

L' ambiente in Europa:
Seconda valutazione

Degrado del suolo (Capitolo 11)

European Environment Agency



11. Degrado del suolo

Conclusioni

Nell'Europa occidentale sono stati individuati oltre 300 000 siti potenzialmente contaminati, ma si calcola che complessivamente, in tutto il continente europeo, siano molti di più.

Benché il programma ambientale per l'Europa prevedesse l'individuazione dei siti contaminati, per molti paesi non è ancora disponibile un quadro completo. L'entità del fenomeno è di difficile valutazione per la mancanza di definizioni univoche dei dati. La Commissione europea sta preparando un libro bianco sulla responsabilità ambientale; gli interventi successivi potrebbero richiedere definizioni concertate. Per la maggior parte, i paesi dell'Europa occidentale hanno adottato quadri normativi volti a prevenire futuri incidenti e ad attuare misure di risanamento delle contaminazioni esistenti.

Nell'Europa orientale, il rischio più grave è rappresentato dalla contaminazione del suolo attorno alle basi militari abbandonate. La maggioranza dei paesi della regione hanno cominciato a valutare i problemi connessi con la situazione. In molti PECO e NSI, tuttavia, non è ancora stato approntato il quadro legislativo e finanziario necessario per la gestione dei siti contaminati.

Un altro grave problema è rappresentato dalla impermeabilizzazione del suolo dovuta alla cementificazione, ad esempio costruzioni quali impianti industriali e infrastrutture di trasporto, che riducono le possibilità di utilizzo del suolo per le future generazioni.

L'erosione del suolo è in aumento. Circa 115 milioni di ettari sono soggetti ad erosione idrica e 42 milioni di ettari ad erosione eolica. Il problema è maggiormente sentito nella regione mediterranea, a causa della fragilità delle condizioni ambientali locali, ma interessa anche la maggior parte degli altri paesi europei. L'erosione del suolo è aggravata dall'abbandono dei terreni e dagli incendi nei boschi, in particolare nelle aree marginali. In molte regioni mancano strategie specifiche, come il rimboschimento, per combattere l'accelerazione del fenomeno dell'erosione.

La salinizzazione riguarda una superficie di quasi 4 milioni di ettari, principalmente nei paesi mediterranei e nell'Europa orientale. Il fenomeno è dovuto soprattutto a fattori quali lo sfruttamento eccessivo delle risorse idriche per l'irrigazione nel settore agricolo, l'incremento demografico, lo sviluppo industriale e urbano e l'espansione del turismo nelle regioni costiere. Le principali conseguenze nelle aree coltivate sono la diminuzione delle rese agricole e persino la perdita completa dei raccolti. In molti paesi mancano strategie per combattere la salinizzazione del suolo.

L'erosione e la salinizzazione del suolo hanno determinato un aumento del rischio di desertificazione nelle aree più vulnerabili, soprattutto nella regione mediterranea. I dati attualmente disponibili sulla gravità e sull'estensione della desertificazione sono limitati. E' necessario impegnarsi ulteriormente per mettere a punto strategie di prevenzione, eventualmente nel quadro della convenzione delle Nazioni Unite sulla lotta alla desertificazione.

11.1. Introduzione

In Europa, come in molte altre parti del mondo, attività umane quali l'agricoltura, l'urbanizzazione e il turismo stanno determinando un progressivo degrado del suolo.

In linea di principio, il suolo è una risorsa rinnovabile, ma i processi naturali di formazione del suolo sono molto lenti. Il completo risanamento dei danni causati dall'eccessivo sfruttamento o da altre forme di pressione può richiedere migliaia di anni.

Benché in generale i problemi di degrado del suolo in Europa siano meno gravi che in altre zone del mondo, fenomeni quali la contaminazione localizzata del terreno, la salinizzazione, la compattazione, l'erosione idrica ed eolica interessano vaste zone del continente.

Un esempio della rapidità della perdita irreversibile di suolo in Europa è la scomparsa di terreno potenzialmente produttivo dovuta allo sviluppo urbano degli anni Settanta, ad un ritmo

di circa 120 ettari al giorno in Germania, 35 ettari al giorno in Austria e 10 ettari al giorno in Svizzera (Van Lynden, 1995).

Nell'Europa occidentale sono stati individuati oltre 300 000 siti potenzialmente contaminati. L'aumento delle concentrazioni saline e dell'alcalinità interessa quasi 4 milioni di ettari di terreno, soprattutto nei paesi del Mediterraneo e dell'Europa orientale. In Europa, una superficie di circa 115 milioni di ettari è minacciata dall'erosione idrica e una superficie di 42 milioni di ettari è esposta all'erosione eolica. Il fenomeno della desertificazione riguarda in particolare la regione del Mediterraneo, a causa delle fragili condizioni ambientali locali.

11.2. Siti contaminati

L'enorme incremento della produzione di rifiuti e l'utilizzo diffuso di sostanze chimiche nel corso degli ultimi 40 anni sono la causa di una serie di problemi di degrado del suolo. Le principali fonti di contaminazione del suolo sono le seguenti:

- utilizzo di discariche inadeguate o abusive;
- gestione impropria di sostanze pericolose (ad esempio perdite, stoccaggio inadeguato);
- abbandono di siti industriali, militari e minerari;
- incidenti.

Nel riquadro 11.1 vengono riportati alcuni esempi di impatto ambientale di siti contaminati.

11.2.1. Dimensione del problema

I dati sui siti contaminati in diversi paesi europei sono eterogenei e non è possibile raggrupparli secondo uno schema affidabile e coerente. In alcuni paesi dell'UE, non è neppure possibile disporre di dati nazionali, poiché il coordinamento è limitato al livello regionale (ad esempio in Germania e in Belgio). In assenza di definizioni univoche dei siti contaminati a livello europeo, è difficile valutare la portata complessiva del problema della contaminazione del suolo. Poiché l'UE sta considerando l'ipotesi di contribuire al sostegno delle operazioni di bonifica, diventa urgente la concertazione di definizioni comuni.

La tabella 11.1 illustra la dimensione del problema, indicando il numero di siti sicuramente e potenzialmente contaminati in 14 paesi dell'Europa occidentale e quattro PECO.

Riquadro 11.1: Impatto dei siti contaminati: alcuni casi europei

Austria: nel 1993, è stato riscontrato che un impianto tradizionale di lavorazione e riciclaggio di metalli nella provincia della Carinzia presentava forti rischi per la salute pubblica e l'ambiente, per cui era necessario prendere provvedimenti immediati. L'impianto lavorava e gestiva sostanze pericolose da oltre 100 anni. L'attività si svolgeva in una serie di ampi forni e siti di stoccaggio dei rifiuti. I principali impatti negativi comprendevano l'elevata concentrazione di metalli pesanti nelle acque sotterranee, dovuta all'inadeguatezza del procedimento di smaltimento dei rifiuti, e l'ingestione di particelle di metalli pesanti provenienti da discariche non protette. L'operazione di bonifica è cominciata nel 1995 e durerà fino al 2002, per un costo di circa 37 milioni di ECU (UBA, 1997).

