



## Suolo

- Contaminazione dei suoli
- Dati pedologici e cartografia tematica
- Incendi boschivi



**Gabriele Fabietti**  
**Mattia Biasioli**  
**Franco Ajmone Marsan**  
 Università degli Studi  
 di Torino, Dipartimento  
 di Valorizzazione  
 e Protezione delle  
 Risorse Agroforestali

**Renzo Barberis**  
**Tommaso Niccoli**  
**Fabio Alberi**  
**Marilisa Gaino**  
**Daniela Rizzo**  
**Fabio Ghioni**  
 Arpa Piemonte

Arpa Piemonte ha progettato e realizzato una rete regionale di monitoraggio ambientale del suolo, basata su una griglia a maglia 18 x 18 km, progressivamente implementata sia attraverso l'infittimento della maglia a 9 x 9 km sia attraverso l'identificazione di siti rappresentativi, indipendenti dalla rete, in cui eseguire un monitoraggio intensivo e permanente anche di parametri di più complessa determinazione, a completamento e integrazione della rete a maglia fissa.

Scopo della rete di monitoraggio, già descritta nei precedenti RSA, è valutare, sulla base di dati analitici affidabili e aggiornati, il fenomeno della contaminazione diffusa, proveniente cioè dalla collettività, e forme di degrado del suolo quali ad esempio diminuzione della sostanza organica, perdita di biodiversità, fenomeni di ruscellamento e di erosione, peggioramento delle proprietà fisiche e compattazione.

La rete di monitoraggio<sup>1</sup> fornisce inoltre valori di "fondo naturale antropizzato" indispensabili per la corretta applicazione della normativa sulle bonifiche, anche alla luce della revisione normativa apportata dal DLgs 152/06 rispetto al DLgs 22/97 e al DM 471/99.

Le considerazioni riportate nei successivi paragrafi derivano da un approfondito esame statistico dei dati disponibili della rete 18 x 18 km, condotto congiuntamente da Arpa e dal Dipartimento di Valorizzazione e Protezione delle Risorse Agroforestali (Di.Va.PR.A.) dell'Università di Torino. Tutte le analisi sui suoli sono state condotte presso i laboratori di Arpa Piemonte, con particolare riferimento al Laboratorio del Polo Bonifiche di Alessandria.

Indicatore/Indice	DPSIR	Fonte dei dati	Unità di misura	Copertura geografica	Anno di riferimento	Disponibilità dei dati
Metalli pesanti	S	Università Arpa Piemonte	mg/kg	Regione	2002-2006	+++
Inquinanti organici	S	Università Arpa Piemonte	ng/kg, ng/g	Regione	2002-2006	+++
Incendi boschivi	I	Corpo Forestale dello Stato	numero/ha	Provincia Regione	1990-2007	+++

 [www.arpa.piemonte.it](http://www.arpa.piemonte.it) → reporting ambientale → indicatori

## 16.1 PROPRIETÀ E CONTAMINAZIONE DEI SUOLI

Le elaborazioni statistiche sono state distinte per suoli agricoli (19 stazioni di monitoraggio) e suoli naturali (24 stazioni di monitoraggio). Il numero di campioni presi in considerazione non ha permesso di effettuare raggruppamenti significativi più dettagliati di uso del suolo nell'ambito delle due categorie individuate. Le analisi sono presentate per campioni a due profondità A e B:

- per i suoli agricoli, la profondità di campionamento A corrisponde all'orizzonte arato (Ap) e B al campionamento effettuato a 20 cm dal limite inferiore di A
- per i suoli naturali, A corrisponde alla profondità 0-10 cm e B al campionamento a profondità 10-30 cm.

### Proprietà generali

In tabella 16.1 è riportata la statistica descrittiva (media, mediana, deviazione standard, valori minimi e massimi) delle principali caratteristiche fisico-chimiche degli orizzonti superficiali per suoli agricoli e naturali: pH in KCl, percentuale di sostanza organica (SO - %), capacità di scambio cationico (CSC - cmol kg<sup>-1</sup>), percentuale di sabbia, di limo e di argilla.

<sup>1</sup>La rete di monitoraggio è stata progettata e realizzata seguendo le indicazioni fornite da documenti ufficiali dell'Unione Europea e nazionali:

- EEA (European Environmental Agency) "Proposal for a European Soil Monitoring and Assessment Framework"
- CE-COM (2002)179 "Verso una strategia tematica per la protezione del suolo"
- APAT RTI CTN\_SSC 2/2001 "Elementi di progettazione della rete nazionale di monitoraggio del suolo a fini ambientali"
- APAT RTI CTN\_SSC 1/2002 "Linee guida per un manuale di organizzazione e gestione della rete"
- APAT CTN TES 2004 "Elementi di progettazione della rete nazionale di monitoraggio del suolo a fini ambientali - Versione aggiornata sulla base delle indicazioni contenute nella strategia tematica del suolo dell'unione europea"
- La Strategia tematica per la protezione del suolo - COM(2006)231 - che conclude il percorso iniziato nel 2002 dalla COM(2002)179
- Proposta di Direttiva che istituisce un quadro per la protezione del suolo e modifica la direttiva 2004/35/CE - COM(2006)232.

Dall'analisi dei parametri statistici emergono sostanziali differenze tra suoli agricoli e naturali. I suoli agricoli presentano pH con valore medio di 6,4 e range con valori minimi di 4,2 e massimi di 8,0. La sostanza organica è relativamente bassa con valore medio del 2,0% e valori minimi e massimi rispettivamente di 0,8 e 4,8%. La media della capacità di scambio cationico è pari a 25 cmol kg<sup>-1</sup> con range da 17 a 37 cmol kg<sup>-1</sup>, il contenuto medio di sabbia è del 40%.

I suoli naturali, nonostante la presenza elevata di sabbia, con media del 60%, rispetto ai suoli agricoli presentano una maggiore quantità di sostanza organica pari a 6,5% con range da 0,9 a 17,5%, una elevata capacità di scambio, da attribuire al contenuto di sostanza organica, di 37 cmol kg<sup>-1</sup> con range da 13 a 76 cmol kg<sup>-1</sup>; il pH ha una media di 4,9 con minimo di 3,4 e massimo di 7,5.

**Tabella 16.1 - Statistica descrittiva (media, mediana, deviazione standard, valori minimi e massimi) delle principali caratteristiche fisico-chimiche degli orizzonti superficiali A - anni 2002-2006**

	Suoli Agricoli (n=19)						Suoli Naturali (n=24)					
	pH KCl	SO %	CSC cmol kg <sup>-1</sup>	Sabbia %	Limo %	Argilla %	pH KCl	SO %	CSC cmol kg <sup>-1</sup>	Sabbia %	Limo %	Argilla %
Media	6,4	2,0	25	43	42	15	4,9	6,5	37	60	33	8
Mediana	6,5	1,6	25	41	41	12	4,4	5,5	36	62	31	5
Dev. St.	1,2	1,0	6	18	12	11	1,4	4,5	15	22	17	8
Minimo	4,2	0,8	17	13	21	3	3,4	0,9	13	9	11	2
Massimo	8,0	4,8	37	76	63	44	7,5	17,5	76	87	80	35

Fonte: Università degli Studi di Torino, Arpa Piemonte

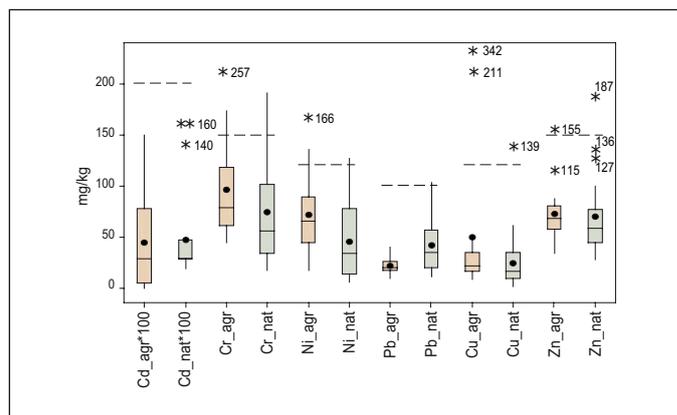
### 16.1.1 Metalli pesanti

In tabella 16.2 è presentata la statistica descrittiva del contenuto di metalli pesanti (estraibili in acqua regia) per i suoli agricoli e i suoli naturali<sup>2</sup>, posta a confronto con i limiti di legge stabiliti dal DLgs 152/06 per le aree verdi pubbliche e private.

I campioni sono caratterizzati in genere da una bassa concentrazione di metalli, con medie sempre al di sotto dei limiti di legge. Le medie dei suoli agricoli, ad eccezione del Pb, risultano superiori a quelle dei suoli naturali. Inoltre, si osserva una generale diminuzione della concentrazione media e dei valori massimi passando dagli orizzonti superficiali a quelli profondi, con intensità maggiore per i suoli naturali.

In **figura 16.1** sono rappresentati i *boxplot* dei metalli pesanti degli orizzonti superficiali (A) in mg/kg, per suoli agricoli e naturali. Il *boxplot* è una rappresentazione grafica di alcuni parametri statistici che permette di descrivere una variabile in maniera sintetica e pratica per il confronto con altre variabili; è solitamente composto da *boxes*, *whiskers*, *outliers*, mediana e media<sup>3</sup>.

**Figura 16.1 - Boxplot dei metalli pesanti degli orizzonti superficiali A - anni 2002-2006**



Fonte: Università degli Studi di Torino, Arpa Piemonte

Le linee orizzontali tratteggiate indicano i valori limite di legge (DLgs 152/06 per le aree verdi pubbliche e private). I numeri identificano le concentrazioni degli outliers. Concentrazioni di cadmio moltiplicate per 100.

<sup>2</sup>Le analisi sono state condotte con i metodi SISS approvati con DM 13.9.1999; tutti i dati sono riportati sul passante a 2 mm (terra fine).

<sup>3</sup>I *Boxes* o scatole rappresentano il range o distanza interquartile (IQR) tra il primo quartile (Q1) e il terzo quartile (Q3). In questo intervallo ricade il 50% dei valori della popolazione di dati considerata. Il primo e il terzo quartile (Q1 e Q3) corrispondono rispettivamente alle mediane della prima e della seconda metà dei dati ordinati. Il 25% dei dati è minore o uguale al primo quartile (Q1), il 75% dei dati è minore o uguale al terzo quartile (Q3).

- La distanza interquartile risulta molto efficace nello studio e nella valutazione della distribuzione degli inquinanti del suolo perché non è influenzata da osservazioni anomale o estreme (statistica robusta), ed è particolarmente adatta ad esprimere la variabilità di distribuzioni asimmetriche, tipiche dei contaminanti da inquinamento diffuso.

