

GIOVANNI AURINDO FERRARI & DONATELLO MAGALDI (\*)

## SEDIMENTOLOGIA E MICROPEDOLOGIA DEI PALEOSUOLI SUL TERRAZZO PRINCIPALE DELLA VAL DI CHIANA (AREZZO)

**ABSTRACT:** Sedimentological and micromorphological analysis of paleosols on the « main terrace » of Val di Chiana (Arezzo - Italy) were carried out.

The geomorphological unit is composed of two overlapping fluvial sediments of different origin in their parent material. The two sediments are characterised by soils of different evolution.

The older sediment (Colle) stream deposited, dated back to cata-Riss, is the parent material of an Alfisol weathered starting in the Riss-Würm interglacial.

The more recent sediment (Mucchio II), resulting from the deposition of a meandering river in the cata-Würm, is characterised by an Aquic Hapludalf.

Some paleogeographic conclusions are obtained.

**RIASSUNTO:** Nell'ambito di una serie di ricerche sulle variazioni temporali di alcuni parametri fisici dei suoli della Val di Chiana, sono state eseguite indagini di tipo sedimentologico e pedologico sui paleosuoli del terrazzo principale della valle.

Sulla base delle osservazioni di campagna e dei risultati analitici si è potuto stabilire che tale unità morfologica è costituita dalla sovrapposizione di due sedimenti fluviali di diversa età e provenienza. Su entrambi i sedimenti si sono impostati suoli a differente grado di evoluzione.

Il sedimento più antico (Colle) è stato depositato durante il cataglaciale Riss da un corso d'acqua a carattere torrentizio, proveniente da Ovest e rappresenta il substrato di un Alfisol di età Riss-Würm.

Il sedimento più recente (Mucchio II), studiato con dettaglio maggiore a causa della sua diffusione, ha preso origine in seguito alle esondazioni di un fiume meandreggiante proveniente da Nord (paleoArno).

Su quest'ultimo sedimento la pedogenesi è iniziata con il cataglaciale würmiano ed ha portato alla formazione di un Hapludalf.

Completano la nota alcune osservazioni di carattere paleogeografico ed una cartina geomorfologica di massima della zona studiata.

**TERMINI-CHIAVE:** bacini lacustri intrappenninici - Würm - Riss-Würm - Paleopedologia.

### INTRODUZIONE

Nell'ambito delle ricerche del Centro di Studio CNR per la Genesi, Classificazione e Cartografia del Suolo venne scelto come ambiente di studio la Val di Chiana e, come oggetto di messa a punto di metodi e zona di indagini di maggior dettaglio, il terrazzo fluviale principale della valle.

Tale scelta fu dettata dal fatto che i suoli ivi più frequenti sono tipici di larghe fasce degli ex-bacini lacustri intrappenninici. Poiché presentano anche notevoli problematiche dal punto di vista agrario e forestale, si è ritenuto che la loro conoscenza potesse avere interessanti spunti applicativi.

Per l'impianto di stazioni fisse di controllo e di misura nel tempo di parametri fisici (temperatura, umidità e fluttuazione delle falde nel suolo) e chimici (acque di percolazione), parve utile disporre di dati sedimentologici e micromorfologici che servissero di base per le sopradette ricerche.

### INQUADRAMENTO GEOLOGICO-GEOMORFOLOGICO

Le fasi prequaternarie dell'orogenesi appenninica sono state caratterizzate da fatti di tettonica distensiva che sembrano responsabili della struttura generale ad Horst e Graben, tipica della porzione più settentrionale dell'Appennino.

Alcune delle fosse tettoniche, comprese fra due allineamenti strutturali (rughe), sono state in tempi prequaternari sede di episodi lacustri e fluvio-lacustri. In effetti sembra che durante il Pliocene, anche nei momenti di maggior subsidenza, i bacini lacustri intrappenninici non esistessero ancora, salvo forse il bacino del Val d'Arno superiore ed, in fase embrionale, alcuni termini dei laghi pliocenici della Garfagnana.

È nel Pleistocene, con una ripresa di orogenesi moderata, secondo gli schemi già citati, che si ha l'ampliamento dei precedenti e la genesi di nuovi bacini nelle depressioni interposte fra le dorsali mioceniche.

Si ritiene che nel Pleistocene inferiore la rete idrografica della Val di Chiana fosse afferente per intero al Tevere. Il grande lago che si era formato in quella zona viene gradualmente colmato e svuotato, mentre in risposta a fatti tettonici si modifica l'idrografia generale con la cattura, da parte dell'Arno, dei fiumi che drenavano verso l'attuale bacino della Chiana. I movimenti di *tilting* continuano fino a rendere possibile l'inversione di deflusso

(\*) C.N.R. - Centro di Studio per la Genesi, Classificazione e Cartografia del Suolo; Istituto di Geopedologia e Geologia Applicata dell'Università di Firenze: Pubblicazione n. 44.

della Chiana da Sud a Nord che, testimoniata da episodi di ristagno di acque e di impaludamenti, si è prolungata fino in epoca storica.

L'incisione dei sedimenti lacustri e gli apporti fluviali hanno determinato la costruzione nella nostra area di una serie di terrazzi fluviali, le cui morfologie e la cui dinamica appaiono correlabili con gli eventi quaternari (glaciazioni e tettonica tardiva dell'orogenesi appenninica).

La zona scelta per il programma di studi citato nell'introduzione appartiene al terrazzo principale della Val di Chiana settentrionale.

Nella porzione settentrionale ed orientale, questa area è limitata lateralmente, fino agli spartiacque attuali, dalla Formazione di Londa (mgL: scisti siltosi, marne ed arenarie fini quarzoso-feldspatiche e calcaree), a NW da rilievi di Calcari e Brecciole di Montesenario (bnS), mentre a W sono le arenarie quarzoso-feldspatiche e le siltiti della formazione del Macigno (mg) che separano la Val di Chiana dal bacino dell'Ombrone grossetano (vedi foglio geologico n. 114, Arezzo).

A grandi linee gli elementi geomorfologici più salienti (fig. 1), e che trovano una sistematica ripetizione nella parte settentrionale della Val di Chiana, sono i seguenti:

1 - Depositi alluvionali attuali del fiume Chiana; questa unità è stata oggetto di bonifica in tempi storici ed appare sovente sovralluvionata e modificata da movimenti di terra e colmate con i materiali solidi dei corsi affluenti.

2 - Depositi alluvionali attuali degli affluenti di destra e di sinistra della Chiana, generalmente subparalleli fra loro, con percorso artificiale nei tratti terminali. Tali

alluvioni sono talora separate dalla precedente unità da piccole scarpate non sempre rilevabili.

3 - Terrazzo dei corsi affluenti e della Chiana, sospeso, separato dalla unità precedente da una scarpata di qualche metro e dell'unità 4 da una scarpata di erosione molto evidente soprattutto nella parte a monte.

4 - Scarpata a pendenza variabile, con dislivello di alcuni metri tra le unità 1 e 5, 2 e 5 ed infine 3 e 5; scarpata di erosione.

5 - Terrazzo principale variamente inciso ed eroso, poggiante su sedimenti lacustri e fluvio-lacustri e coperto da ciottolami, sabbie ed argille. Si raccorda a monte con i materiali prelacustri.

Questa suddivisione, a carattere generale e schematico, è stata concepita come strumento per un rilievo pedologico sistematico e come tale pecca forse di eccessiva semplicità. È tuttavia assai rispondente per quanto riguarda la cartografia dei suoli, in quanto ha permesso di individuare aree tendenzialmente omogenee dal punto di vista pedologico, uniformi come caratteri morfologici, topografici, sedimentologici e talora di uso del territorio.

L'unità morfologica 5, che abbiamo denominato « terrazzo principale della Chiana », a seguito del rilevamento pedologico è risultata composta da due famiglie di suoli:

1 - Famiglia di Mucchio: suoli profondi, argillosi fini, scheletro assente, neutri, drenaggio lento sotto i 40 cm di profondità.

2 - Famiglia di Colle: suoli da sottili a mediamente profondi, tessitura franco-fine-ciottolosa, neutri, a drenaggio lento sotto i 40 cm di profondità.