Estonia: presso l'ex base marina sovietica di Paldiski, un centro di addestramento per sottomarini e una fabbrica di mine subacquee sono solo due esempi di una serie di importanti fonti di grave contaminazione. Nel bacino del porto è stata individuata una grande varietà di rifiuti e di relitti e i sedimenti presentano livelli elevati di contaminazione radioattiva. La zona del porto è fortemente inquinata da diversi tipi di materiali accumulati, in particolare combustibili, sostanze chimiche e mine. Il centro di addestramento per sottomarini, che comprende due reattori nucleari, un locale caldaie e un impianto di trattamento delle acque reflue, pone il problema specifico della contaminazione nucleare. Il costo delle misure ad hoc

necessarie per la sola rimozione dei reattori nucleari è stato stimato tra 55 milioni e 90 milioni di ECU (UBA Berlino, 1997).

Finlandia: nel 1987 a Järvela, in Finlandia, si sono riscontrate alte concentrazioni (70-140 µg/l) di clorofenoli nell'acqua di rubinetto. Successivamente, concentrazioni di clorofenolo tra 56 e 190 µg/l sono state trovate nella falda profonda, tra il pozzo e una segheria che produceva compensato, cartone per scatole e legname. Dagli anni Quaranta, e fino al 1984, era stato utilizzato tetraclorofenolo come principale sostanza attiva per inibire la crescita di un parassita, la *Ceratostomella*, nel legname. La contaminazione delle acque sotterranee ha colpito anche un lago nelle vicinanze. Tra le persone che avevano consumato pesce del lago è stato riscontrato un tasso elevato di rischio di contrarre il linfoma non-Hodgkin. (Lampi P., *et al*, 1992).

Norvegia: nel 1993, e negli anni successivi, in una superficie di circa 600 000 m² di sedimenti in prossimità della stazione navale Hokonsvern a Bergen si sono riscontrate elevate concentrazioni di PCB, PAH e metalli pesanti (mercurio, piombo, rame e zinco). Poiché livelli elevati di PCB sono stati riscontrati anche nel pesce e nei granchi, è stata emessa la raccomandazione di evitare il consumo di pesce e crostacei della zona. La bonifica prevede il dimezzamento dei livelli di contaminazione nell'area interessata entro il 1998. Le restrizioni al consumo di pesce saranno mantenute per altri 10 anni a partire dal 1998 (Forsvarets Bygningstjeneste, 1996).

E' evidente che la maggior parte dei paesi sono solo all'inizio del processo di individuazione e registrazione dei siti. Solo alcuni paesi, come Danimarca, Svizzera e Germania, finora hanno già individuato oltre i due terzi del totale presunto di siti contaminati.

La maggior parte dei paesi dell'Europa orientale sono afflitti da problemi analoghi a quelli presenti in occidente, in particolare nelle zone con una lunga tradizione di industria pesante o con basi militari abbandonate. Finora, gli sforzi si sono concentrati sulla valutazione del danno ambientale

Tabella 11.1 Dati disponibili sul numero di siti sicuramente e potenzialmente contaminati

	Siti industriali		Siti di stoccaggio		Siti militari		Siti potenzialmente		Siti	
	contaminati		contaminati		di rifiuti contaminati		individuati		tot. presunto	
	<i>abbandonati in attività</i>		<i>abbandonati in attività</i>				<i>individuati</i>		<i>tot. presunto</i>	
Albania	•	•	•	•	•					78
Austria	•	•	•	•	•	•	28 000	~80 000	135	~1 500
Belgio/Fiandre	•	•	•	•	•	•	4 583	~9 000		
Belgio/Vallonia	•	•	•	•	•		1 000	5 500	60	
Danimarca	•	•	•	•		•	37 000	~40 000	3 673	~ 14 000
Estonia	•	•	•	•	•	•	~755			
Finlandia	•	•	•	•	•	•	10 396	25 000	1 200	
Francia	•	•	•	•		•	300 000		895	
Germania	•	•	•	•		•	191 000	~240 000		
Italia	•	•	•	•			8 873		1 251	
Lituania	•	•	•	•	•	•	~1 700			
Lussemburgo			•	•			616		175	

Paesi Bassi	•	•	•	•	•	110 000-120 000		
Norvegia	•	•	•	•	•	2 300		
Regno Unito 000							~100 000	~10
Spagna	•	•	•	•		4 902	370	
Svezia	•	•	•	•	•	7 000	2 000	
Svizzera	•	•	•	•	•	35 000	50 000	~3 500
Ungheria	•	•	•	•	•		600	10 000

• categorie dei siti individuati
Fonte: AEA - ETC/S, 1997

Tabella 11.2 Valutazione di ex basi militari sovietiche

Paese	Ex basi sistematica	Superficie (ha) sovietiche	Oggetto di valutaz.	Altre basi
Estonia	1 565	81 000		tutte le basi
Federazione russa		12 800 000		alcune basi selezionate
Lettonia	850	100 000		tutte le basi
Lituania	275	67 762		tutte le basi
Polonia	59	70 000		tutte le basi
Repubblica ceca basi	70 2 400 nazionali			tutte le
Slovacchia basi selezionate	18			alcune

Ungheria	171	46 000	tutte le basi
100 nazionali			

Fonte: UBA Berlino, 1997

presso le ex basi militari sovietiche. La tabella 11.2 riporta in sintesi le valutazioni in corso. Nel riquadro 11.1 viene descritto un tipico problema di contaminazione presso una base marina abbandonata in Estonia.

Le informazioni sulle principali attività inquinanti e sui maggiori contaminanti in 11 paesi dell'Europa orientale sono sintetizzate nella tabella 11.3. Nella maggioranza di questi paesi, i maggiori contaminanti sono i prodotti petroliferi e i metalli pesanti, e normalmente le fonti principali di inquinamento sono le basi militari e l'industria petrolifera.

11.2.2. Effetti

La contaminazione del suolo può provocare molteplici effetti sulla salute umana, sugli ecosistemi e sull'economia, nei seguenti modi:

- scarichi di contaminanti nel terreno, nelle acque sotterranee o superficiali;
- assorbimento di contaminanti da parte delle piante;
- contatto diretto di esseri umani con suoli contaminati;
- inalazione di polveri o sostanze volatili;
- incendi o esplosioni di gas di scarica;
- corrosione di tubi sotterranei e altre componenti di edifici dovuta a infiltrazioni contaminate o compromissione delle condizioni del terreno;
- produzione di rifiuti pericolosi secondari;
- conflitto con la destinazione d'uso prevista per il terreno.

