

CARLO BARONI* e MAURO CREMASCHI**

**DEPOSITI EOLICI E DI VERSANTE AL MARGINE
DEI TRAVERTINI DI CARVANNO (Val Degagna, Brescia):
SEDIMENTAZIONE E PEDOGENESI
TRA IL PLEISTOCENE SUPERIORE E L'OLOCENE*****

RIASSUNTO - Viene descritta in dettaglio una sezione costituita da una successione di depositi di versante e coltri loessiche, dello spessore di circa 4 metri, ubicata intorno a m 360 di quota, 20 metri al di sopra del T. Agna. Il profilo è costituito da un suolo policiclico, all'interno del quale si riconoscono quattro unità litostratigrafiche: alla base si trova una coltre di *loess* (IV C1), ricoperto da una «Terra Rossa» (III B2) costituita da sedimenti di suolo, derivati dall'erosione di un più antico paleosuolo; seguono depositi loessici (II B21t / II B23t) intercalati da rimobilizzazioni lungo versante che, almeno in un caso sono dovute a fenomeni di geliflusso; a tetto è presente una coltre di depositi di versante, messa in posto in epoca recente (A1+B1). La deposizione dell'intera serie è riferibile al Pleistocene sup. - Olocene. Durante il Pleistocene superiore, a fasi di sedimentazione eolica si sono alternate fasi di colluvio e di geliflusione, determinati da periodi freddo-umidi. Nel postglaciale i *loess* risulta fortemente pedogenizzato in un alfisuolo. Lo studio micromorfologico ha permesso di cogliere alcune fasi del processo pedogenetico: in un primo momento, in condizioni di instabilità, si depositano *cutans* complessi (*scheletans-matransiltans*); successivamente, in conseguenza della stabilizzazione dei versanti, si depongono specialmente *ferrri-argillans* laminati e birifrangenti. Una fase di degradazione in età storica, probabilmente conseguente a deforestazione, provoca poi, a livello micromorfologico, la deposizione, nei vuoti, di riempimenti grossolani e la messa in posto dei depositi colluviali (A1+B1) della parte superiore del profilo. La presenza, in questi depositi, di *argillans* mostra che la lisciviazione delle argille è un processo ancora in atto.

SUMMARY - *Loess and slope deposits at the edge of the Carvanno Travertine (Val Degagna - Brescia). Sedimentary processes and soil development between the Upper Pleistocene and the Holocene.* The Authors describe a sequence some 4 metres thick composed of slope and *loess* deposits which lies at an altitude of 360 metres, 20 metres above the Torrente Agna. The series belongs to a polycyclic soil composed of 4 lithostratigraphic units which, from the bottom to the top, are as follows:

- slightly weathered *loess* (IV C1);
- red clayey soil sediments (III B2) resulting from the erosion of a more ancient paleosol of «Terra Rossa» type, developed during the Middle Pleistocene at the top of the Carvanno Tarvertine;
- undisturbed *loess* and *loess* displaced by gelifluction (II B21t/II B23t);
- recent colluvial deposits (A1+B1).

The sequence was deposited between the Upper Pleistocene and the Holocene. During the Upper Pleistocene the *loess* deposition, alternated with colluvial and gelifluction phases, was caused by cold-humid climatic conditions. During the postglacial, the *loess* was affected by weathering which lead to the development of an alfisol. The micromorphological analysis evidenced several stages in the postglacial soil forming process. First, in unstable geomorphological conditions, complex *cutans* (*scheletans-matransiltans*) covered the walls of the soil pores. In a later period, as a result of landscape stability, laminated and birefringent *ferrri-argillans* were mainly deposited. The deposition of the upper colluvial cover (A1+B1) and the coarse fills of the underlying horizons were produced by a degradational phase due to the deforestation of the area in historical times. The undisturbed *argillans* of the A1+B1 horizons indicate that the clay illuviation is still active in the area.

* Museo Civico di Scienze Naturali di Brescia.

