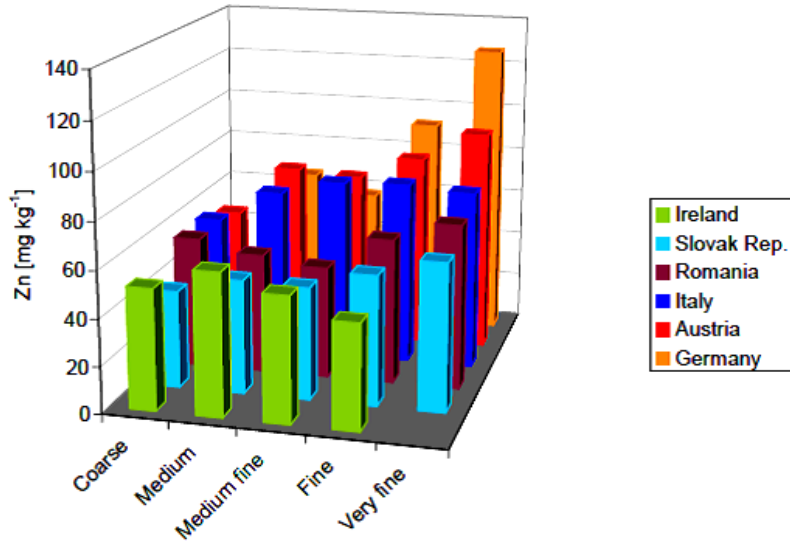


European Soil Data Base: Soil Parent Material (MAT11-Level)



<i>MAT 11 LU</i>	<i>Soil parent material</i>	<i>MAT 11 LU</i>	<i>Soil parent material</i>
1	Undifferentiated alluvial deposits (or glacial deposits) River alluvium Estuarine/Marine alluvium Glaciofluvial deposits Glaciofluvial drift Colluvium	5	Loamy materials Residual loam Eolian loam Siltstone
2	Calcareous rocks Limestone Secondary chalk Marl Gypsum Dolomite	6	Detrital formations Arkose Breccia and Puddingstone Flysch and Molasse Ranas
3	Clayey materials Old clayey sedimentary deposits Alluvial or glaciofluvial clay Residual clay from calcareous rocks Claystone, mudstone Calcareous clay	7	Crystalline rocks and migmatites Acid crystalline rocks (and migmatites) Non acid crystalline rocks (and migmatites) Crystalline metamorphic rocks Schists Other metamorphic rocks
4	Sandy materials Old sandy sedimentary deposits Alluvial or glaciofluvial sands Eolian sands Coastal sands (Dune sands) Sandstone	8	Volcanic rocks Acid volcanic rocks Basic volcanic rocks Volcanic slag
		9	Other rocks Organic materials
			No information

CONTENUTO DI METALLI (ZINCO) IN FUNZIONE DELLA GRANULOMETRIA E DEL pH DEL SUOLO



Background values in European soils and sewage sludges (Gawlik B.M., Bidoglio G., 2006)



Background values in European soils and sewage sludges (Gawlik B.M., Bidoglio G., 2006) - mg/kgss

D.Lgs. 152/06 – Allegato 5 al Titolo V

Tabella 1: A – siti ad uso verde pubblico privato e residenziale, B – Siti ad uso commerciale e industriale – mg/kgss

Elemento	Direttiva 86/278/EEC (6 < pH < 7)	5 ≤ pH < 6	6 ≤ pH < 7	pH ≥ 7	D.Lgs. 152/06 (CSC A)	D.Lgs. 152/06 (CSC B)
Cd	1 – 3	0.5	1	1.5	2	15
Cr	*/*	50	75	100	150	800
Cu	50 - 140	40	50	100	120	600
Hg	1 – 1.5	0.2	0.5	1.0	1	5
Ni	30 – 75	30	50	70	120	500
Pb	50 – 300	50	70	100	100	1000
Zn	150 – 300	100	150	200	150	1500

soil pH	Cd [mg/kg]						
	n	min	25. P.	50. P.	75. P.	90. P.	max
<5	56	<LR	0.80	2.00	2.23	3.50	7.00
> 5 - 6	136	<LR	1.00	1.80	2.33	4.00	7.53
> 6 - 7	199	<LR	0.11	0.66	1.40	2.60	5.00
> 7	1660	<LR	0.19	0.50	0.86	1.24	6.76

soil pH	Cr [mg/kg]						
	n	min	25. P.	50. P.	75. P.	90. P.	max
<5	56	15.3	33.0	44.4	67.7	126.0	167.0
> 5 - 6	138	10.0	34.0	47.0	87.8	127.6	319.0
> 6 - 7	171	<LR	27.0	45.0	68.1	97.1	263.0
> 7	1429	<LR	20.0	31.0	43.0	49.0	247.0

soil pH	Cu [mg/kg]						
	n	min	25. P.	50. P.	75. P.	90. P.	max
<5	60	3.3	11.7	21.3	36.3	88.7	720.0
> 5 - 6	201	3.2	12.0	20.8	35.0	60.0	355.0
> 6 - 7	481	<LR	15.5	33.7	53.0	75.0	355.0
> 7	2854	<LR	26.1	40.0	54.0	79.8	369.0

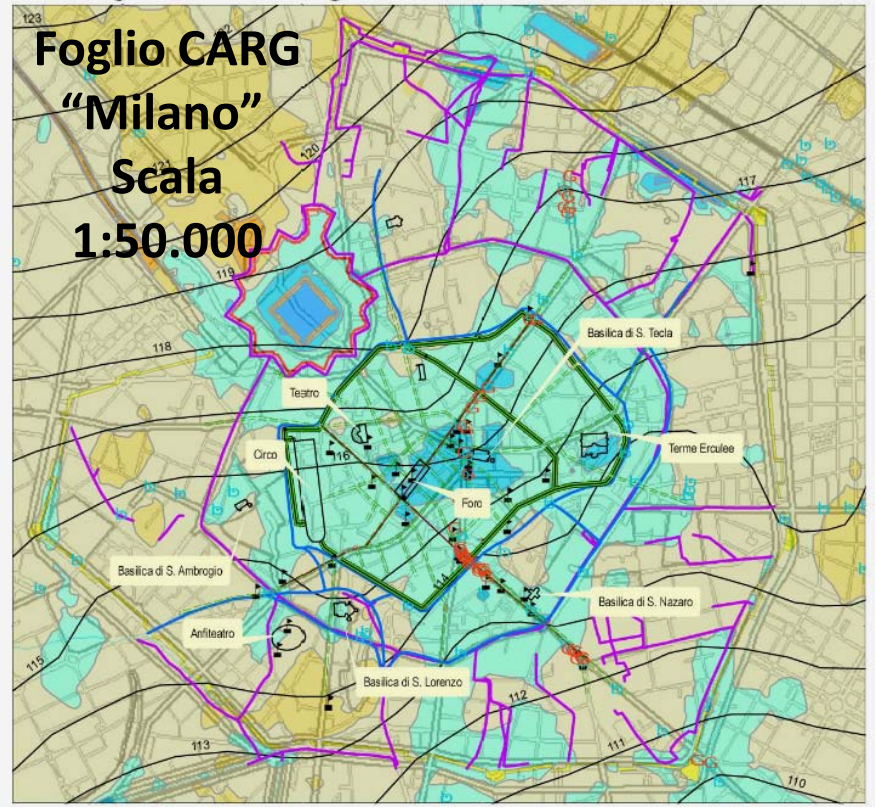
soil pH	Hg [mg/kg]						
	n	min	25. P.	50. P.	75. P.	90. P.	max
<5	4	<LR	<LR	<LR	0.1	0.1	0.2
> 5 - 6	18	<LR	<LR	0.1	0.3	0.3	1.1
> 6 - 7	112	<LR	0.1	0.1	0.2	0.4	1.8
> 7	1944	<LR	<LR	0.1	0.2	0.3	6.4