- Le linee che si allungano dai bordi della scatola (*baffi* o *whiskers*) rappresentano il range di valori con esclusione degli outliers. I *whiskers* comprendono i valori dei campioni che si discostano dalla mediana tra 1,5 e 3 volte la distanza interquartile e ciascuno (superiore e inferiore) comprende circa il 25% della distribuzione dei dati.

- Gli asterischi rappresentano gli outliers, calcolati come valori inferiori a  $Q1 - 1.5 \times IQR$  e superiori a  $Q3 + 1.5 \times IQR$ , e sono i valori limite che si discostano dalla mediana oltre 3 volte la distanza interquartile.

- Gli outliers sono un utile strumento di analisi per le indagini relative alla valutazione della contaminazione diffusa del suolo, in quanto identificano rapidamente campioni hot-spot che presentano concentrazioni anomale rispetto alla popolazione campionaria.

- La linea continua all'interno del box indica la mediana, valore che in un insieme ordinato di dati occupa la posizione centrale. Il 50% dei dati della popolazione è minore o uguale al valore della mediana.

Il punto indica la media, la linea tratteggiata evidenzia invece il limite di legge per il contaminante.

**Tabella 16. 2 - Statistica descrittiva (media, mediana, deviazione standard, minimo, massimo) e limiti di legge ( DLgs 152/06 per le aree verdi pubbliche e private) dei metalli pesanti per profondità di campionamento A e B - anni 2002-2006**

Orizzonte	Suoli Agricoli (n=19)						Suoli Naturali (n=24)						
	Cd	Cr	Ni	Pb	Cu	Zn	Cd	Cr	Ni	Pb	Cu	Zn	
	mg/kg												
A	Media	0,56	96	72	21	50	72	0,47	74	46	42	25	69
	Mediana	0,30	79	66	20	22	68	0,29	56	34	34	16	58
	Dev. St.	0,51	50	40	7	83	26	0,42	49	36	27	29	37
	Minimo	0,05	45	17	10	9	34	0,29	18	6	11	1	28
	Massimo	1,50	257	166	40	342	155	1,60	191	127	103	139	187
B	Media	0,63	104	71	20	30	69	0,40	75	47	31	21	60
	Mediana	0,29	93	61	18	25	67	0,29	59	36	29	14	50
	Dev. St.	0,77	52	35	8	30	28	0,37	47	39	18	27	33
	Minimo	0,04	49	16	7	6	28	0,05	18	5	8	1	21
	Massimo	3,10	265	136	39	143	167	1,80	171	135	90	122	187
Limiti DLgs 152/06	2	150	120	100	120	150	2	150	120	100	120	150	

Fonte: Università degli Studi di Torino, Arpa Piemonte

### Cadmio

I campioni superficiali dei suoli agricoli hanno valore medio di 0,56 mg/kg con minimi di 0,05 e massimi di 1,50. Per i suoli naturali il valore medio è leggermente inferiore, 0,47mg/kg, con valori minimi di 0,29 e massimi di 1,60 mg/kg. I valori di cadmio riscontrati risultano sempre bassi e abbondantemente al disotto dei valori limite di legge.

Il confronto dei valori medi dell'orizzonte A con quello sottostante B evidenzia variazioni minime sia per i suoli agricoli che per quelli naturali.

Le medie, leggermente superiori dei suoli agricoli, sono presumibilmente attribuibili alla presenza di cadmio in concimi inorganici e organici di varia origine, in particolare quelli derivati da rocce fosfatice.

### Cromo

Per i suoli agricoli il contenuto medio di cromo dei campioni superficiali è 96 mg/kg con valore minimo di 45 mg/kg e valore massimo elevato pari a 257 mg/kg. I suoli naturali presentano valore medio superficiale più basso, 74 mg/kg, con range da 18 a 191 mg/kg.

I valori riscontrati per il cromo sono elevati per entrambe le categorie di uso del suolo, con numerosi superamenti dei limiti di legge. In letteratura i quantitativi di cromo nel suolo sono solitamente indicati con valori

compresi fra 10 e 100 mg/kg, ma nei substrati di origine serpentina non è raro riscontrare concentrazioni superiori. In Piemonte esistono diverse aree dove l'origine di questo metallo può essere facilmente collegata alla litogenesi derivante da Cr-Ni-serpentiniti; questo spiega gli elevati valori di Cr riscontrati e i numerosi superamenti dei valori limite di legge. Le principali sorgenti antropiche di Cr sono solitamente imputabili a impianti di cromatura, produzioni di vernici, cartiere, concerie, tintorie industriali, lavorazioni dell'acciaio e di altre leghe. A conferma dell'ipotesi che la concentrazione di questo elemento nei suoli piemontesi è influenzata dalla qualità dei materiali parentali, le differenze tra medie degli orizzonti A e B sono minime per entrambe le categorie di uso del suolo.

### Nichel

I suoli agricoli presentano valore medio di nichel pari a 72 mg/kg con range da 17 a 166 mg/kg. I suoli naturali sono caratterizzati da un contenuto medio più basso, pari a 46 mg/kg, con minimi e massimi rispettivamente di 6 e 127 mg/kg.

I valori riscontrati per il Ni sono elevati per entrambe le categorie di uso del suolo con numerosi superamenti dei limiti di legge. In letteratura i quantitativi di Ni nel suolo di norma sono indicati con valori compresi tra 10 e 40 mg/kg. Analogamente a quanto osservato per il cromo, il nichel è un metallo ampiamente presente nelle matrici rocciose che hanno originato i suoli della pianura piemontese; questo spiega i valori medi elevati e i numerosi superamenti dei limiti di legge sia per i suoli agricoli che per i suoli naturali.

A supporto dell'ipotesi della prevalente origine litologica, come descritto precedentemente per il Cr, il confronto



*Le elevate presenze di cromo e nichel sono spesso di natura litogenica.*

dei valori medi alle due profondità di campionamento non evidenzia particolari variazioni per entrambe le categorie di uso del suolo. I valori medi leggermente più elevati dei suoli agricoli rispetto a quelli dei suoli naturali, evidenziano una possibile componente di origine antropica attribuibile ad attività agricole quali ad esempio l'utilizzo di nitrato di calcio, che contiene una significativa quantità di nichel.

### Piombo

La concentrazione del piombo nei suoli agricoli superficiali presenta un valore medio di 21 mg/kg con minimi e massimi rispettivamente di 10 e 40 mg/kg. I suoli naturali, a differenza di quanto riscontrato per gli altri metalli analizzati, presentano valori notevolmente superiori rispetto a quelli agricoli, in parte giustificabile dalla maggiore concentrazione di sostanza organica che tende ad associarsi in forma stabile con il Pb, con una media di 42 mg/kg e *range* da 11 a 103 mg/kg. La concentrazione di Pb risulta sempre su livelli bassi e al di sotto dei limiti di legge ad eccezione di un campione di suolo naturale.

Il confronto tra le due profondità di campionamento evidenzia una differenza pronunciata tra suoli agricoli e naturali. I valori medi degli strati A e B dei suoli agricoli risultano simili, rispettivamente 21 e 20 mg/kg, mentre per i suoli naturali si osserva una sensibile diminuzione, da 42 a 31 mg/kg.

Le concentrazioni di piombo riscontrate sono probabilmente da attribuire ad inquinamento diffuso per deposizione atmosferica da traffico stradale che, soprattutto in passato, ha emesso nell'atmosfera grandi quantità di piombo presente nelle benzine.

Nonostante le recenti normative internazionali abbiano eliminato la presenza di piombo nei carburanti (la diminuzione è stata del 5% nel 1991, del 55% nel 1997 e del 100% nel 2002), la concentrazione di questo metallo nel suolo risulta ancora elevata. Nel suolo il piombo, infatti, è il meno mobile tra i metalli pesanti con tendenza ad accumularsi negli orizzonti più superficiali. L'immobilizzazione del metallo avviene ad opera di ossidi di Fe, Al e Mn e dei minerali argillosi. Il Pb inoltre tende a formare chelati insolubili con la sostanza organica.

### Rame

I suoli agricoli presentano un valore medio di concentrazione di rame pari a 50 mg/kg, con *range* molto elevato caratterizzato da valori minimi di 9 mg/kg e massimi di 342 mg/kg. I valori per i suoli naturali sono notevolmente più bassi, con una media di 25 mg/kg e *range* da 1 mg/kg a 125 mg/kg.

I valori medi sono decisamente inferiori ai limiti di legge sia per i suoli agricoli che per i suoli naturali. Si evidenziano valori elevati soprattutto nelle aree agricole con due campioni che superano i limiti di legge per i suoli agricoli e uno per i naturali.

Il confronto dei valori medi alle due profondità di campionamento evidenzia per i suoli agricoli una diminuzione da 50 a 30 mg/kg; per i suoli naturali la differenza si attenua passando da 25 a 21 mg/kg.

La differenza tra concentrazioni medie e valori massimi riscontrata tra suoli agricoli e naturali in Piemonte è probabilmente attribuibile alla presenza di aree viticole e/o ex viticole da secoli soggette a trattamenti con ingenti quantità di prodotti a base di solfato di rame. Come evidenziato da alcuni massimi riscontrati nelle aree naturali, il fenomeno interessa anche le ex aree viticole dismesse da tempo e rimboschite. La presenza di rame nel suolo in genere può anche essere attribuita ad attività industriali quali produzione di vari tipi di leghe, pitture, all'industria del ferro e dell'acciaio e ad additivi alimentari usati nell'allevamento suinicolo. Fonti secondarie sono costituite dalla combustione del carbone, del petrolio e dall'incenerimento dei rifiuti urbani.

### Zinco

I suoli agricoli hanno un valore medio dell'orizzonte A pari a 72 mg/kg, con valori minimi di 34 mg/kg e valori massimi di 155 mg/kg. I suoli naturali presentano valori superficiali simili ai precedenti con media leggermente più bassa di 69 mg/kg e *range* con minimo di 28 mg/kg e massimo di 187 mg/kg.

Sia per i suoli agricoli che per quelli naturali i valori medi dello zinco sono ampiamente inferiori ai limiti di legge e le differenze tra medie degli orizzonti A e B sono minime.

In agricoltura la presenza di zinco è legata ad alcuni prodotti fitosanitari, soprattutto utilizzati nel secolo scorso, alla presenza in fanghi e liquami zootecnici, ai concimi minerali. Altre fonti di inquinamento diffuso derivano da emissioni industriali legate alla produzione di leghe (bronzo, ottone), batterie, vernici e dal traffico stradale per usura di pneumatici.

