

QUALITÀ DEL SUOLO

È fondamentale sviluppare e consolidare a livello europeo e nazionale una rete di monitoraggio dei fenomeni di degrado dei suoli. In particolare, la bassa pianura della nostra regione è stata identificata come un'area a rischio di compattazione, in cui i suoli possono presentare ridotte funzioni ecologiche.

Laura Catalano
ARPA FVG
Gestione attività centralizzate di rilievo regionale

Il suolo rappresenta una risorsa sostanzialmente non rinnovabile nel senso che la velocità di degradazione è potenzialmente rapida, mentre i processi di formazione e rigenerazione sono estremamente lenti. Si tratta di un sistema aperto, in equilibrio dinamico con le altre componenti ambientali ed in continua evoluzione (Benedetti, Mocali, 2009). Il suolo svolge numerose e importanti funzioni, fra le quali possiamo annoverare la produzione di biomassa, la filtrazione e trasformazione di sostanze e nutrienti, la presenza di pool di biodiversità, la funzione di piattaforma per la maggior parte delle

attività umane, la fornitura di materie prime, la funzione di deposito di carbonio e nutrienti, la conservazione del patrimonio geologico e archeologico.

Nel definire cosa si intende per suolo occorre considerare la complessità dei fenomeni che ne caratterizzano la genesi oltre che la molteplicità e varietà delle sue componenti. Una definizione che tiene conto dell'importanza cruciale dell'attività biologica nel suolo è quella riportata nella Comunicazione della Commissione Europea COM(2002)179: «con il termine suolo si definisce lo strato superiore della crosta terrestre, formato da particelle minerali, materia organica, acqua, aria e organismi viventi». Un suolo, infatti, contrariamente a quanto si è soliti pensare, è prima di tutto un articolato sistema biologico regolato da meccanismi metabolici complessi e ancora non completamente compresi (Benedetti, Mocali, 2008; Nannipieri *et al.*, 2003; Nannipieri, Dumontet, Gianfreda, 2005).

Per la varietà unica delle funzioni che esplica, indispensabili alla vita, e per il fatto che rappresenta un nodo importante negli equilibri ambientali, al suolo è stato finalmente riconosciuto un ruolo di primo piano ai fini della sostenibilità a lungo termine della comunità (Garbisu, Alkorta, Epelde, 2011; Herrick 2000). Proprio per il fatto che il suolo esplica numerose e diverse funzioni, non è stata ancora raggiunta una definizione compiuta ed univoca del concetto di 'qualità del suolo' (Karlen *et al.* 1997; Sequi, Benedetti, Dell'Abate, 2006); qui si riporta quanto proposto dalla Soil Science Society of America nel 1997 che, sulla scorta di quanto suggerito da Doran e Parkin nel 1994, considera la qualità del suolo come «la capacità del suolo di funzionare entro i limiti dell'ecosistema per sostenere la produttività biologica, mantenere la qualità ambientale e promuovere la salute vegetale e animale».

I fenomeni di degrado e di miglioramento della qualità del suolo hanno un'incidenza rilevante anche su altri settori di interesse quali la tutela delle acque superficiali e sotterranee, la salute umana, i cambiamenti climatici, la tutela della natura e della biodiversità, la sicurezza alimentare (Hesterberg, 1998; Ledin, 2000; Montanarella, 2011). Un suolo 'vitale e ben mantenuto', infatti, attraverso processi di assorbimento e di trasformazione/decomposizione di natura chimica, fisica e biologica, è in grado di agire

in modo efficace da barriera e da filtro nei confronti di sostanze inquinanti derivanti da apporti esterni (Brady, Weil, 2002; Sequi, 2005).

La Comunicazione della Commissione Europea COM(2002)179 individua gli otto principali processi di degrado del suolo che colpiscono l'Unione Europea: erosione, diminuzione della materia organica, contaminazione, salinizzazione, compattazione, diminuzione della biodiversità del suolo, impermeabilizzazione, inondazioni e smottamenti.

Nelle comunicazioni della Commissione Europea COM(2002)179, COM(2006)231 e nella 'Proposta di Direttiva del Parlamento Europeo e del Consiglio che istituisce un quadro per la protezione del suolo e modifica la Direttiva 2004/35/CE' (COM(2006)232), la compattazione e la salinizzazione, contestualmente ai processi di erosione, diminuzione di materia organica ed agli smottamenti, sono individuati tra i fenomeni di degrado del suolo per i quali si dovrà procedere all'identificazione delle aree a rischio.

Di seguito si approfondiranno gli aspetti connessi alla compattazione e salinizzazione dei suoli.

Compattazione. Dal punto di vista fisico la compattazione può essere definita come la compressione del suolo in un volume minore a seguito della diminuzione degli spazi esistenti tra le particelle che lo costituiscono; di norma interessa la parte più superficiale del suolo e comporta una riduzione della disponibilità di acqua ed ossigeno a carico degli apparati radicali con conseguente limitazione della loro capacità di assorbimento. Il processo di compattazione risulta più grave, se non addirittura irreversibile, qualora sia coinvolta anche la parte di suolo situata al di sotto della strato normalmente lavorato (Pagliai, De Nobili, 1993).

Salinizzazione. Ogni suolo possiede un naturale contenuto in sali, essenziali per lo sviluppo vegetale, che deriva dagli stessi processi pedogenetici che ne hanno determinato la formazione (salinità primaria). I suoli vengono definiti 'salini' quando fattori naturali o antropici determinano un accumulo di sali solubili fino ad un livello tale da compromettere l'attività vegetativa e produttiva delle colture e determinare effetti indesiderati sull'ambiente. Fra le emergenze ambientali direttamente legate alla salinità del suolo un rilievo particolare va dato anche ai cosiddetti processi di 'salinizzazione secondaria', generalmente associati a pratiche antropiche quali l'utilizzo di acque saline per l'irrigazione o il sovrasfruttamento delle falde che comporta l'intrusione dell'acqua del mare (fig. 7). Per i suoli a granulometria fine il fenomeno della salinizzazione è spesso associato al ristagno idrico e alla compattazione (Di Fabbio, Fumanti, 2008; Basso, 2005).