Effetti sulle acque sotterranee e superficiali

I contaminanti solubili in acqua e volatili che penetrano nel suolo possono infiltrarsi nelle acque sotterranee mediante meccanismi di scambio tra l'acqua presente nei pori del terreno e l'acqua sotterranea. La mobilità

Tabella 11.3 Principali attività inquinanti e principali contaminanti in 11 PECO

<i>Paese</i>	Principali attività inquinanti		Principali contaminanti
	<i>Siti militari</i>	<i>Industria</i>	<i>Smaltimento rifiuti</i>
Albania	industria petrolifera, prodotti petroliferi (PVC)	industria chimica PVC, metalli	siti di smaltimento di rifiuti chimici e metallurgici pesanti
Bosnia Erzegovina		campi minati operazioni di guerra	metalli pesanti

Estonia	industria dei bitumi piste di atterraggio, relitti di navi e depositi di combustibile presso le ex basi sovietiche	fenoli, combustibili in generale	
Federazione	ex basi sovietiche in generale	prodotti petroliferi, rusa PCB	
Lettonia	trasporto di benzina su ex basi sovietiche in generale volatili, prodotti petroliferi	metalli pesanti, gomma e rotaia composti organici	
Lituania	industria petrolifera, ex basi sovietiche stoccaggio di metalli pesanti, organici e chimiche	discariche prodotti petroliferi in generale pesticidi batteriologici, varie sostanze	siti di rifiuti
Polonia	depositi di combustibile presso basi militari	prodotti petroliferi	
Repubblica ceca	perdite nei serbatoi di combustibile	tutti i tipi di contaminazione	
Romania		siti di stoccaggio di rifiuti pericolosi	

Slovacchia	emissioni	ammassi	
industriali	perdite di combustibile	prodotti petroliferi	presso
basi militari	metalli pesanti	di rifiuti	
<hr/>			
Ungheria	impianti per la produzione		ex basi
sovietiche	prodotti petroliferi		
	di gas, industria		
	in generale	metalli pesanti,	
	petrolifera		composti organici
volatili			
<hr/>			
Fonte: AEA - ETC/S, 1997			

Tabella 11.4 Proprietà di composti tipici presenti in siti contaminati

Composto	tossicologia	mobilità e assorbimento	principali applicazioni	principali fonti
Benzene	T C sintesi di composti	industria chimica solubile in acqua, pericoloso per le acque sotterranee, rischio di ingestione orale e inalazione	altamente volatile e aromatici	
Tricloro- etilene	Xn C		industria sgrassante	importante agente metallurgica
		pulitura a secco di tessuti		
Fenolo	T sintesi di composti		industria chimica, organici	raffinerie
di petrolio,		produzione di gas		
Cadmio	C miniére, siti di può essere metabolizzato	pigmenti per materie	scarsa solubilità in acqua, batterie, anticorrosivo, rifiuti	stoccaggio dei e accumulato nelle piante, plastiche ingestione orale
Piombo	T miniére, siti di		scarsa solubilità in acqua, batterie per auto inalazione di polveri di stoccaggio dei piombo	rifiuti

Nota: abbreviazioni: T = tossico, Xn = leggermente tossico, C = cancerogeno
 Fonte: ROEMPP, 1996; AEA-ETC/S, 1997

e i tassi di esposizione variano in misura considerevole, a seconda del tipo di contaminante, delle condizioni locali del suolo, del ricettore o ecosistema interessato e del clima. Molte specie sono più sensibili ai contaminanti rispetto agli esseri umani e possono essere danneggiate da concentrazioni inferiori ai limiti

stabiliti per la sicurezza delle acque potabili destinate al consumo umano. La tabella 11.4 contiene informazioni sulla mobilità di alcuni importanti contaminanti e sui principali rischi.

I contaminanti più mobili sono i composti organo-alogenati e i prodotti petroliferi. Contaminanti come i metalli pesanti presentano una mobilità inferiore, che tuttavia può aumentare in determinate circostanze; ad esempio, il piombo è più mobile in un ambiente acido che in un ambiente neutro o alcalino. Comunque, alla fine tutti i contaminanti possono raggiungere i livelli più profondi della falda, dai quali si attinge l'acqua potabile in un gran numero di paesi (cfr. paragrafo 9.2).

In molti casi, gli impianti di estrazione di acqua hanno dovuto interrompere l'attività a causa della contaminazione. Le informazioni generali sull'inquinamento delle acque potabili dovuto alla presenza di siti contaminati sono frammentarie. Le risorse idriche potabili di molte zone dell'est europeo sono contaminate da sversamenti di combustibile da ex basi militari. Da un'indagine danese sugli impianti di estrazione chiusi è emerso che, su un totale di 600 pozzi, il 17% delle chiusure è dovuto alla contaminazione del suolo causata da attività industriali, il 60% ad attività agricole e il 23% all'eccessivo sfruttamento della falda. Nelle regioni rurali la causa dominante delle chiusure è la presenza di nitrati, mentre nelle zone urbane è la presenza di solventi organici (cfr. anche riquadro 11.1 - Finlandia).

Esposizione diretta

I cambiamenti di destinazione d'uso dei terreni possono essere la causa di un aumento dell'esposizione ai suoli contaminati. In passato, molti ex siti industriali e le discariche abbandonate venivano riutilizzati per altri scopi, ad esempio per l'edilizia abitativa e la costruzione di scuole e centri di ricreazione. Il rischio di ingestione o di contatto con la pelle aumenta con la frequenza dell'esposizione e dipende dal tipo di contaminazione e dal relativo grado di tossicità. I bambini nei parchi-giochi sono considerati i soggetti più vulnerabili ed esposti.

E' possibile inalare sostanze volatili e particelle di suolo (attraverso la polvere) da siti contaminati. Fonti tipiche sono gli ex siti di trasformazione o stoccaggio di petrolio, per le sostanze volatili, e le discariche contenenti scorie di metalli pesanti da miniere e impianti di lavorazione dei metalli ubicati nelle vicinanze, per il particolato (cfr. riquadro 11.1 - Austria).

Altri rischi comprendono le esplosioni dovute all'accumulo di metano in ex discariche e l'esposizione a tetracloroetilene da impianti di pulitura a secco.

La quantificazione degli effetti dell'esposizione diretta è raramente disponibile, poiché gli effetti dell'ingestione del suolo e del contatto cutaneo nella maggior parte dei casi non sono immediatamente visibili, né misurabili, e si sa poco sul rapporto dose-effetto.

Accumulo negli alimenti

I metalli pesanti, in particolare cadmio e rame, possono accumularsi in misura elevata nei vegetali. Questo fenomeno si verifica frequentemente nel caso di ex discariche recuperate e utilizzate a scopo agricolo.

La contaminazione delle acque di superficie può provocare l'accumulo di sostanze contaminanti nei pesci. I composti organici clorurati vengono assorbiti in modo particolarmente rapido dai tessuti adiposi dei pesci (riquadro 11.1 - Norvegia), come anche certi metalli, tipo il mercurio.

11.2.3. Azioni di risanamento

Strategia e legislazione

Nella maggioranza dei paesi europei, i siti contaminati sono gestiti a livello regionale. Negli ultimi anni, data la crescente consapevolezza dei rischi presentati dai siti contaminati, numerosi paesi hanno varato programmi nazionali nell'intento di stabilire una strategia di gestione generale.