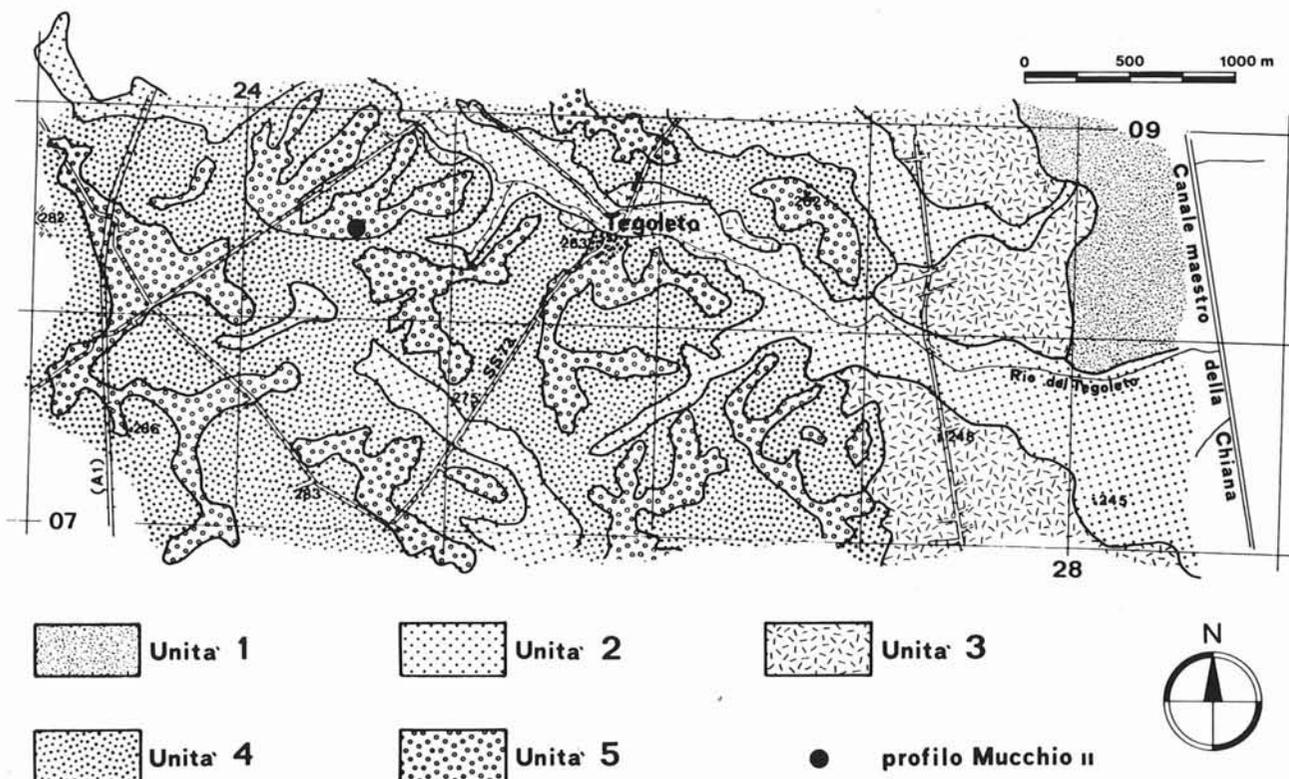


FIG. 1 - Schema geomorfologico delle Val di Chiana nei dintorni di Tegoletto. Localizzazione del profilo di Mucchio II.

I due suoli si differenziano, oltre che per tipo di pedogenesi, anche dal punto di vista sedimentologico, come è facile osservare anche direttamente in campagna (fig. 2). Si sommano quindi una bisequenza pedologica ed una discontinuità sedimentologica. A questo proposito in varie località, ma tipicamente al campo sportivo di Tegoletto, si nota come il livello a ciottoli, caratterizzato da una forte alterazione, sia sottostante ai materiali fini. È oggetto di questa indagine lo scoprire le ragioni, la dinamica di questa sequenza, sia per quanto riguarda i suoli che i sedimenti.

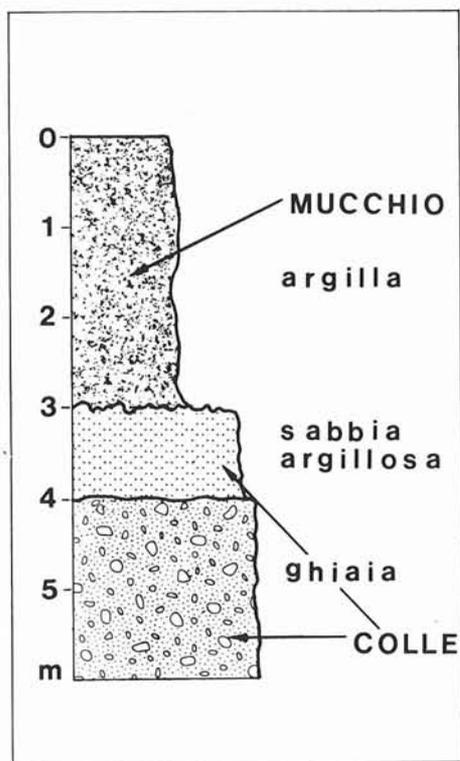


Fig. 2 - Schema semplificato della sezione campionata.

## IL PROFILO DI MUCCHIO II

Nei pressi delle stazioni per la misura dell'umidità e temperatura del suolo e dell'atmosfera (Case Mucchio II - Badia al Pino, Arezzo - vedi carta geomorfologica schematica) e per il controllo della dinamica delle acque nel profilo, si studiò una sezione opportunamente aperta. In tale profilo, dopo un'accurata descrizione qui riportata, si procedette alla campionatura per le analisi micromorfologiche (vedi capitolo successivo) e chimico-fisiche (tab. 1). La campionatura per le analisi chimiche venne realizzata su una sequenza standard, circa ogni 10 cm di profondità, con campioni presi a caso lungo l'orizzontale.

Si riportano di seguito: a) la descrizione di campagna; b) la tabella delle analisi ottenuta mediando i campioni relativi ai vari orizzonti pedologici; c) i diagrammi rappresentanti gli andamenti di alcuni parametri chimici e fisici in funzione della profondità.

## DESCRIZIONE DEL PROFILO DI MUCCHIO II (BADIA AL PINO, AREZZO)

Quota: 227 m s.l.m.

Pendenza: 2-3 %

Esposizione: Nord-Ovest

Pietrosità: assente

Roccosità: assente

Drenaggio: imperfetto

Erosione: idrica moderata

Roccia madre: depositi fluviali, limoso argilloso intercalati da lenti di sabbia, sovrastanti ciottolami

Uso del suolo: coltivato già a grano, in riposo da tre anni

Classificazione: Aquic Hapludalf

Descrizione: del 30.04.73 G. A. FERRARI e U. GALLIGANI

Analisi chimiche e fisiche: A. RASPI e E. BUSONI.

Orizz. Ap. - 0 ÷ 35 cm bruno giallastro (10 YR 5/6) quando umido; limoso franco; scheletro assente; struttura poliedrica angolare, debole, molto fine e fine; consistenza da asciutto: dura; pori molto piccoli, comuni; radici erbacee comuni subverticali; pH (campagna) 5,5; limite ondulato abrupto. D.A. 1,46.

Orizz. B 2.1 - 35 ÷ 80 cm bruno giallastro (10 YR 5/5) quando umido; argilloso limoso; scheletro assente; struttura prismatica evidente, media e grossolana; consistenza: estremamente resistente da umido e plastica da bagnato; pori scarsi e molto piccoli; fessure comuni sui 40 ÷ 50 cm; scarse sui 70-80 cm; radici erbacee scarse subverticali; screziature abbondanti, piccole e medie molto evidenti (6 YR 5/6 e 2.5 Y 6/2) tra 35 e 45 cm; piccole e medie comuni evidenti (10 YR 5/7 e 2.5 Y 6/2) tra 65 e 80 cm; rivestimenti di Fe-Mn ed argilla comuni; concrezioni di Fe-Mn dure e scarse e piccole da 70 cm in basso; facce di pressione abbondanti; pH (campagna) 5,0; limite ondulato graduale. D.A. 1,73 a 50 cm e 1,81 a 70 cm.

Orizz. B 2.2 - 80 ÷ 120 cm bruno giallastro scuro (10 YR 4.5/5) quando umido; argilloso limoso; scheletro assente; struttura prismatica media e grossolana evidente; a saturazione consistenza plastica; pori scarsi e molti piccoli; fessure scarse; radici assenti; effervescenza all'HCl 10 % molto debole; rivestimenti di Fe-Mn scarsi; concrezioni di Fe-Mn dure abbondanti piccole e medie; facce di pressione abbondanti; pH (campagna) 7,0; limite inferiore ondulato diffuso. D.A. 1,77 a 90 cm.