La percezione del suolo nella Comunità Europea

Le difficoltà incontrate nel cammino legislativo europeo verso una Strategia Tematica per la Protezione del Suolo hanno messo in evidenza come una legislazione comune non possa essere sviluppata senza un adeguato coinvolgimento della società civile. Infatti per una popolazione in larghissima maggioranza urbana, solo riguadagnando il collegamento con il suolo e la consapevolezza della sua funzione di sostentamento alla vita sarà possibile raggiungere gli obiettivi prefissati.

Al fine di rendere efficace una politica di protezione del suolo è necessario che a livello europeo siano stabiliti obiettivi e principi comuni e che gli Stati membri abbiano la facoltà di adottare le modalità di applicazione più opportune a livello amministrativo e territoriale. Gli Stati membri saranno tenuti ad individuare le aree a rischio in base ad elementi comuni, a fissare obiettivi di riduzione del rischio per le aree in questione e a preparare programmi contenenti le misure necessarie per conseguire tali obiettivi. Per una politica di protezione del suolo mirata ed efficace è, infatti, necessario sapere dove sta avvenendo il degrado (Montanarella, 2011).

La compattazione dei suoli può indurre un aumento del ruscellamento superficiale e dei fenomeni erosivi, favorire la diminuzione del tasso di biodiversità, provocare una riduzione delle rese colturali e un abbassamento della qualità dei prodotti agricoli.

Indicatore 1: Suscettibilità alla compattazione

Dall'analisi della carta del rischio di compattazione (fig. 1), emerge che il 30% dell'intero territorio di pianura e delle colline moreniche mostra un rischio forte, mentre il rischio è debole sul 44% dell'area indagata. Si può notare come nei rilievi morenici e nell'alta pianura, costituita da terreni a granulometria prevalentemente grossolana a buon drenaggio, i due terzi dei suoli presentino un basso rischio di compattazione e sia molto limitata l'estensione delle aree con rischio forte. Per contro va posta maggiore attenzione a questo fenomeno in alcune zone della pianura regionale di seguito brevemente descritte.

Un primo settore che si presenta sensibile al rischio di compattazione è costituito dalla bassa pianura e dal

settore costiero e perilagunare, dove il rischio è moderato per un terzo del territorio ed elevato per più della metà dei suoli. Si tratta di territori caratterizzati da suoli a granulometrie prevalentemente fini e dal drenaggio difficoltoso, con presenza di orizzonti massivi in profondità e di falde sottosuperficiali, elementi che contribuiscono ad innalzare il rischio di compattazione.

Presenta un rischio di compattazione forte o moderato anche la pianura del torrente Torre, caratterizzata dalla diffusa presenza di suoli a granulometria argillosa e, soprattutto nel settore meridionale, dal drenaggio imperfetto o difficoltoso.

Presentano un forte rischio di compattazione le aree pedecollinari e quelle interessate dalla deposizione e rielaborazione di sedimenti di suolo da parte dei corsi d'acqua che incidono i rilievi prealpini. Situazioni analoghe caratterizzano le bassure comprese tra le cerchie dell'anfiteatro morenico tilaventino (Michelutti, Barbieri, Bianco, 2008).

Fattori che determinano il rischio di compattazione dei suoli

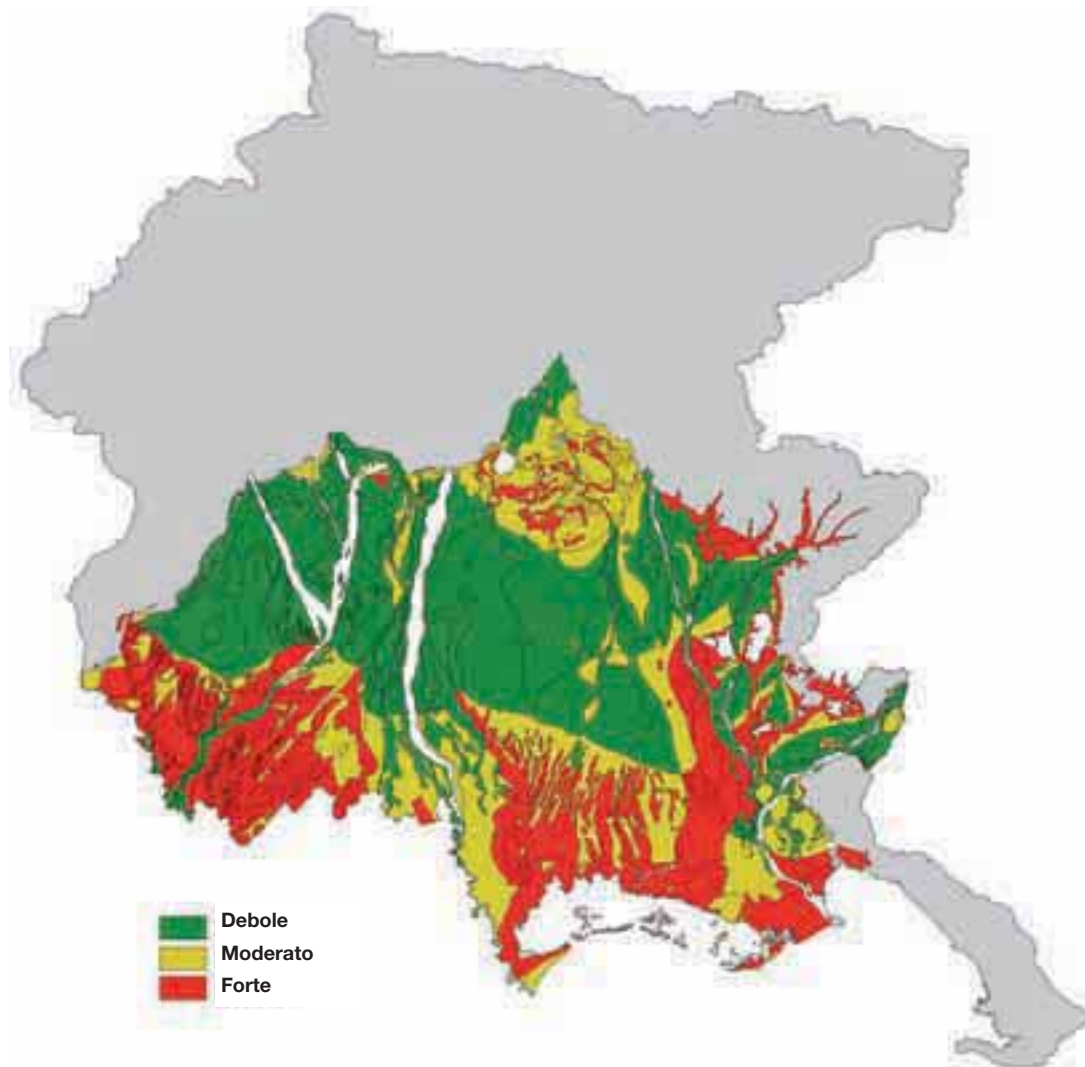
Le principali cause che generano il fenomeno della compattazione sono di tipo naturale (azione battente delle piogge, rigonfiamento e crepacciamento dei terreni, azione delle radici) e antropico (traffico di macchine agricole, lavorazioni del suolo, pascolamento); la compattazione, a sua volta, può indurre un aumento del ruscellamento superficiale e l'instaurarsi di fenomeni erosivi, favorire la diminuzione del tasso di biodiversità modificando le comunità di microrganismi presenti nel suolo, provocare una riduzione delle rese colturali e un abbassamento della qualità dei prodotti agricoli (fig. 3).

