

## DISTRIBUZIONE E CIRCOLAZIONE DEGLI ELEMENTI IN TRACCIA NEI SUOLI STUDIO DI UNA ZONA AGRICOLA DEL CHIANTI

CLAUDIO BINI

Istituto di Geopedologia e Geologia Applicata della Facoltà di Agraria,  
Piazzale Cascine 15, 50144 Firenze

MARIO DALL'AGLIO, ROBERTO GRAGNANI, VINCENZO PAPAGNI

ENEA - Laboratorio Geochimica Ambientale - PAS-SCAMB - C.R.E. Casaccia - C.P. 2400 Roma

**RIASSUNTO.** — Tra l'istituto di Geopedologia e Geologia Applicata della Facoltà di Agraria dell'Università di Firenze ed il Laboratorio di Geochimica Ambientale dell'ENEA è stata intrapresa una collaborazione scientifica con lo scopo di programmare ed attuare un progetto di ricerca sulla distribuzione degli elementi in traccia nei suoli italiani, con la specifica finalizzazione alla protezione ambientale ed agli studi pedogenetici.

In questa sede vengono presentati e discussi i risultati ottenuti nella prima fase della collaborazione che ha riguardato lo studio della distribuzione degli elementi Fe, Mn, Pb, Zn, Cu, Cd, Ni, Co, Cr e V e delle caratteristiche pedologiche e chimico-fisiche in alcuni profili di suoli di una zona agricola del Chianti. Sono stati presi in esame sia profili di suoli « indisturbati » (bosco), che suoli coltivati.

Al fine di ottenere un quadro generale, anche se forzatamente incompleto, dell'area studiata, sono stati esaminati campioni di acque superficiali e sedimenti del torrente Virginio e del fiume Pesa, nonché cinque profili pedologici completi.

Alcuni elementi, quali Fe e Mn, e subordinatamente Ni e Cr, mostrano un aumento di tenore passando dalla superficie all'orizzonte B. Altri elementi come Cu, Zn, Cd e Pb, che sono contenuti in concentrazioni considerevoli in prodotti impiegati in agricoltura (anticrittogamici e fertilizzanti) o provenienti da contaminazione atmosferica, mostrano in genere tenori decrescenti dall'alto verso il basso.

**ABSTRACT.** — A joint research program dealing with the study of trace element distribution in Italian soils, specifically focused on environmental and pedogenetic purpose, has been undertaken between the Geopedology and Applied Geology Institute of Agricultural Sciences of Florence University and the ENEA's Environmental Geochemistry Laboratory.

In the paper the results obtained on the distribution of Fe, Mn, Pb, Zn, Cu, Cd, Ni, Co, Cr and V and on pedological features of five soil profiles from the Chianti area (Florence, Italy) are presented and discussed.

Soil studied are from undisturbed area (forest) as well as from agricultural areas.

Water and stream sediment samples from Virginio creek and Pesa River have been also collected and analyzed in order to gather information about the geochemical background values of the trace elements taken into account.

In the forest soil Fe and Mn, and partially Ni and Cr, show an increasing content from the surface to the B horizon. Cu, Zn and Cd, which are contained in relevant amount in pesticides and fertilizers, show higher content in cultivated soils with respect to undisturbed soil and, in general, increasing content from B horizon to the surface.

### 1. Introduzione

Le ricerche sulla distribuzione e circolazione degli elementi in traccia nell'ambiente hanno visto nell'ultimo decennio una straordinaria crescita di interesse da parte di discipline diverse e con finalità diverse, dallo studio della contaminazione ambientale alle ricerche tossicologiche e nutrizionali.

I risultati di tutte queste complesse ed articolate ricerche permettono di avere un quadro, valido nelle linee generali, sulla circolazione in natura e sui cicli geochimici globali di molti elementi in traccia, pur se permangono ampie zone d'ombra nella conoscenza in termini quantitativi dei flussi e dei tempi di residenza di alcuni elementi in particolari sfere geochimiche (specie idrosfera ed atmosfera) (DALL'AGLIO e FORNASERI, 1981).

Questo rinnovato interesse per le ricerche sulla circolazione degli elementi in traccia nei diversi mezzi ambientali ha generalmente

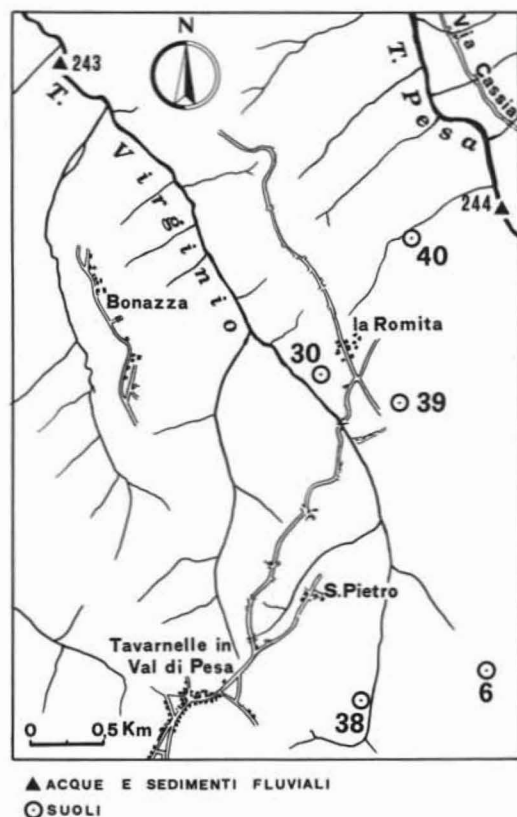


Fig. 1. — Mappa di campionamento dei suoli, delle acque e sedimenti fluviali del F. Pesa e del T. Virginio.

trascurato quel particolare sistema naturale che è il suolo; e questa constatazione è particolarmente valida per il nostro Paese.

Nel parlare di suolo, superando l'uso talora ambiguo di tale espressione, occorre fare riferimento a quell'entità formatasi a spese di una certa roccia, sotto un certo clima, in un particolare paesaggio, ed in continua evoluzione per cause naturali ed antropiche. In ultima analisi, il suolo è il risultato di una serie di reazioni chimico-fisiche e biologiche che conducono a modificazioni della roccia madre di intensità e direzioni diverse a seconda del tipo e della quantità di energia applicate al sistema nel tempo, ed a seconda dell'influenza che i vari fattori possono esercitare (pedogenesi attuale), o hanno potuto esercitare nel passato (paleopedogenesi).

Non è agevole individuare le cause storiche e scientifiche della relativa arretratezza

conoscitiva in campo pedologico anche perchè a partire dalla fine degli anni '30 era stato intrapreso in Russia un sistematico e colossale piano di ricerca sulla distribuzione dei più importanti elementi in traccia nei suoli dell'intera Russia, con il duplice obiettivo di ottenere informazioni sull'esistenza di giacimenti minerali metallici, anche sepolti, e sulle capacità nutrizionali e produttive dei diversi tipi di suolo (VINOGRADOV, 1959).

Come dato di fatto, le attuali conoscenze scientifiche non solo non consentono di disporre di dati attendibili sul tenore di alcuni elementi nei suoli (ad es. Cd.), ma non sono inoltre capaci di chiarire quali sono i processi più importanti che governano la circolazione e la distribuzione degli elementi nei suoli e tra i diversi orizzonti, la cinetica e gli equilibri delle diverse possibili reazioni, i tempi di resistenza dei diversi elementi, ecc.