** Centro di Studio per la Stratigrafia e la Petrografia delle Alpi Centrali, C.N.R., Milano.

*** Lavoro eseguito nell'ambito del Progetto di Ricerca su paleosuoli e loess del margine alpino (Centro C.N.R. per la Stratigrafia e la Petrografia delle Alpi Centrali, Milano) e del Progetto Nazionale di Ricerca «Morfoneotettonica» (M.P.I. 40%, responsabile locale P.L. Vercesi).

1. PREMESSA

Nel corso del rilevamento dei depositi travertinosi di Carvanno (Pleistocene sup. - Pleistocene inf.; BARONI e VERCESI, 1986), è stata individuata una sezione naturale che offre numerosi spunti per una più approfondita conoscenza delle condizioni ambientali e dell'evoluzione paleogeografica della zona nel Pleistocene sup. e nell'Olocene. Tale sezione è stata descritta in dettaglio e costituisce l'oggetto di questa nota. Si tratta di una piccola scarpata (circa m 3) generata dal distacco di una frana superficiale, a monte della Strada Provinciale della V. Degagna, nei pressi di loc. I Prè (Tav. Idro, F. 35 III S.O.). È ubicata intorno a m 350 di quota, circa 25 metri al di sopra dell'alveo attuale del T. Agna, in una vallecola quasi completamente colmata, che incideva il versante destro della V. Degagna. Tale versante, che raccorda la superficie relitta di Carvanno con l'alveo del T. Agna, è ricoperto da travertini. La vallecola sembra incisa, almeno in parte, nei depositi travertinosi che costituiscono l'Unità Morfologica più recente (U.M. de «I Prè») in cui sono stati distinti, dal punto di vista morfologico, i travertini di Carvanno (BARONI e VERCESI, 1986).

Nella sezione si riconosce una successione di depositi di versante e coltri loessiche, osservabile direttamente per m 2.75; al di sotto di tale profondità, la base del profilo descritto è stata raggiunta mediante trivella a mano.

Sui campioni opportunamente raccolti sono state eseguite analisi granulometriche di routine mediante setacci ed aerometro (fig. 2). I dati relativi alle osservazioni di campagna ed alle analisi micromorfologiche eseguite sui campioni indisturbati, raccolti nella porzione di profilo direttamente accessibile, sono succintamente esposti nell'appendice 1 ed in figura 3.

2. DESCRIZIONE DELL'EVIDENZA STRATIGRAFICA

Nella successione stratigrafica, costituita da depositi di versante e coltri loessiche, si distinguono quattro diverse unità litostratigrafiche; in esse, tuttavia, le figure pedogenetiche sono intercalate e sovrapposte in modo inestricabile. La successione stratigrafica è, in verità, da considerare un suolo policiclico (DUCHAUFOUR, 1983; BOS e SEVINK, 1975), prodotto cioè da successive fasi pedogenetiche, pausate da episodi sedimentari. Per tale ragione essa viene descritta in dettaglio nell'Appendice 1, secondo la terminologia pedologica corrente (HOGSON, 1974; SANESI, 1977).

Dall'alto di distinguono:

— Orizzonti A1 e B1, di tessitura limoso-argillosa e di colore bruno; sono caratterizzati da una aggregazione poliedrica fortemente sviluppata, dalla presenza di radici e sono limitati alla base da una superficie di erosione parallela al versante, sulla quale sono stati osservati frammenti di antichi laterizi, probabilmente di età romana.

— Orizzonti II B21t - II B23t; di tessitura franco limosa e franco limosa argillosa, con struttura poliedrica angolare, costituiscono una coltre loessica, in verità suddivisibile in due differenti orizzonti con caratteri tessiturali leggermente diversi; al di sotto della prima coltre franco limosa (II B21t), ne succede un'altra (II B22t), più marcatamente argillosa e contenente, al tetto, un certo ammontare di minuti clasti silicei; sotto a questa si trova l'orizzonte II B23t di tessitura franco limosa, marcatamente meno argilloso degli orizzonti sovrastanti.