La compattazione del suolo, dovuta all'azione di compressione esercitata dal passaggio delle macchine operatrici, è una problematica presente in agricoltura ma molto spesso sottovalutata; tale azione di compressione provoca l'aumento della densità del suolo, la conseguente riduzione della sua porosità e capacità di infiltrazione da parte dell'acqua e dell'aria (fig. 4), la diminuzione del tasso di crescita delle radici e situazioni di asfissia a carico dell'apparato radicale (fig. 5) (Di Fabbio, Fumanti, 2008; ISPRA, 2010).

La frequente sommersione dei suoli coltivati in occasione di piogge intense e concentrate in brevi intervalli di tempo è spesso imputabile alla presenza di un suolo compattato che esibisce difficoltà di drenaggio (fig. 6).

Il fenomeno della compattazione viene accentuato quando alcune operazioni colturali sono eseguite al di fuori delle condizioni di lavorabilità dei suoli (tempera), in particolare nel caso si tratti di suoli argillosi. L'esigenza, infatti, di effettuare la raccolta o di procedere a trattamenti in maniera tempestiva, soprattutto sulla vite e sui fruttiferi, porta ad entrare sul terreno con le macchine agricole anche quando le condizioni

FIGURA 1. CARTA DEL RISCHIO DI COMPATTAZIONE DELLA PIANURA E DELL'ANFITEATRO MORENICO DELLA REGIONE FRIULI VENEZIA GIULIA.



Fonte: ERSA FVG - Servizio ricerca e sperimentazione.

di umidità del suolo sono elevate, aumentando così il grado di compattamento (Sivilotti, Malossini, 2008). Talvolta la mancanza di attenzione rivolta al fenomeno della compattazione induce ad attribuire la riduzione delle rese agricole ad altre problematiche, di importanza secondaria, e quindi ad eseguire interventi di fatto non necessari o risolutivi (Rota, 2008).

Indicatore 2: Grado di salinizzazione

Recentemente un'indagine conoscitiva effettuata sul territorio nazionale ha evidenziato che le aree maggiormente affette da salinizzazione risultano essere la bassa pianura padano-veneta, le aree costiere tirreniche ed adriatiche e le isole. Negli ambienti litoranei dell'Alto Adriatico la presenza di suoli salini è dovuta principalmente all'intrusione dell'acqua di mare nelle acque sotterranee a causa della subsidenza di suoli paludosi salmastri, provocata, tra l'altro, dagli emungimenti delle falde per scopi irrigui o industriali e per attività di bonifica (ISPRA, 2009).

I valori massimi puntuali relativi a conducibilità e contenuto in sodio scambiabile ottenuti per la provincia di Gorizia – rispettivamente intorno a 10 mS/cm e 2500 mg/kg in prossimità della località Raugna situata a poche decine di metri dal limite lagunare – indicano che il fenomeno è presente; effetti visibili sulle colture, riscontrabili anche nel settore udinese, evidenziano che viene interessata solamente una limitata fascia perilagunare, dell'ordine di poche centinaia di metri al massimo dal margine lagunare.

Nella fascia costiera l'estensione verso l'interno del processo di salinizzazione pare ancor più limitata, probabilmente in ragione della granulometria grossolana dei suoli: già a 100-150 m dalla costa, nella zona della bonifica del Brancolo, sono stati rilevati valori di conducibilità quasi sempre inferiori ai 4 mS/cm, limite convenzionale per definire i suoli come salini.

Sono interessate dalla presenza di suoli salini anche le aree adibite a valli da pesca e quelle soggette a periodica sommersione da parte del mare, le spiagge ed i banchi sabbiosi, le isole lagunari. A queste aree, caratterizzate da una naturale presenza di acqua marina, non è tuttavia attribuibile un processo di salinizzazione secondaria in corso (Barbieri, Michelutti, 2008).

Nella figura 2 sono evidenziati i suoli affetti da salinizzazione nella fascia costiera e perilagunare della provincia di Gorizia.

Fattori che determinano il grado di salinizzazione dei suoli

L'accumulo di sali è un fattore fortemente degradante la qualità fisica e biologica del suolo. Le cause della salinizzazione vanno ricercate nel crescente uso per scopi irrigui di acqua con un elevato contenuto di sali, nell'eccessivo sfruttamento delle acque sotterranee e nell'intrusione di acqua marina nelle falde acquifere costiere (fig. 7). Il fenomeno della salinizzazione può peggiorare in seguito al verificarsi di cambiamenti climatici in grado di incrementare l'aridità dei suoli e, di conseguenza, causare un accumulo di sali indotto da una minore lisciviazione.

Tra le conseguenze imputabili all'accumulo di sali nel suolo si possono annoverare l'essiccamento fisiologico dei vegetali o, comunque, una drastica riduzione della fertilità, la formazione di croste superficiali, la degradazione della struttura stessa del suolo che comporta come effetti diretti la diminuzione della biodiversità, attraverso la modifica della struttura delle comunità di microrganismi presenti, e l'incremento dei fenomeni erosivi (fig. 8) (Di Fabbio, Fumanti, 2008).