Un approfondimento delle conoscenze relative alla problematica accennata appare essere utile per le finalizzazioni seguenti.

a) La conoscenza sulla distribuzione degli elementi minori ed in traccia negli orizzonti del suolo può fornire informazioni sui processi pedogenetici che hanno portato alla formazione dei diversi suoli. È noto infatti che la distribuzione degli elementi maggiori nei suoli non conserva memoria delle diverse origini litologiche; la composizione chimica fondamentale dei diversi orizzonti tende, abbastanza velocemente (ordine della migliaia di anni), a convergere verso determinati valori che sono dettati dalle condizioni climatiche, e subordinatamente geomorfologiche, anche a partire da rocce del tutto diverse, come ad esempio rocce cristalline e carbonatiche. Gli elementi in traccia sono invece capaci di conservare memoria della diversa roccia madre di origine; l'applicazione dei metodi di prospezione pedo-geochimica si basa proprio su tale constatazione. Anche se a nostra conoscenza non sussistono indicazioni dirette, è ipotizzabile che ogni importante evento pedogenetico abbia lasciato un fenomeno rilevabile nella distribuzione degli elementi minori ed in traccia lungo il profilo del suolo.

b) Molti elementi in traccia nei suoli svolgono il ruolo di elementi critici, nel senso che il loro tenore deve essere contenuto in un preciso campo di concentrazione

TABELLA 1

Tenori di costituenti maggiori, minori ed in traccia nei campioni di acqua del T. Virginio e Pesa. Tenori di Fe, Mn, Zn, Cu, Pb, Cr, Ni, Co, V e Cd nei relativi sedimenti fluviali

	Data raccolta	t°C	pH	Eh volt	Cond.El. $\Omega^{-1} \text{cm}^{-1} \times 10^{-3}$	Ca	Mg	Na	K	HCO <sub>3</sub>	SO <sub>4</sub>	Cl
	meq/l											
T. VIRGINIO	29-10-80	11	8,1	+0,52	0,75	6,3	0,06	0,96	0,20	6,5	0,54	1,0
F. PESA	29-10-80	10	8,3	+0,49	0,50	4,3	0,09	0,48	0,03	4,7	0,37	0,53

	SiO <sub>2</sub>	NO <sub>3</sub>	NH <sub>3</sub>	U	Li	MP	Cu	Zn	Pb	Cd	Fe	Mn
	mmoli/l											
T. VIRGINIO	0,16	0,1	0,14	0,36	13	3,8	0,69	3	0,21	0,02	37	166
F. PESA	0,12	0,008	0,003	0,28	17	2,8	0,35	1,7	0,23	0,02	16	38

## SEDIMENTI FLUVIALI

	Fe	Mn	Zn	Cu	Pb	Cr	Ni	Co	V	Cd
	%									
T. VIRGINIO	1,65	0,22	48	34	5,1	39	42	11	40	36
F. PESA	1,89	0,10	38	46	12	50	54	10	45	26

per garantire una produttività ottimale del terreno agricolo e per fornire alimentazione non dannosa agli animali ed all'uomo. Concentrazioni molto basse non sono sufficienti a sopportare i processi metabolici delle piante nei quali essi sono coinvolti, mentre tenori elevati possono causare fitotossicità e/o la produzione di alimenti potenzialmente tossici. Una programmazione dell'utilizzazione ottimale dei diversi suoli presuppone la conoscenza della distribuzione di tutti gli elementi essenziali e critici nei più importanti tipi di suolo.

c) Le nuove installazioni energetiche previste in tutti i paesi industrializzati pongono problemi di contaminazione ambientale. In particolare alcune fonti alternative al petrolio, come ad esempio il carbone, causano emissioni di considerevoli quantità di sostanze potenzialmente tossiche (particolato, SO<sub>x</sub>, NO<sub>x</sub>, Metalli Pesanti, etc.). I suoli e l'attività agricola in genere possono subire effetti apprezzabili da parte di tali sostanze emesse nell'atmosfera dalle installazioni energetiche, sostanze che, dopo un tempo e/o uno spazio più o meno lungo dalla loro immissione e dopo aver subito trasformazioni chimico-fisiche anche complesse, vengono depositate sulla superficie terrestre. Tra le categorie di sostanze che possono causare modificazioni delle caratteristiche dei suoli si ricordano in particolare gli elementi poten-

zialmente tossici (As, Cd, U, Th, <sup>210</sup>Po, Pb, Zn, Cu, etc.) e le piogge acide.

Salvo rare encomiabili eccezioni (BELLANCA et al., 1980), il nostro paese non ha visto il fiorire di ricerche sulla distribuzione degli elementi in traccia nei suoli che sono state avviate in altri paesi (LAG, 1980; McKEAGUE and WOLINETZ, 1980).

In termini più generali l'Italia è uno dei pochi Paesi nel mondo a non avere un proprio Servizio del Suolo ed un proprio sistema di classificazione del suolo, e l'unica sintesi cartografica a livello nazionale è la Carta dei Suoli d'Italia in scala 1:1.000.000, edita da MANCINI e Coll. nell'ormai lontano 1966.

Nel nostro Paese il nuovo Piano Energetico Nazionale, approvato di recente dal CIPE e dal Parlamento, prevede un massiccio ricorso nel medio termine alle centrali elettriche a carbone, e gli effetti di tale fonte energetica possono risultare apprezzabili anche per quel che riguarda i suoli. I suoli costituiscono un mezzo con capacità tamponante molto elevata sia per quel che riguarda le piogge acide che il trasferimento degli elementi potenzialmente tossici alle piante da un lato ed alle falde acquifere sotterranee dall'altro, che costituiscono le due vie critiche indirette più importanti verso l'uomo.

È pertanto necessario ed urgente acquisire informazioni sperimentali affidabili sulle condizioni attuali dei suoli italiani al fine di

TABELLA 2

## Descrizione del profilo del suolo n. 6

Località: Podere della Pieve - Tavarnelle V.P.

Quota: m342; Esp. S.W.; pend. 0-2%;

Fisiografia: parte sommitale di versante;

Drenaggio superficiale: buono; erosione idrica scarsa;

Pietrosità: scarsa;

Substrato: ciottolami e sabbie del Pliocene;

Uso del suolo: bosco ceduo misto, con Quercia, Acacia, Pino,

Erica, Ginestra, Edera, Ciclamino, Muschio

Descrizione: C.Bini 24.9.80

Classificazione (U.S.D.A., 1975): **Fragic Haploxeraf** argilloso  
fine, misto (acido), mesico.**Orizzonte**  $O_1$  0-0 cm 2-0; lettiera molto scarsa con aghi di pino  
e foglie di quercia poco decomposte;**Orizzonte**  $A_1$  cm 0-6: limite inferiore netto, lineare; colore  
umido, bruno scuro (8,25 YR 4/3); tra franco e  
franco-sabbioso-argilloso; aggregazione polie-  
drica subangolare fine, debole; pori scarsi, pic-  
coli e medi; poco plastico e poco adesivo da ba-  
gnato; poco umido, poco resistente; scheletro as-  
sente, concrezioni assenti, drenaggio libero; aci-  
do; radici scarse, fini, suborizzontali;**Orizzonte**  $A_2$  cm 6/8 -28: limite inferiore irregolare; colore  
umido bruno-giallastro (10 YR 5/6); franco argil-  
loso, aggregazione poliedrica angolare fine e me-  
dia evidente; pori scarsi; poco umido, poco resi-  
sistente, poco plastico, adesivo; scheletro as-  
sente; concrezioni assenti; drenaggio libero, aci-  
do; radici scarse, fini, sub-orizzontali;**Orizzonte**  $B_1$  cm 18-28/42-45: limite inferiore ondulato, chia-  
ro; colore umido bruno forte (7,5 YR 5/6); argil-  
loso limoso; aggregazione poliedrica angolare fi-  
ne e media, evidente; pori scarsi; poco umido,  
poco resistente, plastico, poco adesivo; schele-  
tro molto scarso; concrezioni assenti; drenaggio  
rallentato; acido; radici assenti.**Orizzonte**  $B_{2t}$  cm 42-45/70: limite inferiore netto, lineare;  
colore umido fra bruno forte e bruno-gialla-  
stro (8,25 YR 5/6); argilloso; aggregazione  
poliedrica tendente a prismatica fine, eviden-  
te; pori molto scarsi; poco umido, resistente;  
rivestimenti di argilla sulle facce degli ag-  
gregati; facce di pressioni comuni; scheletro  
molto scarso; concrezioni assenti; drenaggio  
rallentato; acido; radici assenti.**Orizzonte**  $C_{xg}$  cm 70/100: limite inferiore graduale; colore  
umido bruno forte (7,5 YR 5/7) e bruno-gial-  
lastro (10 YR 5/4); franco argilloso; tenden-  
te a massivo; poco umido, molto resistente; po-  
ri assenti; scheletro abbondante, prevalentemente  
arenaceo; concrezioni Fe-Mn medie e gros-  
se, dure, comuni; drenaggio rallentato; acido;  
radici assenti.  
Passa inferiormente alla roccia.

potere disporre in futuro di termini di rife-  
rimento sicuri per effettuare ricerche e con-  
trolli sulle eventuali modificazioni indotte  
dalle attività umane in genere e dalle instal-  
lazioni energetiche in particolare.

Per colmare almeno in parte le lacune co-  
noscitive esistenti è stata avviata una colla-  
borazione scientifica tra l'Istituto di Geo-  
pedologia e Geologia Applicata dell'Univer-  
sità di Firenze e l'ENEA. Tale collaborazio-  
ne si propone di approfondire le conoscenze  
di base e le finalizzazioni applicative suc-  
cintamente esposte in precedenza, mediante  
lo studio dei più rappresentativi tipi di suolo  
presenti nel nostro Paese. La scelta delle  
aree da sottoporre ad indagine verrà effet-

tuata anche sulla base delle nuove installa-  
zioni energetiche previste dal PEN.