soil pH	Ni [mg/kg]						
	n	min	25. P.	50. P.	75. P.	90. P.	max
<5	61	3.0	18.0	43.0	52.0	61.0	117.0
> 5 - 6	196	2.0	12.0	41.9	57.3	82.0	201.0
> 6 - 7	448	<LR	14.1	48.0	74.0	90.0	214.0
> 7	2731	<LR	28.0	53.0	67.9	74.0	337.0

soil pH	Pb [mg/kg]						
	n	min	25. P.	50. P.	75. P.	90. P.	max
<5	61	2.0	18.5	32.1	87.0	99.0	333.0
> 5 - 6	193	2.0	14.1	23.8	61.0	83.8	267.0
> 6 - 7	452	<LR	16.0	26.0	34.6	48.6	136.0
> 7	2889	<LR	22.0	30.0	39.0	51.0	750.0

soil pH	Zn [mg/kg]						
	n	min	25. P.	50. P.	75. P.	90. P.	max
<5	59	4.0	33.9	60.0	85.0	120.0	780.0
> 5 - 6	203	2.0	29.3	55.7	75.3	105.0	940.0
> 6 - 7	481	1.5	41.0	69.0	81.0	122.0	1399.5
> 7	2853	<LR	61.5	79.9	96.0	116.8	514.0





Elementi di topografia attuale

Elementi storici

- Mura spagnole (XVII sec.)
- Castello Sforzesco (XVIII sec.)
- Reticolo idrografico (XVII sec.)

Età romana (IV sec. d.C.)

- Pianta edifici
- Mura
- Strade
- Reticolo idrografico

Indagini geognostiche

- Sondaggi
- Trincee
- Scavi Archeologici

Scavi e riporti

113 Isoipse della base riporti (m s.l.m.)

Spessori (m)

- 1,5 - 0
- 0 - 1,5
- 1,5 - 3
- 3 - 4,5
- 4,5 - 6
- 6 - 7,5

II *World Reference Base (WRB) for Soil Resources* (nomenclatura e classificazione ufficialmente adottato dalla Commissione Europea) introduce, nella versione 2006, il *Reference Soil Group*:

Technosols - Suoli che derivano direttamente dall'attività umana o che dall'uomo sono portati in superficie.

IIUSS WORKING GROUP WRB.2006. World reference base for soil resources 2006. World Soil Resources Reports No. 103. Rome, FAO

Chiave di classificazione

- 20% o più (in volume, in media pesata)** di manufatti nei primi 100 cm dalla superficie del suolo o roccia continua o orizzonte cementato e indurito a seconda del quale è più superficiale;
- una continua, a bassa permeabilità o impermeabile, geomembrana costruita di ogni spessore, a partire entro 100 cm dalla superficie del suolo;
- roccia dura a partire entro 5 cm della superficie del suolo e copertura del 95% o più dell'estensione orizzontale del suolo.*

Analysis of Background Distributions of Metals in the Soil at Lawrence Berkeley National Laboratory

(Lawrence Berkeley National Laboratory
– United States Department of Energy, 2009)

- Rimozione outliers
- Sostituzione con valore di metà del limite di detezione per i valori non rilevabili (set di dati <50%) o con valore del limite di detezione per i valori non rilevabili (set di dati >50%)
- Determinazione forma della distribuzione dei dati (normale, log normale)
- Calcolo indicatori statistici (media aritmetica, deviazione standard, mediana per set di dati senza valori inferiori ai limiti di detezione, set completo di dati).
- Selezione del valore di fondo
- Stima di 95th e 99th percentile

Table 4. Comparison of Background Values to Other Background Estimates

Metal	Upper Estimate Regional Background ¹	95% UTL ²	Percentile Estimates	
			95 th	99 th
			mg/kg	
Antimony	1.8	5.5	--	<6
Arsenic (all)	18	19.1	17	28
Arsenic (Great Valley Group)	NA	NA	28	42
Arsenic (other units)	NA	NA	14	24
Barium	1,500	323.6	280	410
Beryllium	3	1.0	--	1.0
Cadmium	1.1 ³	2.7	--	5.6
Chromium	160	99.6	100	120
Cobalt	23	22.2	22	25
Copper	76	69.4	58	63
Lead (all)	48	16.1	17	43
Lead (excluding shallow data)	48	16.1	16	24
Mercury	0.2	0.4	--	0.42
Molybdenum	3.3	7.4	--	4.8
Nickel	55	119.8	164	272
Selenium	1.1	5.6	--	4.9
Silver	2.3 ³	1.8	--	2.9
Thallium	1.0 ³	7.6 ⁴	--	10
Vanadium	230	74.3	77	90
Zinc	150	106.1	110	140

¹ Regional statistics are based on Shacklette and Boerngen 1984 for the western conterminous United States

² LBNL 1995

³ Data from Bradford et al. 1996 are used for analytes not available from Shacklette and Boerngen 1984

⁴ 95% UTL for thallium was revised subsequent to the value originally presented in LBNL 1995

NA = Not Available

DOMANDE – SUOLI

Viene effettuata una valutazione delle caratteristiche pedologiche?

A quale profondità avviene il campionamento?