### 16.1.2 Inquinanti organici

In tabella 16.3 è riportata la statistica descrittiva comparata con i limiti di legge del DLgs 152/06 di diossine e furani (PCDD/DF), policlorobifenili (PCB) e idrocarburi policiclici aromatici (IPA), per tipologia di uso del suolo (agricoli e naturali) e per profondità di campionamento A e B.

Gli IPA sono riportati come sommatoria dei 16 composti analizzati (16 IPA – vedi elenco in tabella 16.4), come sommatoria dei composti con un numero di anelli benzenici superiore a 4 (IPA >4) e come sommatoria dei composti definiti potenziali carcinogenici per l'uomo dall'US EPA (IPA B2).

In **figura 16.2** sono rappresentati i *boxplot* degli orizzonti superficiali A di suoli agricoli e naturali per PCDD (ng/kg I-TE<sup>4</sup>), PCB (ng/g) e IPA (ng/g). Per l'interpretazione grafica dei *boxplot* si rimanda alla nota 2 del paragrafo precedente sui metalli pesanti.

Al contrario di quanto è stato osservato per i metalli pesanti, per i contaminanti organici in generale le concentrazioni riscontrate nei terreni agricoli sono minori rispetto a quelle dei terreni naturali; questa differenza è probabilmente da attribuire alla maggiore quantità di sostanza organica che è in grado di complessare i contaminanti e di limitarne la mobilità. La maggiore concentrazione nei suoli naturali è inoltre attribuibile all'accumulo in superficie di fogliame; le foglie sono infatti caratterizzate da una notevole capacità di intercettare i contaminanti organici che si legano stabilmente alla loro cuticola esterna e vengono ceduti al suolo con la degradazione.



*La presenza di contaminanti organici è ormai ubiquitaria, ma generalmente non preoccupante.*

Le concentrazioni sono comunque basse e sempre inferiori ai limiti stabiliti dal DLgs 152/06 per le aree destinate ad uso residenziale o verde pubblico o privato.

Si osserva inoltre una diminuzione della concentrazione media e dei valori massimi passando dagli orizzonti superficiali a quelli profondi, a dimostrazione della mobilità piuttosto

ridotta in senso verticale dei contaminanti organici dovuta alla loro bassa solubilità e al legame stabile con la sostanza organica.

#### Diossine e furani

La concentrazione di PCDD/DF nei suoli agricoli superficiali (A) varia da un minimo di 0,6 ad un massimo di 3,9 ng/kg I-TE<sup>4</sup> con media pari a 1,4 ng/kg I-TE. I suoli naturali presentano valori con *range* più elevato che va da 0,7 a 8,7 ng/kg I-TE e media nettamente superiore rispetto ai suoli agricoli pari a 3,0 ng/kg I-TE.

Il confronto dei valori medi alle due profondità di campionamento evidenzia una diminuzione molto marcata soprattutto per i suoli naturali che presentano valori medi dell'orizzonte B pari a 1,5 ng/kg I-TE; per i suoli agricoli la differenza si attenua ma rimane elevata con concentrazione media degli orizzonti B pari a 1 ng/kg I-TE.

#### Policlorobifenili

La concentrazione di PCB nei suoli agricoli superficiali presenta un elevato *range* con valori minimi di 0,1 e massimi di 16,0 ng/g e media di 2,2 ng/g. I suoli naturali superficiali sono caratterizzati da un valore minimo da 0,2 a un massimo di 14 ng/g con media pari a 3,5 ng/g.

I suoli dell'orizzonte B sono caratterizzati da medie inferiori rispetto a quelle degli orizzonti superficiali, con diminuzione molto marcata soprattutto per i suoli naturali che presentano media di 1,6 ng/g; i suoli agricoli presentano concentrazione media degli orizzonti B pari a 1,7 ng/g.

#### Idrocarburi policiclici aromatici

Gli IPA nei suoli agricoli presentano in superficie una concentrazione media di 138 ng/g con *range* da 80 a 304 ng/g. I suoli naturali superficiali sono caratterizzati da medie di 160 ng/g e da un *range* di valori molto elevato da 80 a 601 ng/g.

Gli orizzonti B dei suoli agricoli hanno una media di 129 ng/g e, a differenza di quanto osservato per PCDD e PCB, non differiscono di molto da quelli dell'orizzonte superficiale A. La concentrazione media degli IPA nei suoli naturali diminuisce sensibilmente in profondità, con valori degli orizzonti B pari a 110 ng/g, decisamente inferiori rispetto agli orizzonti A.

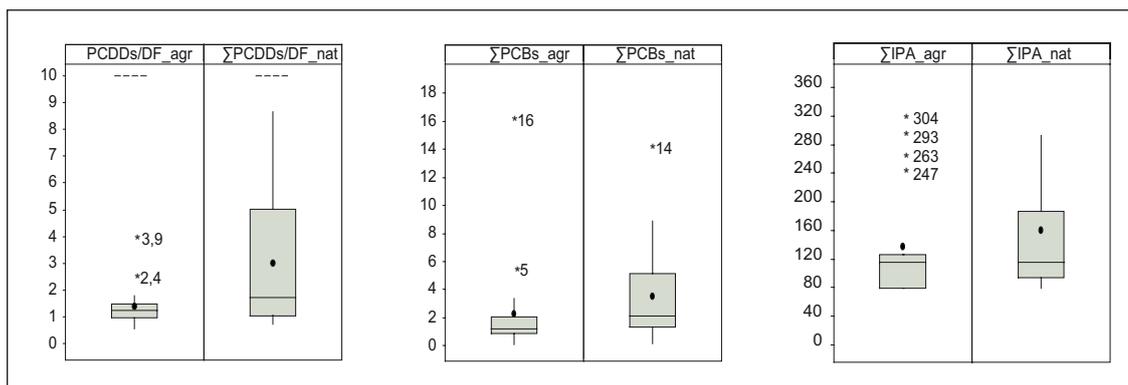
<sup>4</sup>La sigla I-TE (oppure I-TEQ) indica che le diossine sono espresse in unità Equivalenti Internazionali di Tossicità (Toxic Equivalents) rispetto alla tetraclorobenzodiossina (TCDD) che ha valore 1.

**Tabella 16.3 - Statistica descrittiva (media, mediana, deviazione standard, valore minimo e massimo) e limiti di legge (DLgs 152/06 per le aree verdi pubbliche e private) degli inquinanti organici per profondità di campionamento A e B - anni 2002-2006**

Orizzonte	Suoli Agricoli (n=19)					Suoli Naturali (n=24)					
	$\Sigma$ PCDD	$\Sigma$ PCB	$\Sigma$ IPA			$\Sigma$ PCDD	$\Sigma$ PCB	$\Sigma$ IPA			
	ng/kg I-TE		16 IPA	> 4 anelli	B2 EPA	ng/kg I-TE		16 IPA	> 4 anelli	B2 EPA	
			ng/g					ng/g			
A	Media	1,4	2,2	138	107	68	3,0	3,5	160	127	95
	Mediana	1,3	1,2	116	86	65	1,7	2,2	116	86	67
	Dev. St.	0,7	3,5	76	76	45	2,6	3,3	113	110	76
	Minimo	0,6	0,1	80	50	35	0,7	0,2	80	50	35
	Massimo	3,9	16,0	304	274	174	8,7	14,0	601	550	366
B	Media	1,0	1,7	129	96	60	1,5	1,6	110	77	56
	Mediana	0,7	0,3	80	50	35	0,9	1,2	92	59	42
	Dev. St.	0,8	4,3	86	84	55	1,6	1,8	53	52	41
	Minimo	0,2	0,0	80	50	35	0,3	0,1	80	50	35
	Massimo	3,9	19,0	351	321	212	7,3	7,7	336	301	233
	Limiti DLgs 152/06	10,0	60,0	10.000					10.000		

Fonte: Università degli Studi di Torino, Arpa Piemonte

**Figura 16.2 - Boxplot degli orizzonti superficiali (A) di suoli agricoli e naturali per PCDD (ng/kg I-TE), PCB (ng/g) e IPA (ng/g). Le linee tratteggiate indicano i limiti di legge (DLgs 152/06 per le aree verdi pubbliche e private) - anni 2002-2006**



Fonte: Università degli Studi di Torino, Arpa Piemonte

In tabella 16.4 sono riportati valori medi, deviazione standard e limiti di legge riferiti ai singoli composti degli IPA analizzati.

I singoli composti mantengono in generale lo stesso comportamento osservato per la sommatoria degli IPA totali, con concentrazioni medie minori per i suoli agricoli e diminuzione della concentrazione - passando dall'orizzonte A a quello B - più marcata per i suoli naturali.

Per i composti con un numero di anelli benzenici inferiore a 4 (Naftalene, Acenaftilene, Acenaftene, Fluorene, Fenantrene e Antracene) la quasi totalità dei campioni presenta valori al di sotto dei limiti di rilevabilità dello strumento (< 1 ng/g). I composti con 2 e 3 anelli, per le loro caratteristiche fisiche e chimiche (basso peso molecolare, alta pressione di vapore, maggiore solubilità) risultano infatti più soggetti a forme di degradazione e volatilizzazione, e sono di conseguenza quelli meno presenti nel suolo in caso di forme di contaminazione diffusa di lieve entità.

I composti con numero di anelli benzenici uguale o superiore a 4, più stabili e resistenti alle varie forme di degradazione a causa del peso molecolare più elevato, della minore solubilità e della maggiore affinità verso la sostanza organica, sono invece maggiormente presenti. Le concentrazioni medie risultano comunque molto basse e abbondantemente al di sotto dei limiti di legge.

I composti con maggiore concentrazione media nei suoli agricoli e naturali sono il Benzo[b]fluorantene, il Chrisene, il Fluorantene e il Benzo[a]pirene. Quest'ultimo è riconosciuto come il più cancerogeno tra i composti policiclici aromatici ed è utilizzato come indicatore per stimare la concentrazione totale degli IPA.