Alcune azioni intraprese per conoscere il fenomeno di degrado dei suoli

Già la Comunicazione della Commissione Europea COM(2002)179 contempla l'obiettivo di stabilire una base legislativa per il monitoraggio del suolo e per assicurarne la protezione dal degrado.

FIGURA 2. SUOLI CON EVIDENZA DI SALINIZZAZIONE NELLA FASCIA COSTIERA E PERILAGUNARE DELLA PROVINCIA DI GORIZIA.



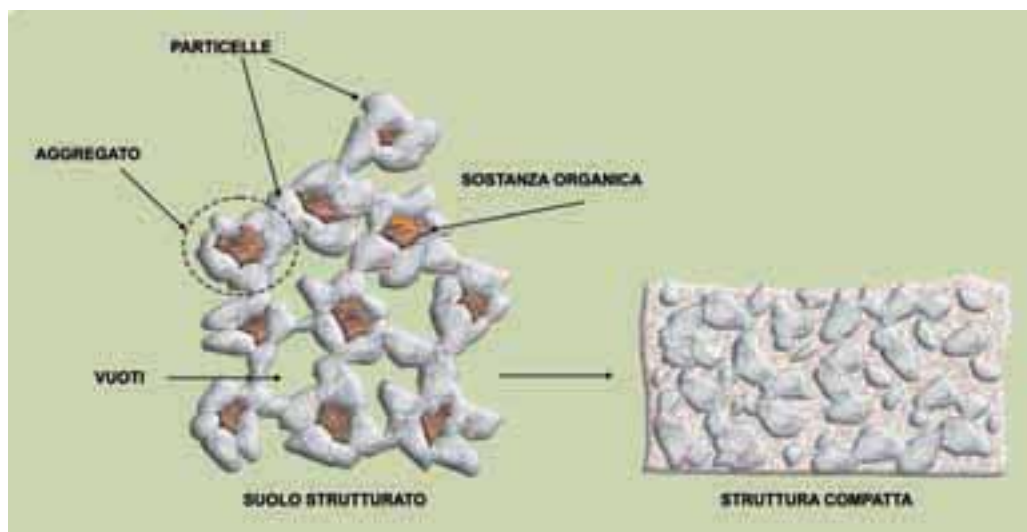
Fonte: ERSÀ FVG - Servizio ricerca e sperimentazione.

FIGURA 3. SUOLO COLTIVATO CHE HA SUBITO UN PROCESSO DI COMPATTAZIONE: IN EVIDENZA L'IMPRONTA LASCIATA DALLE MACCHINE OPERATRICI E LA RIDUZIONE DELLE RESE CULTURALI.



Fonte: ERSAF Lombardia, in Di Fabbio, Fumanti (2008).

FIGURA 4. PERDITA DELLA STRUTTURA DEL SUOLO CON IL PASSAGGIO AD UN SUOLO ASTRUTTURATO (COMPATTATO).



Fonte: Di Fabbio, Fumanti (2008).

FIGURA 5. SVILUPPO RADICALE IN UN NORMALE STRATO DI SUOLO COLTIVATO (A) E IN UN ORIZZONTE COMPATTATO (B).



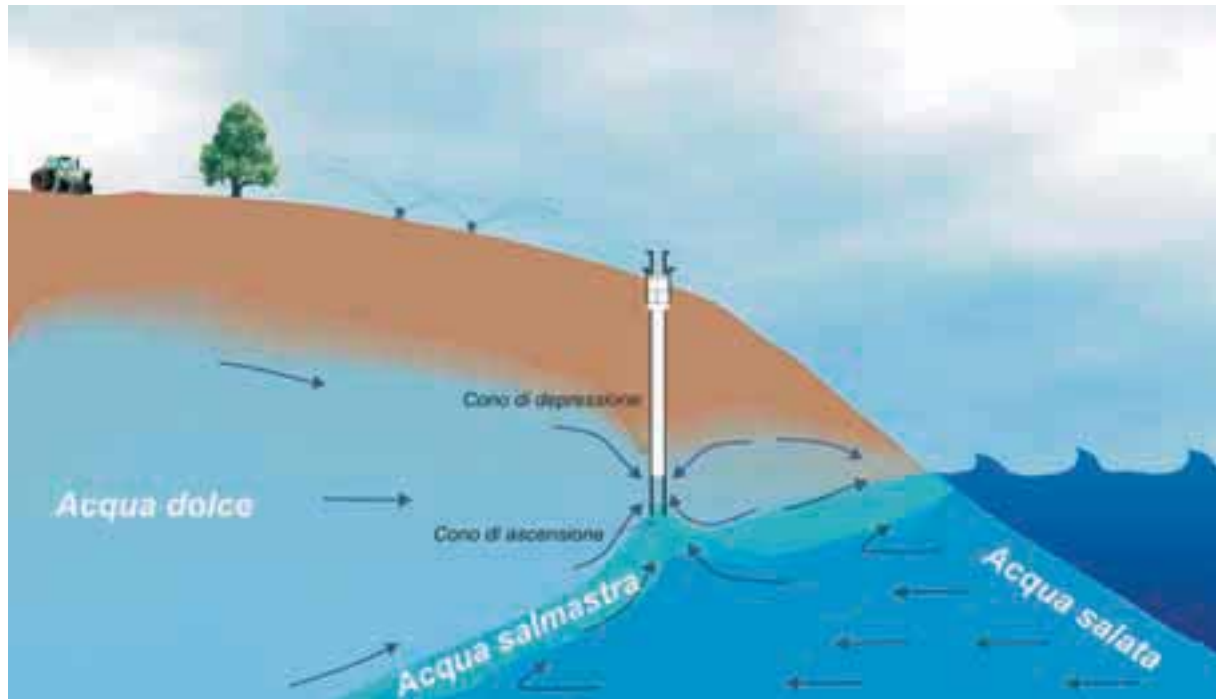
Fonte: Regione Campania, Assessorato all'Agricoltura, SeSIRCA - foglio divulgativo di pedologia, luglio-agosto 2011.

FIGURA 6. SUOLO COMPATTATO CHE PRESENTA UNA RIDOTTA CAPACITÀ DI INFILTRAZIONE DELL'ACQUA.



Fonte: *European Atlas of Soil Biodiversity*, European Commission, 2010.