Nella maggior parte dei paesi dell'Europa occidentale recentemente sono stati istituiti dei quadri normativi mirati alla prevenzione dei problemi futuri e alla bonifica delle contaminazioni esistenti. L'aspetto della gestione dei siti contaminati viene affrontato in diverse tipologie di atti legislativi, ad esempio in materia di rifiuti, protezione delle acque sotterranee, protezione dell'ambiente in generale e tutela del suolo. Solo alcuni paesi dispongono di una legislazione specifica sulle bonifiche: Belgio/Fiandre, Danimarca, Paesi Bassi, gran parte dei Länder della Germania federale e la Svizzera. Alcuni paesi operano in base a piani d'azione ambientali (ad esempio Spagna, Svezia e Finlandia) in assenza di un quadro normativo specifico o in attesa di una legislazione specifica in corso di preparazione.

Nei PECO, quello della valutazione dei danni ambientali provocati da ex basi sovietiche è un aspetto della massima importanza, ora come in passato, e ha determinato il varo di una serie di programmi nazionali. Per la maggior parte, questi paesi affrontano il problema della protezione e del risanamento del suolo nella rispettiva legislazione generale in materia ambientale. In un certo numero di paesi sono stati istituiti progetti specifici. Ad esempio, recentemente l'Ungheria ha varato un programma nazionale di bonifica, mentre le ispezioni di ex basi militari sovietiche vengono effettuate dal 1991 nell'ambito di un programma di intervento prioritario. In Lituania, i siti di stoccaggio dei rifiuti vengono sistematicamente ispezionati e classificati dal 1991, nel quadro di un progetto congiunto delle autorità lituane e dell'agenzia danese per la protezione dell'ambiente. In Albania, nel quadro del programma comunitario PHARE è stato attuato un piano nazionale di gestione dei rifiuti, completato nel 1996.

Tecnologia

Le operazioni di bonifica vengono effettuate per lo più con le tecniche convenzionali, quali

la realizzazione di barriere di contenimento attorno al sito contaminato o la rimozione e lo smaltimento esterno del terreno (Visser *et al.*, 1997). Un altro metodo comunemente utilizzato in molti paesi prevede la copertura del sito con materiale relativamente impermeabile, per evitare il contatto cutaneo e ridurre le infiltrazioni nelle acque sotterranee. In genere, la bonifica della falda comporta il pompaggio e il trattamento in loco dell'acqua. Si ricorre raramente a tecnologie più moderne, come le tecniche *in situ*, poiché il rischio di insuccesso è più elevato.

Con la tecnica più comunemente utilizzata, ossia l'intervento di rimozione e smaltimento esterno, si crea un'enorme quantità di rifiuti, spesso pericolosi. Dato il gran numero di siti contaminati, è necessario mettere a punto tecnologie alternative per la bonifica, al fine di ridurre questa produzione secondaria di rifiuti che effettivamente può aumentare il rischio di esposizione. Secondo un metodo sviluppato in Germania, il terreno rimosso viene suddiviso in diverse categorie per un suo riutilizzo, quando possibile (Hämman *et al.*, 1997).

In molti casi, le tecniche di pompaggio e trattamento per la bonifica delle acque sotterranee contaminate si sono rivelate insufficienti, soprattutto quando sono presenti solventi organici quali il tetracloroetilene. Attualmente, l'attività di ricerca e sviluppo si sta concentrando sulla messa a punto di tecniche *in situ*, quali biodegradazione, "air-sparging" (insufflazione/aspirazione di aria) e riscaldamento del terreno, nell'intento di superare, in parte, le carenze dei metodi convenzionali.

Costi

Molti paesi europei hanno cercato di calcolare i costi degli interventi di bonifica su base nazionale (tabella 11.5). Tuttavia, le cifre si basano su presupposti differenti: alcuni paesi hanno calcolato i costi totali di bonifica, mentre altri hanno selezionato soltanto i casi prioritari. La maggior parte dei PECO si concentrano

sul calcolo del costo degli interventi di bonifica presso le ex basi sovietiche. Le cifre disponibili, benché presentino un grado considerevole di incertezza, forniscono un'indicazione approssimativa della portata del problema e degli enormi costi da sostenere.

Finanziamenti

Nella maggior parte dei paesi dell'Europa occidentale, le misure di bonifica vengono finanziate dalle entrate fiscali generali. Austria, Belgio/Fiandre, Finlandia, Francia e Ungheria hanno introdotto imposte specifiche sui rifiuti o sul combustibile, per aumentare i fondi pubblici da destinare alla bonifica dei siti (Visser *et al.*, 1997). Il Regno Unito ha istituito un'organizzazione per la valorizzazione del terreno pubblico, che concede prestiti agevolati per interventi di bonifica, mirati ad incoraggiare

il recupero e la valorizzazione di terreni ed edifici inutilizzati, degradati e contaminati (English Partnerships, 1995). Iniziative particolari comprendono accordi tra l'industria e le autorità pubbliche. Ad esempio, nei Paesi Bassi, le imprese hanno accettato di procedere autonomamente alla bonifica dei siti industriali, contro la promessa del governo di non interferire per 25 anni (Ulrici, 1995). In Danimarca, Paesi Bassi, Svezia e Finlandia, l'industria petrolifera ha accettato di bonificare i siti contaminati, finanziando gli interventi attraverso un piccolo contributo compreso nel prezzo della benzina.

Tra i PECO, Repubblica ceca, Estonia, ERIM, Lituania, Bulgaria e Slovacchia hanno istituito fondi specifici per l'ambiente, che finanziano in parte le misure di bonifica presso i siti contaminati. La Repubblica ceca finanzia parzialmente gli interventi di bonifica del suolo

presso gli ex siti militari, attraverso operazioni di privatizzazione.

Prevenire o curare?

La maggior parte dei paesi europei dispongono di un quadro normativo mirato a prevenire contaminazioni future. Tuttavia, resta da risolvere il problema dell'eredità del passato: sarà necessario individuare, valutare e bonificare un gran numero di siti. Questo processo richiederà finanziamenti consistenti e il coinvolgimento di tecnici qualificati. Molti siti non potranno mai essere recuperati, a causa della mancanza di risorse finanziarie.

L'esperienza passata ha messo in evidenza quanto sia importante limitare o evitare la contaminazione del suolo con misure di prevenzione dell'inquinamento, ad esempio migliorando i processi di gestione e smaltimento dei rifiuti e i sistemi di controllo degli scarichi

Tabella 11.5 Stima dei costi di bonifica, per paese o regione

Paese	Costi (milioni di ECU)	Descrizione/costi totali	Anno di riferimento
Austria	1 500	300 casi prioritari selezionati	1994
Belgio - Fiandre	6 900	costi totali di bonifica	1997
Danimarca	1 138	costi totali di bonifica stimati	1996
Estonia	4 400	bonifica di ex basi sovietiche	1997
Federazione russa ³⁴		costo annuo per interventi ad hoc presso ex basi sovietiche	1997
Finlandia	1 000	1 200 siti prioritari selezionati	1997
Ger./Baviera	2 500	costi totali di bonifica stimati	1997
Ger./Sassonia-Anhalt	1 000-1 300	bonifiche su vasta scala	1995