**Tabella 16.4 - Statistica descrittiva (media, deviazione standard) e limiti di legge (DLgs 152/06 per le aree verdi pubbliche e private) dei singoli composti IPA(ng/g) per profondità di campionamento A e B - anni 2002-2006**

	Anelli	Agricoli (n=19)		Naturali (n=24)		Limiti DLgs 152/06
		A	B	A	B	
		ng/g				
Naftalene	2	5 ± 1,4	< 1,0	9 ± 6,8	7 ± 5,9	
Acenaftilene	3	<1,0	< 1,0	< 1,0	< 1,0	
Acenaftene	3	6 ± 1,9	< 1,0	< 1,0	< 1,0	
Fluorene	3	< 1,0	< 1,0	< 1,0	< 1,0	
Fenantrene	3	< 1,0	< 1,0	< 1,0	< 1,0	
Antracene	3	< 1,0	< 1,0	< 1,0	< 1,0	
Fluorantene	4	22 ± 47,1	19 ± 29,3	12 ± 17	9 ± 12,7	
Pirene	4	9 ± 8	10 ± 10,7	9 ± 11,4	6 ± 4,2	5.000
Benz[a]antracene*	4	12 ± 7,5	10 ± 9,3	9 ± 7,5	7 ± 3,9	500
Crisene*	4	12 ± 8,2	9 ± 6,9	15 ± 15,6	8 ± 5,9	5.000
Benzo[b]fluorantene*	5	11 ± 15,8	12 ± 19	23 ± 22,6	13 ± 17,2	500
Benzo[k]fluorantene*	5	6 ± 2,8	6 ± 3,6	8 ± 10,2	6 ± 3,9	500
Benzo[a]pirene*	5	14 ± 10,5	11 ± 12,4	21 ± 17,3	11 ± 9,5	100
Indeno[1,2,3-cd]pirene*	5	7 ± 5,3	8 ± 5,8	13 ± 12,9	6 ± 4,5	100
Benzo[g,h,i]perilene	5	7 ± 4,4	7 ± 5,2	10 ± 8,8	6 ± 3,4	100
Dibenzo[a,h]antracene*	6	< 1,0	< 1,0	< 1,0	< 1,0	100
Σ 16 IPA		138 ± 76,4	129 ± 86,5	155 ± 119	110 ± 58,1	
Σ IPA > 4 anelli		107 ± 75,9	96 ± 84,1	121 ± 114,8	75 ± 56,2	10.000
Σ IPA carcinogenici		68 ± 45,1	60 ± 54,6	90 ± 76,5	56 ± 44,6	

\* EPA Gruppo B2 - IPA con probabile effetto carcinogenico per l'uomo.

Fonte: Università degli Studi di Torino, Arpa Piemonte

### 16.1.3 Variabilità verticale degli inquinanti

In generale si può affermare che, in presenza di contaminazione diffusa per deposizione atmosferica dei suoli, i contaminanti si accumulano maggiormente negli orizzonti superficiali A e che la loro concentrazione diminuisce con la profondità nell'orizzonte B.

Per verificare se tra l'orizzonte superficiale A e quello profondo B esista una differenza significativa, per le due tipologie di uso del suolo considerate è stato effettuato il test T per campioni accoppiati per medie, assumendo come ipotesi nulla che i due orizzonti A e B appartengano alla stessa popolazione ( $H_0$  = differenza ipotizzata per le medie uguale a 0). Il test è stato effettuato assumendo varianze uguali come verificato dal test di Levene per l'omoscedasticità, usando il 95% di intervallo di confidenza.

In tabella 16.5 sono rappresentati i risultati del test per i suoli agricoli e naturali. Quando l'ipotesi nulla non è verificata (dati riportati in grassetto), le concentrazioni degli orizzonti A e B per l'elemento considerato non possono essere considerate come appartenenti alla stessa popolazione; si presuppone quindi un maggiore accumulo in superficie del contaminante attribuibile ad una forma di contaminazione.

Per Cr e Ni non è stata verificata una differenza significativa tra A e B per entrambe le categorie di uso del suolo, a testimonianza dell'origine prevalentemente litologica di tali metalli come osservato nel paragrafo precedente. Per il Cd non è stata verificata una differenza ponderale significativa tra A e B per entrambe le categorie di uso del suolo.

Per i suoli agricoli è stata verificata una differenza significativa tra orizzonti A e B per i PCDD/DF a testimonianza di un accumulo superficiale.

Al contrario, Pb, Cu, Zn, PCB e IPA possono essere considerati come appartenenti alla stessa popolazione. La mancanza di una differenza ponderale tra orizzonti A e B non esclude la presenza di eventuale deposizione superficiale di contaminanti, ma evidenzia un forte fattore di diluizione e omogeneizzazione dovuto al rimescolamento dello strato superficiale con quello profondo causato dall'aratura e ai più bassi tenori di sostanza organica rispetto ai suoli naturali.

Per i suoli naturali, a differenza di quanto osservato per i suoli agricoli, i risultati mostrano una differenza ponderale significativa tra orizzonti A e B per Pb, Cu, Zn, PCDD/DFs, PCBs e IPA, che evidenzia una deposizione di contaminanti in superficie.

**Tabella 16.5 - Test t: per verificare se tra l'orizzonte superficiale A e quello profondo B esiste una differenza significativa - anni 2002-2006**

	Cd	Cr	Ni	Pb	Cu	Zn	PCDD	PCBs	IPA
Suoli agricoli									
Corr. di Pearson	0,87	0,91	0,86	0,80	0,84	0,83	0,82	0,97	0,70
Stat t	-0,80	-1,64	0,03	1,53	1,39	0,93	<b>3,32</b>	2,03	0,74
P(T<=t)	0,43	0,12	0,98	0,14	0,18	0,37	0,004	0,06	0,47
t critico	2,10	2,10	2,10	2,10	2,10	2,10	2,10	2,10	2,10
Suoli naturali									
Corr. di Pearson	0,68	0,89	0,95	0,75	0,95	0,88	0,44	0,67	0,81
Stat t	0,99	-0,22	-0,49	<b>3,01</b>	<b>1,71</b>	<b>2,68</b>	<b>3,11</b>	<b>3,67</b>	<b>3,19</b>
P(T<=t)	0,33	0,83	0,63	0,01	0,10	0,01	0,00	0,00	0,00
t critico	2,07	2,07	2,07	2,07	2,07	2,07	2,07	2,07	2,07

Fonte: Università degli Studi di Torino, Arpa Piemonte

I dati riportati in grassetto indicano che le concentrazioni degli orizzonti A e B per l'elemento considerato non possono essere considerate come appartenenti alla stessa popolazione. Si presuppone quindi un maggiore accumulo in superficie del contaminante.

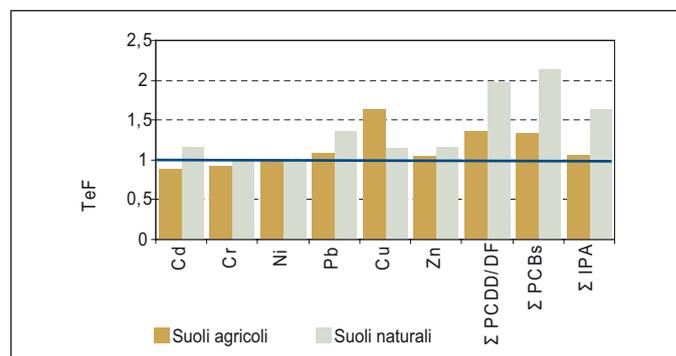
Sempre basandosi sull'ipotesi che i contaminanti presenti nell'atmosfera si accumulino negli orizzonti superficiali dei suoli, è possibile valutare l'eventuale presenza e l'intensità di fenomeni di contaminazione diffusa attraverso il calcolo del fattore di arricchimento superficiale dei suoli (*Top Enrichment Factor* - TeF) espresso come rapporto tra le medie dell'orizzonte superficiale A e di quello profondo B. Un TeF < 1 indica una maggiore concentrazione dell'inquinante considerato in profondità, al contrario un TeF > 1 indica una concentrazione superiore in superficie. In letteratura TeF > 1,3 vengono considerati come indici significativi di deposizione superficiale.

La **figura 16.3** mostra i TeF di metalli pesanti e composti organici per suoli agricoli e naturali. Per tutti i contaminanti analizzati, ad eccezione del rame, sono stati riscontrati valori sempre più alti di TeF nei suoli naturali rispetto ai suoli agricoli. I coefficienti più bassi di questi ultimi sono attribuibili principalmente alla diluizione e al rimescolamento dello strato superficiale con quello profondo causato dall'aratura, e non ad una effettiva minore intensità di deposizione superficiale degli inquinanti.

A supporto di quanto affermato sull'origine litologica di cromo e nichel, suoli agricoli e naturali presentano un fattore di arricchimento superficiale pari ad 1.

Per i suoli agricoli si rilevano forme di contaminazione superficiale molto elevate per il rame (TeF > 1,5) e per i PCDD e PCB (TeF > 1,3). Per i suoli naturali si osservano fenomeni di arricchimento superficiale per Cu e Zn (TeF > 1), per il Pb (TeF > 1,3) e per i composti organici che si attestano su valori molto elevati (TeF > 1,5).

**Figura 16.3 - Fattore di arricchimento superficiale (Top Enrichment Factor - TeF) dei suoli agricoli e naturali per metalli pesanti e composti organici - anni 2002-2006**



Fonte: Università degli Studi di Torino, Arpa Piemonte

Gli istogrammi che superano la linea orizzontale (TeF = 1) indicano presenza più o meno intensa di deposizione superficiale.



### 16.1.4 Relazioni e associazioni tra inquinanti

Per verificare e approfondire maggiormente i fenomeni di inquinamento del suolo sino a qui osservati e le cause antropiche e/o naturali che li hanno determinati, sono state studiate le relazioni che intercorrono tra gli inquinanti analizzati e tra inquinanti e parametri chimico-fisici del suolo, attraverso tecniche di analisi statistica bivariata quali l'analisi delle correlazioni (*Correlation analysis* - CA) e analisi statistica multivariata quali la *cluster analysis*.

Per verificare l'eventuale presenza di correlazioni tra inquinanti del suolo e tra inquinanti e principali parametri chimico fisici del suolo è stato utilizzato il coefficiente di correlazione di Pearson.

L'analisi evidenzia la presenza di correlazioni tra Cr e Ni sia per i suoli agricoli che per quelli naturali, confermando la loro comune origine litologica.

Per i suoli agricoli la sostanza organica non risulta correlata con nessun elemento, mentre per i suoli naturali risulta fortemente correlata con il Pb e con PCDD/DF, PCB e IPA.

Il piombo presenta buone correlazioni con Zn, PCDD, PCB e IPA per i suoli agricoli e naturali, evidenziando una comune origine di questi inquinanti.

Per i suoli agricoli e naturali sono individuabili due gruppi con buona correlazione tra gli elementi: il gruppo Cr-Ni, identificabile come gruppo di inquinanti di origine naturale-geochimica, e il gruppo comprendente Pb, Zn, PCDD/DF, PCB e IPA, identificabile come gruppo di inquinanti riconducibile a cause antropiche. La presenza di gruppi analoghi per entrambe le categorie di uso del suolo conferma le ipotesi relative all'origine degli inquinanti.

Per i suoli naturali il gruppo Pb, Zn, PCDD/DF, PCB e IPA risulta ben correlato anche con la sostanza organica. Quest'ultima associazione conferma le ipotesi discusse nei paragrafi precedenti relative alla concentrazione più elevata degli inquinanti organici e del Pb nei suoli naturali dovuta alla maggiore presenza di sostanza organica, in grado di formare composti stabili con questi inquinanti.