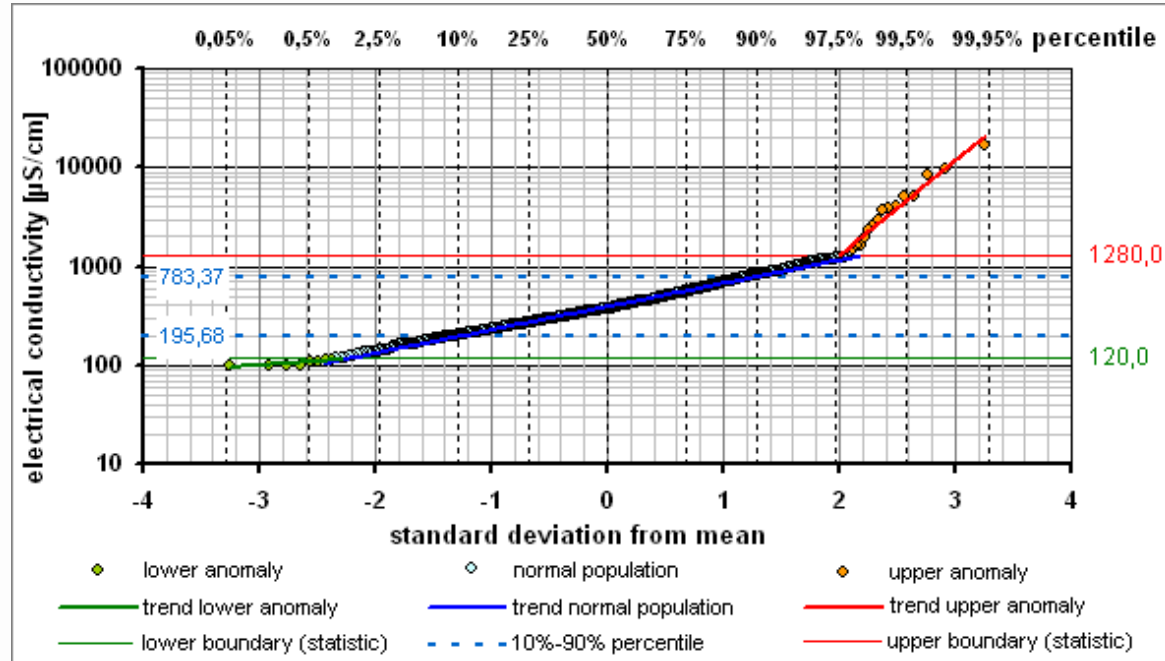
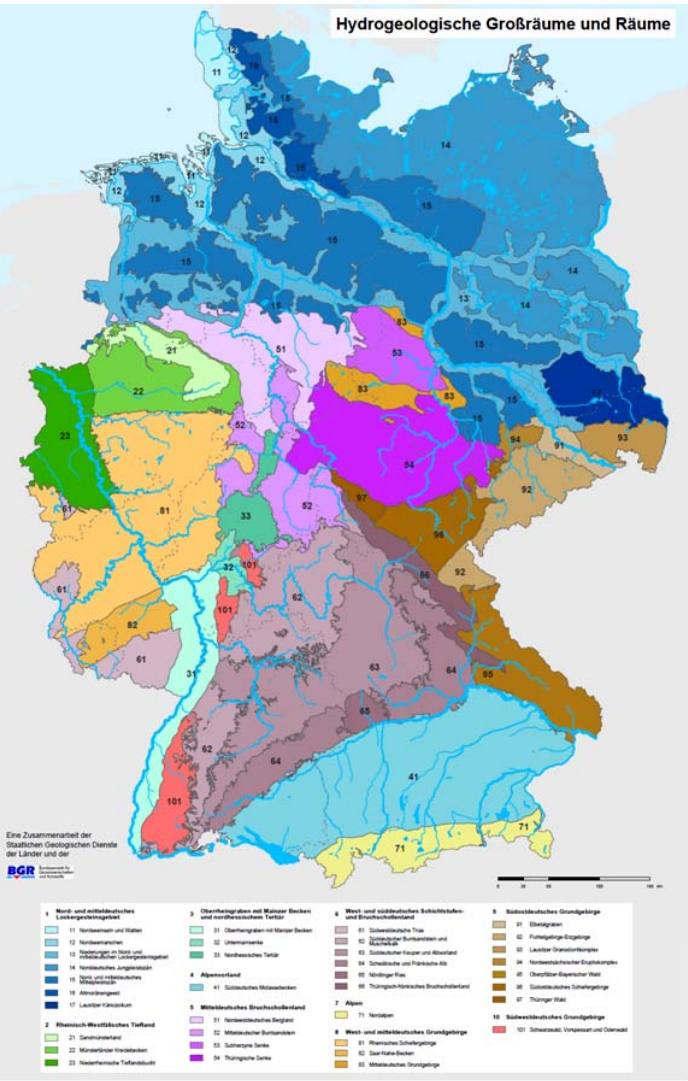
Per i siti meso e micro qual è l'approccio?

Campionamento nel saturo (presenza di acqua) ?

Come trattare i riporti?



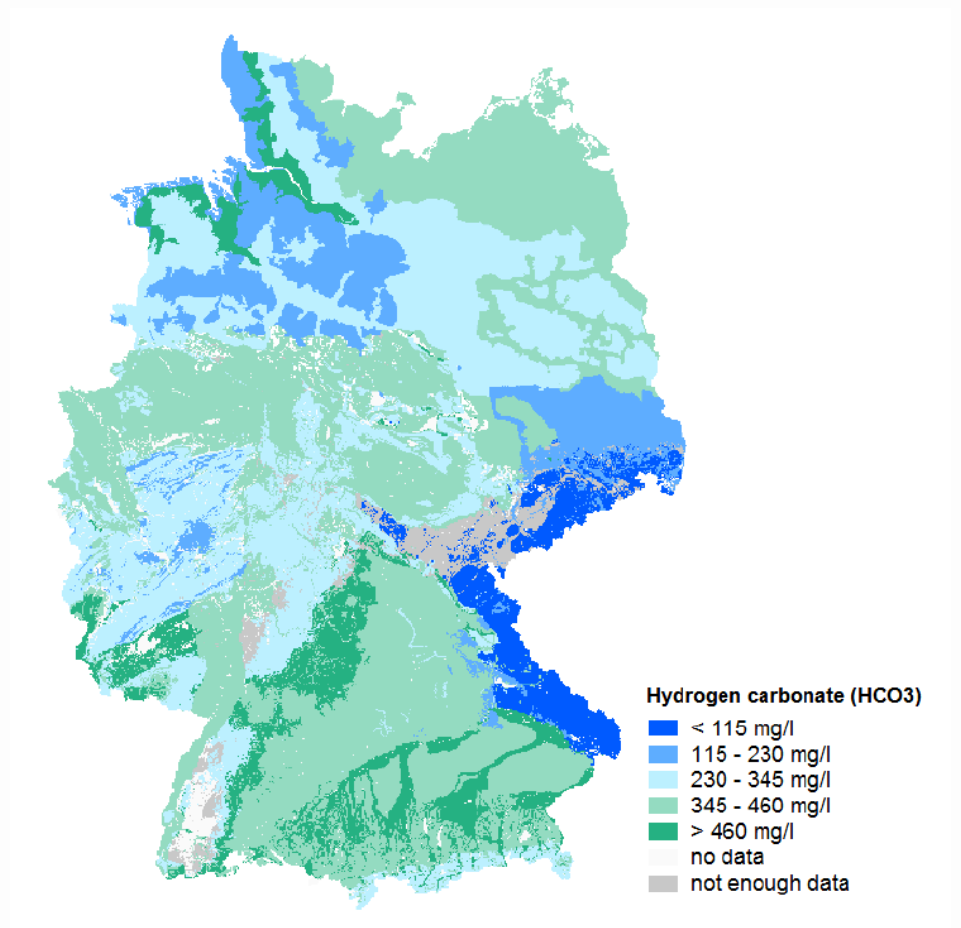
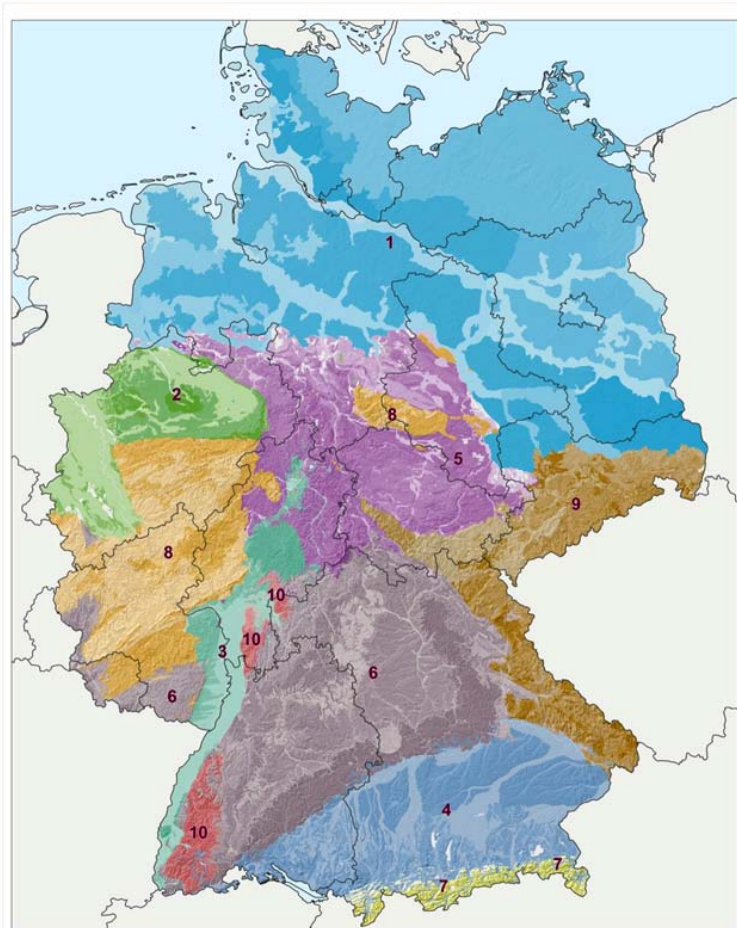
CARTA DELLE UNITÀ IDROGEOLOGICHE E VALORI DI FONDO DELLA CONDUCIBILITÀ' ELETTROLITICA



