

2013



COMPONENTI AMBIENTALI

SUOLO

COMPONENTI AMBIENTALI

SUOLO

Il suolo è uno dei beni più preziosi dell'umanità. Consente la vita dei vegetali, degli animali e dell'uomo sulla superficie della Terra - Carta Europea del Suolo 1972. Il suolo può essere rappresentato come l'epidermide della terra e l'interfaccia tra l'atmosfera, la litosfera, l'idrosfera e la biosfera.

Anche se non sempre visibile ad occhio nudo, è uno degli *habitat* a più alta biodiversità; in nessun'altra comunità biologica è possibile trovare un numero così alto di specie diverse. La ricchezza biologica del suolo è dovuta in larga parte alla complessità della sua natura fisico-chimica.

L'Italia, tra l'altro, mostra la maggiore diversità di tipi e di copertura di suoli e la maggiore biodiversità del suolo (= *edaphon*) fra tutti i Paesi europei e mediterranei.

Il numero di specie di un suolo dipende da molti fattori tra i quali l'aerazione, la temperatura, l'umidità, la disponibilità di nutrienti minerali e di substrati organici. Proprio per questi motivi, la biodiversità del suolo è un indicatore della sua qualità e della stabilità degli ecosistemi che esso supporta.

A questo insieme di microrganismi è, infatti, deputata la conservazione di servizi ecosistemici essenziali non solo all'uomo e alle sue attività (prima fra tutti l'attività agricola) ma in generale per il mantenimento della vita sulla terra; la sua biodiversità partecipa alla salvaguardia di tutte le altre risorse naturali e i servizi che essa fornisce sono determinanti per processi primari, quali, tra gli altri, la normalizzazione del ciclo del carbonio e dei nutrienti, l'adattamento e la mitigazione dei cambiamenti climatici, il sequestro e la depurazione dalle sostanze inquinanti, la filtrazione delle acque dolci, il contrasto ai fenomeni di desertificazione.

Nonostante questo, attualmente la biodiversità del

suolo è poco studiata e conosciuta, oltre che non adeguatamente tutelata. Ogni anno vengono perduti milioni di ettari di suolo per le cause più diverse tra le quali emergono principalmente l'espansione delle città, l'erosione, la deforestazione e l'inquinamento. La "Strategia tematica per la protezione del suolo" (comunicazione della Commissione delle Comunità Europee COM (2006)231¹ conferma che "il degrado del suolo ha ripercussioni dirette sulla qualità delle acque e dell'aria, sulla biodiversità e sui cambiamenti climatici, e può anche incidere sulla salute dei cittadini europei e mettere in pericolo la sicurezza dei prodotti destinati all'alimentazione umana e animale". Pertanto, la perdita di biodiversità del suolo è identificata come una delle minacce più gravi che affliggono i suoli europei.

Anche la "Strategia nazionale per la biodiversità"² considera la perdita di suolo e il cambio della sua destinazione d'uso, oltre che le modificazioni e la frammentazione degli *habitat*, fra le principali minacce e criticità per la biodiversità.

La direttiva europea mira a stabilire un approccio comune alla tutela e all'uso sostenibile dei suoli. Affrontando le principali cause del degrado, la norma ha le potenzialità per rivestire un ruolo decisivo nella protezione di tutti i tipi di biodiversità del suolo. I governi europei, tuttavia, non hanno ancora raggiunto l'accordo in grado di assicurare al suolo la tutela (già accordata ad acqua e aria) di cui ha bisogno.

Su tale tema in questo capitolo sono presentate le attività relative al monitoraggio dei contaminanti del suolo e sul consumo di suolo in Piemonte, che analizzano e documentano due aspetti fondamentali che incidono profondamente su tale matrice e ovviamente contribuiscono alla sua perdita di valore dal punto di vista ambientale ed ecosistemico.

1. <http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=COM:2006:0231:FIN:it:PDF>

2. http://www.minambiente.it/home_it/menu.html?mp=/menu/menu_attivita/&m=argomenti.html%7Cbiodiversita_fa.html%7Cstrategia_Nazionale_per_la_biodiversita.html

BOX 1 - LA RETE DI MONITORAGGIO DELLA BIODIVERSITÀ DEI SUOLI



ISPRA

Non facciamo del suolo la cenerentola della biodiversità.

Ogni volta che si parla di biodiversità vengono in mente animali da difendere o strani nomi di piante in via di estinzione. Ma la tutela della biodiversità passa anche attraverso la protezione del suolo mediante la tutela delle falde acquifere, delle catene di detrito, degli organismi decompositori e detritivori che favoriscono la "pedogenesi" e la formazione di humus.

Al fine di raggiungere gli obiettivi specifici per favorire la conservazione e l'uso sostenibile della biodiversità agricola, nel capitolo Agricoltura del volume "Strategia nazionale per la biodiversità", è indicato come priorità di intervento "l'avvio di un programma nazionale di monitoraggio della biodiversità del suolo".

Per dare seguito alla richiesta della Commissione Europea, nonché agli obiettivi formulati nella strategia europea per la biodiversità e in quella per la protezione del suolo, Ispra sta lavorando al fine di strutturare una Rete nazionale di monitoraggio della biodiversità e del degrado dei suoli italiani

(http://www.isprambiente.gov.it/files/pubblicazioni/quaderni/natura-e-biodiversita/files/Quaderno_42012_ReMo.pdf).

L'obiettivo primario di tale rete è accrescere le conoscenze sulla biodiversità dei suoli italiani, la più elevata in Europa, ma anche la più complessa da studiare per via della varietà del mosaico ambientale e pedologico nazionale, attraverso l'armonizzazione delle attività svolte dai vari soggetti interessati. Nel contempo, diffondere il concetto che il suolo è la matrice che rispecchia in maniera globale le condizioni dell'ambiente e che permette di difendersi da e difendere le risorse idriche, atmosferiche e naturali, oltre che culturali, e che in tal senso va difeso, partecipando così in maniera concreta e integrata alla conservazione degli organismi viventi, delle eredità culturali e ambientali, e alla sostenibilità delle risorse economiche.

Gli obiettivi specifici di tale Rete sono:

- rispondere alla richiesta della Commissione Europea di definire, entro il 2013, le aree a rischio di perdita di biodiversità del suolo;
- accrescere la conoscenza sulla biodiversità dei suoli in Italia;
- mettere in rete i diversi portatori di interessi e le conoscenze sulla biodiversità del suolo;
- favorire lo sviluppo di progetti congiunti e inter- e transdisciplinari per lo studio e la ricerca sull'edaphon;
- contribuire a delineare una proposta di normativa per la protezione a lungo termine della biodiversità del suolo e dei servizi che essa svolge nei confronti degli ecosistemi e dell'uomo.

Per verificare lo stato di avanzamento delle attività si può consultare il sito di Ispra:

<http://www.isprambiente.gov.it/it/temi/biodiversita/lispra-e-la-biodiversita/attivita-e-progetti/identificazione-delle-aree-a-rischio-di-perdita-di-biodiversita-del-suolo>



SUOLO

LA CONTAMINAZIONE DIFFUSA DEI SUOLI

Il monitoraggio dei contaminanti del suolo in Piemonte

Arpa Piemonte dal 2007 realizza un programma di monitoraggio dei suoli del territorio piemontese, con lo scopo principale di valutare la presenza, origine, intensità e distribuzione spaziale della contaminazione diffusa del suolo e fornire indicazioni a grande scala relative ai valori di fondo dei contaminanti per i quali sono stabiliti limiti di legge stabiliti dal DLgs 152/06.

Il monitoraggio dei suoli è effettuato in corrispondenza di stazioni di monitoraggio distribuite uniformemente su tutto il territorio regionale, poste in corrispondenza dei vertici di una maglia sistemica progressivamente ampliata con livelli successivi di approfondimento.

