



**APAT**

Agenzia per la protezione  
dell'ambiente e per i servizi tecnici

# IL SUOLO LA RADICE DELLA VITA

### **Informazioni legali**

L'Agenzia per la Protezione dell'Ambiente e per i Servizi Tecnici o le persone che agiscono per conto dell'Agenzia stessa non sono responsabili per l'uso che può essere fatto delle informazioni contenute in questa pubblicazione

**APAT** - Agenzia per la Protezione dell'Ambiente e per i Servizi Tecnici  
Via Vitaliano Brancati, 48 - 00144 Roma  
Via Curtatone, 3 - 00185 Roma  
[www.apat.it](http://www.apat.it)

Dipartimento Difesa del Suolo - Servizio Geologico d'Italia

Copyright APAT, 2008

ISBN 978-88-448-0331-5

Riproduzione autorizzata citando la fonte

### **Elaborazione grafica**

Stefano Carfora

### **Grafica di copertina**

Franco Iozzoli

### **Fotografia di copertina**

Paolo Orlandi

### **Coordinamento tipografico e distribuzione**

Michela Porcarelli, Simonetta Turco  
APAT - Servizio Comunicazione  
Settore Editoria

Il presente volume rappresenta una rielaborazione sintetica e ridotta solo ad alcuni aspetti, dei lavori originali prodotti da vari autori nell'ambito della realizzazione del "Libro bianco sullo stato del suolo in Italia".

Si ringraziano per i contributi forniti i seguenti autori, i cui testi saranno inseriti integralmente nella versione estesa del volume:

Anna Rita Gentile (*Agenzia Europea per l'Ambiente*)

Alfonso Altieri, Nicoletta Bajo, Patrizia Bonanni, Mario Cirillo, Roberto Daffinà, Francesca Giordano, Mauro Lucarini, Giuseppe Marella, Francesca Quercia, Valerio Silli, Stefanina Viti (*APAT*)

Daniela Ballardini, Danila Bevilacqua (*CTN\_TES, ARPA Emilia Romagna*)

Stefano Orilisi, Angelamichela Siciliani (*CTN\_TES, ARPA Marche*)

Rita Puddu, Stefania Fanni, Daniele Manca (*CRAS, Cagliari*)

Costanza Calzolari (*CNR-IRPI, Firenze*)

Massimo Iannetta, Maurizio Sciortino (*ENEA, Roma*)

Guido Bonati (*INEA, Roma*)

Roberta Barbetti, Maria Frantappiè, Mario Finoia, Giovanni L'Abate, Simona Magini (*CRA ISSDS - CNCP, Firenze*)

Claudio Bini (*Università Cà Foscari, Venezia*)

Sandro Silva, Gian Pietro Molinari, Gianmaria Beone (*Università Cattolica del Sacro Cuore*)

Riccardo Scalenghe, Giuseppe Lo Papa (*Università di Palermo*)

Giuseppe Corti, Stefania Cocco, Alberto Agnelli (*Università Politecnica delle Marche, Ancona*)

a cura di: A. Di Fabbio & F. Fumanti

Comitato tecnico - scientifico APAT (CTS)

Nicoletta Calace, Andrea Di Fabbio, Marco di Leginio, Fiorenzo Fumanti, Irene Rischia, Daniele Verri

Supervisor:

Renzo Barberis - CTN\_TES, ARPA Piemonte

Paolo Sequi - CRA, ISNP

Leonello Serva - APAT

Autori

- Francesco Angelelli, Nicoletta Calace, Andrea Di Fabbio, Marco Di Leginio, Fiorenzo Fumanti, Carlo Jacomini, Anna Luise, Claudio Maricchiolo, Michele Munafò, Silvia Pietra, Antonio Pugliese, Irene Rischia, Valter Sambucini, Daniele Verri: APAT
- Giovanni Aramini: ARSSA Calabria
- Renzo Barberis: CTN\_TES, ARPA Piemonte
- Stefano Barbieri, Giuseppe Michelutti: ERSA Friuli Venezia Giulia
- Paolo Bazzoffi, Edoardo A.C. Costantini, Marcello Pagliai: CRA - ISSDS, Firenze
- Francesco Bellino: Regione Puglia
- Stefano Brenna: ERSAF Lombardia
- Stefania Canestrari: CTN\_TES, ARPA Marche
- Roberta Cappellin, Paolo Giandon: CTN\_TES & ARPA Veneto
- Iginio Chiucchiarelli, Massimo Paolanti, Rosa Riveccio, Sergio Santucci: ARSSA Abruzzo
- Amedeo D'Antonio, Maria Rosaria Ingenito: Regione Campania
- Carmelo Dazzi: DAAT, Università di Palermo
- Nicola Filippi, Luca Montanarella, Ezio Rusco, Senthil Selvaradjou: JRC-IES, Ispra
- Rosa Francaviglia, Federica Riccioni: CRA - ISNP, Roma
- Lorenzo Gardin: Studio Gardin, Firenze
- Fabio Guaitoli, Maria Gabriella Matranga: Regione Siciliana
- Marina Guermandi: Regione Emilia-Romagna
- Giosuè Loj: Regione Sardegna
- Salvatore Madrau: Università di Sassari
- Guido Orsingher, Duilio Porro: Provincia Autonoma di Trento
- Mauro Piazzì: IPLA Piemonte
- Giampietro Primieri: Regione Umbria
- Tito Reale: ARSIAM Molise
- Martin Thalheimer: Provincia Autonoma di Bolzano
- Mauro Tiberi: ASSAM Marche
- Gilmo Vianello: DISTA, Università di Bologna
- Andrea Vinci: Regione Toscana
- Luigi Viviano: Regione Basilicata

Revisione dei testi a cura di:

Rosa Francaviglia - CRA - ISNP, Roma

Paolo Giandon - ARPA Veneto

Marcello Raglione - CRA - ISSDS, Rieti

Gilmo Vianello - Università di Bologna



## PRESENTAZIONE

Se è a tutti ben nota l'importanza produttiva del suolo, oggi è necessario evidenziarne anche il rilievo per le politiche di sviluppo sostenibile. Basti pensare alle funzioni ambientali che il suolo svolge, quali ad esempio la protezione delle acque sotterranee, la capacità di limitazione del trasferimento di inquinanti nella catena alimentare, la mitigazione degli eventi alluvionali, la capacità di salvaguardare la biodiversità e il contributo positivo all'effetto serra.

E' per questo che le Agenzie Ambientali, e APAT in primo luogo, intendono sempre più fornire informazioni sul suolo, allo scopo di dare il giusto risalto alla sua importanza ambientale. Ma per essere efficace, l'informazione deve essere anche semplice, stimolante, immediatamente comprensibile e non può prescindere, per una risorsa complessa e trasversale quale è il suolo, da un'azione sinergica tra il settore ambientale e quello produttivo a livello nazionale e locale.

Sinergie richieste, e poste in essere, anche a livello europeo, sia dalla Nuova Politica Agricola Comune sia nella proposta di direttiva sulla protezione del suolo, figlia del Sesto Programma di Azione Ambientale.

Da queste considerazioni nasce un volume indirizzato al grande pubblico, quindi volutamente sintetico, dal quale però possono estrarre utili informazioni sullo stato e sull'importanza della risorsa anche i decisori politici, gli addetti ai lavori e gli operatori sul territorio. Una esaustiva introduzione alla tematica e primo prodotto di un'azione coordinata che sarà duratura e foriera di ulteriori sviluppi.

*Giancarlo Viglione  
Presidente APAT*

Partecipo assai volentieri alla presentazione di questa pubblicazione, alla quale l'Osservatorio Nazionale Pedologico ed io personalmente abbiamo offerto molto volentieri il nostro contributo. Credo che uno dei più grandi pregi del volume sia l'efficace e felice collaborazione fra competenze agrarie e ambientali.

Una delle più gravi disfunzioni dell'istruzione pubblica viene ricordata anche nella prima parte del volume: la cultura del suolo è estremamente carente in Italia. Nelle Università si ottiene una buona infarinatura di suolo solo nelle Facoltà di Agraria, e neppure in tutti i corsi di laurea, mentre perfino nelle Facoltà o corsi di laurea in scienze ambientali i relativi insegnamenti mancano o sono del tutto carenti. Eppure il suolo è il comparto ambientale più importante non solo per la produzione alimentare, ma anche per la chiusura dei cicli degli elementi nutritivi. E farsi una base di scienza del suolo è tutt'altro che elementare, anche perché alcune semplici regole di chimica del suolo possono apparire illogiche perfino al chimico non specialista. L'allontanamento della popolazione dalle attività primarie fa il resto. Non è raro trovare perfino documenti ufficiali che riscoprono o ignorano processi nati millenni fa.

*Homo sine humo?* Che direbbe oggi Columella di un "uomo senza suolo"? Penserebbe ad una civiltà nella quale l'agronomia e l'ambiente non hanno futuro.

Buona fortuna a questo volume, che in un certo senso va contro corrente, e ai suoi obiettivi.

Benvenuta oggi e in futuro la collaborazione fra l'ambiente e l'agricoltura.

*Paolo Sequi  
Coordinatore scientifico dell'Osservatorio  
Nazionale Pedologico*



**T**ornavo in albergo, qualche anno fa, e non si vedeva nulla per la gran quantità di sabbia che era nell'aria. Ad un certo punto ho intravisto un trattore che passava, e poi un altro, e poi un altro ancora, e così tanti. Erano guidati da uomini tutti bendati e sul rimorchio, pieno di pietre stavano la moglie e qualche figlio, anch'essi bendati allo stesso modo. Con la mia curiosità li ho seguiti ed ho scoperto un mondo per me sino ad allora sconosciuto. Dai campi appena arati volavano quantità spaventose di sabbia, e questi poveri uomini si affannavano a ricoprirli con le pietre che poggiavano su teli, arbusti e quanto altro affinché si fermasse l'erosione eolica e quindi restasse in loco il piccolo spessore di suolo che avrebbe garantito il loro raccolto e quindi la sopravvivenza.

Pensate, in questi luoghi una tempesta di vento può cambiare la vita di migliaia di persone! Quel giorno ero in Cina, ma potevamo essere in molte altre parti del mondo. Cose diverse, ma con la stessa finalità, infatti, dopo le ho viste fare alle pendici delle Ande, in Cile e in Argentina, e sicuramente posti simili ce ne saranno moltissimi altri che non conosco.

In Italia fortunatamente non abbiamo questo problema, però esiste una scarsissima cultura riguardo l'importanza del suolo, che rappresenta una risorsa fondamentale non rinnovabile, almeno alla scala di una vita umana, e come tale dovrebbe essere considerata. Nelle nostre regioni, infatti, la conservazione del suolo non è compromessa significativamente dal vento, o da altri agenti di modellamento di tipo geologico, bensì dall'azione dell'uomo. Negli ultimi 50 anni, in particolare, le potenzialità offerte dalla tecnologia e dallo sviluppo economico hanno comportato trasformazioni più o meno pesanti sull'intero territorio.

La crescita esponenziale della capacità d'intervento non è stata associata in generale ad una corretta valutazione degli effetti indotti. Per il suolo, anzi, sembra si sia persa (o dimenticata) anche la consapevolezza dei nostri genitori e nonni contadini, che lo ritenevano insieme all'acqua un elemento insostituibile da proteggere e utilizzare con parsimonia. Ricordiamo, come esempio, gli splendidi terrazzamenti realizzati per la coltura della vite e dell'ulivo in Liguria, in Sabi-

na, in Campania e in tante altre regioni, solo con il lavoro delle proprie braccia (i più fortunati con l'aiuto di un asinello).

Molti degli aspetti che rendono peculiare, vario e particolarmente gradevole il territorio italiano sono riferibili, in tutto o in parte, al suolo. La sua presenza non è determinante solo per l'attecchimento e lo sviluppo della vegetazione, e quindi per la "bellezza" del paesaggio, ma anche per la regimazione dello scorrimento superficiale, la limitazione nella degradazione delle rocce, la protezione della circolazione idrica sotterranea dalle fonti di inquinamento superficiali. Non tralasciamo poi la ricchezza e la varietà delle produzioni agricole (basta pensare ai vini), connesse allo sviluppo di una vasta gamma di suoli, la cui origine è riferibile all'esplicarsi di condizioni climatiche molto diversificate su un vasto campionario di sequenze litologiche.

Il suolo può essere visto come il "ponte" o la "connessione" tra il mondo inanimato delle rocce e gli organismi viventi. La sua composizione è molto complessa e la conoscenza sugli equilibri chimico-fisici che presiedono alla sua formazione ed evoluzione restano tuttora poco conosciuti. In pratica, il suolo non è sintetizzabile in laboratorio e, quindi, non possiamo "fabbricarne" di nuovo, ma solo utilizzare al meglio quello disponibile. Tutti questi aspetti devono farci riflettere, non solo sull'importanza delle condizioni in cui si è sviluppato il suolo, ma anche e soprattutto sui caratteri dell'ambiente in cui si trova attualmente e delle sue possibilità di conservazione.

A riprova, basti guardare all'occupazione selvaggia di pianure, che per definizione presentano ottimi suoli, per la realizzazione di infrastrutture e insediamenti, magari dalla vita effimera, ma che comunque comportano la perdita definitiva di vaste superfici coperte da suoli evoluti. Il grado abituale di considerazione del suolo è illustrato, in modo ancora più efficace, dal trattamento che ad esso riserviamo dopo la sua rimozione: l'accumulo come materiale di risulta dai caratteri scadenti, o peggio un rifiuto da portare a discarica.

Quest'ultimo aspetto, forse meno evidente ai non addetti ai lavori, si verifica costantemente nell'attività edilizia. La costruzione di una ferrovia, di una strada, di un edificio, o di qualsiasi altra opera, è preceduta dalla rimozione dello strato più superficiale di terreno, lo "scotico" in gergo cantieristico (in genere compreso tra 0.5 - 1.0 metri), comprendente appunto il suolo. I Progettisti si pongono raramente il problema di limitare la distruzione del suolo o almeno provvedere al recupero di quello rimosso, in vista di un possibile reimpiego. La sua presenza, anzi, è vista come un inconveniente che comporta fastidiosi lavori di sbancamento e trasporto, aggravato dall'impossibilità di un suo utilizzo ingegneristico per le scadenti caratteristiche meccaniche.

Forse è il momento di rivedere il nostro approccio verso il suolo, prima che questa risorsa risulti irrimediabilmente compromessa. Mi auguro, pertanto, che quanto riportato in questo volume, frutto della collaborazione tra il mondo ambientale e quello dell'agricoltura, riesca ad incrementare la sensibilizzazione sull'importanza di mantenere questo tesoro che è il suolo italiano, dalle Alpi agli Iblei.

Leonello Serva  
Direttore del Dipartimento Difesa del Suolo

## 1. IL SUOLO

Sintesi CTS da testi originali di:

La complessità del suolo <i>(A. Di Fabbio &amp; F. Fumanti)</i>	
La variabilità dei suoli italiani <i>(E. A. C. Costantini)</i>	12
Qualità, attitudine e vocazionalità per una agricoltura sostenibile <i>(G. Vianello)</i>	16
L'uso del suolo in Italia: il Progetto CORINE Land Cover 2000 <i>(C. Maricchiolo, M. Munafò, A. Pugliese &amp; V. Sambucini)</i>	19
L'importanza didattica del suolo <i>(G. Vianello)</i>	22
Le funzioni e le minacce <i>(A. Di Fabbio &amp; F. Fumanti)</i>	24

## 2. LE FUNZIONI DEL SUOLO

Sintesi CTS da testi originali di:

La produzione di biomassa Le colture energetiche, una via percorribile <i>(R. Francaviglia &amp; F. Riccioni)</i>	28
Il suolo nel ciclo del carbonio <i>(R. Francaviglia)</i>	32
Filtro, capacità tampone e trasformazione di materiali e sostanze diverse <i>(R. Francaviglia)</i>	34
Habitat biologico e riserva genetica <i>(N. Calace, A. Di Fabbio &amp; C. Jacomini)</i>	36
Il suolo e la città <i>(A. Di Fabbio)</i>	38
Luogo e mezzo di conservazione e tramite d'accesso a giacimenti paleontologici ed archeologici di fondamentale significato culturale <i>(F. Angelelli &amp; M. Di Leginio)</i>	40
Il suolo come mezzo di accesso alle materie prime <i>(M. Di Leginio)</i>	42



### 3. LA DEGRADAZIONE DEL SUOLO

Sintesi CTS da testi originali di:

La compattazione <i>(M. Pagliai)</i>	46
La diminuzione della sostanza organica <i>(A. Di Fabbio)</i>	48
La perdita di biodiversità <i>(A. Di Fabbio &amp; C. Jacomini)</i>	50
La salinizzazione <i>(a cura di C. Dazzi)</i>	52
L'erosione idrica <i>(P. Bazzoffi)</i> Valutazione del rischio di erosione idrica in Italia <i>(N. Filippi, L. Montanarella, E. Rusco &amp; S. Selvaradjou)</i>	54
L'impermeabilizzazione <i>(R. Barberis)</i> La carta nazionale dell'impermeabilizzazione del suolo <i>(M. Munafò &amp; L. Romano)</i>	58
La contaminazione diffusa <i>(P. Giandon)</i>	62
La contaminazione puntuale <i>(a cura di S. Canestrari &amp; S. Pietra)</i>	64
Le alluvioni <i>(I. Rischia &amp; D. Verri)</i>	66
Le frane <i>(F. Fumanti &amp; I. Rischia)</i> Il Progetto IFFI <i>(C. Iadanza &amp; A. Trigila)</i>	68
La desertificazione <i>(A. Di Fabbio, A. Luise &amp; M. Di Leginio)</i> La valutazione della sensibilità alla desertificazione in Italia <i>(A. Luise)</i>	72



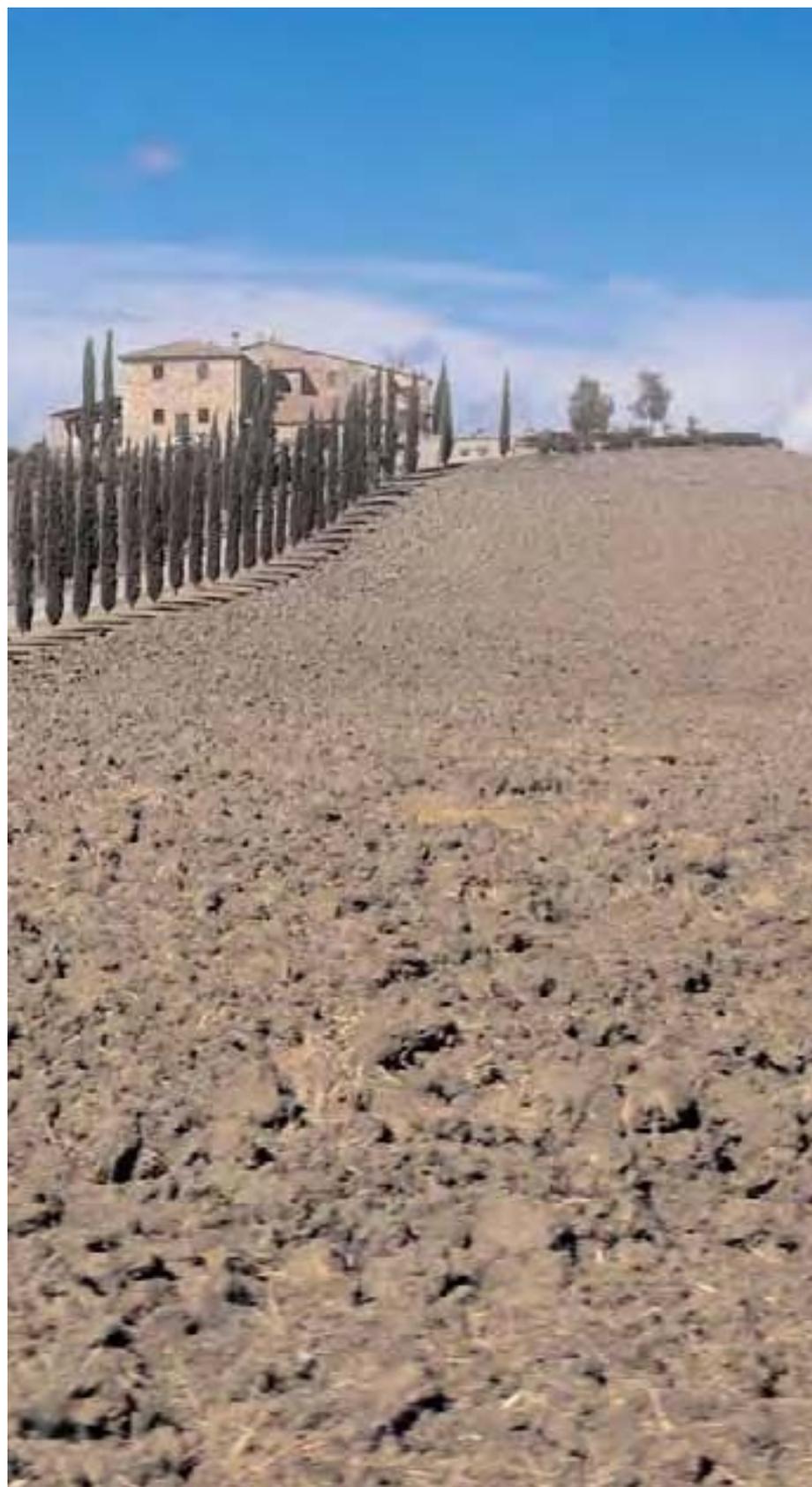
### 4. LE PROBLEMATICHE DEI SUOLI NELLE REGIONI ITALIANE

Sintesi CTS da testi originali di:

Piemonte <i>(M. Piazzì)</i>	78
Lombardia <i>(S. Brenna)</i>	80
Trentino Alto Adige <i>(G. Orsingher &amp; D. Porro, TN; M. Thalheimer, BZ )</i>	82
Veneto <i>(P. Giandon &amp; R. Cappellin)</i>	84
Friuli Venezia Giulia <i>(G. Michelutti &amp; S. Barbieri)</i>	86
Emilia Romagna <i>(M. Guermandi)</i>	88
Toscana <i>(L. Gardin &amp; A. Vinci)</i>	90
Umbria <i>(G. Primieri)</i>	92
Marche <i>(M. Tiberi)</i>	94
Abruzzo <i>(I. Chiucchiarelli, M. Paolanti, R. Riveccio &amp; S. Santucci)</i>	96
Molise <i>(T. Reale)</i>	98
Campania <i>(A. D'Antonio &amp; M.R. Ingenito)</i>	100
Puglia <i>(F. Bellino)</i>	102
Basilicata <i>(L. Viviano)</i>	104
Calabria <i>(G. Aramini)</i>	106
Sicilia <i>(F. Guaitoli &amp; M. G. Matranga)</i>	108
Sardegna <i>(G. Loj &amp; S. Madrau)</i>	110
Le altre regioni <i>(da MATTM, 2001 Relazione sullo Stato dell'Ambiente)</i>	112
Fonti delle figure	116







*“La terra non ci è stata regalata dai nostri genitori ma prestata dai nostri figli”*

*Proverbio africano*

## **1. IL SUOLO**

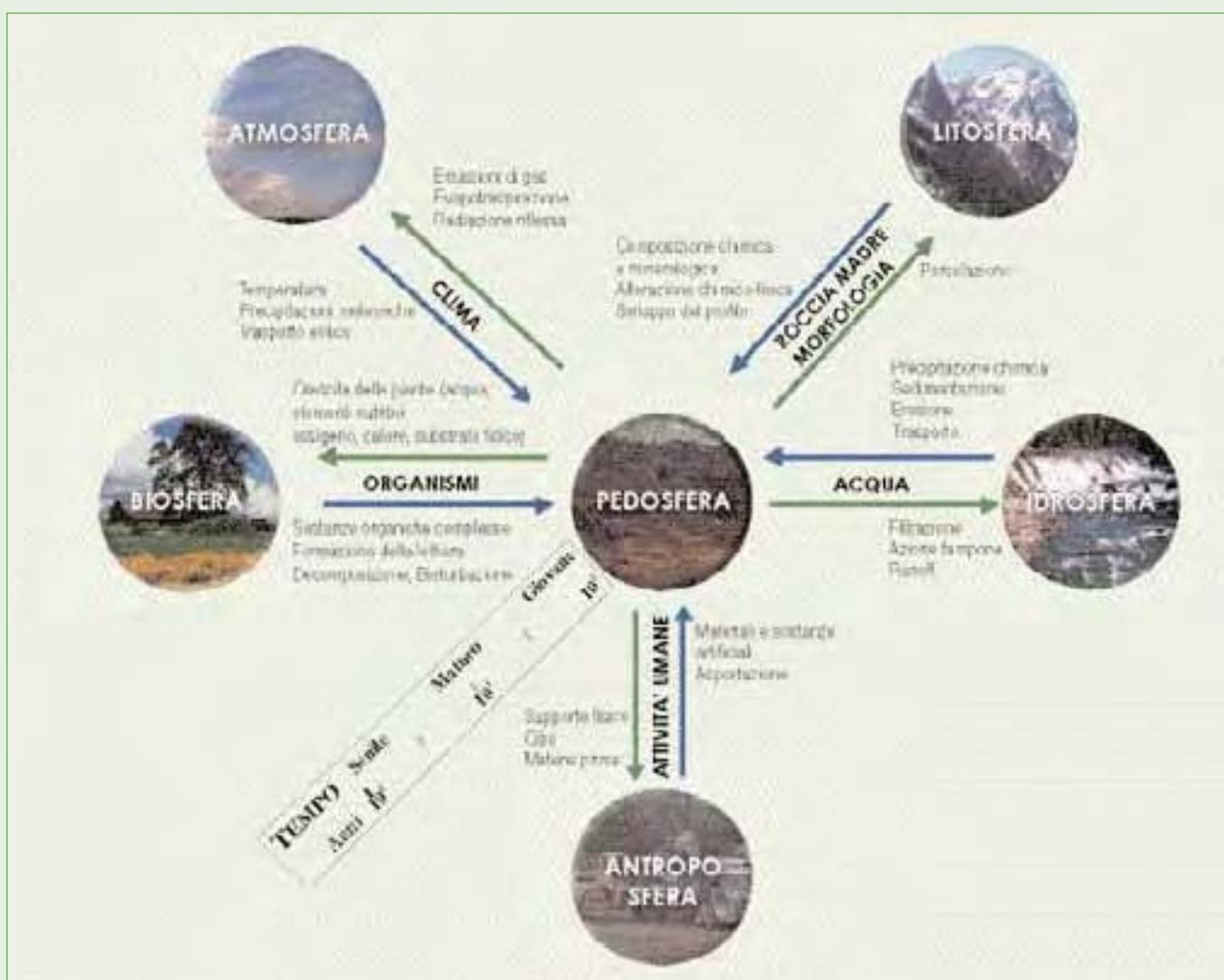


## LA COMPLESSITÀ DEL SUOLO

Il suolo è un corpo naturale che ricopre, con una continuità interrotta solo da ghiacci, acque e rocce nude, le parti emerse della superficie terrestre e rappresenta il supporto di tutta l'attività biotica all'interno degli ecosistemi terrestri. Esso deriva da complessi e continui fenomeni di interazione tra aria (atmosfera), acqua (idrosfera), substrato geologico (litosfera), organismi viventi (biosfera), attività umane (antroposfera) e rappresenta la "membrana" attraverso la quale avvengono gli scambi di energia e materia con la litosfera e gli altri compartimenti ambientali regolati mediante emis-

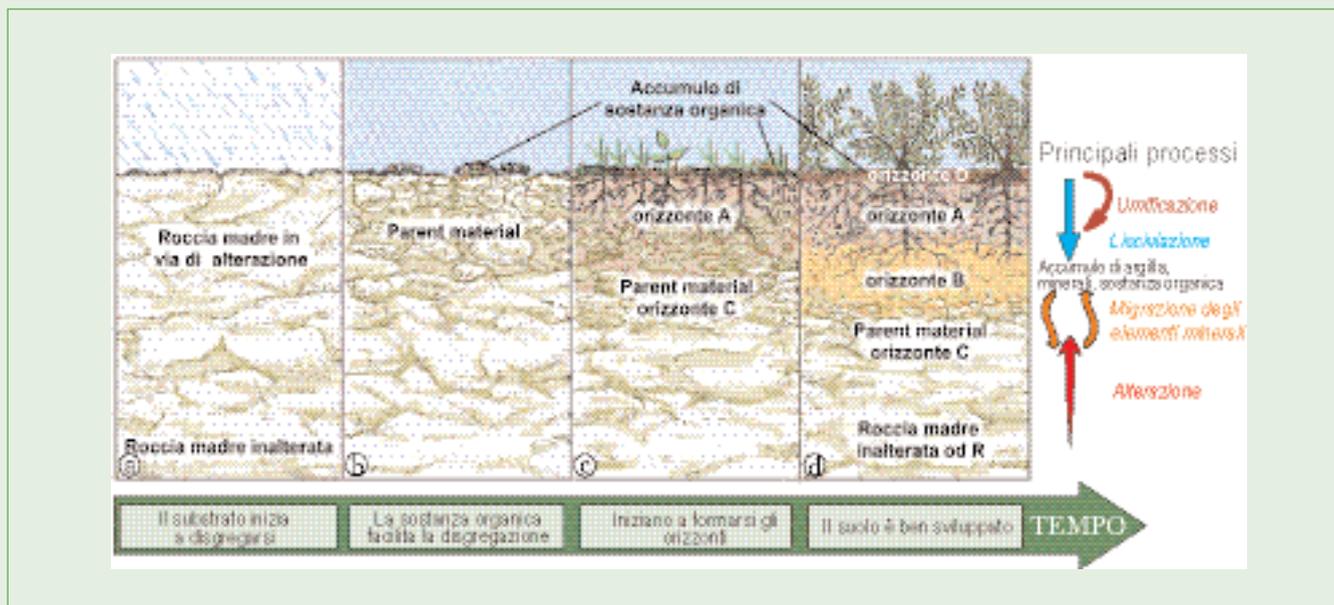
sione o ritenzione di flussi e sostanze (Fig. 1.1). L'energia e la materia incorporate al suo interno vengono trasformate, tramite un laboratorio biologico straordinariamente differenziato e non ancora totalmente compreso, composto da una grande varietà di organismi, in forme utili a sostenere la vita.

Il suolo è pertanto un corpo vivente in continuo divenire, composto da particelle inorganiche, sostanze organiche, aria ed acqua, in cui si esplicano i cicli biogeochimici necessari per il mantenimento degli esseri viventi sulla superficie del pianeta.



**Fig. 1.1** - Schematizzazione delle reciproche relazioni tra la pedosfera e gli altri compartimenti ambientali. In neretto sono rappresentati i fattori della pedogenesi. La persistenza e l'intensità dei fattori nel tempo determinano il grado di sviluppo e la qualità del suolo. Tra gli agenti naturali il principale è, generalmente, il clima che influenza, in vario modo, gli altri. Negli ultimi decenni le attività umane hanno assunto un ruolo fondamentale nella capacità di modificare le caratteristiche naturali del suolo. L'antroposfera riceve dal suolo gli elementi necessari al proprio sostentamento che di contro viene, troppo spesso, trattato come un elemento di disturbo da rimuovere, un contenitore degli scarti della produzione umana oppure un mezzo da sfruttare con una scarsa consapevolezza degli effetti derivanti dalla perdita delle sue funzioni.

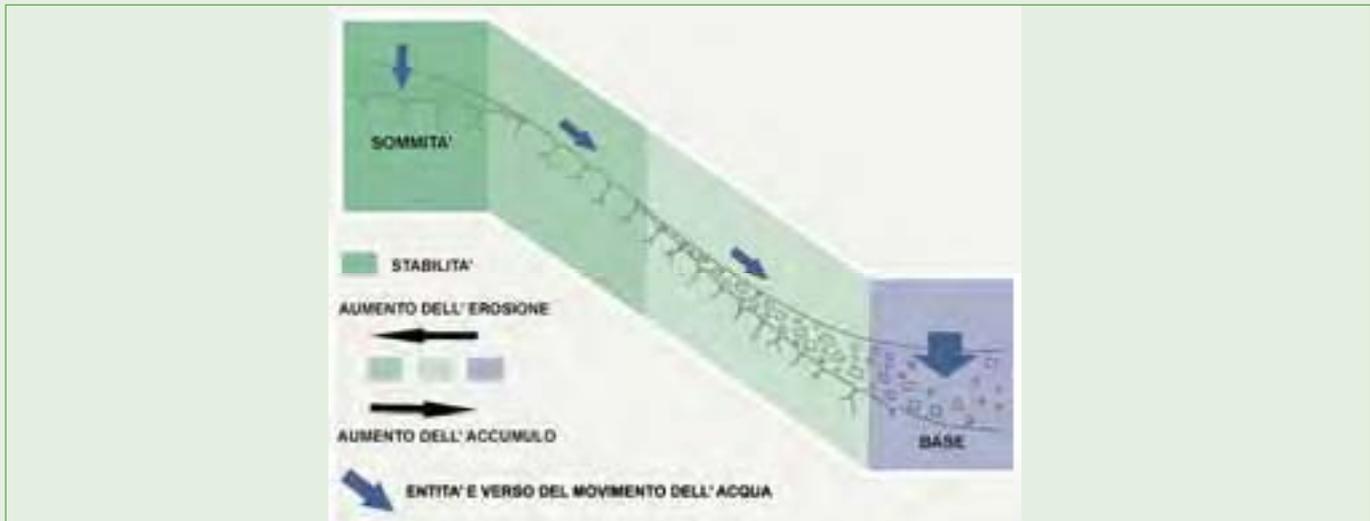
La grande variabilità dei fattori pedogenetici si riflette in una forte differenziazione dei suoli nel tempo e nello spazio (Fig. 1.2 - 1.3 - 1.4).



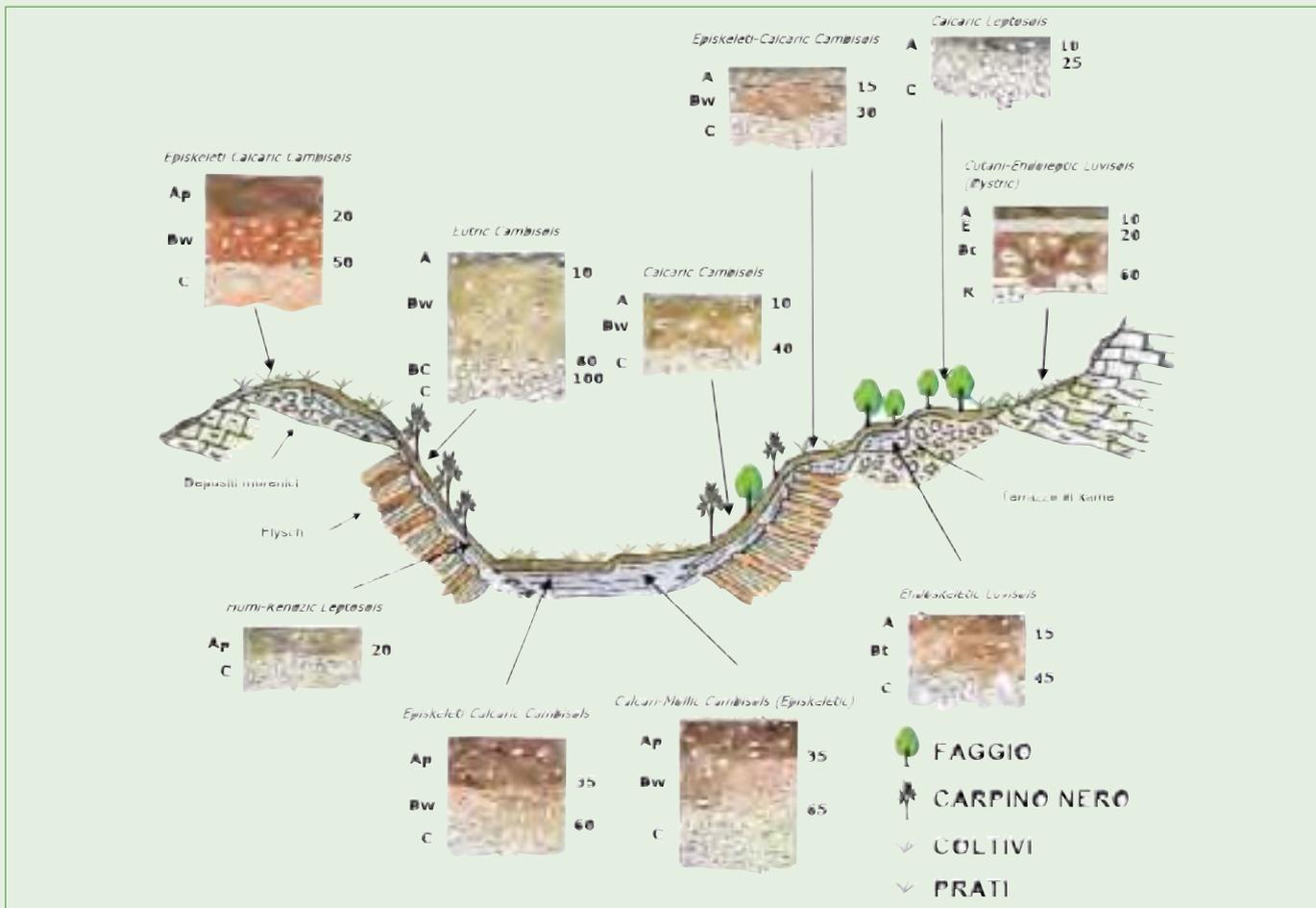
**Fig. 1.2** - Evoluzione schematica di un suolo e sua variabilità verticale. Appena un corpo roccioso viene a trovarsi in condizioni subaeree inizia la sua disaggregazione ad opera degli agenti atmosferici (a). La decomposizione dei primi organismi vegetali fornisce sostanza organica che incrementa il tasso di disaggregazione della roccia madre; si forma il substrato pedogenetico (parent material) da cui si svilupperà il suolo (b); inizia la crescita della vegetazione i cui residui vengono trasformati in humus che origina un orizzonte bruno-nerastro (orizzonte A) a diretto contatto con il parent material (c). La progressiva rimozione dei minerali solubili, disaggregazione della roccia, accumulo di sostanza organica, la riorganizzazione delle particelle in aggregati e la redistribuzione dei prodotti grazie all'incessante azione dell'acqua portano alla formazione di orizzonti omogenei e differenziati tra loro (D). L'insieme degli orizzonti forma il profilo del suolo la cui composizione è strettamente dipendente dai fattori pedogenetici locali.

<b>Orizzonte O:</b>	orizzonte organico che può essere distinto in O <sub>1</sub> (lettiera integra) ed O <sub>2</sub> (materiali organici in decomposizione più o meno riconoscibili dai prodotti d'origine).
<b>Orizzonte A:</b>	orizzonte organico-minerale, costituito dall'aggregazione di sostanza organica con i prodotti di alterazione della frazione minerale. Il colore dominante negli ambienti a clima temperato, è bruno scuro.
<b>Orizzonte E:</b>	orizzonte minerale, grigio-cenere, in cui si è avuta la perdita di argilla, Fe ed Al o sostanza organica e l'accumulo residuale di minerali poco alterabili.
<b>Orizzonte B:</b>	orizzonte minerale, che differisce dal sottostante C per un'alterazione più spinta e/o per un accumulo di argilla, sostanza organica, ossidi, provenienti dagli orizzonti più superficiali.
<b>Orizzonte C:</b>	orizzonte di disaggregazione in prevalenza fisica, della roccia o del parent material.
<b>R:</b>	roccia in posto non alterata.

**Tab. 1.1** - Nella nomenclatura pedologica corrente gli orizzonti vengono indicati mediante l'uso di lettere maiuscole. La lettera principale è di norma seguita da un suffisso, una lettera minuscola, che sta ad indicare distinzioni che dipendono da particolari proprietà dell'orizzonte in questione (es. presenza di ferro, di ghiaccio permanente, accumulo di carbonati ecc.). Di norma in un profilo si possono trovare due o più degli orizzonti riportati in tabella.



**Fig. 1.3** - Esempio di variabilità spaziale. Anche in aree geologicamente omogenee il suolo è in possesso di una variabilità spaziale che è funzione della posizione che esso occupa nel paesaggio. Lungo un pendio, in funzione delle diverse dinamiche dell'acqua, i processi che portano alla formazione e allo sviluppo del suolo possono variare sensibilmente.



**Fig. 1.4** - Esempio di variabilità spaziale. All'interno di aree geologicamente e morfologicamente complesse sono generalmente presenti diverse tipologie di suolo.

Poichè i tempi di formazione di un suolo maturo sono, almeno alle nostre latitudini, perlopiù lunghi, è molto probabile che il suo sviluppo non segua un processo continuo e lineare come quello esemplificato in Fig. 1.2.

Durante la formazione di un suolo possono verificarsi mutamenti nelle condizioni climatiche e la sua l'evoluzione può essere bruscamente interrotta da eventi naturali (apporti eolici, sedimenti alluvionali, accumuli di ceneri vulca-

niche, parziale asportazione per movimenti gravitativi ecc.) o antropici che possono modificarne profondamente il profilo e le caratteristiche e condizionarne la futura evoluzione.

Il riconoscimento delle fasi che hanno portato alla formazione di un suolo rappresenta pertanto un dato fondamentale nella comprensione della complessa storia evolutiva dell'ambiente naturale ed antropizzato.

**LA VARIABILITÀ DEI SUOLI ITALIANI**

Il territorio italiano è caratterizzato da una grande complessità climatica, litologica e morfologica che condiziona lo sviluppo dei diversi processi pedogenetici e si traduce in una forte variabilità dei tipi di suolo presenti anche a scala locale. Essi possono essere rappresentati cartograficamente secondo diversi livelli gerarchici. Il primo livello, utile per sintesi nazionali ed europee, è rappresentato dalla carta delle Regioni Pedologiche d'Italia (*Soil Regions*) (Fig. 1.5). Le regioni pedologiche (34 sul territorio nazionale) sono state definite sulla base delle principali caratteristiche climatiche, litologiche, morfologiche e sulla base dei suoli

prevalenti, del loro regime termico ed idrico (pedoclima), della loro capacità d'uso, delle limitazioni permanenti e dei principali processi degradativi.

All'interno delle *Soil Regions* è possibile riconoscere pedoambienti omogenei per caratteristiche climatiche, litologiche e morfologiche (Province Pedologiche o *Soil Subregions*; scala 1:1.000.000) ulteriormente suddivisibili in Sistemi Pedologici (scala 1:500.000) e Sottosistemi Pedologici. Questi ultimi costituiscono le unità cartografiche delle carte dei suoli alla scala 1:250.000, derivanti da rilevamenti di maggior dettaglio (Fig. 1.5).



**Fig. 1.5** - Carta delle Regioni Pedologiche Italiane (*Soil Regions*) elaborata dal Centro Nazionale di Cartografia Pedologica, dai Servizi Pedologici Regionali e dall'European Soil Bureau. All'interno di ogni *Soil Region* sono presenti molte tipologie diverse di suoli che vengono rappresentate cartograficamente con diverso dettaglio a seconda della scala utilizzata.

## QUALITÀ, ATTITUDINE E VOCAZIONALITÀ PER UNA AGRICOLTURA SOSTENIBILE

**L** rapidi e radicali processi evolutivi che hanno condizionato l'ambiente nel nostro Paese negli ultimi quarant'anni richiedono strumenti idonei d'indagine per valutare oggettivamente le cause che hanno contribuito a tali trasformazioni, sia esse di origine antropica che naturale, ed in particolare a quelle che interagiscono con il suolo.

Nel recente passato il rapporto tra l'uomo e il suolo era fortemente condizionato dai fattori naturali esterni ed interni ad esso (clima, acclività, profondità, rocciosità, etc.), dalle disponibilità socio-economiche ma, soprattutto, dalla forza lavoro espressa in addetti al settore primario. In funzione di tali condizionamenti le scelte colturali venivano ad adattarsi ai diversi ecosistemi diversificando nel nostro Paese le tipologie del paesaggio rurale. In poche parole la produttività agro-forestale e zootecnica era in gran parte legata alle potenzialità naturali del sistema clima - suolo - pianta, sfruttando al meglio le conoscenze gestionali acquisite in secoli di esperienza dagli esperti e dai conduttori delle aziende. Nella seconda metà del XX secolo l'introduzione della chimica, della meccanizzazione e di svariate forme energetiche trasforma il mondo agricolo e la ricerca risulta protesa al miglioramento delle

capacità produttive dei terreni agricoli e forestali in termini sia qualitativi che quantitativi.

Le scelte colturali che nel passato venivano adattate alle condizioni naturali e socio-economiche dei diversi ecosistemi, vengono ai giorni d'oggi spesso imposte attraverso investimenti e l'utilizzo di risorse energetiche considerevoli (monocolture, selezioni genetiche, lavorazioni profonde, irrigazione, e così via) spesso con effetti controproducenti nel medio e lungo periodo (Fig. 1.6).

Se oggi è impensabile il ritorno ad una agricoltura autarchica, è pur vero che l'operatore agricolo deve riacquisire quella sensibilità ambientale che gli permetta un uso più adeguato della risorsa suolo conoscendone oggettivamente i limiti e le potenzialità.

Nella pianificazione territoriale la conoscenza del grado di compatibilità tra le varie funzioni del suolo è di primaria importanza. Per potere gestire e conservare la "risorsa suolo" è indispensabile conoscere la distribuzione spaziale delle sue caratteristiche, onde poter evitare la diminuzione del valore economico, sociale ed ecologico nel breve e nel lungo termine. L'inventario dei tipi di suolo e la predisposizione di cartografia pedologica mirano a tale scopo dal momento che solo disponendo di strumen-

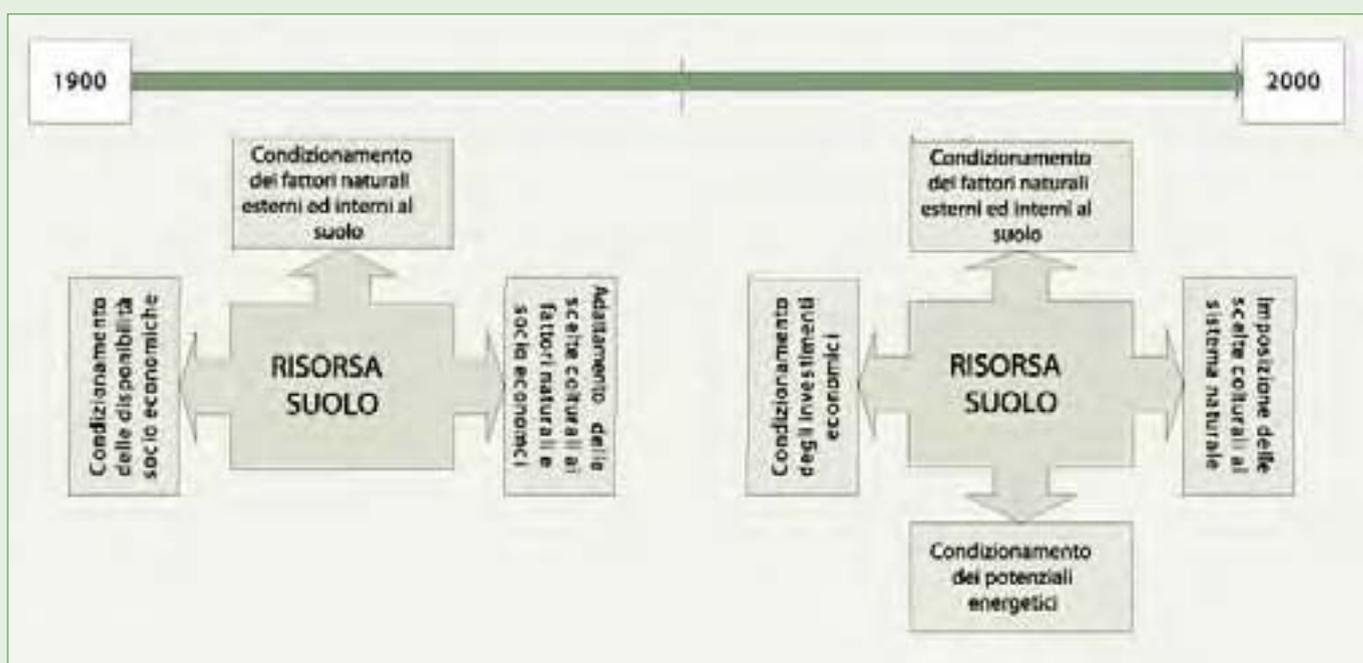


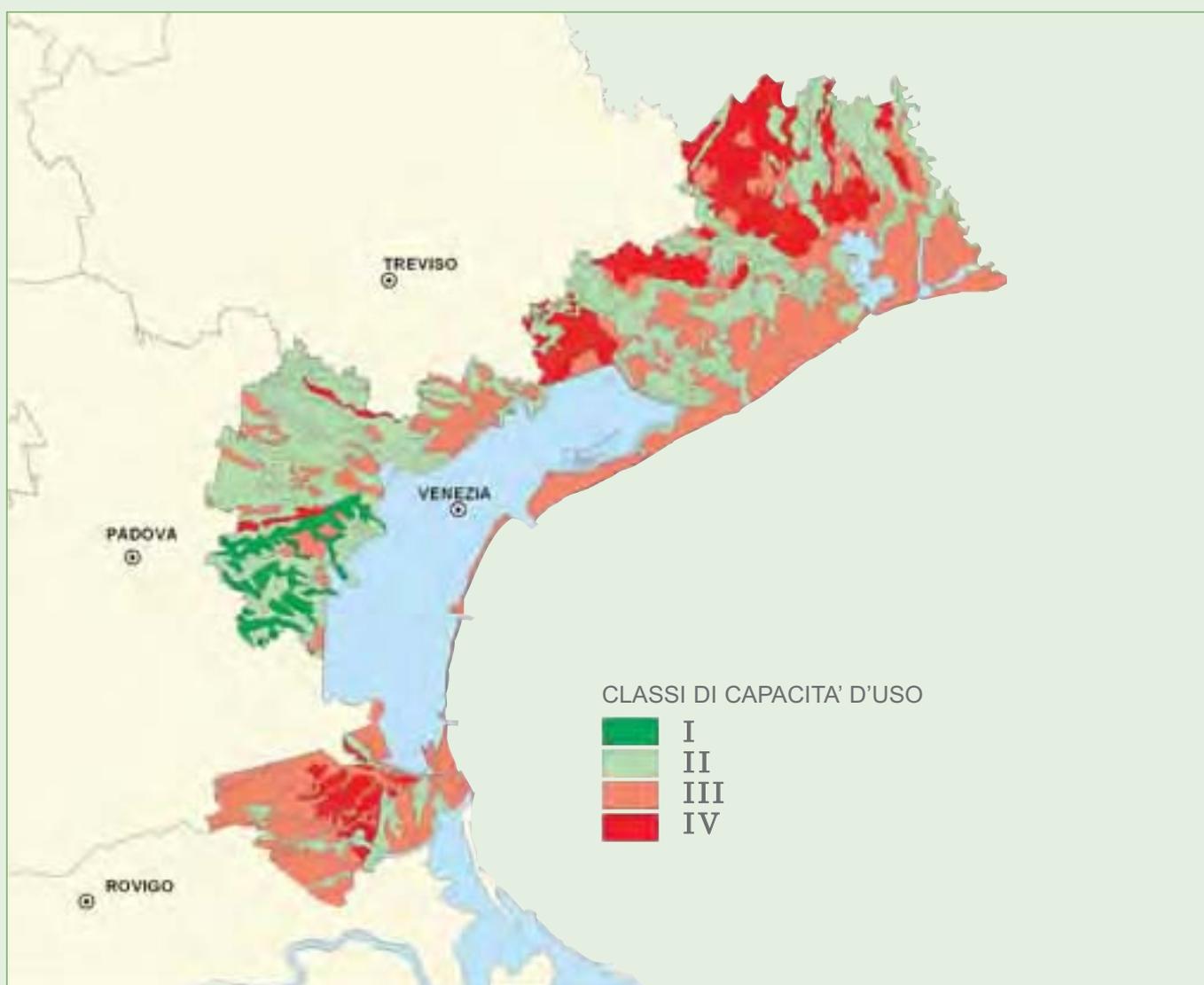
Fig. 1.6 - Il suolo: da risorsa condizionante a risorsa condizionata nel corso del ventesimo secolo.

ti idonei si possono operare scelte corrette nella pianificazione del territorio, come nel caso della destinazione dei terreni di minor "valore" per produzione agricola ad altre funzioni, ugualmente essenziali, quali lo smaltimento dei rifiuti o l'espansione urbana.

Nella logica di una "agricoltura sostenibile" è compito dell'indagine pedologica fornire indicazioni utili per razionalizzare le pratiche agricole e per garantire nel tempo una corretta gestione della "risorsa suolo" mantenendone inalterate le potenzialità di fertilità e di produttività in equilibrio con l'ecosistema.

La valutazione della capacità d'uso dei suoli a fini agro-silvo-pastorali rappresenta una tra le più significative applicazioni dello strumento pedologico (Fig. 1.7).

I sistemi di classificazione per tale valutazione raggruppano le unità di territorio in un certo numero di classi ordinate in funzione del valore limitante espresso da proprietà pedologiche (interne al suolo) ed ambientali (esterne al suolo); si prevede che tali proprietà siano quelle che portano a limitazioni più o meno modificabili o permanenti alle possibili utilizzazioni del suolo.



**Fig. 1.7** - La valutazione della capacità d'uso dei suoli prevede la ripartizione in un certo numero di classi che rappresentano limitazioni all'uso crescenti.

#### **ABITABILITÀ E NUTRIZIONE SONO FUNZIONI ESSENZIALI DEL SUOLO**

La funzione di abitabilità del suolo dipende da una serie complessa di condizioni chimiche e fisiche (struttura, porosità, permeabilità, temperatura, reazione, presenza di sostanze tossiche, ecc.). La funzione di nutrizione è condizionata dalla capacità del suolo di mettere a disposizione gli elementi nutritivi mediante la presenza di acqua, composti chimici, colloidali e di attività microbica. Dall'interazione tra queste due funzioni e le piante, e dalla risposta quali-quantitativa di queste ultime ai fattori vitali dipende la fertilità del terreno e quindi l'attitudine del suolo a produrre.



Nell'attuazione di un procedimento di "Land evaluation" la FAO sottolinea che un progetto di valutazione del territorio dovrebbe essere in grado di rispondere a questioni del tipo: quali miglioramenti nelle pratiche di conduzione agronomica sono possibili?

Quali altri usi del territorio sono fisicamente possibili ed economicamente e socialmente rilevanti?

Quali di questi usi offrono possibilità di produzioni attuabili senza degrado o altri benefici?

Quali effetti negativi, fisici, economici o sociali, sono associati con ogni uso specifico?

Quali interventi ricorrenti sono necessari per raggiungere la produzione desiderata e ridurre al minimo gli effetti negativi?

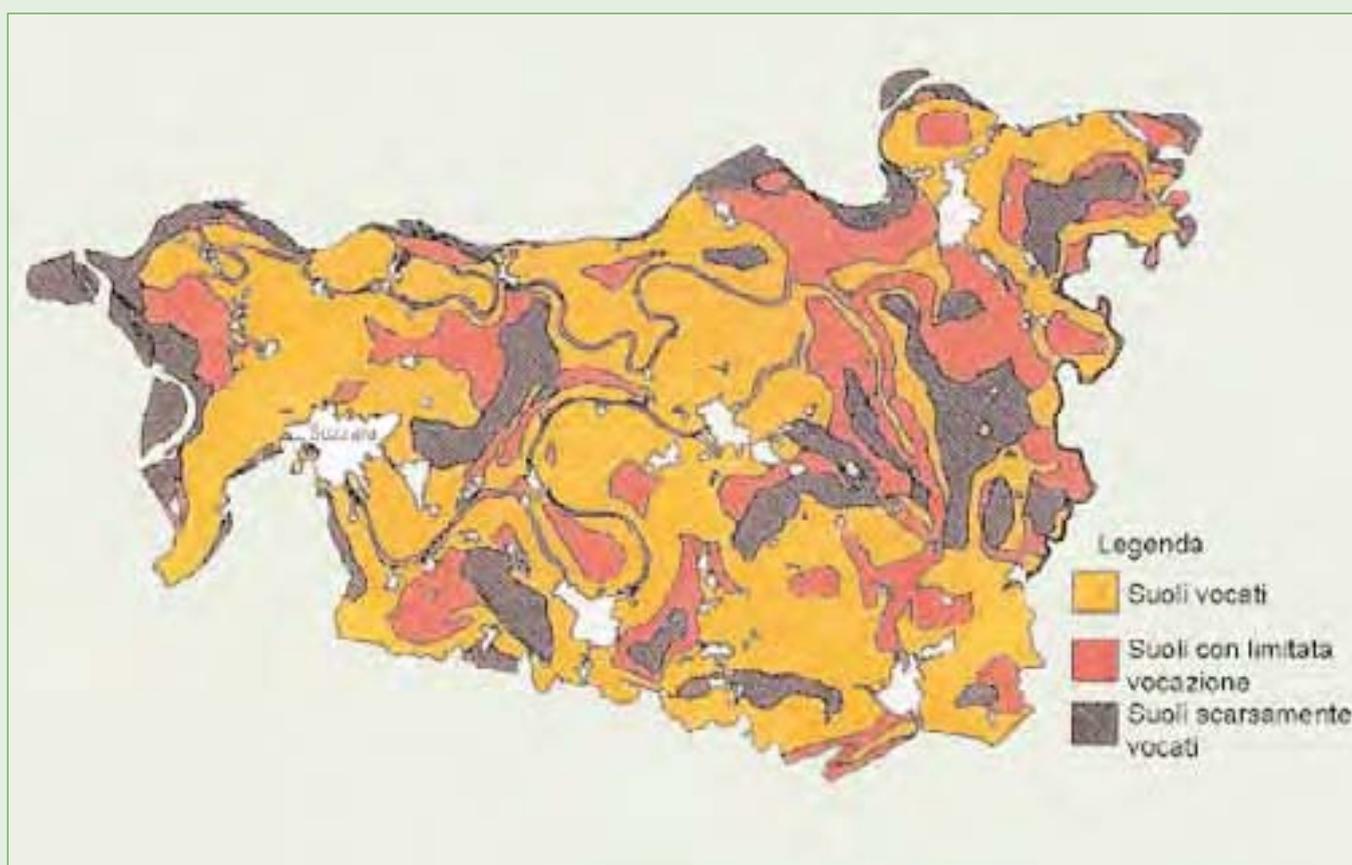
Quali sono i benefici per ogni forma di utilizzo del territorio?

In questa ottica l'indagine pedologica deve fornire risposte adeguate ad una serie di principi fondamentali, quali:

- **l'attitudine del suolo in un determinato contesto territoriale deve riferirsi ad un uso specifico:** risulta infatti inutile e talvolta fuorviante indicare un'attitudine ad una agricoltura generalizzata quando invece il pianificatore

del territorio ha necessità di informazioni per un uso specifico (Fig. 1.8);

- **l'attitudine deve essere per un uso di mantenimento:** ciò significa evitare la degradazione o l'erosione del suolo, ovvero il costo di controllo dell'erosione deve essere considerato nella comparazione tra i prodotti ottenuti e gli interventi necessari per i vari tipi di territorio;
- **la valutazione deve poter comparare più di un tipo di uso del suolo:** ad esempio tra l'uso attuale ed un nuovo uso proposto, o tra differenti colture, o tra sistemi colturali, o tra uso agricolo ed uso forestale. Lo studio degli usi alternativi permette di assicurarsi che utilizzazioni vantaggiose non siano ignorate;
- **la valutazione delle caratteristiche del territorio e delle attitudini dei suoli vanno affrontati in un contesto multidisciplinare:** non esiste una sola disciplina in grado di coprire tutti gli aspetti di tale valutazione, che deve tenere nel dovuto conto, tra l'altro, le condizioni economiche e sociali.



**Fig. 1.8** - Esempio di carta della vocazionalità dei suoli: vocazione delle terre alla coltura del pero, area sinistra Secchia (MN).

## L'USO DEL SUOLO IN ITALIA: IL PROGETTO CORINE LAND COVER 2000

Le moderne tecniche d'analisi spaziale e di telerilevamento costituiscono uno strumento molto potente a supporto delle valutazioni ambientali su ampia scala geografica. Le carte digitali di uso e copertura del suolo permettono di fotografare alcune caratteristiche del territorio e di individuarne le evoluzioni nel tempo.

(AEA), la prima realizzazione di un progetto CLC risale al 1990 (CLC90).

Le metodologie, le procedure e gli standard per l'aggiornamento del CLC sono state definite sulla base delle esigenze conoscitive espresse principalmente dai decisori politici, dagli amministratori e dalla comunità scientifica. Queste necessità riguardano, ad esempio, la

Codice CLC	Uso del suolo CLC 1° Livello	2000 [km <sup>2</sup> ]	1990 [km <sup>2</sup> ]	2000 - 1990 [km <sup>2</sup> ]
1	Superfici artificiali	14.316,10	13.489,40	826,8
2	Superfici agricole utilizzate	156.452,90	157.886,90	-1.434,00
3	Territori boscati e ambienti semi-naturali	126.823,70	126.224,90	598,8
4	Zone umide	690,8	690,7	0,1
5	Corpi idrici	3.131,70	3.123,00	8,7

Tab. 1.2 - Variazioni dell'uso del suolo in Italia (1° livello CORINE), nel periodo 1990-2000.