### 16.1.5 Confronto tra ambiente urbano, agricolo e naturale

I dati fino ad ora analizzati sono stati comparati con quelli derivanti da uno studio riguardante l'inquinamento dei suoli dei parchi della città di Torino, realizzato da Arpa Piemonte e dal DiVaPRA dell'Università degli Studi di Torino, e per i quali sono stati analizzati gli stessi parametri chimico-fisici.

In tabella 16.6 è riportata la statistica descrittiva comparata con i limiti di legge (secondo il DLgs 152/06 per le aree verdi pubbliche e private) di Cd, Cr, Ni, Pb, Cu e Zn per i suoli urbani della città di Torino.

Il Cr ha media di 233 mg/kg con *range* da 140 a 480 mg/kg; la quasi totalità dei campioni, 97%, risulta superiore ai limiti di legge.

Il Ni ha media di 164 mg/kg, *range* da 91 a 350 mg/kg e il 93% dei campioni superiori al limite di legge.

Il Pb presenta valori medi di 124 mg/kg con valori minimi di 42 e massimi di 490 mg/kg; il 37% dei campioni supera i limiti di legge.

Il contenuto medio in Cu è di 94 mg/kg, con *range* da 33 a 290 mg/kg; il 20% di valori al di sopra dei limiti di legge. Per lo Zn il 53% dei suoli urbani supera i valori di legge, con una media di 170 mg/kg e *range* da 30 a 460 mg/kg.

In **figura 16.4** sono rappresentati le concentrazioni medie (istogrammi) e le deviazioni standard (barre degli errori) di Cd, Cr, Ni, Pb, Cu e Zn degli orizzonti superficiali per i suoli urbani della città di Torino e per suoli superficiali (A) agricoli e naturali del territorio piemontese.

Gli istogrammi evidenziano valori dei metalli di suoli agricoli e naturali nettamente inferiori rispetto a quelli dell'ambiente urbano torinese, in particolare per quanto riguarda Pb, Cu e Zn, a conferma della prevalente origine antropica di questi metalli attribuibile al traffico veicolare e ad altre sorgenti inquinanti tipiche di zone fortemente industrializzate.

Per quanto riguarda Cr e Ni, il divario tra concentrazioni medie dell'ambiente urbano e di quello rurale e naturale è in parte attribuibile alla natura del suolo torinese. Non è comunque da escludere l'apporto antropico di Cr e Ni in relazione all'intensa attività industriale che caratterizza la città.



*L'ambiente urbano è più contaminato, soprattutto da inquinanti organici.*

Dall'ampiezza delle barre degli errori che rappresentano la deviazione standard è inoltre possibile osservare la notevole variabilità che caratterizza i suoli dell'ambiente urbano, rispetto a quelli agricoli e naturali.

**Tabella 16.6 - Statistica descrittiva (media, mediana, deviazione standard, valori minimo e massimo) e limiti di legge ( DLgs 152/06 per le aree verdi pubbliche e private) dei metalli pesanti per i suoli urbani della città di Torino**

	Cd	Cr	Ni	Pb	Cu	Zn
	mg/kg					
Media	1,3	233	164	124	94	170
Mediana	0,8	210	160	84	75	150
Deviazione Standard	1,9	78	46	98.1	58	98
Minimo	0,2	140	91	42	33	30
Massimo	8,1	480	350	490	290	460
Limiti	2	150	120	100	120	150

Fonte: Università degli Studi di Torino, Arpa Piemonte

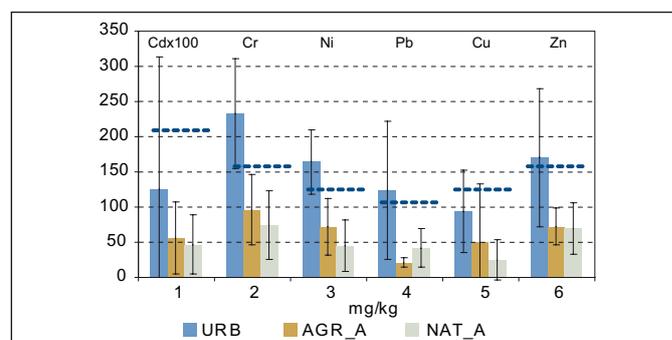
In tabella 16.7 sono riportati media, mediana, deviazione standard, minimo, massimo e limiti di legge (DLgs 152/06 per le aree verdi pubbliche e private) di PCDD/DF, PCB e IPA, per i suoli urbani della città di Torino. I PCDD/DF hanno media di 3,97 ng/kg I-TE con range da 0,16 a 12,6 ng/kg I-TE. I PCB hanno una media di 41 ng/g e range da 4 a 310 ng/g. Gli IPA hanno media di 1.217 ng/g e range con valori minimi di 100 ng/g e massimi di 5.980 ng/g.

In **figura 16.5** sono rappresentati gli istogrammi delle concentrazioni medie e la deviazione standard relativi a PCDD/DF (ng/kg I-TE), PCB (ng/g) e IPA (ng/g). Le linee orizzontali tratteggiate indicano i valori limite di legge (DLgs 152/06 per le aree verdi pubbliche e private). Per la sommatoria dei 16 IPA non è possibile fare riferimento alla normativa italiana che prevede limiti solo per 7 composti (rappresentati in **figura 16.6**).

Anche per gli inquinanti organici, la cui presenza è tipicamente correlata a forme di inquinamento urbano, sono chiaramente visibili differenze di concentrazione con i suoli agricoli e naturali, che risultano particolarmente marcate per gli IPA e PCB.

I valori dei PCDD/DF urbani si discostano meno da quelli dei suoli agricoli e naturali. Questo comportamento è attribuibile all'attitudine delle diossine a rimanere sospese nell'atmosfera per lungo tempo associate al particolato atmosferico o in forma

**Figura 16.4 - Concentrazioni medie (istogrammi) e deviazione standard (barra degli errori) degli orizzonti superficiali (A) dei metalli pesanti, per suoli agricoli e naturali del territorio piemontese e per suoli urbani della città di Torino**



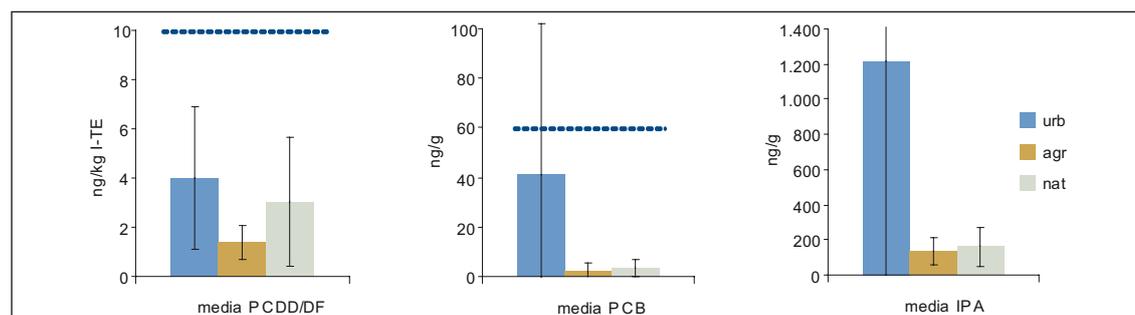
Fonte: Università degli Studi di Torino, Arpa Piemonte

**Tabella 16.7 - Statistica descrittiva e limiti di legge ( DLgs 152/06 per le aree verdi pubbliche e private) degli inquinanti organici per i suoli urbani della città di Torino**

	PCDD/DF ng/kg I-TE	PCB ng/g	IPA ng/g
Media	3,97	41	1.217
Mediana	2,98	22	455
Dev St	2,90	61	1.439
Min	0,16	4	100
Max	12,6	310	5.980
Limiti	10	60	

Fonte: Università degli Studi di Torino, Arpa Piemonte

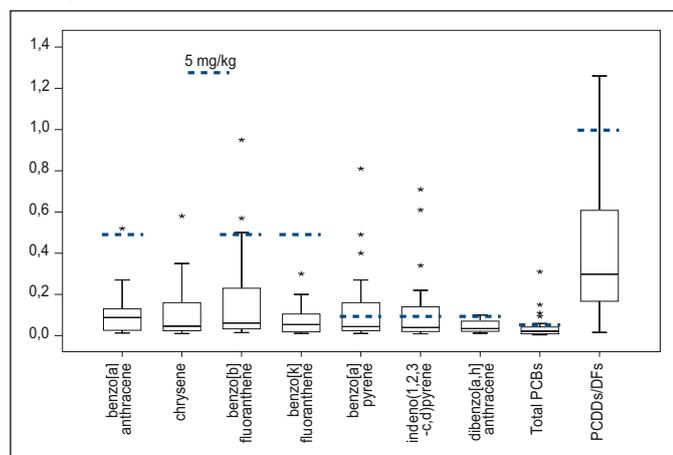
**Figura 16.5 - Concentrazioni medie e deviazione standard delle sommatorie degli inquinanti organici**



Fonte: Università degli Studi di Torino, Arpa Piemonte

Le linee orizzontali tratteggiate indicano i valori limite di legge (DLgs 152/06 per le aree verdi pubbliche e private), per la sommatoria dei 16 IPA non è possibile fare riferimento ai limiti forniti dalla normativa italiana.

**Figura 16.6 - Boxplot di PCDD/DF (ng/kg diviso 10), PCB totali (mg/kg) e degli IPA (mg/kg) per i quali sono stabiliti limiti di legge dal DLgs 152/06, dei suoli urbani della città di Torino**



Fonte: Università degli Studi di Torino, Arpa Piemonte

gassosa e di distribuirsi su ampie porzioni di territorio.

Le linee orizzontali tratteggiate indicano i valori limite di legge (DLgs 152/06 per le aree verdi pubbliche e private). Per la sommatoria dei 16 IPA non è possibile fare riferimento ai limiti forniti dalla normativa italiana. In figura 16.6 sono rappresentati i boxplot relativi a PCB, PCDD e ai 7 IPA per i quali sono previsti limiti di concentrazione dal DLgs 152/06. Per l'interpretazione grafica dei boxplot e il confronto con quelli dell'ambiente agricolo e naturale fare riferimento alla nota 2 del paragrafo sui metalli pesanti.

I limiti di legge per le aree verdi pubbliche e private sono spesso superati in particolare per benzo[a]pirene e Indeno[1,2,3]pirene, la cui origine in ambiente urbano è principalmente attribuibile al traffico veicolare di mezzi catalitici e non catalitici. Numerosi superamenti sono riscontrati anche per PCB e PCDD/DF la cui origine urbana è attribuibile alla combustione incompleta di carburanti, a vari processi industriali e all'incenerimento dei rifiuti.