I dati che vengono presentati e discussi  
in questa sede si riferiscono alla prima fase  
del programma avviato. L'area prescelta per  
questa prima fase è situata nel bacino del  
fiume Pesa, affluente di sinistra dell'Arno,  
a valle di Firenze: una zona sufficientemente  
rappresentativa delle condizioni litologiche,  
climatiche, di vegetazione ed uso del suolo  
di ampie aree dell'Italia centrale. Essa inol-  
tre è caratterizzata da un elevato dinamismo  
delle forme e soggetta ad intensa attività an-  
tropica, ed i processi pedogenetici (pedoge-  
nesi attuale e fossile) ed antropogenici (es-  
senzialmente l'attività agricola) conducono  
a differenti modelli evolutivi.

Precedenti studi in quest'area hanno af-  
frontato problemi di geologia (CANUTI et al.,  
1966; SESTINI, 1970), geomorfologia (CA-  
NUTI ed al., 1979 a, b), idrologia (AMINTI  
et al., 1975; BILLI e TACCONI, 1981), pedo-  
logia (LULLI et al., 1980), agronomia  
(CHISCI, 1979; LULLI ed ARRETINI, 1979).

Più in particolare, la zona in studio si  
estende da Tavarnelle V.P. verso nord-nord-  
ovest, seguendo lo spartiacque fra il bacino  
della Pesa ed il suo tributario di sinistra  
Virginio (la cui sorgente è proprio nei pressi  
di Tavarnelle Val di Pesa), ed ampliandosi  
poi nel bacino del T. Virginio, fino al suo  
tratto intermedio.

In questa zona è stato condotto un rileva-  
mento geopedologico seguendo le principali  
unità di passaggio. Sono stati campionati dei  
profili-tipo effettuando quindi l'analisi delle  
caratteristiche chimico-fisiche e mineralogi-  
che e degli elementi Fe, Mn, Pb, Zn, Cu,  
Cd, Ni, Co, Cr e V.

Per avere dei punti di riferimento e per  
conferire maggiore completezza alle ricerche  
sono stati campionati ed analizzati le acque  
ed i sedimenti fluviali della Pesa e del Vir-  
ginio.

## 2. Inquadramento geopedologico della zona studiata

Il bacino del Virginio-Pesa si è impostato  
e sviluppato sui sedimenti pliocenici del ciclo  
neogenico che caratterizza, in tutta la To-  
scana a sud dell'Arno, la fase distensiva del-  
l'orogenesi appenninica.

Questi sedimenti, costituiti da conglome-

TABELLA 3  
*Caratteristiche fisiche e chimiche e distribuzione di Fe, Mn ed elementi in traccia del profilo n. 6*

ANALISI FISICHE E CHIMICHE											
Orizzonti	Profondità iniz.cm.	S%	L%	A%	pH(H <sub>2</sub> O)	C%	S.O.%	Capacità di scambio cat. meq/100g	Acidità di scambio meq/100g	Saturazione %	CaCO <sub>3</sub> %
A1	0	45,5	32,8	21,7	5,8	4,44	7,65	27,2	14,5	62,2	--
A2	18	40,2	30,6	29,2	5,0	0,59	1,03	26,5	16,0	62,3	--
B1	28	18,2	41,5	40,3	5,2	0,76	1,32	28,7	16,7	63,3	--
B2t	46	20,6	38,0	40,5	4,6	0,34	0,59	41,7	24,8	52,7	--
Cxg	70	21,4	48,1	30,5	4,8	0,27	0,47	39,0	23,1	62,7	--

## ELEMENTI IN TRACCIA

Profondità media di prelevamento	Cu ppm	Cd ppm	Zn ppm	Pb ppm	Fe%	Mn ppm	Ni ppm	Co ppm	Cr ppm	V ppm
+1	15	803	50	33	1,26	2263	38	11	43	36
5	15	65	35	10	2,22	568	41	25	74	60
21	35	65	62	14	4,63	616	83	28	127	110
45	38	65	57	11	4,39	465	77	25	123	99
84	50	17	67	6	4,92	3411	79	30	116	110
117	44	29	72	4	5,31	1508	72	15	89	87

rati, sabbie ed argille in serie stratigrafica, si sono depositati, durante il Pliocene, in ambiente marino, ma verso i margini del bacino si assiste a frequenti passaggi verso l'ambiente fluvio-deltizio, come sembrano indicare alcune strutture di conoidi, prevalentemente ciottolose (CANUTI et al., 1966). In particolare per la zona studiata (territorio di Tavernelle), vicina alla linea di costa pliocenica, si osservano passaggi laterali e verticali tra conglomerati e sabbie.

Movimenti tettonici post-orogenetici hanno successivamente determinato la dislocazione dei sedimenti secondo strutture tipo horst-graben; contemporaneamente la rete idrografica ha assunto l'attuale direzione appenninica (NW-SE) ed antiappenninica (NE-SW). Alluvioni recenti ed attuali (Olocene) marcano i fondovalle delle vie d'acqua principali.

Per quanto attiene la provenienza dei materiali sedimentati, fra i ciottolami prevalgono elementi calcareo-marnosi della formazione dell'Alberese e subordinatamente elementi arenacei del tipo della Pietraforte: entrambe queste formazioni affiorano poco ad est di Tavernelle, ed è probabile che tali affioramenti costituiscano le « rocce madri » del deposito pliocenico più grossolano.

La matrice dei ciottolami, e le stesse sabbie marine che contengono una elevata percentuale di granuli di quarzo, potrebbero avere origine invece dal disfacimento della

formazione del Macigno (CANUTI, 1966) (affiorante più ad est, nella dorsale dei M.ti del Chianti, e a nord nella dorsale del Monte Albano), notoriamente facilmente alterabile per la natura argilloso-carbonatica del suo cemento, specialmente in condizioni climatiche aggressive.

Dal punto di vista geomorfologico, nell'ambiente considerato possiamo distinguere tre forme fondamentali, con un diverso dinamismo: le antiche superfici spianate o sub-pianeggianti delle quote più alte, quelle di versante e le recenti superfici piane del fondovalle.

Sulle superfici più alte, prevalentemente ciottolose (che caratterizzano ad esempio lo spartiacque Virginio-Pesa), ha potuto svilupparsi ed evolversi per lungo tempo, forse addirittura dal Pliocene superiore (LULLI et al., 1980), il suolo. Certo è che i suoli che attualmente caratterizzano queste superfici presentano una evoluzione molto spinta, frutto probabilmente di più cicli pedogenetici succedutisi o alternatisi in condizioni climatiche differenti: si hanno cioè degli Alfisuoli.

La messa a coltura di alcune di queste superfici ha determinato (CANUTI et al., 1979) il rimescolamento e la parziale asportazione degli orizzonti più superficiali, e le pratiche agricole favoriscono certamente fenomeni di erosione idrica, anche su pendenze deboli. Per tale motivo, nell'ambito del presente

studio sono stati scelti due suoli caratteristici di questo ambiente, uno attualmente coperto da un bosco misto « naturale » <sup>(1)</sup> (profilo 6) ed uno coltivato a vigneto in forma specializzata <sup>(2)</sup> (profilo 38).

Sulle superfici di versante, prevalentemente sabbioso-limose la dinamica delle forme è il principale fattore di differenziazione del suolo: dove il processo erosivo è esteso, i suoli sono sempre alle prime fasi di evoluzione e gli effetti della pedogenesi sono annullati dal continuo ringiovanimento del profilo; dove l'erosione è minore, la pedogenesi ha potuto esplicarsi per più lungo tempo, dando suoli ben differenziati.

Nel primo caso si ha la formazione di Entisuoli a profilo poco differenziato e che risentono fortemente dei caratteri della roccia madre (profilo n. 39).

Nel secondo caso la differenziazione può condurre a tipi di suolo assai diversi (LULLI, 1980) come i Mollisuoli, particolarmente ricchi di sostanza organica in superficie, o gli Inceptisuoli (profilo n. 40).

Sulle superfici del fondovalle, pur trattandosi di aree morfologicamente assai stabili, anzi con fenomeni di apporto di materiale dai versanti, la pedogenesi e l'evoluzione del suolo è assai lenta e prevalgono suoli poco differenziati (Entisuoli) (profilo n. 30).

### 3. Procedure analitiche

Le acque naturali sono state analizzate secondo le procedure messe a punto presso il Lab. di Geochimica Ambientale dell'ENEA (M. BRONDI et al., 1981). Oltre all'analisi di

<sup>(1)</sup> È improprio parlare di vegetazione naturale, poichè in questo caso l'intervento dell'uomo si è esplicato nel rimboscamento del querceto mesofilo con conifere, e nell'introduzione di specie esotiche.