In questo contesto, l'iniziativa CORINE Land Cover (CLC) è nata a livello europeo specificamente per il rilevamento e il monitoraggio delle caratteristiche di copertura e uso del territorio, con particolare attenzione alle esigenze di tutela. Coordinata dalla Commissione Europea e dall'Agenzia Europea per l'Ambiente

valutazione dell'efficacia delle politiche regionali di sviluppo, la valutazione dell'impatto delle politiche agricole sull'ambiente, l'elaborazione di strategie per una gestione integrata delle aree costiere, l'implementazione delle convenzioni sulla biodiversità e delle direttive sull'habitat e sugli uccelli, la gestione integrata

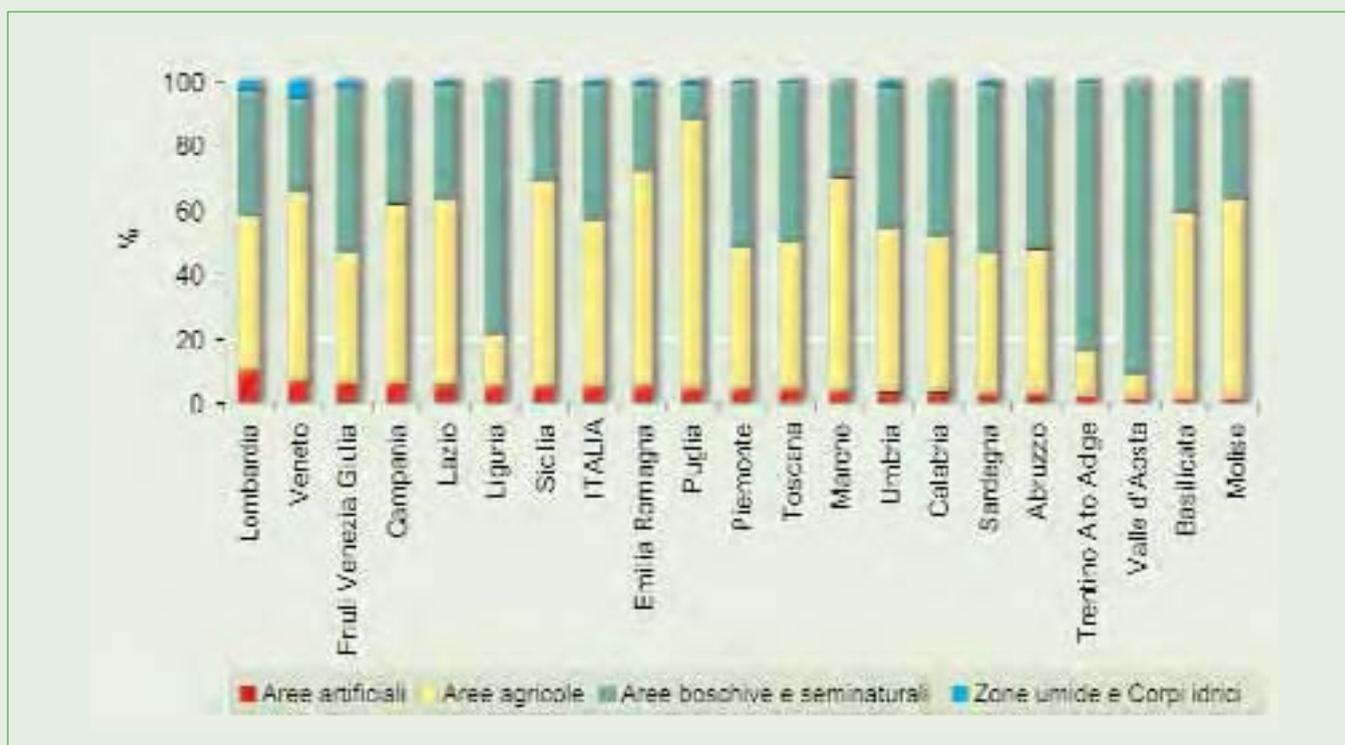
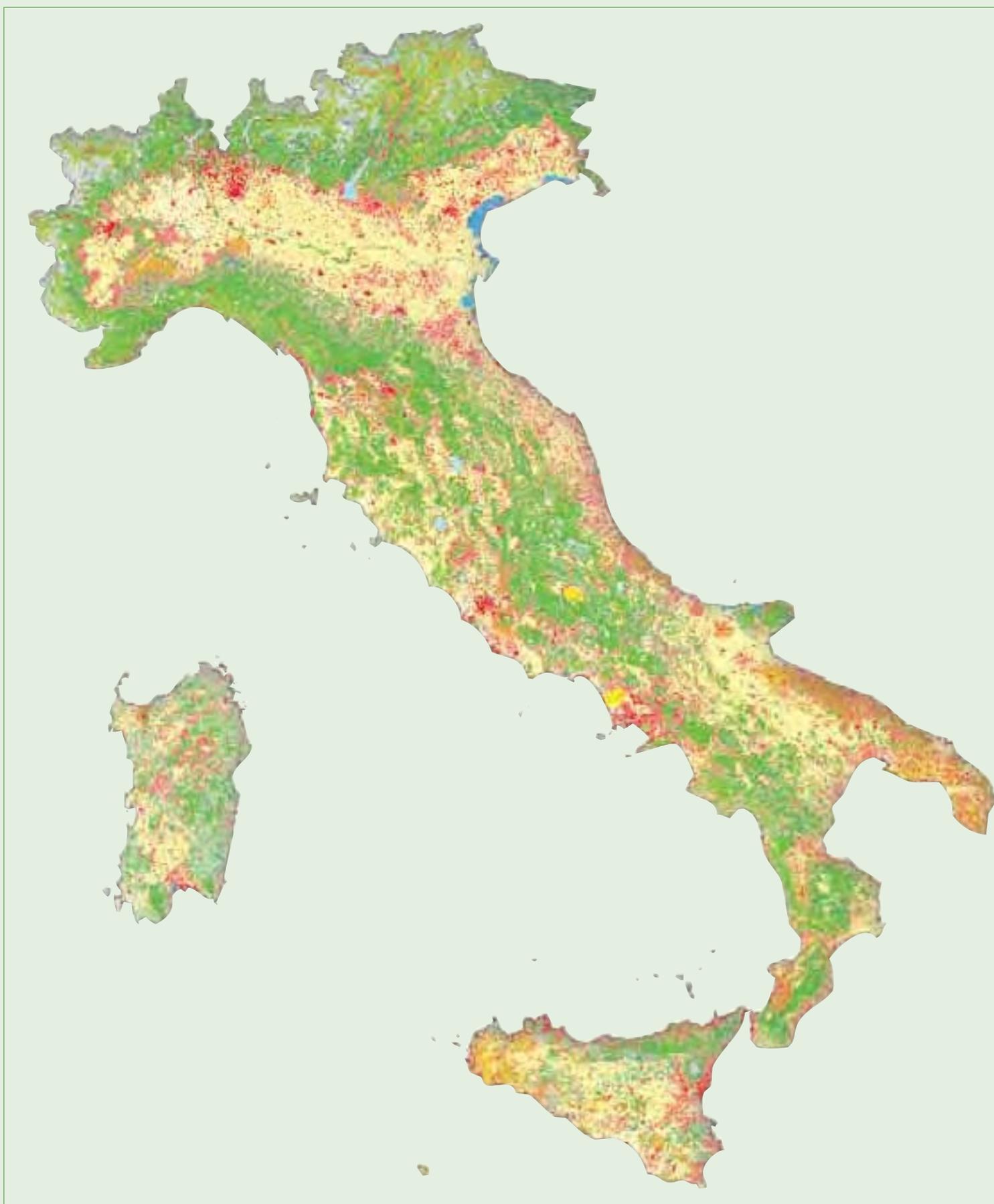


Fig. 1.9 - Distribuzione percentuale dell'uso del suolo per classi di primo livello CLC.



**Fig. 1.10** - Carta nazionale CORINE Land Cover 2000 per classi di terzo livello.

dei bacini idrografici, la valutazione delle emissioni atmosferiche, la misura della qualità dell'aria e la valutazione ambientale strategica delle reti di trasporti.

A distanza di circa dieci anni dalla prima realizzazione del CORINE Land Cover (CLC 90), l'AEA e la Direzione Politiche Regionali della Commissione hanno lanciato il progetto deno-

minato *Image & CORINE Land Cover 2000* (I&CLC2000) con l'obiettivo di aggiornare la base dati CLC e quindi di individuare le principali dinamiche di cambiamento di copertura e uso del territorio.

Il progetto è stato avviato in Italia nel Dicembre 2002. L' APAT, in qualità di Autorità Nazionale ha predisposto il progetto nazionale, ideato



sulla base delle esperienze maturate nella prima realizzazione del *CORINE Land Cover*, che è stato successivamente approvato dall'AEA. La metodologia omogenea utilizzata per la produzione del CLC2000 e per la riproduzione del CLC90 ha permesso di analizzare le tendenze in atto in Italia per quanto concerne la copertura e l'uso dei suoli.

Poiché i dati di copertura/uso del suolo CLC sono organizzati in 44 classi su tre livelli gerarchici, è possibile darne rappresentazioni diverse a seconda del livello di analisi. Ciascun livello è in grado di fornire indicazioni utili per l'interpretazione delle dinamiche territoriali italiane (Fig. 1.9 - 1.10).

Un primo ordine di considerazioni si può trarre dall'analisi del primo livello gerarchico (Tab. 1.2).

Al 2000, le regioni che presentano la maggiore percentuale di aree artificiali (> 6%) sono Lombardia, Veneto, Friuli Venezia Giulia e Campania mentre quelle meno urbanizzate (< 2%) sono Molise, Basilicata e Valle d'Aosta. La maggiore estensione di aree boschive e seminaturali (> 75%) si registra in Valle d'Aosta, Trentino Alto Adige e Liguria che sono anche caratterizzate dal valore più basso di territorio destinato all'uso agricolo (< 20%). Le regioni con maggiore superficie adibita ad aree agricole (> 65%) risultano essere Puglia, Emilia Romagna e Marche. Al fine di analizzare le differenze tra l'uso del suolo nel 1990 e nel 2000, è stata utilizzata la banca dati dei cambiamenti (*CLC Change*) prodotta nell'ambito del progetto. Le variazioni nell'uso del suolo interessano una superficie pari all'1,3% del territorio nazionale.

Il fenomeno che appare più evidente dal confronto della copertura del 2000 con quella del 1990 è la perdita di aree agricole, a favore soprattutto di aree artificiali, di territori boscati ed ambienti semi-naturali. In particolare, le aree agricole sono diminuite di oltre 140.000 ettari, circa 80.000 ettari sono stati "artificializzati" (sono sorte nuove aree residenziali, industriali e commerciali nonché servizi, aree estrattive, strade, ferrovie...) ed i territori boscati e gli ambienti naturali o semi-naturali hanno conquistato quasi 60.000 ettari. L'abbandono colturale delle aree agricole e pastorali continua, quindi, ad essere una delle principali forze alla base delle dinamiche paesaggistiche in Italia.

## L'IMPORTANZA DIDATTICA DEL SUOLO

**G**li esiti del summit mondiale dell'ONU sullo sviluppo sostenibile, tenutosi nel 2002 a Johannesburg, hanno ribadito l'importanza del ruolo strategico che la scuola e il mondo della ricerca hanno nel perseguire gli obiettivi del programma ONU Agenda 21 sancito nel precedente Summit di Rio de Janeiro del 1992.

Attualmente in Italia più di 550 Enti aderiscono alla *Campagna Europea Città Sostenibili* e al *Coordinamento Nazionale A21 Locali (A21L)*, rappresentando oltre undici milioni di cittadini. Le A21L costituiscono iniziative capaci di combinare approcci integrati ai problemi e coinvolgere trasversalmente gli organi istituzionali, sociali ed economici.

Tra i vari punti del summit di Johannesburg vi è quello di accrescere, per il 2010, l'educazione e l'istruzione alla salute e all'ambiente.

In tal senso con l'approvazione nel novembre del 2000 delle *"Linee di indirizzo per una nuova programmazione concertata tra lo Stato e le Regioni in materia di Informazione, Formazione*

*ed Educazione Ambientale (INFEA)"* molte istituzioni regionali hanno già da tempo avviato la propria programmazione, supportata da specifiche leggi e da impegni di spesa.

Il suolo è una componente naturale, in continua evoluzione a causa di molteplici fattori, che rappresenta il punto di contatto tra litosfera, atmosfera, idrosfera e biosfera.

Risulta evidente quindi la sua importante funzione di laboratorio didattico interdisciplinare dal momento che per fornire una adeguata spiegazione della sua formazione e successiva evoluzione è necessario affrontare in maniera strettamente correlata i processi fisici, chimici e biologici che sottendono a tali modificazioni (Fig. 1.11).

Nello sviluppo dell'argomento sono elementi qualificanti il concetto di sistema complesso, la questione della ciclicità degli eventi (collegamento con i cicli biogeochimici), il concetto di evoluzione differenziata dei fenomeni a seconda delle condizioni del sistema, il concetto di tempo.



Fig. 1.11 - Elementi di base essenziali per la comprensione del suolo come sistema complesso.

Accostarsi allo studio del suolo in età scolare rappresenta, pertanto, un'importante fase dell'apprendimento sia come conoscenza complessa dell'ecosistema, sia come comprensione del significato di "risorsa".

In verità, seppur con limitati contenuti e con una forte discrezionalità da parte dell'insegnante, la tematica suolo trova una discreta collocazione nell'intero ciclo della scuola dell'obbligo (Tab. 1.3).

Nel passaggio alla scuola secondaria superiore le situazioni divengono estreme e non si migliora davvero passando all'istruzione universitaria dove solo nella Facoltà di Agraria esistono corsi di chimica del suolo e, a volte, di pedologia.

In altre Facoltà, comprese addirittura molte di quelle di Scienze Ambientali, la trattazione del suolo è del tutto assente.

Il fatto che nei Licei e negli Istituti Magistrali non si parli di suolo rappresenta una grave carenza culturale; del resto scorrendo alcuni libri di

testo di Scienze è frequente che il suolo venga associato a tipologie geolitologiche.

Il rischio è che gli studenti di questi cicli scolastici concepiscano il suolo come un'entità statica e priva di vita e la cui perdita o degrado risultino indifferenti per gli equilibri dell'ecosistema.

È indispensabile pertanto che la tematica suolo trovi, a prescindere dal caso eclatante delle Università, un'adeguata collocazione nei nuovi programmi previsti dal riordino dei cicli di istruzione della scuola e che la sua trattazione risponda a requisiti e concetti essenziali di:

- tematica trasversale (raccordi tra le discipline chimiche, fisiche e delle scienze della terra, naturali e biologiche);
- collegamento tra le discipline geografiche e storiche (aree produttive, aree pedoclimatiche, migrazioni umane, localizzazioni insediative, consumi delle risorse naturali);
- componente essenziale e imprescindibile dell'ecosistema; risorsa limitata per la vita dell'uomo.

CICLO SCOLASTICO	AREA DISCIPLINARE
Scuola dell'infanzia	"Le cose, il tempo e la natura" (D.M. 3/6/1991, n.139).
Scuola elementare	"Scienze: ambienti e cicli naturali" (D.P.R. 12/2/1985, n.104).
Scuola media	"Scienze matematiche, chimiche, fisiche e naturali: scienze sperimentali" (L. 4/8/1977, n. 517).
Liceo Classico e Scientifico	La tematica suolo non compare in nessuno dei curricula scolastici.
Liceo Linguistico	La tematica suolo non compare in nessuno dei curricula scolastici.
Istituto Magistrale	La tematica suolo non compare in nessuno dei curricula scolastici.
Istituto Tecnico per Geometri	"Tecnologia rurale" ed "Estimo" (D.P.R. 30/9/1961, n. 1222).
Istituti Professionali e Tecnici Industriali	"Scienze della terra" (D.M. 24/4/1992 e 9/3/1994).
Istituti Tecnici Agrari	"Cartografia", "Chimica Agraria", "moduli agroambientali e agro territoriali" (D.L. 16/4/1994, n. 297, mod. 2/998).

**Tab. 1.3** - Sintesi sulla collocazione della tematica suolo nei programmi scolastici. La significativa presenza negli istituti tecnici industriali, agrari e per geometri è dovuta al fatto che i programmi ministeriali sono stati rivisti e rielaborati in epoca recente.

### LE FUNZIONI E LE MINACCE

Insieme ad aria ed acqua, il suolo è un comparto ambientale essenziale per l'esistenza delle specie viventi presenti sul pianeta.

Nonostante ciò il suolo, al di fuori della cerchia dei ricercatori e di parte degli agricoltori, è generalmente percepito come il solo supporto alla produzione agricola.

In realtà il suolo, in quanto corpo vivente complesso, esplica una serie di funzioni che lo pongono di diritto al centro degli equilibri ambientali (Tab. 1.4).

Esso gioca un ruolo prioritario nella salvaguardia delle acque sotterranee dall'inquinamento, nel controllo della quantità di CO<sub>2</sub> atmosferica, nella regolazione dei flussi idrici superficiali con dirette conseguenze sugli eventi alluvionali e franosi, nel mantenimento della biodiversità, nei cicli degli elementi nutritivi ecc.. Dallo stato di salute del suolo dipende la biomassa vegetale con evidenti ripercussioni sull'intera catena alimentare.

Il suolo è un complesso corpo vivente, in continua evoluzione e sotto alcuni aspetti ancora poco conosciuto, che fornisce all'umanità gli elementi necessari al proprio sostentamento ma è anche una risorsa praticamente non rinnovabile ed estremamente fragile.

Esso può essere soggetto a gravi processi degradativi (derivanti da scorrette pratiche agricole, dalla concentrazione in aree localizzate della popolazione e delle attività economiche, dai cambiamenti climatici e dalle variazioni di uso del suolo stesso) che ne limitano o inibiscono totalmente la funzionalità e che spesso vengono evidenziati solo quando sono irreversibili o in uno stato talmente avanzato da renderne estremamente oneroso e, spesso, economicamente poco vantaggioso il ripristino.

La risorsa suolo deve essere quindi utilizzata nel modo idoneo, in relazione alle proprietà

intrinseche, affinché possa continuare a svolgere la sua insostituibile ed efficiente funzione sul pianeta.

Questo spiega la crescente attenzione che viene dedicata al suolo a livello europeo, nel 6° Programma di Azione Ambientale, nella Politica Agricola Comunitaria (con l'obbligo di mantenere i terreni agricoli in buone condizioni agronomiche e ambientali) e, soprattutto, nella proposta di Direttiva per la protezione del suolo (COM (2006) 232) che riconosce la funzione ambientale dei suoli, la loro forte interrelazione con le altre matrici ambientali e la necessità, a causa della loro estrema variabilità spaziale, di incorporare nelle politiche di protezione una forte componente locale.

Essa individua, inoltre, le otto principali minacce che rischiano di compromettere irrimediabilmente le funzioni del suolo (erosione, contaminazione locale e diffusa, impermeabilizzazione, compattazione, perdita di sostanza organica, diminuzione della biodiversità, frane ed alluvioni, salinizzazione ed infine la desertificazione intesa come ultima forma di degrado).

Tali minacce (Fig. 1.12) interessano, in modo diversificato da regione a regione, anche l'intero territorio italiano (vedi Cap. 4).

La tabella 1.4 riporta quelle che nella letteratura del settore sono considerate le funzioni classiche svolte dal suolo.

Si può discutere, almeno per la realtà italiana, la funzione di deposito e fonte di materie prime, poichè nel nostro paese le attività estrattive sono generalmente concentrate nel substrato.

In questo senso il suolo svolge più una funzione di tramite di accesso alle risorse del sottosuolo e come tale è soggetto a tutta una serie di impatti profondamente degradanti che verranno trattati nel capitolo specifico.



Funzioni ecologiche	Produzione di biomassa (a scopo alimentare e non)	Il suolo produce cibo e foraggio, fornendo sostanze nutritive, aria, acqua. Rappresenta il substrato fisico per la crescita della vegetazione.
	Filtraggio, azione tampone e trasformazione	Il suolo si oppone ad input di sostanze nocive mediante un'azione di filtraggio meccanico dei composti organici, inorganici e radioattivi o tramite processi chimico-fisici (assorbimento, precipitazione) e biologici (decomposizione e trasformazione) impedendo così che tali sostanze raggiungano la falda acquifera o la catena alimentare. Tramite la sua capacità di trattenere l'acqua svolge un ruolo fondamentale di regolazione della stabilità dei paesaggi e dei bacini imbriferi.
	Riserva genica e protezione di flora e fauna	Il suolo protegge numerosi organismi e microrganismi che possono vivere soltanto in questo ambiente.
Funzioni socio-economiche	Supporto a insediamenti umani (abitazioni e infrastrutture, attività di svago) e smaltimento dei rifiuti	Il suolo fornisce spazi per la costruzione di case, industrie, strade, strutture ricreative e lo smaltimento dei rifiuti.
	Deposito e fonte di materie prime, inclusa l'acqua	Il suolo e il sottosuolo forniscono numerose materie prime quali acqua, argilla, sabbia, ghiaia, torba e minerali.
	Protezione e conservazione del patrimonio culturale	Il suolo, come patrimonio geologico e culturale, è una parte essenziale del paesaggio e una fonte di testimonianze paleontologiche e archeologiche, importanti per la comprensione dell'evoluzione della terra e della specie umana.

Tab. 1.4 - Funzioni classiche del suolo.

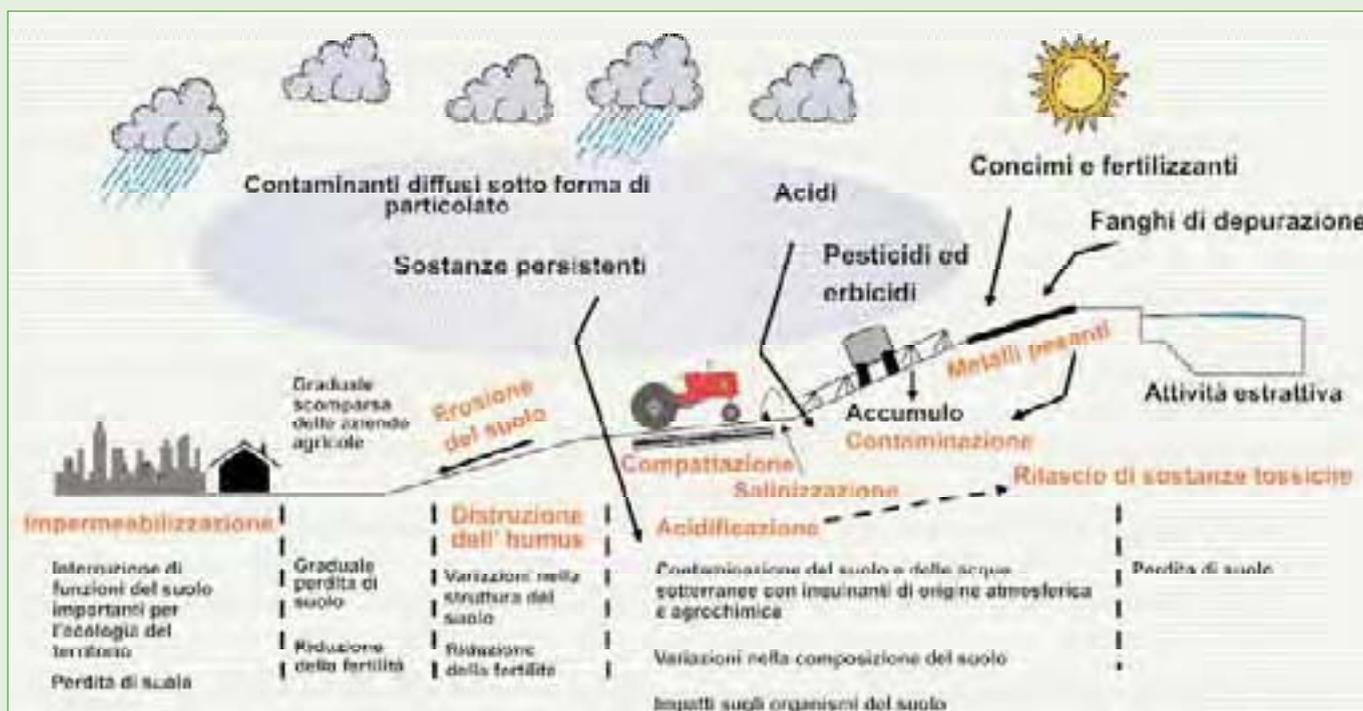


Fig. 1.12 - Le minacce che possono compromettere le funzioni del suolo. L'ultima fase di degrado è rappresentata dalla desertificazione.





*“Il suolo è uno dei beni preziosi dell'umanità. Consente la vita dei vegetali, degli animali e dell'uomo sulla superficie della Terra”*

*Consiglio d'Europa, 1972*

## **2. LE FUNZIONI DEL SUOLO**

## LA PRODUZIONE DI BIOMASSA

### IL RUOLO ECONOMICO E AMBIENTALE DELL'AGRICOLTURA

La produzione agricola e alimentare, essenziali per la sopravvivenza umana, e la silvicoltura dipendono interamente dal suolo. Quasi tutta la vegetazione, tra cui i pascoli, le colture e le foreste insistono sul suolo che, oltre al supporto fisico, fornisce alle piante acqua e sostanze nutritive.

Dall'agricoltura dipende quindi l'alimentazione umana, ma di grande importanza sono anche fibre tessili di origine animale o vegetale, pelli, legname e altri prodotti.

La produzione ha continuato a crescere sia su scala globale (solo nell'ultimo decennio è aumentata del 25% - FAO, *Statistical database*, 2002) sia a livello nazionale (Fig. 2.1).

Dal punto di vista economico e occupazionale il ruolo del settore primario italiano è cambiato notevolmente. Tra il 1950 e 1960, con lo sviluppo dell'industria nell'Italia settentrionale, è iniziato l'esodo agricolo. Dal 1951 al 1991 i lavoratori dei campi sono passati dal 44% al 9% della popolazione: l'agricoltura anziché struttu-

#### PRODUZIONE DI QUALITÀ, BIOLOGICA ED INTEGRATA

È importante notare il significativo emergere delle produzioni di qualità (sottoposte a disciplinari produttivi), biologiche e integrate, caratterizzate da un elevato potenziale, che possono rivestire un ruolo strategico e per le quali è stata per la prima volta registrata la quota di superficie impegnata nell'ultimo Censimento generale della Agricoltura dell'ISTAT.

Da una parte, infatti, in quanto settore che destina gran parte della sua produzione a fini alimentari, all'agricoltura viene chiesto di garantire la sicurezza, la qualità e la salubrità delle materie prime incidendo sui comportamenti anche delle altre fasi della filiera agro-alimentare e di passare da un sistema incentrato sulle aziende agricole e sul contadino a un sistema incentrato sul consumatore. Dall'altra, lo sviluppo di produzioni certificate e di qualità, in particolare di quelle biologiche, garantisce un plus-valore alle produzioni agricole salvaguardando al contempo le risorse ambientali. Tali vantaggi sono ottenibili anche in ambito zootecnico con prodotti (latte, formaggi, carne ecc.) di qualità in una condizione generale di maggiore benessere degli animali.

Con l'industrializzazione e la diffusione della meccanizzazione e di tecnologie innovative (soprattutto a partire dalla fine della seconda guerra mondiale) si è verificato, nonostante la diminuzione della manodopera e delle terre destinate all'agricoltura, un considerevole aumento della produttività e della produzione agricola globale: si è andata affermando cioè un'agricoltura commercialmente competitiva e non più di semplice sussistenza. Dalla fine degli anni ottanta è cessata la crescita su scala mondiale delle terre destinate all'agricoltura a causa di una contrazione che ha interessato i paesi industrializzati. Anche in Italia si è riscontrata una contrazione della superficie agricola e delle terre arabili.

Nonostante ciò la pro-

duzione ha continuato a crescere sia su scala globale (solo nell'ultimo decennio è aumentata del 25% - FAO, *Statistical database*, 2002) sia a livello nazionale (Fig. 2.1). Dal punto di vista economico e occupazionale il ruolo del settore primario italiano è cambiato notevolmente. Tra il 1950 e 1960, con lo sviluppo dell'industria nell'Italia settentrionale, è iniziato l'esodo agricolo. Dal 1951 al 1991 i lavoratori dei campi sono passati dal 44% al 9% della popolazione: l'agricoltura anziché struttu-

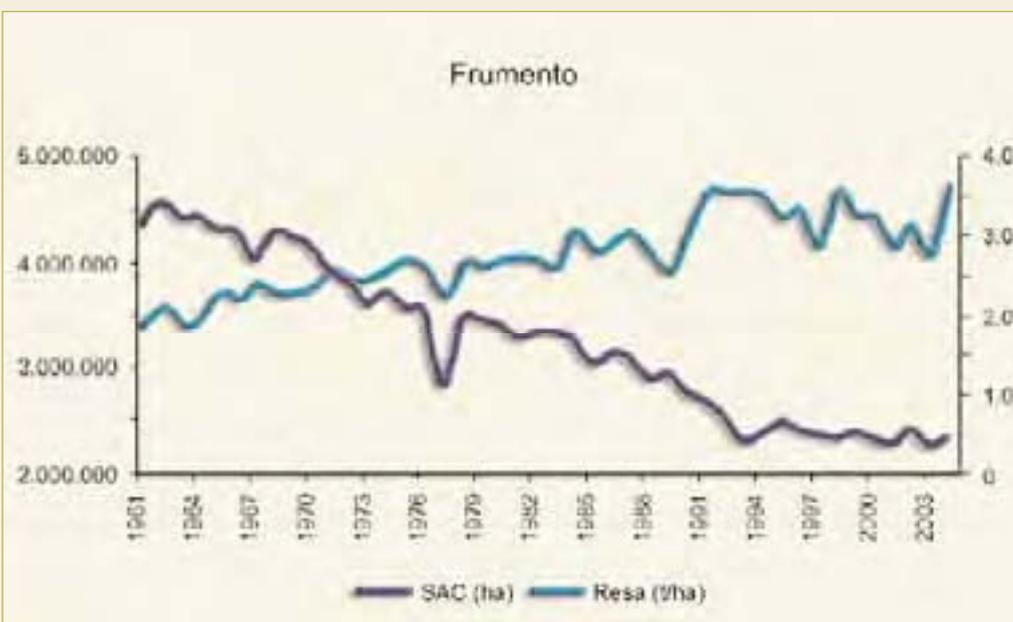


Fig. 2.1 - Rapporto SAC/Resa del frumento in Italia.



Fig. 2.2 - Schema riassuntivo della nuova Politica Agricola Comune.

Contestualmente alla crescita dell'industrializzazione nel settore agricolo, a partire dagli anni '60, si è sviluppata una generale preoccupazione relativa alla sostenibilità dell'attività agricola stessa, in rapporto alla degradazione dell'ambiente naturale che alcune pratiche agricole andavano producendo. Incoraggiato anche dalla Politica Agricola Comune (PAC), nel territorio dell'UE si è infatti verificato un fenomeno di specializzazione che ha portato ad una eccessiva semplificazione degli agroecosistemi con conseguente loro maggiore fragilità. Durante l'applicazione della riforma Mac Sharry molti terreni hanno subito un deterioramento delle loro caratteristiche fisiche, chimiche e biologiche a causa di fenomeni di erosione, compattamento, perdita di sostanza organica, inquinamento delle acque e perdita di biodiversità. Alla luce delle problematiche causate dall'applicazione della vecchia PAC

relative alla produzione eccedentaria, alla crescita smisurata degli investimenti comunitari nonché all'evidenziarsi di danni ambientali rilevanti, è stata fatta la scelta di una nuova politica agricola (Agenda 2000) che ha portato ad una impostazione incentrata sulla sostenibilità ambientale.

La riforma Fischler vede 4 punti qualificanti nel disaccoppiamento, nella modulazione, nella condizionalità e nello sviluppo rurale (Fig 2.2). Il punto centrale della nuova PAC è rappresentato dal disaccoppiamento degli aiuti al settore primario. Detti cambiamenti hanno determinato le nuove modalità di erogazione dei contributi agli agricoltori ed alle attività più importanti dei territori rurali a partire dal

gennaio 2005 e fino al 2013. Infatti, se fino ad ora i fondi sono stati elargiti in base alla tipologia ed alla quantità di prodotto (criterio dell'accoppiamento) con il disaccoppiamento è stato riconosciuto un pagamento unico per azienda, calcolato sulla base degli aiuti diretti storici ricevuti, indipendentemente dal tipo e dalla quantità prodotta e persino dalla stessa esistenza della produzione. Sussiste comunque l'obbligo di mantenere le superfici aziendali, anche in caso di assenza della coltivazione, in buono stato agronomico. Inoltre, l'erogazione del premio sarà subordinata all'osservanza di una serie di requisiti obbligatori in materia di sicurezza alimentare, rispetto dell'ambiente, sicurezza degli operatori, salute e benessere degli animali, definiti nel Regolamento CE 1782/2003 (condizionalità).



*"Laudato si', mi Signore, per sora nostra matre Terra, la quale ne sustenta et governa, et produce diversi fructi con coloriti fior et herba"*  
San Francesco d'Assisi, 1224

## LE COLTURE ENERGETICHE, UNA VIA PERCORRIBILE

Il settore agricolo non sempre è stato esclusivamente produttore di materie prime a fini alimentari. Prima dei radicali cambiamenti dell'agricoltura, il 20% delle superfici agricole era infatti destinato alla produzione di energia sotto forma di foraggio, trasformata e utilizzata come forza-lavoro animale, o come energia termica mediante la produzione di legna ricavata dai boschi e dalle siepi perimetrali degli appezzamenti.

Oggi, grazie alla consapevolezza della necessità di attuare uno sviluppo sostenibile e di raggiungere gli obiettivi del Protocollo di Kyoto e a fronte del continuo incremento del costo del petrolio, oltre al miglioramento generale dei processi industriali ed energetici e del sistema dei trasporti, è indispensabile il ricorso crescen-

più che raddoppiata (Fig. 2.3).

In questo contesto l'agricoltura può svolgere un'importante funzione in quanto è uno dei principali settori per la produzione di combustibili rinnovabili. In particolare l'utilizzo di biomasse a fini energetici può assumere un ruolo strategico.

Le colture energetiche sono quelle colture dedicate alla produzione di biomassa da utilizzare come risorsa rinnovabile in alternativa ai combustibili di origine fossile. Rientrano in questa categoria sia le specie legnose sia le specie erbacee (Fig. 2.4).

In questo ultimo decennio le ricerche agronomiche sono state indirizzate soprattutto all'individuazione di quelle specie ad alta efficienza fotosintetica (piante a ciclo C4) che richie-

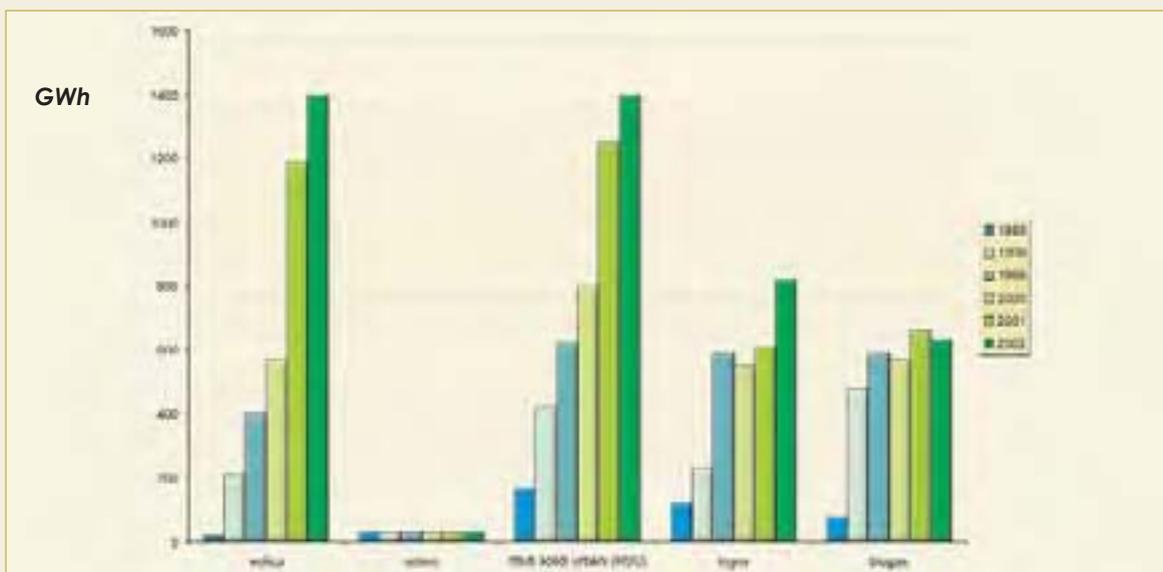


Fig. 2.3 - Energia da Fonti Energetiche Rinnovabili non tradizionali in Italia.

### RISORSE DI BIOMASSA ATTUALI E POTENZIALI DI MAGGIOR RILIEVO IN ITALIA

- Biomasse forestali
- Residui agricoli, forestali e della lavorazione del legno, agro-industriali e dell'industria alimentare
- Rifiuti organici e reflui zootecnici
- Colture energetiche (bioetanolo, biodiesel)

te all'uso di fonti energetiche rinnovabili. Dal "Rapporto Energia e Ambiente" dell'ENEA (2003) emerge che il contributo delle fonti energetiche rinnovabili (FER) al bilancio energetico nazionale è cresciuto dai circa 14 Mtep del 1995 ai quasi 16,5 Mtep del 2001, con un aumento del 16,5% circa nell'intero periodo (in media, +2,4% ogni anno). Nello stesso periodo, l'energia prodotta dalle FER non tradizionali è

dono pratiche agronomiche a basso costo energetico (lavorazioni del terreno, concimazioni, irrigazioni) mentre la ricerca industriale si è occupata dei metodi di conversione della biomassa ad alto rendimento.

Alla meccanizzazione agraria spetta il compito di sviluppare tecniche e macchine che risolvano i problemi di raccolta e stoccaggio evidenziati nella tabella seguente.

UTILIZZO DI BIOMASSE DA COLTURE DEDICATE A FINI ENERGETICI	
VANTAGGI	SVANTAGGI
Riduzione della forte dipendenza dai prodotti di origine fossile, importati per il 90% dall'estero.	Bassa densità energetica delle biomasse.
Diversificazione delle fonti energetiche attraverso la valorizzazione e l'utilizzo di quelle autoctone e non inquinanti.	Conseguenti problemi gestionali e logistici (trasporto, stoccaggio, produzione agricola non costante durante l'anno e legata alle condizioni ambientali e meteorologiche = nessuna garanzia di una costante fornitura).
Riduzione delle emissioni di CO <sub>2</sub> (non producono emissioni rilevanti o soltanto in misura ridotta considerandone l'intero ciclo di vita).	Tale produzione genera competizione nell'uso del territorio.
Possibilità di utilizzare terreni marginali o destinati a set-aside.	

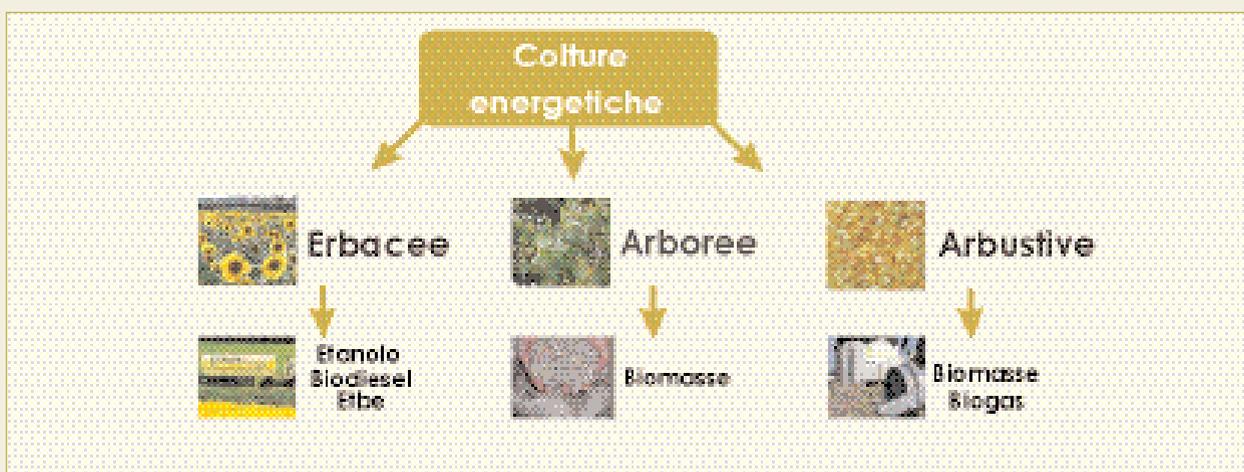


Fig. 2.4 - Colture energetiche: tipologie e prodotti ottenibili.

Il settore delle biomasse energetiche risulta dunque particolarmente significativo in quanto aumenta le funzioni attribuibili all'agricoltura che si rivela sempre più un settore dalle nume-

rose potenzialità e strategico per raggiungere gli obiettivi di qualità ambientale e di sviluppo territoriale sostenibile.



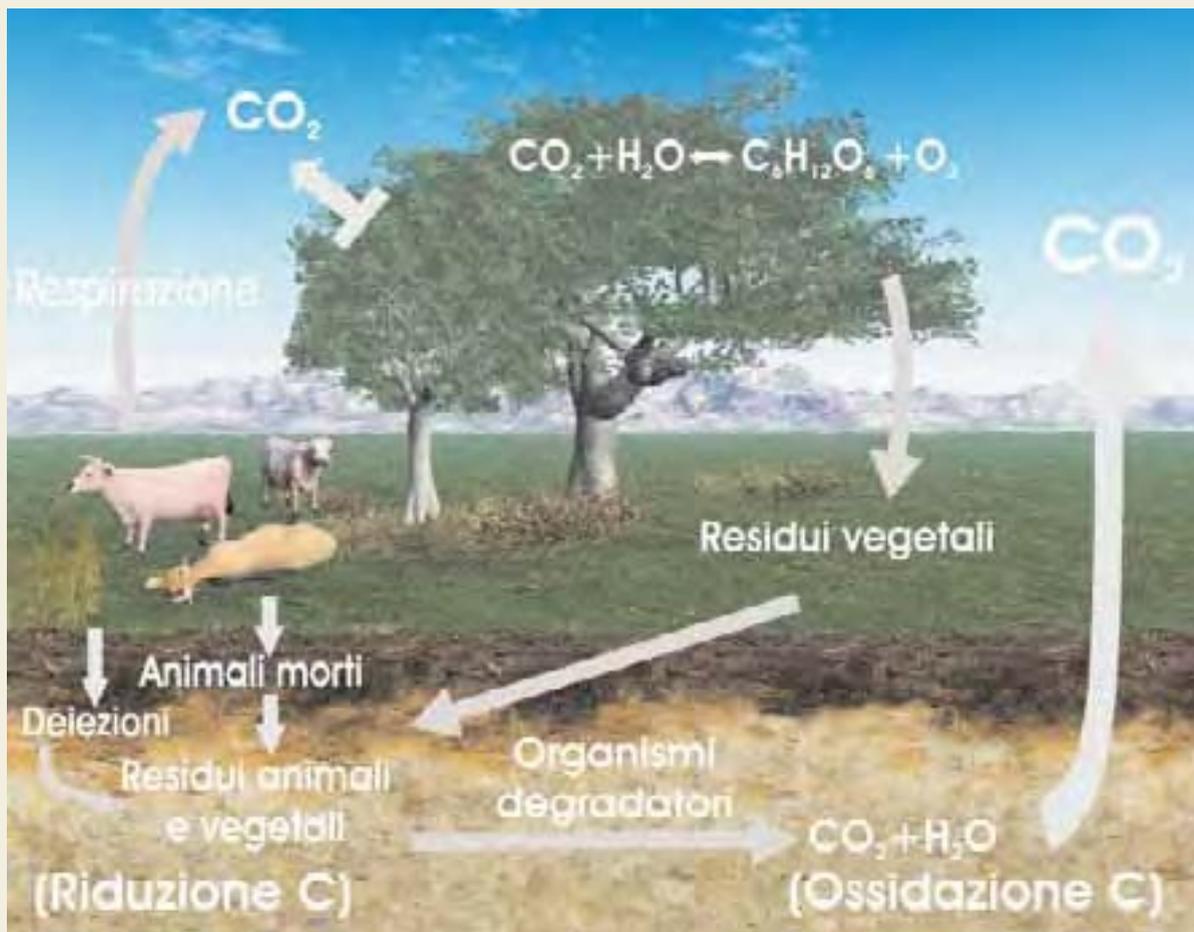
**Rispetto a quello che sta succedendo sul nostro pianeta il ricorso alle colture energetiche non deve essere solo una scelta di convenienza economica bensì una scelta basata sul buon senso.**

## IL SUOLO NEL CICLO DEL CARBONIO

La sostanza organica (SO) del suolo costituisce l'insieme dei composti organici derivanti da materiale vivente o che lo è stato nel passato, con l'esclusione della sola biomassa vegetale vivente, che si trovano nel terreno o sulla sua superficie.

La SO viene generalmente espressa come carbonio ( $C=SO/1,724$ ), il cui contenuto nel suolo

dipende dal bilancio tra gli apporti (sostanza organica esogena e residui animali e vegetali) e le perdite dovute a decomposizione attraverso la respirazione e l'ossidazione della sostanza organica e a fenomeni di erosione e di lisciviazione (Fig. 2.5). Essa è in grado di influenzare positivamente le proprietà fisiche, chimiche e biologiche del terreno (Tab. 2.2).



**Fig. 2.5** - Rappresentazione schematica del ciclo del carbonio. Nel suolo agiscono contemporaneamente i processi di cattura e liberazione. Parte del carbonio contenuto nei tessuti di piante e animali morti viene ossidato ritornando come  $CO_2$  nell'atmosfera ed in parte segue i processi di fissazione della SO fino ad entrare a far parte della frazione stabile del suolo.

Fisiche	Favorisce l'aggregazione e la stabilità delle particelle di terreno. Riduce il rischio di erosione del terreno, di ruscellamento superficiale dell'acqua, di compattazione e di formazione di croste superficiali. Regola le proprietà termiche del suolo. Rende i terreni più facilmente lavorabili.
Chimiche	Aumenta la capacità di scambio cationico del terreno. E' in grado di formare complessi stabili con metalli e di legare altri composti presenti in traccia, contribuendo a ridurre le perdite di micronutrienti, la tossicità potenziale dei metalli e dei prodotti fitosanitari nonché a mantenere in forma assimilabile alcuni ioni che altrimenti sarebbero fissati al suolo. Contribuisce alla capacità tampone nei confronti di agenti acidificanti contribuendo a mantenere il pH del suolo a valori naturali. Riduce le emissioni dei gas serra in atmosfera favorendo l'accumulo di carbonio nel terreno.
Biologiche	Fornisce l'energia metabolica necessaria per i processi biologici. Stimola l'attività enzimatica ed incrementa il numero delle specie e l'attività della mesofauna. Fornisce elementi nutritivi (azoto, fosforo e zolfo) agli organismi del suolo. Aumenta la resilienza del suolo.

**Tab. 2.2.** - Principali azioni della sostanza organica nel suolo.

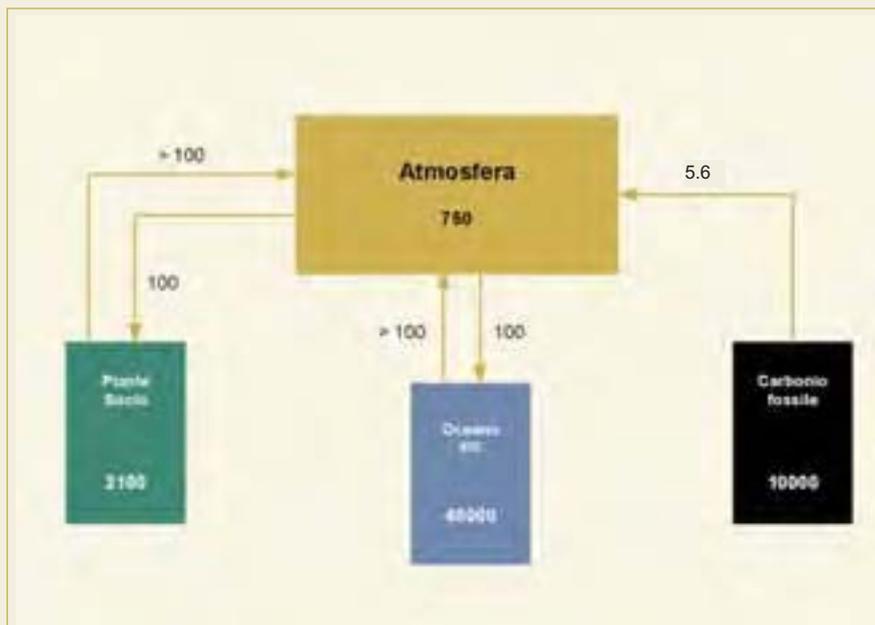
In termini quantitativi di stoccaggio di carbonio gli oceani costituiscono il serbatoio prevalente ma in termini di importanza il serbatoio suolo-vegetazione è quello che prevale in quanto anche se le quantità sono minori (circa il 6% di quello degli oceani) le variazioni e gli scambi di carbonio risultano essere più rapidi ed inoltre il bilancio totale può essere influenzato direttamente dall'azione dell'uomo (controllo degli incendi, controllo dei fenomeni di erosione, mantenimento o ricostituzione della copertura

forestale, gestione agronomica) (Fig. 2.6).

Molti aspetti relativi alla gestione agronomica hanno un effetto positivo nei confronti della riduzione di gas serra ed in particolare dell'anidride carbonica favorendo la cattura di carbonio.

La delibera CIPE n. 123 del 19 Dicembre 2002 ha approvato il Piano di azione nazionale per la riduzione delle emissioni di gas responsabili dell'effetto serra. Il Piano individua i programmi e le misure da attuare per rispettare l'obiettivo nazionale di riduzione delle

emissioni dei gas serra stabilito dal Protocollo di Kyoto. Tale obiettivo impone che nel periodo 2008-2012 le emissioni di gas serra siano ridotte del 6.5%, rispetto al 1990, ossia non potranno superare i 487,1 Mt CO<sub>2</sub> eq, a fronte di una stima tendenziale delle emissioni al 2010 di 579,7 Mt CO<sub>2</sub> eq.; il gap da colmare risulta di 92,6 Mt CO<sub>2</sub> eq. L'idea di sfruttare la capacità di immagazzinamento di C dei suoli può essere una via percorribile per giungere a questo risultato (vedi box), soprattutto nei climi mediterranei nei quali l'influenza dell'uomo su perdite e accumuli può essere determinante.



**Fig. 2.6** - Flusso di carbonio (petagrammi di carbonio/anno). Entità e consistenza delle riserve di carbonio nei vari comparti.

**FACCIAMO DUE CONTI...**

A fronte di un "gap" da colmare di 92,6 Mt CO<sub>2</sub> eq, è sorprendente fare due conti: se un ettaro è composto da 5x10<sup>6</sup> kg di suolo, se la SAU in Italia corrisponde a 13x10<sup>6</sup> ha, la diminuzione o l'incremento di un semplice 0,1% di C nel suolo (corrispondente a 5x10<sup>3</sup> kg di C, ossia 1,83x10<sup>4</sup> kg di CO<sub>2</sub> emessa o fissata per ettaro) equivale, a livello dei soli suoli agricoli nazionali, a 238 Mt CO<sub>2</sub> eq, che come ordine di grandezza è circa la metà delle emissioni totali nazionali previste come obiettivo.



*"La terra pastosa che al taglio del vomere risulta quasi nera e di crosta cedevole è adattissima al grano".  
Publio Virgilio Marone, 37-30 a.C. (Le Georgiche, L. II, 203-205)*

### FILTRO, CAPACITÀ TAMPONE E TRASFORMAZIONE DI MATERIALI E SOSTANZE DIVERSE



Il suolo svolge una importante funzione protettiva, tramite un'azione di filtro e barriera, che permette di mitigare gli effetti delle sostanze inquinanti, ostacolandone il passaggio nelle acque sotterranee o nella catena alimentare. Esso è in grado di controllare il trasporto in profondità dei soluti e lo scorrimento delle acque in superficie, di regolare l'assorbimento da parte della vegetazione e di creare condizioni favorevoli alla degradazione delle sostanze inquinanti. Il valore protettivo delle coperture pedologiche dipende così dalle proprietà fisico-meccaniche del suolo, che determinano un'azione di filtro e di barriera al movimento degli inquinanti, dalle loro proprietà chimico-fisiche, che ne determinano la capacità tamponante, e dall'attività biologica, che consente la decomposizione biochimica e microbiologica delle sostanze immesse nel suolo. In generale le azioni di filtro e tampone sono meno pronunciate in suoli caratterizzati da elevata permeabilità e dalla presenza di falde poco profonde.

La crescita delle attività industriali, l'incremento dei consumi e la diffusione di pratiche agricole intensive hanno contribuito ad aumentare il numero delle potenziali sorgenti di contaminazione, influenzando direttamente la qualità dei suoli e limitandone molte importanti funzioni, inclusa la capacità di rimuovere i contaminanti dall'ambiente attraverso i processi di filtrazione ed assorbimento. Proprio questa capacità, assieme alla resilienza del suolo, cioè alla sua capacità di reagire agli influssi esterni, fanno sì che spesso i danni al suolo vengano evidenziati

solo quando sono in stato molto avanzato, a volte molto vicini alla fase di non reversibilità. Inoltre, la valutazione di eventuali danni al suolo risulta ancor più complicata dal fatto che la sua composizione e le conoscenze sugli equilibri chimico-fisici alla base delle sue interazioni con gli altri agenti naturali restano tuttora limitate, sia in termini qualitativi che quantitativi. Quando la capacità meccanica di filtrazione, chimico-fisica di tamponamento e quelle microbiologiche e biochimica di trasformazione sono esaurite, gli inquinanti organici e inorganici possono essere trasferiti dalla matrice suolo alle altre matrici ambientali e contaminare corsi d'acqua, falde acquifere e catene alimentari attraverso la loro assimilazione da parte della flora e della fauna. Meno conosciuta, ma altrettanto importante per gli equilibri ambientali, è la funzione di regolazione dei flussi idrologici tramite la quale viene controllato il deflusso delle acque superficiali limitando l'erosione dei suoli ed il rischio di inondazione.

Una precisa valutazione della capacità protettiva dei suoli è quindi di rilevante importanza nell'analisi di molte problematiche ambientali (contaminazione, eutrofizzazione, acidificazione, erosione, inondazioni ecc.) anche perché l'affidamento alla capacità depurativa del suolo è frequente in molte attività (es. spandimento di fanghi di depurazione urbana, smaltimento acque reflue urbane ed industriali). Tali valutazioni sono effettuate tramite vari modelli, generalmente basati sulle proprietà pedologiche quali permeabilità, profondità della falda superficiale, granulometria e sulle pro-

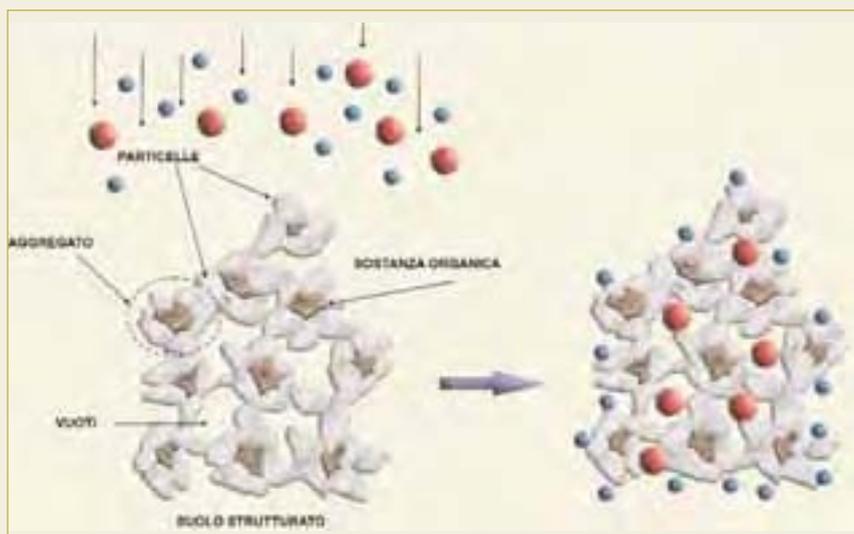
#### RESILIENZA E RESISTENZA DEL SUOLO

*Il concetto di resilienza è stato introdotto di recente nella scienza del suolo in materia di ecologia del suolo e uso sostenibile con lo scopo di descrivere le risposte dei suoli ad impatti o disturbi di vario tipo.*

*La resilienza del suolo è comunemente definita come la capacità di recuperare la sua integrità funzionale e strutturale dopo un disturbo esterno continuando a svolgere regolarmente le sue funzioni.*

*Per resistenza del suolo si intende, invece, la capacità del suolo di mantenere invariate le proprie funzioni a seguito di un disturbo esterno.*

*Se il disturbo è troppo drastico od il suolo ha una elevata fragilità costituzionale si può avere una degradazione irreversibile in cui viene meno il recupero delle sue capacità funzionali in tempi ragionevoli (lo spazio della vita dell'uomo). In questo caso si ha, infatti, il superamento delle capacità di resilienza del suolo con un danno permanente oppure la necessità di un intervento di ripristino specializzato e costoso.*



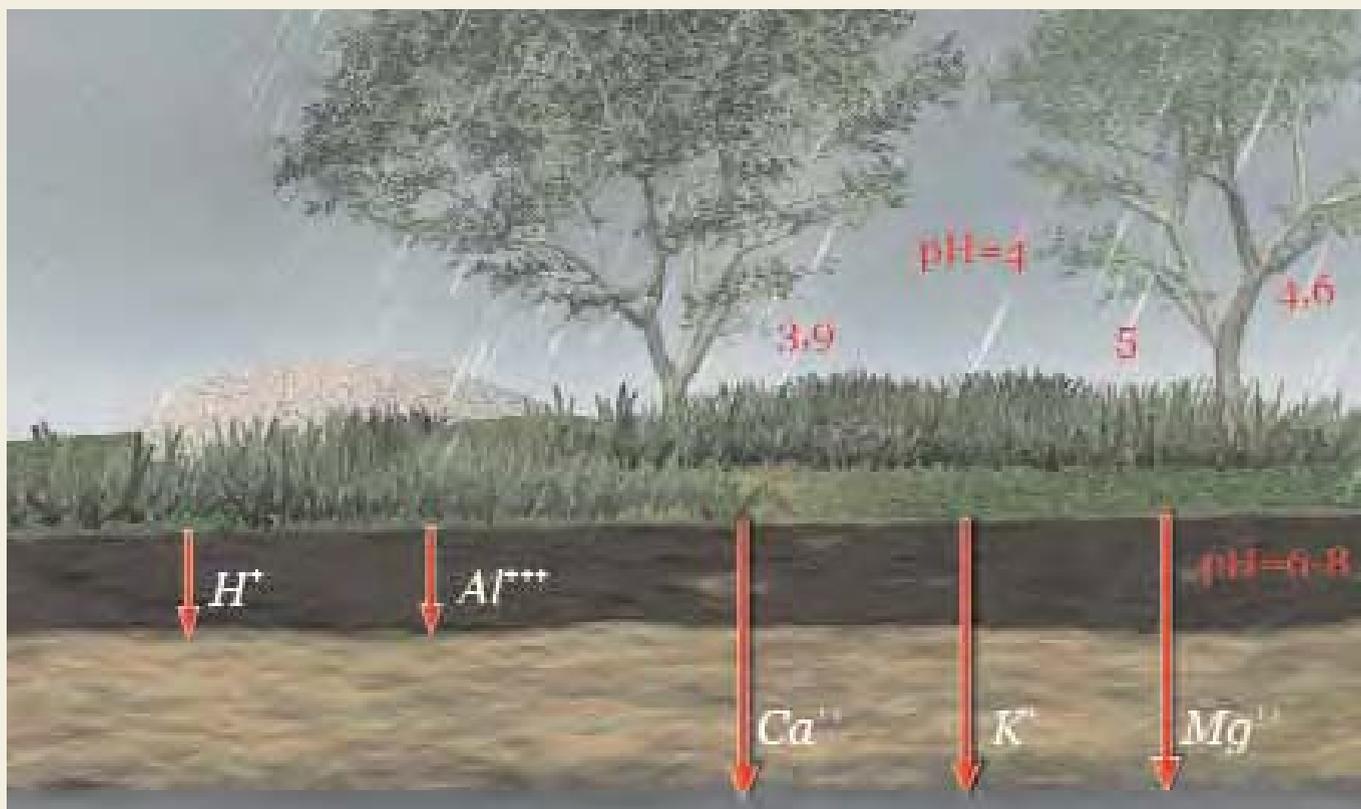
**Fig. 2.7** - La struttura del suolo, dovuta alla presenza di aggregati stabili tra la sostanza organica e la componente minerale, impartisce al suolo stesso la capacità di agire da filtro nei confronti dei contaminanti. In particolare il terreno è in grado di "bloccare" i contaminanti, mediante processi di adsorbimento sia chimico (formazione di legami chimici tra la superficie delle particelle di suolo e i contaminanti) che fisico (intrappolamento dei contaminanti nei vuoti che caratterizzano la struttura del suolo).

prietà chimiche (pH e CSC) utilizzate come indicatori del potere tampone del suolo. Nelle valutazioni si tende, però, a considerare separatamente le relazioni tra la matrice suolo e il sistema delle acque profonde e quelle tra suolo ed acque superficiali. Se, pertanto, si può ritenere che la "capacità protettiva nei confronti delle acque sotterranee" corrisponda alla definizione di "capacità di attenuazione del suolo" prevista dal D.L.vo n.152/99 per la valutazione della vulnerabilità intrinseca degli acquiferi, non bisogna tuttavia dimenticare,

nel considerare le relazioni tra suoli ed ambiente nel suo complesso che, spesso, le caratteristiche (quali pendenza o bassa permeabilità) che rendono i suoli protettivi nei confronti delle acque sotterranee, favoriscono invece i movimenti laterali delle acque, determinando una minore capacità di protezione delle risorse idriche di superficie. Ad esempio, l'applicazione di prodotti fitosanitari può provocare la contaminazione di corpi idrici adiacenti le superfici trattate, qualora si inneschino processi di erosione e/o ruscellamento.

#### LA CAPACITÀ TAMPONE

La capacità tampone di un suolo consiste nella sua attitudine a neutralizzare l'effetto di sostanze acidificanti impedendo una variazione del suo pH. Essa è legata, in gran parte, al contenuto di cationi basici, alla quantità della componente argillosa e al contenuto di sostanza organica. Il rischio di acidificazione può derivare sia da fenomeni antropici quali piogge acide in seguito ad inquinamento atmosferico, sversamento di contaminanti ecc., sia da fenomeni naturali quali la crescita delle piante che, a seconda delle specie, può portare ad una acidificazione nel volume di suolo occupato dall'apparato radicale. La capacità tampone è la risposta naturale a tali fenomeni.



## HABITAT BIOLOGICO E RISERVA GENETICA

I suolo è un ambiente molto complesso che funziona da habitat per un elevatissimo numero di organismi concentrati in prevalenza nei primi centimetri dalla superficie (Fig. 2.8). Nell'intricata matrice tridimensionale del suolo, tali organismi interagiscono tra di loro in una fittissima rete alimentare, dando vita ad un complesso sistema di attività biologiche. Alcuni di questi vivono in maniera stabile all'interno del suolo, altri vi passano solo alcuni stadi del loro ciclo biologico, o lo utilizzano come protezione nei momenti di difficoltà e di stasi (cisti, impupamento, svernamento, estivazione); bisogna comunque sottolineare che, rispetto alla grande maggioranza di quelli che lo popolano, solamente una piccolissima percentuale è stata finora identificata e classificata.

Ad esempio, per quanto riguarda le comunità microbiche, si stima che il 99% sia ancora da identificare e studiare, costituendo la più

importante riserva di geni tra i vari comparti ambientali. Estendendo il discorso ad altre comunità di viventi, anch'esse ancora da scoprire, si arriva a parlare di una vasta riserva genetica che, oltre a contribuire alla loro stessa stabilità, potrebbe portare alla comprensione di funzioni e processi biologici importanti anche per la conservazione della specie umana.

Gli organismi edafici ("edaphon") contribuiscono attivamente a numerosi servizi critici per l'ecosistema quali:

- la formazione del suolo;
- la decomposizione della sostanza organica e di conseguenza la disponibilità di elementi nutritivi;
- la fissazione dell'azoto e il sequestro di carbonio;
- la soppressione o l'induzione di parassiti e malattie delle piante;



**Fig. 2.8** - Alcuni microartropodi rappresentativi della mesofauna edafica. Da notare gli adattamenti anatomici, anche estremi, che coincidono con la perdita di occhi, pigmenti, zampe ed ali. a) Araneide; b) Formicide; c) Coleottero; d) Diplopode; e) Coleottero; f) Collembolo; g) Tisanottero; h) Chilopode; i) Iso-pode; l) Collembolo; m) Larva di dittero; n) Larva di coleottero.