Mauro Piazzì

Igor Boni

Fabio Petrella

Paolo F. Martalò

IPLA Torino

## 16.2 DATI PEDOLOGICI E CARTOGRAFIA TEMATICA

La conoscenza della "risorsa suolo" è un aspetto assolutamente necessario per attuare politiche di tutela, ma, senza la consapevolezza diffusa della rilevanza del suolo in tutte le attività umane, tale conoscenza non è sufficiente. Per questo motivo le fasi di formazione e di informazione (a tutti i livelli: dai semplici cittadini agli operatori del settore, dagli agricoltori agli industriali, dai costruttori ai politici e in particolare agli amministratori locali) sono centrali e imprescindibili.

Date queste premesse, particolare significato assumono tre progetti di divulgazione delle conoscenze pedologiche che la Regione Piemonte, tramite le attività di Ipla, ha predisposto e realizzato: la pubblicazione della "Carta dei suoli a scala 1:250.000", la pubblicazione dell'Atlante cartografico dei suoli con la raccolta dei dati cartografici a scala 1:50.000, la divulgazione dei dati pedologici sul sito *internet* regionale.

### Carta dei suoli a scala 1:250.000

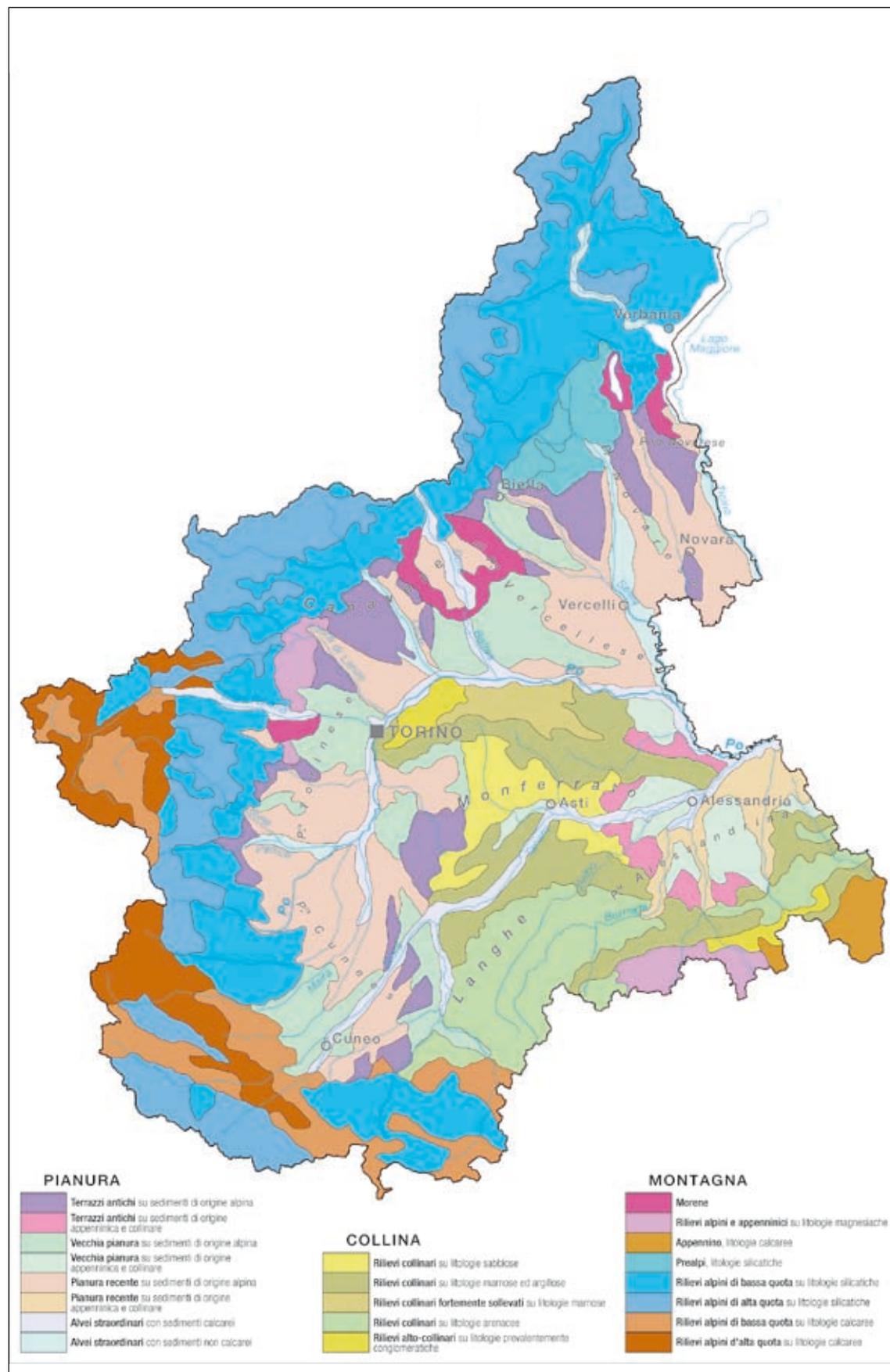
Questo lavoro, che è durato per circa un quinquennio, sintetizza in un unico documento cartografico i dati pedologici rilevati dalla fine degli anni '60. Il progetto si inserisce all'interno di un programma nazionale (la Carta dei suoli d'Italia a scala 1:250.000) del Ministero per l'Agricoltura e le Foreste.

La pubblicazione si compone di tre elementi fondamentali: la cartografia, le note illustrative e il CD contenente le descrizioni dettagliate delle Unità cartografiche e delle tipologie pedologiche. La carta rappresenta un documento di sintesi a livello regionale delle conoscenze sino a qui acquisite e rappresenta, con la differenziazione dei colori e la legenda allegata, i differenti gradi evolutivi dei suoli, corrispondenti ai diversi Ordini della *Soil Taxonomy* per ciascuna delle principali Unità fisiografiche: montagna, collina e pianura.

Le note illustrative sono state strutturate per inquadrare i suoli regionali sotto tutti i loro aspetti: di evoluzione, di rapporto con le attività umane e con gli altri fattori della pedogenesi. Si è scelto di non inserire all'interno della pubblicazione la descrizione di tutte le Unità Cartografiche individuate (oltre 400) e di tutte le Unità Tipologiche in esse contenute (circa 250), per evitare di produrre un'opera sovradimensionata che non sarebbe riuscita a fornire un'immagine d'insieme come quella che una cartografia a scala regionale deve perseguire. Sono invece presenti nella parte conclusiva alcuni esempi di utilizzo dei dati pedologici per la realizzazione di cartografie derivate, di interesse per l'agricoltura e l'ambiente. I suoli descritti nelle note illustrative riguardano le 21 Unità di pedo-paesaggio (altresì definite "Componenti ambientali prevalenti") individuate in Piemonte a scala 1:1.000.000, ciascuna delle quali contiene un numero elevato di Unità Cartografiche della carta a scala 1:250.000. Le descrizioni delle Unità Cartografiche di Suolo (UCS) e delle Unità Tipologiche di Suolo (UTS) sono disponibili sul CD ma sono reperibili anche sul sito *internet* della Regione Piemonte e su questo saranno gradualmente aggiornate ogni volta che ne sarà ravvisata la necessità<sup>5</sup>.

<sup>5</sup>Per richiedere la pubblicazione indirizzare una mail a [boni@ipla.org](mailto:boni@ipla.org).

Figura 16.7 - Componenti Ambientali Prevalenti (pedo-paesaggi) - sintesi della Carta dei suoli a scala 1:250.000



Fonte: Ipla

### Atlante cartografico dei suoli

La pubblicazione di un atlante pedologico riveste numerosi aspetti, tutti di ragguardevole importanza, ma innanzitutto va sottolineato il carattere di novità dell'iniziativa, non solo per il Piemonte per il quale è una 'prima' assoluta, ma anche in un panorama pedologico più vasto.

Infatti, è abbastanza raro trovare una collezione completa di carte pedologiche, che coprano interi areali geografici in modo omogeneo, come regioni o stati.

In particolare l'Atlante Pedologico piemontese offre non solo l'informazione di base, quella cioè relativa ai suoli, ma propone le più importanti cartografie derivate, riguardanti i principali parametri pedologici e le più 'famoso' applicazioni: la Carta di Capacità d'Uso e la Carta di Capacità Protettiva.

Un'altra novità è il formato di stampa che è stato ridotto rispetto all'originale alla scala 1:50.000: la veste tipografica si presenta molto più versatile per la consultazione e la diffusione ad alta tiratura, pur salvaguardando la possibilità di riconoscimento geografico dei temi cartografici.

Inoltre, una versione dell'Atlante nel formato scelto abbassa i costi di produzione, consentendo la sua diffusione a tutti i settori interessati, che comprendono tecnici ed esperti di varia formazione operanti a tutti i livelli, dal locale al regionale.

Il piano dell'opera prevede progressivi aggiornamenti, di cui il principale sarà il completamento della cartografia pedologica delle pianure vercellese e novarese, ma sono allo studio anche altre integrazioni riguardanti aspetti applicativi della cartografia 1:50.000, in ambito agrario (per esempio in tema di attitudine dei suoli alla cerealicoltura e alla tartuficoltura), in ambito forestale (ad esempio l'attitudine dei suoli alla 'short rotation forestry' e alla biomassa ad uso energetico) e in ambito ecologico (ad esempio il potenziale incremento del contenuto di carbonio dei suoli).

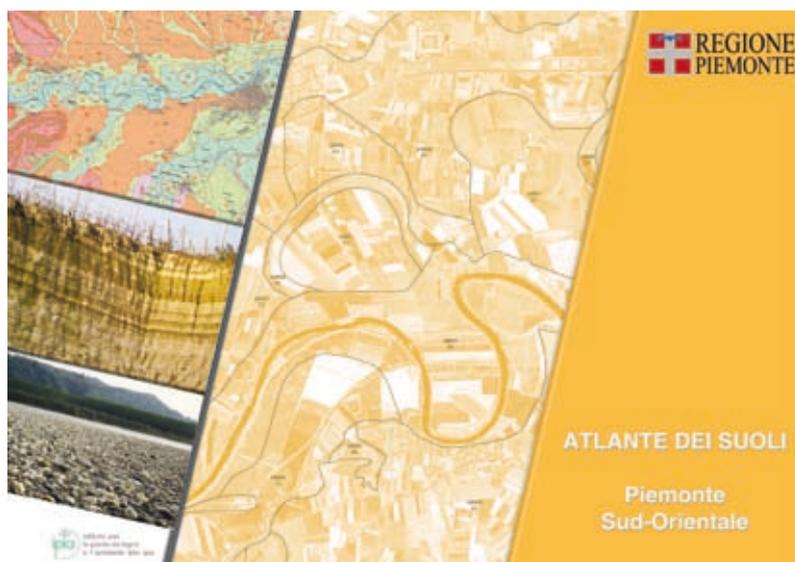
Allo scopo di rendere la consultazione rapida ed efficace, l'Atlante è stato suddiviso in quattro volumi ad anelli che coprono altrettanti settori geografici del Piemonte: nord-orientale, nord-occidentale, sud-orientale e sud-occidentale. A queste quattro zone corrispondono suddivisioni amministrative e limiti geografici dei principali pedotipi piemontesi.