Orizz. C 1 - 120 cm ed oltre; bruno giallastro (10 YR 5.5/6) quando umido; argilloso limoso; scheletro assente; struttura prismatica evidente molto grossolana; consistenza estremamente resistente da umido; pori scarsi e molto piccoli; fessure comuni; radici assenti; effervescenza all'HCl 10 % molto debole; concrezioni di Fe-Mn dure piccole e medie comuni; concrezioni di CaCO<sub>3</sub>, a 160 cm, dure, nette, scarse, medie e grandi; facce di pressione abbondanti, di scivolamento comuni, a 45°; pH (campagna) 8,0.

TABELLA 1

### ANALISI CHIMICO-FISICHE DI MUCCHIO II.

Orizzonte	Ap	B 2.1	B 2.2	C 1
Sabbia %	18,45	8,12	9,30	9,08
Limo } G %	43,45	24,52	24,28	21,81
} F %	21,60	20,02	26,52	26,31
Argilla %	16,50	47,34	39,90	42,90
C organico %	0,99	0,47	0,40	0,36
Sost. organica (C x 1,72)	1,70	0,81	0,74	0,62
pH (acqua)	5,4	5,4	6,7	7,5
pH (KCl)	4,1	3,6	5,2	6,1
Basi scambio (m.e./100 gr)				
Ca	5,37	7,40	9,56	10,89
Mg	1,12	7,30	9,80	10,21
K	0,21	0,26	0,23	0,27
Na	0,15	1,34	2,49	2,96
Totale	6,76	16,30	22,08	24,33
Acidità di scambio	6,86	15,09	4,41	4,76
C.S.C.	13,62	31,39	26,49	29,09
Saturazione %	49	51	83	84
CaCO <sub>3</sub> %	ass.	ass.	ass.	tracce

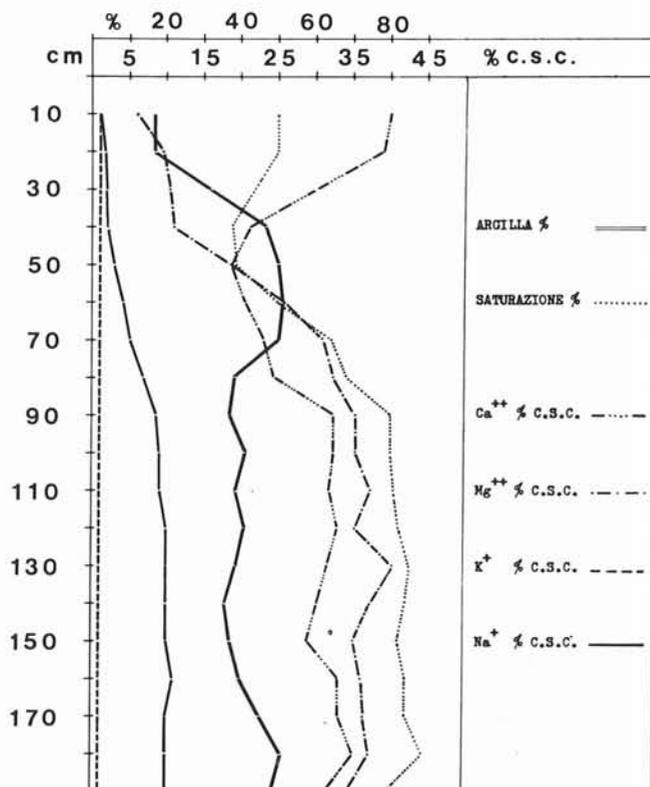


Fig. 3 - Andamento di alcuni parametri fisico-chimici in funzione della profondità.

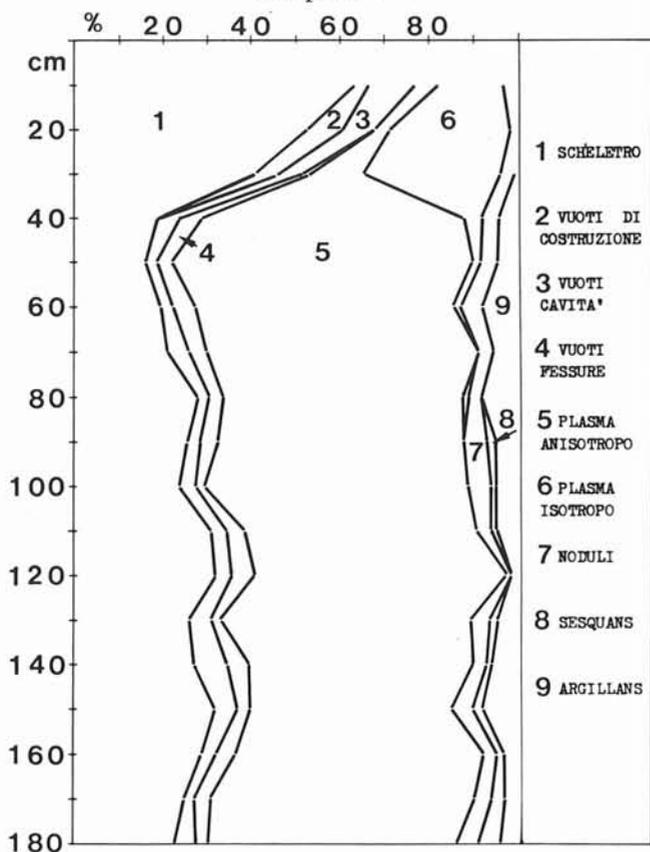


Fig. 4 - Andamento di parametri micromorfologici in funzione della profondità.

Nel profilo in esame si riconosce chiaramente la presenza di un orizzonte di accumulo di argilla. Tale fenomeno è evidenziato dalle analisi sedimentologiche e micromorfologiche. In ambedue i casi infatti si osserva un aumento dei minerali argillosi con la profondità. Tale aumento risulta da un più alto contenuto della frazione minore di 2  $\mu$  rispetto agli orizzonti superficiali (tab. 1 e fig. 3) e dai massimi osservabili nei diagrammi micromorfologici (fig. 4) dei cutans di illuviazione, cioè delle figure pedologiche che esprimono movimento ed accumulo di minerali argillosi ed ossidi ed idrossidi di ferro e manganese.

La presenza dunque di un orizzonte « argillico » con percento di saturazione in basi superiore a 35, permette di riconoscere in questo terreno un Alfisuolo. Inoltre i caratteri che appaiono legati ad un ambiente umido ed alla persistenza di stati di saturazione idrica all'interno del suolo (orizzonte B) ci permettono di considerarlo un Alfisuolo di zone umide caratterizzato da un breve periodo di aridità cioè di situazioni in cui l'evapotraspirazione è superiore alle precipitazioni (Udalfs).

La differenza di temperatura media del suolo fra il periodo invernale e quello estivo minore di 5 °C ed il contenuto percentuale di argilla, che diminuisce più dell'80 % al di sotto del suo massimo, fanno entrare il nostro suolo nel concetto centrale degli Udalfs=Hapludalfs. In effetti il suolo di Mucchio ne differisce per la presenza di screziature con croma minore di 2 per cui si può considerare un Aquic Hapludalf.

#### MICROMORFOLOGIA DI MUCCHIO II.

L'analisi in sezione sottile al microscopio polarizzatore è stata condotta su campioni indisturbati prelevati ogni 10 cm di profondità nell'ambito di 2 m, presi a caso lungo l'orizzontale; le sezioni sottili sono state realizzate con il metodo proposto da FERRARI (1966). Il risultato di questa fase descrittiva è riportato nella tabella 2 in maniera sintetica usando la terminologia di BREWER (1964).

A seguito di questa prima indagine si procedette ad una analisi quantitativa abbinando al microscopio un contatore digitale ed ispezionando un reticolato di 1000 punti per vetrino (ESWARAN, 1968). I risultati di questo conteggio sono riportati nel diagramma di fig. 4.

I termini di descrizione considerati nella prima fase sono la S-matrice e le figure pedologiche propriamente dette.

Il termine S-matrice nell'acquisizione di BREWER (1964) è il materiale che compone gli aggregati primari in cui si rinvengono le figure pedologiche ed è costituito dal plasma, dai granuli di scheletro e dai vuoti che non compaiono nelle figure pedologiche. Le figure pedologiche sono invece unità all'interno del suolo distinguibili dal materiale che le comprende o per l'origine o per differenze nella concentrazione di qualche frazione del plasma o per differenze nella disposizione (es. orientamento) dei costituenti.