<sup>(2)</sup> La specializzazione delle colture più tipiche della zona, vigneto ed oliveto, ha avuto grande diffusione negli ultimi 20 anni, con il superamento del rapporto di lavoro a mezzadria e colonia che per decenni aveva caratterizzato l'agricoltura collinare toscana (coltura promiscua olivo-vite; seminativo arborato e non, per la produzione di grano, mais e foraggere; piccola attività zootecnica; appezzamento di bosco ceduo). La specializzazione ha determinato sensibili modificazioni nel paesaggio, nell'equilibrio idrologico e nella stabilità dei versanti come messo in luce da CHISCI (1979).

TABELLA 4

### Descrizione del profilo del suolo n. 38

Località: Case I Chiostrini - Tavarnelle V.P.;  
 Quota: m 330; Esp. sud; pend. 0-15;  
 Fisiografia: superficie sub-pianeggiante, alla sommità di versante;  
 Drenaggio superficiale: buono; erosione idrica scarsa;  
 Pietrosità comune (20%);  
 Substrato: ciottolami e sabbie del Pliocene;  
 Uso del suolo: vigneto specializzato;  
 Descrizione: C. Bini 10.10.1980;  
 Classificazione (U.S.D.A., 1975): Typic Haploxeraif argilloso fine, misto (non acido), mesico.

Orizzonte A <sub>p1</sub>	- cm 0-5; limite inferiore chiaro, lineare; colore umido bruno-scuro (10 YR 4/3); franco argilloso; aggregazione granulare fine, evidente; pori comuni; umido, poco resistente; scheletro comune, piccolo e medio, prevalentemente arenaceo; concrezioni assenti; drenaggio libero; neutro a subalcalino; radici abbondanti, fini, subverticali;
Orizzonte A <sub>p2</sub>	- cm 5-18; limite inferiore chiaro, lineare; colore umido bruno scuro (10 YR 4/3); argilloso; aggregazione poliedrica subangolare fine e media, debole; pori comuni; umido, poco resistente; plastico, adesivo; scheletro comune; concrezioni assenti; drenaggio libero; neutro a subalcalino; radici comuni, fini, subverticali;
Orizzonte A <sub>p3</sub>	- cm 18-34; limite inferiore chiaro, lineare; colore bruno giallastro scuro (10 YR 4/4); argilloso; aggregazione poliedrica angolare fine debole; pori comuni; umido, resistente; plastico, adesivo; scheletro abbondante, piccolo e medio; concrezioni assenti; drenaggio rallentato; neutro; radici scarse;
Orizzonte B <sub>2t</sub>	- cm 34/44-48; limite inferiore netto, ondulato; colore bruno scuro 7.5 YR 4/4; argilloso; aggregazione poliedrica angolare fine e media, evidente; facce di pressione e rivestimenti di argilla comuni sugli aggregati; pori scarsi; umido, resistente; scheletro comune piccolo e medio; concrezioni assenti; drenaggio rallentato; neutro a subacido; radici molto scarse;
Orizzonte C <sub>s</sub>	- cm 44-48/95-105; limite inferiore graduale; colore bruno (7.5 YR 5/5) passante verso il basso a rosso giallastro (5 YR 4/6), argilloso; aggregazione poliedrica angolare media e grossolana, evidente; poco umido, resistente; plastico, adesivo da bagnato; scheletro abbondante, grossolano, prevalentemente arenaceo; laccature e concrezioni di Fe Mn grasse, soffici, comuni; drenaggio lento; subacido; radici assenti. Passa inferiormente alla roccia.

tutti i più importanti costituenti inorganici maggiori e minori disciolti, sono stati determinati i seguenti elementi in traccia: Fe, Mn, Li, U, Pb, Zn, Cu e Cd. In particolare la determinazione dei Metalli Pesanti è stata condotta mediante una prima estrazione dei ditizonati in cloroformio a pH = 9,3 effettuata sul posto stesso di campionamento. L'estratto organico così ottenuto è stato sottoposto in laboratorio a riestrazione dei metalli in fase acquosa e successivamente si è proceduto alla loro analisi mediante fornello di grafite in spettrofotometria di assorbimento (HGA 500 e Mod. 5000 della Perkin Elmer).

TABELLA 5  
*Caratteristiche fisiche e chimiche e distribuzione di Fe, Mn ed elementi in traccia nel profilo n. 38*

Orizzonti	Profondità iniz. cm.	ANALISI FISICHE E CHIMICHE									
		S%	L%	A%	pH(H <sub>2</sub> O)	C%	S.O.%	Capacità di scambio meq/100g	Acidità di scambio meq/100g	Saturazione CaCO <sub>3</sub> %	
Ap1	0	31.6	38.8	29.6	7.3	3.42	5.90	39.0	6.2	86.2	--
Ap2	5	38.2	22.6	30.2	7.2	1.10	1.89	41.9	5.3	88.8	--
Ap3	18	35.5	22.8	41.7	7.1	0.37	0.63	19.7	5.2	79.0	--
B2t	34	31.6	23.2	45.2	6.0	0.41	0.71	15.2	5.6	73.0	--
Cxg	48	37.8	18.4	43.8	6.4	0.28	0.48	14.0	6.7	67.5	--

Profondità media di prelevamento	ELEMENTI IN TRACCIA										
	Cu ppm	Cd ppm	Zn ppm	Pb ppm	Fe%	Mn ppm	Ni ppm	Co ppm	Cr ppm	V ppm	
6	109	76	157	24	3.35	958	58	18	78	49	
40	32		83	12	3.35	1800	61	19	117	55	
62	53	133	88	13	4.11	3278	96	16	85	55	
110	45	138	77	12	4.15	3364	98	13	70	54	

Per l'analisi degli *elementi minori ed in traccia nei campioni di suoli* è stato deciso di prendere in esame la frazione inferiore a 100  $\mu$ , pur se in letteratura esistono anche indicazioni diverse; più precisamente alcuni AA. consigliano di prendere in esame la frazione inferiore a 2 mm ed altri quella inferiore ai 75  $\mu$ . Quest'ultima indicazione, anche se corretta dal punto di vista mineralogico e granulometrico perchè viene presa in esame la frazione più sottile, siltosa ed argillosa che è la maggiore responsabile di tutti i processi di scambio (adsorbimento desorbimento) con le soluzioni circolanti, porta ad una non lieve complicazione operativa perchè non risulta semplice, con sistemi di setacciatura da routine, ottenere delle separazioni efficienti e con scarsa probabilità di contaminare il campione.

La separazione della frazione inferiore ai 100  $\mu$  risulta invece molto più agevole e la sua significatività geochimica è analoga a quella della frazione inferiore ai 75  $\mu$ .

I campioni di suoli e di sedimenti fluviali sono stati essiccati a 40° C e quindi setacciati. Dopo eventuale inquarteramento circa 10 g sono stati macinati in molini e palle di agata a meno di 200 mesh. 100 mg sono stati attaccati in bomba di teflon con 2 cc di HNO<sub>3</sub> conc. a 160° C per 1 ora. Dopo questo attacco la soluzione risultante è stata portata con acqua ultrapura a 100 cc. Gli elementi Cu, Zn, Pb, Cd, Fe, Mn, Ni, Co, Cr e V sono stati analizzati portando diret-

tamente un'aliquota variabile, a seconda delle esigenze, da 10 a 50  $\mu$ l alla determinazione in spettrometria di assorbimento atomico mediante fornace di grafite (Modelli HGA 500 e 5000 della Perkin Elmer rispettivamente).

Per l'analisi della *granulometria* è stato impiegato il metodo della pipetta. Il campione disperso con soluzione di esametafosfato di sodio e di carbonato di sodio, viene agitato tre ore previa eliminazione della sostanza organica con acqua ossigenata. I limiti dimensionali adottati sono (U.S.D.A., 1975):

sabbia	da	2	a	0,05	mm
limo	da	0,05	»	0,002	mm
argilla	infer.		»	0,002	mm

La determinazione del pH è stata effettuata mediante misura potenziometrica della sospensione suolo-acqua in rapporto 1:1, potenziometro Metrohm, sensibilità 0,05 unità di pH.

Il *carbonio organico e la sostanza organica* sono stati determinati mediante il metodo Walkley-Black. Attacco con bicromato di potassio ed acido solforico concentrato. Titolazione con solfato ferroso ammonico.