L'Atlante è disponibile per tutti, tecnici e pubblico, e verrà distribuito e messo in vendita entro la fine del 2008. E' accompagnato da una guida all'uso con metodologie, esempi, immagini, tabelle riassuntive e programma di aggiornamento<sup>6</sup>.

Copertina della Carta dei Suoli - scala 1:250.000



Copertina dell'Atlante dei Suoli del Piemonte - scala 1:75.000



<sup>6</sup>Per ulteriori informazioni e per prenotare il volume mandare una mail a: [petrella@ipla.org](mailto:petrella@ipla.org).

Figura 16.8 - Quadro di unione delle quattro sezioni dell'atlante



## I dati pedologici su internet

La Regione Piemonte, ormai da alcuni anni, ha deciso di pubblicare tutti i dati cartografici relativi ai suoli sul proprio sito *internet* al seguente indirizzo: [http://www.regione.piemonte.it/agri/suoli\\_terreni/index.htm](http://www.regione.piemonte.it/agri/suoli_terreni/index.htm).

Su questo sito vengono annualmente aggiornati i dati cartografici relativi ai suoli (a scala 1:50.000 e a scala 1:250.000) e alle cartografie derivate, che comprendono anche due tra i documenti derivati di maggiore importanza: la Carta di capacità d'uso dei suoli e la Carta di capacità protettiva dei suoli nei confronti delle acque profonde. Nella sezione dinamica, dopo aver scelto la scala della carta che si intende interrogare è possibile la consultazione geografica delle carte dei suoli e delle carte derivate, utilizzando tecnologie "Web-GIS", che permettono la consultazione di più livelli informativi contemporaneamente e l'interrogazione di tipo geografico.

Si tratta di un sistema che permette all'utente una consultazione "personalizzata" della cartografia pedologica, sulla base della zona e del tema di interesse. E' pertanto possibile ottenere tutte le informazioni disponibili per una certa area oppure ricercare tutte le zone caratterizzate da specifiche caratteristiche o proprietà del suolo; al termine della selezione, inoltre, si può procedere al *download* delle geometrie in formato *shapefile* e/o accedere alla raccolta delle schede monografiche relative alle Unità Cartografiche e alle Unità Tipologiche di suolo selezionate, scaricabili in formato *.pdf*<sup>7</sup>.

## 16.3 INCENDI BOSCHIVI

Per incendio boschivo si intende un fuoco con suscettibilità ad espandersi su aree boscate, cespugliate o arborate, comprese eventuali strutture e infrastrutture antropizzate poste all'interno delle predette aree oppure su terreni coltivati o incolti e pascoli limitrofi a dette aree.

In Piemonte gli incendi sono per lo più concentrati nella stagione invernale e localizzati nel piano collinare-montano, in relazione ad una concomitanza di fattori predisponenti, quali ridotta persistenza della coltre nevosa legata alla fascia altimetrica, frequenza di periodi con scarse precipitazioni, ricorrenti venti di caduta

<sup>7</sup>Per ulteriori informazioni mandare una mail a: [martalo@ipla.org](mailto:martalo@ipla.org)

Tommaso Niccoli  
Arpa Piemonte

Federico Pelfini  
Regione Piemonte,  
Settore Antincendi  
Boschivi e Rapporti  
con il CFS

nelle vallate alpine, dominanza di tipologie vegetazionali ad elevato potenziale pirologico.

La Legge quadro nazionale sugli incendi boschivi 353/00 assegna alle Regioni tutto quanto riguarda la pianificazione, la prevenzione e la lotta attiva agli incendi boschivi.

In Piemonte la materia incendi è regolata dalla LR 16/94 “Interventi per la protezione dei boschi dagli incendi” e dalla suddetta Legge quadro 353/00 e la Regione fonda la sua azione di contrasto agli incendi boschivi su tre principi:

1. la programmazione, attraverso la redazione e revisione del Piano regionale per la previsione, prevenzione e lotta attiva agli incendi boschivi
2. la definizione di ruoli e competenze attraverso la redazione e revisione delle Procedure operative di intervento
3. la qualificazione del Volontariato.

Il sistema operativo antincendi boschivi del Piemonte è composto attualmente da quattro soggetti: la Regione Piemonte, il Corpo Nazionale dei Vigili del Fuoco, il Corpo Forestale dello Stato operante sul territorio piemontese, il Corpo Volontari AIB del Piemonte.

La Regione Piemonte è dotata di un Piano antincendi valido per il triennio 2003-2006 giunto ora alla revisione attuale per il triennio 2007-2010. Il Piano Regionale è uno strumento di pianificazione di area vasta che, partendo da un'analisi del fenomeno, definisce la ripartizione delle risorse in attività e interventi afferenti alle categorie di previsione, prevenzione e lotta attiva. L'elaborato centrale del piano, sulla cui base viene impostata la fase pianificatoria vera e propria, è l'analisi del rischio di incendio boschivo. L'area minima considerata per le analisi territoriali è il comune. I dati statistici impiegati per descrivere il fenomeno derivano dai rilevamenti effettuati dal Corpo Forestale dello Stato. Le zonizzazioni di piano sono basate sulle Aree di base, ossia ambiti territoriali rispondenti a requisiti di omogeneità ambientale, socioeconomica e amministrativa, nonché riferimenti decentrati per l'organizzazione dei servizi di estinzione.

Un nodo cruciale per la riduzione delle superfici percorse dal fuoco è rappresentato dall'individuazione di quelle condizioni meteorologiche che predispongono il verificarsi degli incendi. La Regione ha individuato

un sistema di previsione del pericolo basato sull'utilizzo dell'indice canadese FWI (*Fire Weather Index*), adattato alla realtà del proprio territorio. Sono state stipulate due convenzioni con Ipla e Arpa con l'obiettivo di realizzare uno strumento informativo rivolto agli operatori del settore, per la previsione e la valutazione del pericolo su tutto il territorio regionale.

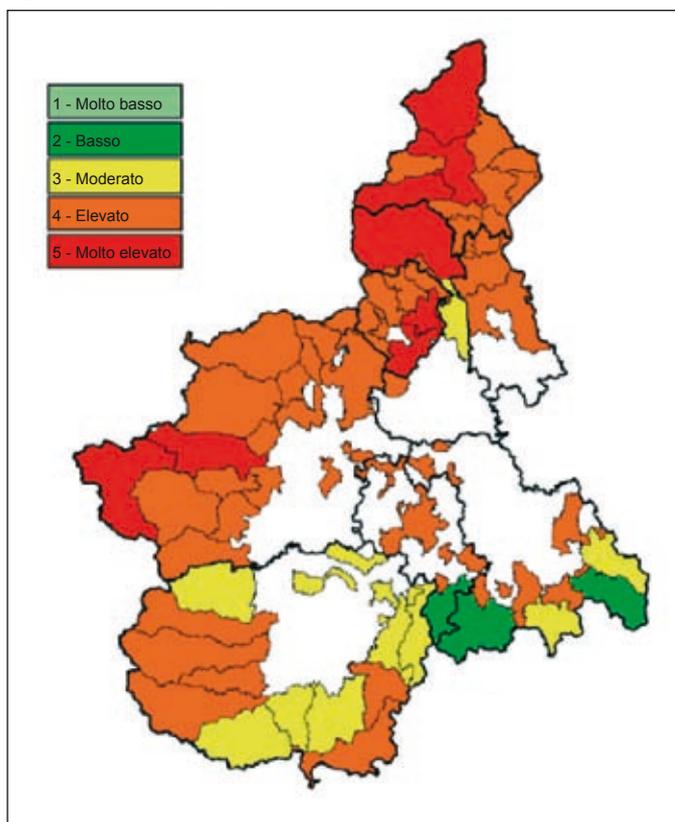
Il Centro funzionale Arpa gestisce già i sistemi di previsione dei rischi naturali, finalizzati alla prevenzione e alla ottimizzazione degli interventi. Ad essi si aggiunge oggi il rischio incendi boschivi. Gli operatori, istituzionali e volontari, del sistema Antincendi Boschivi (AIB) piemontese usufruiscono di un bollettino giornaliero di valutazione quotidiana e dalla fine del 2008 sarà disponibile la previsione del pericolo sui 3 giorni successivi.

Al fine dell'applicazione operativa dell'indice di pericolo vengono individuati 5 livelli di pericolo di incendio boschivo.

A partire dal livello più basso a quello più alto aumenta la facilità di propagazione dell'incendio a seguito di innesco e risulta sempre più problematica l'estinzione. Una apposita procedura, in fase di elaborazione, individua i livelli di allerta in funzione del pericolo e stabilisce le misure da adottare (attivazione del pattugliamento, divieto di accensione dei fuochi, ecc.).

I dati relativi agli incendi occorsi negli anni 2005-2007 possono essere confrontati con i valori medi ottenuti analizzando la serie

**Figura 16.9 - Livelli di pericolo di incendio boschivo**



Fonte: Arpa Piemonte, Regione Piemonte

storica 1997-2005 da cui risulta una media di 387 incendi con una superficie totale media annua di territorio percorso dal fuoco di 3.710 ha per una media ad incendio di quasi 10 ha. Dalla lettura del Piano si evidenziano 1.927 ettari di superfici boscate percorse dal fuoco delle 3.710 totali.

Nel corso del 2005 gli eventi occorsi sono stati 293 con una riduzione di circa il 30% rispetto alla media storica, con una ulteriore diminuzione nel 2006 con 280 incendi, mentre nel 2007 sono stati registrati 393 incendi. Le cause di innesco degli incendi, secondo le rilevazioni eseguite dal CFS, hanno natura colposa e dolosa, con ridotta incidenza delle cause naturali.