- la bonifica, tramite processi biologici ("bioremediation"), dei suoli contaminati e degradati (per mezzo della detossificazione dei contaminanti e il restauro delle proprietà e dei processi fisici, chimici e biologici).

Dal punto di vista funzionale, invece, questi organismi sono riuniti in tre grandi gruppi che svolgono ognuno un importante ruolo specifico nell'ecosistema suolo (Fig. 2.9).

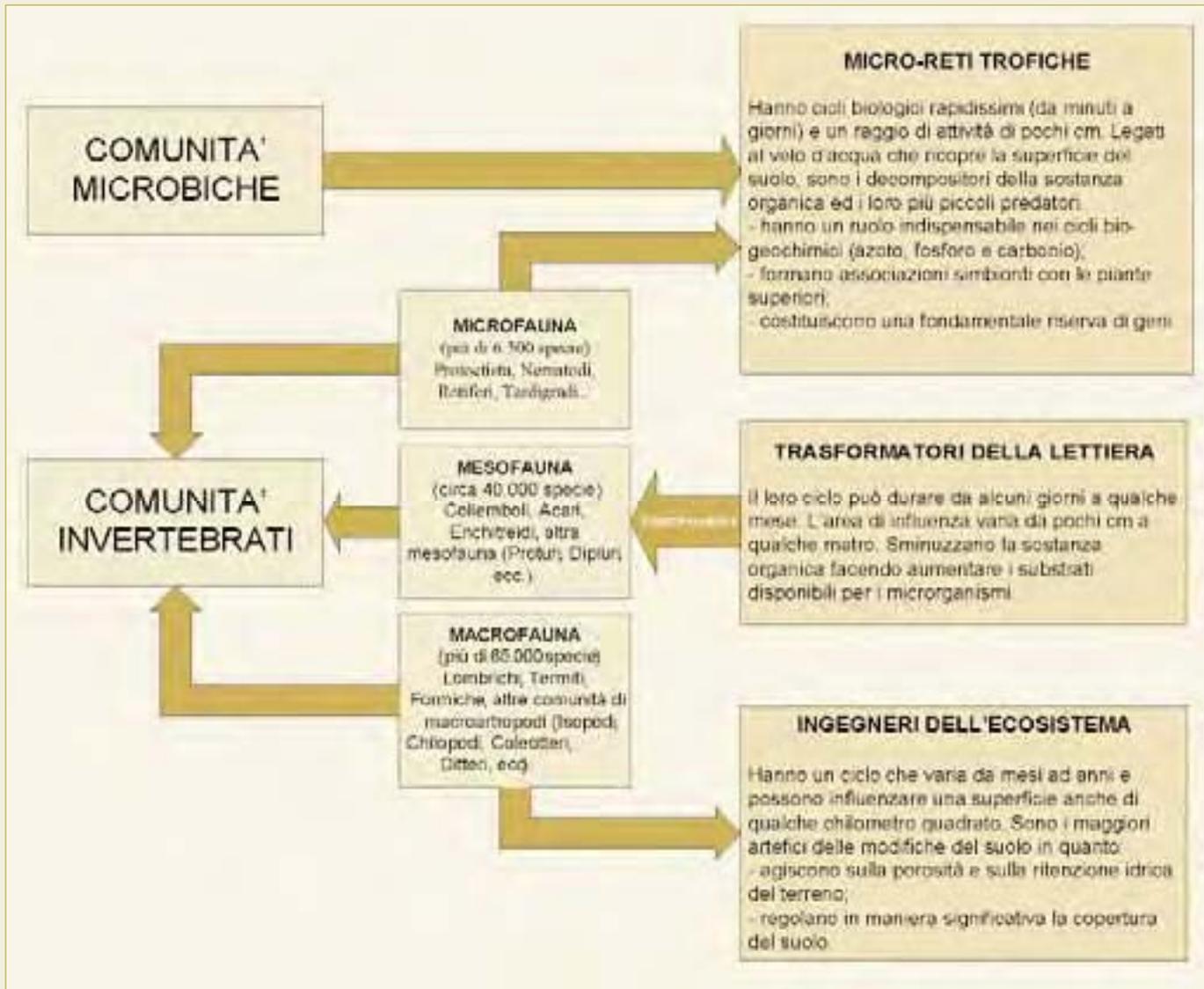
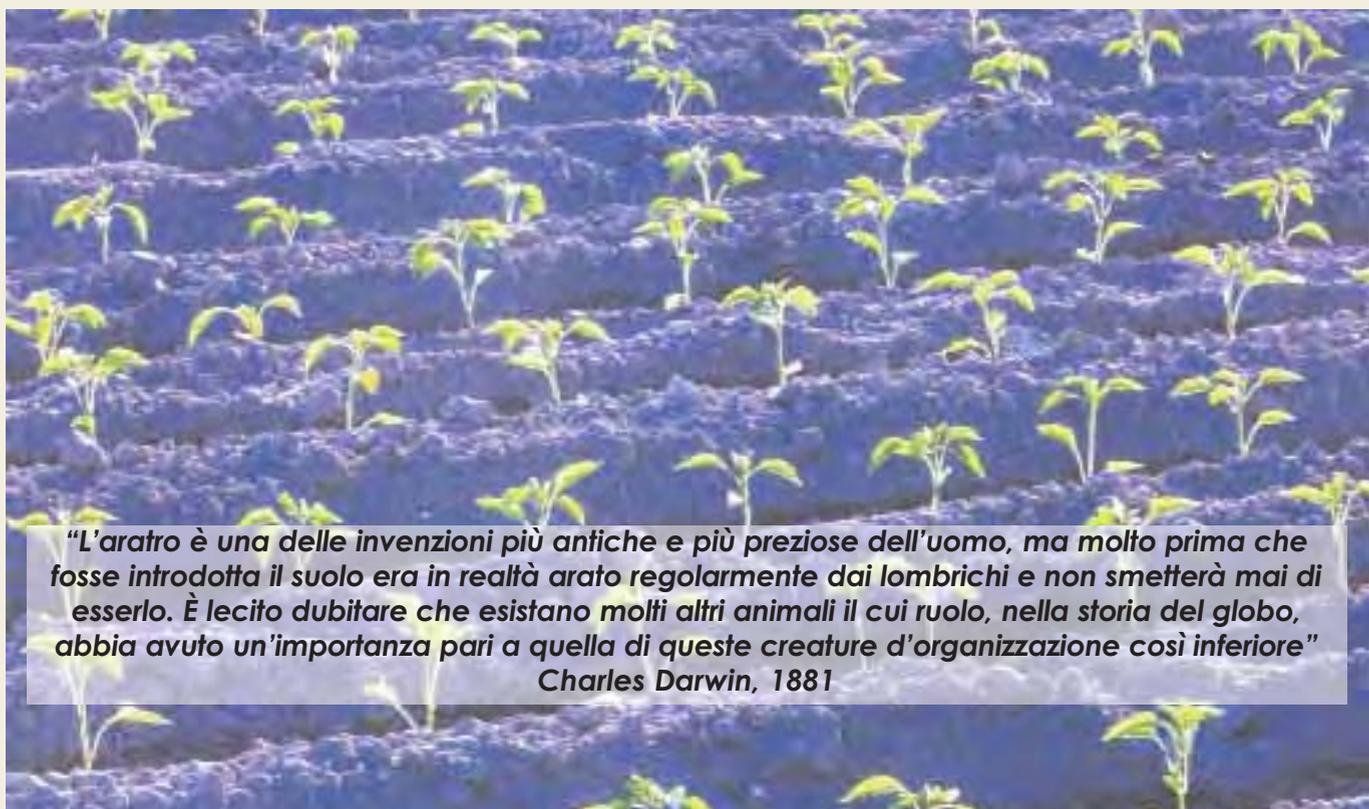


Fig. 2.9 - Gruppi e funzioni dei microrganismi del suolo.



*"L'aratro è una delle invenzioni più antiche e più preziose dell'uomo, ma molto prima che fosse introdotta il suolo era in realtà arato regolarmente dai lombrichi e non smetterà mai di esserlo. È lecito dubitare che esistano molti altri animali il cui ruolo, nella storia del globo, abbia avuto un'importanza pari a quella di queste creature d'organizzazione così inferiore"*  
Charles Darwin, 1881

## IL SUOLO E LA CITTA'

Il suolo è uno degli elementi chiave dell'ecosistema città in quanto supporta diverse importanti attività che vi avvengono, in questo senso è quindi più giusto parlare di "suolo urbano". Il termine suolo urbano è una generalizzazione che viene usata per intendere un qualsiasi suolo, naturale, modificato o creato dall'uomo, che esiste in un'area urbana od industriale. In queste aree il suolo esplica una serie di funzioni del tutto particolari che si sovrappongono a quelle classiche (Fig. 2.10).



**Fig. 2.10** - Specifiche funzioni svolte dai suoli urbani.

Quello di suolo urbano è quindi un concetto molto vasto e, in accordo con le funzioni specifiche che esso svolge, anche le forme con cui si presenta sono diverse (Fig. 2.11, Fig. 2.12, Fig. 2.13).



**Fig. 2.11** - Central Park, New York: esempio di forte contrasto tra suoli a funzione ricreativa e di verde pubblico con quelli che ospitano il tessuto cittadino in tutte le sue componenti.



**Fig. 2.12** - Filari e alberature ai lati delle strade rappresentano piccoli lembi spesso in sofferenza di suolo affiorante che sfuggono all'effetto "sigillante" di strade, marciapiedi ed edifici.



**Fig. 2.13** - Recupero di un Brownfield. I suoli di questa vecchia area industriale sono stati recuperati e destinati ad accogliere un'area ricreativa che interessa la collettività.

Le pressioni antropiche, associate ai fattori naturali, hanno un significativo impatto sulla fisica, sulla chimica e sulla biologia di questi suoli, tanto che le loro caratteristiche possono allontanarsi moltissimo da quelle naturali arrivando a costituire un insieme di caratteri tipici e ricorrenti. Di seguito verranno citati solo alcuni esempi.

Innanzitutto esiste una forte discontinuità nel profilo verticale con transizione tra gli orizzonti, spesso rappresentati da riporti, altrettanto marcato è anche la discontinuità orizzontale dovuta alla natura stessa del tessuto urbano. Comune è la mancanza dell'orizzonte organico superiore sostituito da pavimentazioni varie ed asfalto. La forte compattazione, la presenza di croste superficiali o di pavimentazioni altera i movimenti di acqua attraverso il profilo, impedendoli, o formando condizioni asfittiche per mancato drenaggio.

La mancanza dell'orizzonte organico, anche quando il suolo è libero da coperture artificiali, unitamente agli apporti di numerose sostanze naturali e non (specialmente metalli pesanti) ed in concentrazioni tali da risultare tossiche, porta a modificazioni dell'attività degli organismi viventi al suo interno fino alla loro scomparsa totale. E' da notare che questo fattore influisce

in modo negativo sul vigore della vegetazione.

Il pH spesso risulta molto alto e ciò dipende dall'uso irriguo di acque dure, dal rilascio di carbonati da cementi e materiali da costruzione o, molto spesso, dallo spandimento di sale come antigelo per le strade (vedi problema della salinizzazione).

Lo studio della natura e delle dinamiche dei suoli urbani è stato finora abbastanza marginale. Poco si conosce riguardo alle loro potenzialità ed altrettanto carenti sono le conoscenze circa le implicazioni che certi processi (es. accumulo di inquinanti) possono avere sulla salute umana. Una più approfondita conoscenza di tali suoli sarebbe fondamentale anche in tema di pianificazione, in quanto potrebbe guidare le scelte fino al punto di evitare di commettere errori con risvolti non solo in termini ecologici ma anche monetari.



**"COSTRUIRE SIGNIFICA COLLABORARE  
CON LA TERRA, IMPRIMERE IL SEGNO DELL'UOMO SU UN PAESAGGIO  
CHE NE RESTERÀ MODIFICATO PER SEMPRE"**

**MARGHERITE YOURGENAR, 1951**



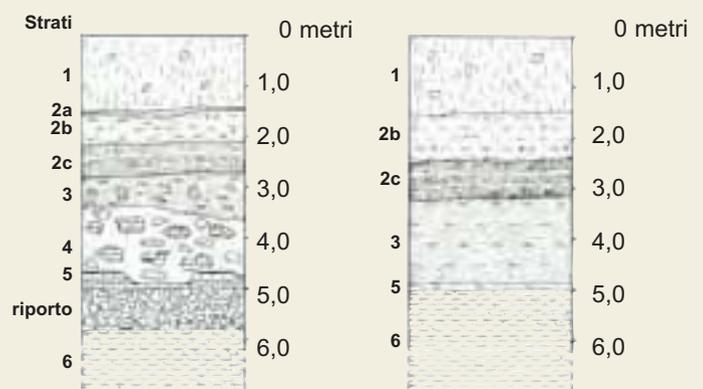
**QUANDO L'UOMO È IL FATTORE PRINCIPALE DELLA FORMAZIONE DEL SUOLO**

*Storicamente le aree urbane sono state ignorate dalla cartografia dei suoli e dagli studi sulla formazione del suolo. Oggi si riconosce che queste aree sono di primaria importanza per la popolazione umana e come tale è fondamentale una introduzione dei suoli urbani nella classificazione ufficiale. Per la WRB (World Reference Base for Soil Resources) gli Anthrosol rappresentano suoli impostati su suoli naturali pesantemente modificati dall'attività umana, che viene così considerata un fattore della pedogenesi e dall'apporto di energia, materiali e sostanze di origine antropica.*





**Fig. 2.15** - Faglia generata da un terremoto di età medioevale, non registrato nei cataloghi storici ed individuato sulla base delle dislocazioni subite dai paleosuoli. (Grotta Carbone, M. Pollino, Calabria).



**Fig. 2.16** - Valle di Baccano (Roma). "Mansio" di età romana: I sec. a. C. - I sec. d. C. - a) area degli ambienti termali dopo l'asportazione dei depositi e, sullo sfondo, sezione artificiale sul lato occidentale dell'antica via consolare Cassia; b) Sezioni-tipo dei depositi. 1- terreno di copertura; 2a - sabbia; 2b - terreno franco-sabbioso; 2c - sabbia; 3 - terreno franco sabbioso; 4 - materiali di crollo; 5 - strutture della Mansio; 6 - suolo alluvio-colluviale di base.



**Il suolo è in grado di registrare eventi anche molto antichi, naturali e non, di particolare significato culturale**

## IL SUOLO COME MEZZO DI ACCESSO ALLE MATERIE PRIME

La quasi totalità delle opere umane richiede l'impiego di materie prime quali rocce lapidee e incoerenti, minerali metalliferi e non, gas naturali, idrocarburi, combustibili ed acque. Il suolo in senso stretto è, almeno in Italia, interessato solo marginalmente dal prelievo di materie prime, concentrate principalmente a maggiori profondità (ossia nel sottosuolo; l'attuale situazione nazionale è rappresentata in Fig. 2.18 - 2.19). Tranne rari casi, rappresentati per lo più da cave situate in depositi alluvionali e nei paleosuoli rissiani della Pianura Padana, il suolo risulta infatti interessato da processi estrattivi soltanto in maniera indiretta in quanto rappresenta il terreno di copertura che dovrà essere rimosso per poter accedere ai giacimenti sottostanti. Gli impatti sul suolo generati da cave e miniere sono molteplici; essi iniziano durante l'attività estrattiva e continuano nel tempo ad attività conclusa, soprattutto laddove non viene previsto un piano adeguato di ripristino ambientale. Le attività preparatorie alla coltivazione di un sito, quali l'apertura di strade di collegamento tra il sito stesso e la viabilità locale, la rimozione e lo stoccaggio casuale di terreni di copertura e le opere di

captazione per l'approvvigionamento dell'acqua, possono provocare problemi di compattezza, di inquinamento della falda acquifera nonché la perdita irreversibile di una risorsa non rinnovabile che si era creata nel corso di secoli e millenni (vedi box). Ad attività conclusa i maggiori effetti negativi sono rappresentati da possibili problemi di instabilità dei versanti dovuti all'abbandono dei vecchi fronti di cava, fenomeni di erosione accelerata che si possono innescare su superfici ormai prive di quella coltre vegetativa in grado di stabilizzare il terreno, oltre alle profonde "cicatrici" di notevole impatto paesaggistico. Nel caso soprattutto delle miniere si aggiungono poi i problemi legati alla possibilità di inquinamento ambientale dovuto alla presenza di materiale tossico o altrimenti nocivo, residuo degli sterili di lavorazione o dei prodotti intermedi o definitivi della lavorazione stessa. A tutto questo si aggiungono i rischi connessi ai problemi di subsidenza che possono derivare dal crollo delle gallerie di coltivazione sotterranee, oltre all'inquinamento diretto delle falde che, attraverso le gallerie e gli scavi possono venire in contatto con il minerale rimasto *in situ*.

### IL RECUPERO DEL SUOLO: UN ESEMPIO DI GESTIONE SOSTENIBILE DI UNA RISORSA NATURALE

*Il presupposto principale per giungere ad un corretto schema di pianificazione ambientale nelle attività estrattive dovrebbe essere quello di considerare il suolo non come uno scarto della lavorazione ma come uno strumento fondamentale della successiva fase di ripristino. Ciò significa dedicare un trattamento particolare fin dall'inizio delle fasi di gestione dei cantieri, prevedendo una qualche forma di conservazione. Significativa è, in questo senso, l'esperienza israeliana dove il suolo che deve essere rimosso per far posto alle costruzioni non finisce in discarica, ma viene portato in una cava da dove viene successivamente prelevato e utilizzato, quasi a costituire una sorta di "banca del suolo". Va dunque sottolineato che, come comparto ambientale di importanza prioritaria, il suolo dovrebbe essere regolamentato da apposite normative regionali che ne impongano una conservazione ed un riutilizzo nelle attività post-estrattive.*



Fig. 2.17 - Cava di pianura nei pressi di Roma.

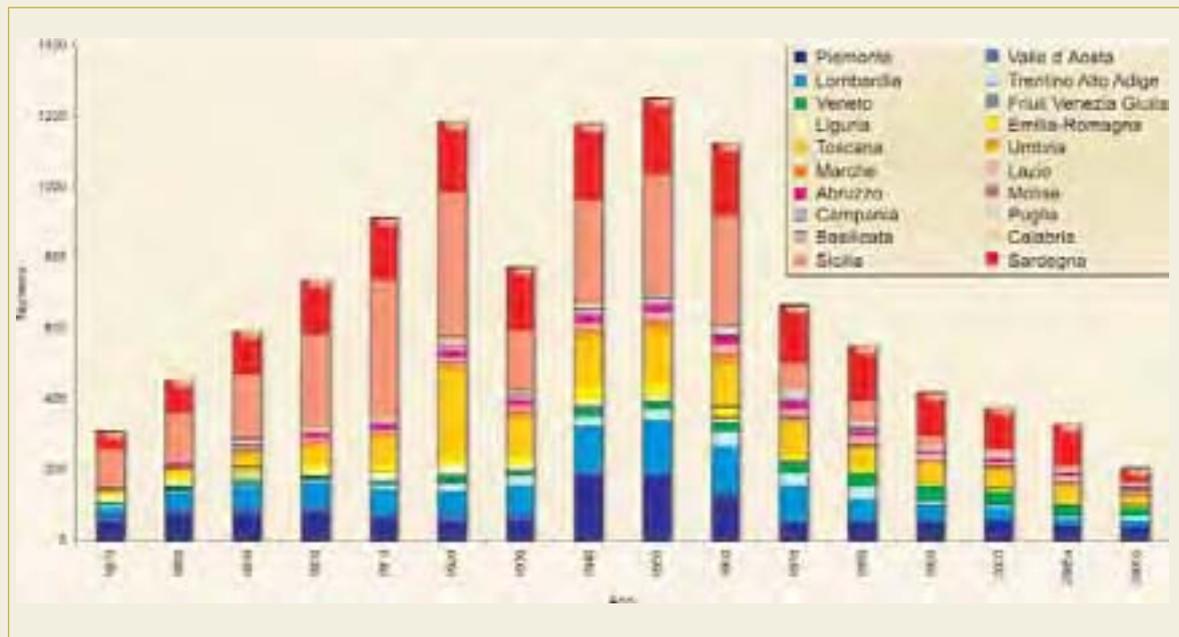


Fig. 2.18 - Numero di siti minerari suddivisi per regione e per anno.

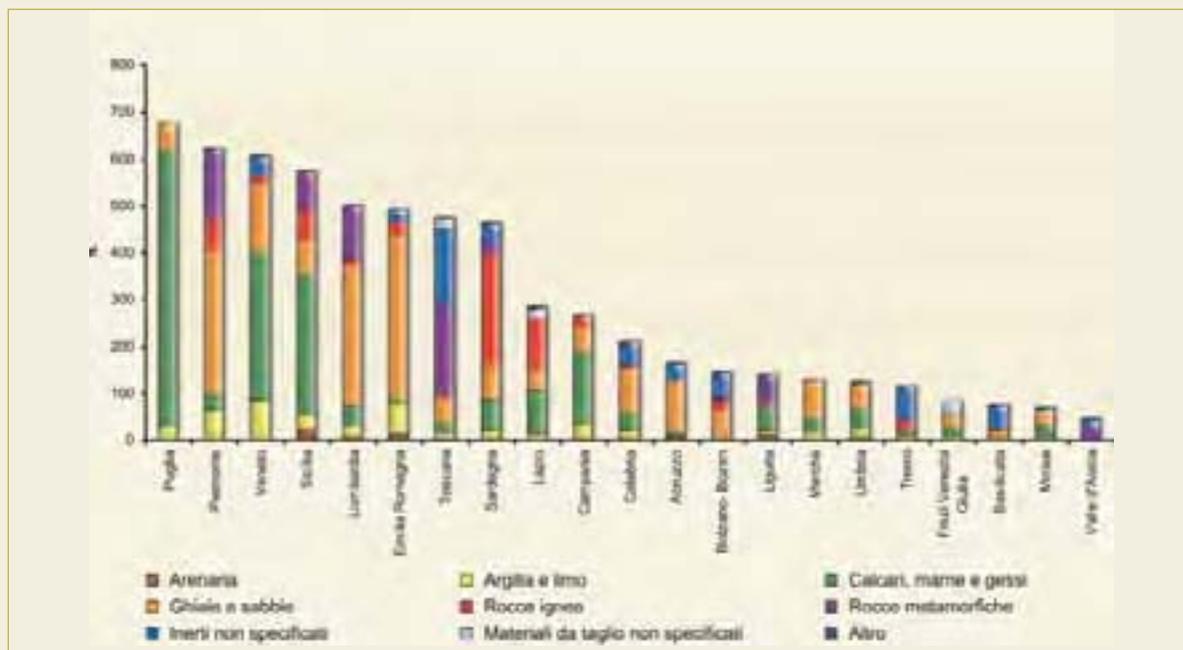
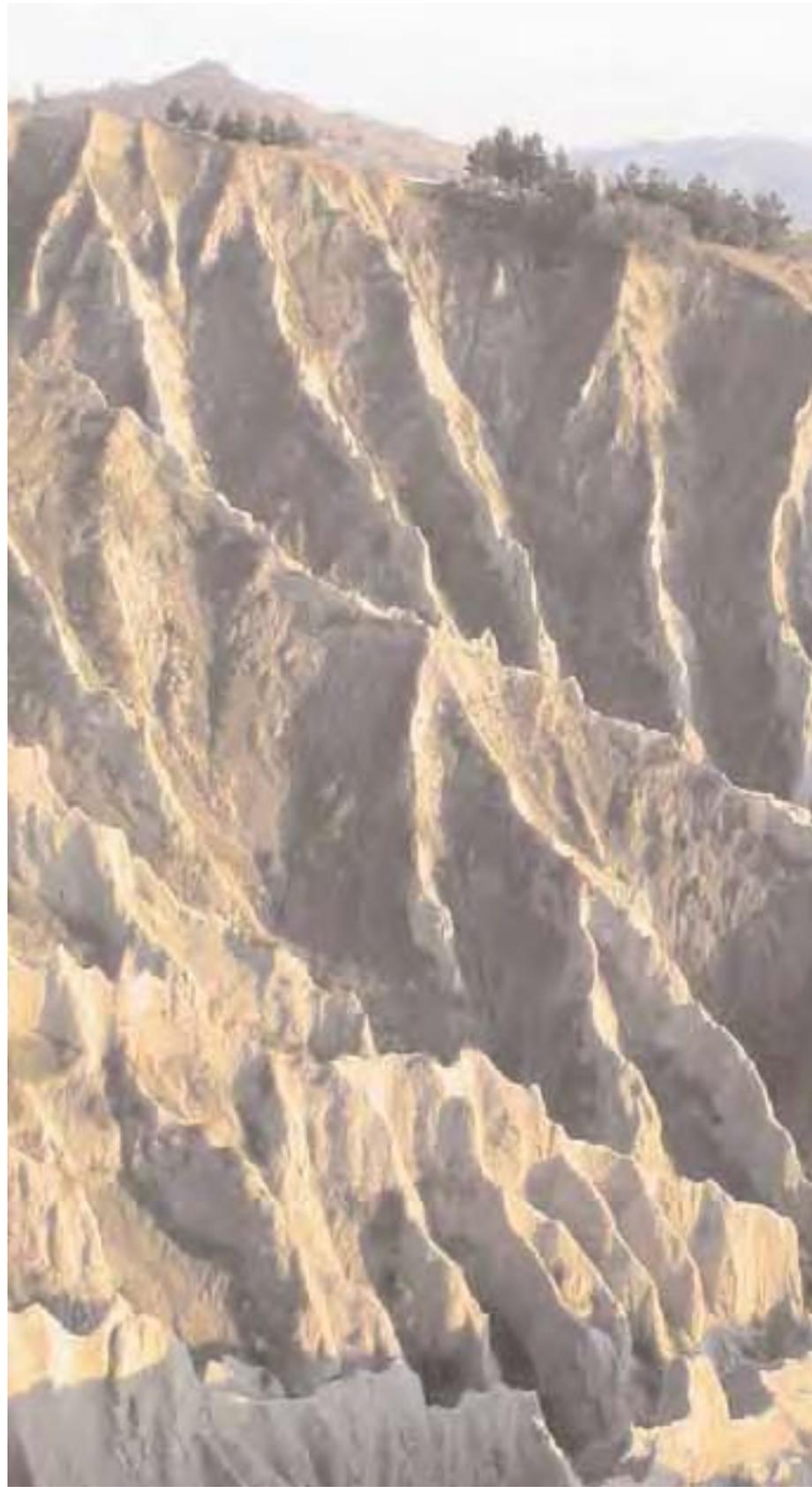


Fig. 2.19 - Numero di cave attive per tipologia di materiale (2006).



Uno dei problemi maggiori legato alle attività estrattive è dovuto agli impatti che il suolo subisce





*“La nazione che distrugge i suoi suoli  
distrugge se stessa”*

*Franklin D. Roosevelt, 1937*

### **3. LA DEGRADAZIONE DEL SUOLO**

## LA COMPATTAZIONE

La compattazione può essere definita come la compressione delle particelle del suolo in un volume minore a seguito della riduzione degli spazi esistenti tra le particelle stesse. Di norma si accompagna a cambiamenti significativi nelle proprietà strutturali e nel comportamento del suolo, nonché del suo regime termico e idrico, nell'equilibrio e nelle caratteristiche delle fasi liquide e gassose che lo compongono. Le principali cause che generano il fenomeno ed i suoi effetti negativi sono schematicamente riportate in Fig. 3.1.

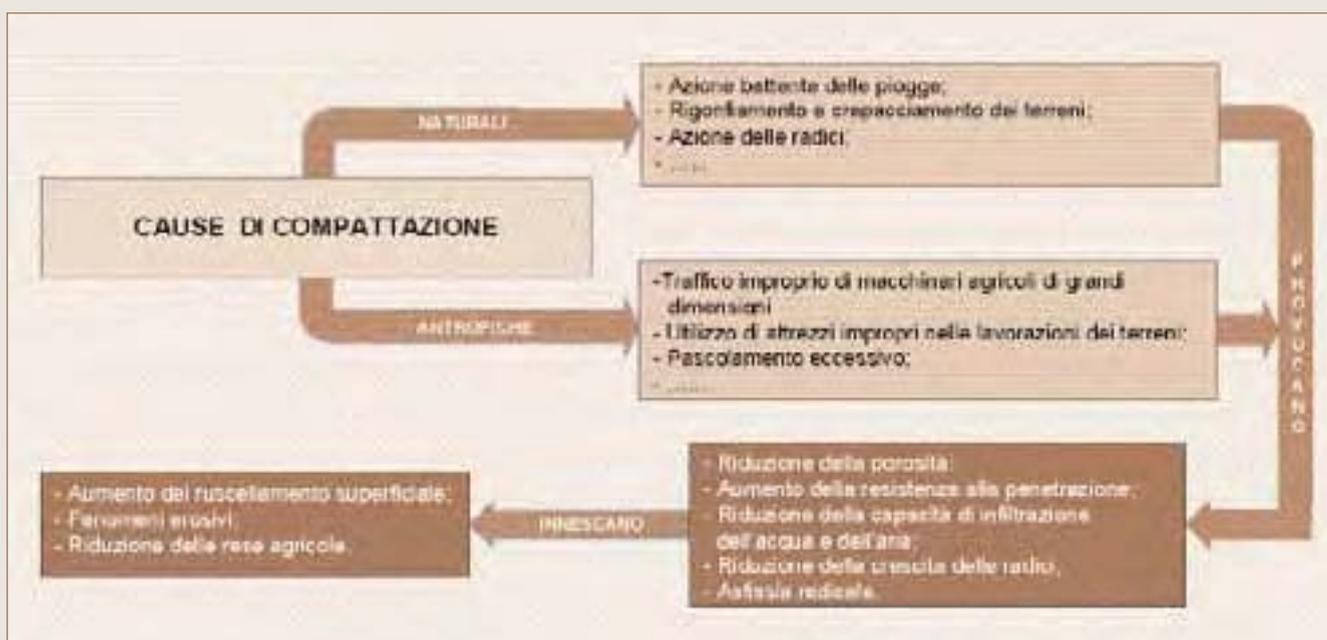


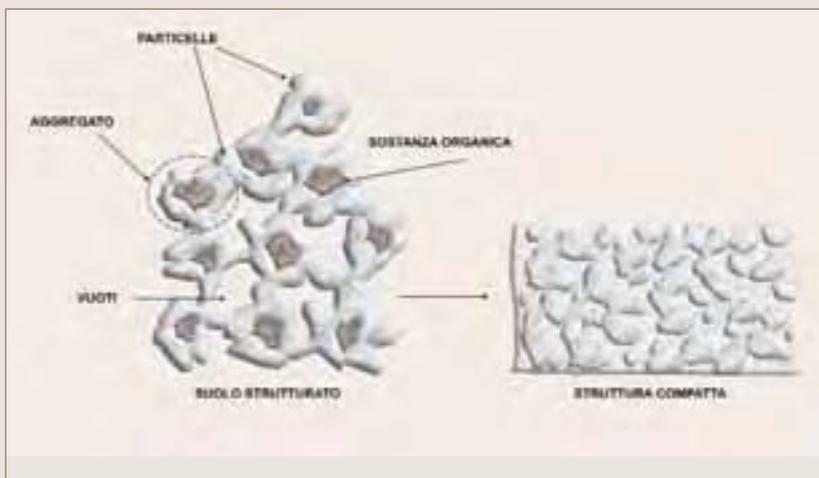
Fig. 3.1 - Schema dei fattori che determinano fenomeni di compattazione del suolo e dei conseguenti effetti.

La compattazione del suolo è un problema su cui si può agire efficacemente attraverso la prevenzione. I tipi di pneumatici e le pressioni di gonfiaggio possono essere scelti in modo da attenuare l'effetto compattante dei passaggi delle macchine agricole (Fig. 3.2).



Fig. 3.2 - Macrofotografie di sezioni sottili verticalmente orientate preparate da campioni indisturbati prelevati nello strato superficiale (0-6 cm) di un suolo franco-argilloso sottoposto a lavorazione minima (sinistra) e lavorazione convenzionale (destra). Il lato minore misura 3 cm nella realtà. È evidente la formazione di una crosta superficiale (strato compatto con struttura lamellare) nel terreno lavorato con aratura convenzionale continua. In questo strato si notano, oltre ai pori allungati orientati parallelamente alla superficie e quindi non continui in senso verticale, anche i pori sferici originati da bolle d'aria rimasta intrappolata durante il processo di essiccamento (vescicole). Nel terreno interessato da lavorazione minima si assiste ad una struttura poliedrica subangolare con pori allungati e continui in senso verticale sin dalla superficie, che facilita così l'infiltrazione dell'acqua a differenza della situazione del terreno lavorato convenzionalmente in cui prevale il ruscellamento superficiale.

Più in generale bisognerebbe riconsiderare l'adozione di macchine agricole meno pesanti e potenti, magari munite di cingolati anziché ruote, nel passaggio su suoli bagnati. L'adozione di sistemi di lavorazione del terreno alternativi alle tradizionali arature è capace di ridurre la formazione, all'interno del profilo del suolo, dello strato compatto a bassa permeabilità che si genera al limite inferiore della lavorazione nei terreni interessati da continue lavorazioni convenzionali (suola d'aratura). In Italia il fenomeno della suola d'aratura è fortemente sottovalutato anche se questo strato compatto è largamente diffuso nelle pianure alluvionali coltivate con monocolture ed è responsabile delle frequenti sommersioni dei terreni coltivati, dovute all'annullamento del drenaggio, in occasione di piogge intense e concentrate in piccoli intervalli di tempo. Parte delle risposte vanno, quindi, ricercate nelle "buone pratiche agricole" che contribuiscono a mantenere la struttura. In quest'ottica si dovrebbero evitare le lavorazioni profonde tanto più che i risultati scientifici indicano che l'utilizzo di sistemi di lavorazione alternativi, in sostituzione di quelli tradizionali collaudati, non è penalizzante per la produzione anzi ne può anche migliorare la qualità. Per colture arboree, vigneti in particolare, si dovrebbe favorire la pratica dell'inerbimento ed indirizzarsi verso una loro gestione a basso impatto ambientale.



**Fig. 3.3** - La sostanza organica nel suolo riveste un'importanza fondamentale nel mantenimento della sua struttura. La perdita di struttura del suolo con il passaggio ad un suolo a struttura compatta ha forti riflessi sulla capacità del suolo di esplicare le proprie funzioni.

#### MODERNIZZAZIONE DELL' AGRICOLTURA

L'agricoltura degli ultimi quarant'anni, oltre all'uso di fertilizzanti chimici e l'attuazione di colture specializzate (monocolture e monosuccessioni), ha adottato macchine agricole sempre più potenti e pesanti. Se da un lato questo processo ha portato ad un incremento delle produzioni agricole dall'altro ha prodotto, nel lungo termine, evidenti fenomeni di degradazione del suolo e di sconvolgimento delle proprietà idrologiche che si manifestano attualmente in maniera anche catastrofica.



**La compattazione è un fenomeno che altera profondamente la porosità del suolo e con essa le sue normali proprietà idrologiche fino ad essere concausa dei grandi eventi alluvionali**

## LA DIMINUZIONE DELLA SOSTANZA ORGANICA



La perdita di sostanza organica (SO) è una delle maggiori problematiche in grado di compromettere la funzionalità dei suoli. Se in passato tale fenomeno è stato determinato dalle grandi trasformazioni d'uso del suolo operate dall'uomo (imponenti deforestazioni, conversione delle foreste o dei pascoli permanenti in terreni arabili, ecc.) attualmente esso è principalmente legato al forte sviluppo delle pratiche agricole intensive. Una grande anomalia dei moderni sistemi agricoli è infatti la rottura del ciclo della sostanza organica del quale le biomasse agricole rappresentano un passaggio. In aggiunta, le tradizionali pratiche di reintegro sono state da tempo abbandonate tanto che l'*input* di carbonio organico per i suoli impegnati in tali sistemi è principalmente affidato ad una gestione, più o meno oculata, dei residui colturali e agli apporti di sostanza organica esogena attraverso varie forme.

Si ricorda poi che i processi di mineralizzazione della sostanza organica sono funzione del clima e della tipologia di suolo e pertanto nell'area mediterranea la concentrazione di SO nei suoli è mediamente bassa. In un contesto come quello italiano, quindi, la celerità con cui si accusano problemi del suolo legati alla diminuzione di SO è evidentemente maggiore.

Le sistemazioni idraulico agrarie atte a supportare questa nuova agricoltura specializzata ed intensiva, oltre che a trasformare in modo imponente il paesaggio agricolo, non sono state in grado di mantenere un equilibrio tra necessarie pratiche agricole ed ambiente.

L'effetto è stato quello di generare pericolosi fenomeni di erosione del suolo e quindi anche di perdita della sostanza organica, in seguito al distacco delle particelle superficiali di terreno ricche di SO. Questi fenomeni risultano tanto più intensi in un territorio come il nostro con elevata energia di rilievo.

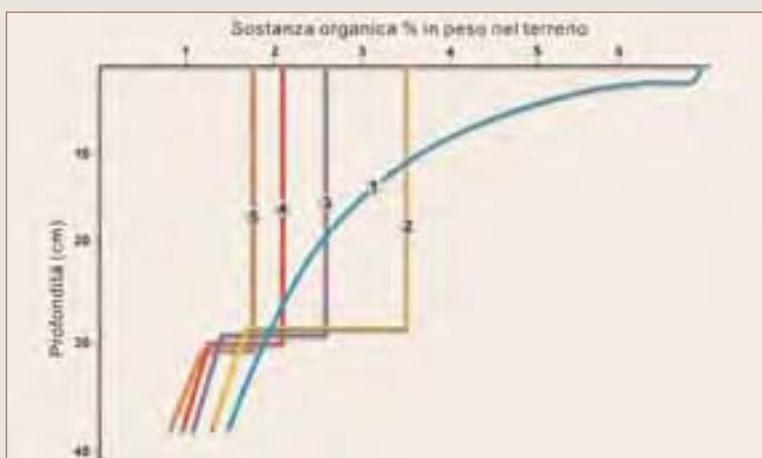
Una buona politica sul suolo sia a livello nazionale che europeo, non può prescindere da un'approfondita conoscenza della quantità di SO contenuta nel suolo. In quest'ottica la mancanza di dati pregressi, nonché di misure relative a campioni georeferenziati, rende impossibile definire l'andamento e la quantificazione della diminuzione di sostanza organica nei nostri suoli (Fig. 3.4).

Secondo quanto riportato dalle stime ufficiali della Comunità Europea, il 74% dei suoli possiede meno del 2% di carbonio organico nello strato superficiale quando, per garantire un'elevata efficienza del terreno rispetto al rifornimento di elementi nutritivi per le piante ed al trattenimento di potenziali elementi inquinanti, il livello obiettivo dovrebbe essere pari almeno al 1,5 - 2%.

Per quanto riguarda la conoscenza di tale livello nei suoli italiani, l'unica sintesi nazionale attualmente disponibile è quella riportata in Fig. 3.5. Diverse regioni (vedi Cap. 4) hanno a disposizione elaborazioni, derivanti dalla cartografia dei suoli, che si stà procedendo ad armonizzare al fine di ottenere un prodotto che abbia il fondamentale requisito della omogeneità.

#### QUALI METODI UTILIZZARE PER INVERTIRE LA TENDENZA?

*Molte pratiche agricole non favoriscono il mantenimento o l'accumulo di un contenuto adeguato di SO nel suolo. La soluzione al problema è duplice: da un lato contenere l'erosione del suolo (quindi della SO), dall'altro incrementare i livelli della stessa. E' necessario dunque adottare tutta quella serie di pratiche agricole che vengono definite "buone". Solo per citarne alcune si possono utilizzare lavorazioni del terreno di tipo conservativo o addirittura non lavorarlo, onde evitare l'eccessivo amminutamento dello stesso con una ossidazione della SO più veloce. Praticare le rotazioni colturali inserendo colture foraggere. Prevedere forme d'uso del terreno diverso per periodi più o meno lunghi di riposo come il set-aside. Prevedere l'aggiunta di residui colturali e di ammendanti organici come compost e letami. Mantenere una copertura vegetale anche in inverno e utilizzare colture intercalari, ossia colture il cui ciclo si sviluppa tra due colture principali, che a fine ciclo sono interrate. Sviluppare le pratiche atte a limitare i fenomeni erosivi.*



**Fig. 3.4** - Variazione del contenuto in sostanza organica con la lavorazione del terreno. Così si può presentare, tipicamente, la situazione in un terreno a prato-pascolo convertito a mais: 1) situazione preesistente; 2) dopo la prima lavorazione; 3) dopo cinque anni di lavorazione; 4) dopo dieci anni di lavorazione; 5) dopo quindici anni di lavorazione.



**Fig. 3.5** - Stima del carbonio organico (CO) presente nei suoli italiani.

Per trasformare il contenuto di CO misurato nel corrispondente contenuto di SO si ricorre all'equazione:

$$SO = CO \times 1,724.$$

Sulla base della classificazione adottata la situazione non è rassicurante e allineata alle stime europee: circa l'80% dei suoli italiani ha un tenore di CO minore del 2%, di cui una grossa percentuale ha valori di CO minore dell'1%. Tutto ciò si traduce in una grande percentuale di suoli con valori di SO minori o poco più alti del 2%.

La stima è basata sulle analisi effettuate per la realizzazione della Carta Ecopedologica d'Italia integrate con i dati dell'European Soil Database. Una elaborazione di maggior dettaglio, derivante dall'armonizzazione delle informazioni disponibili presso gli enti che svolgono la funzione di Servizio Pedologico Regionale, è in via di realizzazione nell'ambito del Progetto SIAS (Sviluppo di Indicatori Ambientali sul Suolo), coordinato da APAT.



**Una scarsa dotazione di sostanza organica riduce la fertilità fisica, chimica e biologica impedendo che il suolo svolga correttamente le sue funzioni**

## LA PERDITA DI BIODIVERSITÀ

**P**er biodiversità del suolo, si intende la grandissima varietà di organismi che lo popolano. Il concetto, se guardato dal punto di vista del numero dei viventi coinvolti, è molto più complesso di quanto possa sembrare. All'interno del suolo la densità degli organismi raggiunge spesso valori elevati (Fig. 3.6). Un solo grammo di suolo in buone condizioni può contenere centinaia di milioni di batteri appartenenti ad un numero enorme di specie diverse; in un grammo di suolo arato possono essere presenti fino a 40.000 individui appartenenti al gruppo dei protozoi mentre, nelle praterie, i nematodi possono raggiungere densità pari a 20.000.000 individui/m<sup>3</sup>.

La biodiversità nel suolo, come negli altri ambienti, può essere valutata in vari modi e a diversi livelli: diversità genetica, tassonomica, ecologica e funzionale. In questo contesto l'interesse maggiore si concentra su quest'ultimo aspetto, ossia su quanto sia fondamentale la biodiversità nel suo ruolo di mantenimento delle funzionalità del suolo stesso. Nel capitolo 2 si è visto che, in condizioni naturali, i suoli contengono organismi in grado di degradare agenti inquinanti e quindi di ostacolare la contaminazione chimica.

Tuttavia la funzione protettiva e conservativa del suolo non è infinita e l'idea che il suolo possa essere un contenitore od una barriera perpetua da poter utilizzare liberamente (numerosi sarebbero, purtroppo, gli esempi in cui l'uomo ha abusato di questa funzione) è un'idea a lungo andare perdente. Infatti, una

Batteri e funghi	500-5000kg/ha
Attinomiceti	500-2000kg/ha
Alghe	50-500kg/ha
Micro e meso fauna	500-2000kg/ha
Uomo	100kg/ha



**Fig. 3.6** - Rappresentazione della proporzione esistente tra la biomassa contenuta nel suolo e quella epigea.



**a**



**b**

**Fig. 3.7** - Esempi di microartropodi viventi nel suolo: a) isopode; b) larva di cicala.

concentrazione eccessiva di inquinanti può avere un effetto negativo su molti degli organismi del suolo sia direttamente, per emigrazione o morte degli individui e delle specie più sensibili, sia indirettamente, a causa dello sviluppo di organismi resistenti e poco specializzati.

In realtà i motivi di perdita di diversità del suolo non sono limitati solo al problema degli inquinanti. Tenendo conto che la maggiore attività degli organismi si riscontra nei primi 10-20 cm di profondità, le pratiche agricole intensive (lavorazione profonda e frequente) hanno un impatto negativo su tutti gli organismi del suolo, creando un habitat sfavorevole.

Anche la compattazione, che generalmente porta ad una riduzione delle dimensioni dei pori più grandi e della loro continuità, riduce l'habitat favorevole per gli organismi edafici. La diminuzione della porosità provoca una diminuzione della quantità di ossigeno circolante, generando modificazioni nelle catene alimentari ed in particolare modificazioni nel tipo e nella distribuzione degli organismi.

Una grave perdita di biodiversità si verifica in tutte le trasformazioni dell'uso del territorio che prevedono la cementificazione e l'impermeabilizzazione del suolo. I mancati apporti di sostanza organica rappresentano un'altra causa di diminuzione della biodiversità; la quantità di carbonio, infatti, rappresenta il principale fattore di crescita per gli organismi edafici e la sua carenza può limitare lo svolgimento delle attività biologiche.

Altri fattori che limitano la presenza di organismi nel suolo sono i seguenti:

1. L'erosione e gli incendi, possono sottrarre sostanza organica e pertanto determinare una notevole diminuzione della diversità.
2. Un incremento in sali o una variazione del pH possono modificare la struttura delle comunità di microrganismi.
3. L'introduzione accidentale o deliberata di specie alloctone può determinare che una di esse trovi condizioni favorevoli per lo sviluppo generando esplosioni demografiche che rafforzano il successo della specie introdotta a spese di quelle autoctone in equilibrio con l'ambiente.

Ancora da studiare, ma da non sottovalutare, sono gli impatti delle colture transgeniche sul suolo; la persistenza dei transgeni nel terreno, anche dopo molti anni dalla coltivazione, può portare a modifiche nella composizione e nel metabolismo della biodiversità edafica.

Non va per ultimo dimenticato che la diversità del suolo è la fonte principale di antagonisti naturali di organismi dannosi e malattie quindi una sua perdita porta alla scomparsa di un arma efficace a supporto dei sistemi produttivi agricoli.



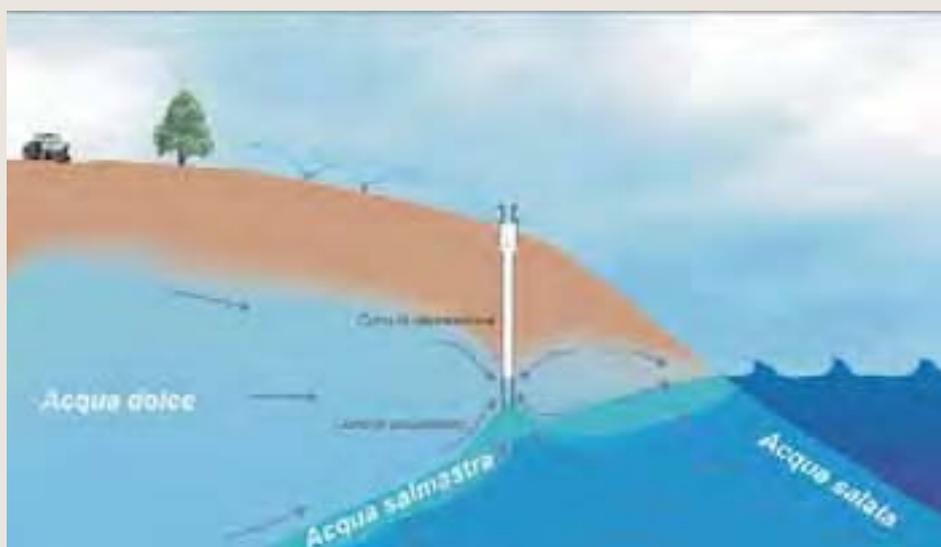
***Come per la specie umana uno dei segreti del suolo è rappresentato dalla biodiversità che esso racchiude***

## LA SALINIZZAZIONE

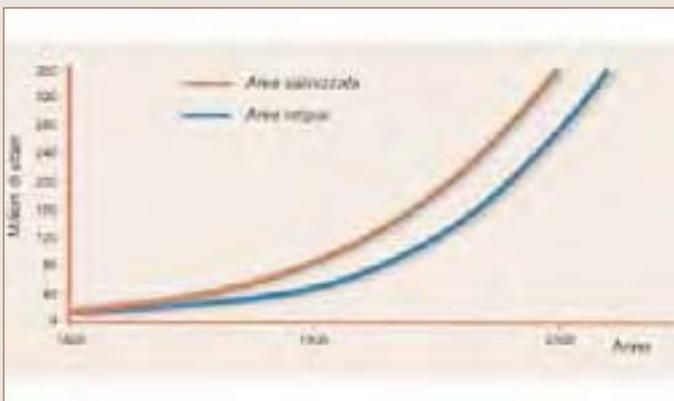
Ogni suolo possiede un naturale contenuto in sali, essenziali per lo sviluppo vegetale, che deriva dagli stessi processi che ne hanno determinato la formazione (salinità primaria). Quando fattori naturali o antropici determinano un accumulo di sali nel suolo fino a un livello tale da compromettere l'attività vegetativa e produttiva delle colture e da determinare anche effetti indesiderati sull'ambiente (vedi box), i suoli vengono definiti "salini". Fra le emergenze ambientali direttamente legate alla salinità del suolo un rilievo particolare va dato ai processi di salinizzazione secondaria anche per quei suoli che, pur non presentando attualmente il problema, potrebbero ragionevolmente salinizzarsi per via del perpetuarsi di alcune attività antropiche. In particolare la salinizzazione secondaria dei suoli a causa dell'irrigazione (Fig. 3.9) rappresenta un problema

destinato ad aggravarsi non solo per la spinta competizione esistente fra città, industria e campagna nell'uso dell'acqua, per il sovrasfruttamento delle falde (Fig. 3.8) e per l'impiego in agricoltura di acque sempre meno idonee (acque saline, acque reflue civili e industriali), ma anche per effetto dei previsti cambiamenti climatici che, incrementando l'aridità, determinerebbero una minore lisciviazione ed un conseguente aumento della salinizzazione. Particolarmente esposte risultano pertanto le aree a clima tendenzialmente caldo-arido.

Per il nostro paese ancora oggi non è disponibile, a livello nazionale, una cartografia di dettaglio che dia conto di caratteristiche e distribuzione dei suoli salini. Solo recentemente una indagine conoscitiva ha evidenziato che le aree maggiormente affette dal problema risultano essere la bassa pianura padano-veneta, le



**Fig. 3.8** - Il sovrasfruttamento delle falde e/o l'immagazzinamento della risorsa idrica a monte provoca l'abbassamento del livello dell'acqua e la conseguente possibilità di intrusione salina nelle aree costiere. Quando i prelievi delle acque mediante pozzi, captazioni, ecc. sono superiori alla ricarica naturale delle falde acquifere, il livello dell'acqua può scendere drasticamente fino a compromettere la riserva idrica.



**Fig. 3.9** - Sviluppo globale, proiettato al 2020, dell'irrigazione e della salinizzazione secondaria dei suoli. Le aree soggette a salinizzazione secondaria sono più estese dei territori irrigui in quanto la salinizzazione secondaria influenza, in genere, una superficie maggiore rispetto a quella irrigua.

### MA QUALI SONO GLI EFFETTI DELLA SALINIZZAZIONE SUL SUOLO?

L'accumulo di sali nel suolo è un fattore fortemente degradante la sua qualità fisica e biologica. Tra gli effetti che si presentano alcuni sono notevolmente negativi:

- l'essiccamento fisiologico o comunque gli squilibri nell'assorbimento degli elementi da parte dei vegetali possono ridurre drasticamente le rese
- la notevole quantità di sodio genera una degradazione della struttura del suolo fino a condizioni di tipo massivo persistenti, con effetti disastrosi sia sugli organismi viventi che sull'incremento dell'erosione.

aree costiere tirreniche ed adriatiche e le isole (Fig. 3.10).

I problemi posti dai suoli salini per il loro miglioramento non sono facilmente risolvibili e, nelle aree irrigue, vengono complicati dalle complesse relazioni acqua-suolo che si instaurano in funzione della natura del suolo, della sua granulometria e struttura, dell'erosione, delle tecniche di coltivazione, dei metodi irrigui, della qualità e delle dinamiche delle acque.

Un metodo unico, sempre valido ed universal-

mente applicabile per il controllo della salinità o dei rischi di potenziale salinizzazione non esiste; di volta in volta si dovrebbe ricorrere alla combinazione di diverse pratiche da integrare fra loro, da scegliere secondo i casi, tenendo sempre presente che le azioni volte alla prevenzione devono avere la priorità sulle azioni di recupero. L'adozione di un particolare metodo dovrebbe essere dettata dalle caratteristiche del suolo, dagli scopi che si vogliono raggiungere e dalla economicità dell'impresa.

**UN ASPETTO POCO CONOSCIUTO...**

*Nella salinizzazione secondaria va considerato anche l'aspetto legato allo spargimento sulla rete viaria di sali in funzione antigelo. Col passare del tempo si ha la tendenza all'accumulo cronico nei suoli circostanti di soluti, in orizzonti posti sempre alla stessa profondità, le cui concentrazioni di sali possono arrivare ad essere anche 2-3 ordini di grandezza superiori rispetto a quelle presenti in origine nel suolo.*



**Fig. 3.10** - Distribuzione dei suoli salini in Italia (in rosso). Si noti la diffusione del fenomeno in Sicilia dove i suoli interessati da salinizzazione coprono circa il 10% del territorio regionale (circa 250.000 ha).



**“La salinizzazione del suolo è uno dei principali processi che contribuiscono alla catastrofe biologica mondiale”**  
**Accademia Nazionale delle Scienze degli Stati Uniti d’America**

## L'EROSIONE IDRICA

**L'**erosione è un fenomeno naturale che consiste nella perdita dello strato più superficiale del terreno, a causa dell'azione dell'acqua piovana o del vento.

Con l'avvento dell'agricoltura moderna e, soprattutto, con l'introduzione di alcune forme spinte di meccanizzazione, il livellamento delle pendici, l'abbandono delle sistemazioni idraulico-agrarie tradizionali e la specializzazione delle colture, l'erosione ha assunto proporzioni preoccupanti specialmente nelle aree di collina con effetti economici rilevanti soprattutto nelle aree con colture di pregio.

I danni arrecati dall'erosione, che si evidenziano in termini di perdita di suolo, di fertilità, di biodiversità, di modificazione del paesaggio ecc., sono tali da richiedere interventi correttivi che molte volte consentono solo un parziale ripristino delle condizioni ottimali.

L'erosione idrica è distinta in quattro tipologie principali:

- 1) Erosione da azione battente delle gocce di pioggia (*splash erosion*).
- 2) Erosione laminare (*sheet erosion* o *inter-rill erosion*): dovuta all'azione combinata dello *splash* e dello scorrimento superficiale delle acque sotto forma di un velo che non forma rigagnoli evidenti (Fig. 3.11).
- 3) Erosione incanalata: rappresenta la principale forma erosiva nei terreni agrari. La perdita di suolo è da imputare al distacco ed al trasporto delle particelle causato dallo scorrimento dell'acqua nei rigagnoli (*rill erosion*) che sovente si impostano lungo le direzioni di lavoro delle macchine. I rigagnoli possono evolvere in forme erosive più severe (per burroni - *gully erosion*) (Fig. 3.12).
- 4) Erosione di massa (frane): deriva dall'azione combinata delle acque meteoriche e della gravità e, nelle aree agricole, è generalmente legata ad una mancata regimazione delle acque, all'appesantimento del suolo a seguito delle piogge e alla presenza di strati compattati lungo il profilo (suola d'aratura) che possono rappresentare la superficie di scivolamento di volumi, anche notevoli, di suolo (Fig. 3.13).

L'asportazione di suolo dovuta agli attrezzi agricoli (arature, raspature) è denominata "erosione da lavorazione" o *tillage erosion*.

Buona parte del territorio italiano è potenzialmente affetto da rischio di erosione a causa della notevole energia di rilievo e dell'erodibilità dei suoli. L'erosione potenziale diventa attuale quando, ai fattori naturali di rischio (aggressività della pioggia, pendenza ed erodibilità del suolo), si associa un uso del suolo che può esporre in maniera diversa la superficie del suolo all'azione diretta



**Fig. 3.11** - Forme di erosione: L= erosione laminare (o interrill) con formazione di crosta; R= erosione incanalata (per rigagnoli); S= zone di sedimentazione; S/L= zone a dinamica complessa (erosione e/o deposizione, secondo la velocità delle acque).



**Fig. 3.12** - Erosione per burroni (*gully erosion*).



**Fig. 3.13** - Flussi di suolo su strati compattati dall'aratura.

della pioggia battente. Dall'elaborazione dei dati forniti dall'ESB su banca dati CORINE (1992) risulta che circa il 30% dei suoli presentano un rischio di erosione che supera le  $10t * ha^{-1} * anno^{-1}$  (Fig. 3.16). Inoltre il rischio d'erosione è aumentato, negli ultimi decenni, anche a causa dell'aumento dell'aggressività delle piogge, in relazione con il generale mutamento del clima in atto.

Allo scopo di attuare le tecniche agronomiche appropriate per ridurre l'erosione è necessario conoscere i fattori che influenzano l'erosione del suolo e le modalità per stimarla. Esistono molti modelli di stima dell'erosione, la maggior parte dei quali richiede dati relativi al suolo, alla morfologia, al clima, alle piante e alla conduzione agronomica. E' anche vero che i modelli forniscono però un valore di erosione riferito ad una condizione "media". Di conseguenza è necessaria una calibrazione del modello per la singola situazione analizzata.

Per contrastare il fenomeno dell'erosione è necessario attuare una serie di interventi, riassumibili generalmente nelle "buone pratiche agricole". In generale tutte le agrotecniche che determinino un ostacolo alla formazione dei rigagnoli risultano utili.

Nello specifico si ricordano: lavorazioni secondo le curve di livello (che possono far ridurre l'erosione anche del 50% rispetto alle lavorazioni eseguite secondo la massima pendenza, cioè a rittochino), utilizzo di organi lavoranti che non generino superfici compattate nel suolo (suola d'aratura), contrasto dell'eccessivo amminutamento delle zolle per la preparazione dei letti di

semina, riduzione della dimensione degli appezzamenti lungo la massima pendenza, mantenimento e incremento dei terrazzamenti, sistemazioni idraulico-agrarie, drenaggi, inerbimenti, limitazione dei livellamenti. Questi ultimi, effettuati con macchine per il movimento di terra per l'impianto di colture arboree e specializzate determinano il troncamento del profilo del suolo nelle zone di scavo e l'accumulo, nelle zone di riporto, di notevoli masse di materiale incoerente a porosità disorganizzata e facilmente erodibile (Fig. 3.14). In queste condizioni, si possono frequentemente raggiungere tassi di erosione elevatissimi.

Per il settore forestale è indispensabile una conduzione idonea con le opportune pratiche (potature, cimature, cura del sottobosco, ecc.) e tenere conto della vocazionalità pedoclimatica per i nuovi impianti.



**Fig. 3.14** - Asportazione meccanica del suolo (filla-ge erosion). La raspatura è stata effettuata in vista dell'impianto di un vigneto. Si noti sulla destra il suolo originario.



**"L'acqua disfa li monti e riempie le valli  
e vorrebbe ridurre la Terra in perfetta sfericita', s'ella potesse"  
Leonardo da Vinci**

## VALUTAZIONE DEL RISCHIO DI EROSIONE IDRICA IN ITALIA

L'erosione idrica, soprattutto nelle sue forme più severe, rappresenta una delle principali minacce per la corretta funzionalità del suolo. La rimozione della parte superficiale del suolo, maggiormente ricca in sostanza organica, ne riduce la produttività e può portare, nel caso di suoli poco profondi, ad una perdita irreversibile di terreni coltivabili. La conoscenza di questo fenomeno risulta, quindi, particolarmente utile come strumento decisionale per la pianificazione degli interventi di conservazione del suolo. La valutazione del rischio d'erosione sia essa idrica che eolica viene generalmente realizzata attraverso la modellizzazione del fenomeno oppure con prove sperimentali (parcelle, simulatori di pioggia etc.) realizzate direttamente in campo. Il Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio, in collaborazione con il *Joint Research Centre - Ispra* - della Commissione Europea, ha realizzato a mezzo di un progetto apposito (Progetto Carta Ecopedologica) la Carta del Rischio d'erosione idrica per l'intero territorio Nazionale. Per la realizzazione di tale strato informativo è stata utilizzata l'Equazione Universale di Perdita di Suolo (USLE). La USLE è un modello empirico che fornisce risultati quantitativi. Empirico in quanto derivante da parcelle sperimentali realizzate negli Stati Uniti e dalla definizione matematica dei risultati riscontrati in tali parcelle; quantitativo in quanto fornisce come risultato un rischio d'erosione espresso in termini di tonnellate per ettaro per anno. I parametri presi in considerazione dall'equazione sono:

$$A = R * K * L * S * C * P$$

A = stima della perdita di suolo per erosione idrica ( $t * ha^{-1} * anno^{-1}$ )

R = erosività delle precipitazioni

K = erodibilità del suolo

L = lunghezza del versante

S = pendenza del versante

C = fattore di copertura del suolo

P = pratiche di controllo dell'erosione

Come fonte dei dati per la definizione dei parametri dell'equazione sono stati utilizzati il *MARS meteorological database* per i dati climatici; il *Soil Geographical Database of Europe* 1:1.000.000 per le informazioni relative alle classi di tessitura dei suoli; il *CORINE Land Cover 1990 database* integrato con immagini NOAA AVHRR (*Advanced Very High Resolution Radiometer*) per l'uso del suolo; il *DEM (Digital Elevation Model)* risoluzione 250 m, per la pendenza e la lunghezza dei versanti. La cartografia in formato *grid* relativa al Rischio d'erosione idrica sia potenziale che attuale è stata realizzata con una definizione di 250 m.

I risultati ottenuti con l'applicazione della USLE risultano essere soddisfacenti anche se in alcune aree il rischio d'erosione appare accentuato rispetto a quanto effettivamente riscontrato nella realtà. In secondo luogo la USLE risulta fortemente influenzata dai parametri L e S e, data la risoluzione del DEM alcune aree che possono mostrare erosione in realtà non vengono evidenziate in cartografia.

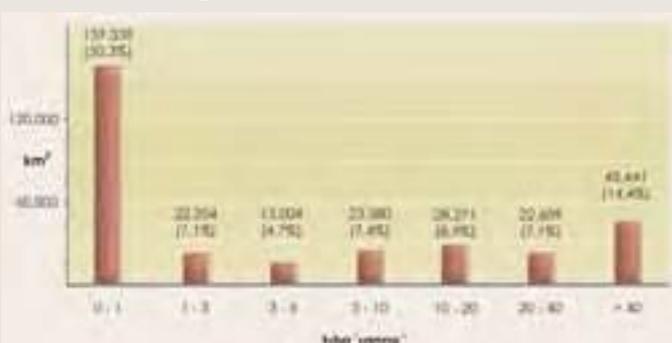


Fig. 3.15 - Distribuzione dei suoli in Italia secondo il rischio di erosione attuale (elab. P. Bazzoffi su dati CLC 90).

