

Indice

Introduzione	IX
CAPITOLO 1	Il suolo
1.1 Introduzione	1
1.2 Il suolo	1
1.3 La componente minerale	4
1.3.1 I minerali argillosi	4
■ Box 1.1 Sostituzioni isomorfe	5
1.3.2 Gli ossidi di ferro	6
1.4 La componente organica	6
1.5 Proprietà chimiche del suolo	8
1.5.1 pH del suolo	8
1.5.2 Il potenziale di ossido-riduzione	9
■ Box 1.2 Reazioni di ossidoriduzione	9
1.5.3 Scambio e adsorbimento ionico	10
1.6 Proprietà fisiche del suolo	12
1.6.1 Densità reale e densità apparente	12
1.6.2 Porosità	12
1.6.3 Tessitura	12
1.6.4 La superficie specifica	13
1.6.5 La struttura	13
■ Letture consigliate	14
CAPITOLO 2	Elementi potenzialmente tossici
2.1 Definizioni e nomenclatura	15
2.2 Contaminazione da EPT nel suolo: fonti di contaminazione naturali e antropiche, diffuse e puntuali	15
2.2.1 Fonti naturali	16
■ Box 2.1 Disponibilità e biodisponibilità	16
2.2.2 Fonti antropiche	16
■ Box 2.2 Esempi di possibili contaminazioni da EPT associate a differenti attività industriali	18
2.3 I principali elementi potenzialmente tossici nel suolo	18
2.3.1 Antimonio	18
2.3.2 Argento	18
2.3.3 Arsenico	21
2.3.4 Cadmio	22
2.3.5 Cromo	22
2.3.6 Mercurio	23
2.3.7 Nichel	24
2.3.8 Palladio	25
2.3.9 Piombo	26
2.3.10 Platino	26
2.3.11 Rame	27
2.3.12 Selenio	27
2.3.13 Tallio	28
2.3.14 Zinco	28

2.4	Ciclo biogeochimico degli elementi potenzialmente tossici nel sistema suolo	29
2.4.1	Solubilità e mobilità degli EPT nel suolo	29
2.4.2	Reazioni di precipitazione/dissoluzione	29
■ Box 2.3	Diagrammi pH-Eh	30
2.4.3	Processi di ossidazione e riduzione	30
2.4.4	Scambio ionico e reazioni di adsorbimento/desorbimento	31
2.4.5	Complessazione	31
■ Box 2.4	Adsorbimento specifico e non specifico	32
2.4.6	Trasformazione biologica	32
■ Box 2.5	Classificazione acidi-basi di Lewis, interazioni Hard-Soft	33
2.5	Elementi potenzialmente tossici nelle piante	33
2.5.1	EPT essenziali e/o fitotossici	33
■ Box 2.6	Funzioni biochimiche svolte dagli EPT all'interno della cellula vegetale	34
2.5.2	Assorbimento degli EPT	34
2.5.3	Traslocazione	35
2.5.4	Tossicità e tolleranza	35
■ Box 2.7	Principali effetti fitotossici espliciti dagli EPT	35
■	Lettere consigliate	36

CAPITOLO 3 Agrofarmaci







3.1	Introduzione	37
3.2	Gli agrofarmaci nel suolo	38
3.3	Il comportamento degli agrofarmaci nell'ambiente	39
3.4	La normativa sugli agrofarmaci e i dati di vendita	41
■ Box 3.1	Registrazione e revisione degli agrofarmaci	42
3.5	Classificazione ed etichettatura degli agrofarmaci	44
3.6	Uso sostenibile degli agrofarmaci	45
3.7	Road map del Green Deal europeo	46
■ Box 3.2	Biosoluzioni per l'agricoltura	47
■	Lettere consigliate	48

CAPITOLO 4 Idrocarburi e idrocarburi policiclici aromatici

4.1	Introduzione	49
4.2	Classificazione	50
4.3	Gli IPA come contaminanti ambientali	52
4.4	Idrocarburi e IPA nei suoli italiani, livelli di contaminazione	52
4.5	Modello di mobilità degli idrocarburi e degli IPA nei suoli (effetto di pH, sostanza organica, tessitura)	53
📱	APPROFONDIMENTO 4.1 La reattività e la mobilità degli idrocarburi e degli idrocarburi policiclici aromatici	51
📱	APPROFONDIMENTO 4.2 Dove troviamo gli idrocarburi?	54
■	Lettere consigliate	54

CAPITOLO 5 Contaminanti organici persistenti

5.1	Gli inquinanti organici persistenti	55
5.1.1	Diossine e Furani	55
5.1.2	Policlorobifenili	56
5.2	Valutazione dell'esposizione alle diossine, furani e policlorobifenili	56