All'interno di questi due livelli di descrizione, per un maggiore dettaglio, sono stati descritti caratteri specifici che dessero informazioni sulla genesi e la dinamica del suolo in studio.

TABELLA 2  
DESCRIZIONE MICROMORFOLOGICA DI MUCCHIO II.

Unità di descrizione	ORIZZONTI			
	Ap (10 ÷ 30 cm)	B <sub>2.1</sub> (40 ÷ 80 cm)	B <sub>2.2</sub> (90 ÷ 120 cm)	C <sub>1</sub> (150 ÷ 180 cm)
<i>S-matrice</i>				
scheletro	quarzo e feldspati a spigoli vivi, poco arrotondati	come Ap con frazione sabbiosa meno abbondante	come il precedente	come il precedente con aumento della frazione sabbiosa
caratteri del plasma	isotropo, di colore bruno a nicols paralleli	anisotropo, a nicols paralleli di color bruno rossastro o giallo molto chiaro	anisotropo, a nicols paralleli di color bruno rossastro e giallo	anisotropo, a nicols paralleli di color bruno rossastro
fabric plasmatica	silasepica	schel-ma-vosepica	ma-schel-vosepica	masepica e talora subordinata silasepica
plasma/scheletro	agglomeroplasmico	porfirochelico	porfirochelico	porfirochelico
vuoti	cavità e camere a pareti lisce	fessure e subordinate cavità a pareti lisce	fessure e fortemente subordinate cavità a pareti lisce	fessure e cavità
sostanza organica	poco amalgamata con la frazione minerale	tutta dispersa nella frazione minerale	come il precedente	come il precedente
proporzioni S - P - V	scheletro > plasma < vuoti	scheletro < plasma > vuoti	come il precedente	come il precedente
<i>Figure pedologiche</i>				
separazioni plasmatiche	nessuna	in relazione ai granuli di scheletro a bande orientate nella matrice e legate ai vuoti	a bande orientate nella matrice attorno ai granuli di scheletro e legate ai vuoti	prevalentemente in piccoli domini allungati nella matrice; in certe zone non si osservano separazioni plasmatiche
concentrazioni plasmatiche	noduli di ossidi ed idrossidi di Fe e concrezioni rimaneggiate degli stessi materiali	noduli di ossidi ed idrossidi di Fe e Mn di piccole dimensioni; concrezioni degli stessi materiali con dimensioni maggiori; sottili argillans fra i microaggregati e nei pori, con estinzione diffusa	concrezioni di (idr)ossidi di Fe e Mn e in quantità minore noduli dei medesimi; argillans come in precedenza, poco separati; sequans netti lungo i pori o nella matrice	noduli più frequenti delle concrezioni di (idr)ossidi di Fe e Mn con taglie maggiori che negli orizzonti precedenti; argillans di maggior spessore e meglio separati che in precedenza lungo i pori e gli aggregati, con estinzione netta a bande
bioformazioni	pedotuboli scarsi a pareti mammellonari nelle cavità	scarsi pedotuboli	—	—
pedorelitti	piccoli aggregati rotondeggianti derivanti da orizzonti sottostanti	—	—	—
litorelitti	frammenti delle dimensioni della sabbia grossolana di quarziti, diaspri e arenarie	come il precedente	come il precedente	come il precedente

Nell'ambito della S-matrice si è considerata la quantità di scheletro ed i suoi caratteri. Si tratta evidentemente di una stima semiquantitativa che però può corroborare e trovare conferma nei dati provenienti dalla « conta » o da studi sedimentologici più raffinati. In questa sede si possono evidenziare anche caratteri morfoscopici dei granuli. Nel suolo di Mucchio II, a parte variazioni nella quantità di scheletro, si è potuto osservare come quarzo e feldspati, che costituiscono la quasi totalità della frazione immobile del suolo, appaiono in tutto il profilo a spigoli vivi e poco arrotondati.

La frazione mobile del suolo (plasma o materia plasmatica) si esamina: a nicols incrociati per stimare il grado di organizzazione, in quanto appare anisotropia dove le particelle argillose si trovino orientate con direzioni cristallografiche parallele fra loro; a nicols paralleli per apprezzare il colore in luce trasmessa che informa sul contenuto in sostanza organica, ossidi ed idrossidi di ferro e manganese, ecc. Nel nostro suolo l'isotropia del plasma degli orizzonti superficiali è legata alla attività biologica (vegetale ed animale) ed all'azione dell'uomo. In ambedue i casi si tratta di pedoturbazioni che mascherano o impediscono alla frazione plasmatica di organizzarsi e di orientarsi. Il maggior dinamismo meccanico presente negli orizzonti profondi ed il minor disturbo da parte di piante ed animali si estrinseca in un aumento dell'anisotropia ottica.

Il successivo termine di descrizione, « la fabric plasmatica », ci ragguaglia sul modo di disporsi del plasma ed in special maniera sul suo grado di anisotropia e sugli schemi di estinzione ottica. Nel nostro caso dopo la zona superficiale priva di separazioni plasmatiche per le ragioni già dette nella descrizione dei caratteri del plasma, si assiste ad una evoluzione dei caratteri della fabric plasmatica che vede le separazioni plasmatiche sempre più abbondanti con la profondità e legate allo scheletro e ad i vuoti solo nella parte più alta del B e sempre più diffuse nella matrice con l'aumento della profondità.

Questo fatto, correlato con il tipo di vuoti e con la loro frequenza, da informazioni su un aumento di densità apparente negli orizzonti profondi.

Anche il rapporto fra plasma e scheletro conferma quanto detto, in quanto si assiste ad un passaggio da un tipo agglomeroplasmico (il plasma non riempie completamente gli spazi intergranulari dello scheletro) ad uno porfiroscelico (il plasma si presenta come una massa di fondo densa, in cui i granuli di scheletro sono disposti come fenocristi in una roccia porfirica).

I vuoti risultanti dalla conta per punti non danno in via assoluta informazioni sulla porosità in senso stretto del suolo, in quanto rimangono esclusi dal nostro tipo di campionamento e di analisi tutti i pori interpedali e tutta la porosità al di sotto del potere di risoluzione del microscopio. Appare invece assai interessante: a) la « tendenza » a diminuire con la profondità dei pori in generale; b) la scomparsa o la diminuzione di pori dovuti ad attività biologica (cavità, camere) con l'aumentare della profondità; c) la presenza di pareti lisce nei pori superficiali; d) la presenza costante di fessure negli orizzonti profondi. Questi elementi morfologici ci permettono di ipotizzare una scarsa asportazione solida dagli orizzonti

superficiali verso quelli profondi ed una forte attività dinamica negli orizzonti profondi, dovuta essenzialmente alle azioni di rigonfiamento e di ritiro dei minerali argillosi.

Nella tabella 2 appaiono poi le figure pedologiche formate in situ per processi esclusivamente pedogenetici (figure pedologiche specifiche) o « ereditate » da precedenti pedogenesi o dalla roccia madre. Per le separazioni plasmatiche viene riportata in chiaro la descrizione degli orientamenti dei minerali argillosi dovuti a pressioni o tensioni all'interno del suolo in relazioni con i vuoti, lo scheletro, la matrice.

Dalla descrizione delle concentrazioni plasmatiche (accumulo di una frazione del plasma per effetto dei processi pedogenetici) risulta evidente un processo di illuviazione di minerali argillosi, un movimento ed accumulo di ferro e manganese ed un evidente rimaneggiamento dell'orizzonte superficiale. I dati della conta sono stati riportati in diagramma cartesiano (fig. 4) in funzione della profondità.

Dagli andamenti dei vari parametri considerati scaturiscono facilmente alcune semplici evidenze.

A profondità comprese fra i 30 ed i 40 cm corrisponde un brusco cambiamento della maggioranza dei parametri. Questo risultato può essere imputato solo parzialmente alle arature ed ai movimenti in terra di origine antropica, con ogni probabilità si può ipotizzare la presenza di materiali di un preesistente orizzonte di eluviazione (A 2).

Gli altri caratteri subiscono variazioni che entrano nell'approssimazione del metodo; appaiono degni di maggior attenzione solo l'andamento dei globuli e delle pellicole argillose. Per altro il profilo appare assai monotono con debole differenziazione di orizzonti, come del resto era già emerso nella descrizione di campagna.

Il fatto più evidente è la continua presenza di materiali argillosi orientati in pellicole a testimonianza di processi di migrazione delle argille, nonostante la granulometria fine del sedimento.