Un'ulteriore evoluzione nello studio del rischio d'erosione è stata compiuta con l'applicazione del modello PESERA (*Pan-European Soil Erosion Risk Assessment*). In questo caso il modello applicato è un modello fisicamente basato. I dati di base permangono all'incirca gli stessi presenti nella USLE con alcuni adattamenti soprattutto in riferimento alle componenti idrologiche del suolo e ad altri parametri quali l'indice di incrostamento dei suoli che ha una diretta influenza sul coefficiente di *run-off*. La carta del rischio d'erosione ottenuta con l'applicazione del modello PESERA mostra alcune differenze sostanziali rispetto a quella derivata dall'applicazione della USLE: compaiono aree a rischio d'erosione anche in aree a debole pendenza, per esempio in Pianura Padana, mentre, per contro, si riducono consistentemente le aree a rischio d'erosione in situazioni geomorfologicamente più accidentate.

Tuttavia è utile segnalare che, al di là del modello utilizzato, è di fondamentale importanza l'operazione di validazione e calibrazione del modello medesimo, tramite la comparazione con misure dirette dell'erosione. I dati derivanti da misurazioni dirette, utili anche per il monitoraggio del fenomeno nel tempo, sono però, al momento, scarsi e non uniformemente distribuite sul territorio nazionale. Quindi è quanto mai opportuno quanto segnalato dalla Strategia per la protezione del suolo in Europa (COM (2006) 232) sulla necessità di attivazione di una rete di monitoraggio dei suoli a livello Nazionale ed Europeo.

Ulteriori studi sul rischio d'erosione sono in itine-

re a livello Europeo da parte del JRC. Essi sono volti, oltre che ad una miglior parametrizzazione del processo e miglioramento dei modelli, ad un'analisi del rischio d'erosione in stretto collegamento con gli aspetti gestionali del territorio e con le pressioni ambientali, quali il cambiamento climatico, a cui il territorio stesso è sottoposto. Sulla base di questo approccio sono in via di realizzazione una valutazione del trend evolutivo del fenomeno erosivo tramite il confronto tra i dati dell'uso e copertura del suolo del 1990 e del 2000 (CLC 1990 e 2000) ed una proiezione del rischio d'erosione dei suoli in relazione al cambiamento climatico sulla base

degli scenari previsti dall'IPCC (*Intergovernmental Panel on Climate Change*).

La corrispondenza tra le stime derivanti dai modelli è la situazione reale è, comunque, fortemente dipendente dal dettaglio dei dati di base utilizzati, come appare evidente dal confronto con le carte dell'erosione prodotte dalle singole regioni e presentate nel capitolo 4. Sulla base di ciò è in atto un progetto congiunto APAT-Regioni-CRA-JRC finalizzato alla armonizzazione delle informazioni disponibili a livello regionale (Progetto SIAS) che porterà alla costruzione di un elaborato nazionale più accurato rispetto a quelli attualmente disponibili.



**Fig. 3.16** - Carta nazionale della Valutazione del Rischio di erosione idrica del suolo (di tipo laminare e per rigagnoli) ( $t \cdot ha^{-1} \cdot anno^{-1}$ ). A sinistra l'erosione valutata con il modello PESERA, a destra l'erosione valutata con il modello USLE. Pur offrendo interessanti informazioni a scala nazionale queste stime, a causa delle semplificazioni effettuate nella definizione dei parametri ambientali, non possono essere utilizzate per osservazioni puntuali o elaborazioni locali. I due modelli consentono l'applicazione a grande scala utilizzando dati di input di maggior dettaglio che determinano, in diversi casi, risultati anche sostanzialmente diversi dagli elaborati nazionali (vedi cartografie regionali).

## L'IMPERMEABILIZZAZIONE

L'impermeabilizzazione o sigillatura del suolo (*soil sealing*) è determinata dalla copertura del territorio con materiali "impermeabili" che inibiscono parzialmente o totalmente le possibilità del suolo di esplicare le proprie funzioni vitali. La problematica è principalmente concentrata nelle aree metropolitane (Fig. 3.17), dove è più alta la percentuale di suolo coperta da costruzioni, e nelle aree interessate da strutture industriali, commerciali e infrastrutture di trasporto, ma un effetto simile si riscontra anche nelle aree adibite ad agricoltura intensiva a causa della formazione di strati compattati. Lo strato impermeabile costituisce una barriera verticale tra la pedosfera, l'atmosfera e l'idrosfera e, influenzando negativamente sui flussi di acqua e di aria, modifica i rapporti tra la pedosfera e la biosfera. L'effetto più vistoso dell'impermeabilizzazione è sicuramente quello correlato con la gestione delle acque. L'impermeabilizzazione completa, oltre a ridurre l'infiltrazione delle acque, impedisce l'evapo-

ecc.) e di demolizione (polveri, emissioni, rifiuti, ecc.) possono essere negativamente influenzate anche le aree confinanti.

Negli ultimi 20 anni, l'estensione delle aree urbanizzate a livello europeo è aumentata del 20%, contro un aumento della popolazione del 6%. Il declino industriale di alcune città ha portato da un lato all'abbandono di ampie superfici impermeabilizzate attualmente inutilizzate (*brownfields*), dall'altro ha favorito la migrazione della popolazione verso aree di nuova espansione, spesso sottratte ad aree agricole o ad aree verdi (boschi e foreste). Si pensi inoltre che negli anni '90 si è avuta nell'UE una perdita di 10 ha al giorno di suolo solamente per la costruzione di nuove autostrade. In queste zone la perdita delle funzioni del suolo è praticamente totale, e anche le aree attigue, generalmente non impermeabilizzate, subiscono spesso delle forti limitazioni per la contaminazione dovuta al traffico e ai prodotti di manutenzione delle strade.



Fig. 3.17 - Evoluzione dell'area urbana torinese.

traspirazione e diminuisce l'umidità del suolo, che fra l'altro non è più in grado di funzionare da serbatoio, diminuendo anche la capacità di ricarica delle falde. L'incapacità delle aree impermeabilizzate di assorbire la maggior parte delle acque, aumenta notevolmente lo scorrimento superficiale e può favorire il trasporto di contaminanti verso aree limitrofe. L'opera di impermeabilizzazione comporta spesso dei cambiamenti anche nella morfologia dell'area. Inoltre, durante le fasi di costruzione (emissioni dei veicoli, rifiuti), di manutenzione (diserbanti, sali antighiaccio, sabbie, drenaggi,



Fig. 3.18 - Schema DPSIR per l'impermeabilizzazione.

Molto spesso l'espansione dei centri abitati è avvenuta con la realizzazione di manufatti in zone fertili del territorio, più soggette peraltro a fenomeni naturali quali le inondazioni; basti pensare, a titolo di esempio, alla costruzione dell'aeroporto di Roma in una zona caratterizzata da terreni di buona fertilità, oppure ai numerosissimi capannoni industriali realizzati con i fondi della Cassa del Mezzogiorno nelle produttive pianure dell'Italia meridionale. Il confronto tra urbanizzazione e classi di capacità d'uso dei suoli (*Land Capability Classification*), ha evidenziato come l'espansione urba-

**ALCUNI EFFETTI DELL'IMPERMEABILIZZAZIONE**

- Riduzione della infiltrazione delle acque
- sottrazione del suolo ad altri usi (es. agricoltura e foreste)
- impedimento o limitazione delle funzioni ecologiche del suolo (es. stoccaggio di carbonio e habitat per il biota del suolo)
- frammentazione degli habitat ed interruzione dei corridoi migratori per le specie selvatiche.

na abbia interessato aree caratterizzate da un'alta potenzialità produttiva. Tali strumenti dovrebbero diventare parte integrante di piani regolatori, piani di sviluppo industriale, ecc. con lo scopo di mettere in evidenza i rischi di degradazione, o di perdita definitiva, derivanti da usi inappropriati della risorsa suolo.

Non va infine dimenticato il fenomeno dell'urbanizzazione in aree costiere dovuto prevalentemente all'incremento di attività turistiche.

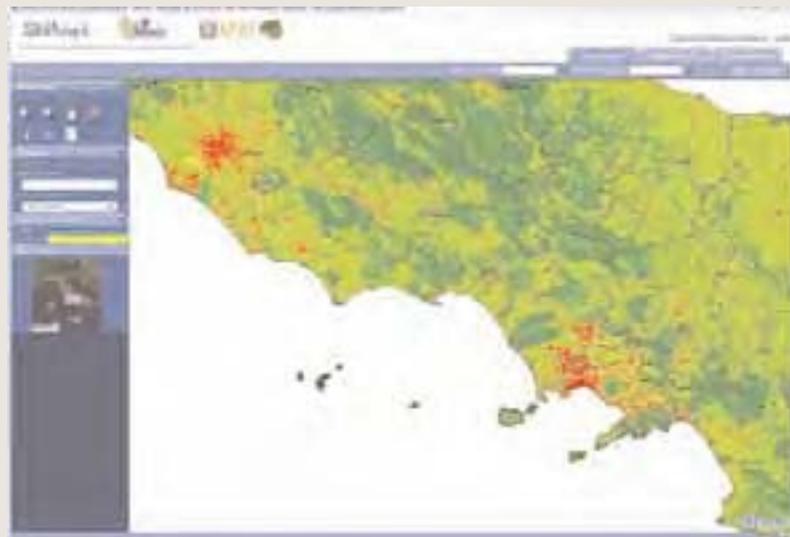
Per fronteggiare il fenomeno dell'impermeabilizzazione sono necessarie misure sia tecniche sia politiche. Tra le prime rientrano, ad esempio, soluzioni architettoniche che privilegino, ove le condizioni geologiche e sismiche lo consentano, la costruzione di palazzi più alti, con superfici di base, e dunque un'occupazione di suolo, più limitata, e la possibilità di utilizzare costruzioni interrato non solo per i parcheggi, ma anche per determinate produzioni o attività commerciali.

Fra le risposte politiche si cita la necessità di un'apposita convenzione internazionale che abbia almeno l'obiettivo di riduzione della velocità di consu-

mo del suolo.

Sarebbe necessario anche introdurre il principio secondo il quale chi origina fenomeni di impermeabilizzazione dovrebbe essere obbligato o a ristabilire lo stato originale del suolo prima dell'intervento, oppure a risarcire la comunità per la perdita della risorsa.

Infine si ricorda che una pianificazione attenta e abile potrebbe minimizzare il *sealing*, e scegliere tipologie di impermeabilizzazione con limitati effetti negativi.



**Fig. 3.19** - Stralcio della carta nazionale dell'impermeabilizzazione del suolo in Italia.



***“A Quinto sembrava di non essersi mai accorto che una vita così fitta e varia lussureggiasse in quelle quattro spanne di terra, e adesso, a pensare che lì doveva morire tutto, crescere un castello di pilastri e mattoni, prese una tristezza, un amore fin per le borragini e le ortiche, che era quasi un pentimento”***  
**Italo Calvino, 1957**

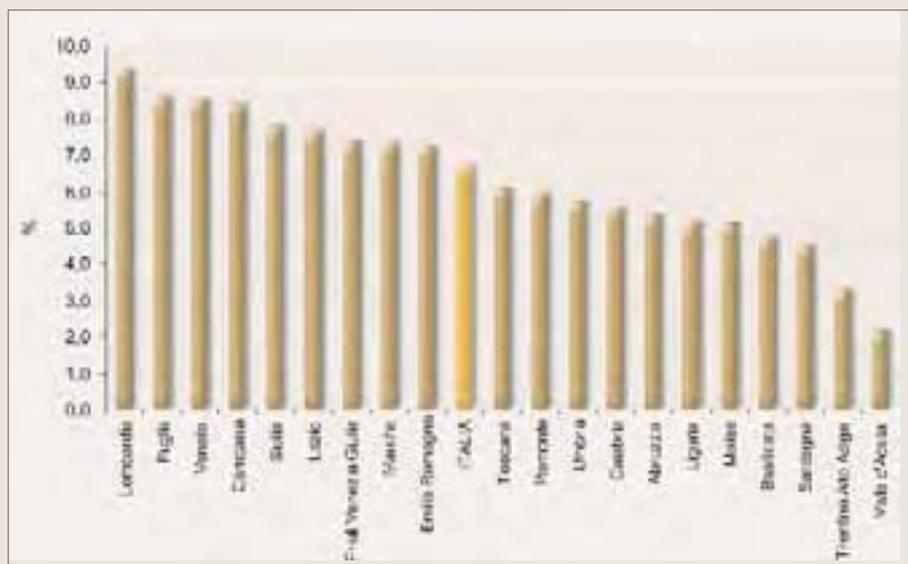
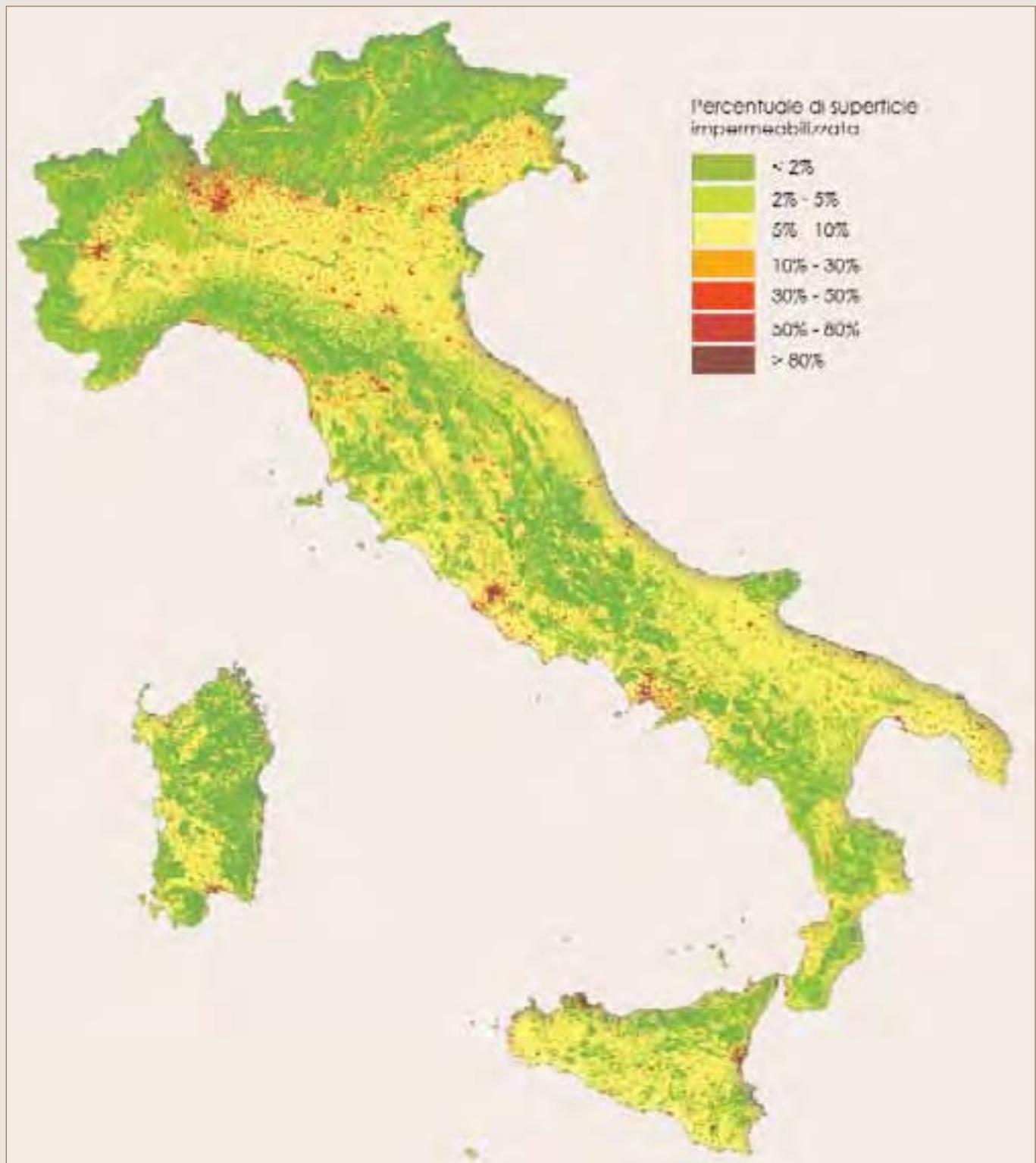
## LA CARTA NAZIONALE DELL'IMPERMEABILIZZAZIONE DEL SUOLO

L'impermeabilizzazione del suolo rappresenta una delle problematiche maggiormente sentite a livello europeo. Esiste, quindi, l'esigenza di sviluppare procedure standard per creare mappe tematiche di impermeabilizzazione dei suoli al fine di una valutazione omogenea a scala nazionale ed europea. La carta nazionale dell'impermeabilizzazione dei suoli è stata ottenuta attraverso la fotointerpretazione a video di ortofoto di un campione di punti localizzati sul territorio italiano. I punti utilizzati per la fotointerpretazione sono quelli impiegati dall'APAT per la validazione dei dati del progetto CLC2000. Le unità campionarie sono costituite da aree circolari di 50 ha di superficie originate nell'intorno di punti dislocati in modo casuale all'interno di celle generate da un reticolo sistematico con passo di 5 km appoggiato al sistema di coordinate UTM - WGS 84, fuso 32 N, per un totale di circa 12.000 unità. Un sottocampione di 500 aree è stato individuato per la ricognizione di campagna. Per la realizzazione della carta il campione dei 12.000 punti e il suo sottocampione di 500, sono stati utilizzati per la fotointerpretazione sulla base della copertura di ortofoto digitali del volo IT2000. Dalla osservazione delle ortofoto in corrispondenza dei punti è stato infatti possibile ricavare informazioni sul *soil sealing*. La procedura adottata risulta utilizzabile in ogni Paese partecipante al progetto CORINE ed offre i vantaggi di riproducibilità e quindi esportabilità, economia e condivisibilità. Questo, con la prospettiva di poter trarre gli evidenti vantaggi derivanti dal riferirsi ad una nomenclatura comune, quella CORINE appunto, e dal produrre una cartografia ad una scala che sia significativa a livello nazionale. I principali limiti della

metodologia utilizzata sono rappresentati dalla possibilità di definire il grado di impermeabilizzazione legato allo sviluppo dell'urbanizzazione ma non quello dovuto ad altre cause (es. compattazione dei suoli) e dal livello di accuratezza raggiunto che, derivante dall'impiego di un campione statistico per le valutazioni, è condizionato dalla numerosità oltre che rappresentatività dello stesso. L'utilizzo dei dati CORINE (unità minima cartografabile 25 ha) rende, inoltre, l'informazione non utilizzabile per elaborati di dettaglio. Per l'applicazione concreta della metodologia impiegata sarebbe auspicabile una validazione attraverso delle verifiche successive che si avvalgano di metodi alternativi e che, quindi, attraverso procedure che impiegano strumenti e supporti differenti, possano fornire elementi confrontabili. E' in corso di realizzazione la carta dell'impermeabilizzazione dei suoli basata sui dati CLC1990 che permetterà valutazioni relative al *trend* evolutivo. L'analisi dei cambiamenti dell'uso del suolo basata sulla comparazione CLC1990-CLC2000 evidenzia comunque un incremento delle aree urbanizzate che si traduce in un aumento delle superfici impermeabilizzate. In Fig. 3.22 sono riportate le percentuali delle aree impermeabilizzate suddivise per regione. I valori più elevati si riscontrano in Lombardia, Puglia, Veneto e Campania mentre nella carta di Fig. 3.21 è possibile osservare come le aree impermeabilizzate siano concentrate in corrispondenze delle aree urbane e lungo i principali assi stradali. In particolare la problematica assume proporzioni preoccupanti nelle grandi aree di pianura dove al fenomeno indotto dall'urbanizzazione deve essere sommato anche quello derivante dall'agricoltura intensiva.



**Fig. 3.20** - Espansione delle aree urbane. Confronto tra le immagini aeree del 1979 e del 2006 di un settore della zona nord-orientale di Roma. Nell'area interessata dai movimenti di terra si sta edificando uno dei più grandi centri commerciali d'Europa.



**Fig. 3.21** - Carta nazionale dell'impermeabilizzazione del suolo legata all'urbanizzazione.

**Fig. 3.22** - Percentuale delle aree impermeabilizzate per urbanizzazione in Italia.

## LA CONTAMINAZIONE DIFFUSA

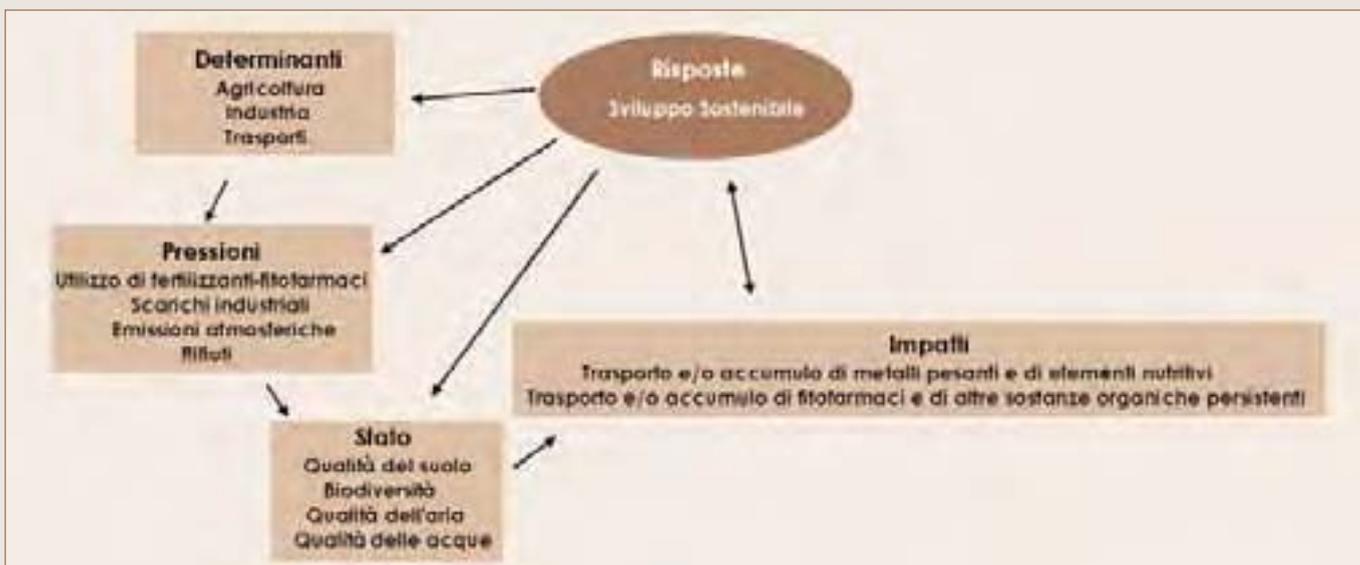
**P**er contaminazione diffusa dei suoli si intende l'insieme dei fenomeni di apporto ai suoli di sostanze esogene inquinanti di cui non è sempre individuabile l'origine. Tali processi possono essere veicolati per tramite dell'aria o delle acque superficiali oppure da pratiche agricole che prevedono l'utilizzo di fertilizzanti e fitofarmaci. Essa interessa aree molto vaste ed è dovuta sia ad attività diffuse sul territorio, come l'adozione di pratiche agricole intensive, sia a processi naturali di trasporto e diffusione degli inquinanti. Molti di questi vengono immessi nell'atmosfera dalle emissioni dell'industria e del traffico e possono essere trasportati dall'aria e rilasciati nel suolo grazie al naturale processo della deposizione atmosferica. Anche lo scarico di un impianto, fonte puntiforme, che immette acque in un bacino superficiale la cui acqua viene utilizzata per l'irrigazione, diventa la fonte della contaminazione diffusa di tutto il comprensorio irriguo che utilizza quella sorgente.

L'agricoltura intensiva, invece, può essere considerata fonte di inquinamento diffuso perché prevede l'abbondante utilizzo di fitofarmaci, fertilizzanti chimici e deiezioni zootecniche. Talvolta, anche l'utilizzo agricolo di fanghi derivanti dal trattamento delle acque reflue urbane e industriali, che possono contenere quantità considerevoli di sostanze pericolose per l'uomo, può destare qualche preoccupazione se non correttamente gestito e controllato.

I principali impatti derivanti dalla diffusione di inquinanti verso il suolo consistono nell'accumulo di elementi nutritivi, di metalli pesanti, di sostanze organiche persistenti. In alcuni casi la contaminazione diffusa dei suoli può rappresentare un fenomeno praticamente irreversibile; pertanto diverse disposizioni normative e politiche comunitarie hanno l'obiettivo di ridurre gli impatti. La risposta più efficace al problema riguarda la razionalizzazione delle pratiche agricole, soprattutto degli interventi di fertilizzazione e difesa antiparassitaria. In generale però la ridu-

FONTI DI INQUINAMENTO DEL SUOLO	
DIRETTE	<b>ORIGINE AGRICOLA</b> - Concimazioni minerali - Concimazioni organiche - Distribuzione di prodotti fitosanitari (es. erbicidi)
	<b>ORIGINE INDUSTRIALE E CIVILE</b> - Attività legate alla gestione dei rifiuti - Attività legate ai processi produttivi - Traffico veicolare
INDIRETTE	- Fall-out atmosferico - Acque di irrigazione contaminate

**Tab. 3.1** - La contaminazione diffusa dei suoli può essere classificata come diretta ed indiretta. L'utilizzo di prodotti fitosanitari e/o l'utilizzo dei suoli come recettori di sostanze di origine industriale che vengono scaricate deliberatamente sui suoli sono i principali fenomeni di contaminazione diretta. Sostanze inquinanti possono essere apportate anche da fenomeni naturali (contaminazione indiretta).



**Fig. 3.23** - Schema DPSIR della contaminazione diffusa. Le attività antropiche (Determinanti) danno luogo a fattori di Pressione che sono responsabili della condizione ambientale (Stato) delle varie matrici coinvolte con conseguenti effetti (Impatti) per la mitigazione dei quali è necessaria l'adozione di apposite misure (Risposte).

zione degli apporti, in una logica di approccio preventivo al problema, può avvenire sia attraverso il controllo dell'immissione sul mercato di prodotti chimici, sia definendo e migliorando i controlli sulle emissioni in aria e nelle acque. Infine è necessario definire i criteri di qualità per i prodotti utilizzati in agricoltura soprattutto quelli destinati all'apporto di sostanze organiche (fanghi di depurazione, effluenti di allevamento, compost).

Quando gli apporti al suolo non sono evitabili si deve tollerare come "accettabile" l'accumulo entro un livello critico in un determinato arco temporale oppure l'accumulo fino ad un certo effetto misurabile. La scelta tra le diverse opzioni può dipendere da interessi economici del sistema agricolo (valore dei prodotti, sicurezza alimentare, valore del fondo coltivato) o dalla tutela del valore naturale del territorio (ecosistemi vulnerabili); si deve tener conto anche del fatto che la contaminazione dei terreni porta con sé problemi economici perché i consumatori potrebbero in casi limite rifiutare i prodotti ottenuti dalla coltivazione di suoli pubblicamente dichiarati inquinati.



**I FERTILIZZANTI, IL SUOLO E L'EUTROFIZZAZIONE DEGLI ECOSISTEMI ACQUATICI**

*I fertilizzanti sono sostanze, sia naturali che di sintesi, impiegate per l'apporto di elementi nutritivi alle colture. I nutrienti come l'azoto e il fosforo sono sostanze indispensabili e normalmente presenti in natura, anche se in piccola quantità; tuttavia possono comportare rischi sia per l'ambiente che per l'uomo quando ne viene introdotta una quantità eccessiva rispetto al fabbisogno delle coltivazioni. Questo vale soprattutto per i fertilizzanti che contengono azoto. Quest'ultimo è spesso presente nel terreno sottoforma di nitrati che, essendo molto solubili nelle acque e difficilmente trattiene dal suolo, vengono facilmente dilavati dai terreni ad opera della pioggia e dell'acqua di irrigazione, determinando fenomeni di inquinamento delle falde idriche sotterranee e di eutrofizzazione degli ecosistemi acquatici. In particolare, l'eutrofizzazione consiste nell'arricchimento in nutrienti delle acque di fiumi, laghi e mari. Il fenomeno comporta una crescita eccessiva di alghe, piante acquatiche ed altri organismi viventi, il cui sviluppo incontrollato porta a situazioni di carenza di ossigeno, alla morte della fauna ittica ed al conseguente deterioramento delle acque, che ne compromette gli innumerevoli usi, da quello potabile a quello ricreativo.*

**Fig. 3.24** - Alcune pratiche agricole immettono nell'ambiente sostanze potenzialmente contaminanti che oltre all'inquinamento del suolo, qualora raggiungano la falda acquifera, possono provocare fenomeni di contaminazione diffusa anche nel comparto delle acque sotterranee.



**"Tutte le sostanze sono velenose: non ce ne è nessuna che non sia velenosa. La giusta dose fa la differenza fra veleno e rimedio"**  
**Paracelso, XVI secolo**

## LA CONTAMINAZIONE PUNTUALE

**N**ei paesi industrializzati la presenza di attività antropiche, quali industrie, miniere, discariche ed altre strutture può determinare fenomeni di contaminazione puntuale del suolo, per sversamenti, perdite di impianti/serbatoi, non corretta gestione dei rifiuti, ecc. Le alterazioni delle caratteristiche del suolo, indotte dalla contaminazione, ne compromettono inevitabilmente alcune funzioni chiave quali, ad esempio, la produzione alimentare e di altre biomasse, le funzioni ecologiche essenziali nonché il ruolo di substrato fisico e culturale che esso svolge per l'uomo. Nella maggior parte dei casi tali alterazioni non interessano solo il suolo, in quanto i contaminanti, attraverso complessi processi di trasporto legati alla tipologia di terreno, alle caratteristiche chimico-fisiche del contaminante, all'idrogeologia della zona, ecc., vengono veicolati in altre matrici ambientali. Gli impatti dovuti al fenomeno di contaminazione puntuale di un suolo riguardano quindi anche il passaggio dell'inquinante ad altri comparti ambientali, quali acque sotterranee ed aria.

Il fenomeno determina anche una serie di impatti sociali, economici e sanitari. Basti pen-

sare al rischio di insorgenza di patologie, legata all'esposizione, più o meno prolungata dei lavoratori e della popolazione a sostanze pericolose e all'ingente impegno economico necessario per la bonifica ed il ripristino ambientale di siti, che possono interessare anche aree molto estese, quali, ad esempio, Porto Marghera.

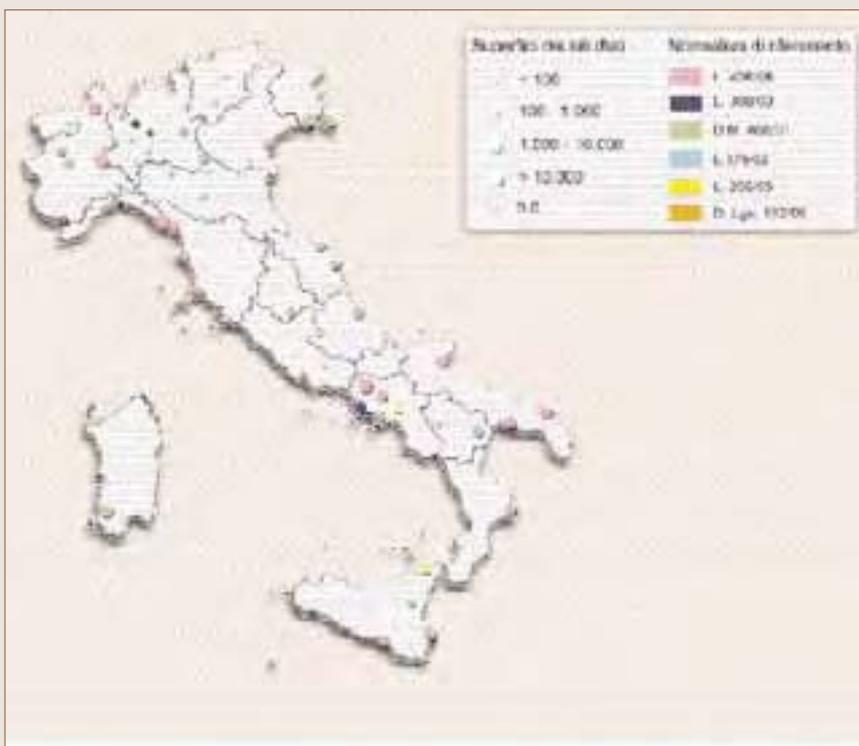
A tutela della salute pubblica, sono stati, pertanto, sviluppati idonei strumenti di analisi di rischio per valutare quello sanitario e le priorità di intervento (vedi Box).

In Italia le attività antropiche principalmente coinvolte in fenomeni di contaminazione puntuale sono soprattutto le industrie legate alla raffinazione di prodotti petroliferi, l'industria chimica, metallurgica e mineraria, i manufatti in amianto e alcune attività di gestione dei rifiuti (Fig. 3.25).

Un aspetto particolare è rappresentato dai *brownfields*; si tratta di siti abbandonati, inattivi o sotto-utilizzati che hanno ospitato in passato attività produttive, in genere industriali o commerciali, e per i quali il recupero è ostacolato da una situazione, reale o potenziale, di inquinamento storico.

### SITI CONTAMINATI

*Il recupero dei siti contaminati si può ottenere mediante più o meno complessi processi di bonifica. Essi diventano attuabili solo in seguito ad una corretta valutazione del rischio (analisi del rischio) ovvero una stima del rischio per la salute della popolazione esposta a differenti quantità di sostanze tossiche. La valutazione del rischio è definita, in termini tecnici, come un "processo sistematico per la stima di tutti i fattori di rischio significativi che intervengono in uno scenario di esposizione causato dalla presenza di pericoli." Nel caso in cui tale stima sia focalizzata alla valutazione della probabilità che si manifestino effetti avversi sull'ecosistema, piuttosto che sull'uomo, si parla di analisi di rischio ecologico.*



**Fig. 3.25** - Localizzazione, dimensionamento e legislazione di riferimento dei 54 siti contaminati di interesse nazionale in cui, cioè, le operazioni di bonifica sono coordinate direttamente dal Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare. Esistono inoltre diverse migliaia di siti contaminati o potenzialmente contaminati di competenza regionale.

**BONIFICHE**

*Le tecniche di bonifica dovrebbero privilegiare le tecnologie di biorisanamento cioè quei processi che non inducono grossi cambiamenti nelle caratteristiche del suolo, la cui qualità può deteriorarsi sia per la perdita di proprietà strutturali (mediante utilizzo di processi termici, chimici o fisici), sia per la presenza residua di reagenti al termine del trattamento (utilizzando processi di lavaggio o di ossido riduzione).*

Questi siti sono di solito già dotati di tutte le opere di urbanizzazione (luce, acqua, gas, rete fognaria ecc.) e ubicati in prossimità di linee e raccordi di trasporto. Questa condizione ne rende vantaggioso il riutilizzo o la trasformazione d'uso, per motivi sia economici che di ripristino ambientale.

In Italia, le Regioni con il maggior numero di *brownfields* sono quelle del nord, in particolare Lombardia, Piemonte e Veneto in cui, nei decenni passati, si è avuto il più intenso sviluppo industriale. Il centro-sud si caratterizza per la presenza di poche, ma estese, zone industriali, testimoni di uno sviluppo concentrato in un limitato numero di aree. Attualmente si sta operando al fine di rivitalizzare le aree dismesse e renderle parti attive nell'organismo urba-

no. Le iniziative di recupero in corso nel paese interessano sia grandi aree che piccole aree industriali dismesse.

Molte aree sono state già recuperate e generalmente adibite ad aree residenziali, a verde pubblico, ad aree commerciali e a spazi pubblici comuni, mentre le attività di riconversione dei "megasiti", in particolare quelli ubicati nelle regioni meridionali, risultano ancora fortemente sottodimensionate rispetto alle effettive potenzialità.

I "megasiti" sono infatti caratterizzati da livelli ed estensioni della contaminazione dei terreni e delle acque di falda tali da rendere difficilmente attuabili, dal punto di vista tecnico, economico ed ambientale, interventi di recupero totale in tempo medio-breve (25 anni).

<b>Categoria</b>	<b>Descrizione</b>
Siti interni a centri abitati	<i>Siti che ospitavano insediamenti manifatturieri caratteristici del XIX secolo, o attrezzature a servizio di ferrovie e porti, successivamente dismessi, o trasferiti in aree più periferiche, a seguito dei processi di sviluppo economico e di crescita della città.</i>
Grandi zone industriali	<i>Situati spesso in zone costiere, hanno visto lo sviluppo ed il successivo declino di settori produttivi quali l'industria chimica, le acciaierie, l'attività estrattiva, l'industria meccanica. Questi siti possono essere di notevoli dimensioni (centinaia o migliaia di ettari). In tal caso sono definiti "megasiti" e possono determinare impatti ambientali e socio-economici su scala regionale.</i>
Siti extraurbani	<i>Un tempo connessi con attività quali l'industria mineraria, chimica, siderurgica, ecc.</i>

**Tab. 3.2** - Categorie di *brownfields*.



**“L'introduzione di contaminanti nel suolo può danneggiare o distruggere alcune o diverse funzioni del suolo e provocare una contaminazione indiretta dell'acqua”  
Commissione delle Comunità Europee, 2002**

## LE ALLUVIONI

La fuoriuscita dei corsi d'acqua dai loro alvei a seguito di precipitazioni meteoriche intense e/o prolungate rappresenta un fenomeno naturale di fondamentale importanza nel complesso quadro dell'evoluzione geomorfologica della superficie terrestre, che ha determinato la genesi delle pianure alluvionali dalle quali trae sostentamento gran parte dell'umanità. D'altra parte, però, proprio l'occupazione delle aree esondabili con insediamenti urbani, industriali ed infrastrutture impone la necessità di interventi atti a prevenire e/o mitigare i disastrosi effetti socio-economici derivanti dagli eventi alluvionali.

In tale contesto il mantenimento della funzionalità dei suoli riveste una importanza strategica.

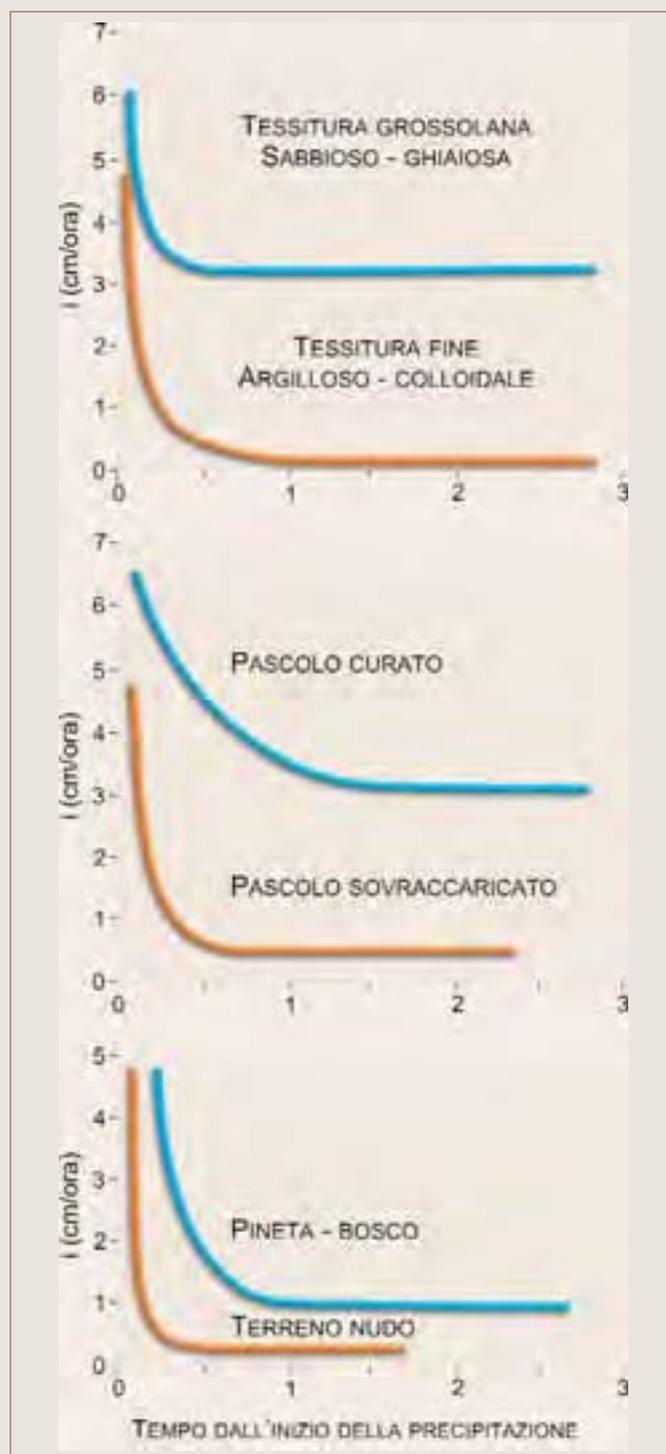
Le caratteristiche e le dinamiche idrologiche dei suoli giocano, infatti, un ruolo fondamentale nel processo di formazione ed evoluzione di un evento alluvionale.

Ad esclusione della porzione delle precipitazioni che viene intercettata dalla vegetazione o da altri organismi e di quella che evapora immediatamente, la restante parte interagisce direttamente col comparto suolo. Parte di questa acqua penetra nel sottosuolo (infiltrazione) e va ad alimentare le falde sotterranee, parte ritorna all'atmosfera in forma di vapore attraverso le piante e gli organismi viventi (evapotraspirazione) (Fig. 3.27). La porzione rimanente va a formare il deflusso superficiale, cioè quella frazione delle precipitazioni che scorre sulla superficie del suolo e che, alimentando i corsi d'acqua, è quella realmente responsabile della formazione di un evento di piena. Le dinamiche dell'acqua meteorica a contatto con la matrice suolo si differenziano a seconda delle caratteristiche del suolo stesso, in particolare dalla sua tessitura e struttura, dal suo uso, dalla stabilità dell'acqua negli aggregati, dall'eventuale copertura vegetale, dall'umidità iniziale, ecc. (Fig. 3.26). In generale, maggiore è la capacità di infiltrazione e ritenzione di un suolo minore è il deflusso superficiale e la possibilità di eventi repentini di piena. Le caratteristiche pedologiche dei bacini idrografici devono pertanto essere tenute in debita considerazione in ogni elaborazione mirata alla previsione/prevenzione degli eventi alluvionali.

Alcune attività antropiche concorrono a perturbare le naturali caratteristiche dei suoli, incrementando la possibilità di genesi di eventi alluvionali (Tab. 3.3). Di particolare importanza risultano l'impermeabilizzazione del suolo (*soil sealing*) e la compattazione. In entrambi i

casi viene diminuito/impedito l'assorbimento per infiltrazione di una parte delle acque e di conseguenza aumenta, in volume e in velocità, lo scorrimento superficiale.

I maggiori problemi in tal senso si riscontrano al verificarsi di fenomeni di pioggia particolar-



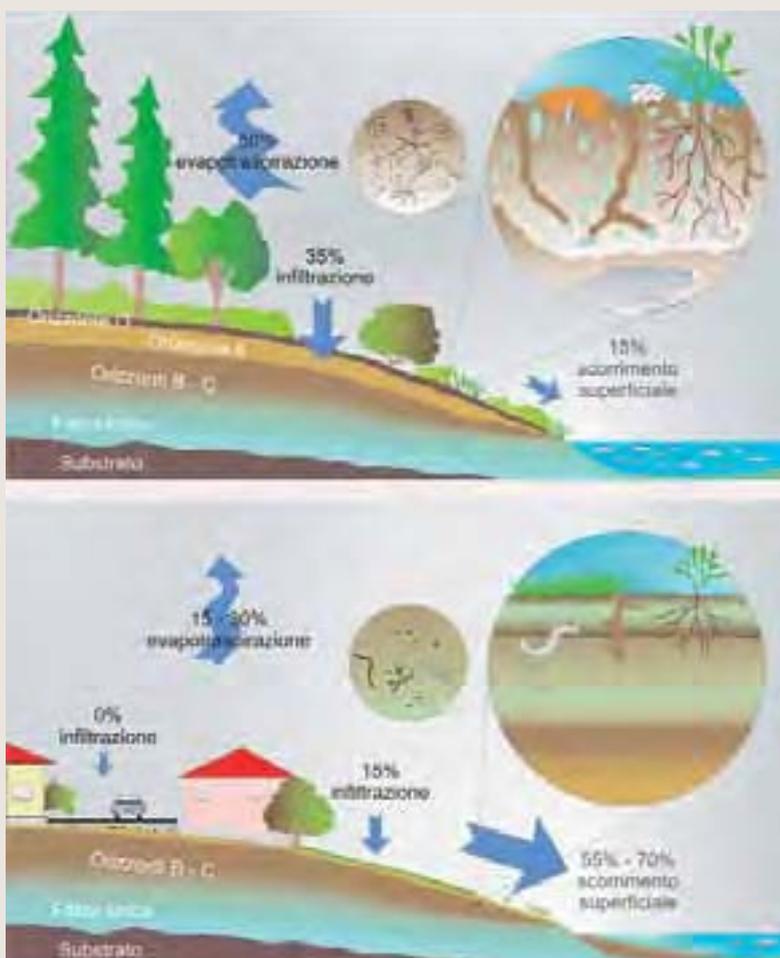
**Fig. 3.26** - Velocità di infiltrazione in funzione delle caratteristiche granulometriche e della copertura del suolo. La velocità decresce con il progressivo aumento dell'umidità del suolo fino a raggiungere un valore stazionario. In generale suoli naturali o poco sfruttati garantiscono, a parità di caratteristiche fisiche, una maggiore capacità di infiltrazione e ritenzione delle acque meteoriche.

mente intensi, con maggiori probabilità di piene elevate ed improvvise e possibilità di esondazione, soprattutto nelle aree di pianura. Al contrario l'ecosistema forestale, in equilibrio con l'ambiente, influisce sui processi idrologici aumentando la velocità di infiltrazione dell'acqua, riducendo la velocità di scorrimento superficiale e trattenendo una maggiore

quantità di acqua nel suolo (nei primi 10 cm di un suolo forestale possono essere immagazzinati fino a 50 litri d'acqua per m<sup>2</sup>). Appare quindi evidente come, al fine di un miglioramento della regolazione dei deflussi di piena, risulti fondamentale la manutenzione della componente boschiva del nostro territorio.

Attività	Effetto
Disboscamento o eliminazione delle associazioni vegetali spontanee.	Riduzione della protezione naturale del suolo.
Abbandono di terreni collinari e montani a causa dell'esodo rurale.	Cessazione dell'opera di presidio e manutenzione dell'agricoltore, perdita delle opere idraulico forestali.
"Irrigidimento" del sistema idrografico per costruzione di arginature e altre opere.	Perdita della flessibilità naturale dei corsi d'acqua.
Costruzione di strade, piazzali, pavimentati, abitazioni, capannoni industriali ecc...	Incremento dell'impermeabilizzazione dei suoli, con aumento della velocità delle masse d'acqua che vi scorrono in superficie. Diminuzione dei tempi di corrivazione, con maggiori probabilità di piene elevate e improvvise.
Lavorazioni agricole a rittochino piuttosto che secondo le curve di livello.	Incremento della velocità di scolo delle acque che si incanalano secondo la linea di massima pendenza.
Lavorazioni agricole effettuate sempre alla stessa profondità.	Formazione di una suola di aratura che ostacola l'infiltrazione determinando situazioni di ristagno.
Pressione esercitata dal peso e dal passaggio dei macchinari agricoli.	Determinazione di una compattazione sia superficiale sia profonda del suolo con compromissione delle sue caratteristiche idrauliche.
Lavori di sbancamento, scavo, trasporto terra.	Modifica della configurazione e della permeabilità del suolo stesso.

**Tab. 3.3** - Principali attività antropiche che possono contribuire, in funzione della loro estensione/intensità, al manifestarsi di eventi alluvionali.



**Fig. 3.27** - Un suolo in condizioni naturali è in grado, in funzione della sua porosità, permeabilità ed umidità, di trattenere una grande quantità delle acque di precipitazione atmosferica contribuendo a regolare il deflusso superficiale. Al contrario, in un ambiente antropizzato, la presenza di superfici impermeabilizzate, la riduzione della vegetazione, l'asportazione dello strato superficiale ricco in sostanza organica e l'insorgere di fenomeni di compattazione determinano un grave scadimento della funzionalità del suolo. La diminuzione della evapotraspirazione e della capacità di assorbimento delle acque da parte del suolo determinano un incremento dello scorrimento superficiale con aumento dei fenomeni erosivi e trasporto nei collettori naturali di grandi quantità di sedimenti. I valori riportati in figura sono puramente indicativi. Essi variano, anche sensibilmente, in funzione di molteplici parametri (caratteristiche fisico-chimiche del suolo, topografia, geologia, durata ed intensità delle precipitazioni ecc.).

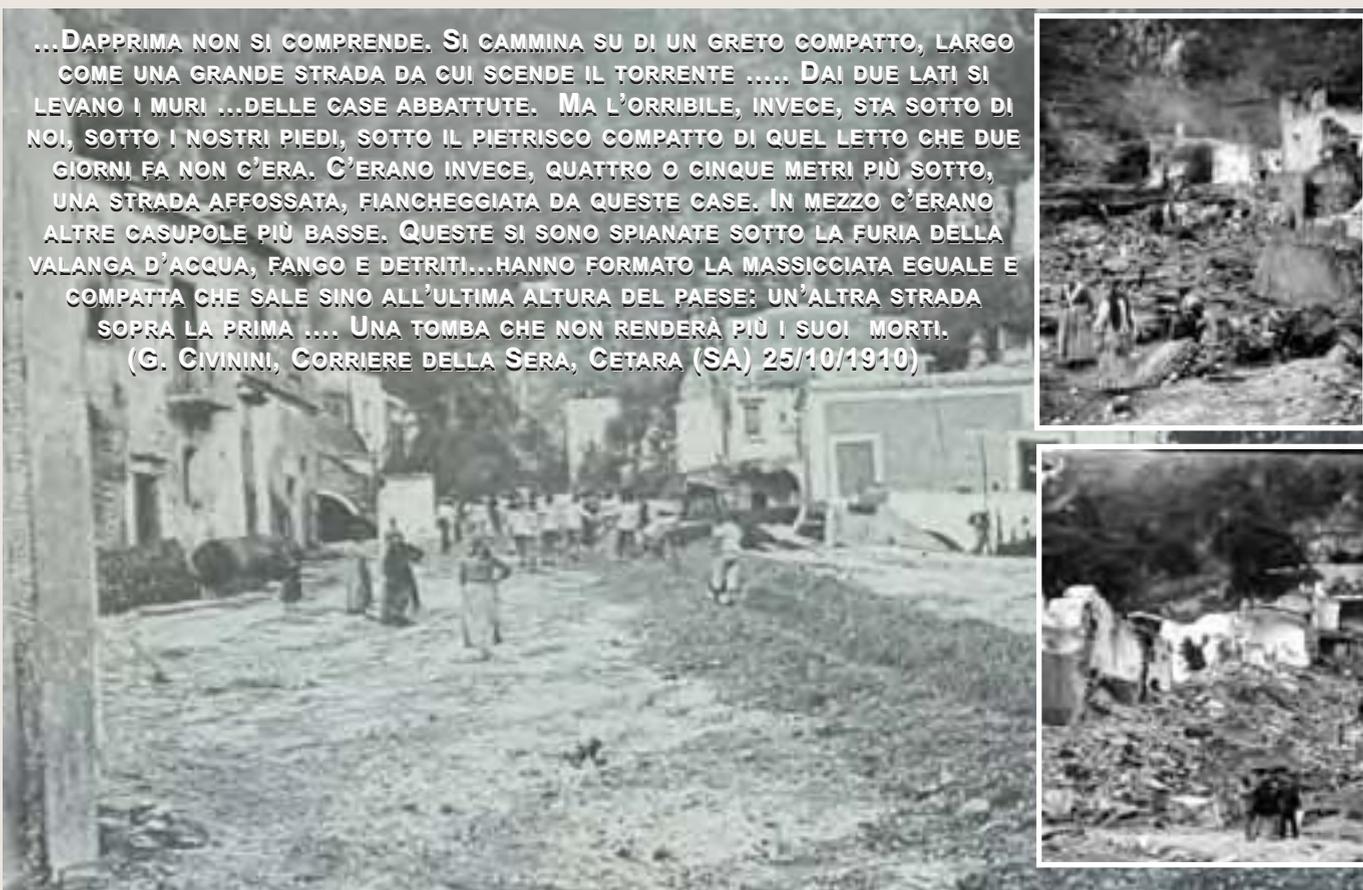
## LE FRANE

**L**o spostamento, per effetto della gravità, di rocce, suoli e detriti lungo i versanti (Frane s.l.) rappresenta uno dei principali processi tramite i quali viene modellato l'aspetto della superficie terrestre.

Al pari degli altri fenomeni naturali (alluvioni, terremoti, eruzioni) le frane rappresentano un processo inalienabile che diventa spesso catastrofico a causa dell'occupazione antropica di aree che per le proprie caratteristiche climatiche, geologiche, topografiche, pedologiche e vegetazionali sono naturalmente vocate ai movimenti di versante. Se da una parte le frane rappresentano una diretta minaccia per il suolo poiché ne determinano una perdita netta oppure impongono forti limitazioni, fino all'abbandono, al suo utilizzo ben più importante, nell'attuale contesto socio-economico, è la minaccia che il suolo stesso rappresenta per l'ambiente antropico nel momento in cui, saturato dalle acque di infiltrazione, viene mobilizzato lungo i versanti.

Tra le varie tipologie di frana, la cui completa trattazione esula dagli scopi del volume, particolarmente diffuse e rilevanti in termini socio-economici sono, infatti, quelle che coinvolgono direttamente il suolo (frane superficiali s.l.) che possono presentare velocità di spostamento da estremamente rapido a molto lento.

I movimenti rapidi si verificano in occasione di eventi pluviometrici di forte intensità (es. Versilia 1996), spesso concentrati in areali ristretti, soprattutto quando preceduti da un periodo di piogge prolungate che determinano elevati valori di umidità del suolo (es. Sarno 1998). In questi casi le pressioni interstiziali dell'acqua nel suolo annullano le forze di coesione e d'attrito, producendo scorrimenti lungo superfici di rottura solitamente localizzate all'interfaccia tra il suolo e la roccia sottostante oppure in corrispondenza di orizzonti di discontinuità all'interno del profilo del suolo (es. gli orizzonti pomicei dell'eruzione del 79 d.C. nei suoli perivesuviani oppure la presenza di orizzonti compattati legati all'attività agricola). Iniziato il movimento la massa in frana, a seconda delle caratteristiche fisico-meccaniche dei suoli coinvolti, della topografia e della copertura vegetale, può fermarsi lungo il versante oppure incanalarsi negli alvei della rete idrografica minore, dove, aumentando ulteriormente il suo contenuto in acqua ed inglobando per erosione di fondo e laterale ulteriore materiale, può assumere le caratteristiche di un processo torrentizio ad elevato contenuto solido che trascina con sé quanto incontrato lungo il percorso. L'elevata velocità (anche superiore a 100 km/h) fornisce a questo tipo di movimento un elevatissimo



**Fig. 3.28** - Nella notte tra il 23 ed il 24 Ottobre 1910, diverse colate rapide di fango e detriti confluirono nel fondovalle del Torrente Cetus investendo l'abitato di Cetara (SA) e provocando circa 240 vittime.

contenuto energetico e l'impatto con il fondovalle, sovente urbanizzato, può assumere proporzioni devastanti. L'aleatorietà della loro distribuzione su versanti con caratteristiche apparentemente omogenee, la mancanza di segnali premonitori, la loro diffusione, repentinità e velocità ed il loro potenziale distruttivo conferiscono a questi tipi di movimenti un elevatissimo grado di pericolosità e, al tempo stesso, una estrema difficoltà di previsione e localizzazione. Se, come detto, la principale causa determinante è da ricercare nelle abbondanti precipitazioni su territori particolarmente predisposti a tali fenomeni, l'innescò dei movimenti può dipendere anche da svariati elementi locali tra i quali assumono particolare importanza quelli di origine antropica (tagli stradali, sbancamenti, mancanza di adeguate misure di regimentazione delle acque). Anche la valutazione della capacità protettiva delle coperture vegetali nei confronti di tali fenomeni è piuttosto complessa e da valutare attentamente caso per caso. Nel corso di eventi pluviometrici ordinari gli appa-



**Fig. 3.29** - *Sopra: area interessata da molteplici movimenti lenti (colamenti e soliflussi) (Castropignano, CB). Sotto: paesaggio delle colline volterrane con concavità e rigonfiamenti tipici dei movimenti superficiali lenti.*

ti radicali possono svolgere un'importante funzione stabilizzatrice ma nel corso di eventi estremi e se le radici sono distribuite arealmente senza esercitare funzioni di ancoraggio il peso della copertura vegetale può determinare un ulteriore elemento della instabilità.

Le frane superficiali di tipo lento sono caratterizzate da basse velocità di spostamento, ma in condizione di saturazione possono evolvere, in corrispondenza dei pendii più acclivi, in movimenti rapidi. Spesso mostrano una variazione stagionale con incrementi della velocità di spostamento in conseguenza di precipitazioni particolarmente abbondanti.

Tali movimenti sono diffusi soprattutto nelle aree collinari pedeappenniniche (Fig. 3.29 e 3.31), con coperture pedologiche impostate su litologie ad elevato contenuto argilloso. L'uomo ha modellato questi territori in funzione delle proprie esigenze, creando in molti casi paesaggi di straordinaria bellezza, modificando però territori particolarmente predisposti al dissesto.

I progressivi disboscamenti, iniziati già in epoca romana, hanno infatti donato all'attività agricola spazi sempre più ampi ma generato, al contempo, l'innescò di fenomeni erosivi e movimenti di massa contrastati, nel tempo, tramite la realizzazione di opere di regimazione delle acque e di manutenzione dei versanti.

In queste aree, il crescente abbandono delle campagne e/o lo smantellamento delle opere di stabilizzazione precedenti a causa delle nuove tecniche e tipologie colturali hanno favorito la genesi di nuovi movimenti e/o la riattivazione di quelli preesistenti. In particolare, nei terreni interessati da una agricoltura industriale (monocolture) le lavorazioni condotte sempre alla stessa profondità, determinano la formazione di strati compatti e impermeabili all'interno del suolo (suola d'aratura) che possono innescare o accentuare gli spostamenti di masse di suolo.



## Progetto IFFI: Inventario dei Fenomeni Franosi in Italia

Il Progetto IFFI (Inventario dei Fenomeni Franosi in Italia) ha lo scopo di fornire un quadro sulla distribuzione dei fenomeni franosi sull'intero territorio nazionale e di offrire uno strumento conoscitivo di base per la valutazione della pericolosità da frana, per la programmazione degli interventi di difesa del suolo e per la pianificazione territoriale.

Il progetto, finanziato dal Comitato dei Ministri per la Difesa del Suolo ex lege 183/89 con 4,1 milioni di Euro, prevede l'identificazione e la mappatura delle frane sul territorio italiano secondo modalità standardizzate e condivise.

I Soggetti istituzionali, per l'attuazione del Progetto IFFI, sono il Dipartimento Difesa del Suolo - Servizio Geologico d'Italia dell'APAT, con la funzione di indirizzo e coordinamento delle attività, e le Regioni e le Province Autonome d'Italia, con il ruolo di raccolta e archiviazione dei fenomeni franosi. Al fine di ottenere l'omogeneità dei dati a livello nazionale è stata adottata una metodo-

logia di analisi che prevede l'utilizzo dell'aerofotointerpretazione, della ricerca di fonti di archivio e bibliografiche e del rilevamento di campagna. Ogni fenomeno franoso viene censito mediante la compilazione di una Scheda Frane, articolata su tre livelli di approfondimento progressivo, che contiene i principali parametri: ubicazione, tipologia di movimento, stato di attività, data di attivazione, litologia, danni, interventi di sistemazione. La Banca Dati è costituita da una cartografia informatizzata alla scala 1:25.000 o a scale di maggior dettaglio e dal relativo database alfanumerico e iconografico.

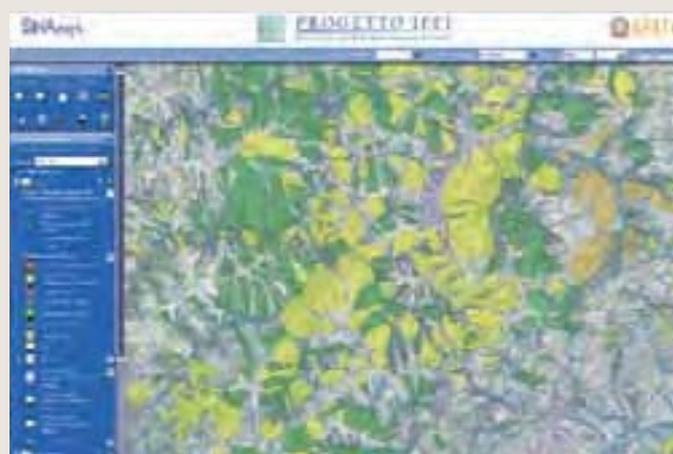
Il Progetto IFFI costituisce il primo inventario omogeneo ed aggiornato dei fenomeni franosi sull'intero territorio nazionale ed è consultabile in modalità interattiva al sito:

[www.sinanet.apat.it/progettoiffi](http://www.sinanet.apat.it/progettoiffi).

A dicembre 2006 sono state censite circa 470.000 frane, con una superficie complessiva di 19.446 km<sup>2</sup> pari al 6,6% del territorio italiano.