HGC unit 01R14c (Berlin-Brandenburger Jungpleistozän)

(Geological Surveys of the Federal States of Germany, 2011)

CARTA DELLE UNITÀ IDROGEOCHIMICHE E CARTA DEI VALORI DI FONDO DEI BICARBONATI



Hydrogen carbonate (HCO₃)

- < 115 mg/l
- 115 - 230 mg/l
- 230 - 345 mg/l
- 345 - 460 mg/l
- > 460 mg/l
- no data
- not enough data

Hintergrundwerte im Grundwasser: Hydrogeochemische Einheiten

Größtkenn

- 1. Hoch- und ultrahochalpinen Lösssteppenregion
- 2. Rheinische Massivitätszone
- 3. Oberrheinischer Graben
- 4. Oberrheinischer Graben
- 5. Oberrheinischer Graben
- 6. Oberrheinischer Graben
- 7. Oberrheinischer Graben
- 8. Oberrheinischer Graben
- 9. Oberrheinischer Graben
- 10. Oberrheinischer Graben

Hydrogeochemische Einheiten

© Deutsches Institut für Fernstudien (DIPF) | www.dipf.de | 2011

(Geological Surveys of the Federal States of Germany, 2011)



RICERCA, SITI INQUINATI E SISTEMA NAZIONALE PER LA PROTEZIONE DELL'AMBIENTE
WORKSHOP • ROMA 29-30 gennaio 2015



VALORI LIMITE DI RIFERIMENTO DEL FONDO NATURALE SIN DI BAGNOLI-COROGLIO

Suolo e sottosuolo

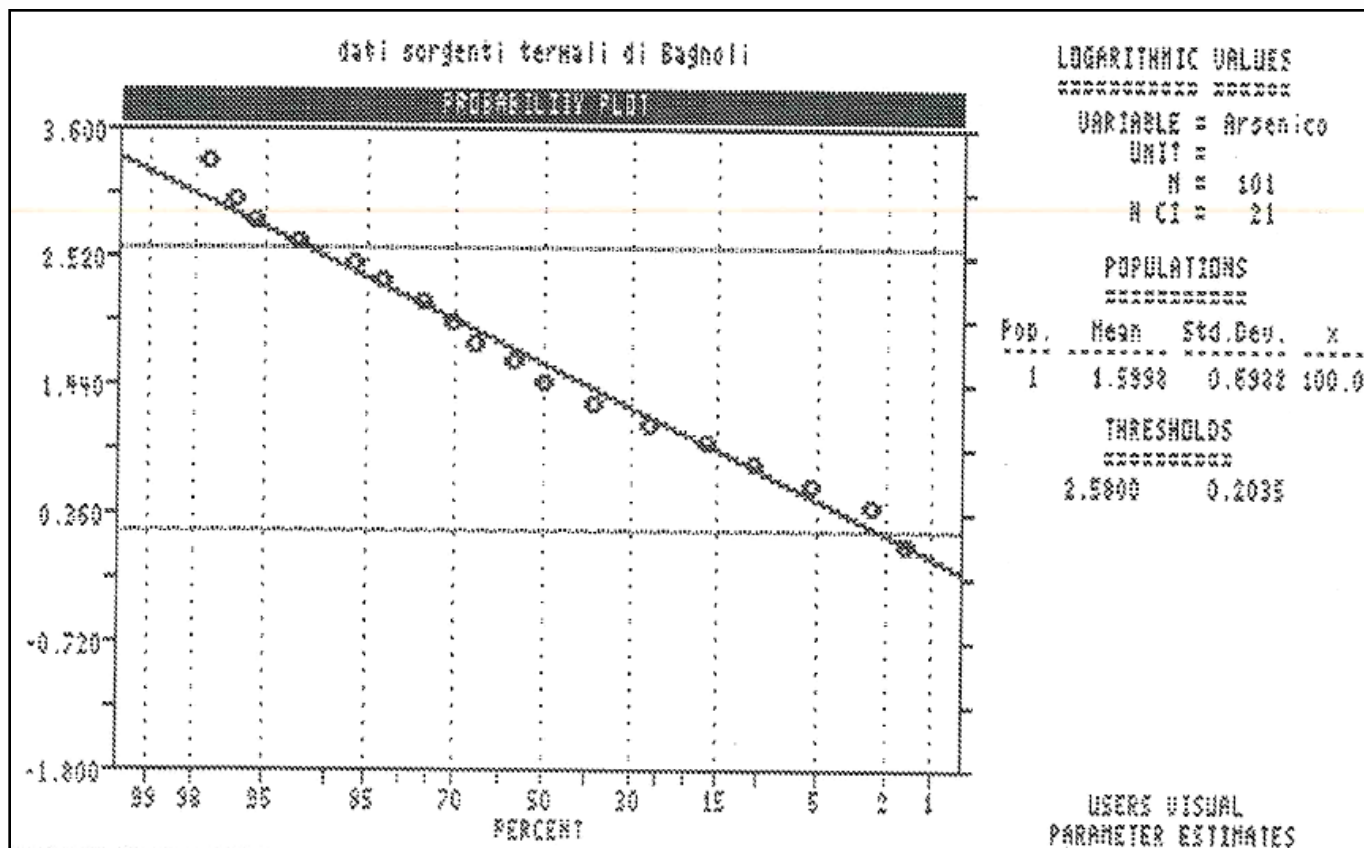
Parametri	D.M. 471/99 Siti ad uso verde pubblico, privato e residenziale (mg/kg)	D.M. 471/99 Siti ad uso commerciale ed industriale (mg/kg)	Valori di fondo Naturale (mg/kg)
Arsenico	20	50	29
Berillio	2	10	9
Cadmio	2	15	2
Cobalto	20	250	120
Cromo totale	150	800	150
Mercurio	1	5	1
Nichel	120	500	120
Piombo	100	1000	103
Rame	120	600	120
Stagno	1	350	14
Vanadio	90	250	100
Zinco	150	1500	158