**Tabella 16.8 - Superficie media percorsa per incendio, superficie totale percorsa, numero incendi - anni 1997-2007**

	Serie storica 1997-2005	Anno 2005	Anno 2006	Anno 2007
Incendi - numero	387	293	280	393
Superficie totale percorsa - ettari (ha)	3.710	2.011	1.137	3.640
Superficie media percorsa per incendio - ettari (ha)	9,58	6,9	4,1	9,26

Fonte: Corpo Forestale dello Stato - Comando Regionale del Piemonte. Elaborazione Regione Piemonte - Settore Antincendi boschivi

Analizzando i dati a livello provinciale, risulta sempre la provincia di Torino quella con il maggior numero di incendi e la maggior superficie percorsa dal fuoco con, nel 2005, 88 incendi e una superficie percorsa di quasi 800 ettari equamente ripartiti tra superfici boscate e non boscate, nel 2006, 91 incendi e 400 ettari di superficie e nel 2007 108 incendi e 1.510 ettari di superficie percorsa dal fuoco.

**Tabella 16.9 - Numero di incendi, Superficie boscata, Superficie non boscata e Superficie totale bruciata - anni 2005-2007**

	Incendi numero			Superficie boscata ha			Superficie non boscata ha			Superficie totale ha		
	2005	2006	2007	2005	2006	2007	2005	2006	2007	2005	2006	2007
AL	22	40	42	133	44	37	50	28	25	183	72	62
AT	13	18	14	4	10	10	4	6	8	8	16	18
BI	39	30	67	44	51	310	257	143	292	301	194	602
CN	44	34	87	169	128	277	48	17	302	217	145	579
NO	36	34	35	77	210	65	14	20	0	91	230	65
TO	88	91	108	469	300	820	318	104	690	787	404	1.510
VB	29	25	28	266	50	584	12	15	179	278	65	763
VC	22	8	12	30	4	35	116	6	5	146	10	40
Piemonte	293	280	393	1.192	797	2.138	819	339	1.501	2.011	1.136	3.639

Fonte: Corpo Forestale dello Stato - Comando Regionale del Piemonte. Elaborazione Regione Piemonte - Settore Antincendi boschivi



I mesi maggiormente interessati da incendi sono febbraio e marzo, nei quali ricade oltre la metà degli incendi e della superficie percorsa annua; si evidenzia comunque negli ultimi anni una crescente frequenza di incendi estivi (luglio-agosto in particolare).

La tabella 16.10 riporta le frequenze medie mensili nella serie storica 1997-2005 e negli anni 2006 e 2007.

**Tabella 16.10 - Frequenze mensili del numero degli incendi - anni 1997-2007**

Mesi	Frequenza media mensile serie storica 1997-2005	Numero mensile incendi 2006	Numero mensile incendi 2007
Gennaio	24,8	13	59
Febbraio	81,2	7	27
Marzo	128,4	47	111
Aprile	51,4	42	31
Maggio	6,4	7	8
Giugno	5,0	26	4
Luglio	15,2	59	57
Agosto	24,6	35	24
Settembre	11,3	10	9
Ottobre	6,0	4	3
Novembre	13,9	24	52
Dicembre	19,0	6	8

Fonte: Corpo Forestale dello Stato - Comando Regionale del Piemonte. Elaborazione Regione Piemonte - Settore Antincendi boschivi

La tabella 16.11 riporta le frequenze medie mensili di superficie bruciata boscata e non boscata per il periodo 1997-2005 e le superfici totali boscate e non boscate bruciate negli anni 2006 e 2007.

**Tabella 16.11 - Frequenze medie mensili di superfici boscate e non boscate bruciate - anni 1997-2007**

	Superfici Medie Mensili serie storica 1997-2005		Superfici Mensili anno 2006		Superfici Mensili anno 2007	
	Superficie non boscata-ha	Superficie boscata-ha	Superficie non boscata-ha	Superficie boscata-ha	Superficie non boscata-ha	Superficie boscata-ha
Gennaio	127,5	84,4	7,5	9,7	570,6	659,2
Febbraio	464,3	500,7	1,2	3,4	138,2	138,2
Marzo	738,1	691,9	98,1	235,5	369,4	523,5
Aprile	159,2	258,3	87,3	107,3	63,0	263,9
Maggio	3,8	9,3	15,8	1,9	0,1	2,9
Giugno	7,5	16,7	10,2	28,1	0,0	1,7
Luglio	6,4	25,2	51,9	70,6	34,7	59,4
Agosto	69	243,6	8,4	16,1	2,3	14,7
Settembre	5,4	7,0	0,3	13,3	19,6	3,9
Ottobre	14,7	11,7	0,0	0,8	58,8	169,0
Novembre	30,2	33,3	40,0	298,5	224,5	296,7
Dicembre	156,7	44,5	17,78	43,2	19,3	5,9

Fonte: Corpo Forestale dello Stato - Comando Regionale del Piemonte. Elaborazione Regione Piemonte - Settore Antincendi boschivi

## Bibliografia

ABOLLINO, O., ACETO, M., MALANDRINO, M., MENTASTI, E., SARZANINI, C., PETRELLA, F., 2002. *Heavy Metals in Agricultural Soils From Piedmont, Italy. Distribution, Speciation and Chemometric Data Treatment*. Chemosphere, 49(6): 545-557.

BACKE, C., COUSINS, I.T., AND LARSSON, P., 2004. *Pcb in Soils and Estimated Soil-Air Exchange Fluxes of Selected Pcb Congeners in the South of Sweden*. Environmental Pollution, 128(1-2): 59-72.

BIASIOLI, M., AJMONE-MARSAN, F., 2007. *Organic and Inorganic Diffuse Contamination in Urban Soils: the Case of Torino (Italy)*. Journal of Environmental Monitoring, 9(8): 862-868.

- BIASIOLI, M., BARBERIS, R., AJMONE-MARSAN, F., 2006. *The Influence of a Large City on Some Soil Properties and Metals Content*. Science of the Total Environment, 356(1-3): 154-164.
- BIASIOLI, M., GRICMAN, H., KRALJ, T., MADRID, F., DIAZ-BARRIENTOS, E., AJMONE-MARSAN, E., 2007. *Potentially Toxic Elements Contamination in Urban Soils: a Comparison of Three European Cities*. Journal of Environmental Quality, 36(1): 70-79.
- COUSINS, I.T., BECK, A.J., JONES, K.C., 1999. *A Review of the Processes Involved in the Exchange of Semi-Volatile Organic Compounds (Svoc) Across the Air-Soil Interface*. Science of the Total Environment, 228(1): 5-24.
- COUSINS, I.T., JONES, K.C., 1998. *Air-Soil Exchange of Semi-Volatile Organic Compounds (Socs) in the Uk*. Environmental Pollution, 102(1): 105-118.
- DOICK, K.J., KLINGELMANN, E., BURAUDEL, P., JONES, K.C., SEMPLE, K.T., 2005. *Long-Term Fate of Polychlorinated Biphenyls and Polycyclic Aromatic Hydrocarbons in an Agricultural Soil*. Environmental Science & Technology, 39(10): 3663-3670.
- FACCHINELLI, A., SACCHI, E., MALLEEN, L., 2001. *Multivariate Statistical and Gis-Based Approach to Identify Heavy Metal Sources in Soils*. Environmental Pollution, 114(3): 313-324.
- KATSOYIANNIS, A., SAMARA, C., 2004. *Persistent Organic Pollutants (Pops) in the Sewage Treatment Plant of Thessaloniki, Northern Greece: Occurrence and Removal*. Water Research, 38(11): 2685-2698.
- LOPEZ-MOSQUERA, M.E., BARROS, R., SAINZ, M.J., CARRAL, E., SEOANE, S., 2005. *Metal Concentrations in Agricultural and Forestry Soils in Northwest Spain: Implications for Disposal of Organic Wastes on Acid Soils*. Soil Use and Management, 21(3): 298-305.
- MANTA, D.S., ANGELONE, M., BELLANCA, A., NERI, R., SPROVIERI, M., 2002. *Heavy Metals in Urban Soils: a Case Study From the City of Palermo (Sicily), Italy*. Science of the Total Environment, 300(1-3): 229-243.
- MARTIN, J.A.R., ARIAS, M.L., CORBI, J.M.G., 2006. *Heavy Metals Contents in Agricultural Topsoils in the Ebro Basin (Spain). Application of the Multivariate Geo-statistical Methods to Study Spatial Variations*. Environmental Pollution, 144(3): 1001-1012.
- MASIH, A., TANEJA, A., 2006. *Polycyclic Aromatic Hydrocarbons (Pahs) Concentrations and Related Carcinogenic Potencies in Soil at a Semi-Arid Region of India*. Chemosphere, 65(3): 449-456.
- MICO, C., RECATALA, L., PERIS, A., SANCHEZ, J., 2006. *Assessing Heavy Metal Sources in Agricultural Soils of an European Mediterranean Area by Multivariate Analysis*. Chemosphere, 65(5): 863-872.
- MOTELAY-MASSEI, A., OLLIVON, D., GARBAN, B., TEIL, M.J., BLANCHARD, M., CHEVREUIL, M., 2004. *Distribution and Spatial Trends of Pahs and Pcb's in Soils in the Seine River Basin, France*. Chemosphere, 55(4): 555-565.
- NICHOLSON, F.A., SMITH, S.R., ALLOWAY, B.J., CARLTON-SMITH, C., CHAMBERS, B.J., 2003. *An Inventory of Heavy Metals Inputs to Agricultural Soils in England and Wales*. Science of the Total Environment, 311(1-3): 205-219.
- NICHOLSON, F.A., SMITH, S.R., ALLOWAY, B.J., CARLTON-SMITH, C., CHAMBERS, B.J., 2006. *Quantifying Heavy Metal Inputs to Agricultural Soils in England and Wales*. Water and Environment Journal, 20(2): 87-95.
- REGIONE PIEMONTE Settore Antincendi Boschivi e Rapporti con il Corpo Forestale dello Stato, 2008. *Piano Regionale per la programmazione delle attività di previsione, prevenzione e lotta attiva contro gli incendi boschivi 2007-2010*. Sito <http://www.regione.piemonte.it/montagna/incendi/home.htm>
- SHI, J.C., WANG, H.Z., XU, J.M., WU, J.J., LIU, X.M., ZHU, H.P., YU, C.L., 2007. *Spatial Distribution of Heavy Metals in Soils: a Case Study of Changxing, China*. Environmental Geology, 52(1): 1-10.
- TREMOLADA, P., VILLA, S., BAZZARIN, P., BIZZOTTO, E., COMOLLI, R., VIGHI, M., 2008. *Pops in Mountain Soils From the Alps and Andes: Suggestions for a 'precipitation Effect' on Altitudinal Gradients*. Water Air and Soil Pollution, 188(1-4): 93-109.
- WEISS, P., LORBEER, G., SCHARF, S., 2000. *Regional Aspects and Statistical Characterisation of the Load With Semivolatile Organic Compounds at Remote Austrian Forest Sites*. Chemosphere, 40(9-11): 1159-1171.