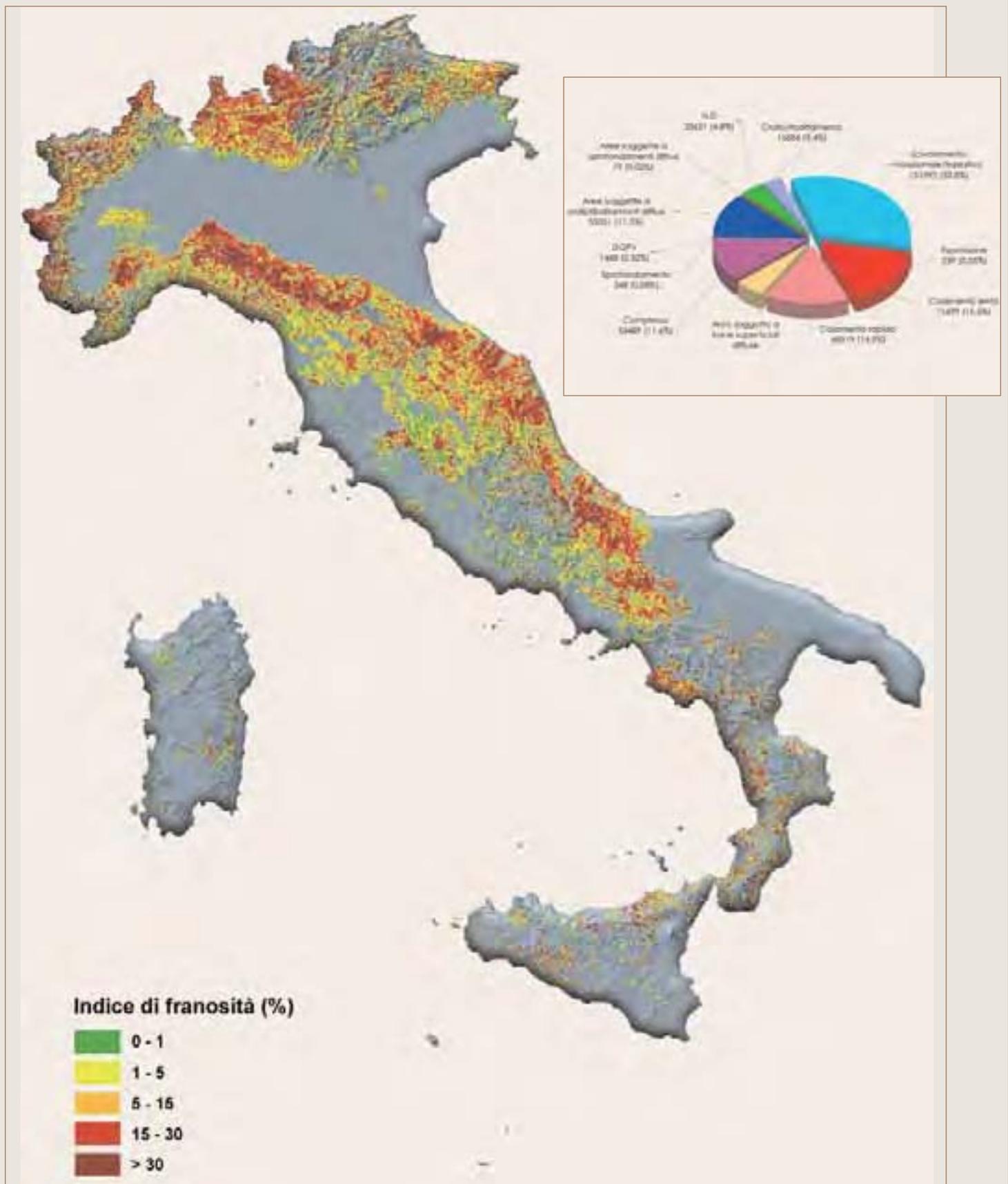


**Fig. 3.30** - (in alto) Colate rapide (in verde) innescatesi in Valle d'Aosta a seguito delle intense precipitazioni dell'Ottobre 2000. Si noti la corrispondenza, in diversi casi, delle aree d'innescio con i tagli delle strade forestali. (in basso) Sarno, colate rapide del maggio 1998.



**Fig. 3.31** - Area delle colline marchigiane interessata da numerosissimi movimenti franosi in buona parte rappresentati da movimenti lenti di versante (verde scuro).





**Fig. 3.32** - Indice di franosità sul territorio nazionale. L'indice è pari alla percentuale dell'area in frana per km<sup>2</sup> di territorio. Dalla sua analisi risulta che circa il 70% dei comuni italiani è interessato da movimenti franosi. Il valore dell'indice risulta però sottostimato in Basilicata, Calabria e Sicilia dove i lavori sono ancora in corso e per il momento sono stati concentrati nelle aree che presentavano maggior rischio (centri abitati, infrastrutture lineari). Gli elevati valori dell'indice nelle Langhe, nel pedeappennino emiliano e nella fascia periadriatica marchigiano-abruzzese-molisana sono, in buona parte, riconducibili alla diffusa presenza di frane superficiali nei territori agricoli. Le tipologie di movimento più rappresentate sul territorio nazionale sono gli scivolamenti rotazionali/traslativi con quasi il 33%; i colamenti lenti costituiscono circa il 15,5%, i colamenti rapidi quasi il 15%, mentre le aree soggette a frane superficiali diffuse il 5,3%.

## LA DESERTIFICAZIONE

Il complesso fenomeno della desertificazione rappresenta la risultante dei molteplici processi di degrado che minacciano il suolo. La desertificazione è un processo dinamico capace di influire negativamente sull'equilibrio degli ecosistemi causandone alterazioni anche molto profonde.

Un elemento comune che inconfutabilmente associa le aree soggette a desertificazione è costituito dalla progressiva riduzione dello strato superficiale del suolo e della sua capacità produttiva.

La UNCCD (Convenzione delle Nazioni Unite sulla lotta alla Siccità e alla Desertificazione) ha scelto di adottare come definizione di desertificazione il "degrado delle terre nelle aree aride, semi-aride, e sub-umide secche, attribuibile a varie cause, fra le quali le variazioni climatiche e le attività antropiche" (vedi box). Tale definizione, molto ampia, rispecchia a pieno le peculiarità di questa forma di degrado: agisce in aree caratterizzate da ecosistemi fragili dal punto di vista ecologico e coinvolge praticamente tutte le minacce individuate per il suolo (Fig. 3.33).

Per quanto riguarda la valutazione di intensità ed estensione del fenomeno o il popolamento di indicatori che possano provare tendenze o

fotografare realtà presenti sul territorio, il quadro è complicato dalla mancanza di una metodologia univoca e validata a livello nazionale e internazionale.

Grandi sforzi in tal senso sono stati esercitati da più soggetti, nell'ambito dei PAN (Piani di Azione Nazionale), attraverso vari progetti scientifici che hanno avuto, o hanno, lo scopo di elaborare mappe di sensibilità alla desertificazione. Le cartografie tematiche, anche se basate su presupposti diversi, si basano complessivamente sull'elaborazione di indici complessi risultato della combinazione di diversi parametri relativi al suolo e/o descrittivi di alcune sue proprietà fondamentali e di altri ancora attinenti alla copertura della vegetazione, clima, ecc.

Per quanto riguarda le azioni nell'immediato futuro, premesso che nessuna delle Autorità Competenti in Italia (nazionale, regionale, subregionale) ha emanato norme specifiche per la desertificazione e che esistono leggi che fanno solo riferimento al problema, il PAN individua i settori di intervento considerati prioritari nella protezione del suolo, nella gestione sostenibile delle risorse idriche, nella riduzione dell'impatto delle attività produttive e nel riequilibrio del territorio.

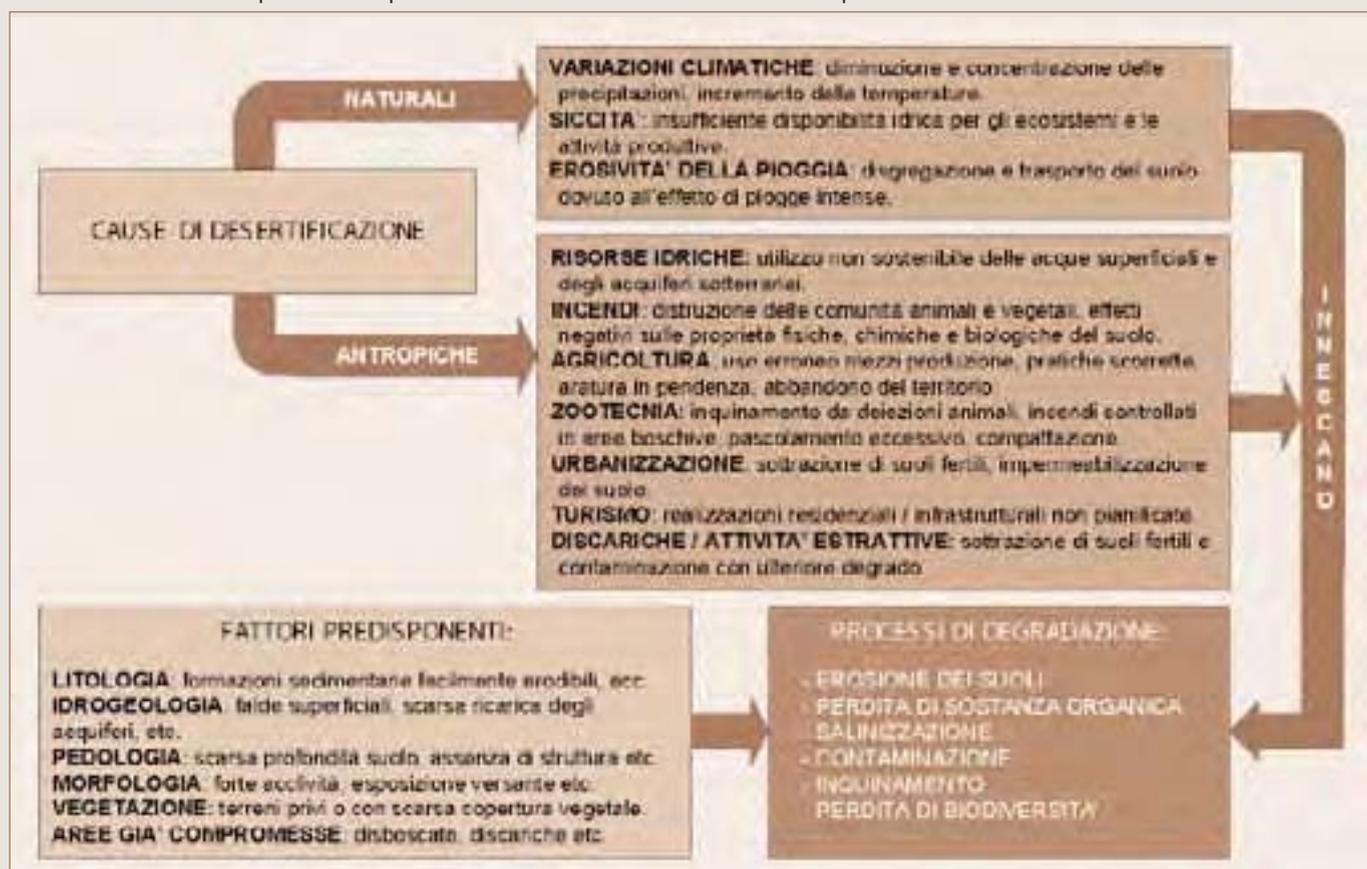
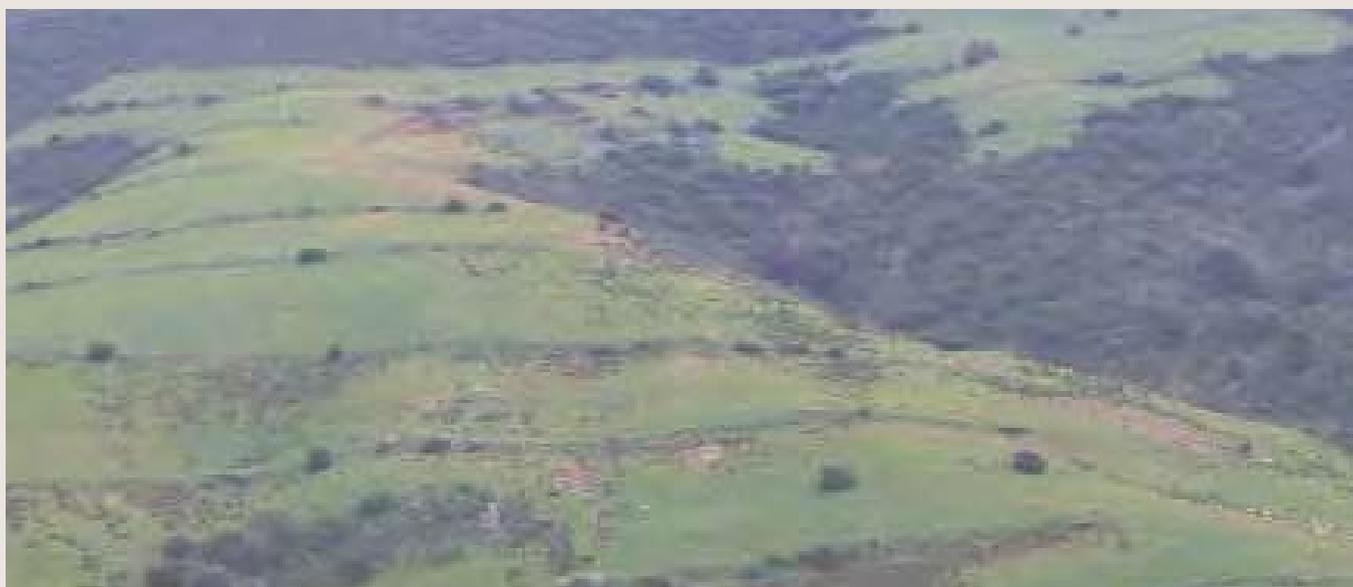


Fig. 3.33 - Ipotesi di dinamiche ambientali e antropiche connesse al fenomeno della desertificazione.

**DESERTIFICAZIONE E DESERTIZZAZIONE: DUE CONCETTI PROFONDAMENTE DIFFERENTI**

Il concetto di desertificazione si è progressivamente evoluto nel corso degli ultimi anni nel tentativo di definire un processo che, seppur caratterizzato da cause locali, sta sempre più assumendo la connotazione di un problema globale. A questo termine è erroneamente associato, nell'immaginario collettivo, il processo di espansione dei deserti sabbiosi (più propriamente definito "desertizzazione") che corrisponde invece ai fenomeni di degrado del territorio in atto in Africa o in altre parti del mondo. Quando si parla di desertificazione ci si riferisce invece a quei processi sociali ed economici attraverso i quali le risorse naturali ed il potenziale vitale del suolo vengono degradati a causa di pratiche (agricole, ma non solo) non sostenibili e per la cattiva gestione del territorio da parte dell'uomo. Ad aggravare queste condizioni, talvolta irreversibili, si sovrappongono ovviamente fattori di origine naturale che contribuiscono ad aumentare le pressioni agenti sul suolo favorendo così l'abbandono di aree ormai non più produttive.



**Fig. 3.34** - Area della Sardegna centro-orientale interessata da evidenti fenomeni erosivi dovuti alle intense precipitazioni autunnali, al sovrappascolamento e a suoli mediamente poco profondi (20-30 cm).



**La desertificazione costituisce la fase estrema del processo di degrado a carico della fertilità del suolo**

## LA VALUTAZIONE DELLA SENSIBILITÀ ALLA DESERTIFICAZIONE IN ITALIA

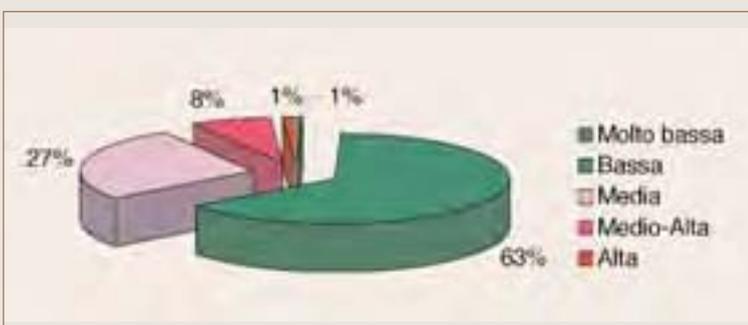
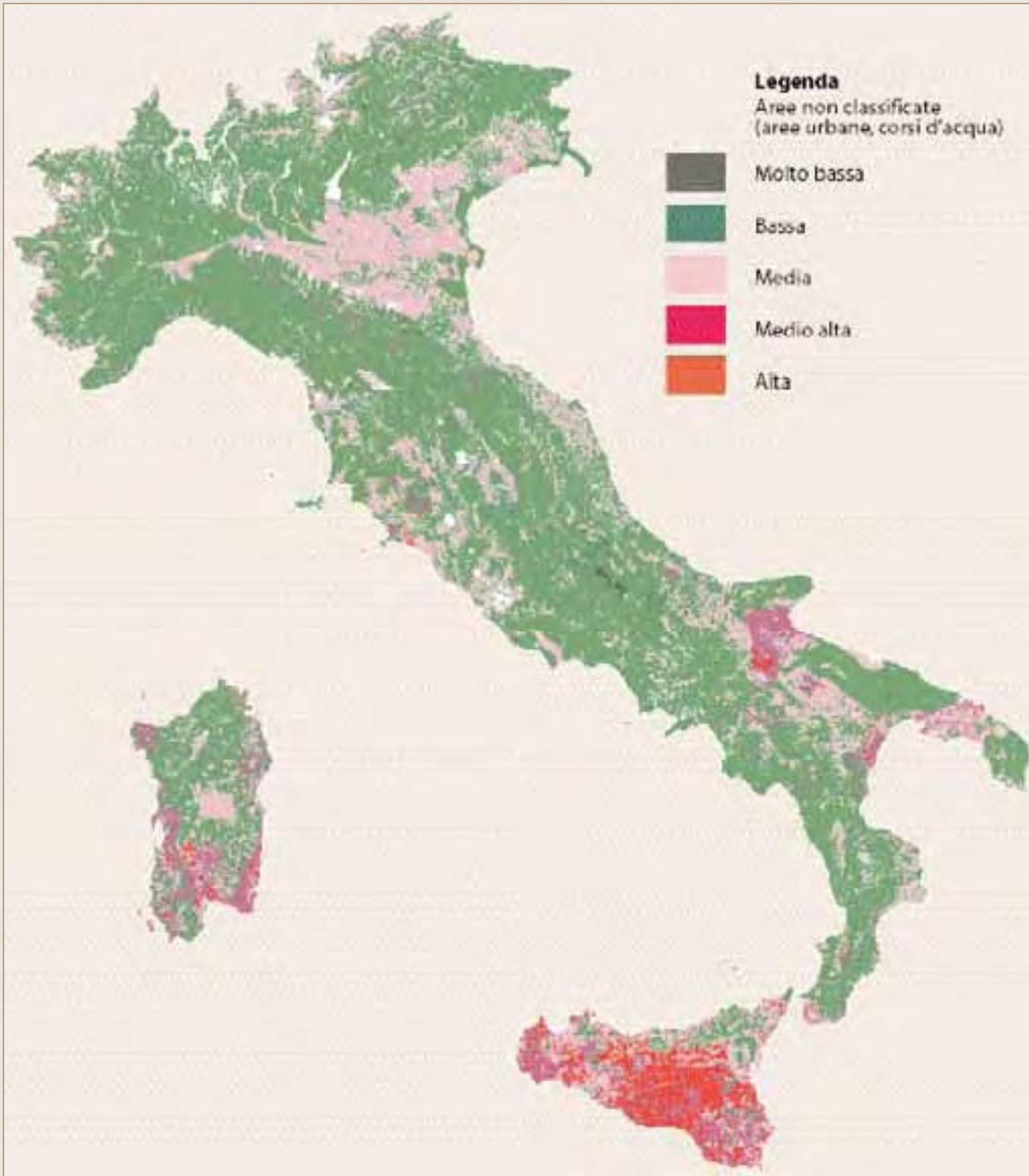
Il primo tentativo di applicazione di una metodologia comune a livello del bacino del Mediterraneo è stato compiuto nell'ambito del progetto "Desertification Information System for the Mediterranean" (DISMED). Il risultato finale dell'applicazione della metodologia è l'ottenimento di un indice riassuntivo (combinazione degli indici di qualità ambientale relativi al suolo, al clima ed alla vegetazione) di sensibilità delle aree ESAs (*Environmentally Sensitive Areas*) alla desertificazione (vedi box). Dai risultati osservabili in figura 3.36, risulta che le aree maggiormente affette sono concentrate nel sud Italia (Basilicata e Puglia) e nelle isole, anche se, a livello nazionale, le percentuali maggiori ricadono nelle classi di media e bassa sensibilità. Le aree ad alto rischio risultano pari a circa 9.250 Km<sup>2</sup>, equivalenti al 3% del territorio nazionale (vedi fig. 3.34). Tuttavia altre analisi, condotte con metodologie differenti, hanno evidenziato scenari diversi caratterizzati da una maggiore estensione delle aree affette dal problema (circa 16.500 Km<sup>2</sup> di aree sensibili) anche se, in entrambi i casi, il fenomeno sembra interessare maggiormente le stesse regioni (sud Italia ed isole).

$$\text{INDICE DI SENSIBILITÀ ALLA DESERTIFICAZIONE} = (\text{CQI} * \text{VQI} * \text{SQI})^{1/3}$$

- VQI (*Indice di Qualità della Vegetazione*) = (protezione dall'erosione \* resistenza alla siccità \* copertura vegetale \* rischio d'incendio)<sup>1/4</sup>
- CQI (*Indice di Qualità del Clima*) *Indice di aridità ottenuto dal rapporto tra precipitazione media annua e l'evapotraspirazione potenziale media annua:*  $A_i = P/PET$
- SQI (*Indice di Qualità del Suolo*) = (roccia madre \* tessitura \* profondità \* pendenza)<sup>1/4</sup>



**Fig. 3.35** - Tipico paesaggio calanchivo dell'Italia meridionale: il substrato argilloso e le forti pendenze accelerano processi di runoff e fenomeni erosivi che si manifestano attraverso la formazione di gullies.



**Fig. 3.36** - Esempio di Carta della sensibilità alla desertificazione realizzata nell'ambito del progetto Dismed che rappresenta il primo tentativo di elaborazione di una metodologia comune per il bacino Mediterraneo. Nel grafico sono riportati i valori percentuali delle aree sensibili alla desertificazione sul territorio nazionale.





*“Il suolo è un esempio evidente della necessità di pensare in termini globali e di agire in ambito locale”*

*Commissione delle Comunità Europee, 2006*

## **4. LE PROBLEMATICHE DEI SUOLI NELLE REGIONI ITALIANE**

*(a cura dei referenti regionali per la pedologia)*



# PIEMONTE

**CONSUMO DI SUOLO** Urbanizzazione e consumo di suolo sono stati oggetto di ampie ed articolate elaborazioni con la messa a punto di indicatori legati all'incremento delle superfici edificate, fino a più complesse analisi realizzate con tecniche di telerilevamento.

Incrociando questi dati con la Capacità d'uso dei suoli e con gli attuali prezzi del mercato fondiario piemontese, possono essere condotte stime del valore delle terre agricole che sono state per sempre perdute; più difficile si presenta la stima della perdita di valore paesaggistico e del danno ambientale. L'impermeabilizzazione è certamente una delle minacce di maggior impatto sui suoli piemontesi: tale fenomeno ha interessato e interessa tutte le aree periurbane, concentrandosi soprattutto nei territori circostanti i capoluoghi di provincia e lungo gli assi interessati da infrastrutture di connessione quali autostrade e linee ferroviarie. Nel Biellese, in particolare, si è assistito negli ultimi anni ad un proliferare di edifici adibiti ad uso industriale che hanno coperto percentuali assai rilevanti di territorio. Per alcune aree territoriali ad intenso sviluppo si segnala un incremento del consumo di suolo fino ad un massimo dell' 1,5% nel periodo 1991-2001. Per contrastare la minaccia, che elimina per sempre dalle possibilità produttive i suoli, si dovrebbe dare una maggiore importanza alla 'Capacità d'uso' dei suoli che vengono impermeabilizzati e provvedendo al ripristino del territorio attraverso la rimozione delle infrastrutture che hanno concluso la loro vita funzionale con interventi di de-impermeabilizzazione attiva (meccanica) e passiva (naturale).

**EROSIONE** Una prima elaborazione sul territorio piemontese, effettuata secondo la classificazione OECD, riporta valori di perdita annua di suolo superiori a 33 t/ha nelle classi più alte di erosione, mentre è da segnalare come significativa la presenza del 24% della superficie a vigneto e frutteto nella classe ad erosione moderata con perdite di suolo annue fra 11 e 22 t/ha. La perdita di suolo a causa dei fenomeni erosivi superficiali, innescati dalle precipitazioni piovose, è una realtà di tutto il sistema collinare piemontese: Collina di Torino, Langhe, Monferrato, Colli Tortonesi. Su questi territori, ovviamente, si possono rilevare intensità differenti del fenomeno; tutte le aree coperte dal bosco, attualmente in fase di espansione per l'abbandono dei territori agrari marginali, sono meno soggette a perdite di suolo mentre i terreni coltivati (viticoltura, frutticoltura, cerealicoltura) subiscono in alcuni casi perdite molto ingenti. In questo ambito molto può essere fatto tramite l'utilizzo di pratiche agrarie conservative come la coltivazione lungo le curve di livello, la realizzazione di solchi acquai trasversali ai versanti e, soprattutto, l'inerbimento degli interfilari che prove sperimentali realizzate in Regione hanno dimostrato essere la pratica maggiormente efficace. Per ciò che riguarda la montagna è da segnalare come, malgrado le pendenze rilevanti, l'estesa copertura forestale riduca di molto l'evidenza del fenomeno anche se, in alcune situazioni, il trasporto solido delle acque è assai rilevante e può creare gravi problemi di dissesto. Per ciò che riguarda la pianura, infine, si deve tenere conto che la perdita di suolo limitata che si registra non può e non deve essere trascurata in quanto alle particelle fini del terreno agrario sono spesso associati i principali nutrienti (P e N), causa principale dell'eutrofizzazione delle acque.

Sulla base dei dati della Carta dei Suoli del Piemonte a

scala 1:250.000 si sta realizzando una "Carta dell'Erodibilità dei Suoli del Piemonte"; che assume particolare rilevanza nella valutazione dell'attitudine intrinseca di un suolo ad essere eroso. Questo fattore, direttamente correlato alla tessitura ed alla struttura del suolo, può assumere valori teorici compresi fra 0 e 0,8. Per il Piemonte, sono stati calcolati valori di erodibilità compresi fra 0,3 e 0,5 per la pianura, fra 0,2 e 0,45 in collina e fra 0,005 e 0,2 in montagna. Attraverso questi fattori, opportunamente incrociati con uso delle terre, pendenze e dati sulle precipitazioni, si potrà giungere ad elaborazioni sull'entità dell'erosione dei suoli direttamente correlate alle tipologie pedologiche individuate sul territorio regionale.

**PERDITA DI SOSTANZA ORGANICA** Dai dati elaborati dalla Carta dei Suoli del Piemonte 1:250.000 (Fig. 4.1 e 4.2), i suoli piemontesi di pianura hanno un contenuto di carbonio organico "moderatamente basso", in media pari a 1,58% espresso in volume, con un valore equivalente in peso di 55 t/ha (entrambi i valori riferiti ad un *topsoil* di 30 cm di profondità). I suoli piemontesi di collina invece sono meno ricchi di carbonio: 1,15% è il valore medio, ma ben al di sotto dell'unità per i suoli coltivati a vigneto. Si tratta quindi della superficie più critica per quanto riguarda questo parametro: il contenuto, valutato "basso", dipende dalle perdite in sostanza organica dovute in parte all'erosione naturale, in parte a quella provocata dalle colture a vigneto. La montagna piemontese ha invece elevate riserve di carbonio potendo contare su un valore medio pari a 3,1%, equivalente a 112 t/ha.

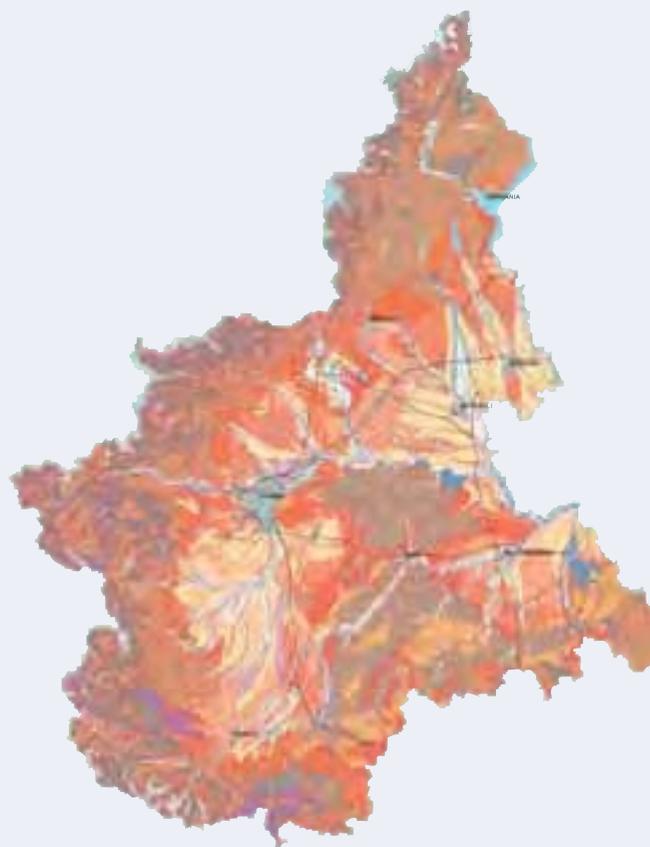


Fig. 4.1 – Carta dei suoli del Piemonte.

**COMPATTAZIONE** La compattazione del suolo è un fenomeno legato alle attività agrarie che, almeno con i dati attuali a disposizione, è di difficile valutazione. Applicando un metodo indiretto è stato calcolato il rischio di

compattazione dei suoli piemontesi sulla base di dati agronomici e di meccanizzazione agraria. Un significativo risultato si potrebbe ottenere incrociando l'elaborazione con i dati pedologici regionali della Carta dei Suoli a scala 1:250.000, selezionando le tipologie di suolo a maggior rischio di compattazione per caratteri specifici come tessitura e idromorfia. Da una simile analisi risulterebbero certamente ad alto rischio le aree con colture fortemente impattanti, come la risicoltura in sommersione (diffusa su circa 120.000 ha di territorio regionale), che richiedono la compattazione del suolo per ridurre la permeabilità.

**BIODIVERSITÀ** È stato sperimentato in Piemonte l'impiego di un metodo di stima di un indicatore della qualità biologica del suolo, il cosiddetto QBS-Ar, in correlazione con la fauna del suolo, allo scopo di parametrizzare la biodiversità del suolo. La caratterizzazione dei suoli basata sulla matrice biologica, ed in particolare l'uso di microartropodi come indicatori, rappresenta il metodo ufficialmente accettato da APAT. Secondo queste ricerche il 94% e 71% delle stazioni monitorate rispettivamente nei boschi naturali e nelle colture arboree forestali, rappresentate prevalentemente da pioppeti maturi, sono ricadute nelle classi più elevate di qualità biologica, mentre nelle classi più basse di qualità si collocano i seminativi avvicendati, costituiti soprattutto da colture di mais e grano.

### CONTAMINAZIONE

**Metalli pesanti e inquinanti organici:** da monitoraggi effettuati su suoli agricoli e naturali, sono state registrate contaminazioni evidenti da metalli pesanti: fonti primarie di inquinamento sono la viticoltura per il rame e il traffico veicolare per quanto riguarda il piombo.

**Fertilizzanti e fitofarmaci:** gli eccessi di concimazioni sia organiche sia minerali sono causa essenzialmente di inquinamento delle acque circolanti nel suolo, ma non si deve escludere la possibilità di accumulo diretto nel suolo di certi elementi, ad esempio il fosforo, in determinate condizioni pedologiche. Sono stati registrati nei *topsoil* di suoli agricoli numerose situazioni di concentrazione di fosforo considerabili "dotazioni elevate" che non sono per ora oggetto di limiti di legge ma rappresentano un potenziale rischio di grave contaminazione delle acque. Per quanto riguarda invece i fitofarmaci, dati analitici da accumulo nel suolo sono stati registrati su serie di campioni insufficienti per valutazioni di tipo regionale sulla contaminazione del suolo, ma utili per evidenziare potenziali conseguenze del trasferimento dal suolo alla catena alimentare dei prodotti individuati. A questo proposito sono state attivate ricerche sulla capacità protettiva dei suoli (Fig. 4.3) che prevedono la modellizzazione del comportamento di fitofarmaci in alcuni suoli rappresentativi di ambienti agrari piemontesi.

**Bonifica siti contaminati:** dai dati regionali risulta che i siti ufficialmente riconosciuti come contaminati sul territorio piemontese sono 737, di cui 61 già bonificati e 151 che non necessitano di un vero e proprio intervento di bonifica; per i rimanenti 525 l'istruttoria di bonifica è in corso. L'impatto sul suolo è attribuito al 31% dei casi registrati.

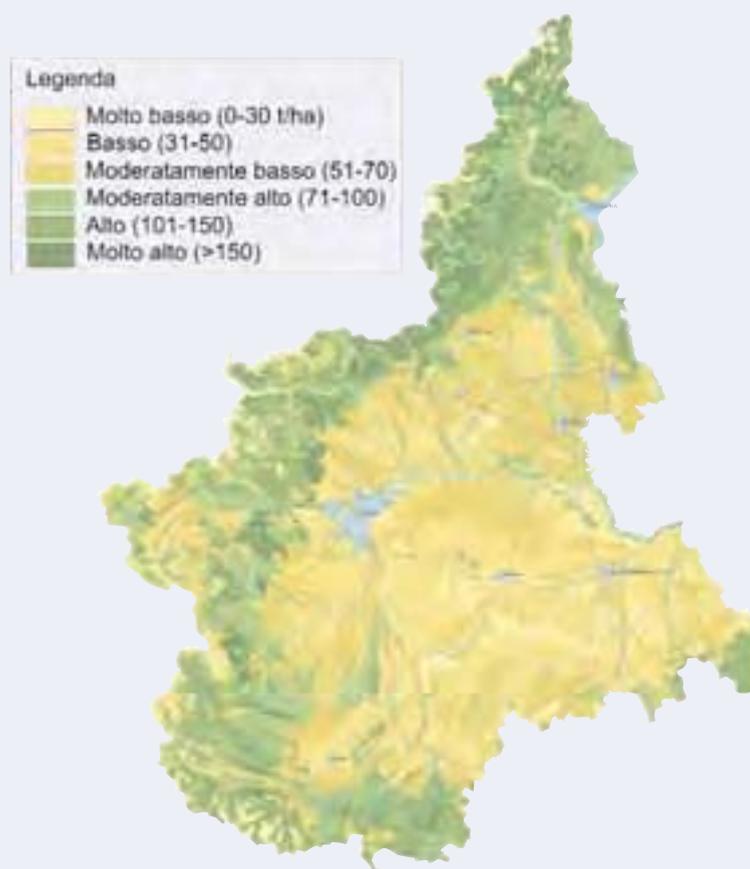


Fig. 4.2 – Carta del contenuto in carbonio organico dei suoli piemontesi.

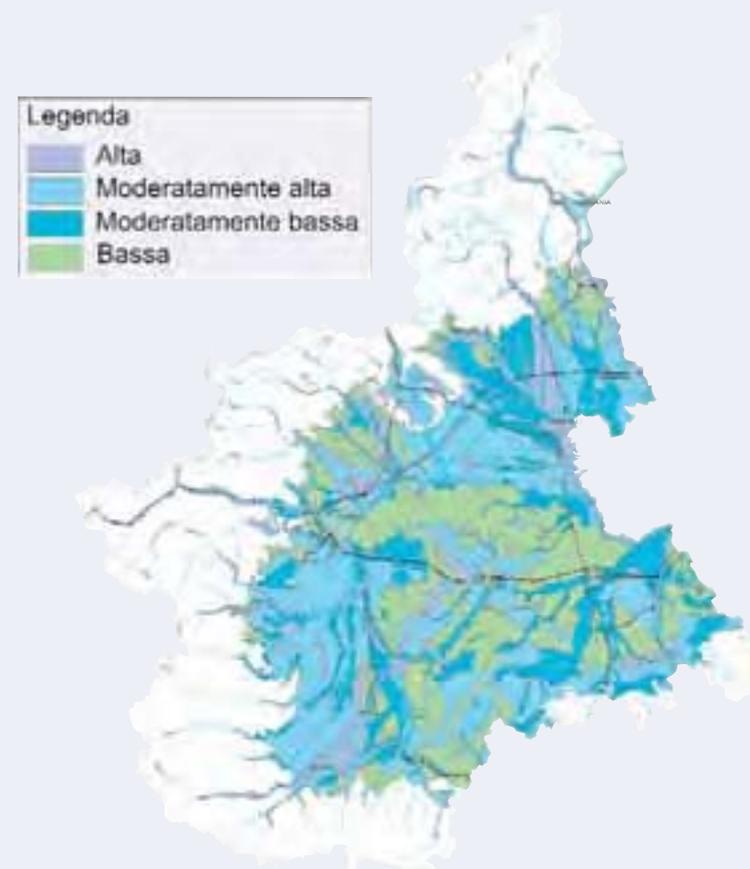


Fig. 4.3 – Carta della capacità protettiva dei suoli nei confronti delle acque sotterranee.



# LOMBARDIA

**CONSUMO DI SUOLO** Il consumo di suolo e gli effetti di frammentazione, saturazione e marginalizzazione dello spazio rurale che ad esso si accompagnano, è particolarmente evidente nell'area metropolitana di Milano, soprattutto a nord della città e lungo tutto l'asse - il cosiddetto "Corridoio 5" - che si sviluppa in Lombardia lungo la direttrice Malpensa-Brescia; in molti comuni di queste aree la superficie urbanizzata raggiunge e talora supera il 50% dell'intero territorio comunale. Tuttavia, intensi processi di sottrazione della risorsa suolo sono presenti anche in molti dei grandi fondovalle alpini e prealpini (Valcamonica, Valtrompia, Valtellina, ...) e nei nuovi poli insediativi che si stanno sviluppando ultimamente soprattutto nella parte est della Regione.

Confrontando la situazione all'anno 2000 con quella del 1994 (fonte: basi informative ambientali di pianura, anno 1994) emerge che, nel territorio di pianura, le superfici impermeabilizzate sono cresciute, in valore assoluto, dello 0,9%, passando dal 16,5% del 1994 al 17,4% del 2000; in termini relativi, si osserva peraltro che tali incrementi sono stati irrilevanti in province che erano già fortemente urbanizzate, quali Milano, Bergamo e Brescia (1-2% di incremento), risultando invece decisamente più significativi nelle province della bassa pianura più tradizionalmente agricole (incrementi tra il 9 e il 10% a Pavia e Lodi, tra il 5 e il 6% a Cremona e Mantova) e, soprattutto, in provincia di Varese (+25%), dove il fenomeno è peraltro da ricondurre in gran parte alla costruzione dell'aeroporto internazionale di Malpensa 2000.

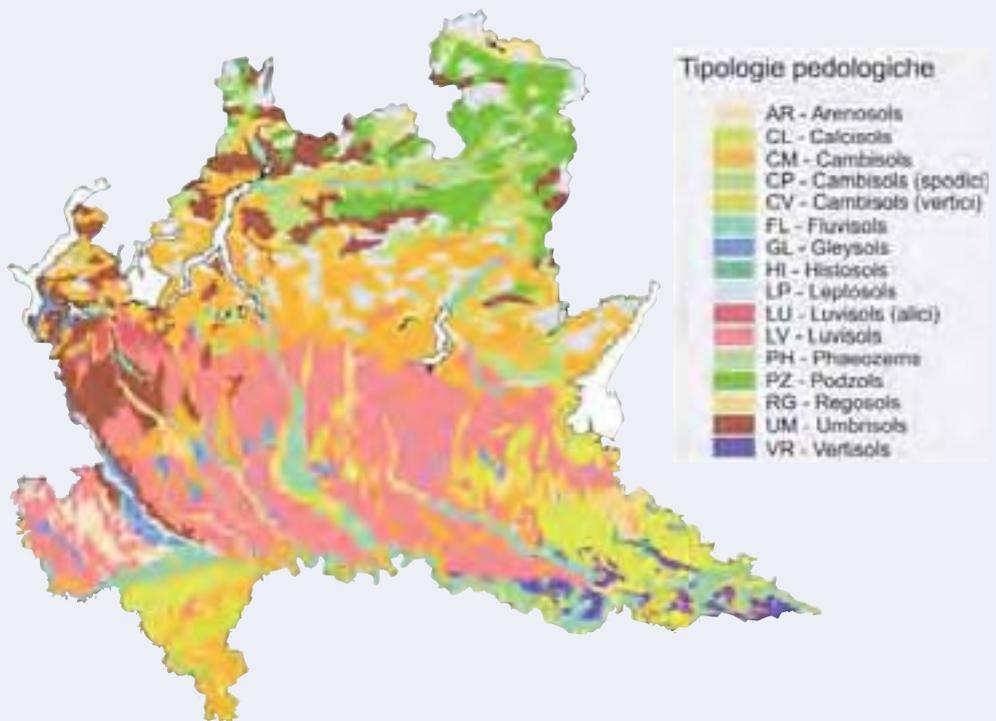


Fig. 4.4 - Carta dei suoli della Lombardia.

**EROSIONE** Forme severe di erosione del suolo vera e propria (intendendo cioè qui solo "rill e inter-rill erosion" e con esclusione quindi dei movimenti di massa e di "gully erosion") non sono molto comuni in Lombardia: tuttavia fenomeni erosivi di un certo rilievo possono verificarsi, in presenza di eventi meteorologici intensi, anche in aree a dislivelli poco accentuati, dove i suoli hanno tessiture limose e una maggior tendenza al degrado strutturale, come in particolare accade sulle morene e terrazzi antichi (pleistocene medio e medio-superiore) situati a nord di Milano, tra Ticino ed Adda. Al contrario le aree collinari e montane sono soggette a considerevoli fenomeni di instabilità di versante che causano consistenti danni a beni pubblici e privati e, spesso, purtroppo anche vittime. Nell'inventario Regionale

delle Frane e dei Dissesti sono catalogati circa 60.000 eventi di frana, dei quali i più diffusi ascrivibili a frane di scivolamento e di crollo, che interessano complessivamente circa il 20% dell'intero territorio alpino. Fattori naturali, quali geologia, condizioni climatiche ed acclività, ed antropici, legati all'uso del suolo e alla sua gestione idraulico forestale; sono all'origine di tali fenomeni; tuttavia è opportuno ricordare che molte di queste forme di dissesto, e fra queste in particolare scivolamenti di terra, colate di fango, ecc., interessano e si innescano nel suolo, le cui caratteristiche e comportamento fisico-idrologico divengono pertanto determinanti.

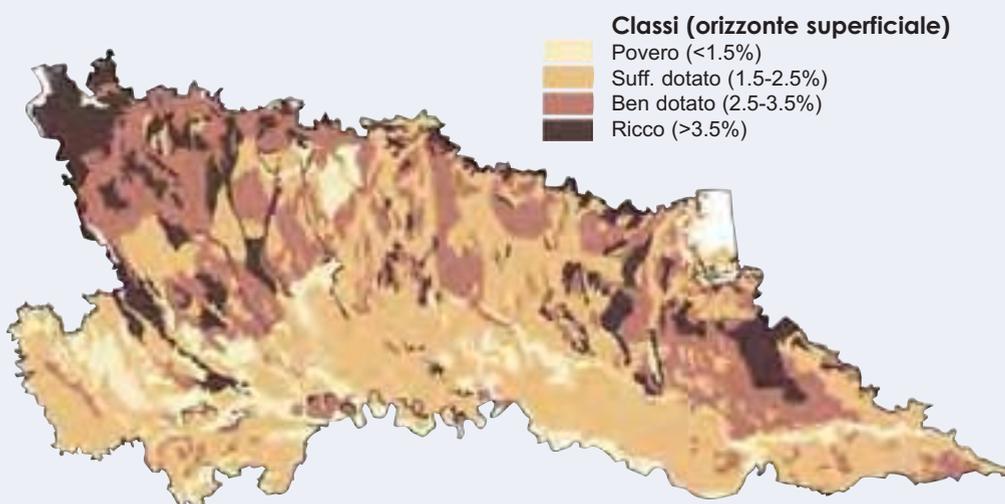


Fig. 4.5 - Carta del contenuto in sostanza organica dei suoli della pianura lombarda.

### PERDITA DI SOSTANZA ORGANICA

Nei suoli agricoli della pianura lombarda, tenori in sostanza organica compresi tra 1,5-2% sono da considerarsi prossimi ad una soglia di sufficienza e superiori al 2% come un indice di una buona dotazione (Fig. 4.5). Tali valori, favoriti anche dalla grande diffusione della zootecnia che assicura apporti regolari e considerevoli di materiali organici ai suoli, sono in effetti frequenti in tutta la pianura e, allo stato attuale delle conoscenze, situazioni di carenza maggiormente diffuse sembrano evidenziarsi solo nella Lomellina, nel pavese e nell'area morenica gardesana.

**CONTAMINAZIONE** La principale fonte di contaminazione diffusa dei suoli agricoli in Regione è rappresentata dai metalli pesanti. In generale, nei suoli della pianura lombarda, caratterizzata da una forte urbanizzazione ed industrializzazione e da una agricoltura anch'essa avanzata ed intensiva, si osservano con una certa frequenza tenori in Cu e Zn superiori ai valori corrispondenti al "fondo naturale", ma sempre abbondantemente inferiori ai valori soglia previsti dalla attuale normativa in materia.

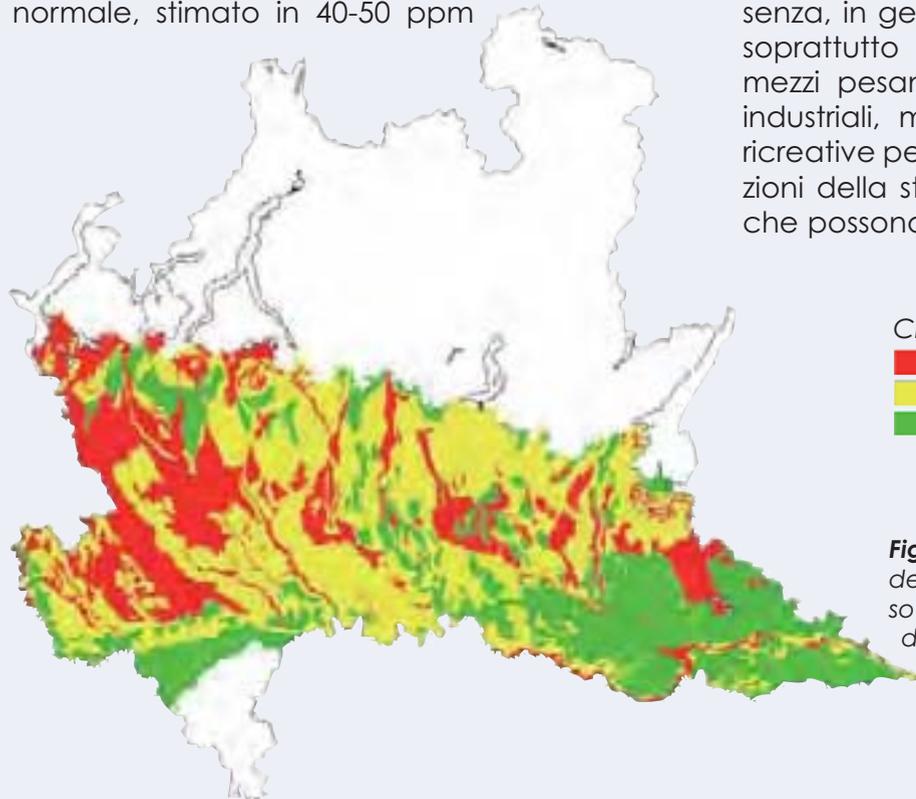
Diversa è invece la situazione nei comprensori viticoli, ove l'uso massiccio e protratto da lungo tempo di fitofarmaci a base di rame ha determinato accumuli consistenti nei suoli di questo metallo. In una recente indagine effettuata in Oltrepo Pavese, uno dei principali comprensori vitivinicoli della Lombardia, sono stati rilevati valori di rame nei primi 50-60 cm di suolo compresi tra 100 e 300 ppm (parti per milione), significativamente superiori rispetto al valore normale, stimato in 40-50 ppm

per suoli non storicamente vitati (valore litogenico). Ad un'origine naturale, correlabile alla mineralogia delle rocce che caratterizzano i bacini di alimentazione di quelle aree, sono invece presumibilmente da ricondurre gli elevati tenori in nickel (frequenti valori oltre il limite di 120 ppm) che localmente vengono osservati.

Accanto ai metalli pesanti, altre forme di contaminazione diffusa dei suoli agricoli stanno peraltro suscitando ultimamente una crescente preoccupazione: infatti casi di contaminazione da sostanze tossiche di origine industriale (in particolare PCB e diossine) vengono segnalati con sempre maggiore frequenza, destando allarme per i possibili riflessi ambientali e sanitari.

Per quanto riguarda le contaminazioni di tipo puntuale, prevalentemente in aree industriali dismesse o in discariche non autorizzate di inquinanti, a fine maggio 2002 erano registrati nell'Anagrafe regionale dei Siti contaminati 1287 siti, di cui quasi la metà localizzati nella sola provincia di Milano (Rapporto sullo Stato dell'Ambiente 2002, ARPA Lombardia).

**COMPATTAZIONE** La compattazione è considerata una forma di degrado tipica delle aree agricole, prevalentemente causata dall'eccessiva pressione esercitata sui suoli dalle macchine agricole e, come tale presente, anche se difficilmente quantificabile, nella pianura lombarda. La costipazione, tuttavia, non è un problema esclusivo dei suoli agricoli: nelle aree urbane e periurbane ampie superfici sono spesso soggette a compressione molto intensa, senza, in genere, interventi mitigatori; ciò si verifica soprattutto a causa del transito di autoveicoli e mezzi pesanti, come in parcheggi, cantieri, aree industriali, ma anche in parchi, giardini ed aree ricreative per effetto del calpestamento, con alterazioni della struttura e del comportamento dei suoli che possono anche divenire irreversibili.



Classi di capacità protettiva

- bassa
- moderata
- elevata

**Fig. 4.6** - Carta della capacità protettiva dei suoli della pianura lombarda nei confronti delle acque sotterranee. Essa esprime la potenziale capacità del suolo di trattenere i fitofarmaci entro i limiti dello spessore interessato dagli apparati radicali delle piante e per un tempo sufficiente a permetterne la degradazione.

ERSAF - Ente Regionale per i Servizi all'Agricoltura e alle Foreste  
Struttura Sviluppo Rurale, Suoli e supporto alla Filiera Vitivinicola  
Via Copernico, 38 20125 MILANO

Responsabile e Referente regionale per la pedologia: Stefano Brenna  
e-mail: stefano.brenna@ersaf.lombardia.it  
web: www.ersaf.lombardia.it



# TRENTINO ALTO ADIGE

## Provincia Autonoma di Trento

**CONSUMO DI SUOLO** Nonostante la destinazione di suoli agrari o forestali per lo sviluppo delle aree urbane sia vincolato da leggi piuttosto rigide, tra i fattori di consumo e degrado dei suoli è possibile annoverare l'espansione urbana, piuttosto frequente negli ultimi anni. La conformazione orografica del territorio provinciale determina una organizzazione insediativa concentrata nelle aree pianeggianti o poco acclivi di fondovalle, coincidenti con i territori agricoli di maggior pregio e, in quota, nelle aree di maggior afflusso turistico. Dal Rapporto regionale sullo stato dell'ambiente si ricava che, nel decennio 1985-1994, sono stati disboscati circa 717 ha di cui il 22% a scopo agricolo, il 3% per edilizia, il 56% per la costruzione di infrastrutture (strade, acquedotti ed elettrodotti) e il 19% per piste da sci e impianti turistici.

**EROSIONE** I fenomeni di erosione idrica sono generalmente ridotti a causa dell'elevato grado di inerbimento del territorio. Rischi di erosione potenziale relativamente elevati si possono registrare in corrispondenza di suoli sottili su pendenze elevate. In questi casi risulta di fondamentale importanza la manutenzione dei terrazzamenti in pietra e dei ciglioni inerbiti. La propensione al dissesto geologico è connessa sia alla naturale evoluzione geomorfologica del territorio sia ai processi antropici che disturbano l'equilibrio naturale. Questi ultimi sono rappresentati prevalentemente dalla realizzazione di insediamenti turistici, piste da sci e infrastrutture viarie e dal progressivo abbandono degli spazi montani. I fenomeni franosi più frequenti sono rappresentati da colate rapide di fango e detrito e da frane di crollo di ammassi rocciosi. Tuttavia grazie agli interventi di regimazione delle acque e ai provvedimenti atti a restituire al bosco la sua insostituibile azione di difesa dall'erosione del suolo e di effetto regimante nei confronti del bilancio idrologico, negli ultimi anni la situazione è andata migliorando notevolmente.

**CONTAMINAZIONE** Rischi relativi alla contaminazione del suolo da fonti diffuse possono verificarsi in prossimità dei centri urbani o nelle vicinanze di reti stradali a intenso traffico (quali l'autostrada lungo l'asta dell'Adige). Recenti ricerche nel settore non hanno però individuato valori allarmanti dei tenori in Pb, anche se hanno evidenziato una preoccupante crescita dei valori di rame nei suoli agricoli, per il largo uso dell'elemento con funzione antiparassitaria nella coltivazione della vite. Valori significativamente oltre norma sono stati ritrovati nei primi 30 cm, rientrando viceversa nella norma nella parte di suolo sottostante.

L'impiego di fanghi in agricoltura è piuttosto limitato, se non nullo, e dunque i rischi d'inquinamento da metalli pesanti imputabili a tale fattore risultano scarsi.

Per quanto riguarda la contaminazione da fonti puntuali sul territorio provinciale sono stati censiti 362 siti potenzialmente contaminati per 90 dei quali sono in corso, o sono state concluse, le attività di bonifica.

**ALTRE MINACCE** Tra gli altri rischi di degrado nel territorio trentino i fenomeni di perdita di sostanza organica e di compattazione dei suoli assumono livelli assai ridotti poichè quasi tutta la superficie utilizzata a livello agricolo è inerbata.

Tale tipo di gestione del suolo limita notevolmente il verificarsi di tali fenomeni nelle aree agricole mentre in quelle forestali, in continua espansione negli ultimi anni, il problema non sussiste.

## Provincia Autonoma di Bolzano

**CONSUMO DI SUOLO** La principale causa di consumo del suolo in Alto Adige è data dal notevole sviluppo dell'attività edilizia negli ultimi decenni. Sebbene l'espansione degli insediamenti in Alto Adige sia avvenuta fino ad oggi in un contesto di rispetto del paesaggio, grazie ad una rigida pianificazione territoriale e legislazione urbanistica, la necessità di creare nuovi spazi abitativi ed aree dedicate alle attività produttive ed al turismo ha inevitabilmente portato ad un notevole consumo di suolo. Attualmente il 2,85% della superficie della Provincia è classificata come superficie insediata. Questa concentrazione insediativa relativamente bassa assume tuttavia valori notevolmente più elevati se si prendono in considerazione solamente le zone a medie e basse quote.

**EROSIONE** In base alle loro caratteristiche geomorfologiche, le zone teoricamente più vulnerabili dal punto di vista idrogeologico sono quelle ad alta quota oppure quelle situate in zone di forte pendenza. I fenomeni erosivi che si manifestano in queste aree sono di entità generalmente limitata, in quanto si tratta di porzioni del territorio non coltivate oppure coltivate in modo molto estensivo e generalmente non interessate da insediamenti urbani.

Localmente si possono tuttavia manifestare dei fenomeni di degrado, talvolta riconducibili ad un elevato utilizzo per scopi turistico-ricreativi.

**PERDITA DI SOSTANZA ORGANICA** Non esistono carte tematiche o indagini specifiche a questo riguardo. Siccome la maggior parte delle colture agricole è interessata da inerbimento permanente (frutteti, vigneti, pascoli) oppure pluriennale (prati a rotazione con colture arative), il pericolo di sostanziali perdite di sostanza organica dei terreni sembra piuttosto limitato. Recentemente è stato costituito un catasto dei terreni ad uso agricolo, che com-

## LE PROBLEMATICHE DEI SUOLI NELLE REGIONI ITALIANE

prende 393 punti di osservazione su prati o pascoli e 98 punti di osservazione su aree dedicate alla frutticoltura.

Le analisi effettuate in questi punti permetteranno in futuro un più accurato monitoraggio del tenore in sostanza organica dei suoli nonché di altri parametri pedologici.

**CONTAMINAZIONE** Per quanto riguarda l'inquinamento del suolo da fonti diffuse i principali fattori da considerare sono le deposizioni atmosferiche derivanti dalle emissioni gassose da traffico ed industrie. Lungo le infrastrutture stradali il piombo risulta il contaminante più importante. Nelle aree agricole una recente indagine ha evidenziato che tra i metalli pesanti solo il rame può raggiungere livelli elevati nei terreni lungamente coltivati a vigna. Localmente è possibile riscontrare la presenza di arsenico nei pressi di ex miniere.

Un potenziale fattore di contaminazione è rappre-

sentato dalla lisciviazione dell'azoto applicato con fertilizzanti minerali od organici. Va tuttavia notato che nel comparto frutticolo e viticolo, il livello di fertilizzazione dei terreni è modesto, mentre nell'ambito dei seminativi, soprattutto del mais, il livello di fertilizzazione è più elevato.

Sul territorio provinciale sono stati censiti al 2004, 220 siti potenzialmente contaminati (ex discariche, industrie dismesse, distributori di carburante ecc.) per la maggior parte dei quali sono in corso le attività di bonifica.

**COMPATTAZIONE** L'agricoltura della Provincia di Bolzano è caratterizzata da un forte grado di meccanizzazione.

Tuttavia la netta preponderanza delle colture perenni su quelle arative e di suoli leggeri e ben drenanti riducono il rischio potenziale derivante da fenomeni diffusi di compattazione.



**Provincia autonoma di Bolzano:**

Centro per la Sperimentazione Agraria e forestale Laimburg Vadena  
93040 - ORA (BZ)

Referente provinciale per la pedologia: Martin Thalheimer; e-mail: martin.thalheimer@provinz.bz.it  
web: [www.provincia.bz.it](http://www.provincia.bz.it)

**Provincia autonoma di Trento:**

Dipartimento Agricoltura e Alimentazione  
Via G.B. Trener, 3, 38100 - TRENTO

Referente provinciale per la pedologia: Guido Orsingher; e-mail: guido.orsingher@provincia.tn.it  
web: [www.provincia.tn.it](http://www.provincia.tn.it)



# VENETO

**CONSUMO DI SUOLO** Considerando la diminuzione di superficie agraria utile (SAU) tra il censimento dell'agricoltura del 1970 e del 2000, le aree del Veneto maggiormente interessate ad una riduzione del suolo agrario sono quelle dei comuni delle cinture urbane dei capoluoghi di pianura e della fascia pedemontana nelle province di Treviso e Vicenza, dove maggiore è stato lo sviluppo industriale ed in cui più intensa è stata l'attività di escavazione di materiali ghiaiosi.

**EROSIONE** Nel Veneto si verificano fenomeni erosivi di un certo rilievo in presenza di eventi meteorologici di una certa intensità, anche in aree con dislivelli poco accentuati, in particolare dove i suoli hanno tessiture limose ed una maggior tendenza al degrado strutturale. Nell'ambito delle attività collegate alla redazione della Carta dei Suoli del Veneto in scala 1:250.000 è stata realizzata una carta del rischio di erosione utilizzando diverse metodologie (CORINE Erosion, USLE, PESERA) allo scopo di evidenziare le aree maggiormente interessate al fenomeno ed individuare la metodologia in grado di meglio interpretare la specifica realtà pedoclimatica e colturale della regione (Fig. 4.7). Il modello USLE ha dato dei risultati più rispondenti sulla base delle evidenze, anche se solo con una validazione sperimentale si potrà giungere ad una scelta conclusiva. L'elaborazione ha evidenziato che le zone ad elevato rischio di erosione sono circoscritte alle aree della fascia collinare e pedemontana dove c'è presenza di seminativi.

**PERDITA DI SOSTANZA ORGANICA** Le condizioni climatiche della pianura veneta sono tali che il livello della sostanza organica nei suoli tende naturalmente ad assestarsi su valori relativamente bassi, rispetto agli standard presi a riferimento in sede europea. Nei suoli agricoli tenori in sostanza organica compresi tra 1,5-2% sono da considerarsi la normalità e comunque una situazione accettabile ai fini della

loro fertilità, mentre valori < 1,5% sono da ritenere problematici per il mantenimento di un adeguato livello di fertilità; valori > 2% si possono invece considerare un indice di una buona dotazione (Fig. 4.8). Tali valori, favoriti, soprattutto nella fascia pedemontana, anche dalla grande diffusione della zootecnia che assicura apporti regolari e considerevoli di materiali organici ai suoli, sono in effetti frequenti in tutta la pianura, con delle eccezioni in alcune aree della bassa pianura in cui spesso il livello tende ad abbassarsi a valori compresi tra l'1 e l'1,5%. Come per l'erosione a partire dalla Carta dei Suoli del Veneto in scala 1:250.000 è in corso di realizzazione una Carta delle Riserve di carbonio organico del suolo che dovrebbe mettere in evidenza il contenuto di carbonio organico dei suoli, ma anche la sua qualità, in particolare rispetto alla tendenza alla degradazione; una prima approssimazione è stata realizzata per la stesura del Piano di Sviluppo Rurale della regione Veneto nei primi mesi del 2006.

**CONTAMINAZIONE** La principale fonte di contaminazione diffusa dei suoli agricoli nel Veneto è rappresentata dai metalli pesanti la cui presenza è da attribuirsi a numerose sostanze distribuite sui suoli, quali fertilizzanti minerali ed organici, fitofarmaci, reflui zootecnici, fanghi di depurazione ecc. Per quanto riguarda l'utilizzo di fanghi di depurazione in agricoltura, una delle principali fonti di contaminazione, considerando il periodo tra il 1995 ed il 2003 complessivamente si può notare un andamento crescente nei primi anni seguito da una fase in cui le superfici interessate sono rimaste invariate. La zona che si trova nell'area di pianura compresa tra la Laguna di Venezia a sud-est, il fiume Livenza a est, i Colli Euganei ad ovest e le Prealpi a nord è stata indagata dal punto di vista pedologico tra il 2000 e il 2003, a cura dell'ARPAV, alla scala 1:50.000 e ad una densità di circa 1 profilo ogni 250 ha. I metalli pesanti analizzati negli orizzonti dei profili sono: arsenico, cadmio, cobalto, cromo, mercurio, nichel, piombo, rame e zinco. Le analisi dei metalli sono state eseguite prevalentemente-

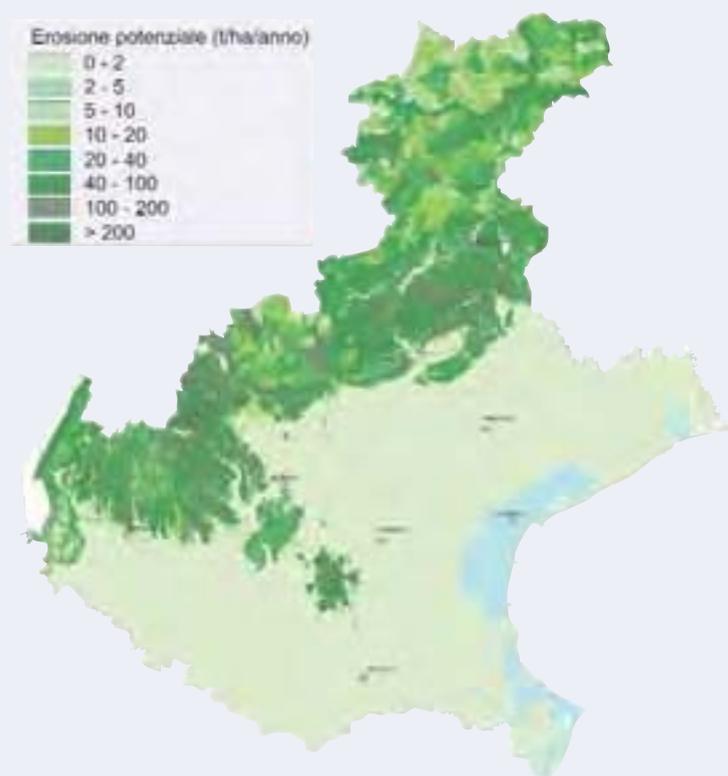


Fig. 4.7 - Carta del rischio potenziale di erosione idrica dei suoli del Veneto (metodo USLE).