#### SEDIMENTOLOGIA DEL PROFILO DI MUCCHIO II.

Lo studio sedimentologico (analisi dei parametri statistici delle distribuzioni granulometriche e analisi mineralogiche sulla sabbia fine) è stato condotto su un'ampia sezione artificiale, a sviluppo verticale di circa 4 metri, dove il paleosuolo di Mucchio raggiunge uno spessore di circa 3 m e si sovrappone, secondo un'evidente superficie d'erosione, ai materiali prevalentemente sabbiosi e ciottolosi del paleosuolo di Colle.

#### *Analisi tessiturali.*

In considerazione dell'omogeneità tessiturale scaturita dalle analisi di routine (tab. 1) si è ritenuto superfluo un esame dettagliato dell'intera sequenza pedologica. Metodi di maggior precisione (bilancia di sedimentazione continua Sartorius) sono stati applicati solo a 6 campioni scelti in base all'andamento delle distribuzioni granulometriche ricavate con i metodi analitici comuni. Le curve cumula-

tive (fig. 5) risultanti dalla bilancia di sedimentazione per la parte argillosa e limosa e dalla setacciatura per quella sabbiosa, rivelano tutte una discreta selezione nella frazione sabbia fine-limo grosso. Soltanto i due campioni relativi alla profondità di 200 e 280 cm si scostano dagli altri per i valori più grossolani della mediana e per una distribuzione pochissimo selezionata. Si tratta infatti di campioni provenienti da livelli sabbiosi grossolani-siltosi con poca argilla, che rappresentano la base del suolo francamente argilloso sovrastante.

Più interessante appare invece l'andamento dei parametri M, s.d., S, K, di FOLK & WARD, 1957 (fig. 6). Risultano infatti tre parti ben distinte che le altre analisi non avevano evidenziato.

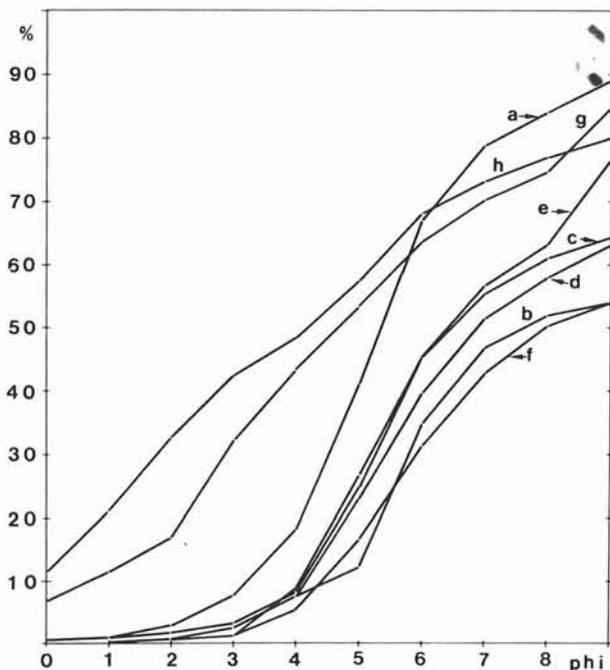


FIG. 5 - Curve granulometriche cumulative relative a livelli di diversa profondità del profilo di Mucchio: a = 20 cm; b = 40 cm; c = 70 cm; d = 110 cm; e = 150 cm; f = 180 cm; g = 200 cm; h = 280 cm.

Nella prima, compresa tra 10 e 40 cm, si osservano valori elevati della media, valori decrescenti verso il basso della Kurtosis e della asimmetria, valori crescenti della deviazione standard.

La seconda successione compare fra i 40 ed i 150 cm ed è rappresentata da una serie piuttosto omogenea di livelli a granulometria fine, platicurtica, sensibilmente dispersa e con asimmetria positiva. La terza serie, che inizia alla profondità di 180-200 cm è costituita da una successione caratterizzata da distribuzioni platicurtiche, con asimmetria quasi nulla, decisamente più grossolane delle altre.

Questa suddivisione può rispecchiare un processo pedogenetico di differenziazione tessiturale oppure una preesistente eterogeneità litologica. La prima ipotesi sembra più probabile considerando che tra alcune coppie di parametri tessiturali si osservano, nel tratto compreso tra 20 e 180 cm, le stesse corrispondenze dirette e inverse già notate negli orizzonti di tipo B di alcuni paleosuoli

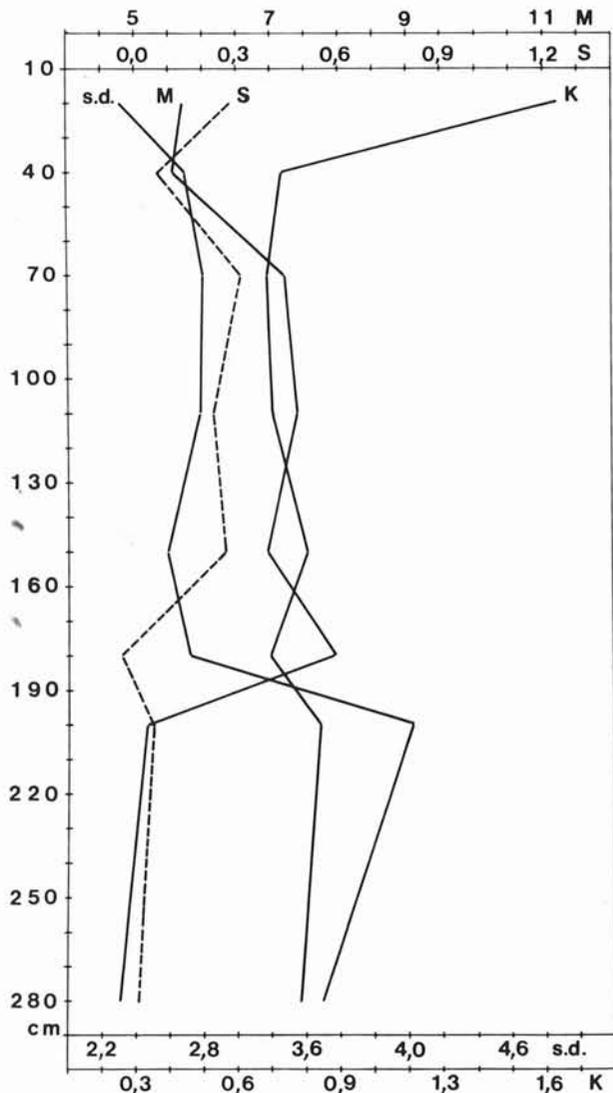


FIG. 6 - Variazione dei parametri statistici: M (media grafica); S (skewness); K (kurtosis) e s.d. (standard deviation), lungo il profilo di Mucchio. In ascissa le scale dei parametri espresse in unità  $\phi$ , in ordinata le profondità in cm.

della Maremma grossetana. In unità  $\phi$  crescenti si ha infatti:

- S e s.d. inversa
- S e K diretta
- M e s.d. diretta

Rapporti così stretti fanno pensare che questa successione rappresenti un insieme di orizzonti sostanzialmente di tipo B impostatisi su materiali abbastanza omogenei. Solo la parte più bassa può rappresentare un livello meno pedogenizzato, forse un B/C o un C, già in origine molto più grossolano degli orizzonti sovrastanti.

#### Analisi mineralogiche.

Sono scarsi quantitativamente i minerali pesanti della frazione sabbiosa esaminata ( $250 \div 53 \mu$ ) e rappresentati in prevalenza da minerali opachi (rapporto trasparenti/opachi = T/O = 1 : 12).

Fra i primi compaiono le tipiche specie del macigno (GAZZI, 1962) accompagnate da scarsi e spesso rari granuli di barite, spinello verde e actinolite. La barite, che è stata segnalata anche nel macigno come minerale detritico in quantità limitatissima (GAZZI, 1962), è frequente nei campioni profondi e si presenta in cristalli tabulari allungati con terminazioni piramidali e spigoli generalmente acuti. Le dimensioni medie sono intorno ai 100 micron. Questi caratteri e l'elevata frequenza inducono a pensare che il minerale sia autigeno; più avanti ne verrà discussa l'origine.

Lo spinello (pleonasto) si presenta in cristalli rotondeggianti, spesso con *habitus* ottaedrico tipico, di colore verde scuro. Questo minerale si osserva esclusivamente nel suolo ed è già stato segnalato con gli stessi aspetti in alcuni paleosuoli del Casentino (MAGALDI, in GALLIGANI, 1970). Il pleonasto non è presente nel macigno né in altre arenarie simili, ma costituisce un accessorio comune nelle peridotiti (IDDINGS, 1911); di recente (MARNELLI, 1970, comunicazione personale) è stato segnalato nelle vulcaniti del Monte Amiata. È quindi difficile per il momento formulare una ipotesi sicura sulla sua provenienza.