Acque sotterranee

Parametri	D.M. 471/99 acque sotterranee (µg/l)	Valori di fondo naturale (µg/l)
Arsenico	10	380
Berillio	4	9
Cadmio	5	5
Cobalto	50	50
Cromo totale	50	50
Ferro	200	3106
Mercurio	1	1
Nichel	20	20
Piombo	10	19
Rame	1000	1000
Manganese	50	1104
Zinco	3000	3000



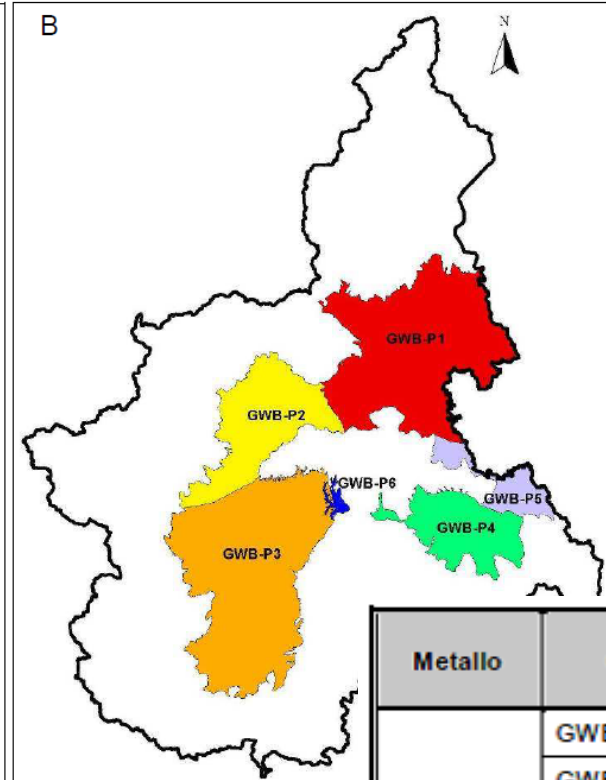
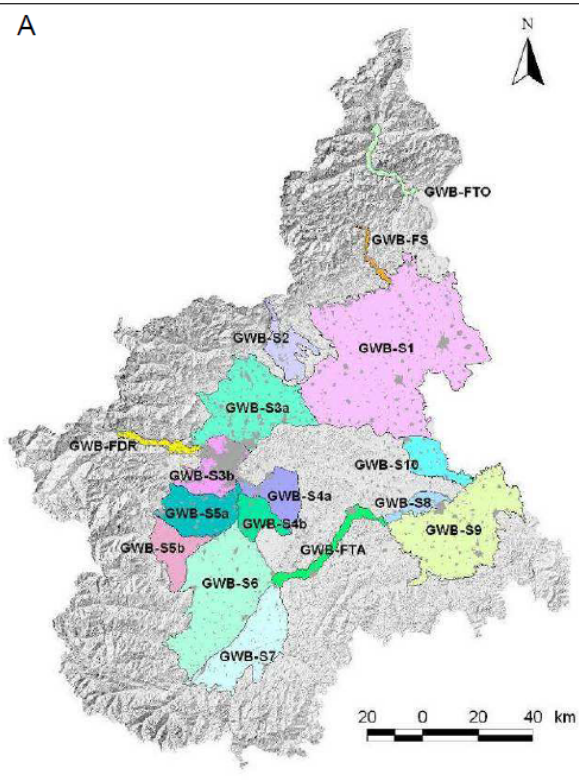
Esempio di determinazione valore di fondo per l'Arsenico nelle acque sotterranee (Legge 582/96: Comitato di Coordinamento e di alta Vigilanza - Commissione di Esperti)



VALORI DI FONDO NATURALE PER I METALLI NELLE ACQUE SOTTERRANEE (Direttiva 2006/118/CE e dal Decreto Legislativo 16 marzo 2009 n.30)

(ARPA Piemonte, 2012)

Valori medi e massimi nel
periodo di osservazione
(2005-2011)



**Sistema
acquifero
superficiale**

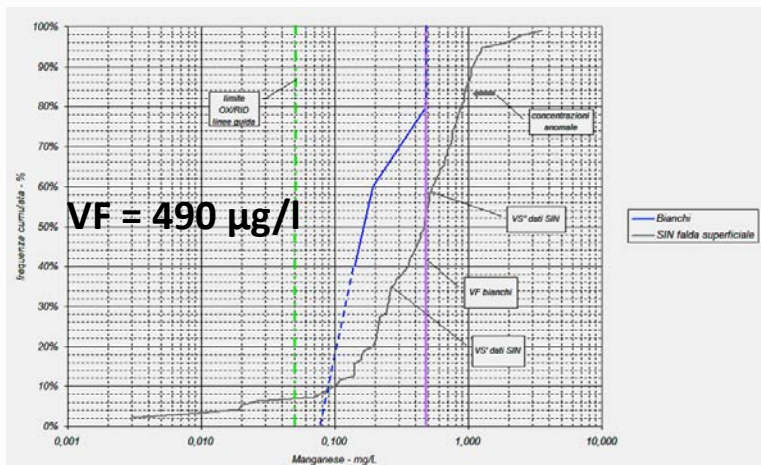
**Sistema
acquifero
profondo**

Metallo	GWB	Sub-Area	Stima intervallo VF (µg/L)
Nichel	GWB-S1	GWB-S1-A	66.2 - 77.2
	GWB-S9	GWB-S9-A	21.9 - 35.3
	GWB-S3a	GWB-S3a-A	> 100
	GWB-S3a	GWB-S3a-B	16.5 - 19.6
Cromo VI	GWB-P3	GWB-P3-A	7.9 - 10.4
	GWB-P4	GWB-P4-A	> 13
	GWB-S9	GWB-S9-A _{cr}	16.2 - 19.2