FIGURA 7. IL SOVRASFRUTTAMENTO DELLE FALDE PROVOCA L'ABBASSAMENTO DEL LIVELLO DELL'ACQUA E CONSEGUENTEMENTE LA POSSIBILITÀ DI INTRUSIONE SALINA NELLE AREE COSTIERE. QUANDO I PRELIEVI DELLE ACQUE MEDIANTE POZZI E CAPTAZIONI SONO SUPERIORI ALLA RICARICA NATURALE DELLE FALDE ACQUIFERE, IL LIVELLO DELL'ACQUA PUÒ SCENDERE DRASTICAMENTE FINO A COMPROMETTERE LA RISERVA IDRICA.



Fonte: Di Fabbio, Fumanti (2008).

A livello nazionale, la parte III, sezione I 'Norme in materia di difesa del suolo e lotta alla desertificazione' del D.lgs. 152/2006, espone agli articoli 53 e 54 alcuni concetti di ordine generale, delinea compiti coordinati tra Enti regionali ed Organismi nazionali ai fini dello svolgimento di attività conoscitive e di risanamento riguardanti lo stato dei suoli (art. 55), demanda l'operatività in materia di difesa del suolo alle Regioni e ad altri Organi amministrativi e tecnici locali (artt. 61 e 62); tuttavia, tranne che per alcune 'minacce', quali ad esempio la contaminazione locale/diffusa e inondazioni/smottamenti, la norma italiana non traccia linee tecniche specifiche ed organiche in materia di salvaguardia dei suoli dal degrado. Si rileva, in ogni caso, che all'allegato 11 della parte III del D.lgs. 152/2006, ad integrazione delle 'misure di base' richieste ai sensi delle direttive comunitarie più importanti per la tutela dell'ambiente, è compresa la voce 'impianti di desalinizzazione' come misura supplementare, che le Regioni possono decidere di adottare all'interno di ciascun distretto idrografico, per migliorare la qualità delle acque.

Compattazione. Non disponendo in regione di rilievi diretti sullo stato di compattazione dei suoli, è stata effettuata una prima valutazione del rischio in maniera indiretta, utilizzando le informazioni disponibili sulle caratteristiche granulometriche dei suoli e sulle loro qualità idrologiche. Si è ottenuta in questo modo la carta del rischio di compattazione (fig. 1).

Salinizzazione. Il fenomeno della salinizzazione in regione non è ancora stato studiato in maniera organica, ma sui suoli della porzione costiera della provincia di Gorizia sono state effettuate alcune misure analitiche per determinare la conducibilità ed il contenuto in sodio scambiabile degli orizzonti superficiali, maggiormente critici per le colture e più soggetti alla formazione di croste. L'area perilagunare della provincia di Udine è stata oggetto di una prima ricognizione che pare confermare quanto già rilevato nella zona costiera orientale della regione.

Possibili interventi per contenere il degrado dei suoli

È fondamentale disporre per il suolo di una direttiva quadro europea che rivesta carattere di cogenza. Attualmente nella proposta di direttiva sono contenuti principi ed obiettivi comuni finalizzati alla difesa e all'utilizzo sostenibile del suolo; il legislatore, infatti, essendo consapevole che il suolo all'interno della Comunità Europea presenta un'estrema variabilità, delinea un quadro generale a livello europeo ma demanda a politiche nazionali e locali l'adozione di misure efficienti e specifiche per affrontare ed arrestare i fenomeni di degrado.

Gli Stati membri potranno quindi superare ciò che attualmente si configura come un approccio frammentario adottando provvedimenti di tutela armonizzati a livello europeo e comunque specifici in base alle tipologie di suoli presenti nei territori di competenza, pianificando in modo sistematico le strategie a medio e lungo termine in grado di incentivare, al contempo, un uso sostenibile del suolo. Un approccio di questo tipo consentirà di proteggere l'ecosistema suolo attuando misure di risanamento/mitigazione e, soprattutto, misure di prevenzione del degrado (Montanarella, 2011).

Compattazione. È possibile prevenire efficacemente o almeno mitigare il processo di compattazione del suolo attraverso l'attuazione di buone pratiche agricole: porre attenzione alle condizioni di umidità del suolo al momento della lavorazione; ridurre il numero di passaggi delle macchine operatrici; allo scopo di diminuire la pressione per unità di suolo, utilizzare pneumatici a sezione larga e a bassa pressione, impiegare trattrici munite di cingoli o con gemellatura delle ruote (fig. 9), avvalersi di macchine agricole meno pesanti; usare specifiche attrezzature per la decompattazione; adottare sistemi di lavorazione del suolo

FIGURA 8. EVIDENZE DI ACCUMULO DI SALI NELLO STRATO SOTTOSUPERFICIALE DEL SUOLO.



Fonte: Regione Sicilia, in Di Fabbio, Fumanti (2008).

FIGURA 9. TRATTRICE MUNITA DI RUOTE GEMELLATE (SINISTRA) E DI CINGOLI (DESTRA).



finalizzati a ridurre la formazione della caratteristica suola d'aratura ovvero di uno strato compatto e impermeabile al limite inferiore della coltivazione (30-40 cm) (Sartori, 2008).

Salinizzazione. Il problema della salinizzazione in regione non appare assumere una connotazione emergente; va posta comunque la dovuta attenzione alla qualità e al contenuto in sali dell'acqua utilizzata per l'irrigazione delle colture. Poiché il miglioramento della qualità dei suoli affetti da salinizzazione risulta estremamente difficile, le azioni di prevenzione devono avere la priorità su quelle di recupero.

Sviluppo delle reti di monitoraggio per la tutela dei suoli

La proposta di Direttiva quadro europea per la protezione del suolo (COM(2006)232) stabilisce che gli Stati membri individuino sul loro territorio nazionale le aree a rischio, nelle quali, cioè, insistono fenomeni di degradazione del suolo oppure esiste il fondato motivo che tali fenomeni possano verificarsi in un prossimo futuro.

Nella Comunicazione COM(2006)232 sono inoltre individuati, a titolo non esaustivo, elementi comuni per l'identificazione delle aree a rischio. Per quanto riguarda la valutazione del degrado dovuto alla compattazione gli elementi comuni sono l'unità tipologica di suolo, la tessitura e la densità apparente dello strato superficiale e profondo del suolo, la materia organica del suolo, il clima, la copertura e l'utilizzo del suolo (compresa la gestione dei terreni, i sistemi agricoli e la silvicoltura), la topografia.