Ger./Schleswig Holstein	100	26 siti prioritari	1995
Ger./Turingia	178	3 progetti su vasta scala	1995
Paesi Bassi	23 000-46 000	costi totali di bonifica stimati	1995
Italia	510	1 250 siti prioritari selezionati	1997
Lituania	970	costi totali di bonifica	1997
Norvegia	375-500	700 siti prioritari selezionati	1997
Paesi Bassi	23 000-46 000	costi totali di bonifica stimati	1995
Polonia	2 100	bonifica di ex basi sovietiche	1997
Regno Unito 1994	13 000-39 000	10 000 ha di terreno contaminato	
Repubblica ceca	70-185	bonifica di ex basi sovietiche	1997
Slovacchia	40	9 basi militari prioritarie	1997
Spagna	800	bonifica di 38 milioni di m ³ di terreno e 9 milioni di m ³ di acqua sotterranea	1996
Svezia	3 532	costi totali di bonifica stimati	1996
Svizzera	3 000-3 600	costi totali di bonifica stimati	1997
Ungheria	440	20% dei 600 siti contaminati individuati	1998

Fonte: AEA-ETC/S, 1997; UBA Berlino, 1997

industriali e adottando sistemi di sicurezza più efficienti per la prevenzione degli incidenti.

11.3. Erosione del suolo causata dal vento e dall'acqua

L'erosione è una delle principali cause di degrado del suolo, in aumento in molte zone d'Europa (Ernstsen *et al.*, 1995; Blum, 1990). La diffusione dell'agricoltura intensiva negli ultimi 50 anni ha influito in misura sostanziale sull'espansione del fenomeno, in particolare nell'Europa occidentale. La crescente meccanizzazione, l'aratura di terreni in pendenza, l'abbandono della rotazione delle colture in alcuni sistemi agricoli, l'eccesso di pascolo e il drenaggio del terreno sono tra i maggiori fattori di pressione, così come l'eliminazione di siepi, muretti e steccati per lasciare spazio a campi più estesi e a tecniche agricole più efficienti.

Tutti i paesi europei sono interessati in qualche misura dal fenomeno (Van Lynden, 1995): all'incirca 115 milioni di ettari, pari al 12% del totale della superficie europea, sono esposti all'erosione idrica, e all'incirca 42 milioni di ettari, pari al 4% del totale, sono interessati dall'erosione eolica (Oldeman *et al.*, 1991) (carta 11.1). Nella Federazione russa, compresa la parte asiatica, il 15% di tutti i terreni irrigati e il 16% delle terre drenate sono gravemente degradati (saturazione d'acqua, salinizzazione, erosione) a causa della gestione inadeguata delle risorse idriche (ministero per la Protezione della Natura della Federazione russa, 1996). Il problema raggiunge la massima gravità nella regione del Mediterraneo, dove prevale l'erosione idrica.

Nella regione del Mediterraneo, l'erosione idrica può provocare la perdita di 20-40 tonnellate/ettaro di suolo in un singolo nubifragio e oltre 100 tonnellate/ettaro in casi estremi (Morgan, 1992). Il fenomeno è aggravato da una serie di caratteristiche della regione, tra cui:

- presenza di pendii ripidi;
- frequenti precipitazioni torrenziali;
- riduzione della copertura vegetale a causa dell'agricoltura intensiva, di tecniche non sostenibili di silvicoltura, dell'eccesso di pascolo, di incendi e altri fattori (ad esempio lo sviluppo industriale e urbano);
- abbondanza di suoli poveri, altamente soggetti all'erosione;
- periodi piovosi non corrispondenti ai periodi di maggior copertura vegetale;
- riduzione dell'agricoltura estensiva e sostenibile;
- abbandono delle campagne a seguito di cambiamenti socioeconomici.

A causa delle fragili condizioni del suolo, in alcune zone del Mediterraneo l'erosione idrica è ormai irreversibile (Sanroque, 1987; Rubio, 1987; Van Lynden, 1995). L'erosione causata dalle acque assume rilevanza locale anche in altre zone d'Europa (quali Islanda, Irlanda, Federazione russa) dove la combinazione di diversi fattori come il clima, le condizioni del terreno e i metodi agricoli favoriscono la perdita di suolo. In Irlanda, l'eccessivo sfruttamento delle torbiere adibite a pascolo provoca l'erosione della torba e di altro materiale organico nei periodi caratterizzati da forti precipitazioni e vento. In Islanda, la distruzione quasi completa delle foreste compiuta in passato e l'eccesso di pascolo sui pendii vulcanici fanno registrare tassi elevati di erosione del suolo in caso di forti precipitazioni/vento e inondazioni dovute allo scioglimento dei ghiacciai nel corso di eruzioni vulcaniche. Ampie zone del paese sono devastate dall'erosione.

La suscettibilità del suolo all'erosione eolica dipende da fattori analoghi a quelli che determinano l'erosione idrica (Prendergast, 1983). Inoltre, l'erosione eolica tende ad essere favorita dalle condizioni risultanti dall'eccessivo drenaggio (Van Lynden, 1995). In Europa, la prima conseguenza dell'erosione eolica è la perdita di suolo superficiale (Van Lynden, 1995).

Dalla distribuzione dell'erosione eolica in Europa (carta 11.2) si deduce che i fattori fisici, in particolare il clima, sono più importanti dell'influenza umana, che in genere prevale nel caso dell'erosione idrica. Il grave e diffuso fenomeno dell'erosione eolica nell'Europa sudorientale, in particolare nelle pianure russe, probabilmente deriva dalla combinazione di un clima continentale secco e di suoli vulnerabili lavorati con tecniche agricole inadeguate (Karavayeva *et al.*, 1991). L'erosione eolica causa dei problemi anche in alcune zone della Lapponia, dove suoli molto fragili in parte risentono anche dell'impatto di attività umane, quali l'eccesso di pascolo di branchi di renne, la silvicoltura o il turismo.

L'erosione eolica può presentare una serie di effetti indiretti, tra cui i seguenti:

- seppellimento di terreni agricoli al di sotto delle zone erose;
- contaminazione di acque superficiali e sotterranee provocata da sedimenti e sostanze chimiche (fertilizzanti e pesticidi);
- riduzione degli acquiferi contenenti acque sotterranee;
- deposizione di materiale eroso nei letti dei fiumi,

nei laghi o in bacini artificiali, con conseguente aumento del rischio di inondazioni e di variazioni nel pH dei laghi, a danno dei pesci;

- eutrofizzazione di ecosistemi adiacenti;
- danni a infrastrutture quali strade, ferrovie e cavi sospesi.

Le principali cause dell'erosione idrica ed eolica in Europa sono sintetizzate nel riquadro 11.2.