Attualmente il monitoraggio dei suoli è stato effettuato in corrispondenza di 303 stazioni su maglia sistemica (figura 5.1):

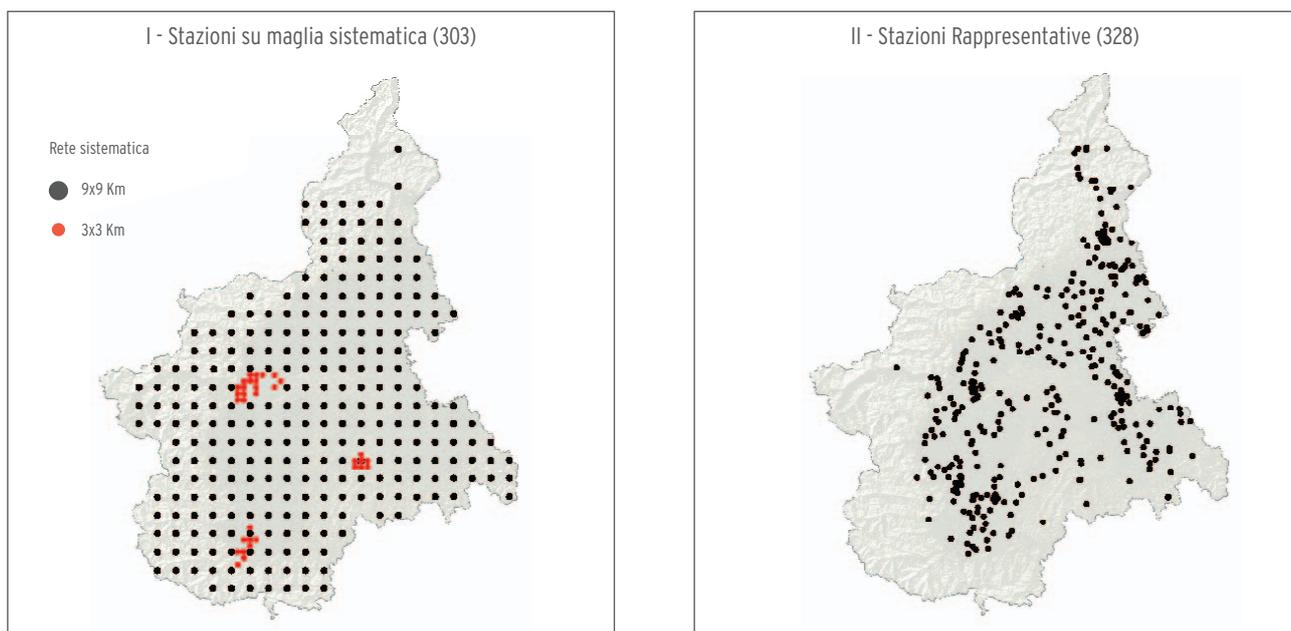
- 9x9 km - realizzata su tutto il territorio piemontese ad eccezione della provincia del VCO nella quale sono in corso i campionamenti;
- 3x3 km - realizzata in aree rappresentative, ca-

ratterizzate da problemi rilevanti di contaminazione diffusa del suolo.

In corrispondenza di ogni stazione di monitoraggio sono prelevati campioni di suolo a profondità fisse. Per ogni campione di suolo prelevato sono analizzati più di 70 contaminanti per i quali sono fissati valori limite dal DLgs 152/06 per siti ad uso verde pubblico, privato e residenziale:

- metalli pesanti e metalloidi (Antimonio - Sb, Arsenico - As, Berillio - Be, Cadmio - Cd, Cobalto - Co, Cromo - Cr, Mercurio - Hg, Nichel - Ni, Piombo - Pb, Rame - Cu, Selenio - Se, Stagno - Sn, Tallio - Tl, Vanadio - V e Zinco - Zn);
- idrocarburi policiclici aromatici (IPA - 16 composti);
- diossine e furani (PCDD/DF - 17 congeneri);
- policlorobifenili (PCB - 30 congeneri);
- lantanoidi o "terre rare" non normati dal DLgs 152/06, ma di notevole interesse per la valutazione della contaminazione diffusa del suolo: (Cerio - Ce, Disprosio - Dy, Erblio - Er, Europio - Eu, Gadolinio - Gd, Olmio - Ho, Lantanio - La, Neodimio - Nd, Praseodimio - Pr, Samario - Sm, Tullio - Tm, Ittrio - Y, e Itterbio - Yb);
- composti inorganici non normati dal DLgs 152/06 ma necessari per l'interpretazione di numerosi fenomeni contaminazione del suolo.

Figura 5.1 - Rete di monitoraggio ambientale dei suoli - anno 2012



I dati della rete sistematica sono integrati con analisi di stazioni di monitoraggio rappresentative, attualmente 328 (figura 5.1), realizzate in zone caratterizzate da problemi specifici di contaminazione diffusa del suolo e per le quali sono analizzati un numero ridotto di contaminanti.

Per ulteriori informazioni su obiettivi e attività del programma di monitoraggio e per maggiori dettagli relativi alla tematica della contaminazione diffusa del suolo si rimanda alle precedenti edizioni del Rapporto stato ambiente - suolo e al sito internet di Arpa Piemonte (<http://www.arpa.piemonte.it/approfondimenti/temi-ambientali/suolo>).

Il consistente numero di campioni fornito dalla rete di monitoraggio permette di ottenere, attraverso l'utilizzo di modelli predittivi geostatistici, rappresentazioni spaziali attendibili a scala regionale della concentrazione dei contaminanti analizzati.

Tramite opportune semplificazioni dei risultati ottenuti dai modelli previsionali, sono delimitate sul territorio aree omogenee di concentrazione dei contaminanti e aree critiche che presentano probabilità elevate di superamento dei limiti di legge stabiliti dal DLgs 152/06 per le aree verdi pubbliche e private (Colonna A).

In corrispondenza delle aree omogenee di concentrazione individuate per i singoli contaminanti, sono effettuate valutazioni relative alla presenza, origine, intensità della contaminazione diffusa, attraverso l'utilizzo combinato di elaborazioni statistiche e calcolo di specifici indici di arricchimento. Le valutazioni relative alla presenza della contaminazione diffusa del suolo sono effettuate tramite interpretazione dei principali parametri statistici elaborati per diverse profondità di campionamento e/o per diversi usi del suolo.

L'utilizzo della statistica multivariata (correlazioni di *Pearson*, *principal component analysis*, *cluster analysis*) permette di verificare ipotesi relative all'origine prevalente (naturale o naturale-antropica) del contaminante nel suolo, attraverso l'individuazione di correlazioni statisticamente significative tra coppie e/o gruppi di contaminanti attribuibili ad origine comune e tra contaminanti e parametri chimico-fisici del suolo.

La valutazione dell'intensità della contaminazione superficiale è effettuata per i singoli contaminanti attraverso il calcolo di indici di arricchimento, che

mettono in relazione la concentrazione del contaminante con i rispettivi valori di fondo e con elementi di comprovata origine naturale.

La somma dei singoli indici di contaminazione consente inoltre di quantificare l'effetto cumulativo dei diversi contaminanti che entrano nel sistema suolo fornendo una valutazione complessiva dell'intensità della contaminazione diffusa.

Per le aree omogenee di concentrazione dei singoli contaminanti sono inoltre determinati i valori di fondo in base agli standard internazionali stabiliti dalla normativa ISO 19258/05 "*Soil quality - Guidance on the determination of background values*", che prevede la determinazione del valore di fondo attraverso il calcolo del 90° e/o 95° percentile della popolazione di dati ottenuta dopo aver rimosso gli eventuali valori anomali o *outliers*.

In particolare sono determinate due diverse tipologie di valore di fondo:

- "contenuto di fondo naturale del suolo": concentrazione di elementi generata dai fattori caratteristici della pedogenesi, quali ad esempio la composizione e alterazione della roccia madre;
- "contenuto di fondo naturale-antropico": concentrazione di un elemento riferito ad un tipo di suolo, localizzato in un'area o regione definita, che scaturisce dalla sommatoria delle concentrazioni apportate da sorgenti naturali e diffuse non naturali, quali ad esempio la deposizione atmosferica e le pratiche agronomiche.