Per l'identificazione delle aree a rischio di salinizzazione, invece, gli elementi comuni individuati sono: unità tipologica di suolo, tessitura del suolo, proprietà idrauliche del suolo, zone irrigue / proprietà chimiche dell'acqua irrigata / tipo di tecniche irrigue, informazioni sulle acque sotterranee, clima.

La Comunità ritiene necessario sviluppare e consolidare a livello europeo e nazionale una rete di monitoraggio dei fenomeni di degrado dei suoli e, contestualmente, un sistema armonizzato di raccolta delle informazioni e di riutilizzo dei dati ambientali esistenti. Lo scopo prefissato non dovrà essere solo quello di descrivere un quadro dettagliato della situazione in atto, ma prevedere l'evoluzione nel medio e lungo periodo del processo di deterioramento dei suoli oltre che la reale efficacia delle azioni di miglioramento e prevenzione intraprese (Gasparetto, Giandon, Cappellin, 2005; Giandon *et al.*, 2004).

A questo proposito si evidenzia che in ambito nazionale è stato emanato il D.lgs. 32/2010, di recepimento della Direttiva 2007/2/CE 'INSPIRE'; il D.lgs. 32/2010 sancisce l'integrazione dei dati ambientali con i dati territoriali come condizione necessaria per la costituzione di una base di conoscenza a supporto delle politiche ambientali, in modo pienamente coerente con quanto indicato dalla Commissione Europea nella COM(2008)46 'SEIS' che estende i principi della Direttiva 'INSPIRE' al complesso delle informazioni ambientali.

In tale contesto è stato avviato a livello nazionale il Progetto 'SIAS', finalizzato alla costruzione di indicatori ambientali per il suolo a partire dall'armonizzazione delle informazioni disponibili a livello regionale. Lo sviluppo di queste metodologie e la creazione di un'apposita rete di monitoraggio del suolo italiano – come del resto avviene già da anni per altre matrici ambientali – permetteranno non solo la costruzione di nuovi indicatori e una maggiore rappresentatività di quelli esistenti, ma anche l'utilizzo di modelli a risoluzioni tali da consentire la rappresentazione delle problematiche con modalità realmente utilizzabili dai decisori politici e dalle amministrazioni competenti. La comprensione del modo nel quale i processi variano al variare della scala sia geografica (parcella, versante, bacino idrografico, regione) che temporale (singolo evento, poliennale) è, infatti, essenziale per la rappresentazione delle minacce e del significato che esse possono assumere in ambito politico-amministrativo (ISPRA, 2010).

Infine per una gestione del suolo sostenibile ed il più possibile condivisa, la Comunità Europea sottolinea l'esigenza di effettuare campagne di sensibilizzazione a livello nazionale e locale sui fattori di deterioramento del suolo e di garantire piattaforme di comunicazione per lo scambio di informazioni sulle 'buone pratiche' nella gestione di questa risorsa.

STRUTTURA DELL'INDICATORE

NOME	Suscettibilità alla compattazione Grado di salinizzazione
DPSIR	Stato (ISPRA, 2010) Pressioni (<i>European Atlas of Soil Biodiversity</i> , European Commission, 2010)
UNITÀ DI MISURA	<i>Suscettibilità alla compattazione</i> È stato valutato il rischio di compattazione in relazione alle caratteristiche granulometriche dei suoli e alle loro qualità idrologiche. È stato utilizzato un metodo parametrico a punteggi, attribuendo lo stesso peso ad ognuno dei tre parametri considerati. Per l'attribuzione dei punteggi sono state prese in considerazione le qualità dei suoli che maggiormente condizionano la compattazione: granulometria, riserva idrica e drenaggio interno (tab. 1). La somma dei punteggi attribuiti alle qualità ha fornito il punteggio e la classe di rischio per ogni tipologia di suolo. Con riferimento al suolo principale, a ciascuna unità cartografica di suolo è stata poi attribuita la classe di rischio debole, moderata o forte.

TABELLA 1. SCHEMA PER L'ATTRIBUZIONE DEI PUNTEGGI DI VALUTAZIONE DEL RISCHIO DI COMPATTAZIONE.

Qualità suoli	Classi di rischio di compattamento		
	Forte	Moderato	Debole
Granulometria	Argillosa Limosa fine	Franca fine Limosa grossolana Scheletrico-argillosa	Franca grossolana Scheletrico-franca Sabbiosa Scheletrico-sabbiosa Frammentale
Riserva idrica	>200 mm	150-200 mm	<150 mm
Drenaggio interno	Molto mal drenato Mal drenato Piuttosto mal drenato	Moderatamente ben drenato	Ben drenato Piuttosto eccessivamente drenato Eccessivamente drenato

Grado di salinizzazione

Tra le caratteristiche chimico-fisiche dei suoli, quelle che maggiormente indicano il livello di salinizzazione sono:

- la 'conducibilità' (più propriamente conduttività elettrica dell'estratto saturo di terreno, EC_e , espressa in mS/cm);
- il 'contenuto in sodio scambiabile' (mg/kg; secondo l'U.S. Salinity Lab. Riverside l'Exchangeable Sodium Percentage, $ESP = Na\ scamb./CSC \times 100$ dove Na e CSC sono espressi in milliequivalenti per 100 g di terreno);
- il pH.

Un suolo viene definito 'salino' quando possiede una EC_e superiore a 4 mS/cm a 25 °C, un ESP minore di 15 ed un pH che va da 7,1 ad 8,5 (tab. 2).

TABELLA 2. CLASSIFICAZIONE DEI TERRENI SALSI O RICCHI DI SODIO (U.S. SALINITY LAB. RIVERSIDE, CALIFORNIA).

Terreni	EC _e (mS/cm)	ESP (%)	pH
salini (saline soils)	>4	<15	<8,5
salini-alcalini (saline-sodic soils)	>4	>15	<8,5
alcalini non salini (sodic soils)	<4	>15	>8,5

Fonte: Giardini, 1986.