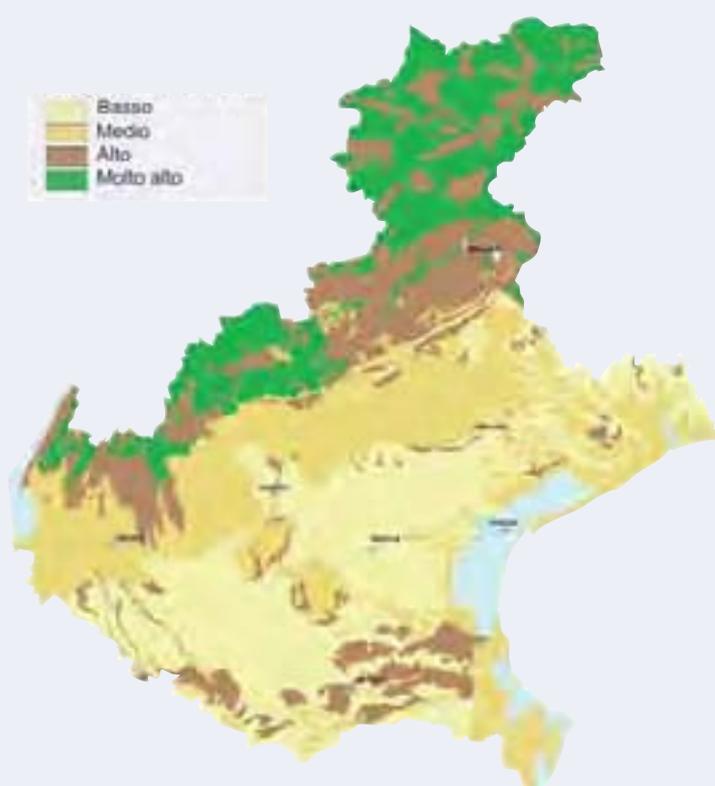


Fig. 4.8 - Carta del contenuto in sostanza organica.

## LE PROBLEMATICHE DEI SUOLI NELLE REGIONI ITALIANE

mente sui campioni degli orizzonti superficiali (A, 315 campioni) e degli orizzonti profondi (B e C, 172 campioni). Generalmente la concentrazione dei metalli nell'orizzonte superficiale è maggiore per effetto di un più o meno lieve accumulo dovuto all'apporto da sorgenti diffuse (deposizioni atmosferiche o distribuzione di fertilizzanti e pesticidi). Le differenze di concentrazione tra orizzonti superficiali e profondi sono maggiori per alcuni metalli, come rame e zinco, che sono più frequentemente presenti nei prodotti utilizzati per la difesa anti-parassitaria, soprattutto della vite, e per la nutrizione animale, da cui sono poi trasferiti nelle deiezioni zootecniche distribuite al suolo; anche per il piombo tale differenza è elevata. I valori di nichel e cromo sono piuttosto elevati nelle aree della pianura dell'Adige e del Po, in entrambi gli orizzonti; in questo caso tali valori sono da attribuire esclusivamente al contenuto naturale. Altro fenomeno di contaminazione diffusa è quello legato all'eccesso di azoto proveniente dalle pratiche di fertilizzazione e veicolato attraverso il suolo fino ai corpi idrici sotterranei e superficiali (Fig. 4.9). Il carico zootecnico continua ad essere il maggiore responsabile delle situazioni più critiche, non tanto perché vengano superati i limiti posti dalla normativa al carico di reflui consentito, quanto perché spesso alla distribuzione dei reflui zootecnici (letami e liquami) si accompagna una normale concimazione minerale, che non tiene conto degli elementi nutritivi già apportati con i reflui. Per quanto riguarda il carico zootecnico nel Veneto il quantitativo di azoto prodotto al netto delle perdite in fase di stoccaggio e distribuzione presenta valori diversi tra le province del Veneto: in particolare Verona presenta le produzioni più elevate, seguita su livelli fra loro simili da Padova, Treviso e Vicenza mentre contributi inferiori vengono dalle province di Belluno, Rovigo e Venezia. Nel territorio di pianura i dati dei suoli sono stati utilizzati per una prima valutazione della capacità protettiva dei suoli nei confronti delle acque profonde, della capacità cioè del suolo a funzionare da filtro degli elementi nutritivi apportati con le concimazioni minerali ed organiche, riducendo le quantità potenzialmente immesse nelle acque sotterranee.

La contaminazione puntuale è concentrata in aree circoscritte legate alla produzione industriale o ad attività di smaltimento rifiuti di origine industriale. L'ARPA Veneto ha realizzato un sistema informativo contenente i dati relativi ai siti potenzialmente contaminati; dal 2003 agli inizi del 2005 sono stati inseriti circa 350 siti, escluso il sito di interesse nazionale rappresentato dall'area di Porto Marghera (VE); la tipologia dei siti contaminati è rappresentata soprattutto da siti industriali dismessi o attualmente in attività, dalle aree limitrofe alle stazioni di servizio e da ex-discariche.

**SALINIZZAZIONE** La presenza di suoli salini nel Veneto è dovuta principalmente all'intrusione dell'acqua del mare nelle acque sotterranee a causa della subsidenza dei suoli paludosi salmastri nelle zone lagunari, provocata, tra l'altro, dagli emungimenti delle falde per scopi irrigui o industriali e dalle attività di bonifica. Studi realizzati negli anni passati hanno permesso di valutare l'entità del feno-

meno soprattutto nella zona costiera (Fig. 4.10); attualmente sono in corso degli approfondimenti sulle caratteristiche dei suoli, soprattutto la conducibilità e il contenuto in sodio scambiabile che maggiormente indicano il livello di salinizzazione.

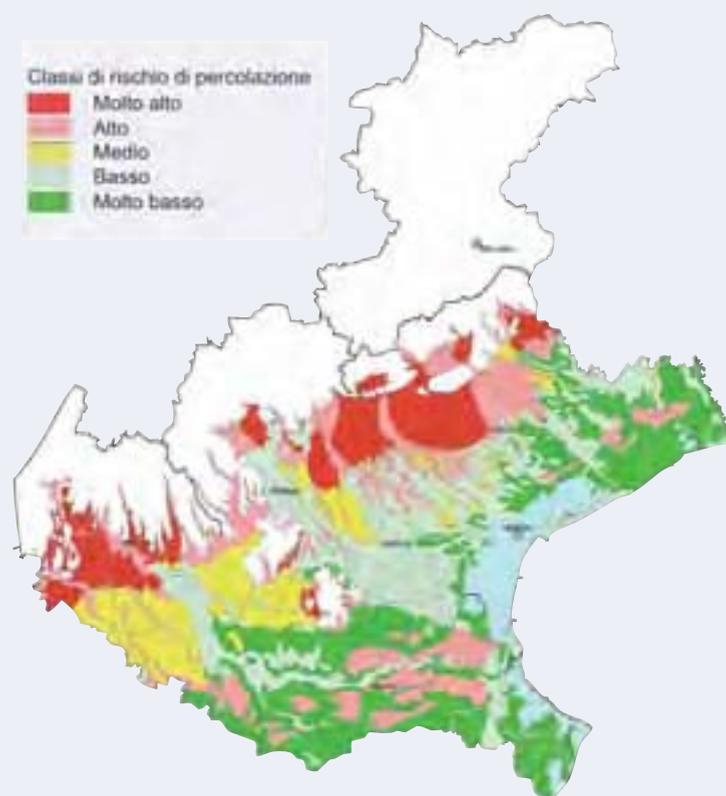


Fig. 4.9 - Carta del rischio di percolazione dell'azoto nei suoli della pianura veneta.

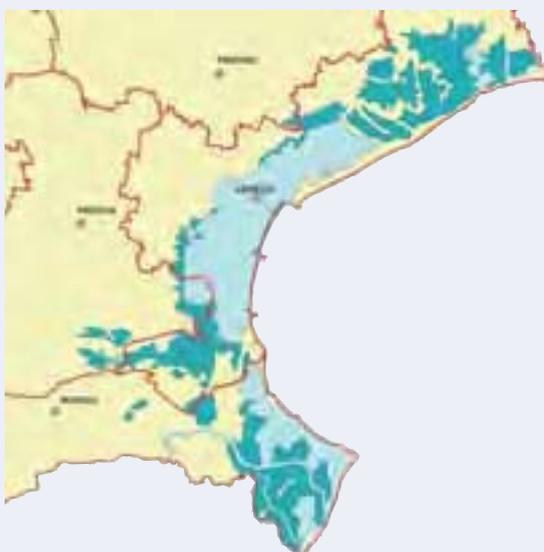


Fig. 4.10 - Carta delle aree della pianura veneta dove sono presenti suoli salini o a maggiore rischio di salinizzazione.

ARPA Veneto - Dipartimento di Treviso  
Servizio osservatorio suolo e rifiuti - Unità operativa suolo  
Via Baciocchi, 9 31033 CASTELFRANCO VENETO (TV)  
Responsabili: Giovanni Gasparetto (Servizio); Paolo Giandon (Unità operativa e Referente regionale per la pedologia)  
e-mail: [sosr@arpa.veneto.it](mailto:sosr@arpa.veneto.it); [pgiandon@arpa.veneto.it](mailto:pgiandon@arpa.veneto.it) - web: [www.arpa.veneto.it/suolo](http://www.arpa.veneto.it/suolo)



# FRIULI VENEZIA GIULIA

**CONSUMO DI SUOLO** Nel corso degli ultimi anni in Friuli Venezia Giulia si è assistito ad una diminuzione di SAU che, secondo i dati ISTAT, ammonta quasi al 15% nel periodo tra il 1990 ed il 2003, con un *trend* tra 2000 e 2003 che indica un'accelerazione del fenomeno. Come si può rilevare, anche dal progetto *MOLAND* sul consumo ed uso del territorio, l'espansione urbana nei decenni tra il 1950 ed il 1980 è stata rilevante, oltre che a Pordenone (con Porcia e Cordenons) e ad Udine, in alcuni centri minori come Tolmezzo, Gemona, Maniago, Codroipo, Azzano Decimo e Sacile e nelle località balneari di Lignano e Grado. Nel periodo 1980-2000 è stato sensibile anche lo sviluppo industriale dell'alto pordenonese (Maniago, Spilimbergo), del tolmezzino e del monfalconese.

**EROSIONE** Nel territorio regionale tra i processi di degrado hanno rilievo quelli imputabili a fenomeni franosi; il catasto regionale ne archivia più di 5.000, di cui oltre 2.000 ricadono in aree antropizzate o interessano infrastrutture. L'indice di franosità della regione (% superficie in frana sul totale) è pari al 6,6% ma per l'area montana-collinare il valore supera il 15%. I fenomeni che coinvolgono direttamente i suoli risultano generalmente lenti, con perdita di suolo significativa solo in concomitanza di fenomeni meteorologici di particolare gravità, o di interventi di sgombero o stabilizzazione che comportino l'asporto del materiale franato. Per quanto riguarda le rocce incoerenti, fenomeni tipo *debris-flow* sono segnalati in molti degli impluvi che attingono a bacini con notevole produzione di materiale sciolto; la perdita di suolo è, in questi casi, doppia, in quanto sedimenti pedogenizzati possono venire asportati a monte per essere depositi caoticamente a valle su superfici temporaneamente stabilizzate. Recentemente è stata effettuata una prima valutazione della suscettività all'erosione relativamente ad un'area pilota nel settore orientale della regione utilizzando il metodo *CORINE erosion*: il territorio studiato presenta in genere rischio basso o moderato ma vi sono porzioni a rischio elevato in corrispondenza delle pendenze più accentuate, in particolare se soggette ad usi agricoli (vigneti). Sono in corso alcune ulteriori elaborazioni su aree più ampie ed eterogenee utilizzando i metodi *PESERA* ed *USLE*.

**PERDITA DI SOSTANZA ORGANICA** I suoli agricoli della pianura e della collina regionale presentano, negli orizzonti superficiali, contenuti medi in sostanza organica del 3,0%. La variabilità è rilevante (la deviazione standard è 1,9) e dipende oltre che dalla natura dei suoli, anche dagli ordinamenti colturali e dalla consistenza degli allevamenti. Le aree ancora destinate a prato o messe a coltura di recente presentano i valori più elevati, così come le aree di recente bonifica laddove erano presenti strati torbosi superficiali. I valori più ridotti si riscontrano nei suoli recenti e grossolani destinati a seminativi in cui la mineralizzazione è spinta. Suoli con valori inferiori a 1,5% e pertanto con qualche limite di fertilità costituiscono il 13% del campione rappresentativo considerato; frequenze del

35% si riscontrano sia per i suoli con contenuti di sostanza organica compresa tra 2 e 3% sia per quelli con tenori superiori al 3%. Entrambe le classi rappresentano un buon indice di dotazione di sostanza organica. I livelli sono più bassi rispetto a quelli dei suoli mitteleuropei, ma superiori a quelli normali dei pedoclimi mediterranei e sono legati principalmente alle condizioni termopluviometriche regionali.

**COMPATTAZIONE** Risulta evidente al tecnico ed all'agricoltore attento che è in atto un processo di compattamento dei suoli legato all'uso di macchine agricole sempre più potenti e a maggior carico specifico, ad una minore attenzione alle condizioni di tempera dei suoli, ma anche ad ordinamenti che prevedono colture intercalari o a rilevante impatto sul suolo (barbabietola, patata, ecc.). Per la vite e per i fruttiferi la compattazione deriva dalla necessità di effettuare con tempestività sia i trattamenti antiparassitari sia la raccolta e pertanto anche con condizioni di umidità del suolo elevate. Non disponendo, in regione, di rilievi diretti dello stato di compattamento dei suoli è stata effettuata una prima valutazione del rischio in relazione alle caratteristiche granulometriche dei suoli ed alle loro qualità idrologiche. Emerge che il 30% dell'intero territorio di pianura e di colline moreniche mostra un rischio forte; per contro il rischio è debole sul 44% dell'area indagata. Se si sposta l'attenzione sui suoli della bassa pianura e su quelli costieri, caratterizzati in genere da granulometrie fini e da drenaggio difficoltoso, la percentuale di suoli a forte rischio di compattamento sale al 56 e solo l'11% non desta problemi. Viceversa nell'alta pianura e nei rilievi morenici i 2/3 dei suoli presentano un basso rischio di compattamento.

**SALINIZZAZIONE** La presenza di suoli salini è dovuta all'intrusione dell'acqua del mare nelle acque sotterranee, fenomeno che si rileva in particolare nelle aree bonificate dei suoli paludosi salmastri delle zone perlagunari e costiere. Sui terreni della porzione costiera della provincia di Gorizia sono state effettuate alcune misure analitiche sulla conducibilità e sul contenuto in sodio scambiabile (valori massimi di circa 12 mS/cm e 2.500 mg/kg rispettivamente), grandezze che descrivono il livello di salinizzazione. In base ai dati rilevati, si può valutare che il fenomeno interessi una limitata fascia perlagunare (poche centinaia di metri al massimo) e costiera (circa 100 metri). Sono visibili, in questi casi, gli effetti diretti sulle colture ed il rischio è rappresentato dal deterioramento della struttura del terreno e dalla formazione di croste superficiali.

**CONTAMINAZIONE** La principale fonte di contaminazione diffusa dei suoli regionali è rappresentata dai metalli pesanti. La contaminazione è da attribuirsi sia a sostanze distribuite sul suolo nell'ambito dell'attività agricola (fertilizzanti minerali ed organici, fitofarmaci, reflui zootecnici, fanghi di depurazione, compost da RSU, ecc.), sia alla ricaduta di elementi presenti nell'aria. Analisi effettuate in 158 campioni di orizzonti

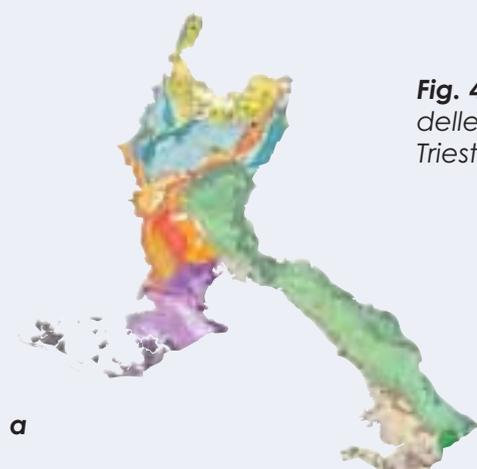
## LE PROBLEMATICHE DEI SUOLI NELLE REGIONI ITALIANE

superficiali raccolti nella pianura friulana evidenziano che i livelli di metalli pesanti nei suoli non destano in genere preoccupazione. Solo nei suoli vitati, in cui gli ossidi di rame vengono utilizzati per la difesa antiparassitaria, si riscontrano, secondo un recente studio dell'ERSA in corso di pubblicazione, valori medi di rame totale maggiori di 300 mg/kg, valori superiori di quasi un ordine di grandezza rispetto ai testimoni non vitati. Il contenuto di zinco totale non desta problemi in quanto modesto è stato l'impiego di anticrittogamici contenenti questo elemento, come sono in genere molto contenuti gli apporti provenienti dai reflui degli allevamenti di suini, in cui lo zinco assieme al rame entra nella dieta; escluse alcune aree con una certa concentrazione degli allevamenti suinicoli, quali ad esempio l'alta pordenonese, il sandanielese e la bassa udinese, il carico è limitato (il carico di suini per ettaro di SAU in regione è di 0,8). Un rilevante fattore di contaminazione diffusa è rappresentato dalla lisciviazione dell'azoto distribuito come fertilizzante minerale ed organico. In genere l'apporto proveniente dai reflui

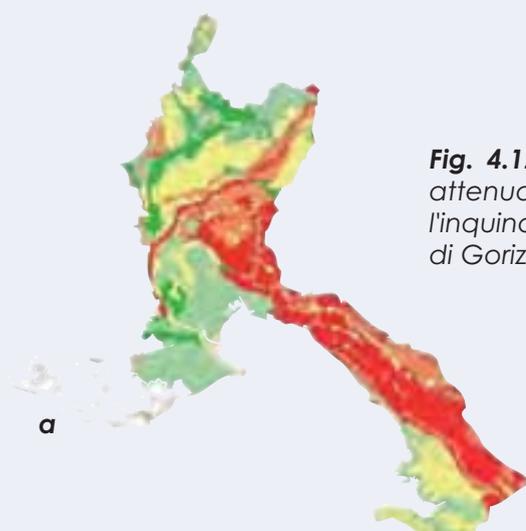
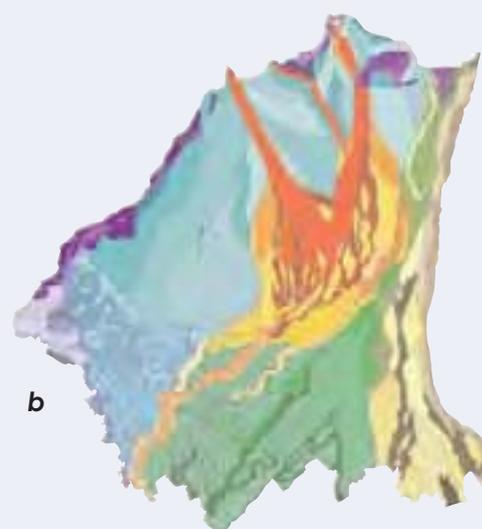
zootecnici è contenuto, basti considerare che il carico di bovini per ettaro di SAU in regione è pari a 0,4. La contaminazione è prevalentemente dovuta alla natura grossolana e permeabile dei suoli di ampi territori, specie di alta pianura e alla predominanza del mais negli ordinamenti colturali. Per le aree pianeggianti della regione l'ERSA ha effettuato, sulla base dei dati pedologici (Fig. 4.11a,b), la valutazione della capacità protettiva dei suoli nei confronti delle acque profonde (Fig. 4.12 a,b).

La contaminazione puntuale è concentrata in aree circoscritte, legate principalmente alla cattiva gestione di impianti e strutture e ad alcune attività industriali-artigianali dismesse, in minor misura ad attività di gestione dei rifiuti condotte in maniera scorretta e ad eventi accidentali.

Secondo l'aggiornamento 2005 del RSA dell'ARPA Friuli Venezia Giulia alla fine del 2005 risultano attive le procedure previste dal D.M. 471/99 per 345 siti inquinati; in regione vi sono anche i due siti inquinati di interesse nazionale "Trieste" e "Laguna di Grado e Marano".



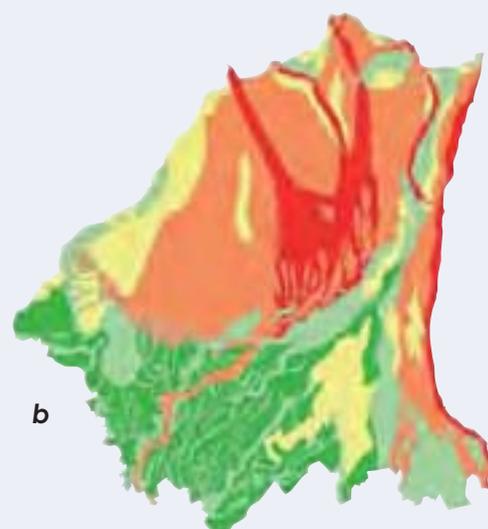
**Fig. 4.11 a,b** - Carte dei suoli delle provincie di Gorizia, Trieste (a) e Pordenone (b).



**Fig. 4.12 a,b** - Carte della capacità di attenuazione dei suoli nei confronti dell'inquinamento da nitrati delle provincie di Gorizia, Trieste (a) e Pordenone (b).

Classi di capacità di attenuazione dei suoli

Verde scuro	Molto alta
Verde	Alta
Giallo-verde	Moderata
Arancione	Bassa
Rosso	Molto bassa



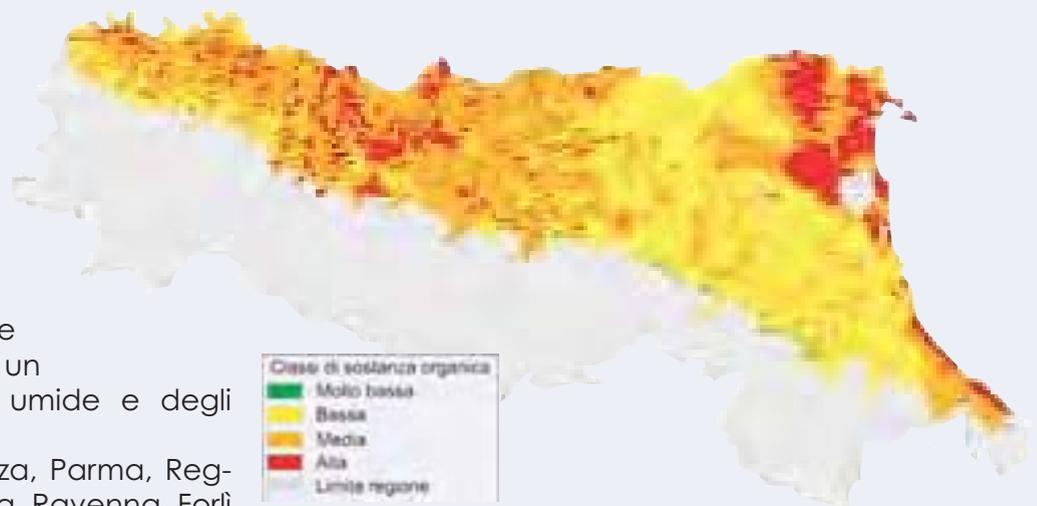


# EMILIA ROMAGNA

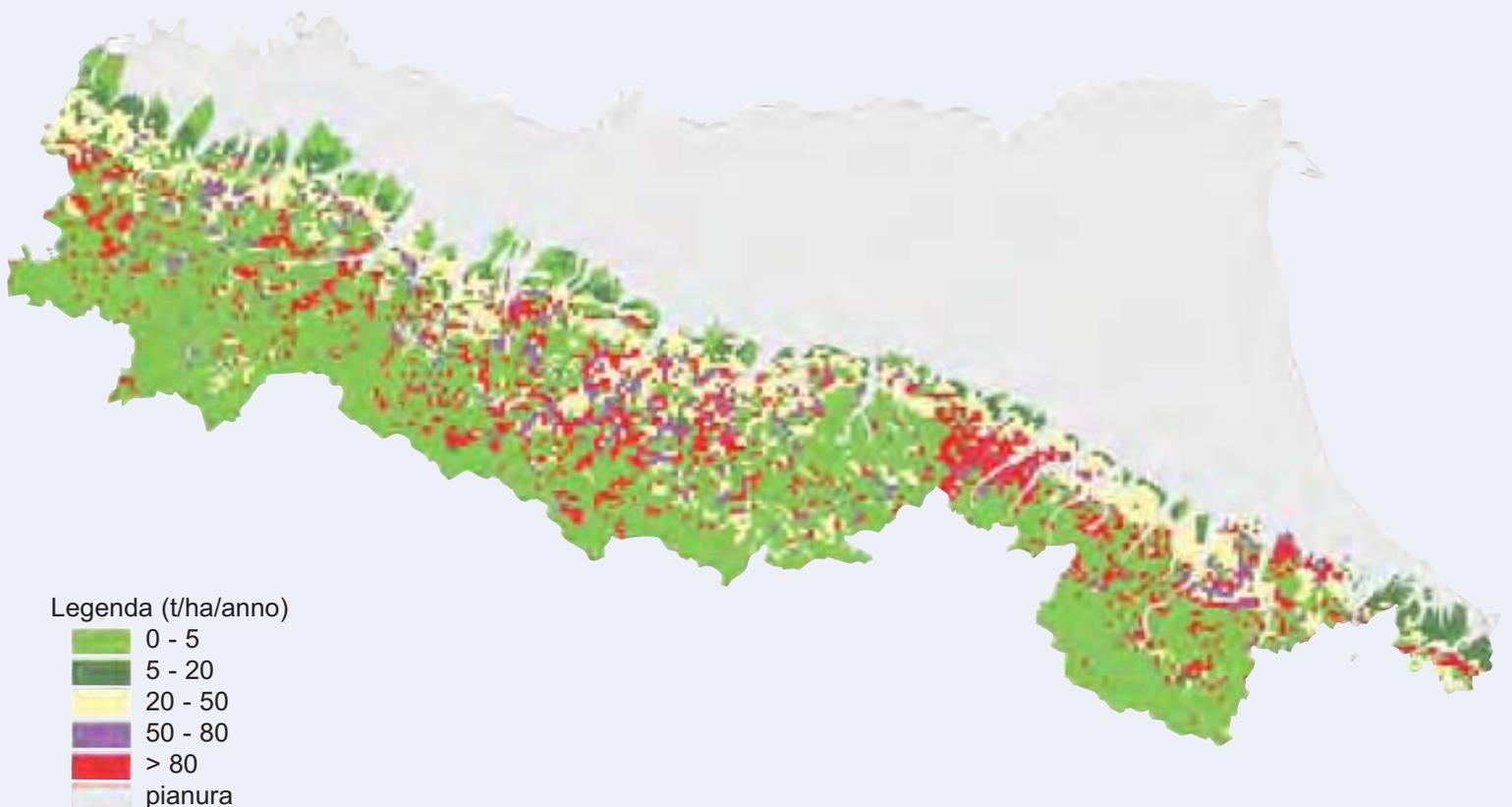
**CONSUMO DI SUOLO** L'impermeabilizzazione risulta essere, attualmente, la minaccia per il suolo più rilevante in Emilia-Romagna. Il confronto tra la Carta dell'Uso Reale del Suolo del 1976 e quella del 1994 segnala un aumento della superficie "edificata" superiore al 70%; in questo periodo, ogni giorno circa 8 ha del territorio regionale sono entrati a far parte della categoria dei territori artificializzati. Tale fenomeno ha interessato soprattutto la pianura e parte della collina, le aree della Regione a maggiore attitudine agricola. I nuovi insediamenti abitativi, oltre ad interessare particolarmente i comuni medio-piccoli, di 5.000-20.000 abitanti, hanno privilegiato modelli insediativi e tipologie edilizie assai più "consumatrici di suolo" di quelle tradizionali. Dati successivi, relativi al periodo 1994-1998, confermano il trend negativo della superficie agricola con una diminuzione dell'1,9%, a cui non corrisponde un aumento dei boschi, delle zone umide e degli ambienti seminaturali.

Nei principali centri urbani (Piacenza, Parma, Reggio Emilia, Modena, Bologna, Ferrara, Ravenna, Forlì e Rimini) si rileva un aumento medio della superficie artificializzata del 6,3%, espansione comunque non omogeneamente distribuita che si presenta con incrementi differenziati con massimo a Ferrara (+30%) e in calo a Rimini.

**EROSIONE** La perdita di suolo per fenomeni di erosione idrica è un rischio presente nelle aree della collina e montagna emiliano-romagnola, in particolare nelle zone prive di vegetazione. Considerando che la tendenza in tali aree e negli ultimi decenni è dovuta all'aumento delle superfici boscate (si parla infatti di un incremento di 56.000 ha per il periodo 1976-1994), l'attenzione si deve prioritariamente concentrare sui territori agricoli della media e bassa collina.



**Fig. 4.13** - Contenuto in sostanza organica dell'orizzonte superficiale dei suoli di pianura dell'Emilia-Romagna. La classificazione è stata fatta in relazione alla tessitura.



**Fig. 4.14** - Stima dell'erosione attuale del suolo con griglia di 1x1 km. Basi informative utilizzate: Carta dei suoli 1:250.000, Carta climatica 1:250.000, Carta dell'uso reale del suolo 1:25.000, Modello Digitale del Terreno - DTM risoluzione 100x100m.

## LE PROBLEMATICHE DEI SUOLI NELLE REGIONI ITALIANE

E' in questo ambito che va monitorato l'andamento del fenomeno in relazione agli ordinamenti colturali e alle pratiche di gestione adottate.

Una prima stima delle situazioni di maggiore rischio, in relazione alla compresenza di suoli particolarmente erodibili, microclimi con eventi piovosi a forte potere erosivo e ordinamenti colturali scarsamente protettivi, segnala come più del 50% del territorio collinare e montano regionale presenti valori di perdita di suolo tollerabili, ma una percentuale significativa, circa il 25%, si stima superi le 50 t\*ha<sup>-1</sup>\*anno<sup>-1</sup> (Fig. 4.14),

I fenomeni franosi sono ampiamente diffusi nell'area collinare e montana dove interessano circa il 17% del territorio. Sono rappresentati, in gran prevalenza, da frane ad evoluzione lenta con una attività contraddistinta da lunghe fasi di quiescenza alternate a intervalli di riattivazione, coincidenti con periodi di precipitazioni intense e/o prolungate. Anche se tali tipologie di movimento generano solo raramente situazioni di rischio per le vite umane, la loro grande diffusione determina elevati costi sociali ed economici ponendo, in molte aree, serie limitazioni all'uso del territorio.

**PERDITA DI SOSTANZA ORGANICA** Con esclusione dei suoli organici delle recenti bonifiche ferraresi, i suoli agricoli regionali presentano, negli orizzonti superficiali, contenuti in sostanza organica in genere prossimi al 2%. Le aree con i valori più bassi sono ubicate nella pianura bolognese, romagnola e in parte di quella ferrarese (Fig. 4.13). Gli ordinamenti colturali, radicalmente modificatisi dagli anni '50, hanno determinato in maniera significativa l'attuale configurazione. Non sono rilevati fenomeni di perdi-

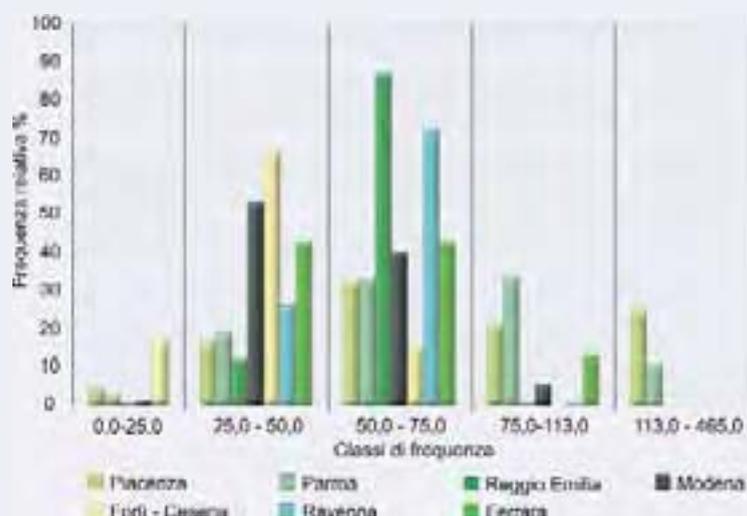
ta di produttività dei suoli che facciano supporre processi di desertificazione in atto; i livelli più bassi rispetto a quelli tipici dei suoli agricoli europei continentali rientrano nel campo di variabilità normale dei suoli degli ambienti pedoclimatici mediterranei.

**CONTAMINAZIONE** La contaminazione da fonti puntiformi è localizzata prevalentemente nelle zone della pianura emiliano romagnola e legata alla presenza di aree industriali e di discariche. L'inquinamento da fonti diffuse è imputato principalmente alle attività agricole, allo smaltimento dei fanghi di depurazione e delle loro acque reflue. La Relazione sullo Stato dell'Ambiente dell'Emilia-Romagna 2004, segnala in particolare la presenza nei suoli di alte concentrazioni di nickel, in particolare nelle province di Piacenza e Parma. La causa è attribuita al materiale da cui si sono formati i suoli, derivante dalla disgregazione delle ofioliti.

Relativamente all'apporto di metalli pesanti provenienti dai reflui zootecnici, potenzialmente somministrabili sul suolo, in particolare rame e zinco, si rileva una tendenziale riduzione legata alla graduale diminuzione dell'allevamento zootecnico, soprattutto bovino e suino.

I fanghi di depurazione e le loro acque reflue rappresentano viceversa motivo di preoccupazione in quanto apportano, oltre ai metalli pesanti, composti organici in tracce, scarsamente biodegradabili, che possono accumularsi nel suolo con conseguenti rischi per l'ambiente e la salute umana. L'uso agricolo di tali matrici organiche è, in Emilia Romagna, una realtà di una certa rilevanza; si è stimato che il 50% circa dei fanghi prodotti in regione (circa 300.000 t di tal quale corrispondenti a circa 50.000 t di sostanza secca) vengano destinati all'utilizzo in agricoltura, in prevalenza su cereali autunno-vernini ma anche su colture foraggere, oleaginose e orticole e prevalentemente su suoli di pianura.

**ALTRE MINACCE** Per quanto riguarda le altre minacce esistono dati che segnalano nel territorio casi di riduzione della biodiversità del suolo in relazione all'intensificazione delle pratiche agricole o formazione di strati compatti nel suolo a seguito di pascolamento o di lavorazioni in condizioni di eccesso idrico, ma si ritiene, anche in relazione alle prime osservazioni, che siano attualmente segnali di fenomeni che richiedono attenzione e monitoraggio, pur non presentando livelli di pericolosità e urgenza paragonabili alle altre minacce.



**Fig. 4.15** - Il contenuto in nichel dei suoli della Regione Emilia-Romagna.

Regione Emilia Romagna

Servizio Geologico, Sismico e dei Suoli

Viali Silvani, 4/3 - 40122 BOLOGNA

Responsabili: Raffaele Pignone (Servizio); Marina Guermandi (Referente regionale per la pedologia)

e-mail: [mguermandi@regione.emilia-romagna.it](mailto:mguermandi@regione.emilia-romagna.it);

web: <http://www.regione.emilia-romagna.it/cartpedo/>; <http://gias.regione.emilia-romagna.it/suoli/>



# TOSCANA

**CONSUMO DI SUOLO** Il confronto dei dati di uso e copertura del suolo dal 1978 al 1990 evidenzia una perdita di circa 128.000 ettari di superficie coltivata (Fig. 4.16) da imputarsi solo in parte al consumo di territorio per espansione urbana o realizzazione di

infrastrutture e insediamenti industriali. Quest'ultimo fenomeno ha infatti interessato circa 48.000 ettari di cui più della metà in pianura, con particolari concentrazioni in Versilia e lungo la valle dell'Arno, tra Firenze e Pisa.

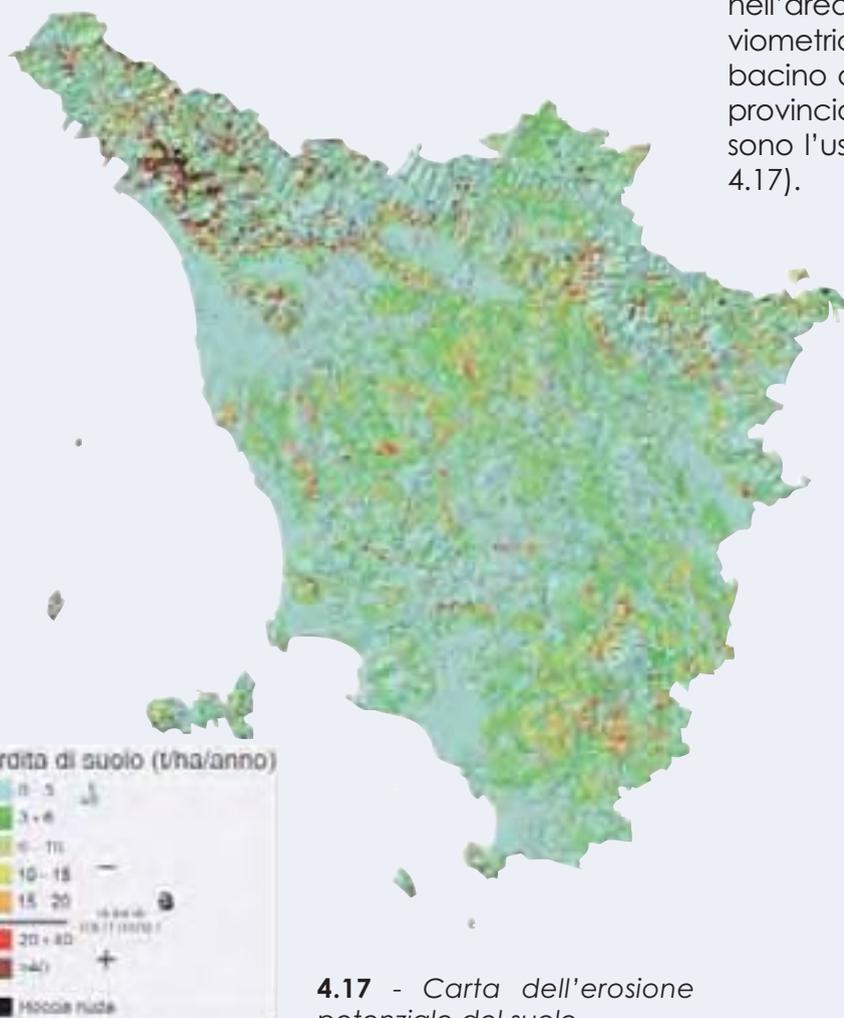


**Fig. 4.16** - Carta della perdita di suolo a causa dell'urbanizzazione (le aree scure indicano le aree urbanizzate).

**EROSIONE** Il territorio toscano è interessato per circa 525.000 ettari da affioramenti di depositi sabbiosi e argillosi di origine fluviolacustre o marina e di questi circa 210.000 ettari sono utilizzati dall'agricoltura. Gli elementi morfologici prevalenti sono rappresentati da versanti complessi con frane e movimenti di massa e da versanti con canali di erosione di notevoli dimensioni. La naturale propensione al dissesto di queste aree può essere esaltata, nei circa 65.000 ettari di superfici coltivate con pendenza superiore al 15%, dalle lavorazioni a rittochino e dalla formazione di consistenti suole di lavorazione spesso destinate a rappresentare, ad esempio nei depositi lacustri del Valdarno, la superficie di scivolamento di frane superficiali e colamenti.

Per quanto riguarda l'erosione del suolo causata dalle acque meteoriche è stata recentemente effettuata una stima del grado di erosione potenziale applicando il modello *USLE*. Dai risultati di tale studio emerge che circa il 5% del territorio regionale presenta perdite di suolo superiori alla soglia di tollerabilità che è stata fissata a  $20 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{anno}^{-1}$ , sulla base dei dati presenti in letteratura e in ragione delle banche dati utilizzate.

Le zone a maggior criticità potenziale si riscontrano nell'area delle Alpi Apuane per effetto del fattore pluviometrico e topografico, mentre nel territorio del bacino del fiume Albegna, nella zona centrale della provincia di Pisa e nella Val di Sieve i fattori dominanti sono l'uso del suolo e le caratteristiche dei suoli (Fig. 4.17).



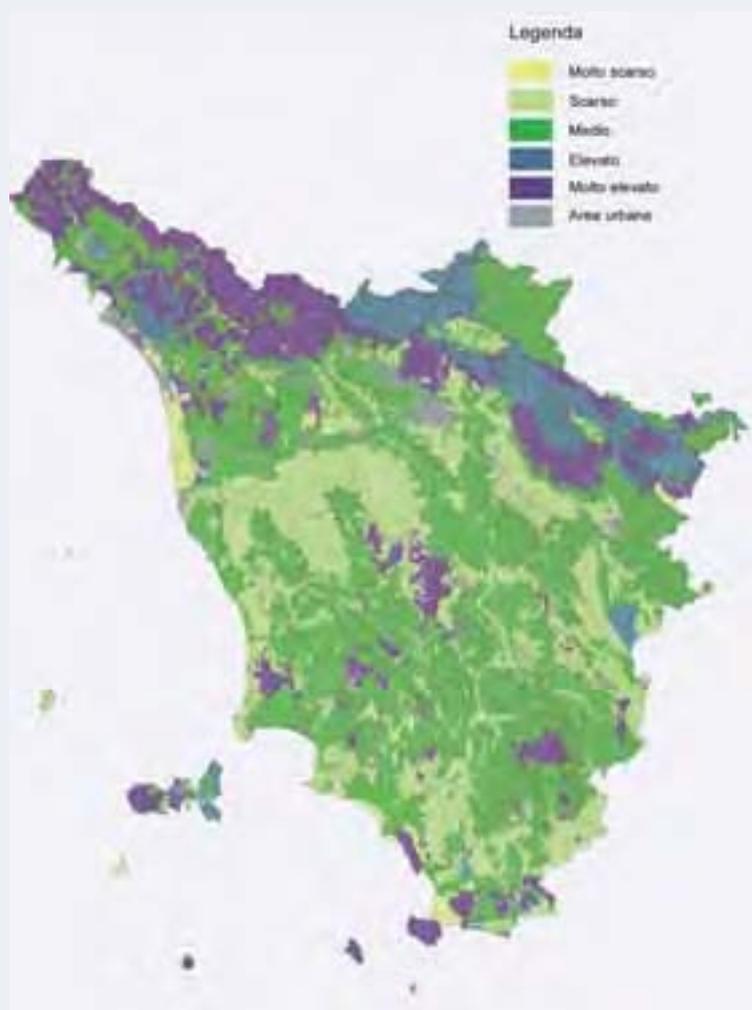
**4.17** - Carta dell'erosione potenziale del suolo.

### PERDITA DI SOSTANZA ORGANICA

La cartografia del contenuto in sostanza organica (Fig. 4.18) mostra come il fattore climatico associato alla presenza di vegetazione forestale, sia strettamente correlato al contenuto di sostanza organica nel suolo che cresce gradualmente spostandosi dal mare ai rilievi interni e appenninici.

Le aree collinari destinate ad usi agricoli (colline interne plioceniche, Mugello, Valdichiana, Valdarno) risultano le aree con tenori di sostanza organica minori, assieme alle aree dunali estremamente sabbiose.

**SALINIZZAZIONE** Fenomeni di salinizzazione sono diffusi lungo tutta la fascia costiera regionale, in particolare intorno al lago di Massaciuccoli, nelle pianure alluvionali delle foci dei principali fiumi (Arno, Cecina, Cornia, Pecora, Ombrone e Albegna) e nella piana costiera di Capalbio.



**Fig. 4.18** - Carta del contenuto percentuale in sostanza organica.

La forte richiesta di acqua a scopi idropotabili, che nel periodo estivo subisce un notevolissimo incremento a causa della presenza turistica, ha portato ad un progressivo deterioramento della qualità delle acque di falda a causa dell'ingressione di un cuneo salino.

Tale fenomeno ha subito una sensibile accelerazione in questi ultimi anni ponendo seri problemi per il mantenimento dei requisiti di qualità previsti dalle normative vigenti.

Per i circa 45.000 ettari rappresentati in Fig. 4.19 esiste un consistente rischio di salinizzazione sia a seguito dell'utilizzo di acque di scarsa qualità, sia alla presenza di piccole falde sospese, ad elevata



**Fig. 4.19** - Carta delle zone interessate da fenomeni di salinizzazione (in rosso).

salinità che possono avvicinarsi alla superficie a causa di interventi irrigui non razionali o a seguito, ad esempio, della realizzazione di risaie.

Nel caso della pianura di Pisa la salinità è dovuta principalmente a solfati disciolti nelle acque ed è causata prevalentemente dall'inefficacia delle opere di drenaggio.

Oltre agli effetti diretti sulle colture in alcuni casi, come nella piana di Grosseto e alla foce dell'Ombrone, il rischio è rappresentato da un completo collassamento della struttura degli aggregati del suolo con la conseguente formazione di croste superficiali e l'instaurarsi di condizioni di asfissia radicale.



# UMBRIA

**CONSUMO DI SUOLO** Le dinamiche del consumo di suolo che hanno interessato il territorio umbro si sono evolute negli ultimi trenta anni secondo una matrice diffusa e policentrica. Infatti insieme ad un processo di urbanizzazione diffusa si è organizzato un sistema di interconnessioni infrastrutturali omogeneamente ed equamente distribuite in tutta la regione, a sostegno sia dello spazio urbano che rurale. Il complesso urbano intorno al capoluogo si è fortemente ampliato allungandosi sul fondovalle fino ad Assisi nonché sulla direttrice del Lago Trasimeno. Altri insediamenti si sono sviluppati sensibilmente verso la media e alta valle del Tevere sottraendo estese aree verdi al panorama circostante. La fitta urbanizzazione relativa alla conca ternana sulle pendici collinari è risultata a carattere sparso e pun-

tiforme conservando comunque il tradizionale profilo e l'impronta terziaria. Accanto a una tendenza sempre più incalzante dell'ambiente urbano si registra comunque nell'ultimo decennio la conversione di ampie aree agricole intensive a colture arboree forestali.

**EROSIONE** I suoli maggiormente soggetti a fenomeni di erosione idrica e dissesto sono quelli delle pendici più acclivi della media ed alta collina (Fig. 4.20), sottoposti ad un'esagerata pressione antropica. Debolmente stabili risultano i suoli con tessitura limoso-argillosa presenti su depositi prevalentemente marnosi come quelli dei terreni "marginali" localizzati nell'Umbria nord-orientale, a NE di Città di Castello, su versanti a quote più elevate esposti a nord. Altri suoli interessati da intensa erosione e fenomeni franosi sono quelli presenti su depositi prevalentemente argillosi come le argille plioceniche, localizzati nell'estremità occidentale della regione e le argille mioceniche nell'Umbria centro orientale. Tali terreni sono caratterizzati dall'essere scarsamente produttivi, a causa sia della loro tessitura pesante, sia della forte coesione che della reazione alcalina o subalcalina, tanto da ospitare incolti cespugliati o da essere convertiti solo raramente in terreni agricoli. Dalla stima della perdita annua di suolo ottenuta applicando la metodologia USLE appare in maniera molto evidente come la probabilità di fenomeni erosivi, molto intensi, sia sempre correlata con l'uso del suolo, in particolare nelle aree destinate a seminativi, dove l'attività antropica ha provocato le maggiori modificazioni all'equilibrio ambientale. Per i terreni arati, infatti, le asportazioni di terreno previste possono arrivare fino ad un massimo di 200 t/ha, quantità di gran lunga superiori alle perdite massime tollerabili in relazione alla profondità del suolo e alla quota di riformazione. Per i terreni destinati a pascolo le perdite potenziali di suolo variano da 1 a 20 t/ha, per gli incolti si hanno, invece, valori oscillanti da 55 a 87 t/ha e nelle superfici destinate a bosco le presumibili asportazioni di suolo variano da 0,2 a 43 t/ha.

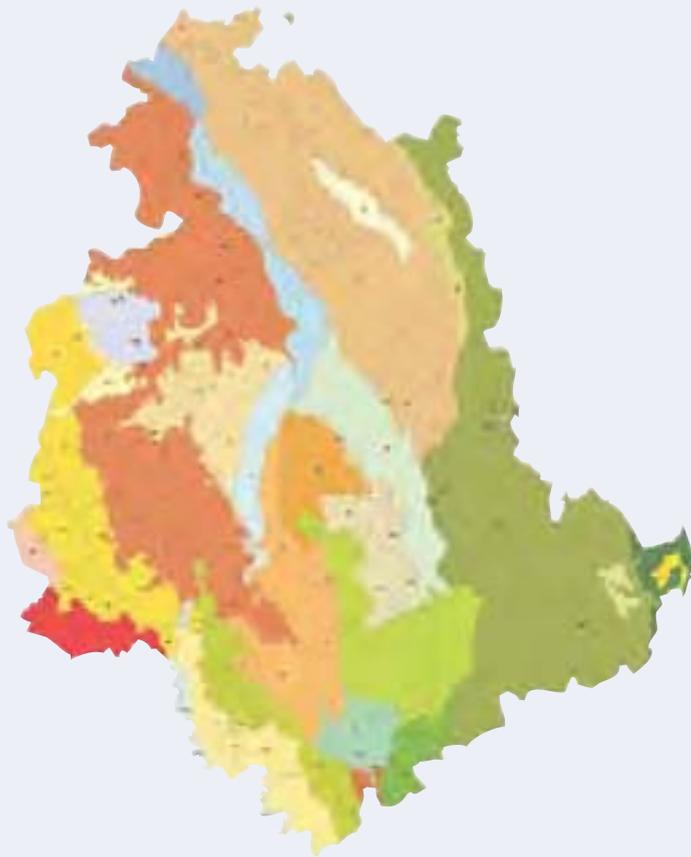


Fig. 4.20 - Carta dei pedopaesaggi.



## LE PROBLEMATICHE DEI SUOLI NELLE REGIONI ITALIANE

**CONTAMINAZIONE** La Regione Umbria, in recepimento della normativa vigente, ha prima designato e perimetrato le "zone vulnerabili da nitrati di origine agricola" (Fig. 4.21) e poi ha predisposto un apposito Programma d'azione, eseguibile da tutte le aziende agricole ricadenti in tali zone, con l'obiettivo di ottimizzare l'uso dei fertilizzanti a base di azoto salvaguardando e risanando le aree vulnerabili, stabilendo criteri nell'individuazione dei reali fabbisogni nutrizionali delle colture praticate, promuovendo la gestione dei reflui zootecnici. Inoltre l'elaborazione del Piano di Utilizzazione Agronomica (PUA) da parte di ogni singola azienda fornisce un valido sistema di programmazione aziendale e un indispensabile strumento di controllo sulle eventuali inadempienze dello stesso agricoltore.

Altre informazioni relative alla contaminazione diffusa derivano da uno studio condotto dall'ARPA Umbria nelle aree circostanti due cementifici a poca distanza dall'area urbana di Gubbio. Nell'ambito del progetto sono stati valutati sia la presenza di metalli pesanti ed idrocarburi policiclici aromatici (IPA), sia l'indice Q.B.S.-ar unico metodo standardizzato di valutazione della qualità del suolo attraverso lo studio dell'intera comunità di microartropodi. Dall'indagine chimica è emerso che tutti i valori riscontrati non sono risultati preoccupanti ed in particolare la concentrazione dei metalli è in linea con le statistiche geochimiche di suoli naturali. L'indagine biologica ha mostrato valori QBS tipici di suoli a modesto impatto antropico e una discreta differenziazione di forme biologiche edafiche con un alto grado di adattamento alla vita edifica. Dallo studio non vengono quindi rilevate anomalie significative.

Per quanto riguarda la contaminazione puntuale sono disponibili solo delle analisi realizzate per monitorare situazioni con peculiari caratteristiche.

L'Università di Perugia (Dip. Sc. Agroambientali e della Produzione Vegetale) ha svolto delle ricerche sull'inquinamento da elementi potenzialmente tossici in aree ad elevata concentrazione di impianti industriali come la conca Ternana (acciaierie, centrali idroelettriche e industrie chimiche) e aree circostanti la centrale termoelettrica di Pietrafitta. Nella prima indagine sono state riscontrate alte concentrazioni di metalli pesanti in dosi eccessive rispetto a quelle cedute dal substrato pedogenetico e non spiegabili neppure con il normale apporto dovuto ai tradizionali prodotti chimici d'uso agrario, alle combustioni urbane e all'inquinamento del traffico stradale. La causa è quindi imputabile all'inquinamento industriale pregresso (industria siderurgica) e perdurante (industria chimica). È allarmante per elementi quali Cu, Co, Mn e Pb e soprattutto per Ti, Zn, Cd, Hg e Cr, la cui pericolosità è solo in parte frenata dalla

reazione subalcalina del terreno derivante dall'elevato tenore di carbonati. Dalla seconda analisi (Valle del Nestore - Pietrafitta), si è potuto riscontrare che i valori di alcuni elementi, il Cu a livelli contenuti e lo Zn a livelli più consistenti ma non allarmanti, sono imputabili all'uso di fitofarmaci in campo agricolo. Ciò non è possibile per Pb, Ti e Cr; la situazione di quest'ultimo in particolare è piuttosto grave, sia per la nota pericolosità per la salute umana, sia per il basso contenuto di carbonati nei suoli interessati che ne causano una scarsa mobilità.

**PERDITA DI SOSTANZA ORGANICA** I terreni dell'Umbria presentano una buona dotazione di sostanza organica. I terreni coltivati possono beneficiare di concimazioni a base di letame, ammendanti, compost e soprattutto liquami, questi ultimi resi disponibili dai numerosi allevamenti presenti in regione. I valori della sostanza organica sono sempre piuttosto consistenti sia in presenza di seminativi (2-3%), di vigneti (1-2%), di pascoli (4-5%), di boschi (6-7%) e persino di incolti (1-2%). Sarebbe auspicabile piuttosto conoscere la qualità della sostanza organica di cui dispongono i terreni regionali (N totale, rapporto C/N, N organico e minerale e N potenzialmente mineralizzabile) per valutarne alcuni processi come la mineralizzazione della sostanza organica e l'eutrofizzazione delle acque.

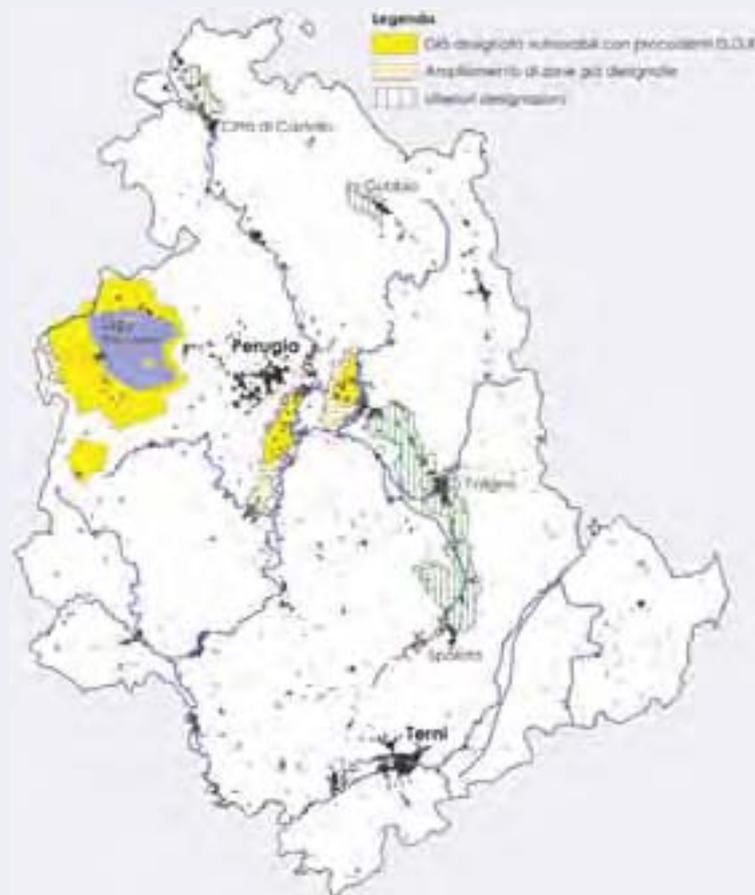


Fig. 4.21 - Carta della vulnerabilità da nitrati.



# MARCHE

**CONSUMO DI SUOLO** Come gran parte del territorio italiano anche la regione Marche ha subito un consumo di suolo relativo alla urbanizzazione e costruzione di infrastrutture. E' poi da considerare che, per il particolare assetto geomorfologico della regione, le aree edificabili sono principalmente dislocate nei fondovalle che dall'appennino giungono al mare. E' ancora da considerare l'aspetto

turistico della regione che ha dato impulso ad un intensa attività costruttiva

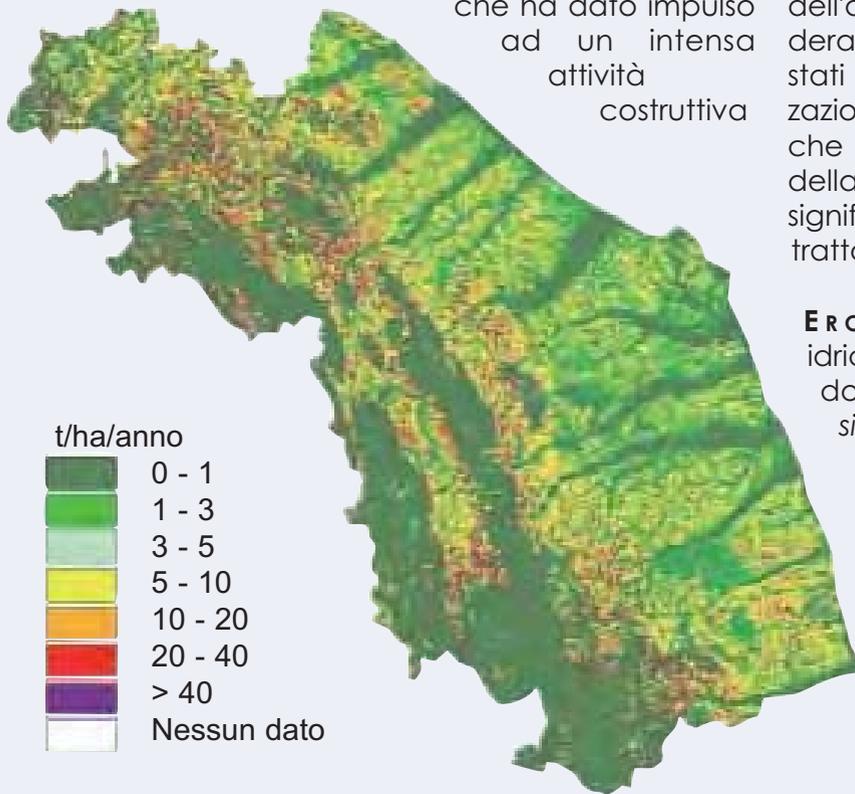


Fig. 4.22 - Carta del rischio attuale dell'erosione dei suoli.

lungo la costa. Pur non essendo stata realizzata un'attività specifica su tale argomento è possibile fornire i dati del database "Change" del progetto *Image & CORINE Land Cover 2000* che fissano il cambiamento di uso del suolo nella decade 1990-2000.

Analizzando i dati del *CLC2000* la percentuale d'area di impermeabilizzazione del suolo (Classe 1 del primo livello della legenda *CLC2000*) sul totale dell'area regionale è pari al 4%. Prendendo in considerazione il *DB Change* risulta che 532 ettari sono stati impermeabilizzati, principalmente per urbanizzazione, nella regione Marche. Il dato interessante è che la variazione di uso della classe 2 del I livello della classificazione *CLC* è stata di 531 ettari. Ciò significa che il suolo impermeabilizzato è stato sottratto al comparto agricolo.

**EROSIONE** La valutazione del rischio d'erosione idrica dei suoli per la regione Marche è stata condotta con l'applicazione dei modelli *CORINE erosion* e *RUSLE*. Il modello *RUSLE* è risultato essere maggiormente rispondente alla realtà territoriale regionale. Dalla cartografia (Fig. 4.22) si constata che il rischio d'erosione idrica dei suoli in regione Marche non mostra una magnitudo del fenomeno così accentuata ma è, per contro, estesa sul territorio. Le problematiche maggiori si riscontrano nella fascia collinare dove l'uso del suolo risulta essere maggiormente agricolo. Anche le aree montane presentano un rischio d'erosione, che talvolta può divenire elevato, laddove viene a mancare la copertura del bosco. Il

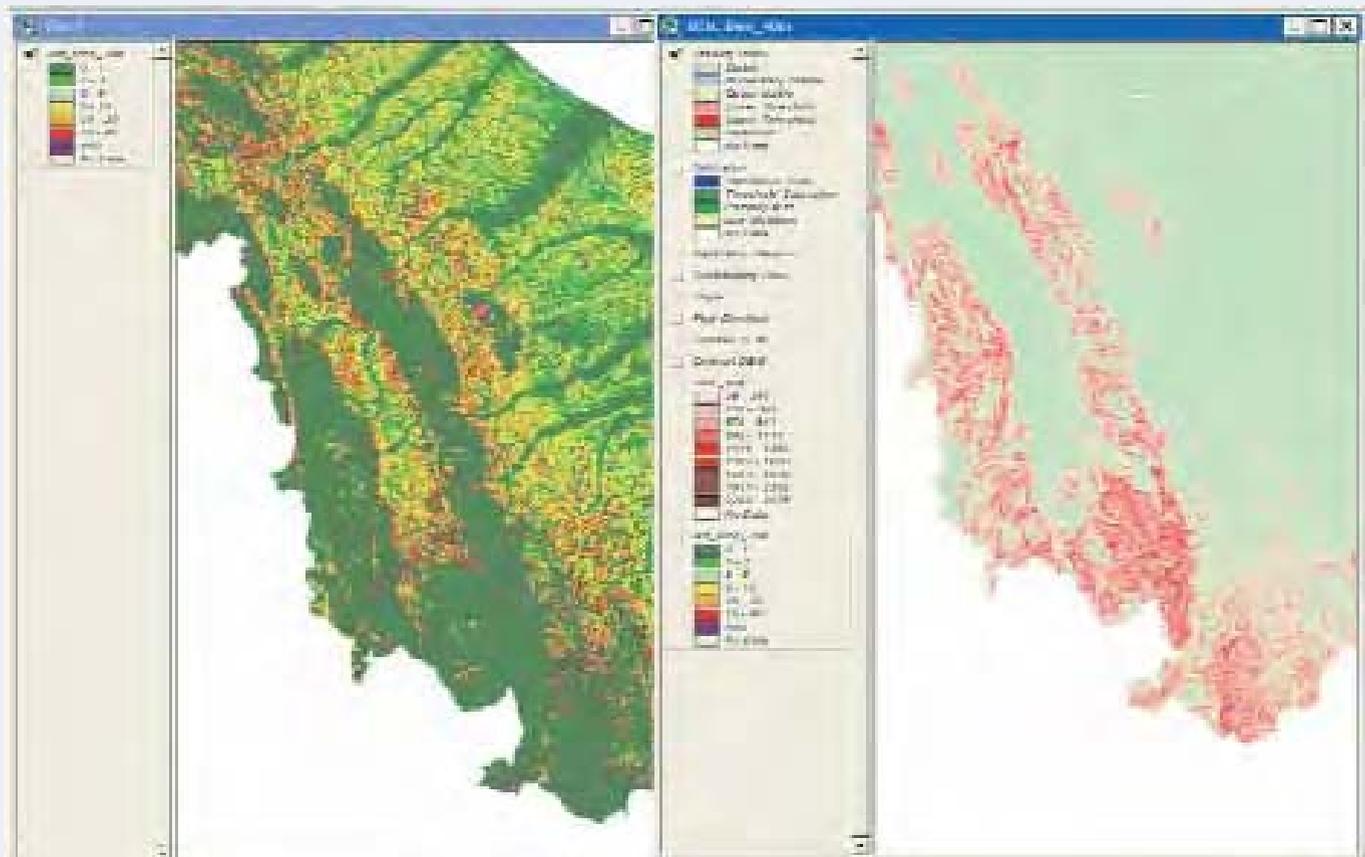


Fig. 4.23 - Confronto tra carte del rischio d'erosione e carta dell'indice di stabilità dei versanti.