L'actinolite compare invece in quantità limitatissima e saltuariamente, specie negli orizzonti profondi; la sua presenza può essere facilmente spiegata con il modestissimo contributo di rocce diverse dal macigno, presumibilmente ofioliti.

Gli opachi sono rappresentati in netta prevalenza da minerali alterati, e subordinatamente da idrossidi di ferro e magnetite.

Lo spettro mineralogico del suolo (fig. 7) è piuttosto monotono lungo l'intero profilo: variazioni più sensibili si verificano solamente nella parte profonda, per le frequenze relative della tormalina e del granato dovute, così come accade in diversi sedimenti in genere di trasporto idrico, alla diversità del comportamento idraulico della tormalina (diversità di forma, dimensioni medie e peso specifico), nei confronti del granato.

La frazione leggera è formata da quarzo e feldspati (Q : F = 4 : 1) con caratteri morfologici e composizionali analoghi a quelli riscontrati in altri paleosuoli formati su materiali provenienti dal disfacimento del macigno (fig. 7).

Si riconoscono infatti l'ortoclasio, plagioglassi a composizione variabile tra l'albite e l'oligoclasio medio ed infine il microclino. Lungo l'intero profilo compare anche il sanidino, in cristalli di aspetto vetroso, a spigoli vivi, sia pure in quantità limitatissima.

Trattandosi di un minerale tipicamente « vulcanico », senza evidenti segni di lungo trasporto idrico, sembra giustificato pensare che la sua presenza possa spiegarsi con il contributo fornito alla costruzione del terrazzo da depositi cineritici più o meno sottili, generatisi in seguito all'attività vulcanica del monte Amiata, vecchia, secondo le ultime datazioni (EVERDEN & CURTIS, 1965) di circa 430 mila anni.

L'andamento Q/F rappresentato dalla frequenza del feldspato rispetto al totale Q + F, si rivela anch'esso monotono lungo la serie, testimoniando ulteriormente la scar-

sa sensibilità di tale indice per i paleosuoli del Quaternario toscano, anche se non si può negare un certo arricchimento in quarzo procedendo dagli orizzonti basali verso quelli superficiali.

#### I SEDIMENTI DELLA FAMIGLIA DI COLLE.

Sul terrazzo principale della Val di Chiana, come già accennato in precedenza, compaiono con passaggio laterale o direttamente sepolti sotto il termine di Mucchio II sedimenti grossolani, talora pedogenizzati, che vanno a costituire la famiglia di Colle. Al fine di chiarire la genesi del sedimento e la provenienza dei materiali, anche in relazione al suolo sovrastante, si è ritenuto utile uno stu-

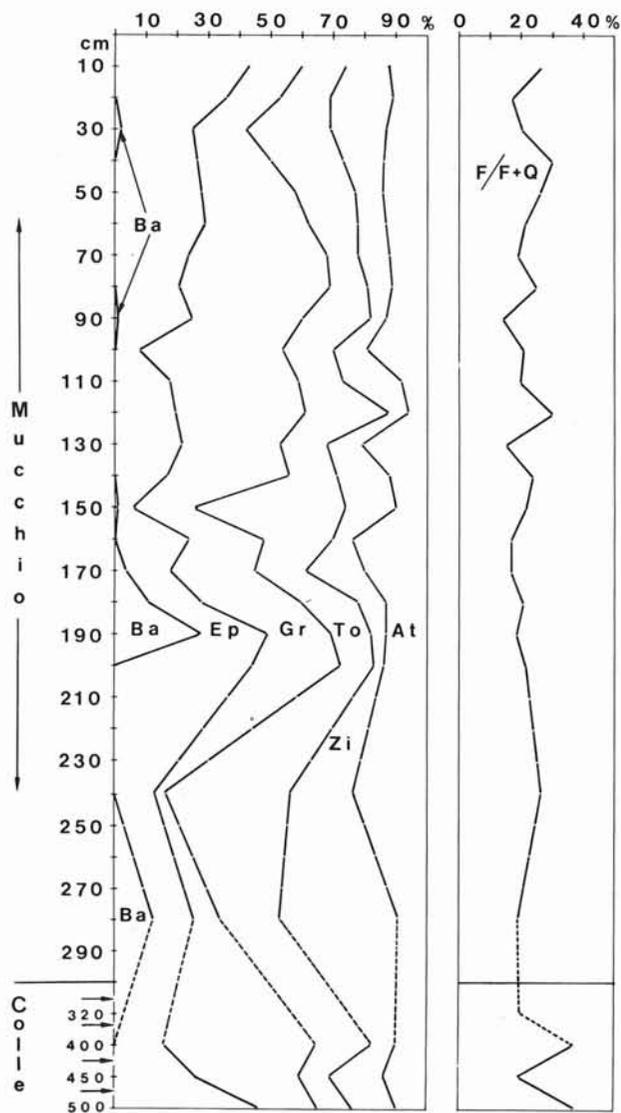


FIG. 7 - Variazioni mineralogiche all'interno della frazione sabbiosa (53-250  $\mu$ ) « pesante » (a sinistra) e « leggera » (a destra) lungo il profilo di Mucchio e di Colle. In ascissa le percentuali, in ordinata le profondità in cm. Ba = barite; Ep = epidoto; Gz = granati; To = tormalina; Zi = zirconio; At = altri minerali. La linea a tratteggio rappresenta l'ipotetico raccordo tra le composizioni mineralogiche dei due suoli, mentre le frecce sottolineano i cambiamenti di scala lungo le ordinate.

dio morfometrico delle ghiaie ed una analisi mineralogica delle lenti sabbiose che le accompagnano.

La stratigrafia è in genere costituita da alternanze di sabbie con lenti ghiaiose; il contatto fra i sedimenti tipo Mucchio II e Colle avviene lungo una superficie di erosione.

Riportiamo di seguito una sommaria descrizione pedologica del suolo di Colle tenendo come zero il *bottom* dei sedimenti di Mucchio II:

0 ÷ 30 cm - Bcn - Limite inferiore graduale, ondulato. Scheletro abbondante di ciottoli arrotondati, arenacei e calcarei, medio e minuto. Porosità scarsa. Struttura prismatica fine, poco evidente. Laccature comuni di ossidi ed idrossidi di ferro e manganese. Cutans di ferriargillans entro i pori e sulle superfici degli aggregati, abbondanti. Colore della massa 5 YR 4/4 asciutto, con screziature 10 YR 5,5/6 scarse. Radici ed attività biologica scarse.

30 ÷ 120 cm - B<sub>1</sub>/C - Limite inferiore netto. Scheletro abbondante fine e medio. Porosità scarsa, attività biologica assente. Aggregazione massiva o a volte poliedrica angolare poco evidente. Scarse laccature di ossidi ed idrossidi di ferro e manganese. Cutans comuni. Colore 7,5 YR 5/6 asciutto.

120 cm a oltre 200 cm - B/C - Sabbie grossolane di colore 7,5 YR asciutto, con laccature di Fe/Mn e cutans di argilla nei pori più grandi (scarsi) e su qualche soluzione di continuità.

Si tratta di un suolo ad alterazione molto spinta con forti fenomeni di migrazione di argilla e separazioni di composti del ferro e del manganese.

Le ghiaie di Colle sono poligeniche, debolmente cementate ed hanno elementi con dimensioni in media tra i 20 ed i 40 mm. Entro lo strato ghiaioso si osservano spesso lenti sabbiose grossolane con dimensione degli elementi crescenti verso il basso. Servendosi di un livello sabbioso come riferimento, è stato possibile ricavare che la direzione del banco ghiaioso è approssimativamente E-W con pendenza verso N di una decina di gradi.

I ciottoli sono costituiti da litotipi arenacei (55 %), calcarei (25 %) e silicei (20 %). Le arenarie (arenarie fini e siltiti) appartengono alla formazione del « macigno in senso lato ». La forma è piuttosto appiattita, con dimensioni tra i 20 ed i 40 mm in media; di rado si osservano ciottoli di forma irregolare con un diametro maggiore intorno ai 100 mm.

L'arrotondamento (valutato con la scala visuale pubblicata da SAMES, 1966) è discreto per i ciottoli piccoli (da 8 a 16 mm) e modesto per i ciottoli più grandi (da 16 a 32 mm) (fig. 8).