FONTI	ERSA FVG - Servizio ricerca e sperimentazione, Pozzuolo del Friuli (Udine).
COPERTURA SPAZIALE DATI	Suscettibilità alla compattazione: regione Friuli Venezia Giulia Grado di salinizzazione: provincia di Gorizia
COPERTURA TEMPORALE DATI	Suscettibilità alla compattazione: dati 1990-2008 Grado di salinizzazione: dati 1997-2010

PRINCIPALI NORME DI RIFERIMENTO

Comunicazione COM(2002)179	Comunicazione della Commissione al Consiglio, al Parlamento Europeo, al Comitato Economico e Sociale Europeo e al Comitato delle Regioni - Strategia tematica per la protezione del suolo
Comunicazione COM(2006)231	Comunicazione della Commissione al Consiglio, al Parlamento Europeo, al Comitato Economico e Sociale Europeo e al Comitato delle Regioni - Strategia tematica per la protezione del suolo
Comunicazione COM(2006)232	Proposta di Direttiva del Parlamento Europeo e del Consiglio che istituisce un quadro per la protezione del suolo e modifica la Direttiva 2004/35/CE
GU C 146 30/6/2007	Parere del comitato delle regioni - Strategia tematica per la protezione del suolo
SEC(2006)1165	Sintesi della valutazione d'impatto - Strategia tematica per la protezione del suolo
Direttiva 2007/2/CE	Direttiva che istituisce un'infrastruttura per l'informazione territoriale nella Comunità Europea (INSPIRE)
Comunicazione COM(2008)46	Comunicazione della Commissione al Consiglio, al Parlamento Europeo, al Comitato Economico e Sociale Europeo e al Comitato delle Regioni - Verso un sistema comune di informazioni ambientali (SEIS)
D.lgs. 27 gennaio 2010, n. 32	Attuazione della Direttiva 2007/2/CE che istituisce un'infrastruttura per l'informazione territoriale nella Comunità Europea (INSPIRE)
D.lgs. 3 aprile 2006, n. 152	Testo Unico Ambientale. Parte terza. Norme in materia di difesa del suolo e lotta alla desertificazione, di tutela delle acque dall'inquinamento e di gestione delle risorse idriche
SEC(2006) 620	Impact assessment of the thematic strategy on soil protection

GLOSSARIO

Biodiversità. Diversità delle forme viventi presenti in un determinato ambiente e loro abbondanza reciproca (Sequi, 2005).

Capacità di Scambio Cationico (CSC). Quantità massima di cationi che sono adsorbiti in condizioni di equilibrio dal complesso di scambio (Sequi, 2005).

Complesso di scambio. Insieme delle superfici con carica positiva e negativa formate da colloidali minerali e organici, responsabili dell'adsorbimento specifico e non-specifico dei cationi e degli anioni nel suolo (Sequi, 2005).

Conducibilità elettrica. È la misura della conduttività elettrica in estratti acquosi di suolo espressa in mS/cm a 25°C. La conduttività elettrica misura indirettamente la concentrazione totale degli ioni disciolti nella fase liquida del suolo ed è un parametro per la stima della salinità del suolo (Sequi, 2005).

Densità apparente. Rapporto tra la massa del suolo essiccato a 105 °C ed il suo volume totale (costituito dal volume della componente minerale, organica e dei pori occupati dall'aria).

Drenaggio. Capacità del suolo di eliminare l'acqua libera presente.

Granulometria. Suddivisione in classi dimensionali delle particelle minerali del suolo.

INSPIRE. INfrastructure for SPatial InfoRmation in Europe.

Lisciviazione. Processo che consiste nel movimento di elementi solubili e poco solubili da strati superficiali a strati profondi del suolo.

Materia organica. Materiale di origine vegetale ed animale, nei suoi vari stadi di trasformazione, presente nel suolo.

Orizzonte. Strato di suolo approssimativamente parallelo alla superficie, che possiede specifiche caratteristiche chimiche, fisiche e biologiche, risultato dei processi di formazione del suolo (Sequi, 2005).

Orizzonte massivo. Strato di suolo costituito da materiale compatto che nell'aggregarsi non dà origine a una disposizione ordinata con piani naturali a minore resistenza.

Parcella. Porzione di suolo contigua e omogenea per tipo di occupazione e conduzione.

pH. Logaritmo decimale negativo delle attività dei pro-

toni in soluzione ($-\log [H^+]$). I valori di pH misurati in sospensione di suolo sono indicativi del grado di reazione del sistema: acida, neutra o alcalina (Sequi, 2005).

Porosità. Rappresenta la percentuale di spazi vuoti presenti in un determinato volume di suolo; i pori vengono in genere differenziati in base alla forma ed alle dimensioni, in quanto influenzano ritenzione e movimento dell'acqua e dell'aria nel suolo (Sequi, 2005).

Ruscigliamento. Movimento di acqua sulla superficie del suolo lungo la linea di maggior pendenza; può produrre asportazione di particelle ed erosione (Sequi, 2005).

Sali solubili. Sali con solubilità maggiore del gesso ($NaCl$, KCl , Na_2CO_3 , Na_2SO_4) (Sequi, 2005).

SEIS. Shared Environmental Information System.

SIAS. Sviluppo di Indicatori Ambientali del Suolo.

Sodio scambiabile. Il sodio presente sul complesso di scambio e scambiabile con una soluzione salina (Sequi, 2005).

Soil Science Society of America. Società Americana di Scienza del Suolo.

Struttura del suolo. Disposizione tridimensionale delle particelle che costituiscono le fasi solide e fluide (liquida e gassosa) del suolo; si esprime in forma di aggregazione e porosità che si prestano particolarmente bene a caratterizzarne la stabilità (Sequi, 2005).

Subsidenza. Lento e progressivo abbassamento verticale del suolo.

Suola d'aratura. Zona compatta d'interfaccia fra lo strato arato e il suolo naturale.

Suolo. Sistema complesso, multifasico e multicomponente, prodotto dell'alterazione (*weathering*) di un substrato litologico originario (materiale genitore o roccia madre) determinata da diversi fattori ambientali, quali il clima, l'attività biologica e antropica e la topografia, nel corso del tempo.

Tempera. Rappresenta la migliore condizione di umidità del suolo ai fini della sua lavorabilità.

Tessitura. Esprime la distribuzione per grandezza delle particelle minerali che compongono la frazione della terra fine (<2 mm) di un suolo; la terra fine si suddivide in sabbia, limo ed argilla (Sequi, 2005).

Tilaventino. Relativo al fiume Tagliamento (dal latino *Tilaventum*).