## LE PROBLEMATICHE DEI SUOLI NELLE REGIONI ITALIANE

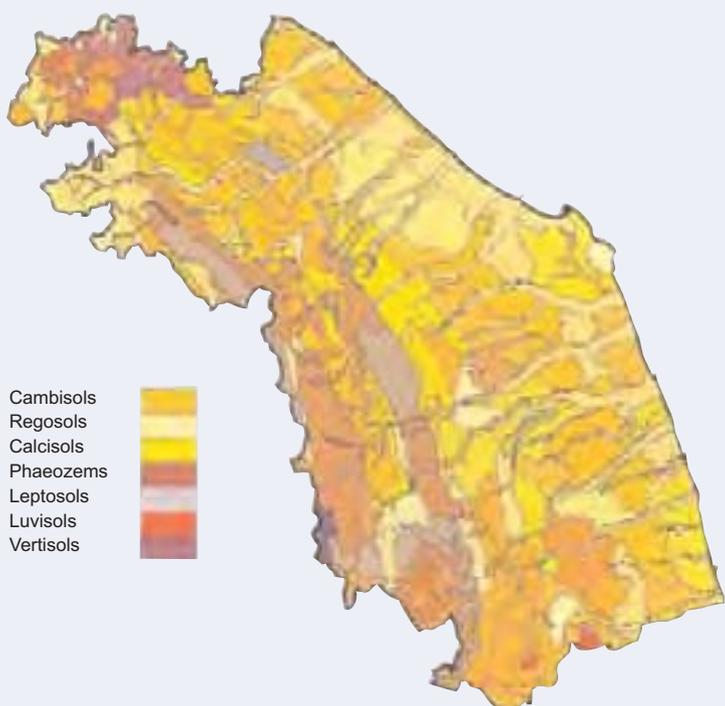
territorio della regione Marche è stato suddiviso in 5 province di terre così come indicato nella carta dei suoli in scala 1:250.000 realizzata in occasione del programma Agricoltura e qualità del MIPAF.

Benché l'analisi del rischio idrogeologico per la regione Marche non sia di stretta competenza del Servizio Suoli è stato valutato un modello (SINMAP) per la valutazione della coincidenza delle aree affette da rischio d'erosione e da rischio di movimenti di massa. La regione Marche è particolarmente sensibile a tale tipo di problematica e la valutazione mirava all'identificazione di misure di lotta all'erosione che non sortissero effetti negativi in termini di movimenti di massa. I risultati ottenuti con l'applicazione del modello SINMAP devono essere considerati come preliminari e con principale obiettivo la valutazione della coincidenza di aree affette da erosione dei suoli e nel contempo da movimenti di massa (Fig. 4.23).

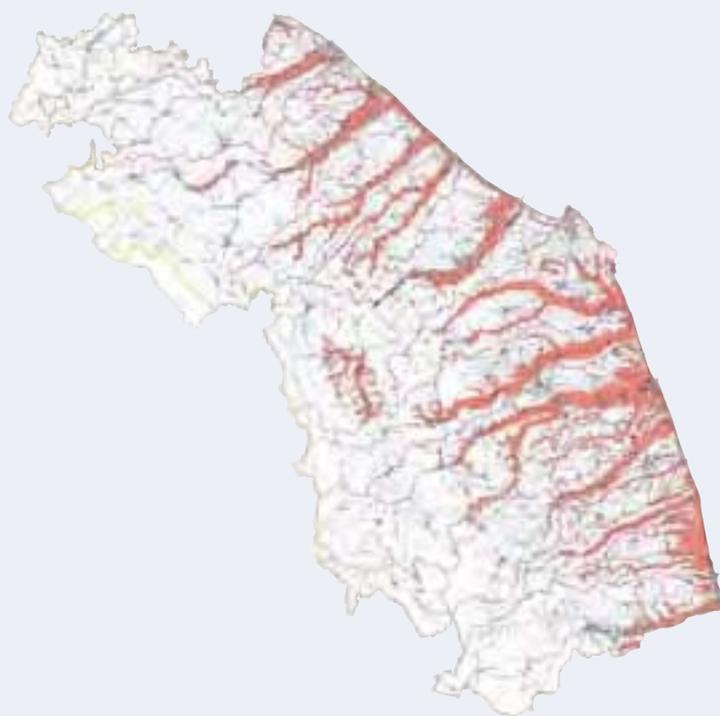
**PERDITA DI SOSTANZA ORGANICA** A partire dai dati raccolti in occasione della redazione della carta dei suoli in scala 1:250.000 (Fig. 4.24) dell'intero territorio regionale e a scala 1:50.000 per le aree maggiormente agricole sono state condotte delle prime valutazioni sul contenuto in sostanza organica dei suoli. La cartografia elaborata ha posto in evidenza un *trend* già conosciuto: nelle aree a prevalenza di attività agricole si rileva un tenore in sostan-

za organica basso, mentre nelle aree con copertura boscata il livello di contenuto in sostanza organica può essere considerato alto. La semplice identificazione del contenuto in sostanza organica dei suoli regionali è parsa essere eccessivamente limitante per le implicazioni che tale caratteristica del suolo riveste. Il Servizio suoli dell'ASSAM sta quindi implementando, in stretta collaborazione con il *Joint Research Centre* di Ispra della Commissione Europea, alcuni siti di studio miranti non solo alla definizione del livello attuale di sostanza organica dei suoli ma anche al rilevamento dei cambiamenti nel tempo di tale contenuto. Ciò pare strategico all'approssimarsi del periodo di riferimento fissato dal Protocollo di Kyoto, 2008-2012, in cui il suolo può e deve giocare un ruolo fondamentale come *sink* di carbonio.

**CONTAMINAZIONE** La contaminazione dei suoli è stata analizzata principalmente prendendo in esame ed analisi la contaminazione diffusa. A livello di contaminazione diffusa è parso fondamentale occuparsi in prima istanza della problematica nitrati per fornire risposte a quanto richiesto dalla Direttiva. Sulla base delle conoscenze pedologiche acquisite è stata redatta la Carta delle Aree Vulnerabili ai nitrati (Fig. 4.25). Tale elaborato ha consentito una zonazione delle aree in cui tale problematica è più incidente.



**Fig. 4.24** - Carta dei suoli della Regione Marche.



**Fig. 4.25** - Carta della vulnerabilità da nitrati di origine agricola, in rosso sono riportate le aree ad elevata vulnerabilità.



# ABRUZZO

**CONSUMO DI SUOLO** Secondo i dati del *CORINE Land Cover* del 2000 circa il 15% delle superfici pianeggianti lungo la fascia costiera risultavano urbanizzate (la percentuale scende a circa il 2,5% se si considera l'intero territorio regionale) (Fig. 4.26). Questo fenomeno si aggiunge all'asportazione di suolo, concentrata prevalentemente lungo i fondovalle, per estrarre ghiaie e alla successiva sistemazione delle superfici con materiali pedologicamente inerti incapaci di sostenere vegetazione, o comunque di assolvere in maniera efficace alle funzioni svolte dalla precedente copertura pedologica in relazione alla capacità produttiva e di protezione della acque.

L'urbanizzazione ha inoltre contribuito spesso alla polverizzazione fondiaria o comunque alla disaggregazione dei fondi, creando così quelle situazioni complesse dove non può più esercitarsi un'agricoltura razionale e redditizia.

**EROSIONE** Per quanto riguarda i movimenti franosi è possibile dividere la Regione Abruzzo in tre grosse aree in base alle litologie dei substrati affioranti, e all'interno di queste ultime è possibile fare delle osservazioni generali sul dissesto in atto:

- area dei rilievi montuosi calcarei (quasi il 50% della regione); è quella in cui prevalgono le forme di crollo e, più raramente, di ribaltamento. Nelle zone in cui prevalgono alternanze di calcari marnosi e marne (Montagna dei Fiori e Montagnone) possono essere presenti fenomeni franosi tipo scorrimenti (rotazionali, traslazionali) o di tipo misto; in queste aree si possono osservare anche morfologie di paleofrane.
- aree caratterizzate da litotipi terrigeni costituita dai Monti della Laga e dai rilievi "alto-collinari"; nei primi prevalgono gli scorrimenti mentre nel settore altocollinare il tipo di fenomeno più diffuso è il colamento.
- area collinare: costituisce la fascia parallela alla costa in cui domina la successione pliopleistocenica, costituita in massima parte da argille e superiormente da depositi sabbioso conglomeratici nelle quali si osservano in prevalenza fenomeni di colamento, generalmente di piccole dimensioni, e di soliflusso in corrispondenza degli strati più superficiali, soprattutto dove le coperture eluvio-colluviali sono più potenti.

In un'area particolarmente sensibile all'erosione come quest'ultima, il Centro SAPA dell'ARSSA ha

predisposto un'elaborazione finalizzata ad uno studio delle dinamiche erosive nell'area collinare costiera Abruzzese tramite metodo "*CORINE erosion Risk*" secondo una scansione multitemporale di 42 anni (1954-1996) allo scopo di valutare le variazioni del rischio di erosione. Questo studio ha interessato circa il 23% del territorio regionale, porzione del territorio, peraltro, dove è più intensa l'attività agricola. La produzione della carta dell'erosione reale riferita al periodo 1996, ha permesso di delineare le aree maggiormente vulnerabili (Fig. 4.28). Le classi di rischio maggiore sono, ovviamente, distribuite prevalentemente lungo la fascia collinare, dove insistono anche altre forme di degrado (calanchi, incisioni, aree denudate, ecc.). Successivamente la stessa elaborazione è stata effettuata con riferimento al 1954.

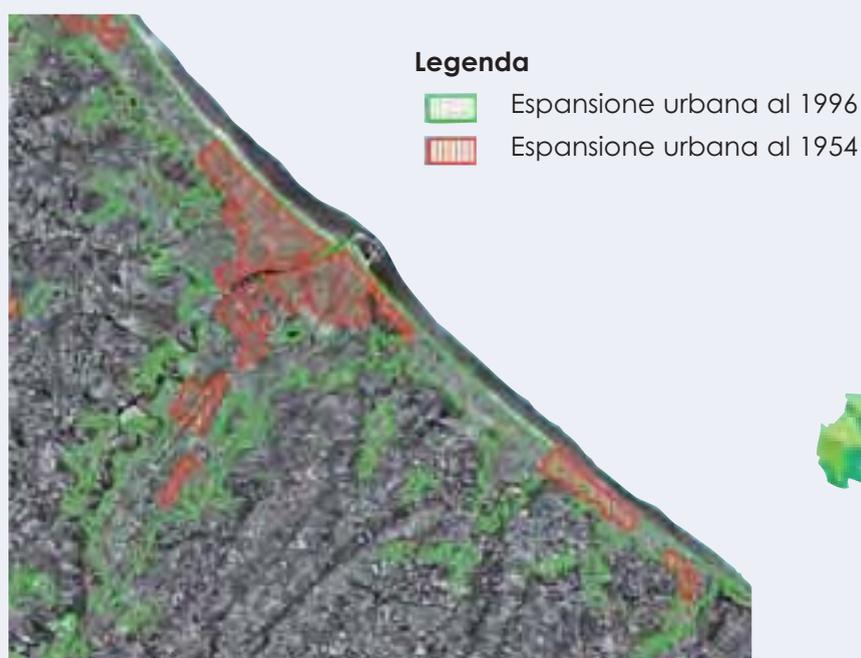
I risultati mostrano che nel periodo considerato si è avuto un incremento complessivo della classe erosione bassa (6.7%) ed un corrispondente decremento delle classi moderatamente alta ed alta (2 e 10.2%). Ciò deriva da dinamiche territoriali che hanno portato all'abbandono delle aree marginali rispetto ad una situazione di massima espansione dell'agricoltura (anni 50-60). Dai dati analitici si vede come i maggiori cambiamenti siano a carico degli ambienti collinari argilloso-sabbiosi e, subordinatamente, dei terrazzi sommitali.

**PERDITA DI SOSTANZA ORGANICA** E' in atto uno studio che prevede l'analisi di circa 5.000 campioni di suolo. Sulla base dell'esperienza acquisita sul territorio è comunque già possibile affermare che il contenuto in sostanza organica è su valori decisamente inferiori alla buona dotazione di un suolo agricolo.

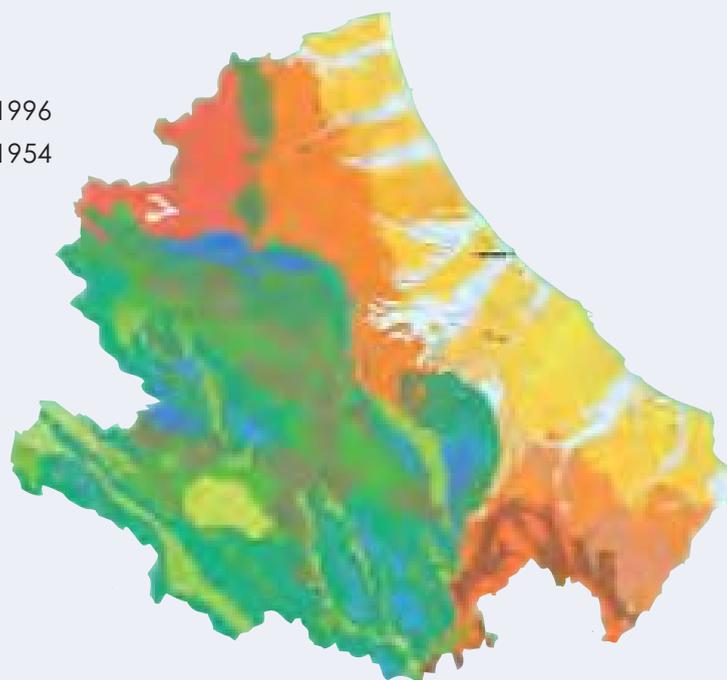
**SALINIZZAZIONE** Le informazioni disponibili sono quelle relative all'indice di impatto costruito nell'ambito del progetto "*Atlante Nazionale delle aree a rischio di desertificazione*". L'indice definisce le aree con falde idriche potenzialmente saline (vicine al mare o su litotipi salini), dove un eccessivo emungimento può portare alla progressiva salinizzazione dei suoli.

La salinizzazione dovuta alla risalita capillare ed all'utilizzo di acque ricche in sali costituisce un importante fattore di degradazione dei suoli, in buona parte causato da una non corretta gestione delle risorse idriche. Allo stato attuale il centro SAPA dell'ARSSA, non dispone di informazioni su suoli e acque con evidenze dirette di salinizzazione avvenuta o in corso.

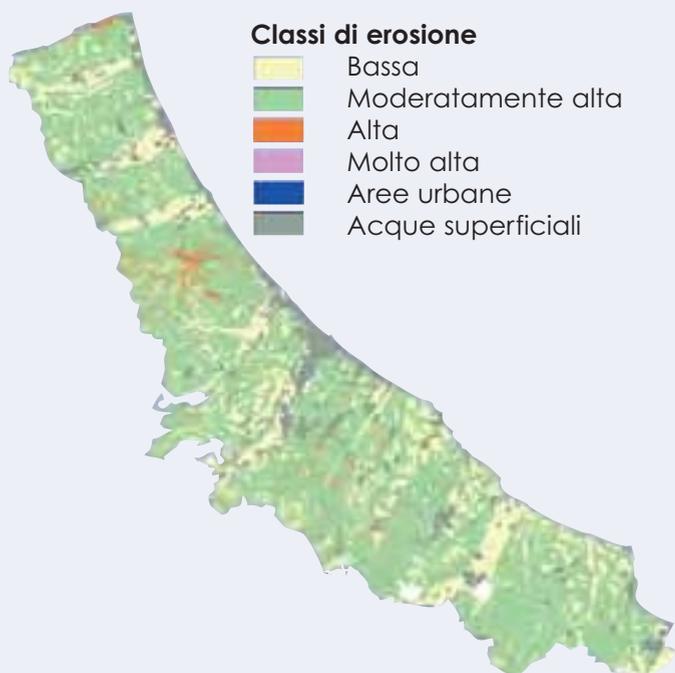
Lo studio ha riguardato circa il 50% del territorio e, di questo, meno dell'1% è risultato a rischio (Fig. 4.29).



**Fig. 4.26** - Carta dell'espansione urbana (periodo 1954 - 1996): particolare dell'area di Pescara. Ortomosaico da dati AIMA (concessione INEA - ISSDS per attività di ricerca).



**Fig. 4.27** - Carta dei sistemi di terre.



**Fig. 4.28** - Carta dell'erosione reale del suolo (riferita al 1996) nell'area periadriatica abruzzese.



**Fig. 4.29** - Carta degli acquiferi potenzialmente salini.



## MOLISE

**CONSUMO DI SUOLO** Sebbene il consumo di suolo dovuto all'urbanizzazione o legato ad attività industriali ed artigianali non raggiunga livelli così elevati come quelli di altre regioni italiane, è da rilevare che tale complessa problematica è presente anche in Molise. Se da un lato "solo" il 2% del territorio regionale risulta urbanizzato, dall'altro di questo 2% gran parte (circa il 70%) è compreso in aree di pianura. Se poi si considerano le aree urbanizzate ricadenti nell'ambito del territorio servito da irrigazione, tale percentuale risulta essere quasi raddoppiata (4%). E' evidente, quindi, che la cementificazione anche in Molise riguarda principalmente suoli con buone caratteristiche agronomiche ossia quelli che, in base alla *Land Capability*, appartengono alla II° classe.

**EROSIONE** Nella regione i fenomeni di dissesto idrogeologico e di erosione idrica dei suoli sono molto sviluppati. Ciò è principalmente dovuto alle sue caratteristiche geologiche, morfologiche, pedologiche e climatiche (morfologia molto articolata con prevalenza di litotipi ad elevata erodibilità, suoli a tessitura prevalentemente argillosa e forte erosività delle piogge). Il degrado ambientale risulta amplificato dall'uso molto spinto delle macchine agricole e dalla destinazione agricola a seminativo (grano duro) anche in aree non idonee.

Le forme di erosione si esplicano soprattutto attraverso fenomenologie superficiali molto diffuse arealmente (*rill erosion, sheet erosion e gully erosion*) e attraverso fenomenologie di frana rappresentate per lo più da colamenti in terra o in fango (*earth flow e mud flow*) e da scorrimenti rotazionali evolvendo a colamenti. Per quanto inerente i fenomeni erosivi, l'ARSIAM ha realizzato una serie di studi finalizzati alla zonizzazione del territorio per la suscettibilità all'erosione (Fig. 4.30). In base a tale studio è risultato che più del 45% del territorio regionale presenta una suscettibilità all'erosione da elevata a molto elevata (circa 200.000 ettari). Per quanto riguarda le frane in uno studio svolto nel 2000 dalla Regione Molise sono state censite più di 9.000 frane con una superficie complessiva di oltre 70.000 ettari che corrisponde a circa il 15% del territorio regionale. E' inoltre da rilevare che negli ultimi anni, anche a causa di un andamento climatico sfavorevole, sia il numero delle frane che la loro superficie è notevolmente aumentata.

**PERDITA DI SOSTANZA ORGANICA** Dai dati disponibili risulta che, in circa l'11% del territorio, il contenuto in sostanza organica è scarso (Fig. 4.31). Il fenomeno è particolarmente sentito nel Molise nord-orientale a causa di un'agricoltura di tipo intensivo e delle caratteristiche climatiche di tipo mediterraneo. In tali aree si è passati da una agricoltura tradizionale con aziende ad indirizzo misto (zootecnico, cerealicolo e ortofrutticolo) ad una agricoltura di tipo specializzato che generalmente esclude

la zootecnia che rappresenta la fonte primaria per l'apporto di sostanza organica sotto forma di letame e liquami ai terreni agrari. Di conseguenza l'unica fonte di elementi nutritivi è rappresentata attualmente dai concimi minerali. In alcune aree, inoltre, la presenza dell'irrigazione ha ulteriormente spinto l'agricoltura verso tecniche agronomiche meno sostenibili.

**CONTAMINAZIONE** La principale fonte di contaminazione diffusa dei suoli agricoli in Regione è rappresentata dai metalli pesanti. Tale contaminazione è localizzata prevalentemente in vicinanza di alcune aree industriali in provincia di Campobasso e di Isernia. Le forme di contaminazione puntuale sono collegate allo svolgimento di attività industriali od a siti contaminati dallo smaltimento dei rifiuti.

Le contaminazioni da metalli pesanti da fonti diffuse derivano in prevalenza da trattamenti antiparassitari che rappresentano un'importante fonte di contaminazione da rame nel suolo. In particolare, alcuni suoli dei vigneti nel basso Molise sono caratterizzati da un contenuto in rame nettamente in aumento rispetto ai suoli destinati ad altro uso ed infatti, nei primi 20 cm di suolo dei vigneti, è stato riscontrato un contenuto medio di rame compreso tra 45-90 mg/kg, circa 2-3 volte superiore alla concentrazione di Cu presente nei suoli non coltivati; altri metalli pesanti presenti nei suoli agricoli con quantità leggermente superiori al valore litogenetico sono il Pb, Cd e Zn.

Oltre ai metalli pesanti è stata segnalata la presenza di forme di inquinamento puntuali di altre sostanze tossiche di origine organica (diossine e PCB) ed inorganica (amianto) con maggiore frequenza localizzate in suoli in prossimità di discariche abusive e/o incontrollate.

**COMPATTAZIONE** In mancanza di rilievi diretti è stata valutata la suscettibilità alla compattazione considerando i dati relativi al numero ed alla potenza delle macchine agricole utilizzate nei territori agricoli e ponderando i valori di alcune caratteristiche dei suoli (come ad esempio la tessitura). In base a tale elaborazione è risultato che circa il 10% del territorio molisano ha un'elevata suscettibilità e che i suoli maggiormente sensibili sono ubicati principalmente nel basso Molise e, in parte, nel Molise centrale.

**DESERTIFICAZIONE** Non esistono studi specifici sulla valutazione del rischio di desertificazione ma, in base ad alcune caratteristiche climatiche, come ad esempio l'indice di aridità, pedologiche e in base al tipo di agricoltura e alle pratiche agronomiche utilizzate, si può stimare che circa 65.000 ettari del territorio regionale (14%) è a rischio di desertificazione medio mentre altri 200.000 ettari circa (45% del territorio regionale) hanno rischio di desertificazione medio-basso.

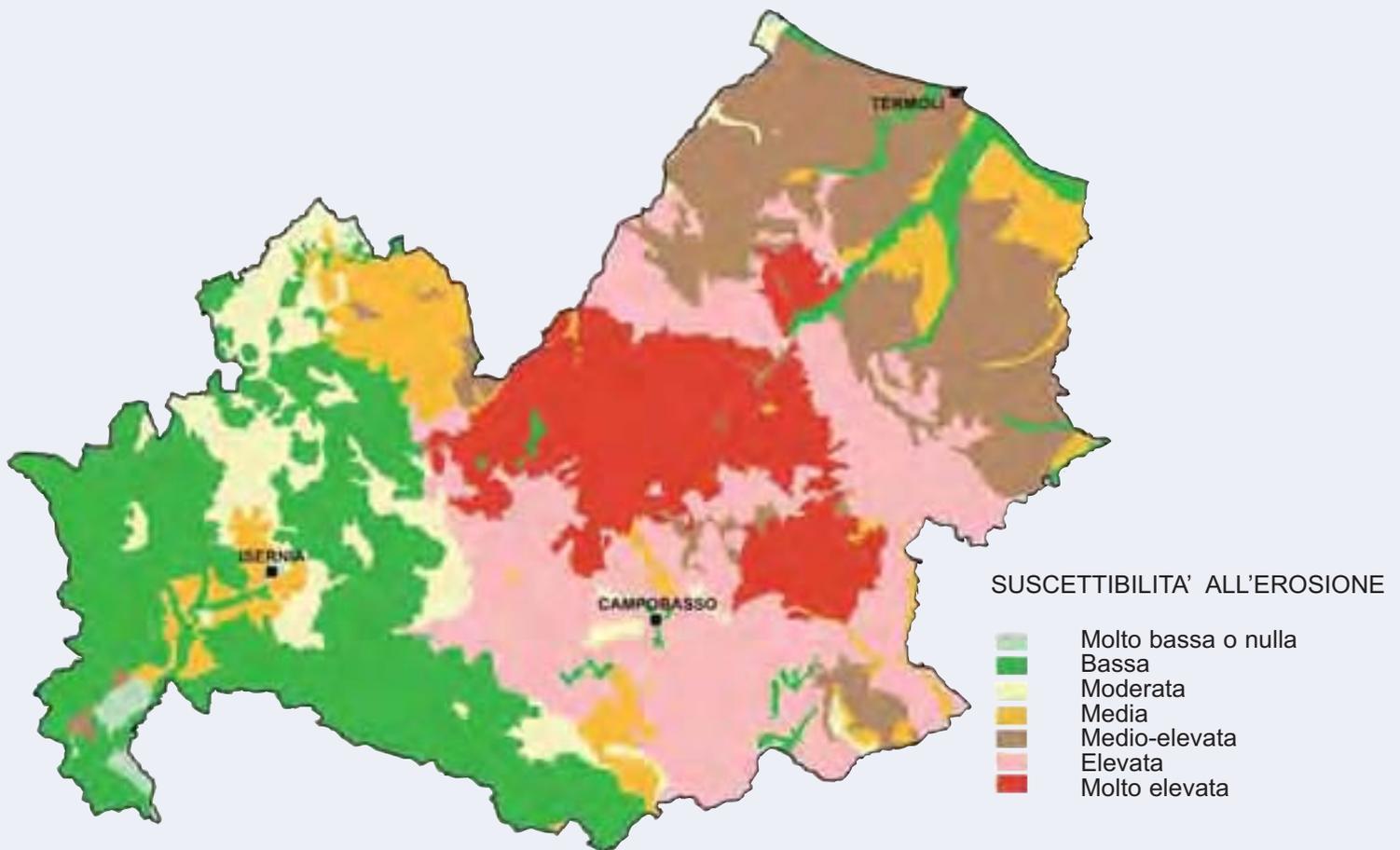


Fig. 4.30 - Carta della suscettibilità all'erosione dell'area molisana.

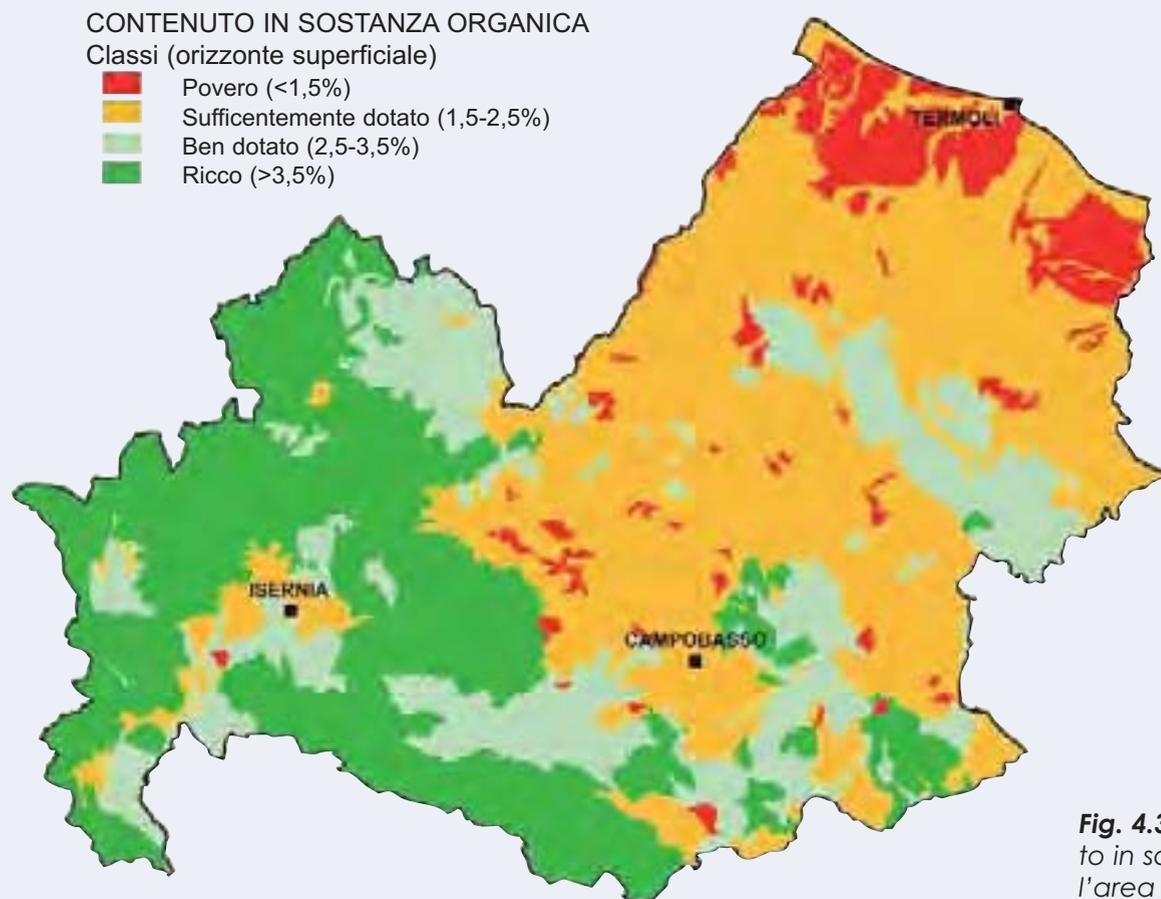


Fig. 4.31 - Carta del contenuto in sostanza organica dell'area molisana.



## CAMPANIA

**CONSUMO DI SUOLO** In Campania più del 50% della popolazione si concentra nel territorio della provincia di Napoli (che ha una superficie di poco inferiore al 10% di quella regionale) e poco meno dei 2/3 si concentra nelle province costiere. Per contro, nelle aree interne, Beneventano ed Avellinese, la densità demografica è inferiore non solo alla media nazionale ma anche alla media stimata per il Mezzogiorno.

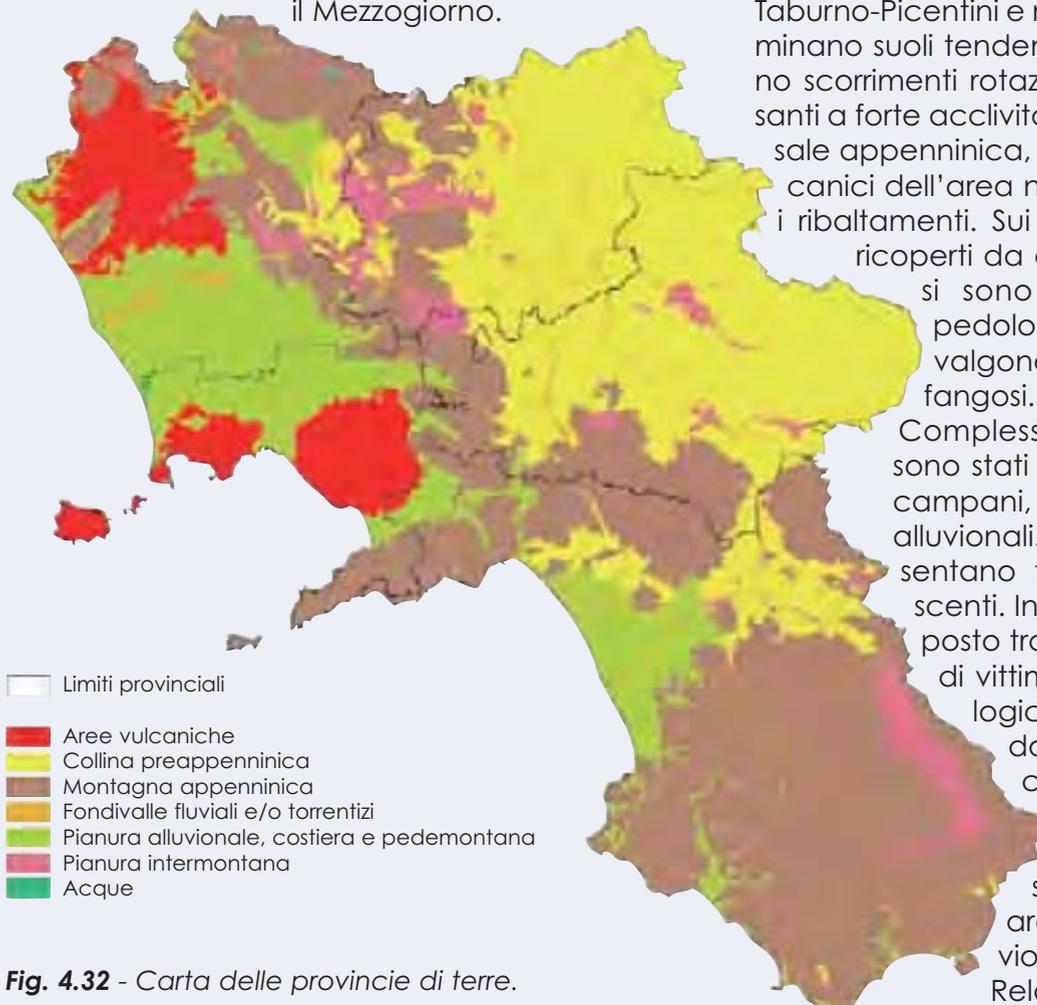


Fig. 4.32 - Carta delle province di terre.

La recente acquisizione della Carta di Utilizzazione Agricola del Suolo della Campania (CUAS) in scala 1:50.000 (Regione Campania, 2004) ha permesso di valutare che su circa 93.000 ettari del territorio campano insiste una superficie urbanizzata o modellata artificialmente (Fig. 4.33). L'impermeabilizzazione dei suoli si concentra nella provincia di Napoli, nell'*hinterland* e nelle fasce costiere del casertano e, in misura minore, del salernitano. I dati dimostrano che in soli sette anni (1993 - 2001) le superfici impermeabilizzate sono passate dal 5,37% al 6,84% del territorio regionale.

Sempre dal confronto tra i dati su indicati, è da segnalare che in Campania, a fronte di un incremento delle superfici boscate e degli ambienti seminaturali (attualmente stimati in circa 514.000 ettari), il settore che ha maggiormente sofferto di consumo di suolo è stato quello agricolo a cui sono stati sottratti circa 130.000 ettari, passando dal 64% al 55% dell'incidenza della superficie territoriale. Le dinamiche con carattere statistico confermano che la provincia di Napoli è quella in cui maggiormente si concentra il fenomeno: dei 117.110 ettari provinciali solo

43.760 sono stati censiti come destinati ad usi agricoli (ISTAT, 2000). Un simile fenomeno si riscontra in parte anche nell'area avellinese.

**EROSIONE** La Campania presenta una elevata variabilità litologica e geologico-strutturale (Fig. 4.32) che rende il territorio suscettibile a diversi tipi di frane. Nelle aree ad est dell'allineamento Matese-Taburno-Picentini e nell'area cilentana, dove predominano suoli tendenzialmente argillosi, si manifestano scorrimenti rotazionali e colamenti. Lungo i versanti a forte acclività dei rilievi carbonatici della dorsale appenninica, ma anche dei rilievi collinari vulcanici dell'area napoletana, prevalgono i crolli e i ribaltamenti. Sui versanti ad elevata pendenza ricoperti da depositi piroclastici sciolti, su cui si sono insediate potenti formazioni pedologiche a carattere andico, prevalgono invece i colamenti detrico-fangosi.

Complessivamente nell'ultimo secolo sono stati registrati, in 193 dei 551 comuni campani, oltre 1.100 fenomeni franosi ed alluvionali. Attualmente oltre 250 aree presentano fenomeni franosi attivi o quieti. Inoltre la Campania è al secondo posto tra le regioni italiane per il numero di vittime dovute a fenomeni idrogeologici: di queste la quasi totalità è dovuta alle colate rapide di piroclastiti sciolte poste a copertura dei massicci carbonatici dell'Appennino Campano e delle sequenze lapidee presenti nelle aree vulcaniche del Somma Vesuvio e dei Campi Flegrei.

Relativamente all'erosione idrica in Campania sono presenti intensi fenomeni di erosione laminare e per canali, che interessano soprattutto i suoli con caratteri andici presenti sui rilievi carbonatici a prevalente tessitura franco-sabbiosa, che ne aumenta l'erodibilità. Tali manifestazioni erosive sono inoltre favorite da una non corretta gestione del bosco (spesso ceduo di castagno). La forma più severa, l'erosione per fossi, ha una scarsa incidenza.

**PERDITA DI SOSTANZA ORGANICA** Complessivamente i livelli di sostanza organica nei suoli della Campania, possono valutarsi mediamente elevati rispetto ad altri ambienti dell'Italia meridionale. Questo è determinato da più favorevoli condizioni climatiche (la Campania è una delle più piovose tra le regioni meridionali) e dall'ampia diffusione (in particolare nel settore centro-settentrionale del territorio regionale) di substrati e materiali vulcanoclastici, potenzialmente in grado di formare complessi organominerali più stabili.

Anche i sistemi colturali estensivi delle aree interne, ad indirizzo cerealicolo zootecnico, in ambiti collina-

## LE PROBLEMATICHE DEI SUOLI NELLE REGIONI ITALIANE

ri o di montagna, presentano frequentemente valori superiori alla normalità. Nelle aree collinari centrali utilizzate a coltivazioni permanenti i suoli presentano quasi sempre contenuti di sostanza organica al di sopra della buona dotazione (valori medi del 3-4% di sostanza organica). È nei sistemi colturali intensivi e semi-intensivi, prevalenti nelle aree di pianura, che si riscontrano invece valori inferiori alla normalità (~8 g/kg di carbonio organico, ossia minori dell'1% in sostanza organica). La perdita di sostanza organica è particolarmente evidente in molti areali del Piano campano (provincia di Napoli e Caserta), che dall'agro-nocerino sarnese si spingono fino all'agro aversano. Infatti, anche in presenza di suoli formati da materiali vulcanoclastici dell'attività dei distretti vulcanici del Monte Somma-Vesuvio e dei Campi Flegrei, l'elevata meccanizzazione ed intensificazione agricola determinano elevati tassi di mineralizzazione della sostanza organica.

**CONTAMINAZIONE** Tra le forme di contaminazione diffusa negli ultimi due anni è emersa, nell'area della pianura alluvionale del basso Volturno (provincia di Caserta) e nel piano acerrano-nolano (provincia di Napoli), la contaminazione da sostanze tossiche di origine industriale, in particolare PCB e diossina. Inizialmente rilevata su matrici organiche, tale

emergenza ambientale e sanitaria ha determinato l'esigenza di un controllo di questi inquinanti sui suoli, da cui però è risultata una relativa minore incidenza di contaminazione. Il costante avanzamento delle fasce urbane e industriali, soprattutto nelle aree sud-dette, fa ritenere che la contaminazione di sostanze tossiche organiche sia uno dei rischi cui sempre più i suoli saranno soggetti anche perché direttamente collegato alle contaminazioni di tipo puntuale dovute alla presenza di aree industriali dismesse o di discariche non autorizzate.

La correlazione territoriale è evidente: proprio nelle aree a nord di Napoli e nel basso casertano sono presenti oltre il 50% delle discariche abusive regionali. Intensa è anche l'attività estrattiva: in Campania sono censiti 973 siti. Le sottrazioni di suolo e la loro contaminazione (in quanto l'attività può essere legata a quello di sversamenti non autorizzati) assume quindi in Campania il carattere di costante emergenza.

**ALTRE MINACCE** Sul territorio, pressoché ovunque, si riscontrano suoli con caratteristiche e proprietà, più o meno evidenti, ereditate da materiali vulcanici e che quindi manifestano un'elevata fertilità naturale.

L'eccezionale fertilità naturale dei suoli e la buona disponibilità idrica ha favorito lo sviluppo di una agricoltura particolarmente intensiva, determinando in questi ultimi anni un declino sensibile della loro fertilità intrinseca. Nelle pianure costiere campane l'agricoltura è a ciclo continuo: gli ordinamenti prevedono colture industriali, ortive, frutticole ad alto valore a cui si associa la floricoltura protetta. Ne consegue un notevole impiego di mezzi tecnici (concimi minerali, fitofarmaci ed acque irrigue). L'effetto non è soltanto una marcata riduzione dei contenuti di sostanza organica negli orizzonti coltivati, ma anche il degrado fisico, che si manifesta con il compattamento o l'incrostamento superficiale. A ciò si associa un'elevata perdita d'attività biologica.

Negli ultimi anni, si è anche registrato un aumento delle aree che manifestano problemi di salinizzazione, non solo lungo la fascia retrodunare costiera dove i suoli, a diretto contatto con la falda, manifestano una conducibilità anche di 10 dS/cm, ma anche nelle aree più interne dove l'elevato numero di pozzi opera un intenso emungimento idrico determinando l'ingressione di acqua marina.

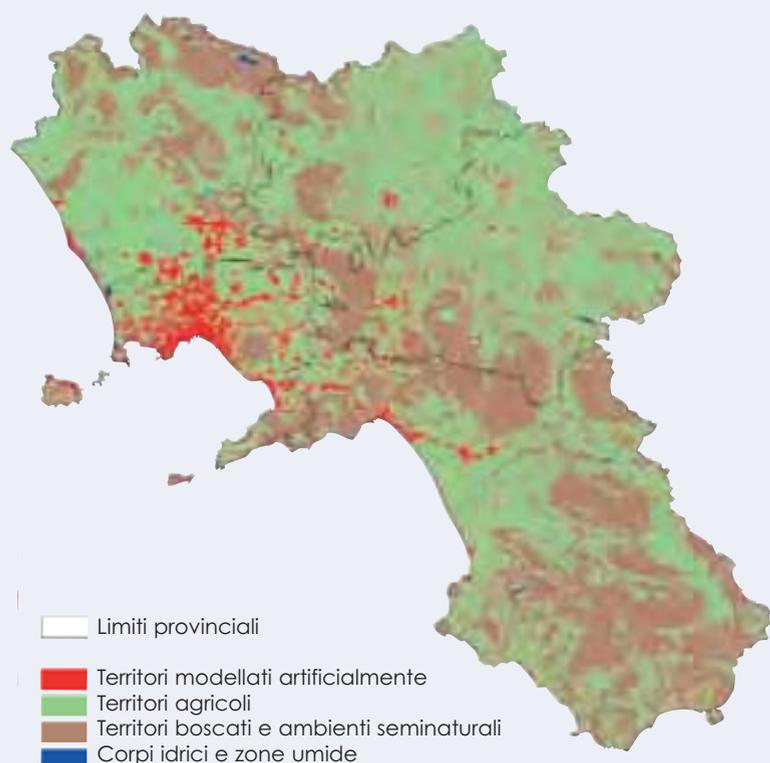


Fig. 4.33 - Carta della utilizzazione agricola del suolo.

Regione Campania - Assessorato Agricoltura e Attività Produttive  
Settore Sperimentazione, Informazione, Ricerca e Consulenza in Agricoltura  
Servizi per l'Informazione, la Ricerca e la Consulenza dei Suoli Agricoli  
Centro Direzionale Isola A6 - 80143 NAPOLI  
Responsabile e Referente regionale per la pedologia: Amedeo D'Antonio  
e-mail: a.dantonio@maildip.regione.campania.it - web: www.sito.regione.campania.it/agricoltura



# PUGLIA

**EROSIONE** Il territorio della Regione Puglia è caratterizzato da una notevole diversità pedologica (Fig. 4.34) e 8 principali paesaggi individuati in relazione alla morfologia, geologia ed altimetria (Fig. 4.36). Le aree interessate da una erosione quasi continua e abbastanza severa sono quelle corrispondenti ai paesaggi della Fossa Bradanica e del Subappennino Dauno caratterizzati da forte pendenze e coltivati quasi esclusivamente a grano. Particolarmente delicata è la situazione dei paesaggi delle Murge e del Salento; questi paesaggi, caratterizzati da un substrato calcareo ricoperto da suoli formati prevalentemente da terre rosse facilmente erodibili, sono stati oggetto, nei tempi passati, sia di forti disboscamenti che di intensi pascolamenti e coltivazioni che hanno reso molte aree completamente prive di suolo, soprattutto nelle zone con pendenze accentuate. I piccoli paesi del Tavoliere e dell'Arco Jonico Tarantino non sono interessati da fenomeni erosivi preoccupanti in quanto aree pianeggianti.

**PERDITA DI SOSTANZA ORGANICA** Le condizioni climatiche della Regione Puglia sono tali che il livello della sostanza organica nei suoli tende naturalmente ad assestarsi su valori relativamente bassi, rispetto agli standard presi a riferimento in sede

europea, senza però significative conseguenze sulla loro funzionalità. Nei suoli agricoli tenori in sostanza organica compresi tra 1-2% sono molto frequenti e rappresentano una situazione accettabile ai fini della loro fertilità, mentre valori inferiori ad 1% sono da ritenere problematici per il mantenimento di un adeguato livello di fertilità; valori superiori al 2% si possono invece considerare un indice di una buona dotazione.

Il contenuto di S.O. nei suoli viene influenzato dalle tecniche di lavorazione, oltre che dall'andamento climatico, che nella Regione Puglia essendo abbastanza arido e soleggiato per lunghi periodi durante le stagioni calde facilita fenomeni di rapida mineralizzazione che portano ad abbassamenti del contenuto in S.O. I suoli maggiormente esposti al fenomeno sono quelli coltivati a monocultura di grano nelle aree più acclivi (Subappennino Dauno e Fossa Bradanica).

**SALINIZZAZIONE** I principali fattori che contribuiscono a tale fenomeno sono dovuti:

- alla particolare lunghezza delle coste;
- alla geologia e morfologia del territorio;
- al forte utilizzo delle acque di falda a scopi agricoli, industriali e civili;
- ai lunghi periodi di siccità.

La particolare morfologia, caratterizzata da pianure costiere molto strette (aree garganiche), da rilievi moderati, da pianure costiere ampie e da una serie di altopiani (Murgie baresi e salentine), unita ad un'intensa attività agricola determina l'avanzamento del cuneo salino verso le aree interne anche di alcuni km; in questa situazione molti pozzi, soprattutto in prossimità della costa, sono diventati salmastri con valori di conducibilità dell'acqua che va da 4 a 10 mS /cm.

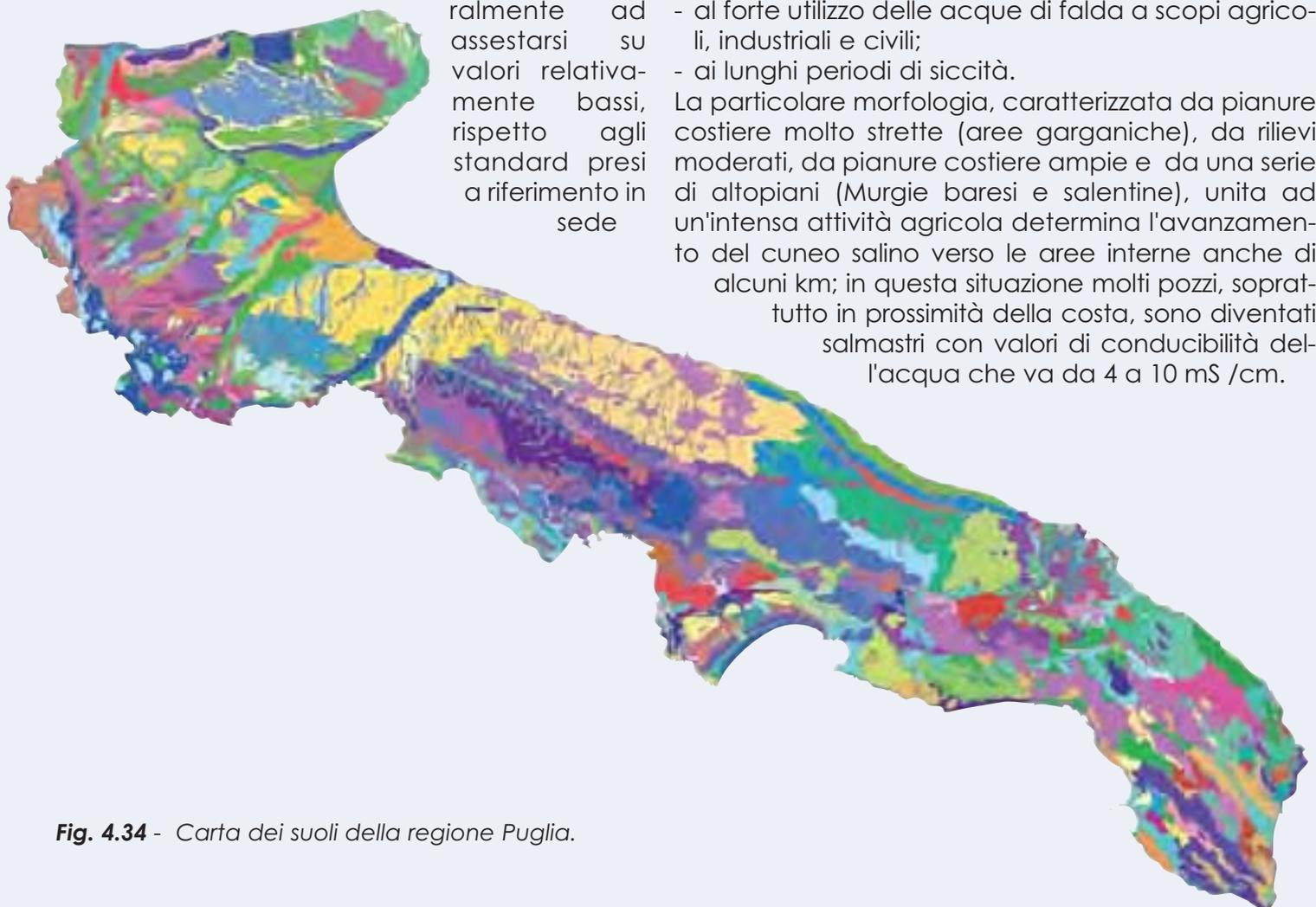


Fig. 4.34 - Carta dei suoli della regione Puglia.

## LE PROBLEMATICHE DEI SUOLI NELLE REGIONI ITALIANE

**CONTAMINAZIONE** In seguito all'applicazione della D.Lgs. n° 99/92 sullo smaltimento dei fanghi derivanti dai depuratori urbani, si sono verificati seri problemi di inquinamento dei suoli a causa di metalli pesanti, di cui sono particolarmente ricchi i fanghi dei depuratori urbani. La situazione si aggrava se nell'impianto di depurazione affluiscono anche liquami extraurbani.

Lo spargimento dei fanghi sui suoli non fa altro che aumentare eccessivamente le concentrazioni di tali metalli fino al punto da creare problemi alle pian-

te, oltre che determinare pericolo di inquinamento delle falde. In molti casi il mancato rispetto dei limiti quantitativi previsti dalla legge ha contribuito ad aggravare ulteriormente la situazione. Le superfici interessate dal problema non sono mai state quantificate, ma si presume che queste possono superare i 2.000 ha sul territorio regionale.

La Regione Puglia con l'adozione della Del.G.R. del 21 febbraio 2006, (Attuazione del Decreto Mi.P.A.F. 15 dicembre 2005, n. 4432 di applicazione del REG. (CE) 1782/03 in materia di condizionalità.) nell'allegato 3 ha indicato i nuovi criteri ed obblighi per chi utilizza i fanghi in agricoltura, soprattutto in suoli marginali e poco profondi in modo da rendere proporzionale la quantità di fango da utilizzare alle effettive capacità ricettive e di protezione del suolo.

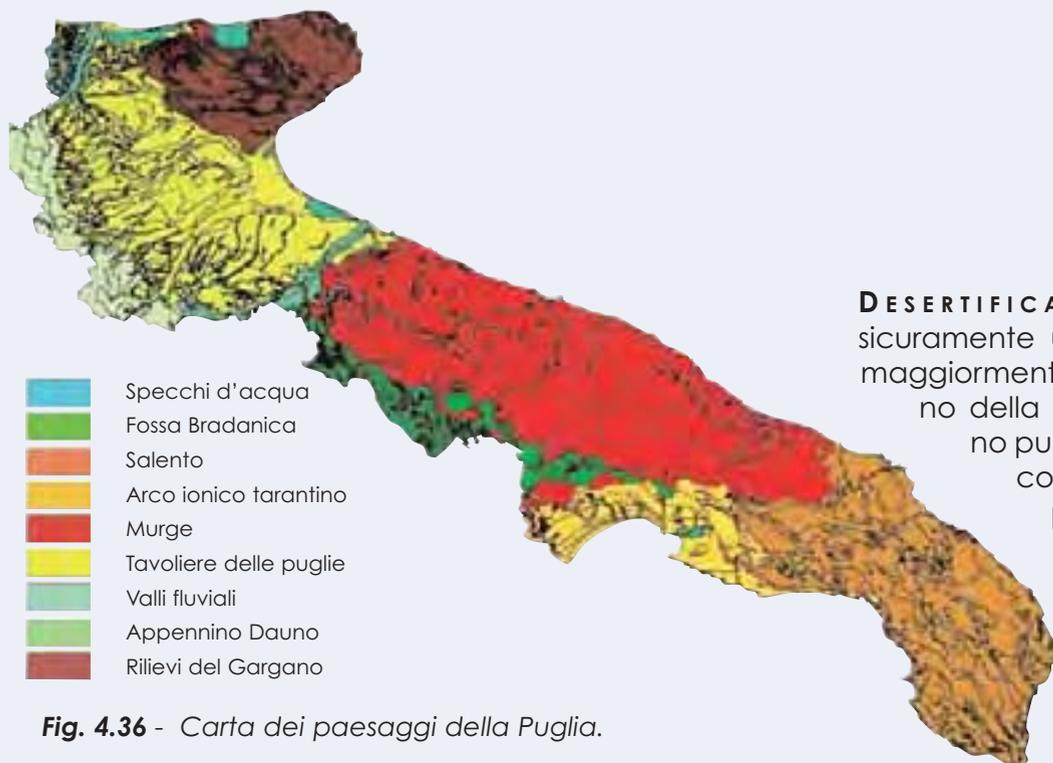
In ottemperanza a quanto previsto dal Dlgs 152/99 la Regione ha individuato come vulnerabili le aree rappresentate in Fig. 4.35, per le quali è stato predisposto un apposito programma d'azione.

Le contaminazioni di tipo puntuale riguardano prevalentemente aree industriali dismesse, discariche non autorizzate, utilizzazione dei fanghi in agricoltura in modo non corretto ecc.

A fine 2003 risultavano censiti, sul territorio regionale, 650 siti contaminati.



**Fig. 4.35** - Carta delle aree vulnerabili da nitrati di origine agricola.



**Fig. 4.36** - Carta dei paesaggi della Puglia.

**DESERTIFICAZIONE** La Regione Puglia è sicuramente una delle regioni mediterranee maggiormente esposta al così detto fenomeno della "desertificazione"; tale fenomeno può essere sintetizzato e facilmente compreso, nella perdita o la compromissione delle funzioni della risorsa suolo in modo irreversibile, a causa di fenomeni naturali e/o antropici tra i quali la "salinizzazione - sodicizzazione" e i lunghi periodi siccitosi.



# BASILICATA

**EROSIONE** Le particolari condizioni morfologiche, litologiche e climatiche pongono la Regione Basilicata come una delle regioni d'Italia più esposta a fenomeni di dissesto idrogeologico. Si stima che circa il 21% del territorio regionale è interessato da fenomeni franosi e circa il 10% da fenomeni erosivi che portano ogni anno ad una perdita cospicua e costante di suolo. L'erosione in Basilicata rappresenta sicuramente la principale minaccia per il suolo sia per la violenza dei cicli erosivi, sia per l'estensione della superficie interessata. Ad aggravare tale fenomeno ha concorso la crisi dell'agricoltura tradizionale, determinata dall'uso intensivo ed improprio di alcune superfici e dall'abbandono di altre, a seguito di influenze di politiche nazionali e comunitarie che hanno condizionato le scelte verso ordinamen-

ti intensivi e la monocoltura. Pur interessando gran parte del territorio regionale, i fenomeni erosivi sono maggiormente diffusi nell'ambiente dei rilievi collinari plio-pleistocenici. In tali aree le condizioni morfologiche e la particolare erodibilità dei suoli, favoriscono l'instaurarsi di intensi processi di tipo incanalato (solchi e rigagnoli), determinando così un processo di erosione accelerata che porta alla perdita degli orizzonti superficiali e di conseguenza gravi rischi ambientali.

**PERDITA DI SOSTANZA ORGANICA** Il contenuto in sostanza organica nei suoli regionali varia sensibilmente nei diversi ambienti. In linea generale sui rilievi collinari e montani, dove sono maggiormente diffusi gli ambienti naturali con un uso del suolo principalmente ad indirizzo boschivo,

si raggiungono valori di sostanza organica buoni, talvolta elevati (2 - 4%). Diversa è la situazione sui rilievi collinari e di pianura. In tali aree una gestione agricola di tipo intensivo associata ad un regime climatico che non favorisce l'accumulo nel suolo di sostanza organica, a causa di spinti processi di mineralizzazione, determinano dotazioni in sostanza organica basse o molto basse (0,5 - 1,5%).

**SALINIZZAZIONE** L'individuazione dettagliata di ambienti con problemi di salinità in Basilicata risulta allo stato attuale un compito arduo e complesso, a causa di carenza di informazioni in merito.

Nonostante ciò sono riconoscibili due ambienti principali, differenti tra loro per la natura del substrato pedogenetico sul quale i suoli si sono formati ed evoluti, dove l'effetto salinità può rappresentare un fattore limitante per parte delle colture agrarie (vedi anche Fig. 4.37).

Un primo grande ambiente è rappresentato dalla Piana costiera Ionica. In alcuni punti della piana da tempo gli agricoltori utilizzano termini quali *perdi pane e terra bruciata*, volendo intendere che queste zone presentano forti limitazioni d'uso alla maggior parte delle colture agrarie. Nelle aree lungo la costa Ionica si verificano infiltrazioni di acque salate che attraversano le permeabili dune costiere e penetrano nel-

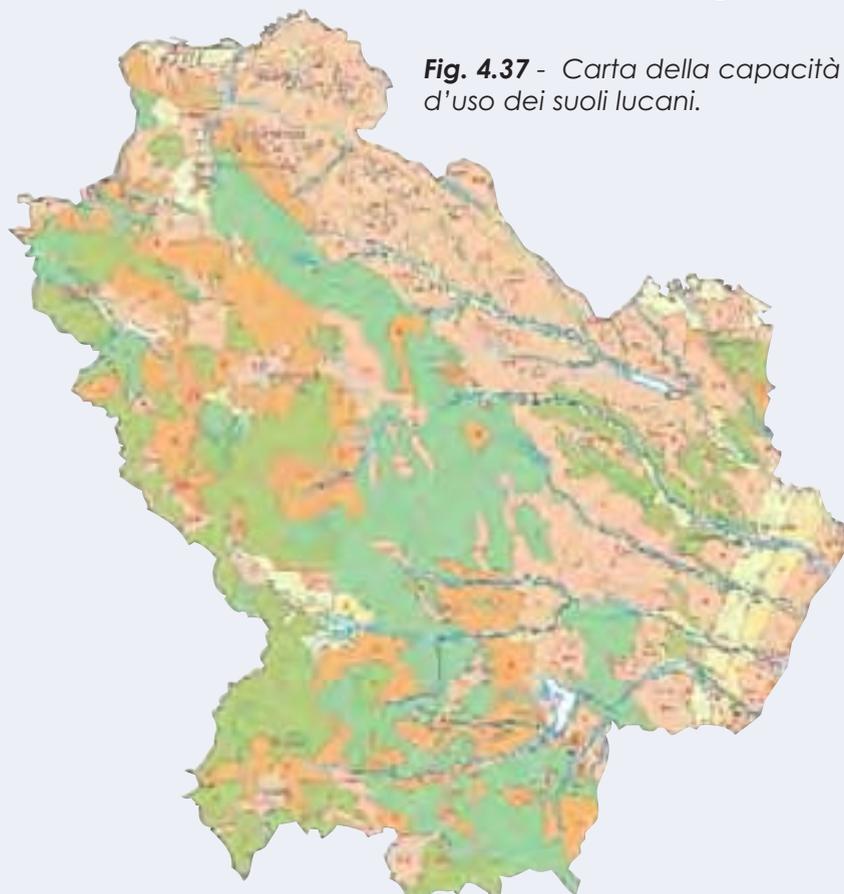


Fig. 4.37 - Carta della capacità d'uso dei suoli lucani.

Classe	Descrizione
<b>Suoli adatti a usi agricoli, forestali, zootecnici e naturalistici</b>	
I	Suoli privi o quasi di limitazioni, permettono esteso (usati per una vasta gamma di attività agricole, forestali e zootecniche).
II	Suoli con moderate limitazioni che influiscono sul loro uso agricolo, richiedendo pratiche colturali per migliorare le proprietà.
III	Suoli con severe limitazioni che riducono la scelta o la produttività delle colture o richiedono pratiche di conservazione del suolo.
IV	Suoli con limitazioni molto severe che ne restringono la scelta degli usi e consentono un uso agricolo solo attraverso una gestione molto accurata, adottando considerevoli pratiche di conservazione.
<b>Suoli non adatti per l'agricoltura a causa di limitazioni così forti che un uso agricolo è incompatibile con le esigenze di conservazione della risorsa, in particolare per il rischio d'erosione. Gli usi consentiti sono forestali, zootecnici e naturalistici</b>	
V	Suoli con limitazioni molto severe che ne restringono la scelta degli usi e consentono un uso agricolo solo attraverso una gestione molto accurata, adottando considerevoli pratiche di conservazione.
VI	Suoli ideali all'uso forestale e al pascolo per scopi produttivi. Nei pascoli possono essere adottate tecniche di miglioramento.
VII	Suoli con limitazioni molto forti per i quali l'utilizzazione a scopi produttivi, forestale o per il pascolo, deve prevedere una gestione molto attenta agli aspetti di conservazione del suolo. Non è possibile o conveniente effettuare interventi di miglioramento del pascolo.
<b>Suoli adatti a usi esclusivamente a usi naturalistici</b>	
VIII	Suoli con limitazioni tali da escludere il loro uso per qualsiasi scopo produttivo.