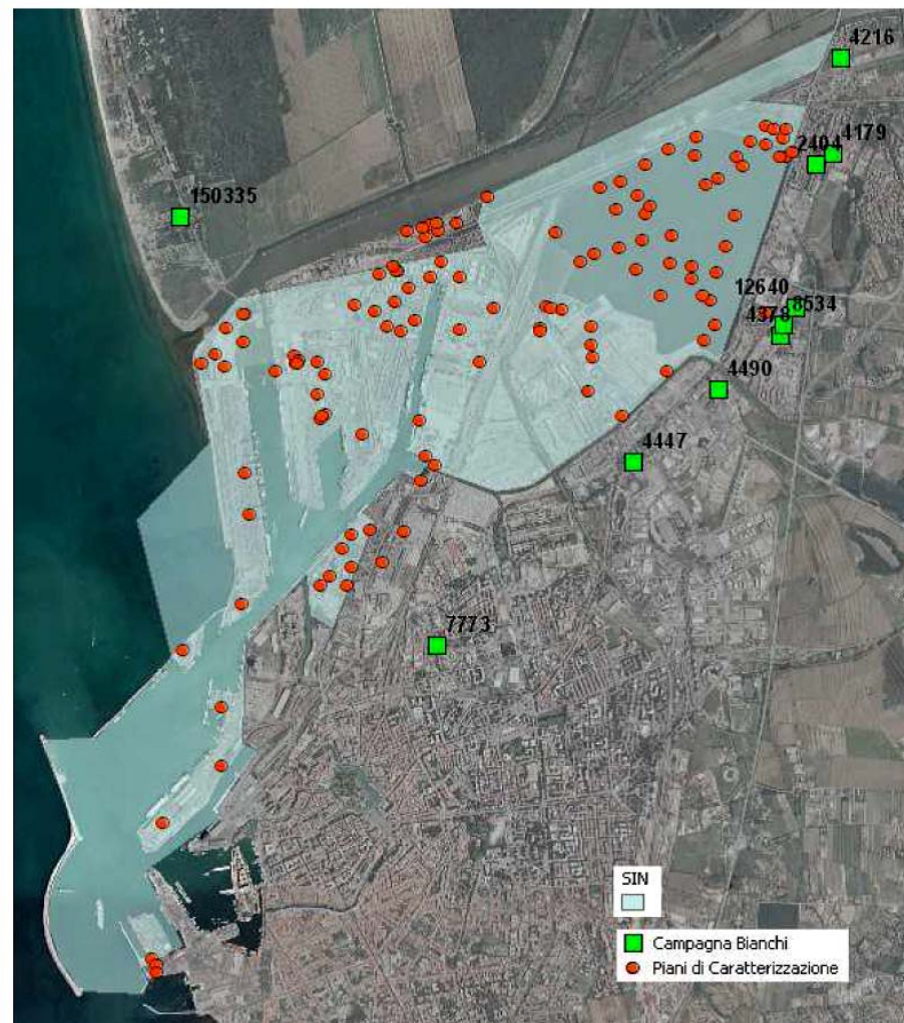
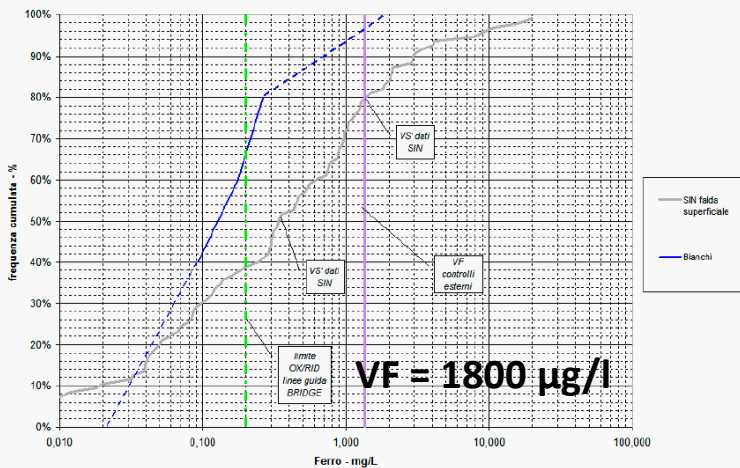
VALORI DI FONDO MANGANESE- SIN DI LIVORNO