I ciottoli calcarei (calcarei marnosi con aspetto simile a quelli della Formazione di Monte Senario e dell'Alberese) sono in gran parte fratturati e fortemente decalcificati con spesse patine di alterazione e mobilitazione degli idrossidi di ferro. La forma è leggermente più appiattita di quella delle arenarie, al contrario di quanto accade per i ciottoli fratturati che tendono ad assumere l'aspetto di un prisma allungato a base quadrangolare o triangolare. L'arrotondamento è in genere sensibile (40 ÷ 50 %) negli elementi di piccola taglia e modesto (20 ÷ 30 %) in quelli di taglia fra i 30 ed i 40 mm; non è stato possibile uno studio dettagliato delle dimensioni granulometriche dei ciottoli calcarei poiché sono rari quelli intatti. In linea di massima le dimensioni medie sembrano paragonabili a quelle dei ciottoli arenacei. I litotipi silicei compaiono invece con elementi di taglia media intorno ai 10 ÷ 20 mm

e quindi sensibilmente più piccoli dei ciottoli arenacei e calcarei. Di colore marrone scuro e raramente bianco, sono scarsamente arrotondati in tutte le frazioni dimensionali (fig. 8) con forme irregolari, ma in genere appiattite simili a quelle dei ciottoli arenacei, da cui differiscono però per la presenza di una superficie irregolare, spesso con rientranze a spigoli vivi.

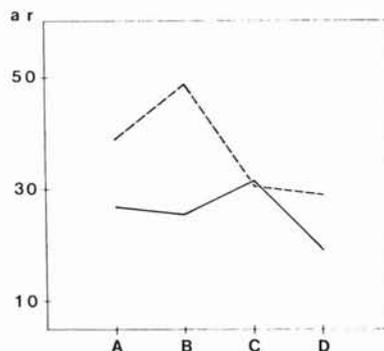


FIG. 8 - Variazione dell'arrotondamento (ar), valutato secondo SAMES (1966), in funzione delle classi dimensionali A (da 8 a 11 mm); B (da 11 a 16 mm); C (da 16 a 23 mm) e D (da 23 a 32 mm), relative ai ciottoli arenacei (linea tratteggiata) e silicei (linea continua).

Per ricavare informazioni sulla genesi del sedimento sono stati selezionati alcuni ciottoli arenacei e silicei aventi dimensioni maggiori di 8 mm, raggruppati in classi aventi una ampiezza di  $1/2 \phi$ :

- classe A da 8 a 11 mm
- classe B da 11 a 16 mm
- classe C da 16 a 23 mm
- classe D da 23 a 32 mm

Ciottoli con dimensioni maggiori di 32 mm sono molto rari e quindi non sono stati presi in considerazione.

Per ciascun ciottolo sono stati misurati tre assi principali ed i valori sono stati elaborati secondo il metodo proposto da SNEED & FOLK (1958).

Dall'esame dei risultati (fig. 9), dove sono state riportate le medie di ciascuna classe per ognuno dei tipi litologici, scaturisce la scarsa differenza di forma tra i due litotipi, a testimonianza di un breve trasporto.

Se poi si considerano insieme le classi A e B (ciottoli piccoli) e quelle C e D (ciottoli medi), si osserva come gli andamenti suggeriti siano sostanzialmente gli stessi per ciascun tipo di roccia.

I ciottoli tendono infatti verso forme più *compact* passando dalle dimensioni più grandi verso le piccole in conseguenza di un processo di trasporto che tende a smusare di più gli assi a e b; è quindi probabile che molti ciottoli piccoli derivino dalla rottura longitudinale secondo b dei ciottoli più grandi.

Le modalità di trasporto (saltazione prevalente), la forma più frequente e il grado di arrotondamento dei ciottoli sono paragonabili ai dati ottenuti da SNEED & FOLK per ciottoli elaborati da acque fluviali.

Alcuni ciottoli silicei di dimensioni comprese tra i 16 ed i 45 mm sono riportati nel diagramma proposto da

SAMES (1966). I punti rappresentativi cadono in prevalenza nella zona fluviale e fluviale torrentizia (fig. 10).

#### ANALISI MINERALOGICHE DI COLLE.

La composizione mineralogica del paleosuolo di Colle è sostanzialmente analoga a quella di Mucchio.

Bisogna tuttavia notare che la parte leggera, pur avendo un rapporto Q/F quasi analogo ( $Q/F = 3/1$ ), ha con-

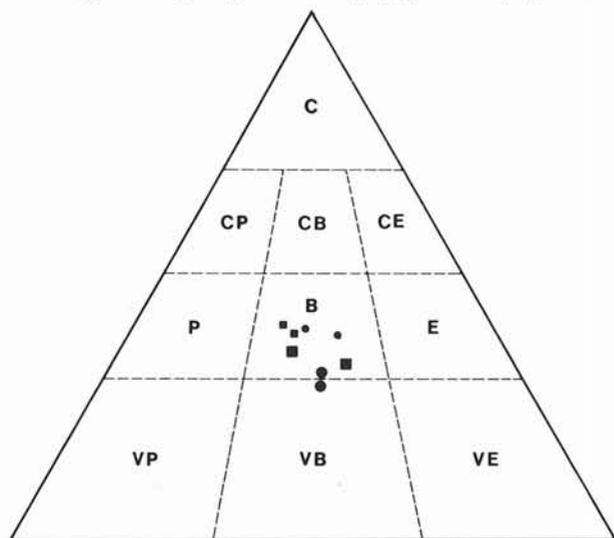


FIG. 9 - Sfericità dei ciottoli arenacei (quadrati) e silicei (cerchi) secondo il diagramma di SNEED & FOLK (1958). I simboli piccoli si riferiscono ai clasti con dimensioni tra 8 e 16 mm, quelli grandi ai ciottoli con dimensioni tra 16 e 32 mm.

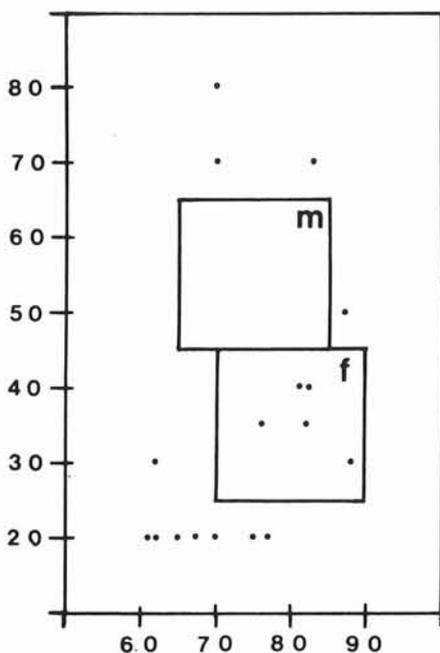


FIG. 10 - Distribuzione dei punti relativi ai ciottoli silicei provenienti da Colle, all'interno del diagramma proposto da SAMES (1966). In ascissa il rapporto tra la larghezza e la massima lunghezza del ciottolo espresso in percentuale di quest'ultima, in ordinata l'arrotondamento valutato secondo il citato Autore: m e f rappresentano i campi di distribuzione dei ciottoli marini e di quelli fluviali.

tenuti molto scarsi in sanidino e addirittura livelli che ne sono privi. La parte pesante a sua volta ha un rapporto T/O molto diverso (1/7) da quello di Mucchio (1/2) e non vi compaiono specie mineralogiche estranee all'associazione del macigno come l'actinolite, il plenonasto e la barite.

La distribuzione quantitativa delle specie più importanti è peraltro paragonabile a quella di Mucchio: applicando infatti il test di Kolmogorov-Smirnov alle distribuzioni mineralogiche di Colle e di Mucchio si ottiene che la differenza non è significativa a livello di fiducia del 95 %.

Il minor numero di specie ed il particolare valore del rapporto T/O può quindi essere imputato quasi esclusivamente alla maggior intensità del processo pedogenetico che ha interessato il paleosuolo di Colle.

#### CONCLUSIONI

Lo studio completo del paleosuolo di Mucchio e quello parziale del paleosuolo di Colle forniscono elementi validi per un tentativo di ricostruzione paleogeografica dell'area in cui è stata condotta la ricerca.