Per i contaminanti la cui presenza è attribuibile in prevalenza a fonti di inquinamento puntuale o diffuso (deposizioni atmosferiche, distribuzione di fertilizzanti e pesticidi), sono determinati i valori di "fondo naturale-antropico" per aree omogenee di concentrazione, attraverso l'elaborazione delle concentrazioni degli orizzonti superficiali A (0-10 cm per i suoli naturali e orizzonte arato Ap per i suoli agricoli).

Per i contaminanti la cui origine è principalmente attribuibile al substrato litologico o ai sedimenti che hanno contribuito alla formazione del suolo, sono calcolati i valori di "fondo naturale del suolo" per aree omogenee di concentrazione, attraverso l'elaborazione delle concentrazioni degli orizzonti profondi B (20 cm al disotto del limite inferiore

SUOLO

dell'orizzonte Ap) per i suoli agricoli e C (30 - 60 cm) per i suoli naturali.

È importante rilevare che nell'ambito delle indagini preliminari sito specifiche richieste dalla normativa riguardante la contaminazione dei suoli, i valori di fondo forniti dalla rete di monitoraggio per aree omogenee di concentrazione, essendo elaborati a grande denominatore di scala, rappresentano una

fondamentale base conoscitiva scientifica di riferimento, ma non possono in nessun modo sostituire i valori di fondo sito-specifici citati dall'art. 240 del DLgs 152/06.

Nelle figure 5.2, 5.3 e 5.4 e in tabella 5.1 sono proposti esempi di elaborazioni statistiche e geostatistiche per Cr, Ni, Co, As e V ottenute tramite elaborazione dei campioni prelevati a profondità B (10

Tabella 5.1 - Numero di campioni analizzati, statistica descrittiva, percentili, valori di fondo (VF¹) e confronto con i limiti di legge (L²) di Cromo (Cr), Nichel (Ni), Cobalto (Co), Arsenico (As) e Vanadio (V) nei suoli³ del territorio piemontese, per aree omogenee di concentrazione (a, b, c)

Aree	Cr			Ni			Co			V			As		
	a	b	c	a	b	c	a	b	c	a	b	c	a	b	c
n° campioni	258	133	146	356	121	60	113	156	57	76	227	23	167	107	52
	mg/kg														
Media	71	127	225	42	102	213	11	15	28	58	71	100	7	12	24
Dev. St	42	115	242	31	82	228	5	6	24	25	21	24	9	14	29
Mediana	65	103	150	37	84	136	11	15	22	60	71	98	6	10	17
Min	13	15	23	4	5	30	1	2	5	17	12	60	1	2	4
Max	440	1300	1800	370	600	1600	30	60	160	100	150	140	120	150	180
Percentili															
25°	45	75	106	22	58	94	7	11	17	39	58	84	4	7	11
50°	65	103	150	37	84	136	11	15	22	60	71	98	6	10	17
75°	84	160	242	54	121	225	14	18	28	80	86	118	9	13	23
90°	120	210	402	76	161	413	18	21	46	85	95	140	11	18	31
95°	140	236	632	96	182	565	21	23	80	86	106	140	13	22	76
VF ¹	120	209	350	75	150	391	18	21	37	85	93	/ ⁴	11	17	/ ⁴
L ²	150			120			20			90			20		

La Tabella riporta per le aree omogenee di concentrazione dei singoli contaminanti individuate sul territorio piemontese: parametri di statistica descrittiva (media, mediana, valori minimi e massimi), percentili (25°, 50°, 75°, 90° e 95°), valori di fondo e limiti di legge.

1. Valore di fondo-naturale ottenuto dal 90° percentile della popolazione di dati ottenuta dopo aver rimosso gli eventuali valori anomali (outliers), in base alla normativa ISO 19258/2005. Valori calcolati a grande denominatore di scala; non possono essere considerati sostitutivi dei valori di fondo sito-specifici citati dall'art. 240 del DLgs 152/06.

2. Limiti di legge DLgs 152/06 per le aree verdi pubbliche e private.

3. Elaborazione degli orizzonti B (10 - 30 cm per i suoli naturali o indisturbati e 20 cm al disotto dell'orizzonte arato Ap per i suoli agricoli) e C (30 - 60 cm per i suoli naturali o indisturbati).

4. Numero di dati insufficiente per una corretta definizione dei valori di fondo. Occorre un ulteriore infittimento dei campionamenti.

- 30 cm per i suoli naturali o indisturbati e 20 cm al disotto dell'orizzonte arato Ap per i suoli agricoli) e C (30 - 60 cm per i suoli naturali o indisturbati). I risultati delle elaborazioni evidenziano per questi contaminanti la prevalente origine naturale e la presenza di estese superfici caratterizzate da elevate probabilità di superamento dei limiti di legge (superfici critiche).

Nelle figure 5.2-5.5 sono riportate per il territorio piemontese:

- I. stima della distribuzione spaziale del contaminante in 30 classi di concentrazione, ottenuta tramite l'utilizzo di modelli predittivi geostatistici. Il valore massimo della scala, indicato in rosso, corrispondente ad una concentrazione stimata del contaminante uguale o superiore al limite di legge stabilito dal DLgs 152/06 per le aree verdi pubbliche e private (Colonna A).
- II. rappresentazione della struttura spaziale delle aree omogenee di concentrazione, ottenute at-

traverso la rielaborazione dei risultati dei modelli predittivi geostatistici. In rosso sono rappresentate le Aree critiche, per le quali sono stimate probabilità >50% di superamento dei limiti di legge.

- III. box-Plot della concentrazione dei contaminanti per aree omogenee di concentrazione, con schematizzazione di mediana (linea orizzontale spessa), distanza interquartile (rettangolo), valori *outliers* (pallini), range di valori con esclusione degli *outliers* (linee verticali tratteggiate) e limiti di legge (linee rosse orizzontali).

In figura 5.5 e tabella 5.2 sono proposte elaborazioni di contaminanti organici di origine antropica quali Diossine - furani (PCDD/DF) e policlorobifenili (PCB), effettuate utilizzando campioni prelevati nello strato superficiale di suolo A (0-10 cm per i suoli naturali o indisturbati e orizzonte arato Ap per i suoli agricoli).