ARPA Toscana, 2009

Valutazioni di condizioni ox-redox Mn 50 µg/l

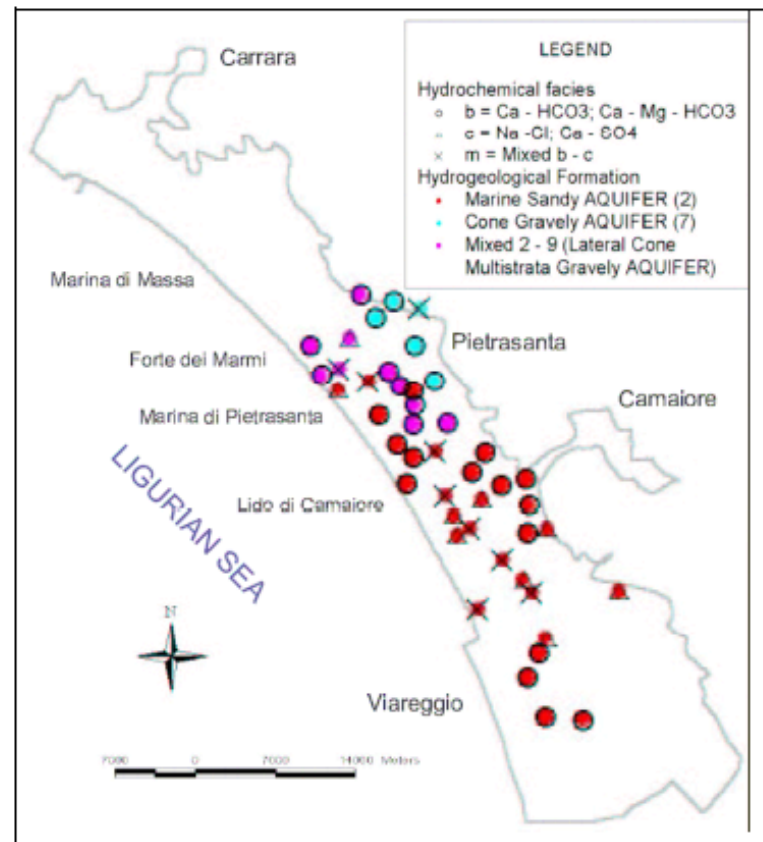
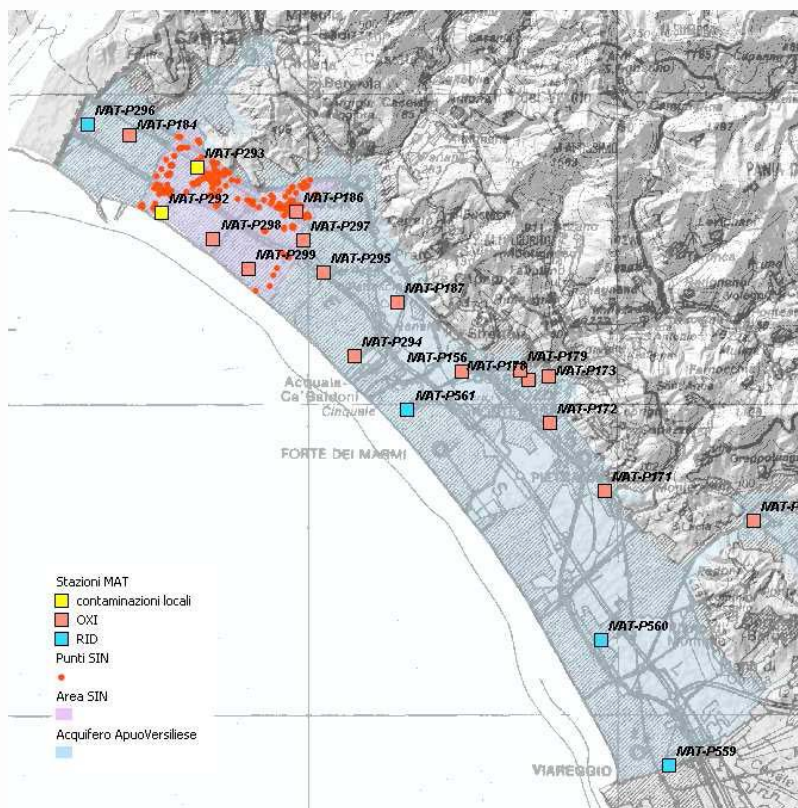


Valutazioni di condizioni ox-redox Fe 200 µg/l



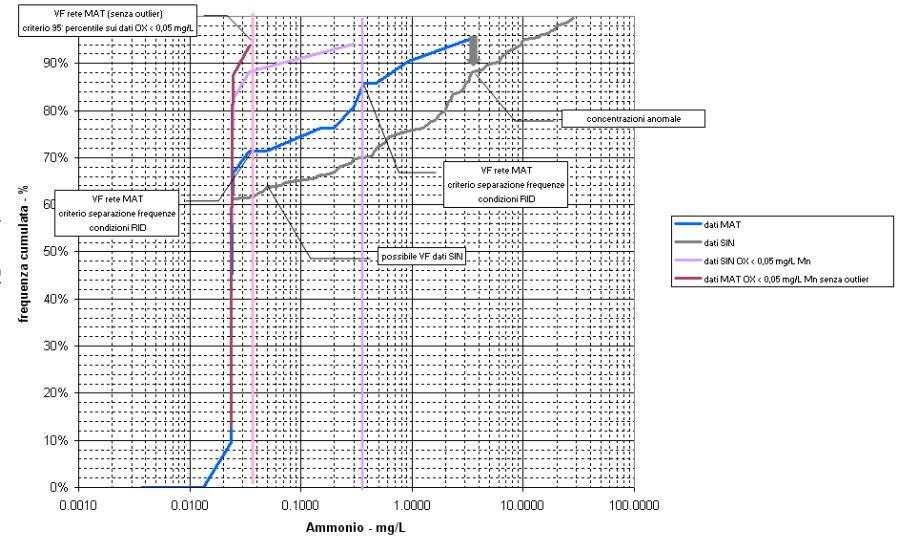
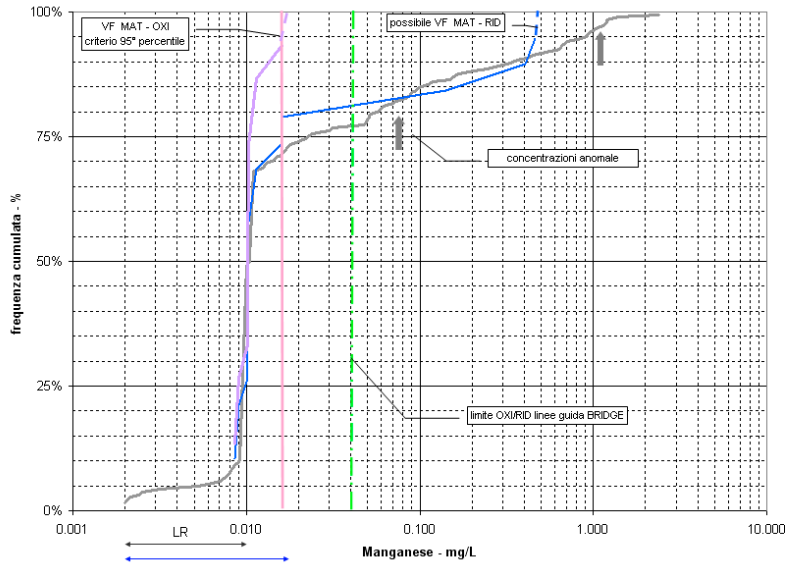
VALORI DI FONDO MANGANESE- SIN DI MASSA

ARPA Toscana, 2009

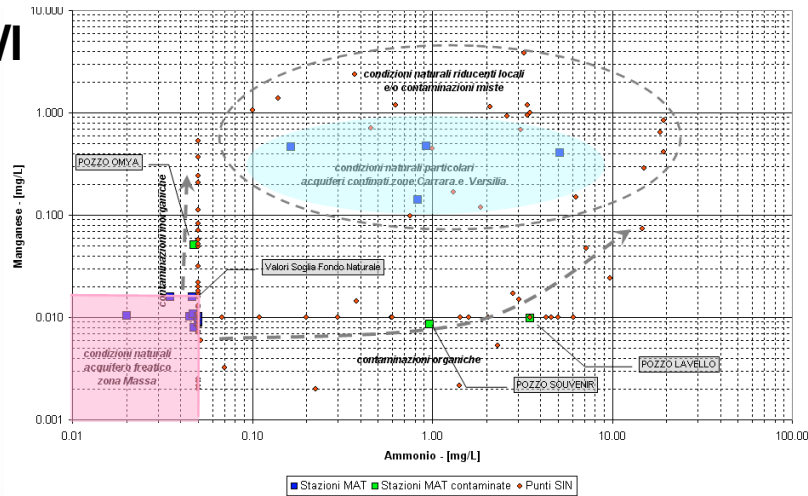


VALORI DI FONDO MANGANESE E AMMONIACA - SIN DI MASSA

ARPA Toscana, 2009



VF = 0.016 mg/l



VF(ox) = 0.04 mg/l
VF(redox) = 0.35 mg/l

ACQUE SOTTERRANEE

Fase 1 – Acquisizione dati

- Acquifero di riferimento: modello concettuale
- Inquinanti che caratterizzano il sito (COC), che possono avere origine naturale, antropica o naturale/antropica
- Piano di campionamento