La *capacità di scambio cationico* è stata determinata secondo il metodo Cecconi-Polesello. Saturazione del terreno con Ba<sup>++</sup>; il Ba<sup>++</sup> viene scambiato poi con Mg<sup>++</sup> in presenza di ioni SO<sub>4</sub><sup>-</sup>, e l'eccesso di magnesio viene titolato complessometricamente (suoli privi di carbonati sono saturati con

TABELLA 6  
Descrizione del profilo del suolo n. 40

Località: S.S. Cassia, km 269,700 - Tavernelle V.P.  
Quota m230; esposizione N; pendenza 40%;  
Fisiografia: parte media di versante;  
Drenaggio superficiale buono; erosione idrica scarsa;  
Pietrosità scarsa;  
Substrato: argille sabbiose con ciottoli, del Pliocene;  
Uso del suolo: incolto produttivo con rinnovazione di quercia ed erbacee varie;  
Descrizione: C.Bini, 29.10.1980;  
Classificazione (U.S.D.A., 1975): Typic Xerochrept argilloso fine, misto (calcareo), mesico.

Orizzonte  $O_{1+2}$ : cm 1-0; lettiera molto scarsa, a prevalenza di graminacee poco decomposte;

Orizzonte  $A_{11}$ : cm 0/17-20; limite inferiore graduale; colore umido bruno giallastro scuro (10 YR 4/4); fra argilloso e franco argilloso; aggregazione grumosa media, evidente; pori comuni, piccoli e medi; umido, poco resistente; poco plastico, poco adesivo; scheletro scarso, piccolo e medio, prevalentemente calcareo; concrezioni assenti; drenaggio libero; subacido a neutro; radici comuni, erbacee, subverticali;

Orizzonte  $A_{12}$ : cm 17-20/38-40; limite inferiore ondulato, netto; colore bruno giallastro (10 YR 5/4); franco limoso argilloso; aggregazione poliedrica angolare media e grossa, evidente; pori scarsa; umido, poco resistente; plastico, poco adesivo; scheletro comune, calcareo; concrezioni assenti; drenaggio libero; neutro a subalcalino; effervescenza HCl forte; radici scarso;

Orizzonte  $B_{1ca}$ : cm 38-40/80-85; limite inferiore graduale; colore bruno giallastro (10 YR 5/5); fra argilloso limoso e franco limoso argilloso; aggregazione poliedrica subangolare fine e media, debole; pori scarsa; umido, poco resistente; plastico, adesivo; scheletro assente; concrezioni  $CaCO_3$  comuni, dure, grosse e medie; drenaggio rallentato; subalcalino ad alcalino; effervescenza violenta; radici assenti;

Orizzonte  $B_{2ca}$ : cm 80-85/120-130; limite inferiore diffuso, laterale netto; colore bruno giallastro chiaro (2,5Y 6/5); argilloso limoso; aggregazione poliedrica subangolare media, debole; pori scarsa, piccoli; umido, poco resistente; plastico, molto adesivo; scheletro assente; concrezioni  $CaCO_3$  dure, grosse e medie, comuni (abbondanti oltre i 100 cm); moderatamente alcalino; effervescenza violenta; radici assenti;

Orizzonte  $II C_g$ : cm 90/120; discontinuità litologica riscontrata lungo il profilo del suolo con limite laterale ed inferiore netto; colore bruno giallastro (10YR 6/4); argilloso limoso; aggregazione poliedrica angolare fine; facce di pressione e scivolamento comuni; patine di Fe-Mn comuni; pori scarsa; umido, poco resistente; plastico, adesivo; scheletro assente; concrezioni assenti; drenaggio impedito con tracce di idromorfia; subalcalino, effervescenza HCl debole;

Orizzonte  $III C_{ca}$ : cm 120/130 fino oltre 180; limite inferiore sconosciuto; colore giallo-brunastro (10YR 6/6); argilloso; friabile; pori scarsa; umido, poco resistente; plastico, adesivo; scheletro scarso, calcareo; concrezioni  $CaCO_3$  abbondanti, medie e grosse, dure; alcalino; effervescenza HCl violenta.

$BaCl_2$ ; suoli con carbonati sono saturati con Ba-acetato).

L'acidità di scambio è stata determinata con il metodo PEECH et al. Estrazione con soluzione di cloruro di bario e tretanolamina a pH 8,0; titolazione con HCl 0,2 N.

I carbonati sono stati determinati secondo il metodo gasvolumetrico con HCl 6 N. Calcinometro di Scheibler.

La percentuale di suturazione in basi viene calcolata tramite il rapporto fra la capacità di scambio e la somma della capacità e dell'acidità di scambio:

$$\% \text{ Sat.} = \frac{CSC}{CSC + Ac. Sc.} \times 100$$

#### 4. Presentazione e discussione dei dati

ACQUE E SEDIMENTI FLUVIALI DEL T. VIRGINIO E DEL F. PESA

Nella fig. 1 è riportata la mappa di campionamento relativa ad acque, sedimenti fluviali e suoli.

Nella tab. 1 sono riportati tutti i risultati analitici ottenuti sui campioni di acque e di sedimenti fluviali del T. Virginio e del F. Pesa.

Per quel che riguarda i costituenti maggiori e minori disciolti nelle acque, le concentrazioni riscontrate nei due corsi d'acqua indicano che i processi fondamentali sono quelli della normale lisciviazione di rocce sedimentarie del tipo di quelle affioranti nei bacini considerati. Da segnalare il tenore di  $NH_3$  e di  $NO_3$  del T. Virginio (0,14 e 0,10 mmoli/l rispettivamente) che sono ascrivibili a probabile contaminazione.

Anche i tenori di elementi in traccia sono del tutto normali per acque naturali incontaminate di questo tipo con la parziale eccezione dello Zn; il tenore di 3  $\mu g/l$  riscontrato nelle acque del T. Virginio tende a confermare un leggero grado di inquinamento di questo torrente, in accordo con quanto indicato dai costituenti maggiori e minori.

I tenori degli elementi analizzati nei sedimenti non indicano alcuna particolarità degna di rilievo; essi sono del tutto normali per sedimenti di questo tipo. Si sottolinea comunque il tenore estremamente basso di Cd riscontrato in entrambi i campioni di sedimenti.

#### SUOLI

I suoli studiati sono stati scelti per singole unità di paesaggio ed alla luce dell'inquadramento ambientale presentato in precedenza. In particolare per le superfici sommitali sono stati scelti due profili; il primo (n. 6) che ospita un bosco « naturale » ed il secondo (n. 38) coltivato a vigneto. Sono



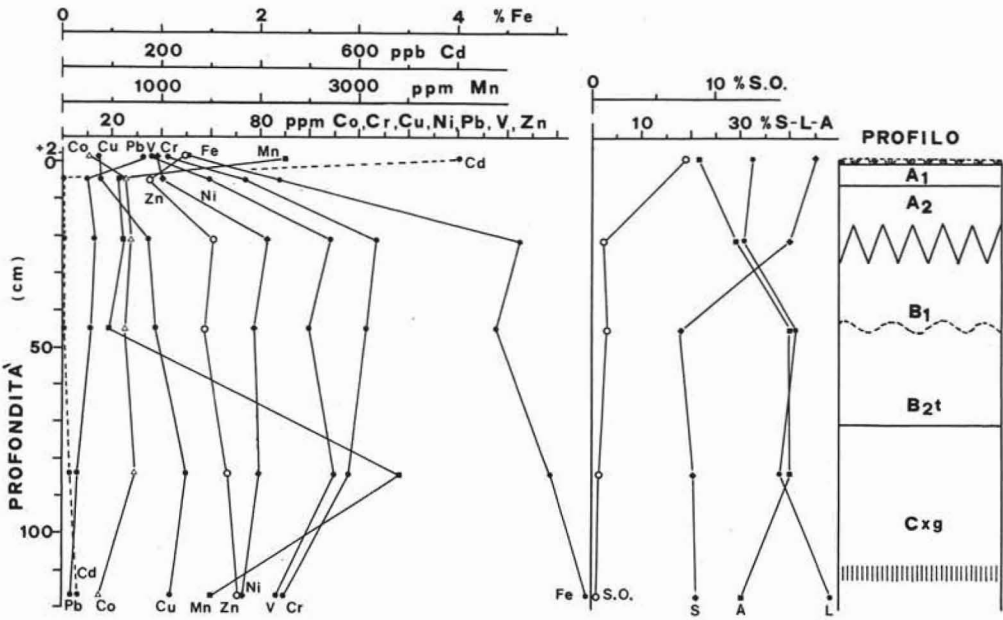


Fig. 2. — Suolo n. 4. Distribuzione lungo il profilo di sostanza organica, frazioni granulometriche (sabbia, limo e argilla), Fe, Mn ed elementi in traccia. Per l'interpretazione dello schema del profilo vedasi la tab. 2.