BIBLIOGRAFIA

- Barbieri S., Michelutti G. (2008), *Friuli Venezia Giulia*, in Di Fabio A., Fumanti F. (a cura di) (2008), *Il suolo. La radice della vita*, Roma, APAT, 86-87.
- Basso F. (2005), *Modificazioni degli ecosistemi*, in Id. (a cura di), *Difesa del suolo e tutela dell'ambiente*, Bologna, Pitagora, 35-75.
- Benedetti A., Gianfreda L. (coord.) (2004), *Metodi di analisi biochimica del suolo*, Milano, FrancoAngeli.
- Benedetti A., Mocali S. (2008), *Analisi a livello di suolo*, in *Indicatori di biodiversità per la sostenibilità in agricoltura*, Roma, ISPRA, 159-208.
- Benedetti A., Mocali S. (2009) *La qualità del suolo: chiave delle produzioni sostenibili*, in «Italian Journal of Agronomy», Suppl. 1, 13-21.
- Brady N.C., Weil R.R. (2002), *The nature and properties of soils*, 13th edition, New Jersey, Prentice Hall.
- Di Fabio A., Fumanti F. (a cura di) (2008), *Il suolo. La radice della vita*, Roma, APAT.
- Doran J.W., Parkin T.B. (1994), *Defining and assessing soil quality*, in *Defining soil quality for a sustainable environment*, SSSA Spec. Publ. 35, Madison (WI), SSSA and ASA, 3-21.
- Garbisu C., Alkorta I., Epelde L. (2011), *Assessment of soil quality using microbial properties and attributes of ecological relevance*, in «Applied Soil Ecology», 49, 1-4.
- Gasparetto G., Giandon P., Cappellin R. (2005), *Una rete di monitoraggio ambientale dei suoli nel Veneto*, in Atti del XVIII convegno dell'ordine dei biologi su 'Sicurezza alimentare, rischio biologico e chimico', Bellaria (RN).
- Giandon P., Cappellin R., Barberis R. et al. (2004), *Elementi di progettazione della rete nazionale di monitoraggio del suolo a fini ambientali*, APAT - Centro Tematico Nazionale Territorio e Suolo.
- Giardini L. (1986), *Agronomia generale*, Bologna, Patron.
- Herrick J.E. (2000), *Soil quality: an indicator of sustainable land management?*, in «Applied Soil Ecology», 15, 75-83.
- Hesterberg D. (1998), *Biogeochemicals cycles and processes leading to changes in mobility of chemicals in soils*, in «Agricoltura, Ecosystem and Environment», 67, 121-133.
- ISPRA (2009) *Annuario dei dati ambientali*.
- ISPRA (2010), *Annuario dei dati ambientali*.
- Jeffery S., Gardi C., Jones A. et al. (2010), *European Atlas of Soil Biodiversity*, Luxembourg, European Commission, Publications Office of the European Union.
- Jones A., Montanarella L., Jones R. (2005), *Soil Atlas of Europe*, Luxembourg, European Soil Bureau Network European Commission, Office for Official Publications of the European Communities.
- Karlen D.L., Mausbach M.J., Doran J.W. et al. (1997), *Soil quality: a concept, definition, and framework for evaluation*, in «Soil Sci Soc Am», 61, 4-10.
- Ledin M. (2000), *Accumulation of metals by microorganisms-processes and importance for soil systems*, in «Earth Science Reviews», 51, 1-31.
- Michelutti G., Barbieri S., Bianco D. et al. (2006), *Suoli e paesaggi del Friuli Venezia Giulia - 2. Province di Gorizia e Trieste*, Pozzuolo del Friuli (UD), ERSA - Ufficio del Suolo, Servizio ricerca e sperimentazione.
- Michelutti G., Barbieri S., Bianco D. (2008), *Rischio di compattezza dei suoli della pianura del Friuli Venezia Giulia*, in «Notiziario ERSA», Suppl. 1, 9-12.
- Michelutti G., Zanolla S., Barbieri S. (2003), *Suoli e paesaggi del Friuli Venezia Giulia - 1. Pianura e colline del pordenonese*, Pozzuolo del Friuli (UD), ERSA - Ufficio del Suolo, Servizio della sperimentazione agraria.
- Montanarella L. (2011), *La percezione del suolo nella Comunità Europea*, in *La percezione del Suolo*, Atti del workshop, Brienza, Le Penseur, 94-99.
- Nannipieri P., Ascher J., Ceccherini M.T. et al. (2003), *Microbial diversity and soil functions*, in «Eur J Soil Sci», 54, 655-670.
- Nannipieri P., Dumontet T., Gianfreda L. (2005), *Il suolo come sistema biologico*, in Sequi P. (ed.), *Fondamenti di chimica del suolo*, Bologna, Patron, 147-173.
- Pagliai M. (coord.) (1997), *Metodi di analisi fisica del suolo*, Milano, FrancoAngeli.
- Pagliai M., De Nobili M. (1993), *Relationships between soil porosity, root development and soil enzyme activity in cultivated soils*, in «Geoderma», 56, 243-256.
- Picci G., Nannipieri P. (coord.) (2002), *Metodi di analisi microbiologica del suolo*, Milano, FrancoAngeli.
- Ragazzi F., Sturaro E., Giandon P. et al. (2008), *Soil Salinity in Veneto plain*, Vienna, EUROSOL.
- Rota M. (2008), *Tipologie di attrezzature per la decompattazione del terreno*, in «Notiziario ERSA», Suppl. 1, 25-28.
- Sartori L. (2008), *Il compattamento del terreno: effetti e prevenzione*, in «Notiziario ERSA», Suppl. 1, 13-20.
- Sequi P. (a cura di) (2005), *Fondamenti di chimica del suolo*, Bologna, Patron.
- Sequi P., Benedetti A., Dell'Abate M.T. (2006), *Atlante di Indicatori della Qualità del Suolo*, CRA-Istituto Sperimentale per la Nutrizione delle Piante.
- Sivilotti P., Malossini G. (2008), *I cambiamenti fisiologici radicali indotti da fattori stressanti*, in «Notiziario ERSA», Suppl. 1, 4-8.
- Sparks D.L. (2003), *Environmental Soil Chemistry*, 2nd edition, San Diego (CA, USA), Academic Press.
- Violante P. (coord.) (2000), *Metodi di analisi chimica del suolo*, Milano, FrancoAngeli.