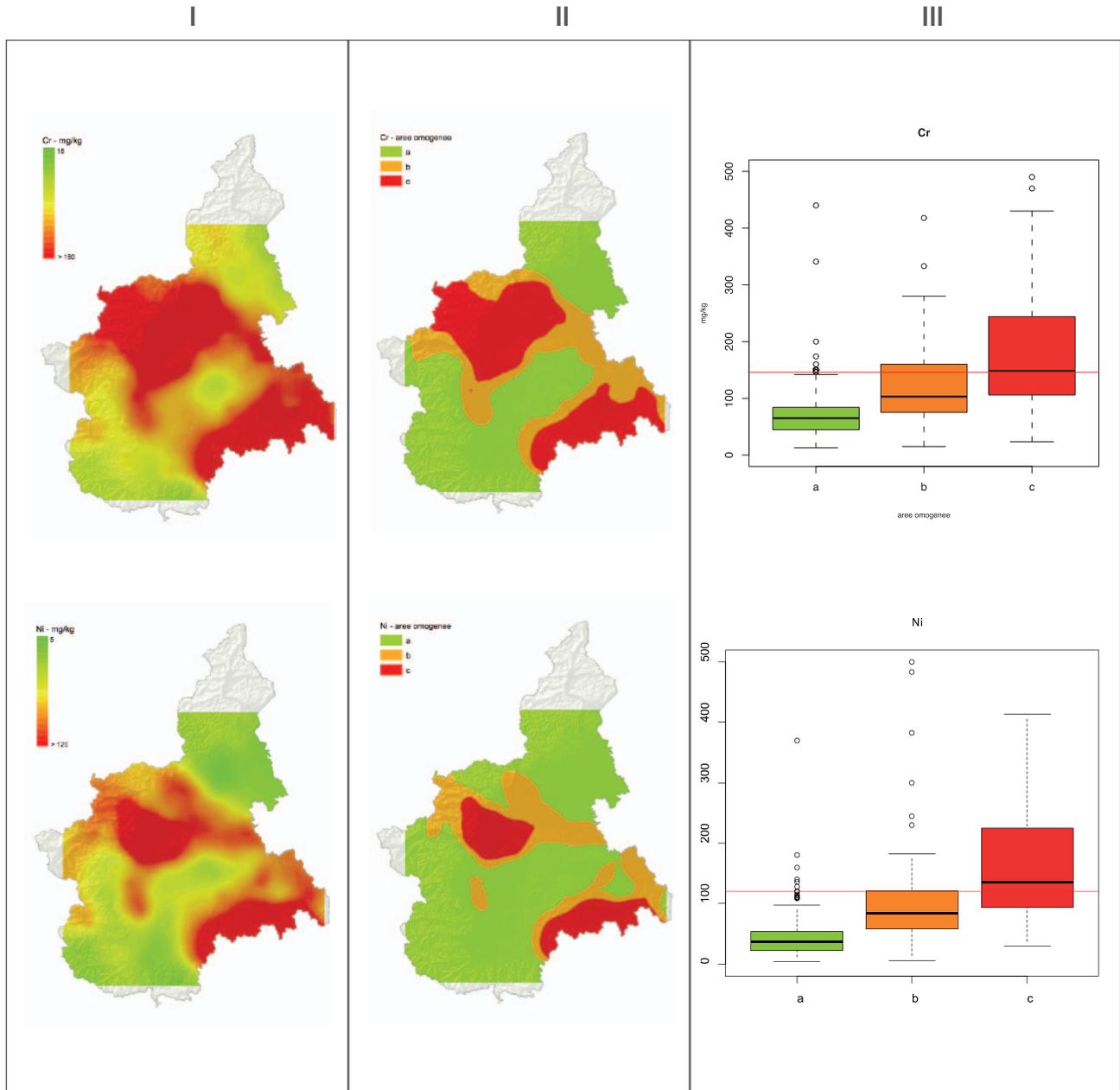


SUOLO

Figura 5.2 - Cromo (Cr) e Nichel (Ni) in mg/kg nei suoli¹ del territorio piemontese - anno 2012

I - Stima della concentrazione ottenuta tramite modelli predittivi geostatistici (30 classi). II - Aree omogenee di concentrazione (a, b, c).

III - Box plot per aree omogenee di concentrazione (a, b, c)²



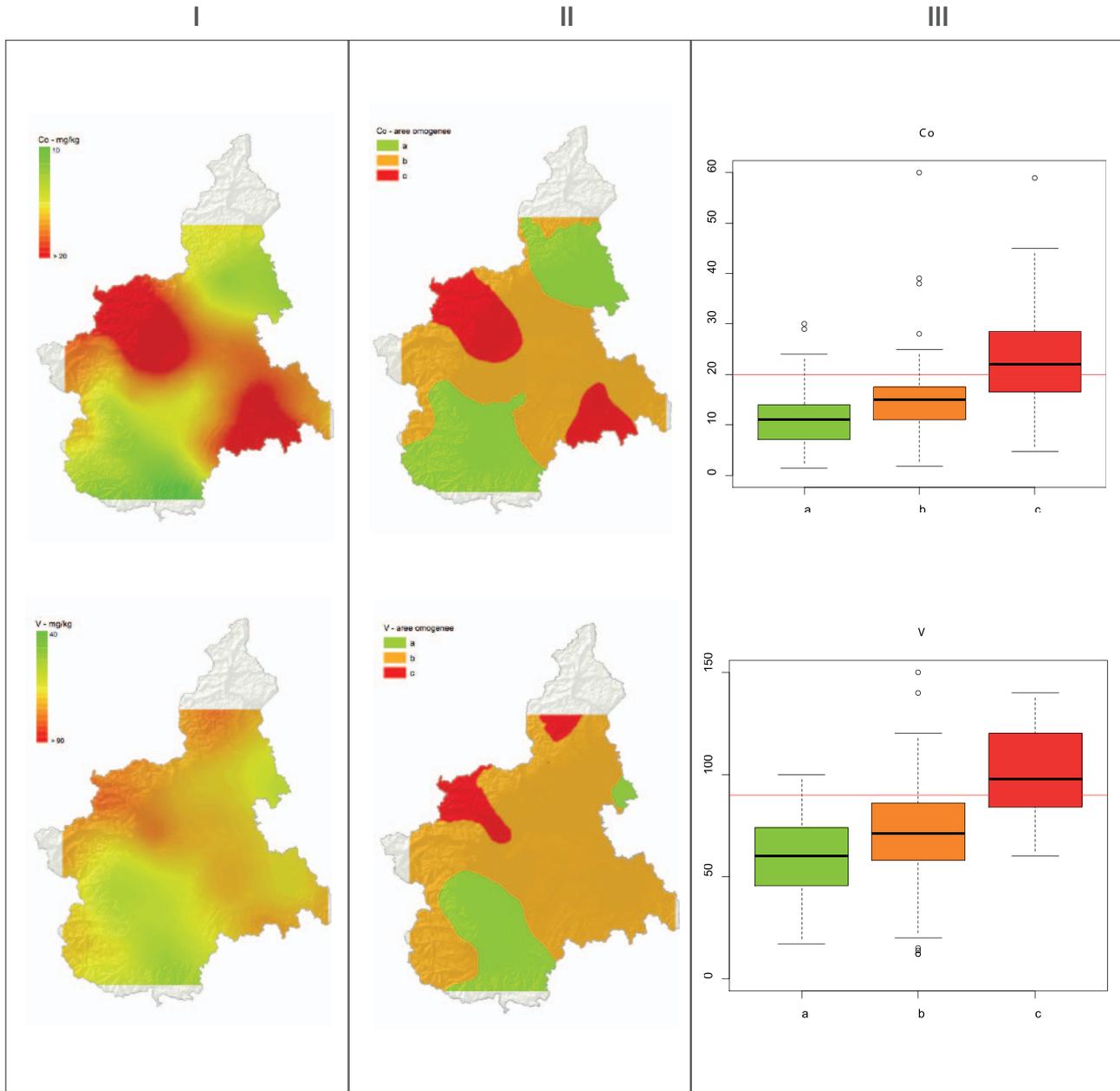
1. Elaborazione degli orizzonti B (10 - 30 cm per i suoli naturali o indisturbati e 20 cm al disotto dell'orizzonte arato Ap per i suoli agricoli) e C (30 - 60 cm per i suoli naturali o indisturbati).

2. Linea orizzontale rossa = Limiti di legge stabiliti DLGs 152/06 per le aree verdi pubbliche e private, rettangolo = distanza interquartile, linea orizzontale nera spessa = mediana, pallino = valore outlier, linee verticali tratteggiate = range di valori con esclusione degli *outliers*.

Fonte: Arpa Piemonte

Figura 5.3 - Cobalto (Co) e Vanadio (V) in mg/kg nei suoli¹ - anno 2012

I - Stima della concentrazione ottenuta tramite modelli predittivi geostatistici (30 classi). II - Aree omogenee di concentrazione (a, b, c). III - Box plot per aree omogenee di concentrazione (a, b, c)²



1. Elaborazione degli orizzonti B (10 - 30 cm per i suoli naturali o indisturbati e 20 cm al disotto dell'orizzonte arato Ap per i suoli agricoli) e C (30 - 60 cm per i suoli naturali o indisturbati).