11.4. Desertificazione

In base alla definizione concordata a Rio nel 1992 e adottata dalla convenzione ONU sulla lotta alla desertificazione, per processo di desertificazione s'intende "*il degrado del terreno in zone aride, semiaride e subumide, derivante da vari fattori, tra cui le variazioni climatiche e le attività umane*" (Segretariato provvisorio UNCCD, 1997). Questa graduale e progressiva diminuzione della capacità del terreno di sostenere comunità vegetali e animali, attività agricole e forestali, minaccia diverse

Carta 11.1 Erosione idrica in Europa, 1993

Erosione idrica

Perdita dello strato superiore del terreno

Deformazione del terreno

estremamente grave

molto grave

moderatamente grave

non troppo grave

non applicabile

Fonte: ISRIC

240 L'ambiente in Europa

zone dell'Europa meridionale, che comprendono Spagna, Grecia, Portogallo, Italia, Francia (Corsica), Malta e Cipro. Generalmente nelle zone interessate la disponibilità di acqua dolce è limitata e le precipitazioni variano fortemente in termini spaziali e temporali, con frequenti e ricorrenti periodi di siccità.

Nella regione del Mediterraneo, ampie zone coltivate da lungo tempo hanno subito un degrado talmente grave da non essere più in grado di sostenere nessun tipo di coltivazione redditizia; le conseguenze sono l'abbandono della terra e lo spopolamento delle campagne.

Le principali conseguenze della desertificazione nell'Europa meridionale e sudorientale sono le seguenti:

- riduzione della resistenza dei suoli alle pressioni naturali e umane;
- riduzione della crescita di vegetazione;
- depauperamento delle risorse idriche superficiali e sotterranee, a causa del ruscellamento superficiale accelerato, e aumento dell'esposizione ai processi di degrado (contaminazione, acidificazione, salinizzazione);
- deterioramento della qualità del paesaggio;
- perdita di biodiversità.

Inoltre, la desertificazione può esercitare effetti indiretti sul clima regionale e sulla migrazione degli uccelli.

Carta 11.2 Erosione eolica in Europa, 1993

Erosione eolica

Perdita dello strato superiore del terreno

estremamente grave

molto grave

moderatamente grave

non troppo grave

non applicabile

Fonte: ISRIC

Le cause della desertificazione nell'Europa meridionale e sudorientale per molti aspetti sono analoghe ai fattori che provocano l'erosione del suolo. Anzi, in genere le principali cause della desertificazione sono, oltre ai fattori climatici, la stessa erosione e il deterioramento delle proprietà fisiche e chimiche del suolo risultante dalle pressioni delle attività umane. Tuttavia, la situazione non è riconducibile semplicemente al recente sfruttamento tecnologico dell'ambiente, benché esistano prove evidenti della drammatica intensificazione del fenomeno negli ultimi decenni (Pérez-Trejo, 1992). I problemi fondamentali sono la distruzione ripetuta e di lungo periodo della vegetazione, provocata da fattori umani e naturali, quali incendi, cattiva gestione del territorio, eccesso di pascolo, eccessivo sfruttamento delle risorse forestali e agricole e, più di recente, la crescente diffusione dell'agricoltura intensiva, l'estrazione di risorse minerarie, l'urbanizzazione, il turismo di massa e gli spostamenti demografici.

Un altro fattore determinante per la desertificazione è la forte domanda di acqua per una serie di attività socioeconomiche (cfr. paragrafo 9.3). Questi prelievi provocano un notevole abbassamento del livello della falda, l'aumento del costo dell'irrigazione del terreno agricolo, l'abbandono dell'attività agricola nei casi in cui diventa antieconomica, e la creazione di condizioni favorevoli all'infiltrazione di acqua di mare, con la conseguente ulteriore diminuzione della fertilità del suolo (cfr. paragrafo 11.5). Condizioni di questo tipo si sono create nella regione dell'ex lago Karla (Tessaglia, Grecia) e in prossimità della

costa orientale e sudorientale della Spagna, dove l'ipersfruttamento degli acquiferi ha fatto scendere il livello della falda al di sotto del livello del mare, permettendo l'infiltrazione di acqua salata.

11.5. Salinizzazione

L'utilizzo di acqua salata per l'irrigazione è deleterio per il suolo e per la vegetazione. L'accumulo di sali nel suolo impedisce i processi di assorbimento da parte delle radici. Ne consegue una drastica riduzione della resa agricola, anche se il suolo è ben irrigato. Nelle aree naturali, la vegetazione originaria viene sostituita da specie che tollerano elevate concentrazioni di sali, normalmente di scarso valore economico, da utilizzare ad esempio come mangime per animali.

Sul suolo, gli effetti della salinizzazione sono più lenti che sulla vegetazione, ma possono rivelarsi più importanti e pericolosi. L'irrigazione ripetuta con acqua salata provoca l'aumento della concentrazione di sale nel suolo, soprattutto nelle zone scarsamente drenate e con un forte deficit di umidità. Ad uno stadio avanzato, soprattutto in presenza di un grave deterioramento della struttura del suolo, subentra l'alcalizzazione.

In Europa, i processi di salinizzazione e alcalizzazione interessano soprattutto i suoli dei paesi mediterranei

Riquadro 11.2: Cause dell'erosione idrica ed eolica in Europa
<i>Agricoltura intensiva</i>
L'impiego di tecniche agricole non sostenibili su terreni in pendenza, caratterizzate da mancanza di efficaci misure anti-erosione, sistemi di coltivazione che lasciano il suolo privo di vegetazione durante la stagione piovosa, sistemi di irrigazione non corretti, la combustione dei residui agricoli e le monocolture che impoveriscono il suolo sono tutti fattori che accelerano il ritmo dell'erosione. Le tecniche di coltura meccanizzata praticate sui pendii incrementano il ruscellamento superficiale e il trasporto di sedimenti.
L'utilizzo di macchinari pesanti può provocare la compattazione del suolo, che a sua volta ne aumenta la suscettibilità all'erosione. Lo sfruttamento eccessivo e la coltivazione in condizioni di scarsa umidità possono deteriorare la struttura del suolo e renderlo più esposto al rischio di erosione. L'eccesso di pascolo può accelerare l'erosione, poiché provoca il diradamento della vegetazione protettiva e riduce il contenuto di materiale organico nel suolo. In Scandinavia, l'aratura autunnale aumenta il rischio di erosione durante le precipitazioni e nei periodi di scioglimento della neve.

Abbandono delle campagne

L'abbandono di terreno agricolo fragile, seguito da sovrappascolamento, provoca gravi fenomeni di erosione. Si è riscontrato che l'erosione del suolo aumenta in maniera spettacolare con il crollo dei terrazzamenti agricoli. Ampie zone dell'area del Mediterraneo sono interessate dal problema dell'abbandono delle zone agricole marginali (Sanroque, 1987; Rubio, 1995).

Deforestazione

La deforestazione modifica alcune proprietà del suolo (contenuto di materia organica, permeabilità, ecc.) oltre a ridurre la protezione fornita dalla vegetazione. Questi cambiamenti possono aumentare il rischio di erosione. Anche gli incendi delle foreste (cfr. capitolo 8, paragrafo 8.3.2) sono una causa importante della riduzione della copertura vegetale, che favorisce l'erosione del suolo in molte zone d'Europa, soprattutto nella regione mediterranea.

Alterazioni del territorio

L'attività estrattiva in miniera e in cava e lo scavo di discariche possono creare le condizioni per l'erosione del suolo, distruggendo il manto vegetale e alterando la topografia della zona.