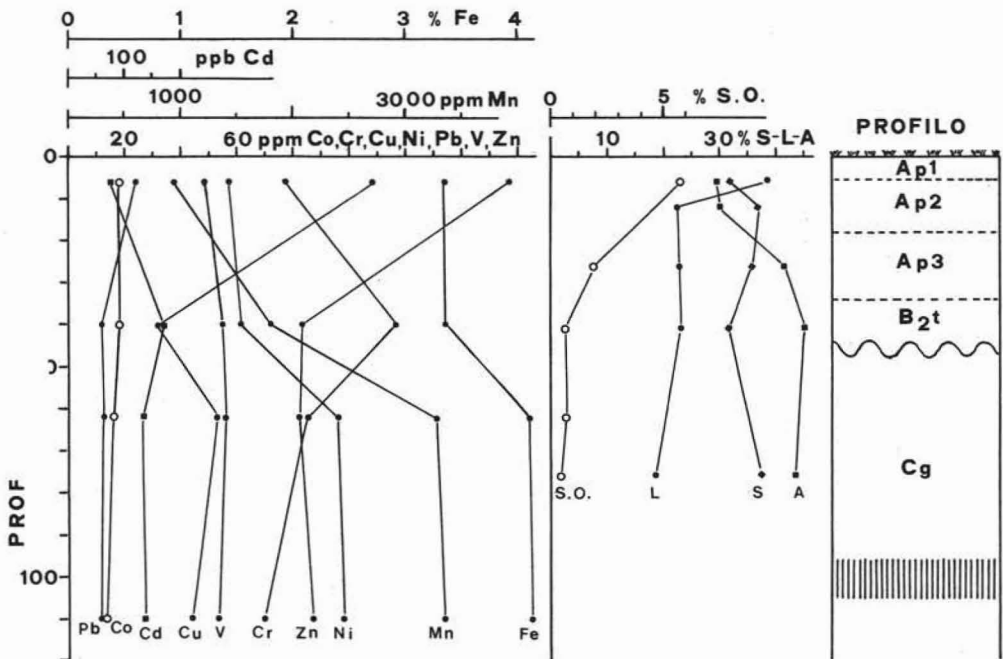


Fig. 3. — Suolo n. 38. Distribuzione lungo il profilo di sostanza organica, frazioni granulometriche (sabbia, limo e argilla), Fe, Mn ed elementi in traccia. Per l'interpretazione dello schema del profilo vedasi la tab. 4.

TABELLA 7  
*Caratteristiche fisiche e chimiche e distribuzione di Fe, Mn ed elementi in traccia nel profilo n. 40*

## ANALISI FISICHE E CHIMICHE

Orizzonti	Profondità iniz. cm.	S%	L%	A%	pH(H <sub>2</sub> O)	C%	S.O. %	Capacità di scambio cat. meq/100g	Acidità di scambio meq/100g	Saturazione %	CaCO <sub>3</sub> %
A11	0	22.6	37.3	40.1	6.3	5.83	10.05	43.2	12.4	77.7	--
A12	20	18.3	47.3	34.4	7.6	1.91	3.29	61.7	4.7	92.9	3.3
B1ca	40	12.8	42.5	44.7	8.1	0.81	1.40	66.0	--	--	15.2
B2ca	85	11.6	44.2	44.2	8.0	0.41	0.71	64.8	--	--	18.3
II C8	90	9.8	44.3	45.9	7.9	0.52	0.89	68.0	1.97	97.2	2.6
IIICca	130	18.2	46.9	44.9	8.0	0.20	0.34	61.2	--	--	23.9

## ELEMENTI IN TRACCIA

Profondità media di prelevamento	Cu ppm	Cd ppm	Zn ppm	Pb ppm	Fe%	Mn ppm	Ni ppm	Co ppm	Cr ppm	V ppm
8	49	108	53	7	1.76	1035	39	11	38	35
27	52	73	45	7	1.78	994	43	10	37	34
60	18	39	35	4	1.15	399	30	5	25	25
90	14	26	29	4	1.17	292	22	4	20	30
110	42	88	79	10	3.20	2675	85	15	83	75
135	13	102	23	4	0.79	349	23	4	21	34

stati inoltre studiati due profili (scavati sulle superfici di versante) e con diverso grado di evoluzione, il n. 39 che risente fortemente di fenomeni erosivi, facilitati dall'attività agricola ed il n. 40 che, non essendo soggetto a pratiche culturali, mostra di non essere sottoposto ad intensi processi di erosione e mostra inoltre una maggiore evoluzione.

Un ultimo profilo preso in considerazione (n. 30) è rappresentativo delle superfici pianeggianti di fondovalle e mostra caratteri di evoluzione molto scarsa. Non ci si sofferma su questa unità per la sua scarsa rappresentatività areale e per lo studio evolutivo fortemente limitato.

### Suoli su superfici sommitali

Il suolo che ospita il bosco « naturale » è un Alfisuolo, in particolare *Fragic Haploxeralf*.

La descrizione del profilo è riportata nella tabella 2; i risultati analitici relativi alle caratteristiche fisiche e chimiche nonché alla distribuzione degli elementi in traccia lungo il profilo del suolo sono riportati nella tabella 3.

Nella fig. 2 è presentato il diagramma della distribuzione granulometrica e degli elementi esaminati lungo il profilo del suolo in esame.

La distribuzione del Fe e del Mn lungo il profilo pedologico mostra peculiari caratte-

ristiche che meritano un esame più approfondito.

A differenza di quanto potrebbe essere dedotto in termini generali e di quanto di norma osservato, la distribuzione del Fe e del Mn sono sostanzialmente diverse l'una dall'altra. In particolare il Fe subisce un ra-

TABELLA 8  
*Descrizione del profilo del suolo n. 39*

Località: Case Poggio a Grilli - Tavarnelle V.P.

Quota m 312; esposizione NW; pendenza 20%;

Fisiografia: parte medio-alta di versante;

Drenaggio superficiale: moderato; erosione idrica moderata;

Pietrosità: scarsa;

Substrato: sabbie limose con ciottoli, del Pliocene;

Uso del suolo: vigneto specializzato;

Descrizione: C.Bini, 28.10.1980;

Classificazione (U.S.D.A., 1975): *Typic Xerothent* argilloso fine, misto, (calcareo), mesico.

Orizzonte A<sub>pl</sub> : cm 0/20-25; limite inferiore diffuso; colore umido bruno oliva (2,5 Y4/4); argilloso; aggregazione granulare fine e media, evidenti; pori comuni; umido, poco resistente; plastico, adesivo; scheletro assente; concrezioni ni assenti; drenaggio libero; subalcalino; effervescenza HCl violenta; radici scarse.

Orizzonte A<sub>p2</sub> : cm 20-25/60 limite inferiore netto, lineare; colore bruno oliva chiaro (2,5 Y 5/5); argilloso limoso; aggregazione poliedrica subangolare fine e media debole; pori comuni; umido, poco resistente; plastico, adesivo; scheletro assente; concrezioni assenti; drenaggio libero; subalcalino; effervescenza HCl violenta; radici scarse.

Orizzonte C : cm 60 ed oltre; limite inferiore sconosciuto; colore grigio-oliva (5 Y 5/2) e giallo bruno (10 YR 6/7); argilloso; massivo, tendente a lamellare; pori scarsi, piccoli; umido, poco resistente; plastico, adesivo; scheletro assente; concrezioni CaCO<sub>3</sub> scarse, piccole e medie, dure; drenaggio rallentato; alcalino; effervescenza HCl violenta; radici molto scarse

TABELLA 9  
*Caratteristiche fisiche e chimiche e distribuzione di Fe, Mn ed elementi in traccia nel profilo n. 39*

## ANALISI FISICHE E CHIMICHE

Orizzonti	Profondità iniz. cm.	S%	L%	A%	pH(H <sub>2</sub> O)	C%	S.O.%	Capacità di scambio cat. meq/100g	Acidità di scambio meq/100g	Saturazione %	CaCO <sub>3</sub> %
Ap1	0	18,8	39,5	41,7	7,7	0,66	1,13	61,2	2,2	96,4	3,1
Ap2	25	15,2	40,5	44,3	7,8	0,46	0,79	64,0	0,7	48,3	3,2
C	60	17,9	38,4	43,7	8,1	0,26	0,45	65,7	-	--	3,0

## ELEMENTI IN TRACCIA

Profondità media di prelievamento	Cu ppm	Cd ppm	Zn ppm	Pb ppm	Fe%	Mn ppm	Ni ppm	Co ppm	Cr ppm	V ppm
20	92	138	88	10	2,42	1117	61	15	75	58
60	71	53	77	14	2,89	1296	67	17	83	57
92	25	57	71	3,8	1,55	414	38	7,4	36	37

pido incremento di tenore sino a circa 20 cm di profondità (orizzonte B<sub>1</sub>) ed il suo tenore, resta poi sostanzialmente invariato sino all'orizzonte C<sub>xg</sub> (ca. 110 cm); il Mn invece, a parte l'arricchimento riscontrato nella lettiera (orizzonte O<sub>1</sub> + O<sub>2</sub>, cm + 2 — 0) si mantiene sostanzialmente costante sino all'orizzonte B<sub>2</sub> (ca. 45 cm), subisce quindi un marcato incremento nella parte inferiore del B<sub>2</sub> ed in questo superiore del C, per poi diminuire notevolmente in corrispondenza del passaggio dell'orizzonte C alla roccia madre.