## LE PROBLEMATICHE DEI SUOLI NELLE REGIONI ITALIANE

l'entroterra a distanza anche di qualche chilometro dal mare. Un'area particolarmente pericolosa per gli elevati valori di salinità è localizzata lungo il fondovalle del fiume Cavone, dove si registrano valori di  $EC=3$  mS/cm (rapporto 1:2 in acqua) a 40 cm di profondità del suolo.

Un altro ambiente molto esteso che presenta in alcuni punti problemi di sodicità è rappresentato dal vasto areale delle argille plio-pleistoceniche, nella parte orientale della Regione. Il substrato pedogenetico di questo ambiente presenta un elevato quantitativo di sodio sul complesso di scambio, si tratta pertanto di una sodicità costituzionale. Ne deriva che nei versanti esposti a sud fortemente erosi, sui crinali arrotondati e dove si è verificato un assottigliamento del profilo, con conseguente affioramento del substrato pedogenetico originario, si rinvencono valori di sodio sul complesso di scambio in superficie che variano da 400 a 800 ppm. Viceversa su superfici pianeggianti o a debole pendenza si riscontrano valori bassi di sodio lungo tutto il profilo.

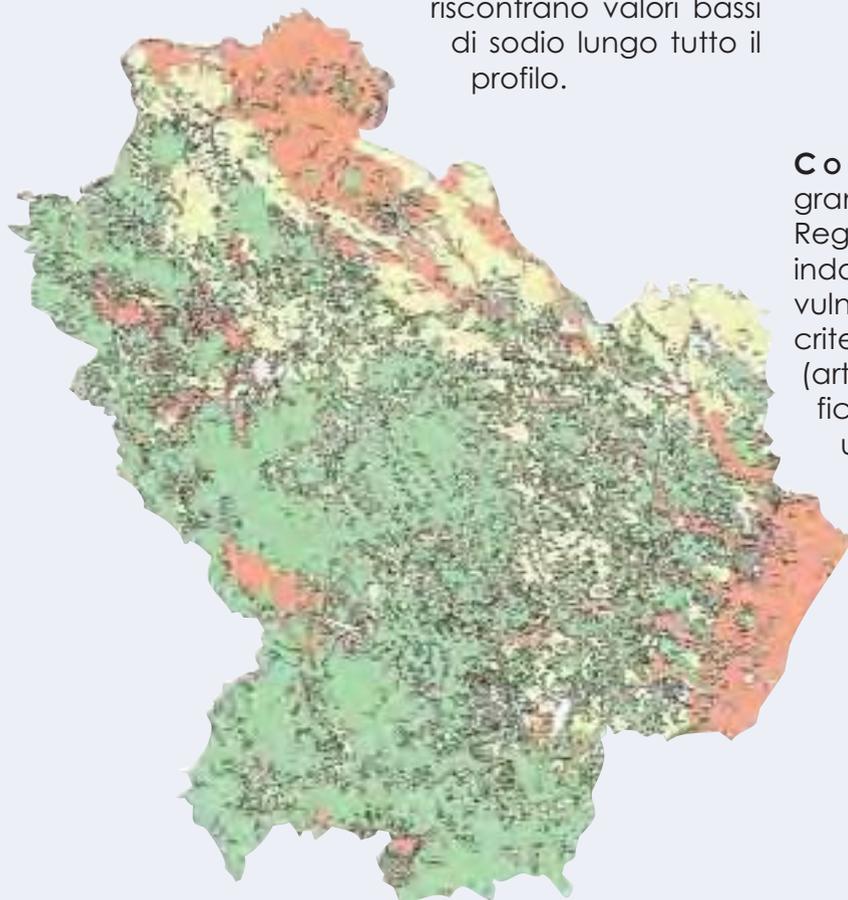
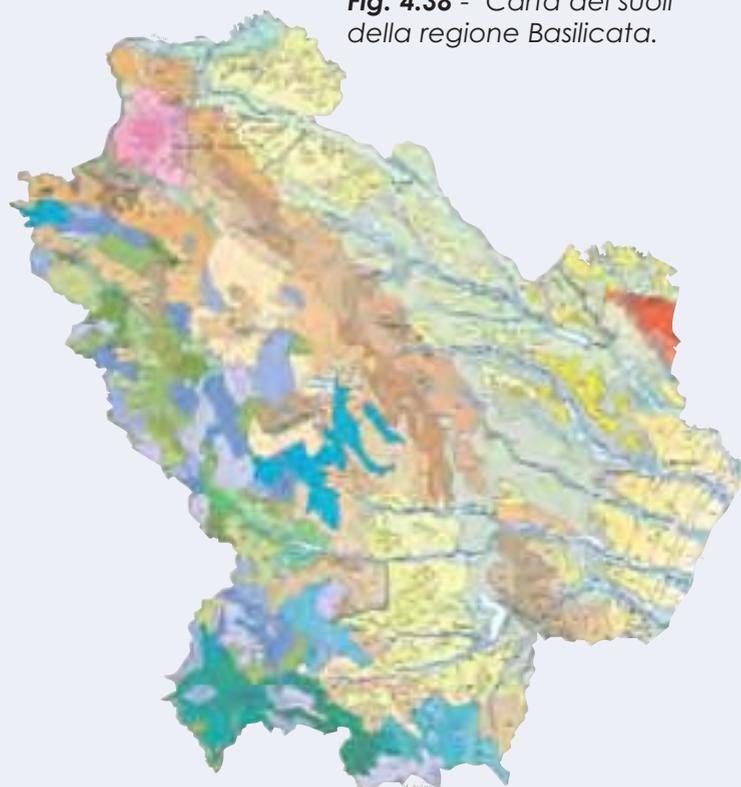


Fig. 4.39 - Carta della vulnerabilità da nitrati di origine agricola.

Fig. 4.38 - Carta dei suoli della regione Basilicata.



**CONTAMINAZIONE DIFFUSA** Nell'ambito del Programma Interregionale Agricoltura e Qualità, la Regione Basilicata ha predisposto uno studio di indagine preliminare di riconoscimento delle zone vulnerabili da nitrati di origine agricola, secondo i criteri e le metodologie stabilite dal D.Lsg. 152/99 (art.9 e all.7). L'indagine, condotta su base topografica informatizzata in scala 1:250.000, ha seguito una procedura che ha permesso di suddividere il territorio regionale in base alla sua vulnerabilità (Fig. 4.39).

I caratteri di vulnerabilità del territorio, a questo livello di indagine, sono stati ottenuti tenendo in considerazione i seguente elementi, o fattori critici:

a - caratteri litostutturali, idrogeologici e idrodinamici del sottosuolo e degli acquiferi, in particolare sono state oggetto di indagine la capacità depurativa dell'insaturo e la profondità della falda;

b - caratteri fisici e chimici dei suoli, in particolare la tessitura, la granulometria, la profondità del suolo, la permeabilità, il pH e la capacità di scambio cationico, influenzanti la "capacità di attenuazione del suolo nei confronti dell'inquinante";

c - uso del suolo, con riferimento agli ordinamenti colturali.

 <b>Zone vulnerabili</b> Zone vulnerabili a causa di uso del suolo agricolo, tessitura a permeabilità elevata, ristretto non coperto da vegetazione naturale	 <b>Altre zone non vulnerabili</b> Uso delle terre non agricole: aree forestali e altre aree coperte da vegetazione naturale
 <b>Zone agricole non vulnerabili</b> Falda idrica a profondità >50m o insaturo decorativo o suolo protetto	 <b>Zone urbane ed industriali</b>



# CALABRIA

**CONSUMO DI SUOLO** Nelle aree di pianura la principale causa di degrado può essere identificata nella cementificazione spinta che, nell'ultimo cinquantennio, ha sottratto al settore primario importanti superfici (Fig. 4.40). Un'indagine condotta per comparazione fra l'uso reale del suolo del 1955 e del 1990, su un'area campione rappresentativa della pianura costiera (Cropani Marina - Steccato di Cutro), ha evidenziato una perdita di superficie utile per il settore agricolo pari a circa il 25% che, rapportata all'intero territorio pianeggiante e subpianeggiante della regione, significa ben 50.000 ettari.

**EROSIONE** L'erosione idrica rappresenta la principale minaccia per i suoli calabresi. L'applicazione della metodologia *RUSLE* per la valutazione del rischio erosivo ha messo in evidenza come il 51,8% del territorio regionale sia soggetto ad erosione (più in particolare, il 39,4% ricade nelle classi da moderata a catastrofica ed il 12,4% nella classe "erosione leggera") mentre il rimanente 48,2% è invece caratterizzato da erosione "nulla" o "trascurabile" (Fig. 4.41). Le aree maggiormente a rischio coincidono con quelle a più alta vocazione agricola; tra queste, i rilievi collinari a bassa quota con destinazione ad oliveto o a grano duro in monosuccessione risultano le più minacciate. In generale, i fenomeni erosivi sono molto più evidenti nel versante ionico rispetto a quello tirrenico, sia per la diversa erodibilità dei suoli che per la differente erosività delle piogge.

**PERDITA DI SOSTANZA ORGANICA** Il contenuto di sostanza organica (Fig. 4.42) varia sensibilmente a livello regionale: raggiunge valori maggiori del 3% nei rilievi interni dell'Aspromonte, del Pollino e della Sila grazie alla buona copertura vegetale di tipo arboreo o arbustivo (la Calabria con i suoi 479.000 ettari si pone tra le regioni italiane con il più alto indice di boscosità) mentre una situazione opposta si registra nelle aree a bassa quota (< 300 m s.l.m.) con prevalenti destinazioni agricole. In tali zone, i valori sono inferiori allo 0,7% in quelle interessate da erosione accelerata mentre, negli stessi ambienti, ma in aree con agricoltura più conservativa, il contenuto in sostanza organica si attesta su valori medi (1,5-2,3%).

**SALINIZZAZIONE** Il problema della salinizzazione è particolarmente evidente nello strato superficiale dei suoli presenti lungo la zona costiera della Piana di Sibari. Il fenomeno è da attribuire ad una serie di cause naturali (subsidenza relativa) ed antropiche (eccessivo emungimento dei pozzi presenti nell'area legati ad un sistema agricolo intensivo) che favoriscono l'ingressione di acque marine con conseguente compromissione delle potenzialità produttive dei suoli. Il degrado dei suoli per incremento della salinità interessa, inoltre, le aree collinari argilloso-siltose del Pliocene, ampiamente presenti nel versante ionico calabrese, e la Piana di Lamezia Terme, sul versante tirrenico.

**ALLUVIONI E FRANE** Le peculiarità geomorfologiche e climatiche (elevata energia del rilievo, movimenti tettonici attivi, forte erosività delle piogge) fanno della Calabria una regione ad alto rischio idrogeologico.

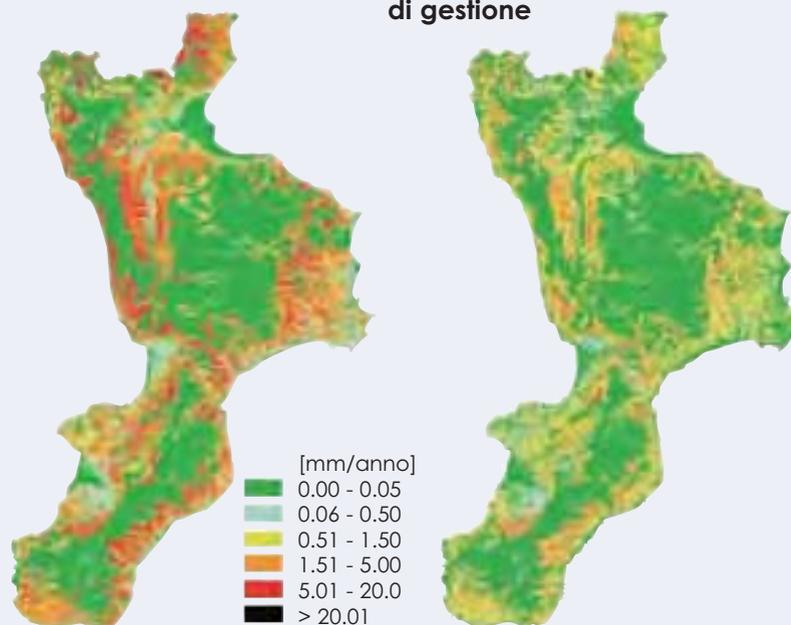
Nella prima metà del secolo scorso, il sistema ambientale più vulnerabile era rappresentato dai rilievi interni della Sila, delle Serre e dell'Aspromonte a morfologia molto acclive. In tali aree infatti, a condizioni ambientali particolarmente sensibili, si asso-



**Fig. 4.40** - Confronto tra le foto aeree del 1955 (sinistra) e 1990 (destra) di un'area del Catanzarese. Si noti il forte incremento delle aree impermeabilizzate (urbano+infrastrutture).

**Rischio attuale**

**Scenario alternativo di gestione**



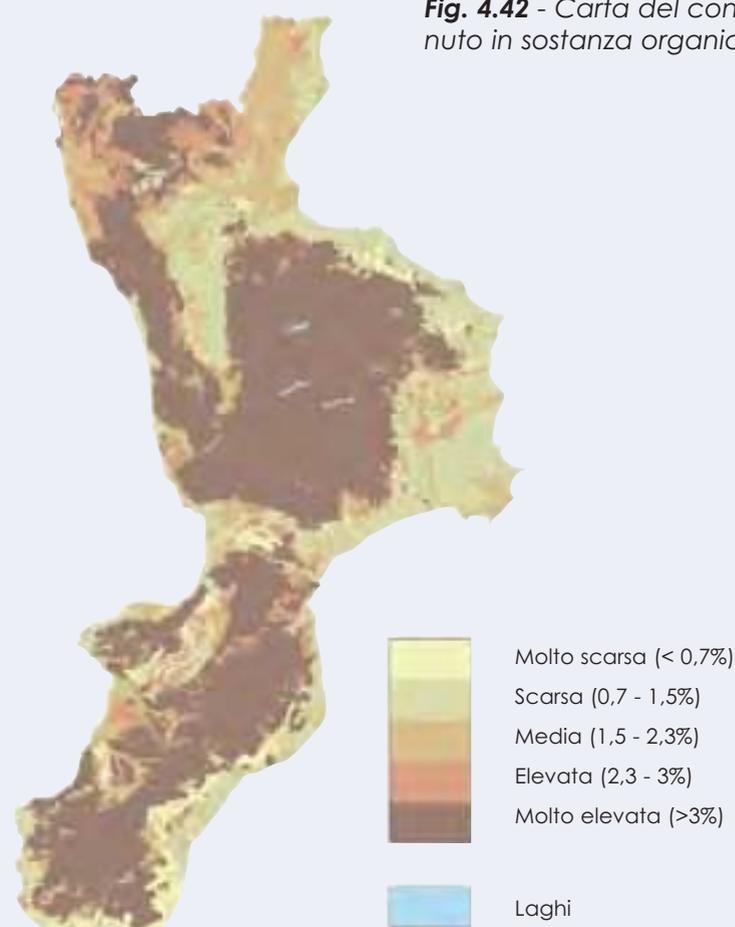
**Fig. 4.41** - L'introduzione di tecniche agronomiche sostenibili per la risorsa suolo e adeguate per l'ambiente calabrese (lavorazioni minime, rotazioni colturali, gestione residui colturali, interruzione della lunghezza del versante con fasce inerbite) potrebbe limitare lo sviluppo dei fenomeni erosivi. La modellazione del rischio d'erosione, effettuata con metodologia *RUSLE* ipotizzando uno scenario alternativo di gestione dei suoli, ha evidenziato come le classi di erosione "severa", "molto severa" e "catastrofica" risultano significativamente più contenute rispetto allo scenario "attuale", mentre l'erosione media passa da 1.9 a 0.7 mm.

## LE PROBLEMATICHE DEI SUOLI NELLE REGIONI ITALIANE

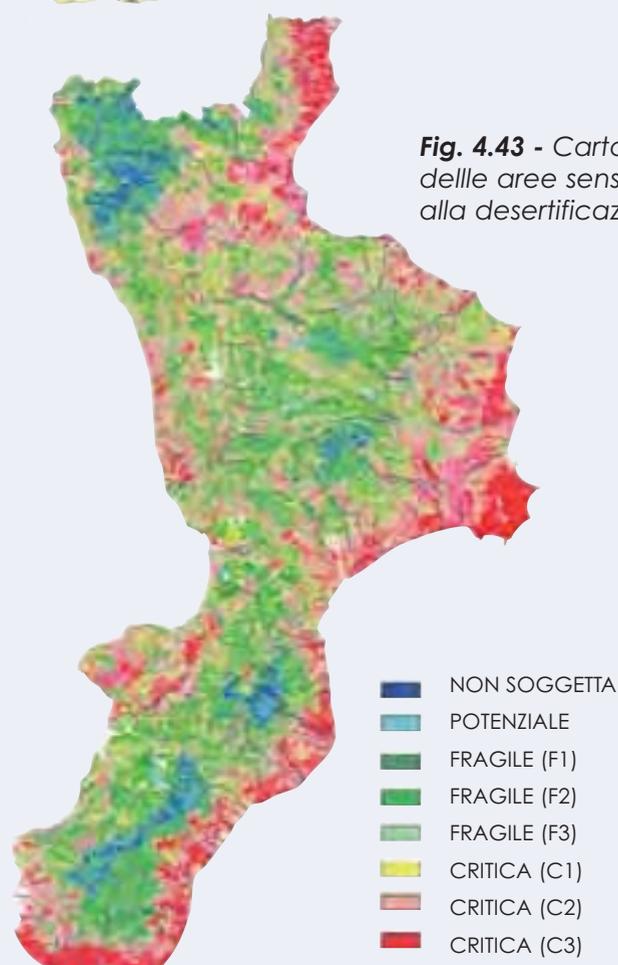
ciava una forte pressione antropica con intenso sfruttamento del soprassuolo. Le cronache registrano i gravi eventi alluvionali che interessarono questi territori nel periodo in questione. Negli anni '50 fu avviata una importante azione di ripristino ambientale con la ricostituzione di 153.000 ettari di bosco nelle aree a maggior rischio di dissesto idrogeologico. Al contempo importanti cambiamenti interessavano il sistema ambientale delle colline argilloso-limose del versante ionico. Questo ambiente, interessato fino agli anni '60 da destinazioni agricole estensive (pascolo), subiva profonde trasformazioni legate alla meccanizzazione delle tecniche agricole, con frequente ricorso al modellamento delle pendici e al cambio di destinazioni d'uso con incremento della cerealicoltura in monosuccessione. Questo tipo di gestione ha determinato l'aumento in queste aree di fenomeni di dissesto idrogeologico ed in modo particolare erosione e soliflussione. Uno studio realizzato dal Servizio Agropedologia dell'ARSSA ha evidenziato come nel periodo 1921 - 1997 la media degli eventi alluvionali, considerati tali sulla base dell'entità dei danni provocati e dell'estensione dell'area interessata, sia passata da sei eventi per decennio nel periodo 1921 - 1960 ad uno solo nei decenni successivi. Interessante osservare che, mentre le alluvioni che si sono succedute prima degli anni '60 hanno riguardato prevalentemente le zone interne della Sila, delle Serre e dell'Aspromonte, gli eventi catastrofici degli ultimi decenni hanno interessato quasi esclusivamente le zone costiere. Quest'ultime, infatti, non sono state oggetto di rinaturalizzazione come le zone interne, al contrario hanno visto l'espandersi di un sistema agricolo non sostenibile.

**DESERTIFICAZIONE** I risultati di un recente progetto comunitario (*DESERTNET*) hanno evidenziato che circa il 51% del territorio calabrese è a rischio, di cui l'11% denuncia aree ad alta criticità quali: la Piana di Sibari, fino al confine dell'Alto Jonio Cosentino con la Basilicata, il Marchesato crotonese e la fascia costiera meridionale (da Reggio Calabria a Capo Spartivento). La cartografia (Fig. 4.43) è stata realizzata secondo la metodologia *MEDALUS*, modificata nella valutazione degli aspetti climatici, valutati tenendo in considerazione l'intensità, la durata e la variabilità degli stessi.

**Fig. 4.42** - Carta del contenuto in sostanza organica.



**Fig. 4.43** - Carta delle aree sensibili alla desertificazione.





## SICILIA

**EROSIONE** Nel territorio siciliano l'erosione idrica è il più importante e diffuso processo di degradazione del suolo. Gli ambienti maggiormente minacciati sono il sistema collinare delle argille mioceniche e plioceniche (circa 700.000 ettari) ed il sistema collinare della serie gessoso-solfifera (circa 150.000 ettari) che nel complesso occupano una superficie pari a circa 1/3 del territorio regionale. Alla erosività delle piogge, caratterizzate da pochi eventi a volte di elevata intensità e da un andamento irregolare tipicamente mediterraneo, vanno aggiunte l'erodibilità dei suoli, caratterizzati da tessiture fini o mediamente fini, e le particolari condizioni morfologiche che vedono la collina e la montagna occupare rispettivamente il 61% ed il 25% dell'intero territorio regionale. In particolare, sulle morfologie collinari, in cui sono presenti generalmente suoli a matrice argillosa e spesso con caratteristiche vertiche, si riscontrano fenomeni di erosione diffusa (*sheet erosion*) ed incanalata (*rill*, *interill* e *gully erosion*); in alcuni casi i fenomeni erosivi divengono più complessi e generano morfologie particolari (calanchi) o assumono proporzioni più imponenti con fenomeni di erosione di massa. Altro importante fattore di vulnerabilità del sistema ambientale collinare è rappresentato dalla copertura vegetale molto discontinua ed una utilizzazione agricola del suolo rappresentata in larga misura dal seminativo in asciutto, basato sulla rotazione grano-foraggiere. Secondariamente è presente il vigneto, anch'esso in regime asciutto e caratterizzato generalmente dalla disposizione dei filari secondo le linee di massima pendenza. Inoltre in tali sistemi colturali le lavorazioni del terreno sono realizzate generalmente a rittochino, tecnica che favorisce l'innescarsi ed il progredire dei fenomeni di erosione incanalata.

**PERDITA DI SOSTANZA ORGANICA** In Sicilia i suoli delle aree coltivate presentano mediamente uno scarso contenuto in sostanza organica; ciò è dovuto essenzialmente ad una gestione agricola poco conservativa accoppiata ad un regime climatico che non favorisce il suo accumulo. Negli ambienti naturali la dotazione in sostanza organica tende ad essere più elevata rispetto ai suoli agricoli, in particolare nei suoli ricchi in carbonati, in cui tende ad accumularsi grazie al fenomeno della steppizzazione, raggiungendo valori buoni o eccezionalmente elevati (mollisuoli calcarei).

I fattori antropici che generano perdita di sostanza organica sono principalmente gli incendi boschivi e la bruciatura delle stoppie. I benefici registrati nel breve periodo da quest'ultima pratica agricola sulla gestione agronomica e sulla fertilità chimica, non compensano infatti, le conseguenze negative derivanti dalla sua adozione continuata. Nel lungo periodo la bruciatura delle stoppie determina una notevole diminuzione del contenuto in sostanza organica, dell'attività microbica e del potenziale di mineralizzazione, la degradazione strutturale del-

l'orizzonte superficiale e la perdita di elementi nutritivi per dilavamento. Inoltre, le trasformazioni della sostanza organica durante la combustione determinano la migrazione verso il basso e la rideposizione di frazioni idrofobe, con formazione di uno strato idrorepellente a circa 10-15 cm dalla superficie; nei suoli delle aree collinari la presenza di questo strato impermeabile concorre ad innescare fenomeni di erosione idrica, poiché comporta una minore infiltrazione dell'acqua ed un aumento dello scorrimento subsuperficiale con asportazione dello strato superficiale del suolo.

Analoghe considerazioni vanno fatte per gli incendi boschivi (principale causa del degrado del patrimonio forestale della Sicilia) poiché, oltre alla distruzione della sostanza organica del suolo, comportano anche la perdita di una notevole quantità di biomassa, fondamentale fonte di immagazzinamento del carbonio.

**COMPATTAZIONE** Nei paesaggi dei terrazzi marini calcarenitici tipici della fasce costiere (circa 120.000 ettari) sono stati osservati, in particolare nella costa sud - occidentale, su suoli a buona attitudine agricola (alfisuoli profondi, adatti a sostenere colture di pregio), fenomeni di forte degradazione strutturale dello strato superficiale che si manifestano con forti indurimenti durante la fase di disseccamento del suolo e collasso della struttura in condizioni di saturazione idrica (*hardsetting*). Tali fenomeni di degradazione strutturale sono probabilmente da ascrivere all'effetto combinato di condizioni di particolare sensibilità e vulnerabilità dei suoli, unite a ripetute lavorazioni superficiali con attrezzi rotanti, spesso eseguite in condizioni di umidità del suolo non ottimali, che determinano la polverizzazione dello strato superficiale nonché il depauperamento della riserva di sostanza organica e spesso la sigillatura della superficie del suolo. La grave conseguenza di questo complesso di fenomeni è l'erosione, che si osserva in questi suoli dopo eventi piovosi di forte intensità e che determina spesso l'asportazione degli strati superficiali più fertili.

Altra causa di compattazione è determinata dal sovrappascolamento, in particolare quando questo avviene sui seminativi nel periodo successivo alla trebbiatura, dopo il passaggio di mezzi pesanti sugli appezzamenti, determinando così un ulteriore compattamento degli orizzonti superficiali. Un cenno va fatto anche sulla problematica della compattazione degli orizzonti profondi. Fino a qualche anno fa era molto diffusa la pratica della monosuccessione cerealicola, finalizzata principalmente al percepimento del contributo per l'integrazione al reddito e caratterizzata dalla riduzione all'essenziale delle lavorazioni, ripetute negli anni sempre alla stessa profondità; una tale gestione ha determinato la formazione della suola di lavorazione e la conseguente compattazione degli orizzonti sottostanti allo strato lavorato.

## LE PROBLEMATICHE DEI SUOLI NELLE REGIONI ITALIANE

**SALINIZZAZIONE** Attualmente nell'isola, circa il 10% della superficie totale (circa 250.000 ettari), è interessata da suoli affetti da salinità in parte dovuti alla presenza di litotipi gessosi (Serie Gessoso-Solfifera), in parte indotti dall'irrigazione. I primi sono particolarmente presenti nelle province di Caltanissetta e di Agrigento, cioè nella zona centrale e meridionale dell'isola ove sono da segnalare particolari processi di salinizzazione secondaria che conducono alla evoluzione in suoli salini anche di suoli che non si originano su di un substrato gessoso; gli altri si rinven- gono prevalentemente nella fascia costiera meridionale dell'isola ove, la pratica irrigua continuata nel tempo, ha determinato e determina un accumulo di sali solubili nel suolo che provoca l'acuirsi di problemi sociali ed ambientali particolarmente intensi, da mettere in relazione non solo alla natura dei suoli presenti ma anche alla qualità delle acque disponibili per l'irrigazione.

**CONTAMINAZIONE** Le conoscenze sulle caratteristiche e qualità dei suoli regionali ed un approccio metodologico di tipo multidisciplinare hanno permesso di definire e valutare la capacità protettiva dei suoli nei confronti delle acque profonde e superficiali nonché la realizzazione di una Carta Regionale delle Zone Vulnerabili da Nitrati di Origine Agricola (Fig. 4.44). Dall'analisi della cartografia emerge che le zone vulnerabili occupano una superficie di 138.012 ettari, pari al 5,4% della superficie regionale e che corrisponde all'8,5% della superficie agricola. Le zone vulnerabili sono per la maggior parte localizzate nelle poche aree pianeggianti dell'isola, generalmente su superfici caratterizzate da suoli permeabili con capacità di ritenzione idrica bassa o media e da un uso agricolo intensivo ed irriguo.

**DESERTIFICAZIONE** La cartografia relativa al rischio desertificazione (Fig. 4.45) è stata ottenuta attraverso la somma dei valori degli strati informativi di base (indice di aridità, indice di siccità, indice di perdita di suolo). Dalla classificazione adottata risulta che le aree a basso rischio (6%) ricadono per lo più nelle province di Messina e Palermo. Ciò è essenzialmente dovuto agli aspetti climatici, vegetazionali e gestionali che, in queste aree, presentano caratteristiche di buona qualità, ovvero climi umidi e iperumidi in ampie zone boscate e per la maggior parte sottoposte a protezione per la presenza di parchi e riserve. La maggior parte del territorio tuttavia presenta un rischio medio-basso (38,1%) o medio-alto (48,4%). In quest'ultimo caso l'equilibrio tra i diversi fattori naturali e/o le attività

umane può risultare già particolarmente delicato. E' necessaria quindi un'attenta gestione del territorio per evitare l'evolversi di fenomeni di desertificazione. Le aree a rischio elevato (7,5%) si concentrano nelle zone interne della provincia di Caltanissetta, Enna e Catania ed in diverse aree costiere. Tale risultato riflette le particolari caratteristiche geo-morfologiche del territorio interno della Regione Sicilia (colline argillose poco stabili), l'intensa attività antropica, con conseguente eccessivo sfruttamento delle risorse naturali, e la scarsa presenza di vegetazione.

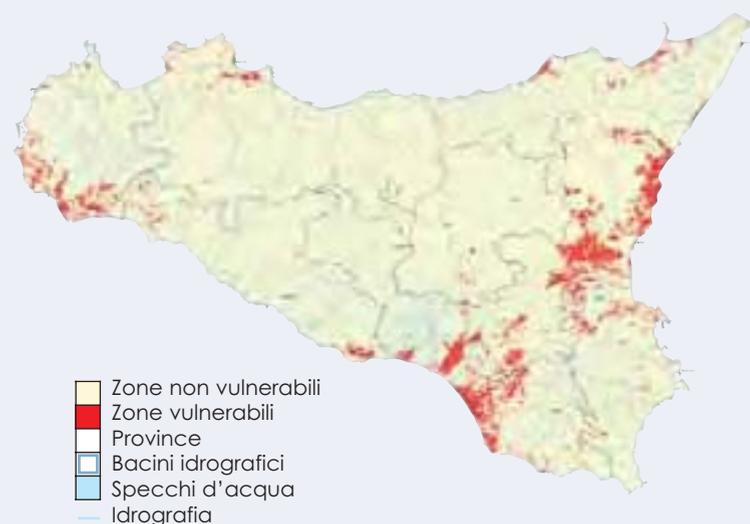


Fig. 4.44 - Carta della vulnerabilità da nitrati di origine agricola.

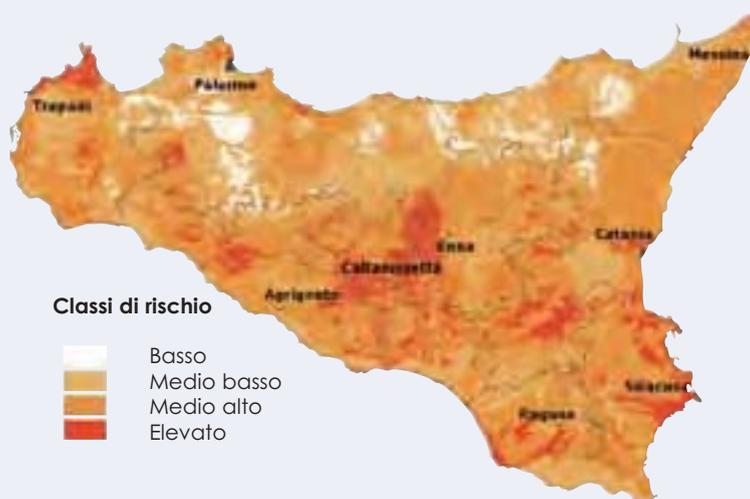


Fig. 4.45 - Carta delle aree vulnerabili alla desertificazione.



# SARDEGNA

**CONSUMO DI SUOLO** Dagli studi condotti negli ultimi anni nei principali centri urbani dell'isola e in aree di elevato interesse turistico è emerso come il consumo di suolo per urbanizzazione rappresenti una delle principali forme di degrado del territorio regionale. Tale problematica è solo in parte giustificabile con l'incremento della popolazione residente. In particolare, nei soli comuni della costa nord-orientale, negli anni 1958-98 il fenomeno ha interessato 3.745ha pari al 4,7% del loro territorio. Recenti simulazioni, per il periodo 2000-2020, sull'espansione dell'urbanizzazione in Sardegna, realizzate dall'ESA nell'ambito del progetto *Desertwatch* per il monitoraggio della desertificazione in Europa, hanno evidenziato la tendenza all'aumento del consumo dei suoli nelle aree costiere e di pianura. L'impermeabilizzazione dei suoli (urbanizzazione e asfalto di superfici), rientra nel concetto di *soil sealing*, ed è uno dei fattori di rischio desertificazione per la Sardegna.

**EROSIONE** Forme severe di erosione del suolo (*rill* e *gully erosion*) sono comuni e sono state rilevate in tutti i suoli a rischio. Una prima fase di censimento è iniziata con il progetto *DESERTNET - Interreg IIIB*. Fenomeni erosivi di un certo rilievo possono verificarsi, in presenza di eventi meteoroclimatici intensi, anche in aree a pendenza non eccessiva, con suoli tendenzialmente fragili. Questi fenomeni, che possono interessare intere provincie, negli ultimi anni tendono a ripetersi con frequenza e possono presentare precipitazioni giornaliere eccezionalmente alte per il territorio sardo (es. 517.4 mm in 24 ore il 6/12/2004 a Villanova Strisaili) e con intensità anche superiori ai 20mm in 10 minuti. In questi casi si verificano severi fenomeni di erosione incanalata soprattutto nelle aree collinari e montane dove pratiche agricole, quali le arature profonde, sono state effettuate anche in zone inadatte per caratteristiche pedologiche e acclività. La perdita di suolo è inoltre accentuata nel caso in cui l'evento meteorico si verifichi poco dopo le lavorazioni per la semina come nel caso del 6 Dicembre 2004.

**CONTAMINAZIONE** Il territorio della Piana di Arborea è stato ufficialmente classificato dalla Giunta Regionale quale area vulnerabile da inquinamento da nitrati. Il fenomeno è legato all'impatto delle attività agricole e zootecniche e sono allo studio i piani di recupero dell'area.

Altri fenomeni di contaminazione puntuale sono invece quelli di tipo accidentale o doloso, prevalentemente in aree industriali, servitù militari, aree minerarie dismesse o in discariche non autorizzate.

**SALINIZZAZIONE** Rappresenta una minaccia non trascurabile dovuta ai processi di modifica di caratteristiche e proprietà dei suoli legati all'esercizio prolungato dell'irrigazione in periodi siccitosi. I problemi di salinizzazione riguardano alcuni suoli nelle zone costiere (Cagliaritano, Muravera) e possono essere associati anche a fenomeni di idromorfia ed alla for-

mazione di orizzonti calcici in suoli originatisi su substrati carbonatici.

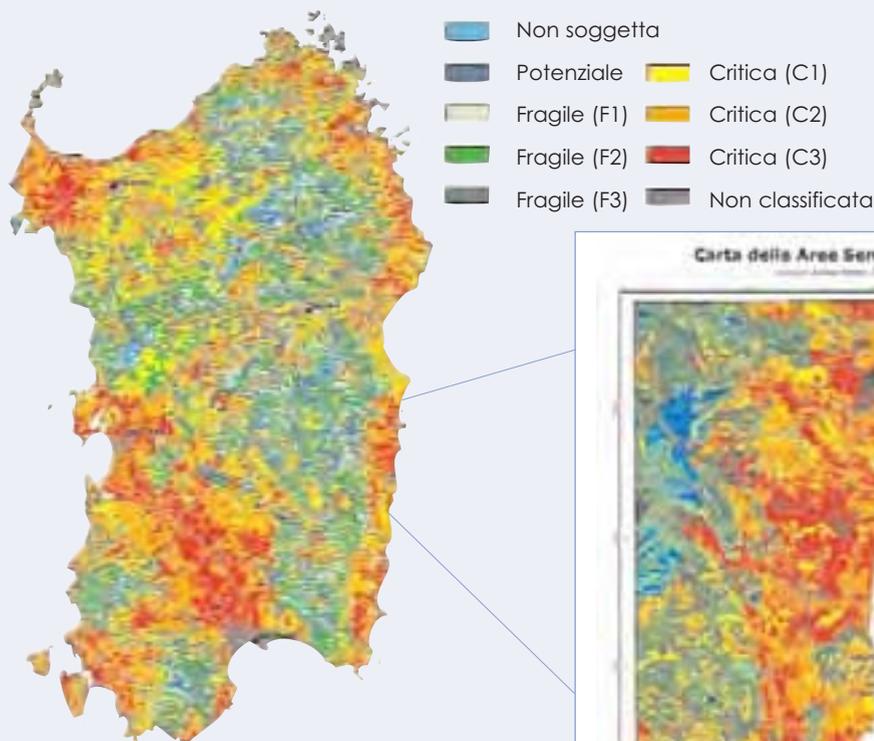
## DEGRADO DEL SUOLO E DESERTIFICAZIONE

La gravità del fenomeno è particolarmente importante in Sardegna, in quanto i diversi ecosistemi, naturali e/o agricoli, sono estremamente vulnerabili a causa delle specificità geografiche e climatiche dell'isola (insularità). Tra i maggiori problemi di degrado alcuni sono legati alle attività agropastorali attuate con tecniche non corrette (perdita di suolo, compattazione e sovrapascolamento).

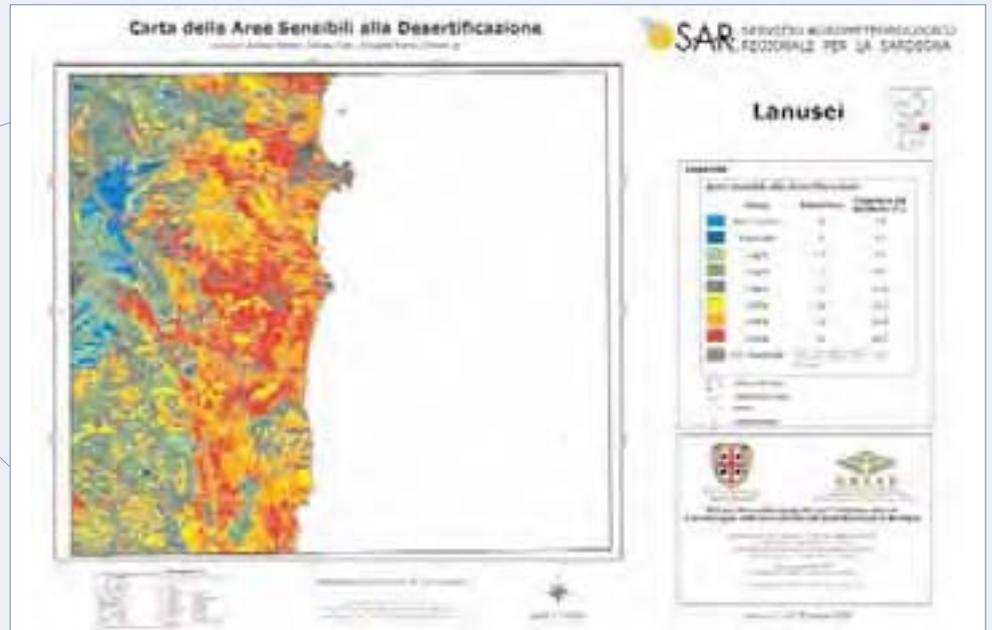
Nei decenni successivi agli anni '60, una politica regionale finalizzata alla creazione e all'estensione della proprietà diretta delle terre, attuata con ingenti finanziamenti pubblici, ha favorito il crescere del livello tecnologico del settore agropastorale, determinando l'incremento del carico animale sui pascoli. Il numero di capi è passato dai 3.059.301 del 1961 ai 3.923.080 del 1991, con un incremento del 28%, fenomeno che si è stabilizzato negli anni successivi. Tale crescita ha indotto l'estensione delle superfici a pascolo anche attraverso le pratiche dell'aratura e dell'incendio a danno delle superfici boscate ed in suoli non sempre adatti. Conseguentemente il sovrapascolamento, l'erosione, gli incendi e l'utilizzo di aree non adatte all'agropastorizia di tipo intensivo, associate ad una variazione climatica tendenzialmente siccitosa sempre più accentuata, hanno portato al degrado dei suoli di oltre il 50% della superficie totale delle aree a pascolo in Sardegna, soprattutto sui suoli più fragili. È da evidenziare come il fallimento di molti degli interventi di "miglioramento" dei pascoli attuati nel passato, abbia oggi indirizzato l'amministrazione pubblica ad erogare i finanziamenti nel settore agropastorale per quelle aree dove è possibile associare, alla massima risposta produttiva, la conservazione della fertilità dei suoli secondo criteri di sostenibilità.

Recentemente, nell'ambito delle attività previste dalla segreteria tecnica regionale della Presidenza della Regione per la predisposizione del Programma Regionale per la lotta alla desertificazione secondo le direttive del Piano di Azione Nazionale (PAN), e per il programma comunitario *INTERREG IIIB* (progetto *DESERTNET*), è stata realizzata dall'ER-SAT-Regione Sardegna, una cartografia delle aree sensibili alla desertificazione. La carta è stata elaborata secondo la metodologia ESAs, modificata in funzione della scala di studio e delle caratteristiche regionali (pedologiche, climatiche, di uso del suolo e di gestione del territorio). Dai risultati è emerso che il 36,1% del territorio è risultato "fragile", il 53,6% "critico", il 4,4% a rischio "potenziale", mentre, il restante 5,8% "non soggetto" o "non classificato". (fig. 4.46). Come informazione pedologica è stata utilizzata anche la carta ecopedologica realizzata dall'Università di Sassari nell'ambito della convenzione con JRC(Ispra) (fig. 4.47).

## LE PROBLEMATICHE DEI SUOLI NELLE REGIONI ITALIANE



**Fig. 4.46** - Carta delle aree sensibili alla desertificazione.



**Fig. 4.47** - Carta ecopedologica della regione Sardegna.



## LE ALTRE REGIONI DA RSA 2001

### VALLE D'AOSTA

La modesta profondità, il tenore in scheletro, il grado di carbonatazione, l'evoluzione della sostanza organica e dell'acidificazione del profilo dei suoli, benché molto influenzati dalla copertura vegetale, rappresentano fattori di vulnerabilità della copertura pedologica. In linea del tutto generale, appaiono distinguibili: suoli vulnerabili all'erosione e potenzialmente soggetti a desaturazione, poco profondi, scheletrici e instabili o stabilizzati di prateria d'alta quota o sotto copertura forestale di conifera; suoli colluvio-alluviali più profondi, meno scheletrici e più stabili. La cartografia dei suoli è carente: è in via di costruzione la Carta dei suoli in scala 1:50.000 dei bacini di fondovalle, più interessati dall'agricoltura, insieme alla cartografia derivata (*Interreg II Italia-Francia n. 213*).

I rischi pedo-ambientali più attuali interessano prevalentemente l'erosione, la destrutturazione e/o la compattazione crio-nivale. Destano attualmente preoccupazione le vaste superfici prative innevate su cui incidono crio-turbazione con effetti diretti sulla pedogenesi e, sempre più spesso, pesano le pratiche d'uso ricreativo e sportivo, che portano al progressivo degrado dei caratteri fisici, chimici e biologici degli orizzonti superficiali. I danni ambientali più visibili concernono la perdita di suolo per erosione lungo i versanti, i soliflussi crio-nivali, i movimenti in massa valanghivi di suolo e/o neve, gli scoticamenti, l'accumulo colluviale compatto di materiali fini silteoso-argillosi, la selezione delle specie del manto erboso e la variazione della bio-diversità microbica. L'impatto avviene in particolare all'interfaccia suolo-neve nel periodo invernale, ma prosegue con dinamiche diverse in quello estivo, interessando le superfici alterate o denudate; sono in via di definizione modelli di previsione del rischio e ipotesi di intervento nell'area pilota Monterosaski (Valle del Lys). La contaminazione è dovuta all'aumento delle aziende zootecniche, con elevata concentrazione di bestiame su piccole superfici (15 Uba/ha). Tale attività produttiva è correlata al mercato dei prodotti tipici, ma comporta un elevato impatto da deiezioni, smaltite direttamente sulle superfici. Tale rischio è maggiore dove il suolo è poco tamponante, più drenante e meno ricco di biomassa (alta quota). Il rischio è elevato anche per i corpi idrici sub-superficiali, per cui si stanno mettendo a punto sistemi bio-pedo-tecnologici sostenibili per l'abbattimento della contaminazione azotata e fosfatica (*Interreg II Italia-Francia n. 106*).

### LIGURIA

Tra i principali fattori di degrado ambientale è senz'altro l'erosione quello prevalente, per l'elevata pendenza del territorio e l'estensione del tratto costiero, particolarmente aggravato dalla carenza o scarsa manutenzione delle sistemazioni idraulico-

agrarie (muri a secco) e dal degrado della superficie boschiva per incendi. La salinizzazione può poi rappresentare un ulteriore fattore di rischio per due ordini di motivi: per ingressione di acque marine (es. bassa valle della Magra, aree litorale di Ceriale) o per un eccessivo impiego di fertilizzanti, particolarmente evidente in serra dove manca l'azione dilavante dell'acqua piovana. Per contro, i fenomeni di compattazione, perdita di sostanza organica o desertificazione esprimono scarsa rilevanza nell'ambito ligure. Il tipo di coltivazioni praticate, colture in serra, od olivicoltura e viticoltura in assetto collinare infatti, non possono avere luogo con mezzi tali da favorire la compattazione o la modifica del livello di sostanza organica; gli apporti frequenti nelle colture specializzate insieme all'estensivizzazione delle altre (es. inerbimento) consentono di mantenere un buon livello di sostanza organica, peraltro riscontrato analiticamente.

### LAZIO

Nel Lazio la conoscenza dei suoli si è sviluppata solo per determinate aree. L'elevata variabilità geologica e morfologica si riflette sui relativi suoli, che sono caratterizzati quindi da notevoli differenze di sensibilità ai diversi usi.

Nell'area settentrionale della regione i suoli, originati prevalentemente da substrati vulcanici, presentano una minore sensibilità ai diversi fenomeni degradativi derivanti sia dall'uso agricolo che da quello urbanistico ed industriale (salinizzazione, erosione, inquinamento, cementificazione, ecc.). Quando presenti, tali processi risultano comunque maggiormente controllabili e contenibili che su gli altri suoli di diversa origine pedogenetica. Nella fascia litoranea, ed in specialmodo nella pianura pontina, i suoli sono interessati da un'agricoltura meccanizzata ad elevati *input*. Frequentemente si constata un consumo di suolo per un elevato processo urbanizzativo polverizzato sul territorio, che produce degrado irreversibile. La problematica di maggior rilievo in queste aree è rappresentata dal lento processo di salinizzazione in atto ormai da tempo e che si sta accentuando progressivamente a causa dell'utilizzo di sempre maggiori quantitativi di acque irrigue derivanti dalle falde idriche contaminate da sali, a causa dell'avanzamento del cuneo salino. Nelle stesse aree, l'utilizzo talvolta inadeguato di fertilizzanti chimici produce eccessi di nutrienti nei suoli e, per la loro elevata permeabilità, conseguenti inquinamenti delle falde idriche. Nelle aree collinari e montane si constata un progressivo abbandono dei suoli una volta utilizzati per il pascolo e di quelli nei quali il governo del bosco era capillare e sistematico. In tali situazioni si può assistere, anche se non in forma allarmante e spesso legata a situazioni localizzate, a processi degradativi dello strato superficiale dei suoli, con conseguente innesco di fenomeni

## LE PROBLEMATICHE DEI SUOLI NELLE REGIONI ITALIANE

erosivi. Il fenomeno degli incendi nel Lazio è molto limitato sia come superfici interessate che nel tempo, e si verifica particolarmente in aree costiere a macchia mediterranea, ma, ad eccezione del-

l'incendio verificatosi nel 2000 nella Pineta di Castelfusano, che ha prodotto danni rilevanti sia alla vegetazione ed alla fauna che ai suoli, non costituisce in linea generale una delle emergenze di rilievo.



Enti regionali di riferimento

**Valle d'Aosta:**

Regione Val D'Aosta, Dipartimento Agricoltura,

Loc. Grande Charrière, 66, 11020 SAINT CHRISTOPHE (AOSTA)

Referente regionale per la pedologia: Luigi Bruna, e-mail: l.bruna@regione.vda.it

**Liguria:**

Regione Liguria - Serv. Prod. Agricole e Promozione

Via Fieschi, 16100 GENOVA

Referente regionale per la pedologia: Marco Capurro, Stefano Pini; e-mail: stefano.pini@regione.liguria.it

**Lazio:**

Regione Lazio, Direzione Regionale Agricoltura AREA D14

Via R.R. Garibaldi 7, 00145 - ROMA

Referente regionale per la pedologia: Massimo Madonia, e-mail: mmadonia@regione.lazio.it





**FONTI  
DELLE FIGURE**



**Coperfina** - fotografia P. Orlandi, grafica F. Iozzoli  
**Indice** - (da sx verso dx): F. Fumanti; P. Orlandi; S. Silvestri;  
F. Fumanti

## 1. Il Suolo (fotografia F. Fumanti)

### La complessità del suolo

Fig. 1.1 - F. Fumanti e S. Carfora  
Fig. 1.2 - Rielaborazione grafica di F. Fumanti dal sito:  
[http://dbs.umt.edu/courses/sci226/lab8\\_soils.htm](http://dbs.umt.edu/courses/sci226/lab8_soils.htm)  
Fig. 1.3 - Rielaborazione grafica di A. Di Fabbio da  
Duchaufour P., 1977 - *Pedology*  
Fig. 1.4 - ARPAV (2005) - *Carta dei Suoli del Veneto*  
Fig. 1.5 - (sx): Rielaborazione grafica di F. Iozzoli da: E. A.  
C. Costantini, F. Urbano, G. L'Abate, 2004 - *Soil regions  
of Italy*. <http://www.soilmaps.it/>; (dx): [http://www.regione.  
emilia-romagna.it/wcm/geologia/canali/suoli.htm](http://www.regione.emilia-romagna.it/wcm/geologia/canali/suoli.htm)

### Qualità, attitudine e vocazionalità per una agricoltura sostenibile

Fig. 1.6 - Rielaborazione grafica di S. Carfora da immagini  
di G. Vianello  
Fig. 1.7 - ARPAV, cortesia di P. Giandon  
Fig. 1.8 - ERSAF Lombardia, cortesia di S. Brenna

### La copertura del suolo in Italia: il progetto CORINE Land Cover 2000

Fig. 1.9 - Rielaborazione grafica F. Fumanti da immagine  
di C. Maricchiolo, M. Munafò, A. Pugliese e V. Sambucini  
in: APAT, 2006 - *Annuario dei dati ambientali 2005-06*  
Fig. 1.10 - C. Maricchiolo, M. Munafò, A. Pugliese e V.  
Sambucini

### L'importanza didattica del suolo

Fig. 1.11 - A. Di Fabbio e M. Di Leginio

### Le funzioni e le minacce

Fig. 1.12 - Rielaborazione grafica M. Di Leginio da P.  
Panagos, L. Montanarella e A. Jones, 2006 - *Soil Related  
policies in E.U.: The E.U. Soil Thematic Strategy on  
Soil Protection*

## 2. Le funzioni del suolo (fotografia P. Orlandi)

### La produzione di biomassa (Figura di fine paragrafo: P. Orlandi)

Fig. 2.1 - Rielaborazione grafica F. Fumanti da immagine  
CRA-ISNP su dati Faostat  
Fig. 2.2 - A. Di Fabbio  
Fig. 2.3 - Rielaborazione grafica F. Fumanti da ENEA,  
2004 - *Rapporto energia e ambiente 2003*.  
Fig. 2.4 - M. Di Leginio e S. Carfora

### Il suolo nel ciclo del carbonio (Figura di fine paragrafo: P. Orlandi)

Fig. 2.5 - Elaborazione grafica F. Fumanti da AGI, 1999 -  
*Sustaining our soils and society*  
Fig. 2.6 - Woodwell, 1989 - *Biotic causes and effects of  
the disruption of the global carbon cycle*. In *The Chal-  
lenge of Global Warming*. Washington, DC: Island  
Press.

### Filtro, capacità tampone e trasformazione di materiali e sostanza diverse (Figura di fine paragrafo: F. Fumanti)

Fig. 2.7 - N. Calace, A. Di Fabbio e M. Di Leginio

### Habitat biologico e riserva genetica (Figura di fine para- grafo: P. Orlandi)

Fig. 2.8 - T. Notargiacomo  
Fig. 2.9 - A. Di Fabbio e M. Di Leginio

### Il suolo e la città (Figura di fine paragrafo dal sito dell'In-

ternational Commission for Anthropogenic Soils -  
<http://clic.cses.vt.edu/icomanth/LaGuardia.jpg>

Fig. 2.10 - A. Di Fabbio e M. Di Leginio  
Fig. 2.11 - <http://photobucket.com/images/>  
Fig. 2.12 - [www2.comune.roma.it](http://www2.comune.roma.it)  
Fig. 2.13 - [www.uml.edu/college/engineering/civil/About  
Civil/urbanland2.html](http://www.uml.edu/college/engineering/civil/AboutCivil/urbanland2.html)

### Luogo e mezzo di conservazione e tramite di accesso a giacimenti paleontologici ed archeologici di fonda- mentale significato culturale (Figura di fine paragrafo: M. Di Leginio)

Fig. 2.14 - Rielaborazione grafica di M. Di Leginio da: E.  
A. C. Costantini, G. L'Abate et alii, 2004 - *Prima  
approssimazione della carta dei principali suoli di inte-  
resse culturale in Italia*. <http://www.soilmaps.it>  
Fig. 2.15 - A. Michetti, E. Vittori e L. Serva  
Fig. 2.16 - F. Angelelli e G. Dowgiallo, 1986 - *Studio sedi-  
mentologico e pedologico dello insediamento di età  
romana della valle di Baccano (Roma)*. Boll. Serv.  
Geol. d'It. (1984)

### Il suolo come mezzo di accesso alle materie prime

(Figura di fine paragrafo: A. D'Antonio)  
Fig. 2.17 - F. Fumanti  
Fig. 2.18 - Rielaborazione grafica F. Fumanti da immagi-  
ne di A. Di Fabbio, M. Di Leginio e F. Fumanti in APAT,  
2006 - *Annuario dei dati ambientali 2005-06*  
Fig. 2.19 - Rielaborazione grafica F. Fumanti da immagi-  
ne di C. Daquino in APAT, 2006 - *Annuario dei dati  
ambientali 2005-06*

## 3. La degradazione del suolo (fotografia S. Silvestri)

### La compattazione (figura di fine paragrafo: ERSAF Lom- bardia, per cortesia di S. Brenna)

Fig. 3.1 - A. Di Fabbio e M. Di Leginio  
Fig. 3.2 - M. Pagliai  
Fig. 3.3 - A. Di Fabbio, M. Di Leginio e F. Fumanti

### La diminuzione della sostanza organica (figura di fine paragrafo: P. Orlandi)

Fig. 3.4 - A. Di Fabbio e C. Iadanza  
Fig. 3.5 - Rielaborazione grafica F. Fumanti da P. Sequi,  
1979 - *Lavorazioni e struttura del terreno*. L'Italia agri-  
cola, 116 (2)

### La perdita di biodiversità (figura di fine paragrafo: T. Notargiacomo)

Fig. 3.6 - Rielaborazione grafica A. Di Fabbio da disegno  
di M. De Nobili  
Fig. 3.7 - T. Notargiacomo

### La salinizzazione (figura di fine paragrafo: Regione Sicilia per cortesia di F. Guaitoli e M.G. Matranga)

Fig. 3.8 - A. Di Fabbio, M. Di Leginio e F. Fumanti  
Fig. 3.9 - Rielaborazione grafica di F. Fumanti da Sza-  
bolcs I., 1994 - *Soils and Salinization*. In Pessarakli (eds),  
*Handbook of Plant and Crop Stress*. M. Dekker Inc.  
Fig. 3.10 - Rielaborazione grafica M. Di Leginio da imma-  
gine di C. Dazzi

### L'erosione idrica (figura di fine paragrafo: G. Liguori)

Fig. 3.11 - P. Bazzoffi  
Fig. 3.12 - P. Bazzoffi  
Fig. 3.13 - P. Bazzoffi  
Fig. 3.14 - D. Tomasi  
Fig. 3.15 - P. Bazzoffi  
Fig. 3.16 - Elaborazione JRC-IES, 2004

### L'impermeabilizzazione (figura di fine paragrafo: P. Orlandi)

Fig. 3.17 - Servizio Geologico del Piemonte

- Fig. 3.18 - Grafica di S. Carfora da immagine di R. Barberis  
 Fig. 3.19 - APAT - <http://www.mais.sinanet.apat.it/cartanetms/>  
 Fig. 3.20 - (sx) Volo regione Lazio, 1979; (dx) Google Earth, 2006  
 Fig. 3.21/22 - L. Romano, M. Munafò, 2005 - *Carta nazionale dell'impermeabilizzazione dei suoli*. Atti della 9ª Conferenza Nazionale ASITA.

**La contaminazione diffusa** (figura di fine paragrafo: P. Orlandi)

- Fig. 3.23 - Rielaborazione grafica di S. Carfora su disegno di N. Calace  
 Fig. 3.24 - Rielaborazione grafica A. Di Fabbio, M. Di Leginio, F. Fumanti da AGI, 1999 - *Sustaining our soils and society*

**La contaminazione puntuale** (figura di fine paragrafo: APAT)

- Fig. 3.25 - Rielaborazione grafica M. Di Leginio da immagine di F. Araneo e F. Pascarella in APAT, 2006 - *Annuario dei dati ambientali 2005-06*

#### Le Alluvioni

- Fig. 3.26 - Rielaborazione grafica F. Fumanti da: Greppi M., 1999 - *Idrologia: il ciclo dell'acqua e i suoi effetti*.  
 Fig. 3.27 - Rielaborazione grafica F. Fumanti da: <http://www.soilsforsalmon.org>

**Le Frane** (figura di fine pagina: Elaborazione C. Iadanza, A. Trigila, E. Vittori)

- Fig. 3.28 - Scuola media A. Pinto di Cetara (SA)  
 Fig. 3.29 - S. Silvestri  
 Fig. 3.30/31 - APAT - <http://www.mais.sinanet.apat.it/cartanetiffi>  
 Fig. 3.32 - A. Trigila e C. Iadanza

**La desertificazione** (figura di fine paragrafo: S. Silvestri)

- Fig. 3.33 - A. Di Fabbio e M. Di Leginio  
 Fig. 3.34 - L. Naitza  
 Fig. 3.35 - M. Sciortino  
 Fig. 3.36 - [http://www.ibimet.cnr.it/Case/dismed\\_products.php](http://www.ibimet.cnr.it/Case/dismed_products.php)

## 4. Le problematiche dei suoli nelle regioni italiane (fotografia F. Fumanti, I. Rischia e A. Trigila)

### Piemonte

- Fig. 4.1/2/3 - IPLA - Istituto per le Piante da Legno e l'Ambiente, cortesia di M. Piazzi (Rielaborazione grafica F. Fumanti e S. Carfora)

### Lombardia

- Fig. 4.4/5/6 - ERSAF - Ente regionale per i Servizi all'agricoltura e alle foreste, cortesia di S. Brenna (Rielaborazione grafica F. Fumanti e S. Carfora)

### Trentino - Alto Adige

Fotografia di P. Orlandi

### Veneto

- Fig. 4.7/8/9/10 - ARPA Veneto - Dipartimento di Treviso, cortesia di P. Giandon e R. Capellin (Rielaborazione grafica F. Fumanti e S. Carfora)

### Friuli Venezia Giulia

- Fig. 4.11/12 - ERSA - Agenzia regionale per lo sviluppo rurale, cortesia di G. Michelutti e R. Barbieri (Rielaborazione grafica F. Fumanti e S. Carfora)

### Emilia Romagna

- Fig. 4.13/14 - Regione Emilia Romagna - Servizio Geologico, Sismico e dei Suoli, cortesia di M. Guermandi (Rielaborazione grafica F. Fumanti e S. Carfora)  
 Fig. 4.15 - A. Nassisi, 2005 - *Relazione sullo stato dell'ambiente della regione Emilia-Romagna* (Rielaborazione grafica F. Fumanti)

### Toscana

- Fig. 4.16/17/18/19 - Regione Toscana - Direzione Generale dello Sviluppo Economico, cortesia di A. Vinci (Rielaborazione grafica F. Fumanti e S. Carfora)

### Umbria

- Fig. 4.20/21 - Regione Umbria - Direzione Generale Attività Produttive, cortesia di G. Primieri  
 Fig. 4.22 - Regione Umbria & ARPA Umbria (Rielaborazioni grafiche F. Fumanti e S. Carfora)

### Marche

- Fig. 4.23/24/25 - ASSAM - Agenzia Servizi Settore Agroalimentare delle Marche, Servizio Suoli, cortesia di M. Tiberi (Rielaborazione grafica F. Fumanti e S. Carfora)

### Abruzzo

- Fig. 4.26/27/28 - ARSSA - Agenzia per i Servizi di Sviluppo Agricolo, cortesia di I. Chiucchiarelli e S. Santucci  
 Fig. 4.29 - E.A.C. Costantini (Rielaborazioni grafiche F. Fumanti e S. Carfora)

### Molise

- Fig. 4.30/31 - ARSIAM - Agenzia Regionale per l'Innovazione e lo Sviluppo dell'Agricoltura nel Molise, cortesia di T. Reale (Rielaborazione grafica F. Fumanti e S. Carfora)

### Campania

- Fig. 4.32/33 - Regione Campania - Assessorato all'Agricoltura, cortesia di A. d'Antonio (Rielaborazione grafica F. Fumanti e S. Carfora)

### Puglia

- Fig. 4.34/35/36 - Regione Puglia - Settore Agricoltura, cortesia di F. Bellino (Rielaborazione grafica F. Fumanti e S. Carfora)

### Basilicata

- Fig. 4.37/38/39 - Regione Basilicata - Dipartimento Agricoltura e Sviluppo Rurale, cortesia di L. Viviano (Rielaborazione grafica F. Fumanti e S. Carfora)

### Calabria

- Fig. 4.40/41/42 - ARSSA Calabria - Agenzia Regionale per lo Sviluppo e per i Servizi in Agricoltura, cortesia di G. Aramini  
 Fig. 4.43 - Regione Calabria & ARPA Calabria (Rielaborazioni grafiche F. Fumanti e S. Carfora)

### Sicilia

- Fig. 4.44/45 - Regione Siciliana - Assessorato Agricoltura e Foreste, cortesia di F. Guaitoli e M.G. Matranga (Rielaborazione grafica F. Fumanti e S. Carfora)

### Sardegna

- Fig. 4.46/47 - Regione Autonoma della Sardegna, cortesia di G. Loj e S. Madrau (Rielaborazione grafica F. Fumanti e S. Carfora)

### Le altre regioni

Fotografia E. Vittori