Il paleosuolo di Colle, che ha i caratteri morfologici degli Alfisuoli, si è impostato su un sedimento fluviale con clasti grossolani e poco arrotondati. In considerazione della litologia dei ciottoli e degli aspetti mineralogici (mancanza di elementi provenienti dalle argille scagliose) e sedimentologici, è molto probabile che il deposito sia stato costruito con materiali provenienti da un bacino situato ad Ovest rispetto all'asse attuale della valle.

I litotipi arenacei proverrebbero quindi dal Macigno B (Formazione di Londa), mentre quelli calcarei rappresenterebbero il contributo della formazione marnosa dei Calcari di Monte Senario. I ciottoli silicei potrebbero infine provenire sia dalla parte superiore del Macigno B, sia dalle lenti di selce presenti nei Calcari di Monte Senario.

Considerando poi il tipo di pedogenesi in raffronto a quanto si conosce sull'età degli altri paleosuoli della Toscana centro-meridionale, e l'età assoluta del vulcanismo del Monte Amiata, si può collocare la costruzione del terrazzo nel cataglaciale Riss e la pedogenesi nell'interglaciale Riss-Würm.

Il paleosuolo di Mucchio deriva invece dalla alterazione di un sedimento alluvionale di esondazione, costruito da un paleoArno che dal Casentino giungeva nella Val di Chiana seguendo un percorso meandreggiante.

Queste conclusioni scaturiscono dall'osservare che la sequenza ha dimensioni medie decrescenti verso l'alto e presenta caratteristiche sedimentologiche tali da poter riconoscere nella parte più bassa livelli di deposizione fluviale laterale ed in quella più elevata depositi di esondazione (*flood-basin deposits*), secondo i modelli proposti da ALLEN (1965-1970) e SELLEY (1970). Questi sedimenti andavano spesso soggetti a periodiche emersioni che favorivano la concentrazione degli ioni metallici in soluzione e la formazione di concrezioni e laccature di Fe-Mn di origine sedimentaria.

La genesi della barite può essere inserita abbastanza

bene in questo quadro paleogeografico. È noto infatti che i colloidi argillosi possono adsorbire il bario presente, sia pure in tenori molto bassi ( $5 \div 100$  ppb), nelle acque continentali; tuttavia, a differenza degli altri alcalini terrosi, il bario adsorbito tende a tornare in soluzione per scambio ionico. Si formano così soluzioni arricchite in bario che circolano nel sedimento fino a che la lenta disidratazione, conseguente al disseccamento dei depositi, non ne provochi la precipitazione insieme allo ione solfato, anch'esso presente nelle acque continentali. Un processo di questo tipo può essersi verificato entro i livelli più argillosi del sedimento durante periodi di emersione e di disseccamento più prolungati.

I depositi di Colle vengono in gran parte erosi e l'intera valle sovralluvionata da apporti prevalentemente limoso-argillosi. Causa di questi fenomeni sono gli eventi tettonici plio-quadernari che provocano movimenti di basculamento, il cui effetto più vistoso è la cattura dell'Arno casentinese da parte dell'attuale Valdarno ed il progressivo impaludamento della Val di Chiana. Questi episodi possono essere collocati nell'interglaciale Riss-Würm (smantellamento delle superfici di Colle) e nel Würm (cattura dell'Arno e impaludamento).

Nel catawurm avviene l'incisione del deposito ed inizia la pedogenesi, propria di un ambiente umido con breve stagione arida.

Continuano nell'Olocene i fenomeni di incisione e sedimentazione che danno origine alle successive unità morfologiche fino all'attuale piana alluvionale su cui si compie in epoca storica l'opera di bonifica.

#### BIBLIOGRAFIA

- ALLEN I.R.L. (1965) - *A review of the origin and characteristics of recent alluvial sediments*. Sedimentology, 5 (2), 1-191.
- ALLEN I.R.L. (1970) - *Studies in fluvial sedimentation: a comparison of fining-upward cyclothems with special references to coarse member composition and interpretation*. Journ. Sed. Petrol., 40 (1), 298-323.
- AMBROSETTI P. L., AZZAROLI A., BONADONNA F. P. & FOLLIERI M. (1972) - *A scheme of Pleistocene chronology for the tyrrhenian side of central Italy*. Boll. Soc. Geol. It., 91, 169-184.
- BOCCALETTI M. & GUAZZONE G. (1968) - *A contribution to the regional study of structural-stratigraphic units by systematic analysis of structural trends. 1ª, Serie Toscana (preliminary paper)*. Mem. Soc. Geol. It., 7, 247-259.
- BOCCALETTI M. & GUAZZONE G. (1970) - *La migrazione terziaria dei bacini toscani e la rotazione dell'Appennino settentrionale in una zona di torsione per deriva continentale*. Mem. Soc. Geol. It., 9, 177-195.
- BORTOLOTTI V. (1966) - *La tettonica trasversale dell'Appennino. I. La linea Livorno - Sillaro*. Boll. Soc. Geol. It., 85 (2), 529-540.
- BREWER R. (1964) - *Fabric and mineral analysis of soils* - John Wiley & Sons, New York.
- CANUTI P. & SAGRI M. (1974) - *Ambiente di sedimentazione e provenienza dei clasti nelle anageniti del Verrucano (Appennino settentrionale)*. Boll. Soc. Geol. It., 93 (?), 661-704.
- DEGENS E. T. (1965) - *Geochemistry of sediments*. Prentice - Hall Inc.
- EVERNDEN S. F. & CURTIS G. M. (1965) - *Potassium-Argon of late cenozoic rocks of East Africa and Italy*. Cur. Anthropol. VI, 4, 343-362.
- ESWARAN H. (1968) - *Point count analysis as applied to soil micro-morphology*. Pedologie, 18, 238-252.
- FERRARI G. A. (1966) - *Elementi introduttivi di micromorfologia del suolo e tecnica di realizzazione di preparati con Gabraster 1400*. Atti Soc. Tosc. Sc. Nat., Mem. 73. SerieA, 232-267.
- FOLK R. L. & WARD W. (1957) - *Brazos River bar: a study in the significance of grain size parameters*. Journ. Sedim. Petrol., 27, 3-26.
- GALLIGANI U. (1971) - *Paleosuoli e terrazzi fluviali in Casentino*. Mem. Soc. Geol. It., 10, 247-256.
- GAZZI P. (1962) - *Ricerche sulla distribuzione dei minerali pesanti nei sedimenti arenacei dell'Appennino Tosco-Romagnolo*. Acta Geol. Alp. 8, 379-422.
- GELMINI R. (1966) - *Studio fotogeologico dell'Appennino settentrionale tra il Valdarno e la Romagna*. Boll. Soc. Geol. Ital., 84 (6), 165-212.
- GHELARDONI R. (1965) - *Osservazioni sulla tettonica trasversale dell'Appennino settentrionale*. Boll. Soc. Geol. It., 84 (3), 277-290.
- IDDINGS J. P. (1911) - *Rock Minerals*. J. Wiley.
- LO SACCO U. (1944) - *Il bacino postpliocenico della Valdichiana*. L'universo, 2, 45-71.
- MANCINI F. (1963) - *Le variazioni climatiche in Italia dalla fine del Riss all'Olocene (tentativo d'ordinamento cronologico)*. Boll. Soc. Geol. It., 81 (1), 1-36.
- MARINELLI G. (1947) - *Sulla genesi di noduli di baritina negli scisti argillosi appenninici*. Atti Soc. Tosc. Sc. Nat., 54, 5-14.
- MAZZUOLI R. & PRATESI M. (1963) - *Rilevamento e studio chimico-petrografico delle rocce vulcaniche del monte Amiata*. Atti Soc. Tosc. Sc. Nat., 70, 355-422.
- RANKAMA K. & SAHAMA Th. (1949) - *Geochemistry*. The University of Chicago Press.
- SAMES W. C. (1966) - *Morphometric data of some recent pebble associations and their application to ancient deposits*. Journ. Sed. Petrol., 36, 126-142.
- SELLEY R. C. (1970) - *Ancient sedimentary environments. A brief survey*. Cornell University Press Ithaca, 240 pp.
- SESTINI G. (Editor) (1970) - *Development of the Northern Appennines Geosyncline*. Sed. Geol., S. I. 3/4, Elsevier.
- SNEED E. D. & FOLK R. L. (1958) - *Pebbles in the lower Colorado Rivers, Texas: a study in particle morphogenesis*. Journ. Geol., 66, 114-150.
- WEDEPOHL K. M. (Editor) (1969) - *Handbook of Geochemistry*. Springer-Verlag.
- YAALON D. H. (1971) - *Soil forming process in time and space*. Paleopedology - Jerusalem.