Questa differenza nella distribuzione del Fe e del Mn può essere attribuita ad una mobilitazione selettiva del Mn rispetto al Fe in conseguenza della presenza temporanea di piccole falde idriche sospese a livello dell'orizzonte indicato C<sub>x</sub> in corrispondenza della zona di oscillazione della frangia capillare.

Il Mn resta infatti allo stato ridotto, e quindi geochimicamente mobile, anche per condizioni pH-Eh « di transizione » (valori di Eh leggermente inferiori a quelli corrispondenti alla saturazione nei riguardi dell'O<sub>2</sub> atmosferico), mentre il Fe resta allo stato ossidato — e quindi in condizioni di insolubilità — anche in tale ambiente, e necessita di condizioni ancora più riducenti per passare allo stato di ossidazione Fe(II) che risulta solubile.

Per quel che riguarda la distribuzione degli elementi in traccia si nota in genere un progressivo aumento dei tenori sino all'oriz-

zonte B<sub>1</sub>, ed una sostanziale loro persistenza sino al campione più profondo raccolto. Tale accumulo è da porre in relazione con il processo pedologico della lisciviazione indicato da evidenze morfologiche e dell'accumulo di argille nell'orizzonte.

Da sottolineare le particolarità riscontrate nella distribuzione del Pb e del Cd lungo il profilo pedologico. Il Cd in particolare denuncia tenori medi bassi (da 5 a 30 ppb) ed estremamente più bassi di quanto in genere riportato in letteratura (A. COTTENIE, 1981). Il Cd denuncia inoltre tenori molto più elevati (800 ppb) nella lettiera.

Analisi effettuate su resti di aghi di pino provenienti dal campione di lettiera hanno denunciato tenori in Cd di 500 ppb.

Il Pb mostra un andamento del tutto simile, anche se con differenze meno marcate.

Questo arricchimento molto marcato dei tenori in Cd, è molto subordinatamente del Pb e persino dello Zn, nella lettiera rispetto al suolo potrebbe essere attribuito ad un apporto aeriforme di questi elementi da parte di attività umane.

Il suolo coltivato a vigneto specializzato (n. 38) è un Alfisuolo in particolare un *Typic Haploxeralf*.

La descrizione del profilo, i risultati analitici ottenuti e la distribuzione degli elementi lungo il profilo sono riportati nelle tabelle 4 e 5 e nella fig. 3.

La distribuzione degli elementi lungo il

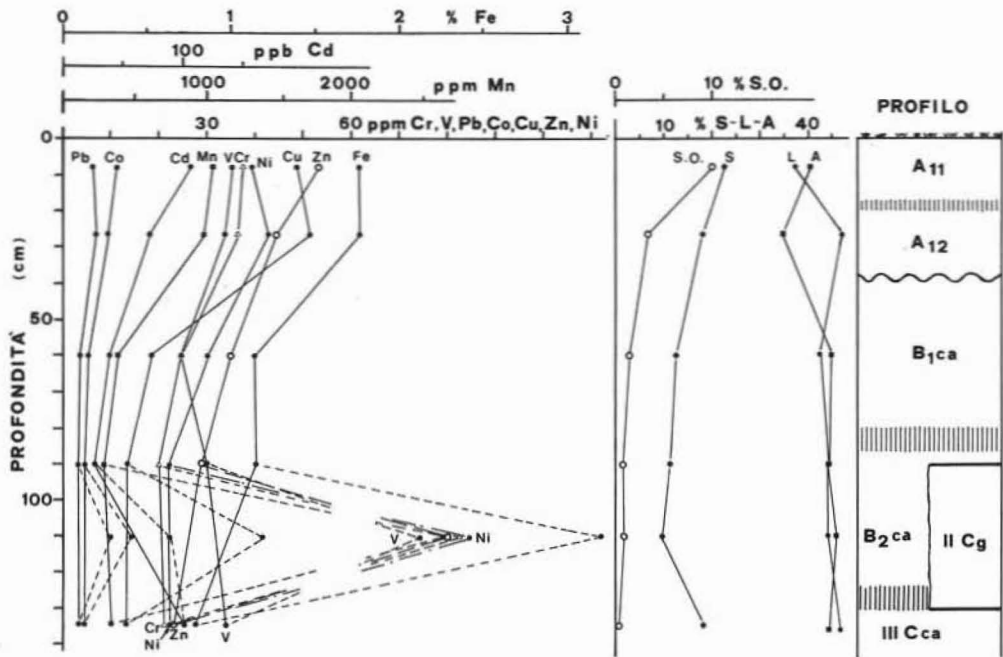


Fig. 4. — Suolo n. 40. Distribuzione lungo il profilo di sostanza organica, frazioni granulometriche (sabbia, limo e argilla), Fe, Mn ed elementi in traccia. Per l'interpretazione dello schema del profilo vedasi la tab. 6.

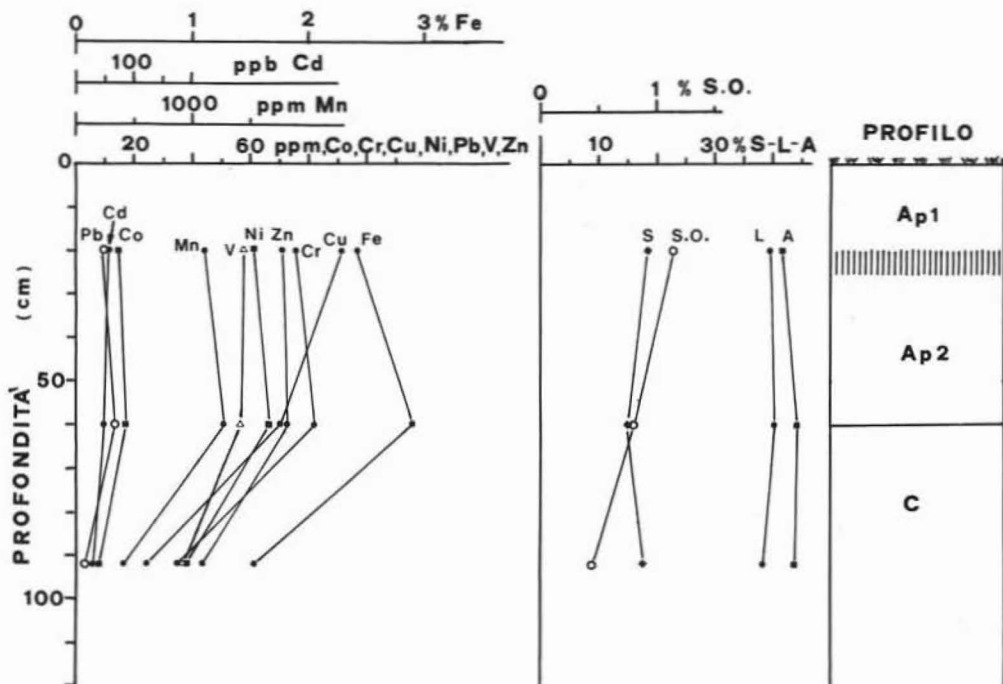


Fig. 5. — Suolo n. 39. Distribuzione lungo il profilo di sostanza organica, frazioni granulometriche (sabbia, limo e argilla), Fe, Mn ed elementi in traccia. Per l'interpretazione dello schema del profilo vedasi la tab. 8.

profilo non presenta tutte le peculiarità osservate nel suolo n. 6 che ospita il bosco « naturale ».

Si osserva comunque una sensibile diminuzione dello Zn e del Cu, elementi cioè contenuti in prodotti di largo uso nell'agricoltura, andando verso gli orizzonti più profondi (parte superiore del C) ed un aumento, invece, del Ni, Mn e Fe.