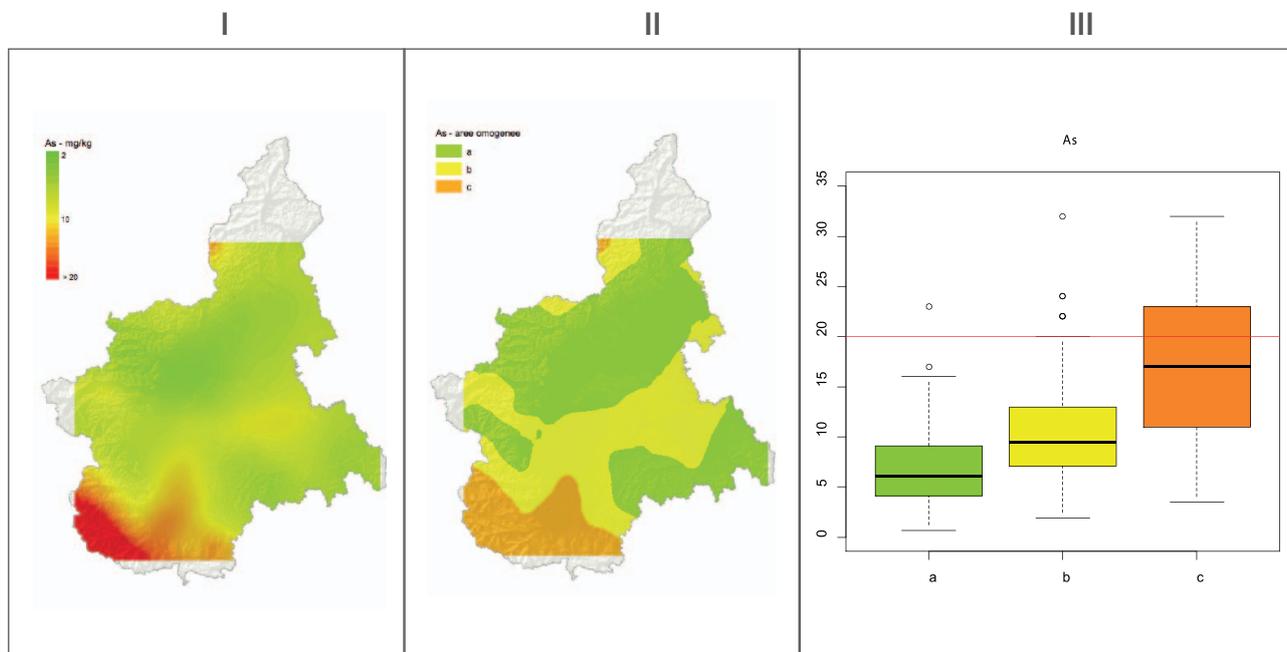
2. Linea orizzontale rossa = Limiti di legge stabiliti DLgs 152/06 per le aree verdi pubbliche e private, rettangolo = distanza interquartile, linea orizzontale nera spessa = mediana, pallino = valore outlier, linee verticali tratteggiate = range di valori con esclusione degli outliers.

Fonte: Arpa Piemonte

SUOLO

Figura 5.4 - Arsenico (As) in mg/kg nei suoli¹ - anno 2012

I - Stima della concentrazione ottenuta tramite modelli predittivi geostatistici (30 classi). II - Aree omogenee di concentrazione (a, b, c). III - Box plot per aree omogenee di concentrazione (a, b, c)²



1. Elaborazione degli orizzonti B (10 - 30 cm per i suoli naturali o indisturbati e 20 cm al disotto dell'orizzonte arato Ap per i suoli agricoli) e C (30 - 60 cm per i suoli naturali o indisturbati).
2. Linea orizzontale rossa = Limiti di legge stabiliti DLgs 152/06 per le aree verdi pubbliche e private, rettangolo = distanza interquartile, linea orizzontale nera spessa = mediana, pallino = valore outlier, linee verticali tratteggiate = range di valori con esclusione degli outliers.

Fonte: Arpa Piemonte

Diossine e policlorobifenili costituiscono tre delle dodici classi di inquinanti organici persistenti, riconosciute a livello internazionale; il loro monitoraggio su vasta scala risulta di fondamentale importanza per le valutazioni relative alla qualità e al degrado del suolo, in quanto prodotti particolarmente stabili e altamente tossici sia per l'ambiente che per l'uomo, anche in basse concentrazioni.

PCDD/DF e PCB, una volta depositati sul suolo sono adsorbiti dal carbonio organico, concentrato in prevalenza negli orizzonti superficiali e, a causa della bassa solubilità in acqua, rimangono stabili per lungo tempo. Ad esempio la 2, 3, 7, 8-tetraclorodibenzodiossina (TCDD), la più tossica delle diossine, ha tempi di dimezzamento della concentrazione (emivita) di 9-15 anni negli orizzonti superficiali del suolo e di 25-100 anni negli orizzonti più profondi.

I risultati delle elaborazioni dei dati forniti dalla rete di monitoraggio indicano presenza di forme lievi di contaminazione diffusa da PCDD/DF e PCB su tutto il territorio piemontese con valori medi e mediani am-

piamente al di sotto dei limiti di legge. Non sono state individuate inoltre zone critiche caratterizzate da elevate probabilità di superamento dei limiti di legge, mentre i pochi superamenti riscontrati sono da attribuire a casi isolati di contaminazione puntuale.

La conoscenza approfondita dell'estensione spaziale e delle caratteristiche della contaminazione, soprattutto in corrispondenza delle superfici critiche, rappresenta uno strumento conoscitivo e di orientamento basilare per tutte le attività correlate alla valutazione della qualità del suolo e dell'ambiente, alla pianificazione territoriale su ampia scala e all'applicazione delle normative che riguardano la contaminazione del suolo.

Per ulteriori informazioni sugli studi relativi alla prevalente origine dei contaminanti, effettuati utilizzando i dati forniti dalla rete di monitoraggio, si rimanda alle precedenti edizioni del Rapporto Stato Ambiente e agli articoli elencati nel sito internet dell' Arpa Piemonte.

Tabella 5.2 - Numero di campioni analizzati, statistica descrittiva, percentili, valori di fondo (VF¹) e confronto con i limiti di legge² di PCB (mg/kg) e PCDD/DF (ng/kg I-TE) nei suoli³ del territorio piemontese, per aree omogenee di concentrazione (a, b, c)

Aree omogenee	PCB			PCDD/DF	
	a	b	c	a	b
n° campioni	128	138	43	285	24
	mg/kg			ng/kg I-TE	
Media	0,0076	0,0179	0,0335	1,6	4,9
Dev. St	0,0238	0,0438	0,0362	1,3	4,6
Mediana	0,0028	0,0073	0,0220	1,3	3,1
Min	0,00001	0,0001	0,0001	0	0
Max	0,2200	0,4400	0,1400	9,1	17,6
Percentili					
25°	0,0014	0,0029	0,0082	0,9	1,4
50°	0,0028	0,0073	0,0221	1,3	3,1
75°	0,0055	0,0170	0,0392	1,8	7,1
90°	0,0123	0,0410	0,0803	3,2	10,9
95°	0,0166	0,0516	0,1171	4,1	12,8
Valori di fondo ¹	0,0061	0,0210	/ ⁴	2,2	/ ⁴
Limite di legge ²	0,06			10	

Fonte: Arpa Piemonte

La Tabella riporta per le aree omogenee di concentrazione dei singoli contaminanti individuate sul territorio piemontese: parametri di statistica descrittiva (media, mediana, valori minimi e massimi), percentili (25°, 50°, 75°, 90° e 95°), valori di fondo e limiti di legge.

1. Valore di fondo antropico ottenuto dal 90° percentile della popolazione di dati ottenuta dopo aver rimosso gli eventuali valori anomali (outliers), in base alla normativa ISO 19258/2005. Valori calcolati a grande denominatore di scala; non possono essere considerati sostitutivi dei valori di fondo sito-specifici citati dall'art. 240 del DLgs 152/06.

2. Limiti di legge DLgs 152/06 per le aree verdi pubbliche e private.

3. Elaborazione degli strati superficiali di suolo A (0-10 cm per i suoli naturali o indisturbati e orizzonte arato Ap per i suoli agricoli).

4. Numero di dati insufficiente per una corretta definizione dei valori di fondo. Occorre un ulteriore infittimento dei campionamenti.

IL CONSUMO DI SUOLO IN PIEMONTE

Tra le diverse componenti, che complessivamente costituiscono il sistema ambientale di un determinato territorio, il suolo è quella dove le ricadute generate dall'attuazione degli strumenti di pianificazione e programmazione sono più consistenti ed evidenti.