5.3	Fonti di contaminazione ambientale	58
5.3.1	Contaminazione ambientale da diossine e furani	58
5.3.2	Contaminazione ambientale da policlorobifenili	60
5.3.3	Origine della contaminazione da PCDD, PCDF, e PCB nel suolo agricolo	61
5.4	Quadro normativo nazionale	63
5.5	Regolamentazione internazionale	64
	APPROFONDIMENTO 5.1 Presenza delle diossine, dei furani e dei policlorobifenili nei suoli italiani	64
<hr/>		
■	Lectture consigliate	65
<hr/>		
CAPITOLO 6 I radionuclidi nel suolo		
6.1	Unità di misura della radioattività	68
6.2	Il decadimento radioattivo	68
■	Box 6.1 Quantità di radiazioni	69
■	Box 6.2 Letà della terra	69
6.3	Radioattività naturale e artificiale	70
6.4	Radioattività e sistemi ambientali	72
6.5	Radionuclidi nei suoli	73
6.6	Assorbimento radicale. Fattori di trasferimento	74
<hr/>		
■	Lectture consigliate	76
<hr/>		
CAPITOLO 7 Inquinanti emergenti		
7.1	Antibiotici	78
7.2	Micro- e nanoplastiche	80
■	Box 7.1 Origine ed evoluzione	81
7.3	PFAS	84
■	Box 7.2 PFAS a catena corta e TFA	87
7.4	E-waste	90
<hr/>		
■	Lectture consigliate	93
<hr/>		
CAPITOLO 8 Monitoraggio e biomonitoraggio ambientale e umano		
8.1	Il monitoraggio ambientale	95
8.2	Strategie di monitoraggio e matrici ambientali	95
8.3	Tecniche di campionamento e preparazione del campione	96
8.4	Tecniche analitiche: panoramica funzionale	97
8.5	Biomonitoraggio ambientale	97
8.6	Ecotossicologia del suolo e test ecotossicologici	98
■	Box 8.1 L'ecotossicologia del suolo come disciplina	99
8.7	Il biomonitoraggio umano: esposizione integrata e tutela della salute	99
	APPROFONDIMENTO 8.1 Tipologie o schemi di campionamento del suolo	97
	APPROFONDIMENTO 8.2 Tecniche per l'analisi di elementi inorganici	97
	APPROFONDIMENTO 8.3 Tecniche cromatografiche per la determinazione di contaminanti organici	98
	APPROFONDIMENTO 8.4 Test ecotossicologici e indicatori biologici del suolo	99
	APPROFONDIMENTO 8.5 Biomonitoraggio umano: matrici, contaminanti e tecniche analitiche	100
<hr/>		
■	Lectture consigliate	100
■	Glossario degli acronimi	101

CAPITOLO 9 Biodisponibilità: concetto e applicazione al sistema

9.1	La biodisponibilità	103
9.2	La determinazione della biodisponibilità	103
9.3	Speciazione e trasporto di inquinanti nel suolo	104
9.3.1	Elementi potenzialmente tossici (EPT)	104
9.3.2	Caratteristiche delle fasi solide del suolo	105
9.3.3	Ripartizione del contaminante in frazioni basate sulla solubilità	106
9.3.4	Meccanismi di trasporto verso la pianta	107
9.3.5	Trasporto verso le acque: lisciviazione e runoff	107
9.4	Metodologie standard e riferimenti normativi	108
9.4.1	Metodologie per la determinazione della biodisponibilità di elementi potenzialmente tossici	108
9.4.2	Relazioni tra concentrazione totale e biodisponibilità	111
9.5	Bioaccessibilità degli elementi potenzialmente tossici nel suolo: metodi di analisi e significato	112
9.5.1	Principali test di bioaccessibilità per ingestione	113
9.5.2	Principali test di bioaccessibilità per inalazione	113
9.5.3	Principali test di bioaccessibilità per contatto dermico	115
9.6	Biodisponibilità e bioaccessibilità degli inquinanti organici nel suolo	115
■	Lecture consigliate	116



CAPITOLO 10 L'analisi di rischio applicata ai suoli

10.1	Introduzione	117
10.2	Valutazione del rischio sanitario-ambientale	118
10.3	Piano di caratterizzazione e modello concettuale di un sito	119
10.4	Modello concettuale definitivo di un sito: modalità diretta di analisi del rischio e modalità indiretta	120
10.5	Approccio multilivello <i>Risk- Based Corrective action</i>	121
10.6	Nuovi approcci per la valutazione del rischio sanitario-ambientale	122
■	Box 10.1 Alcune pagine del software Risk-net	123
10.7	Analisi di rischio in aree agricole	124
10.7.1	Campo di applicazione del DM 46/2019	125
■	Lecture consigliate	128

CAPITOLO 11 Bonifica di suoli contaminati

11.1	Classificazione degli interventi di bonifica e messa in sicurezza di suoli contaminati	129
11.1.1	I trattamenti fisici	129
11.1.2	I trattamenti chimici	132
11.1.3	I trattamenti termici	133
11.1.4	Treatments biologici o di biorisanamento	135
11.1.5	Treatments di stabilizzazione	142
■	Box 11.1 Le bonifiche in Italia	144
11.2	Fattibilità e sostenibilità degli interventi di risanamento	145
■	Box 11.2 Tecnologie di bonifica: criteri di selezione	145
11.3	Gestione del sito post-trattamento (valutazione e monitoraggio a lungo termine dell'efficacia dell'intervento)	146
■	Lecture consigliate	146

CAPITOLO 12 Normativa ambientale di riferimento

12.1	La protezione del suolo nella legislazione europea	147
12.1.1	Fattori di degradazione del suolo e relativi aspetti normativi	148
12.1.2	Altre cause di degrado del suolo e relativi aspetti normativi	149
12.1.3	Dalle normative comunitarie alla EU Thematic Strategy for Soil Protection	151
12.1.4	Attuale normativa e politica Europea per la protezione del suolo	152
12.1.5	Il suolo nel Green Deal europeo	153
12.2	Normativa Italiana sulla protezione del suolo	153
12.2.1	La contaminazione del suolo nel contesto normativo italiano	154
12.2.2	La protezione del suolo nella formulazione del reato di inquinamento ambientale	155
12.3	Confronto fra normativa italiana e comunitaria	159
12.4	Considerazioni conclusive	160
	APPROFONDIMENTO 12.1 Contaminazione del suolo e normativa	154
	APPROFONDIMENTO 12.2 Politica Agricola Comunitaria (PAC) e tecniche analitiche	155
■	Letture consigliate	161