#### *Suoli su superfici di versante*

Il suolo relativamente evoluto (n. 40) è un Inceptisuolo, in particolare un *Typic Xerochrept*. La descrizione del profilo ed i risultati analitici sono riportati nelle tabelle 6 e 7; la distribuzione degli elementi lungo il profilo nella fig. 4.

L'andamento degli elementi lungo il profilo presenta una certa persistenza ad eccezione del Cu per i motivi già addotti. Il campione raccolto in corrispondenza della discontinuità litologica mostra un marcato incremento per gli elementi ed in particolare per il Fe e Mn.

Il suolo poco evoluto (n. 39) è un Entisuolo, in particolare un *Typic Xerorthent*. La descrizione del profilo è riportato in tabella 8, i risultati analitici in tabella 9 e la distribuzione degli elementi esaminati lungo il profilo nella fig. 5.

#### **Conclusioni**

L'evoluzione del suolo come emerge dallo studio di profili tipo nella zona di Tavernelle (Chianti, Firenze) e la distribuzione di Fe e Mn ed elementi in traccia nei suoli consentono di trarre le conclusioni seguenti:

1. I processi pedogenetici consentono di definire il paesaggio pedologico secondo una sequenza morfologico-evolutiva, rispondente allo schema qui riportato (LULLI et al., 1980; MAGALDI, 1979).

In particolare la distribuzione di Fe e Mn lungo il profilo 6 (*Fragic Haploxeralf*) mostra andamenti diversificati attribuibili a fenomeni di rimobilizzazione selettiva del Mn nelle condizioni pH-Eh « di transizione » che si possono instaurare nel suolo nel corso di ripetuti eventi pedogenetici.

2. La distribuzione degli elementi in traccia nel suolo « non disturbato » n. 6 mostra in genere un aumento di tenori nell'orizzonte illuviato (*B* argillitico) in accordo con i consueti processi pedogenetici.

3. I suoli coltivati (n. 38 e 39) denunciano tenori medi di Cu e Zn ben più elevati di quanto riscontrato nel suolo « non disturbato » n. 6. Anche se nell'orizzonte di lavorazione (*Ap*) si verifica una sostanziale omogeneizzazione, questi due elementi, contenuti in prodotti di largo uso in agricoltura, mostrano tenori decrescenti dall'alto verso il basso.

4. Una particolare menzione merita la distribuzione del Cd. I tenori riscontrati nel presente studio sono in media significativamente più bassi di quanto riportato in letteratura (LAG, 1980; CUTTENIE, 1981). I suoli coltivati, inoltre, presentano tenori medi marcatamente più elevati del suolo non disturbato. Ciò può essere attribuito all'apporto in Cd anche da parte dei fertilizzanti. Va infine rimarcato il tenore molto più elevato (800 ppb) riscontrato nella lettiera del suolo n. 6. Ciò potrebbe indicare un apporto antropico aeriforme.

5. Il rischio di contaminazione del suolo, ed in genere ambientale, è destinato ad aumentare in modo irreversibile, in particolare per la programmata utilizzazione delle energie alternative al petrolio (come ad es. il carbone): Se, As, Cd ed altri elementi in traccia, se da una parte sono essenziali per la biosfera, risultano potenzialmente tossici

<i>Superficie</i>	<i>Tipo di suolo</i> (ordini U.S.D.A.)	<i>Facies pedogenetica</i>	<i>Pedogenesi</i>
sommitale	alfisuoli	bisiallitizzazione antica	paleopedogenesi da interglaciale a postglaciale
di versante	inceptisuoli	bisiallitizzazione recente	recente-postglaciale
fondo valle	entisuoli	attuale	attuale

per le piante e gli animali se le concentrazioni naturali vengono significativamente aumentate dalla contaminazione ambientale. I risultati presentati e discussi in questo lavoro indicano che per alcuni elementi si sono già verificati aumenti apprezzabili dei tenori naturali.

Publicazione n. 74 del Centro di Studio per la genesi e classificazione e cartografia del suolo del C.N.R. di Firenze.

*Ringraziamenti.* — Gli autori ringraziano il prof. F. MANCINI che ha incoraggiato l'iniziativa ed è stato prodigo di informazioni scientifiche e di consigli per la programmazione e la conduzione delle ricerche.

## BIBLIOGRAFIA

- AMINTI P., CANUTI P. e TACCONI P. (1975) - *Problemi di protezione idrogeologica nella Regione Toscana. I. Studi sperimentali su bacini rappresentativi nel basso corso del F. Arno*. Boll. Soc. Geol. It., 94, 417-427.
- BELLANCA A., DI CACCAMO A., NERI R. (1980) - *Mineralogia e geochimica di alcuni suoli della Sicilia Centro-Occidentale: studio delle variazioni composizionali lungo profili pedologici in relazione ai litotipi d'origine*. Miner. Petrol. Acta, 24, 1-15.
- BILLI P. e TACCONI P. (1981) - *Erosion and sediment transport in Virginio and Pesciola experimental basins*. Proc. Int. Symposium on erosion and sediment transport measurement, Florence.
- BRONDI M., DALL'AGLIO M., DE CASSAN P., GHIARA E., MIGNUZZI C., ORLANDI C. e PAGANIN G. (1981) - *Distribuzione di piombo, zinco, rame, cadmio, cromo, arsenico, selenio, ferro, manganese, vanadio, molibdeno, uranio e radio nelle acque dei più importanti fiumi italiani*. Soc. Ital. Miner. e Petrol., 37 (2), 967-978.
- CANUTI P., PRANZINI G., SESTINI G. (1966) - *Provenienza ed ambiente di sedimentazione dei ciottolami del Pliocene di S. Casciano (FI)*. Mem. Soc. Geol. It., V, 340-364.
- CANUTI P., GARZONIO C., RODOLFI G. (1979) - *Dinamica morfologica di un ambiente soggetto a fenomeni franosi e ad intensa attività agricola. Area rappresentativa di Montespertoli (FI)*. Annali Ist. Sper. Studio e Difesa Suolo, Firenze, X, 81-102.
- CANUTI P., FRASCATI F., GARZONIO C., RODOLFI G. (1979) - *Problemi di gestione del territorio: esperienze di cartografia tematica. Carta Geomorfologica della sezione Lucignano*. Atti Conf. Naz. Cartografia (Firenze).
- CHISCI G. (1979) - *Considerazioni sulle trasformazioni dei sistemi di agricoltura collinare in relazione al regime idrico e al dissesto dei versanti*. Geol. Appl. ed Idrogeol., XIV, 3, 225-249.
- COTTENIE A. (1981) - *Trace elements in Agriculture and in the Environment*. Labor. Anal. Agrich., State Univ. Ghent, Belgium.
- DALL'AGLIO M., FORNASERI M. (1980) - *Livelli naturali degli elementi in traccia nell'ambiente e loro variazioni antropogeniche*. Rend. Soc. It. Min. Petrol., 36 (2), 681-693.
- LAG J., Editor (1980) - *Geomedical aspects in present and future research*. Universitetsforlaget, Oslo-Bergen Tramsø.
- LULLI L. e ARRETINI A. (1979) - *Differenze nella produzione e nel contenuto zuccherino dell'uva Sangiovese provocate dall'erosione dei versanti*. Annali Ist. Sperim. Studio e Difesa Suolo, Firenze, X, 103-112.
- LULLI L., LORENZONI P., ARRETINI A. (1980) - *Esempi di cartografia tematica e di cartografia derivata (Sez. Lucignano - Foglio Firenze). La carta dei suoli, la loro capacità d'uso, l'altitudine dei suoli all'olivo e al Sangiovese*. C.N.R.-P.F. Conservazione del suolo. Sottoprogetto «Dinamica dei Versanti». Pubbl. n. 56. Pitagora Edit., Bologna.
- MAGALDI D. (1979) - *Paleosuoli e stratigrafia del Quaternario continentale*. Ateneo Parmense, Acta Nat., 15, 159-161.
- MANCINI F. e Coll. (1966) - *Carta dei suoli d'Italia in scala 1:1.000.000*. Coppini, Firenze.
- MCKEAGUE J.A. and WOLYNETZ M.S. (1980) - *Background levels of minor elements in some Canadian Soils*. Geoderma, 24, 299-307.
- SESTINI G. (1970) - *Postgeosinclinal deposition*. Sedim. Geol., vol. 4, n. 3/4.
- U.S.D.A. - SOIL SURVEY STAFF (1975) - *Soil Taxonomy Agric. Handbook n. 436*, Baltimora, U.S.A.
- VINOGRADOV A.P. (1959) - *The geochemistry of rare and dispersed chemical elements in soils*. Consultant Bureau, New York, 2<sup>nd</sup> Edition.