Fase 2 - Campionamento

2.1 Metodologia di prelievo

2.2 Analisi ausiliarie

- Parametri indicatori: conducibilità elettrolitica (contenuto salino), Eh o O₂ (ox-redox)
- Condizioni geochimiche di base (circa 99% del soluto)

2.3 Analisi su COC

Fase 3 – Elaborazione dati per definizione valori di fondo

3.1 Approccio completo

3.2 Approccio semplificato



APPROCCIO STATISTICO COMPLETO – 1a

Selezione dei punti non influenzati dal sito (ad es. pozzi a monte idrogeologico) per la definizione del valore di fondo

Valutazione mediante il criterio generale di confronto “**interwell**”

Come criterio viene adottato il valore del limite superiore di previsione (UPL).
Il confronto con UPL dei valori dei punti nel sito e a valle idrogeologico valuta l’impatto del sito:

$$UPL = X_m + Ks$$

X_m = media degli N valori, s = deviazione standard, K fattore che dipende dal numero di successivi confronti c.

In particolare per c grande, K e UPL aumentano e invece con N campioni di fondo grande si ha diminuzione di K e UPL

$c = (\text{numero campioni per pozzo/anno}) \times (\text{numero di anni}) \times (\text{numero di pozzi})$
 $\times (\text{numero di COC})$

Il valore di K è poi derivato applicando una tabella statistica (Gibbons R.D, 1994 e Gutman I., 1970).

APPROCCIO STATISTICO COMPLETO – 1b

Criterio interwell soddisfacente in presenza di:

- qualità delle acque relativamente omogenea nello spazio;
- localizzazione dei campioni produce un set di dati statisticamente indipendenti;
- viene identificato in modo significativo il flusso idrico sotterraneo (monte e valle dei punti di misura);
- qualità delle acque a monte in ogni caso non impattate storicamente dal sito.

Viene suggerito, per minimizzare i falsi positivi e massimizzare la potenza statistica della decisione della soglia di valore di fondo, di effettuare una verifica con un ricampionamento delle acque.

E' inoltre possibile un approccio complementare nel caso il campionamento evidenzi una violazione dell'ipotesi di stazionarietà, come nel caso della presenza di una tendenza, previo detrending (Sen's slope method e Shewart-CUSUM control chart).



APPROCCIO STATISTICO COMPLETO – 2

Il criterio “**intrawell**” è invece preferibile se

- esiste una consistente variazione spaziale della qualità delle acque;
- si hanno pochi punti a monte idrogeologico che non consentono valutazioni statistiche.

In questo caso il valore di riferimento è costituito dal limite superiore di tolleranza (UTL):

$$UTL = x_m + K's$$

Essendo K' una costante che dipende dalle proporzioni utilizzate e in generale per 95% di copertura e 95% di confidenza (Gibbons R.D. 1994). In questo approccio non risulta necessaria una verifica con un successivo campionamento delle acque.



APPROCCIO STATISTICO SEMPLIFICATO

Laddove non sia possibile effettuare valutazioni statisticamente significative per insufficienza di dati (es. siti di modeste dimensioni o di difficile accessibilità alle acque sotterranee) si possono utilizzare due criteri per il calcolo delle concentrazioni di fondo (CF):

$$CF = X_m + 1.65s$$

$$CF = x_{med} + 1.65 \text{ IQR}$$

Essendo X_m la media dei valori, x_{med} la mediana dei valori, s la deviazione standard e IQR il range interquartile



Valore di fondo unico (sostituisce CSC): valore più probabile ma maggiore significatività intervallo di valori

Fattore scala: *suolo*- eterogeneità di condizioni geo-pedologiche e di uso del suolo
acque sotterranee – condizioni idrogeologiche e di vulnerabilità del corpo idrico, variazioni temporali

Tipologia di parametri: in relazione alle attività antropiche
parametri ausiliari alla comprensione (es, pH, Eh, etc.)

Campionamento ed analisi: numero e tipo di matrici ambientali significative (anche con criteri di esclusione di campioni)
suolo – x,y,z
acque sotterranee – x,y,z,t

Pretrattamento dei dati: <LR, outliers, distribuzione statistica:
1-test parametrici (distribuzioni normale,
lognormale o gamma
2-test non parametrici

Trattamento dati: curve probabilistiche
analisi statistiche (95 percentile)
stagionalità valori



DOMANDE – ACQUE SOTTERRANEE

Come viene considerato il cambiamento della struttura idrogeologica?

Sono considerate le caratteristiche geochemiche di base?

Il campionamento viene effettuato dai punti d'acqua disponibili?

Viene considerato l'effetto di stagionalità?

Come trattare i siti meso e micro?

E' collegato l'approccio "bonifiche" a quello "tutela delle risorse idriche"?



METODOLOGIE DI STIMA DEI VALORI DI FONDO DI MATRICI AMBIENTALI

U.S. Environmental Protection Agency (1995) - "Determination of Background Concentrations of Inorganics in Soils and Sediments at Hazardous Waste Sites". Technology Innovation Office, Office of Soil Waste and Emergency Response, EPA/540/S-96/5 00, Washington D.C.

Naval Facilities Engineering Command (2002) – "Guidance for environmental background analysis – Volume I Soil". Battelle Memorial Institute, Earth Tech, Inc., NewFields, Inc., Washington D.C.

Provincia di Milano-Università degli studi di Milano (2003) – "Linee guida per la determinazione dei valori di fondo naturale nell'ambito della bonifica dei siti contaminati ". Linea guida n.7, Milano

Naval Facilities Engineering Command (2003) – "Guidance for environmental background analysis – Volume III Groundwater". Battelle Memorial Institute, Earth Tech, Inc., NewFields, Inc., Washington D.C.

International Organization for Standardization (2005) – "Soil quality – Guidance on the determination of background values". ISO19258 - ISO TC 190/SC 7.

APAT (2006) – "Protocollo operativo per la determinazione dei valori di fondo di metalli/metalloidi nei suoli dei siti di interesse nazionale". Roma

BRGM (2006) – "Guide technique qualité naturelle des eaux souterraines: Méthode de caractérisation des états de référence des aquifères français, (Laurence Chéry).

AA. VV. (2007) - "BRIDGE Project - Background cRiteria for the Identification of Groundwater thrEsholds – Final Report".

AA. VV. (2007) - "BRIDGE Project – D18: Final proposal for a methodology to set up groundwater threshold values in Europe".

ISPRA (2009) - "Protocollo per la Definizione dei Valori di Fondo per le Sostanze Inorganiche nelle Acque Sotterranee", Roma