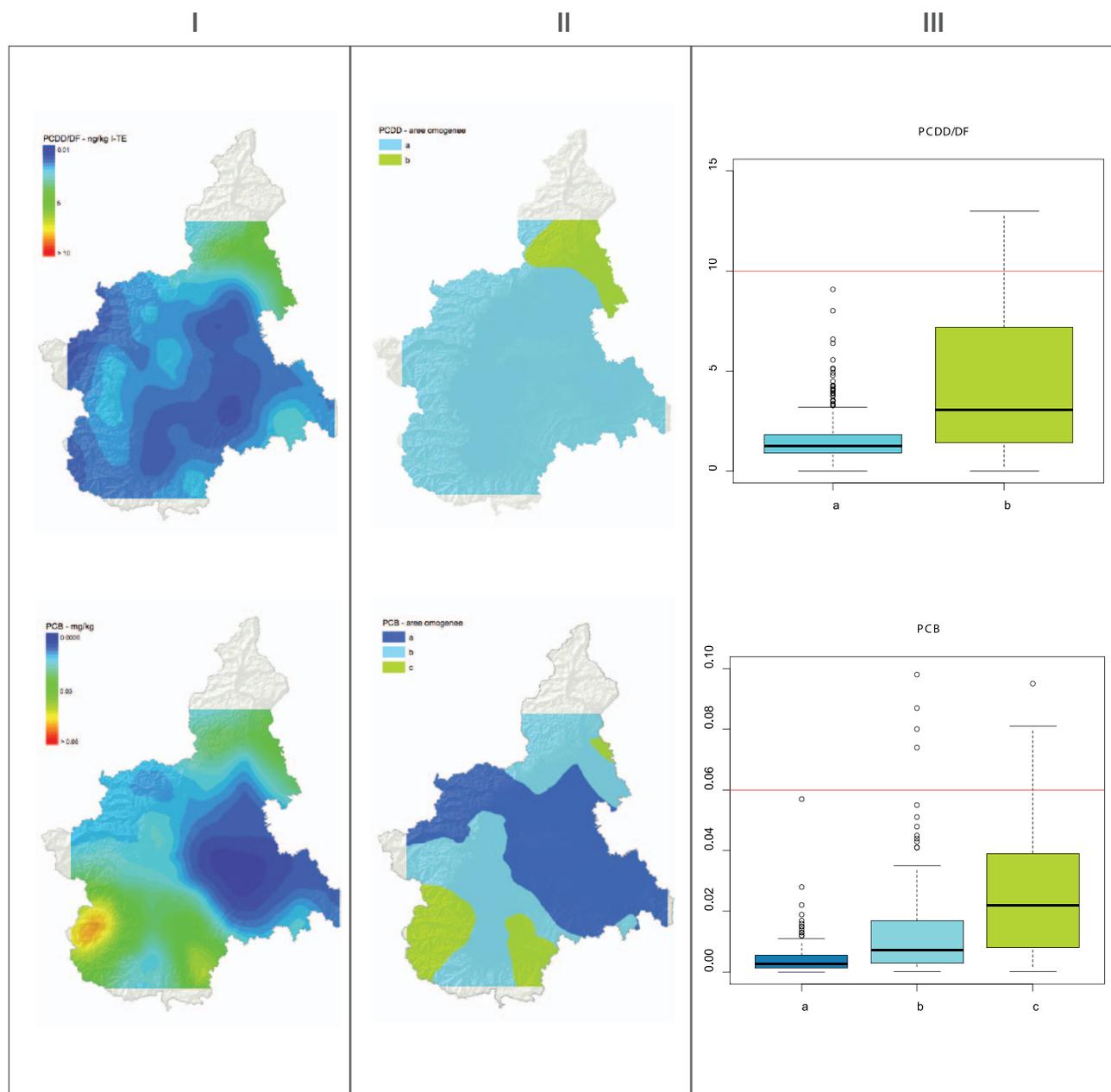
Se è indubbio che l'uso e il consumo di suolo, nelle loro diverse espressioni, rappresentano l'esito delle politiche di governo del territorio attuate ai diversi livelli amministrativi, è altrettanto assodato che il consumo di tale risorsa pone, oggi, questioni rilevanti e urgenti: questioni connesse alla perdita di superfici idonee alla produzione agricola, alla diminuzione dei livelli di biodiversità e di qualità paesaggistica, alla compromissione dei meccanismi che regolano i cicli biogeochimici e idrogeologici



SUOLO

Figura 5.5 - Diossine e furani (PCDD/DF) in ng/kg I-TE e policlorobifenili (PCB) in mg/kg nei suoli¹ - anno 2012

I - Stima della concentrazione ottenuta tramite modelli predittivi geostatistici. II - Aree omogenee di concentrazione. III - Box plot per aree omogenee di concentrazione (a, b, c)²



1. Elaborazione degli orizzonti superficiali A (0-10 cm per i suoli naturali o indisturbati e orizzonte arato Ap per i suoli agricoli).
2. Limiti di legge DLgs 152/06 per le aree verdi pubbliche e private.

Fonte: Arpa Piemonte

che nel suolo hanno sede, nonché alla progressiva destrutturazione della città e dei suoi valori. Questioni, in sintesi, che una gestione del territorio efficace e sostenibile non può disattendere.

LE AZIONI

Il rapporto sul monitoraggio del consumo di suolo in Piemonte

La Regione Piemonte, nell'ambito delle azioni intraprese in materia di tutela del territorio, ha avviato nel 2009 un progetto finalizzato a predisporre un metodo per la misurazione e il monitoraggio del consumo di suolo, fondato su presupposti teorici univoci, condivisi e confrontabili ai diversi livelli amministrativi.

Il progetto, maturato dal confronto tra le strutture tecniche regionali e condotto in collaborazione con Csi Piemonte (Consorzio per il sistema informativo) e con Ipla (Istituto per le piante da legno e l'ambiente), si è concluso nell'aprile 2012 con la pubblicazione del primo rapporto sul "Monitoraggio del consumo di suolo in Piemonte". Tale rapporto include un glossario tematico, che ha costituito la premessa teorica e metodologica per garantire un approccio rigoroso al tema, un set di indici finalizzati a misurare quanto suolo viene trasformato, per quali usi e con quali conseguenze e una prima applicazione di tali strumenti all'intero territorio regionale.

La formazione del glossario ha risposto a un duplice obiettivo:

- chiarire ed esplicitare alcuni concetti che, seppur ricorrenti nel linguaggio comune, necessitavano di una precisazione operativa;
- definire un lessico specialistico preciso, capace di superare approssimazioni e interferenze di significato e di rappresentare i diversi fenomeni connessi al consumo di suolo e i relativi impatti in termini univoci, sintetici e condivisi.

Per garantire una valutazione qualitativa, oltre che puramente quantitativa, l'individuazione delle voci del glossario è stata sviluppata a partire dalla definizione di tre categorie di consumo del suolo, riferibili alle differenti tipologie di uso che determinano tale processo. Si è quindi distinto tra:

- consumo di suolo da superficie infrastrutturata;
- consumo di suolo da superficie urbanizzata;

- altri tipi di consumo di suolo (connessi alla presenza di aree estrattive, di impianti sportivi e tecnici, di strutture specializzate per la produzione di nuove forme di energia, di parchi urbani, ...).

Mentre le prime due voci definiscono il consumo di suolo irreversibile, la terza individua categorie di consumo reversibili, prodotte da attività che modificano le caratteristiche del suolo e sottraggono all'uso e alla produzione agricola porzioni di terreno, spesso per periodi di tempo prolungati, senza tuttavia esercitare un'azione di impermeabilizzazione permanente.

Vista la complessità del fenomeno, che appare del tutto trasversale e risulta fortemente correlato alla gestione di tematiche settoriali, si è scelto di non focalizzare l'attenzione esclusivamente sulla problematica del consumo, ma di considerare anche quelle strettamente connesse della dispersione insediativa e della frammentazione territoriale, identificando una serie di voci finalizzate a chiarire le differenze peculiari tra tali processi, il loro grado di reversibilità e i differenti impatti sul suolo agricolo, sul paesaggio e sull'ambiente.