Espansione industriale e urbana

L'espansione industriale e urbana può favorire l'erosione del suolo, prevalentemente attraverso la distruzione del manto vegetale e la progettazione inadeguata di strade e altre infrastrutture.

sudorientali (Ungheria, Romania) (carta 11.3) e derivano da pressioni socioeconomiche (ad esempio la crescita demografica) e da cause naturali (ad esempio il clima). Inoltre, sono favoriti dalla sporadica presenza di condizioni semiaride in questi paesi. Negli NSI, vaste zone di terreno irrigato sono interessate da un grave fenomeno di salinizzazione a causa del crollo delle strutture agricole esistenti e della cattiva gestione del territorio (Comitato statistico della CSI, 1996). In Europa il fenomeno interessa una superficie complessiva di quasi 4 milioni di ettari (Oldeman *et al.*, 1991; Szabolcs, 1991). Il costo per il recupero di un'area così vasta sarebbe molto elevato.

11.6. Altre forme di degrado del suolo

Perdita di materia organica

La qualità del suolo dipende in larga misura dal contenuto di materia organica, che è dinamico e varia rapidamente col variare della gestione del suolo. Il contenuto organico di molti terreni coltivati in tutta Europa è in calo, in conseguenza delle moderne tecniche di agricoltura intensiva, tranne nelle zone dove il concime naturale è in eccesso. Si teme che i livelli scendano al di sotto della quantità necessaria per sostenere un suolo stabile, fertile e sano, benché non esistano prove certe dell'esistenza di una situazione critica.

Carta 11.3 Salinizzazione in Europa, 1993

Salinizzazione
molto grave
moderatamente grave
non troppo grave
non applicabile

Fonte: ISRIC

La figura 11.1 mostra le percentuali relative dei suoli coltivati in Inghilterra e nel Galles, in relazione al contenuto di carbonio organico, nel 1980 e nel 1995. E' evidente che negli ultimi 15 anni il numero di siti con un contenuto di carbonio organico superiore al 4% è leggermente diminuito, in concomitanza con l'aumento dei siti con un contenuto inferiore al 4%.

Il calo del contenuto di materia organica incide sulla struttura e sulla stabilità del suolo, sulla capacità di trattenere l'acqua e di fungere da tampone, sull'attività biologica e sulla ritenzione e lo scambio di nutrienti. Inoltre, nel medio-lungo termine, il suolo può essere più soggetto al rischio di erosione, compattazione, acidificazione, salinizzazione, carenza di sostanze nutritive e siccità.

Compattazione, saturazione e deterioramento della struttura del suolo

La perdita di materia organica e l'indebolimento della struttura del suolo che ne deriva favoriscono la compattazione del suolo. Si tratta della forma di degrado fisico più diffusa in Europa, che colpisce circa il 90% della superficie totale interessata da fenomeni di degrado (Van Lynden, 1995). E' indotta dall'uso ripetuto di macchinari pesanti su un suolo con una struttura poco stabile, oltre che dallo sfruttamento eccessivo per il pascolo e l'allevamento. La compattazione colpisce gli strati superficiali del suolo, dove influenza l'assorbimento dei nutrienti vegetali, e anche gli strati più profondi, dove può provocare cambiamenti irreversibili nella struttura del suolo (Van Lynden, 1995).

La saturazione d'acqua è provocata dallo straripamento di fiumi, dall'innalzamento della superficie freatica dovuto all'irrigazione, e dall'aumento del ruscellamento dell'acqua piovana, in presenza di una riduzione dei tassi di infiltrazione. Il fenomeno può essere provocato dall'intervento dell'uomo, come nella Russia settentrionale e nella valle inferiore del Danubio, o da cause accidentali. La conseguenza è l'indebolimento della struttura del suolo. La carta 11.4 illustra la gravità di questi processi (in termini di estensione e di intensità) nel continente europeo.

11.7. Politiche, legislazione e accordi riguardanti il suolo

La legislazione nazionale e internazionale concernente il suolo è piuttosto scarsa rispetto a quella relativa, ad esempio, ad aria e acqua. Solo in alcuni casi sono state attuate iniziative riferite direttamente al suolo. In molti casi, la legislazione si riferisce alla salute o altri aspetti e prende in considerazione solo indirettamente le proprietà del suolo, in relazione alle sue funzioni ecologiche o alle attività umane.

Prevenzione della contaminazione del suolo

A livello comunitario, la direttiva sui nitrati fissa il limite per la concentrazione di nitrati nelle acque sotterranee utilizzate come fonte di acqua potabile e pone dei limiti alla quantità di fertilizzanti azotati organici e inorganici che si possono applicare nelle zone più esposte all'inquinamento da nitrati. A seguito di questa direttiva, tutti i paesi hanno adottato delle leggi in materia di acque potabili, per proteggere le acque sotterranee e garantire il monitoraggio a fini di controllo. La direttiva sui fanghi di fognatura regola l'utilizzo di fanghi in agricoltura, al fine di prevenire effetti dannosi su suolo, vegetazione, animali e persone. In alcuni paesi, come la Danimarca, questo tipo di legislazione è stata estesa all'applicazione di tutti i prodotti di rifiuto a fini agricoli. Altre direttive, come quelle in materia di habitat, acque sotterranee, sostanze pericolose e rifiuti, contengono elementi concernenti il suolo.

Responsabilità ambientale

La Commissione delle Comunità europee sta preparando un libro bianco sulla responsabilità ambientale, inteso a definire gli elementi fondamentali di un regime comunitario e a promuovere la formulazione di una direttiva quadro. L'obiettivo principale sarà quello di garantire interventi efficaci di bonifica di siti contaminati e il risanamento dei danni alle risorse naturali, nonché prevenire danni futuri, in base ai principi "di precauzione" e "chi inquina paga". Il regime comunitario dovrebbe comprendere norme e obiettivi comuni in materia di bonifiche, oltre a una serie di requisiti minimi in merito all'obbligo di bonifica.

Erosione del suolo/desertificazione

Alcuni paesi impongono delle restrizioni all'uso del suolo per proteggerlo dall'erosione, anche attraverso la pianificazione territoriale. In alcuni casi, il fenomeno dell'erosione è stato rallentato con interventi di piantumazione e semina di prati (ad esempio in Francia, Austria e Islanda).

Numerosi paesi prevedono dei limiti di legge per il drenaggio dei terreni, sulla base di una serie di

Figura 11.1 Contenuto di carbonio organico (%) negli strati superficiali dei terreni coltivati in Inghilterra e Galles, nel 1980 e 1995
Frequenza

Fonte: Dati forniti dal Soil Survey and Land Research Centre, Regno Unito ottenuti per conto del ministero dell'Agricoltura, della Pesca e dell'Alimentazione, Londra.

criteri quali la protezione degli equilibri ecologici e delle risorse idriche e la prevenzione dell'erosione.

A livello regionale, la convenzione ONU sulla lotta alla desertificazione obbliga i paesi firmatari del Mediterraneo settentrionale (Portogallo, Spagna, Francia, Italia, Malta e Grecia), a preparare programmi d'azione nazionali. Questo impegno implica il coordinamento delle attività di tutti i paesi interessati. Finora si è fatto poco, a parte qualche ricerca in siti specifici, ma si è avviata la valutazione della portata del problema e sono stati istituiti programmi armonizzati di monitoraggio.