Le definizioni contenute nel glossario hanno costituito il riferimento teorico per individuare un sistema di misurazione incentrato su diversi indici, misurabili a partire dal patrimonio informativo territoriale disponibile e in grado di descrivere e mettere in relazione le diverse connotazioni che possono assumere il consumo di suolo e i processi di trasformazione del territorio ad esso connessi. In accordo con l'articolazione delle voci del glossario, gli indici individuati sono stati raggruppati in tre filiere principali: si è distinto tra indici sul consumo di suolo, indici sulla dispersione dell'urbanizzato e indici sulla frammentazione.

Complessivamente, si tratta di indici che derivano dalla misurazione diretta di caratteristiche oggettive del territorio e che presentano quindi una buona attendibilità scientifica. Gli indici individuati consentono, inoltre, una lettura di tipo transcalare: possono essere applicati a diverse soglie storiche o a differenti contesti territoriali per evidenziare processi di trasformazione o per comparare scenari alternativi.

SUOLO

Figura 5.6 - Tipologie consumo di suolo



Le definizioni del glossario e gli indici individuati hanno costituito lo strumento per rilevare, con un approccio rigoroso, lo stato di fatto aggiornato all'anno 2008, relativo ai diversi livelli territoriali (regione, province, comuni) e per arricchire con analisi di maggior dettaglio la serie storica dei dati del patrimonio conoscitivo della Regione.

Il contenimento del consumo di suolo nelle procedure di Valutazione Ambientale Strategica

L'Allegato VI al DLgs 152 del 2006 "Norme in materia ambientale" e s.m.i. risponde all'obiettivo di specificare i contenuti del Rapporto Ambientale, individuando alla lettera f. le componenti ambientali che devono essere analizzate nella Valutazione Ambientale Strategica (Vas) di piani e programmi. Tra queste componenti figura il suolo che, come già evidenziato, può essere considerato una delle principali risorse contese nel governo del territorio.

A partire da maggio 2012, la Regione Piemonte ha avviato una prima sperimentazione della metodologia di misurazione del consumo di suolo sopra sinteticamente illustrata, nell'ambito delle procedure di Valutazione Ambientale Strategica.

Nonostante nella prassi corrente delle valutazioni sia evidente un notevole livello di attenzione alla problematica del consumo di suolo, si riscontra ancora eterogeneità nelle metodologie adottate, anche in relazione alla iniziale carenza di criteri omogenei, definiti a livello regionale, cui confor-

mare lo svolgimento delle attività di analisi; criteri necessari per garantire quell'approccio di tipo preventivo e precauzionale richiesto della normativa ambientale più recente e per consentire alla Vas di svolgere un ruolo attivo e propositivo, con funzioni di controllo, ma prima ancora di orientamento per la pianificazione.

Per assicurare una reale integrazione tra le politiche di contenimento del consumo di suolo e le procedure valutative, oltre che per rafforzare l'apparato conoscitivo dei contenuti da porre alla base della Vas, la Regione Piemonte ha quindi scelto di promuovere, nei programmi di monitoraggio degli strumenti urbanistici di livello locale, l'applicazione di cinque tra i diciotto indici individuati dal "Rapporto sul monitoraggio del consumo di suolo in Piemonte".

Nel dettaglio sono stati selezionati i seguenti indicatori:

- indice di consumo di suolo da superficie urbanizzata (CSU);
- indice di consumo di suolo da superficie infrastrutturata (CSI);
- indice di consumo di suolo ad elevata potenzialità produttiva (CSP);
- indice di dispersione dell'urbanizzato (DSP);
- indice di frammentazione da infrastrutturazione (IFI).

I primi due indici permettono di distinguere le superfici consumate da impianti di carattere urbano (CSU) da quelle occupate dalle infrastrutture (CSI), escludendo in entrambi i casi quelle aree in cui il consumo di suolo è potenzialmente reversibile.

Il terzo indice (CSP), che deriva dall'*overlay* topologico tra le porzioni di suolo complessivamente consumate e le classi I, II e III di capacità d'uso dei suoli, consente di individuare in quale percentuale il consumo interessa terreni ad elevato valore agronomico. La misurazione di questo indicatore fornisce un dato di estremo interesse poiché molto spesso agricoltura e urbanizzazione competono per l'uso degli stessi suoli: tendenzialmente i terreni a più elevata potenzialità produttiva sono anche quelli più appetibili per il mercato immobiliare. La trasformazione di aree agricole in aree urbanizzate disperse e discontinue, servite da reti infrastrutturali di trasporto sempre più ramificate, dà luogo a processi di frammentazione e parcellizzazione del mosaico fondiario, che determinano un'inevitabile riduzione della produttività e un aumento dei costi di conduzione. La forma e la dimensione ridotta degli appezzamenti, la difficoltà di accesso per lo svolgimento delle normali operazioni agronomiche, l'interruzione delle connessioni con la rete irrigua e di scolo delle acque superficiali, risultano sempre meno funzionali allo svolgimento delle pratiche agricole e riducono quelle economie di scala che favoriscono la competitività di tali attività. L'indice di dispersione dell'urbanizzato (DSP) è finalizzato a misurare i processi di *sprawl* in atto sul territorio e si fonda sul riconoscimento di aree a diversa densità di urbanizzazione (urbanizzato continuo e denso, urbanizzato discontinuo e urbanizzato rado), individuate a partire dalla misura della concentrazione di edifici, di strade e in generale di superfici artificiali all'interno della superficie urbanizzata stessa.

L'indice di frammentazione da infrastrutturazione (IFI), infine, mira a quantificare il grado di frammentazione ambientale di un territorio generato dallo sviluppo delle infrastrutture lineari, che configurano barriere antropiche capaci di alterare la struttura e la funzionalità degli *habitat* naturali e i delicati equilibri ecologici alla base della sopravvivenza degli ecosistemi e della loro biodiversità.

La scelta degli indici illustrati risponde, *in primis*, alla necessità di mettere a disposizione delle sin-

gole amministrazioni un set di strumenti condivisi e confrontabili che, attraverso un processo di conoscenza analitica, consentano di verificare la sostenibilità delle trasformazioni previste sulla risorsa suolo, di monitorare nel tempo la validità delle scelte effettuate e di mettere in campo tempestivamente eventuali azioni correttive. Allo stesso tempo, grazie alle loro proprietà di sintesi, per cui risultano facilmente comunicabili e comprensibili anche ai non addetti ai lavori, tali indici possono assumere un ruolo strategico per agevolare e per rendere più oggettivi, efficaci e trasparenti i processi decisionali da cui dipende il governo della qualità del territorio.

In conclusione, quindi, la Vas è stata intesa quale strumento per includere a pieno titolo la salvaguardia della risorsa suolo nella prassi della pianificazione del territorio: lo strumento per avviare un percorso di analisi e monitoraggio del consumo di tale risorsa di tipo processuale che, superando la visione contingente della singola variante al piano, consenta di valutare su una scala temporale di lungo periodo gli effetti cumulativi di trasformazioni antropiche determinate dall'attuazione di strumenti urbanistici successivi.

In linea con tale obiettivo, nell'ambito delle procedure di valutazione delle modifiche agli strumenti urbanistici, viene richiesto ai comuni interessati di effettuare un monitoraggio periodico del consumo di suolo da trasmettere agli uffici regionali. Tale operazione consentirà alla Regione di attivare un processo che, mediante un lavoro di ricomposizione e sintesi dei dati ricevuti, potrà monitorare l'andamento del fenomeno a scala sovralocale e tarare di conseguenza i propri orientamenti strategici.

Complessivamente il percorso avviato trova oggi riscontro anche nelle indicazioni della Legge Regionale n. 3 del 2013 "Modifiche alla legge regionale 5 dicembre 1977, n. 56 (Tutela e uso del suolo) e ad altre disposizioni regionali in materia di urbanistica ed edilizia", di recente approvazione. L'articolo 11, come modificato da tale legge, include, infatti, tra le finalità del piano regolatore generale comunale e intercomunale "il contenimento del consumo dei suoli" (comma 1, lettera e), riconoscendo nella loro protezione uno dei nodi fondamentali delle politiche di governo del territorio.