Programmi di monitoraggio

Alcuni paesi utilizzano reti di monitoraggio per registrare le condizioni del suolo, in particolare per quanto riguarda il contenuto di metalli pesanti e materia organica. Un numero crescente di paesi sta prendendo in considerazione il varo di programmi nazionali di monitoraggio, già in atto in alcuni paesi. Tuttavia, i sistemi di monitoraggio finora sono stati progettati prevalentemente per programmi specifici di ricerca o per finalità specifiche, come il controllo della concentrazione di metalli pesanti e di fanghi di fognatura o per programmi alimentari e agricoli, e raramente sono ben integrati.

Carta 11.4 Degrado fisico in Europa, 1993

Degrado fisico

Compattazione/incrostamento

Ritiro dei terreni organici

Imbibizione del suolo

molto grave

moderatamente grave

non troppo grave

molto grave

moderatamente grave

non troppo grave

non applicabile

Fonte: ISRIC

11.8. Prospettive di intervento

Data la carenza di legislazione specifica in materia di riduzione delle pressioni esercitate sul suolo dall'attività umana e dall'uso del terreno, un grado limitato di protezione si può ottenere indirettamente attraverso le misure per la riduzione dell'inquinamento idrico e atmosferico. Un'eventuale strategia finalizzata al miglioramento della situazione dovrebbe tener conto dei punti che seguono:

- il suolo deve essere considerato come un ambiente a se stante e ricevere la stessa attenzione di aria e acqua;
- sono necessari il coordinamento e la cooperazione a livello europeo e internazionale, poiché i problemi del suolo (benché prevalentemente locali) non sono risolvibili soltanto con l'adozione di misure a livello locale;
- è necessario istituire programmi armonizzati di monitoraggio del suolo, analoghi a quelli già varati per l'aria e l'acqua, e orientati alla valutazione dello stato del suolo su ampie superfici, con riferimento a una serie di parametri.

Le possibili aree di intervento comprendono quanto segue:

- analisi e valutazione dei problemi e definizione di cause e impatti;
- monitoraggio dell'evoluzione nel tempo;
- contenimento dei problemi, grazie all'introduzione di misure preventive (tra cui formazione, adeguamento in senso ecologico, metodi agricoli più sostenibili, e pianificazione dell'uso del territorio);
- interventi di risanamento, dove necessario e possibile.

Bibliografia

Blum, W.E.H. (1990). The challenge of soil protection in Europe. In *Environmental Conservation*, No 17, p. 72-74.

Ernstsen, V., Jensen, J., Olesen, S.E., Sidle, R. (1995). *Scoping study on establishing a European Topic Centre for Soil*. Geological Survey of Denmark, Service Report No 47.

English Partnerships (1995). *Investment Guide*. English Partnerships, London, UK.

Forsvarets Bygningstjeneste (1996). Opprydding av forurensede sjøsedimenter og forurenset grunn på Håkonsvern, Orlogsstasjon i Bergen kommune, *Statusrapport pr. 31.12.1996*. Norway.

Hämman M., Hohl R., et al. (1997). *Evaluation plan for the Reuse of Excavated Soil*, R'97 Recovery, Recycling, Re-integration 3rd International Congress and Exhibition, 4-7.2.1997, Geneva, Switzerland.

Karavayeva, N.A., Nefedova, T.G., Targulian, V.O. (1991). Historical Land Use Changes and Soil Degradation on the Russian Plain. In *Land Use Changes in Europe. Processes of Change, Environmental Transformations and Future Patterns*. Eds: : F.M. Brouwer, A.J. Thomas and M.J. Chadwick. Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, the Netherlands.

Lampi, P., et al. (1992). *Archives of Environmental Health*, Vol. 47 (No 3).

Ministry of Nature Protection of Russian Federation (1996). *National report on the State of the Environment in Russian Federation in 1995*. Moscow.

Morgan, R.P.C. (1992). Soil Erosion in the Northern Countries of the European Community. EIW Workshop. *Elaboration of a Framework of a Code of Good Agricultural Practices*, Brussels, 21-22 May, 1992.

Oldeman, L.R., Hakkeling, R.T.A., Sombroek, W.G. (1991). *World Map of the status of human-induced soil degradation, an explanatory note* (second revised edition), Global Assessment of Soil Degradation (GLASOD), ISRIC, Wageningen; UNEP, Nairobi.

Pérez-Trejo, F. (1992). *Desertification and land degradation in the European Mediterranean*, Commission of the European Communities, Environment and Quality of Life.

Rubio, J.L. (1987). *La Desertificación del territorio valenciano. In El Medio Ambiente en la Comunidad Valenciana*. Ed: Generalitat Valenciana. Valencia, Spain.

Rubio, J.L. (1995). Soil erosion effects on burned areas. In: R. Fantechi, D. Peter, P. Balabanis and J.L. Rubio (eds.), *Desertification in a European context: Physical and socio-economic aspects*. Commission of the European Communities, ECSC-EC-EAEC, Brussels, Belgium.

Sanroque, P. (1987). La erosión del suelo. In *El Medio Ambiente en la Comunidad Valenciana*. Ed: Generalitat Valenciana. Valencia, Spain.

Soil Survey and Land Research Centre (UK) *et al.* (1997). *Further analysis on presence of*

residues and impact of plant protection products in the EU. Possibilities for future EC environment policy on plant protection products, PES-A/Phase 2. Report for the Commission of European Communities and the Dutch Ministry for the Environment.

Szabolcs, I. (1991). Salinisation potential of European soils. In *Land use changes in Europe: processes of change, environmental transformations and future patterns*. Eds: F.M. Brower, A. Thomas, M.J. Chadwick. Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, the Netherlands, p. 293-315.

Statistical Committee of the CIS (1996). *Environment in CIS countries*. Moscow.

UBA (1997). *Atlastenatlas/Register on Contaminated Sites according to the Law for the Clean-up of Contaminated Sites*. Umweltbundesamt, Vienna, Austria, 1997.

Ulrici, W. (1995). *International Experience in Remediation of Contaminated Sites, Synopsis, Evaluation and Assessment of Applicability of Methods and Concepts*. Federal Ministry of Education, Science, Research and Technology; Germany.

UNCCD Interim Secretariat (1997). *United Nation Convention to Combat Desertification in those countries experiencing serious drought and/or desertification, particularly in Africa*. Text with Annexes. Geneva, Switzerland.

Van Lynden, G.W.J. (1995). European soil resources. Current status of soil degradation, causes, impacts and need for action. Council of Europe Press. *Nature and Environment*, No 71, Strasbourg, France.

Visser W., Elkenbracht E. *et al.* (1997). *Analysis of the Amsterdam Questionnaire*, Tauw Milieu (NL), Nottingham Trent University (UK), A&S Associates (UK), R³ Environmental Technology Ltd. (UK), Report for the Ministry of Housing, Spatial Planning and the Environment, The Hague, the Netherlands.