SUOLO

BOX 2 - CONSUMO DI SUOLO E QUALITÀ DEL PAESAGGIO

Strettamente connesso al tema del consumo di suolo è quello dell'alterazione della qualità del paesaggio. L'affermarsi dei processi di dispersione insediativa, che costituiscono la principale causa del consumo di suolo, può produrre, infatti, spazi indefiniti, anonimi e privi di un'identità riconoscibile; spazi dove l'omologazione e la destrutturazione dei palinsesti territoriali generano banalizzazione e inquinamento scenico-percettivo. Lo stesso Codice dei beni culturali e del paesaggio riserva uno specifico richiamo a tale problematica, ribadendo all'art. 135 "Pianificazione paesaggistica", comma 4, lettera c, la necessità di garantire la "salvaguardia delle caratteristiche paesaggistiche degli ambiti territoriali, assicurando, al contempo, il minor consumo del territorio".



L'obiettivo di contenere il consumo di suolo, che la Regione Piemonte ha affrontato definendo una specifica metodologia di analisi e di misurazione del fenomeno e sperimentandone una prima applicazione nei processi di valutazione ambientale, risulta quindi strategico, anche sotto il profilo paesaggistico.

La predisposizione di strumenti di pianificazione attenti alla salvaguardia e alla conservazione della risorsa suolo, infatti, è strettamente sinergica alla finalità di definire scenari di piano dotati di una maggiore qualità percettiva.

In analogia a quanto proposto per la valutazione del consumo di suolo, la Regione Piemonte ha quindi scelto di richiedere, nella procedura di Valutazione Ambientale Strategica, l'applicazione di un sistema di monitoraggio incentrato sull'individuazione di alcuni punti di osservazione particolarmente significativi, sia in termini di valore (presenza di elementi peculiari, complessità della scena paesaggistica, ampiezza e profondità del campo visivo, intervisibilità,..) sia di vulnerabilità visiva.

Da tali punti le Amministrazioni dovranno effettuare periodicamente rilievi fotografici, che consentiranno di controllare, attraverso un confronto visivo diretto e immediato, le ricadute derivanti dall'attuazione dei piani sul livello di organizzazione del paesaggio e quindi sulla sua qualità.

GLI INDICI PROPOSTI

Le schede di seguito illustrate riportano per ciascuno dei cinque indici citati: la formula di calcolo, la descrizione di sintesi basata sulle definizioni espri-

cite nel glossario e richiamate in calce al paragrafo, l'unità di misura e un breve commento che ne riassume le finalità applicative.

INDICE DI CONSUMO DI SUOLO DA SUPERFICIE URBANIZZATA

CSU = (Su/Str)x100	Su = Superficie urbanizzata (ha) - Str = Superficie territoriale di riferimento (ha)
Descrizione	Consumo dovuto alla superficie urbanizzata dato dal rapporto tra la superficie urbanizzata e la superficie territoriale di riferimento, moltiplicato per 100
Unità di misura	Percentuale
Commento	Consente di valutare l'area consumata dalla superficie urbanizzata all'interno di un dato territorio

INDICE DI CONSUMO DI SUOLO DA SUPERFICIE INFRASTRUTTURATA

CSI = (Si/Str)x100	Si = Superficie infrastrutturata (ha) - Str = Superficie territoriale di riferimento (ha)
Descrizione	Consumo dovuto alla superficie infrastrutturata dato dal rapporto tra la superficie infrastrutturata e la superficie territoriale di riferimento, moltiplicato per 100
Unità di misura	Percentuale
Commento	Consente di valutare l'area consumata da parte delle infrastrutture all'interno di un dato territorio

INDICE DI CONSUMO DI SUOLO AD ELEVATA POTENZIALITÀ PRODUTTIVA

CSP = (Sp/Str)x100	Sp = Superficie di suolo appartenente alle classi di capacità d'uso I, II e III consumata dall'espansione della superficie consumata complessiva (ha) - Str = Superficie territoriale di riferimento (ha)
Descrizione	Rapporto tra la superficie di suolo (ha) appartenente alle classi di capacità d'uso I, II e III consumata dall'espansione della superficie consumata complessiva e la superficie territoriale di riferimento; moltiplicato per 100
Unità di misura	Percentuale
Commento	Consente di valutare, all'interno di un dato territorio, l'area consumata da parte dell'espansione della superficie consumata complessiva a scapito di suoli ad elevata potenzialità produttiva Tale indice può essere applicato distintamente per le classi di capacità d'uso I, II o III (ottenendo gli indici CSPI, CSPII e CSPIII) oppure sommando i valori di consumo delle tre classi ottenendo delle aggregazioni (CSPa = CSPI + CSPII + CSPIII) o un valore complessivo (CSPc = CSPI + CSPII + CSPIII)

INDICE DI DISPERSIONE DELL'URBANIZZATO

Dsp = [(Sud+Sur)/Su]*100	Sud = Superficie urbanizzata discontinua (m ²) - Sur = Superficie urbanizzata rada (m ²) Su = superficie urbanizzata totale (m ²)
Descrizione	Rapporto tra la superficie urbanizzata discontinua sommata alla superficie urbanizzata rada e la superficie urbanizzata totale nella superficie territoriale di riferimento
Unità di misura	Percentuale
Commento	Consente di valutare la dispersione dell'urbanizzato relativamente alla densità dell'urbanizzato

INDICE DI FRAMMENTAZIONE DA INFRASTRUTTURAZIONE

IFI = Li/Str	Li = Lunghezza dell'infrastruttura (decurtata dei tratti in tunnel e di viadotto) (m) Str = Superficie territoriale di riferimento (m ²)
Descrizione	-
Unità di misura	m/m ²
Commento	Consente di valutare la frammentazione derivante dall'infrastrutturazione; maggiore è il valore dell'indice maggiore è la frammentazione

SUOLO

Superficie urbanizzata:

Porzione di territorio composta dalla superficie edificata e dalla relativa superficie di pertinenza. È misurabile sommando la superficie edificata e la relativa superficie di pertinenza rilevate nella superficie territoriale di riferimento.

Superficie infrastrutturata:

Porzione di territorio, che si sviluppa al di fuori della superficie urbanizzata, ospitante il sedime di un'infrastruttura lineare di trasporto e la sua fascia di pertinenza o l'area di una piattaforma logistica o aeroportuale. È misurabile sommando le superfici dei sedimi delle infrastrutture lineari di trasporto e delle relative fasce di pertinenza e delle superfici delle piattaforme logistiche o aeroportuali rilevate nella superficie territoriale di riferimento.

Superficie urbanizzata discontinua:

Porzione di territorio dove la densità dell'urbaniz-

zato è compresa tra il 50% e il 30%. È riferita ad aree edificate dove la presenza di spazi vuoti o verdi è predominante e significativa.

Superficie urbanizzata rada:

Porzione di territorio dove la densità dell'urbanizzato è inferiore al 30%. È riferita ad aree scarsamente edificate dove la presenza di spazi vuoti o verdi è predominante; gli edifici isolati e sparsi sul territorio sono contornati da attività agricole o da aree naturali.

Superficie territoriale di riferimento:

Porzione di territorio definita secondo criteri amministrativi, morfologici, geografici, altimetrici e tematici, rispetto alla quale viene impostato il calcolo degli indicatori sul consumo di suolo a seconda dell'ambito di interesse del monitoraggio.

AUTORI

Gabriele FABIETTI - Arpa Piemonte

Francesca FINOTTO, Annalisa SAVIO, Elena PORRO - Regione Piemonte

RIFERIMENTI

Tutti i dati relativi alla rete di monitoraggio ambientale del suolo si possono trovare sul sito di Arpa Piemonte:

http://www.arpa.piemonte.it/approfondimenti/temi-ambientali/suolo/suolo_rete_monitoraggio

Le serie storiche degli indicatori ambientali della tematica suolo sono disponibili all'indirizzo:

<http://www.arpa.piemonte.it/reporting>

Il volume "Monitoraggio del consumo di suolo in Piemonte" che raccoglie i risultati dell'attività svolta è consultabile sul sito della Regione Piemonte all'indirizzo:

<http://www.regione.piemonte.it/territorio/dwd/documentazione/pianificazione/consumoSuolo.pdf>