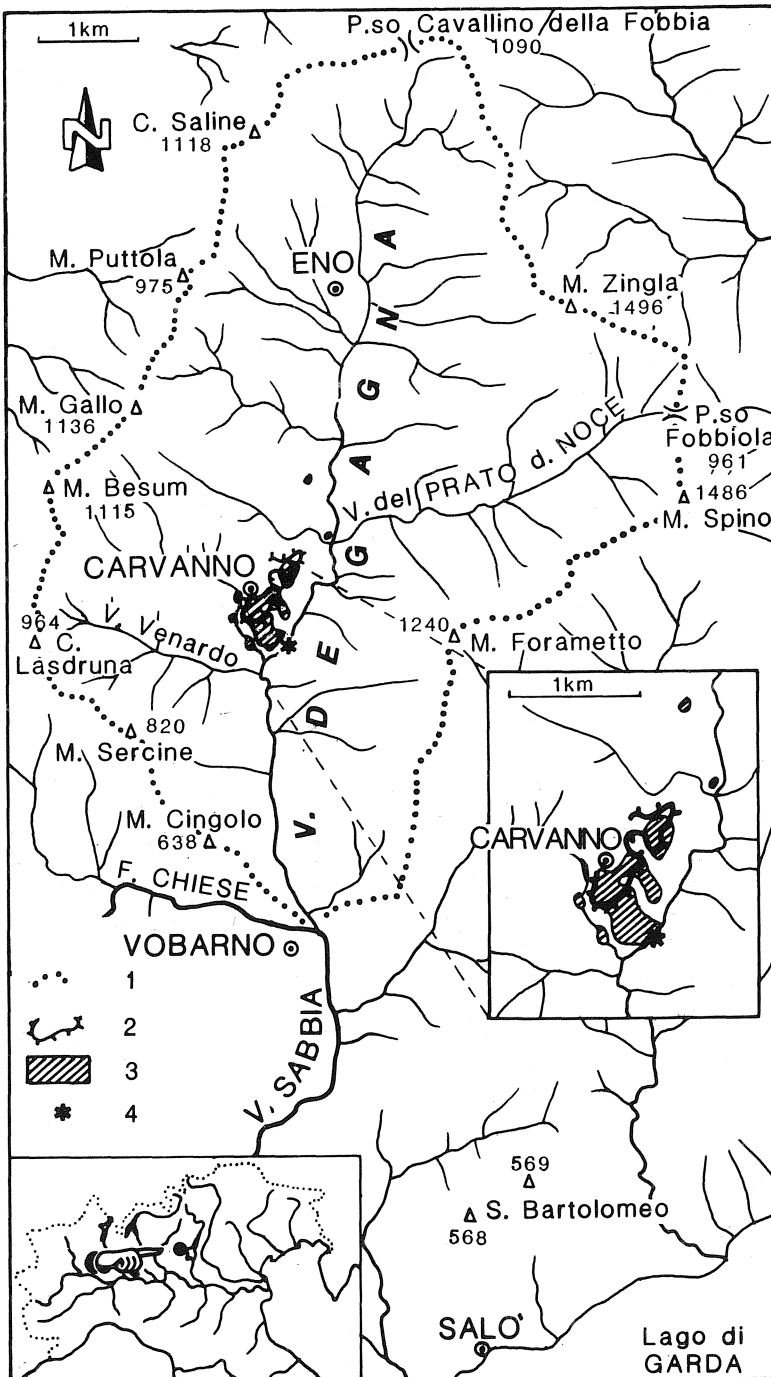


Fig. 1 - Inquadramento geografico. 1: spartiacque topografico della V. Degagna. 2: orlo di scarpata che delimita la superficie relitta di Carvanno. 3: travertini di Carvanno (Pleistocene sup. - inf.?). 4: ubicazione della sezione descritta nel testo.

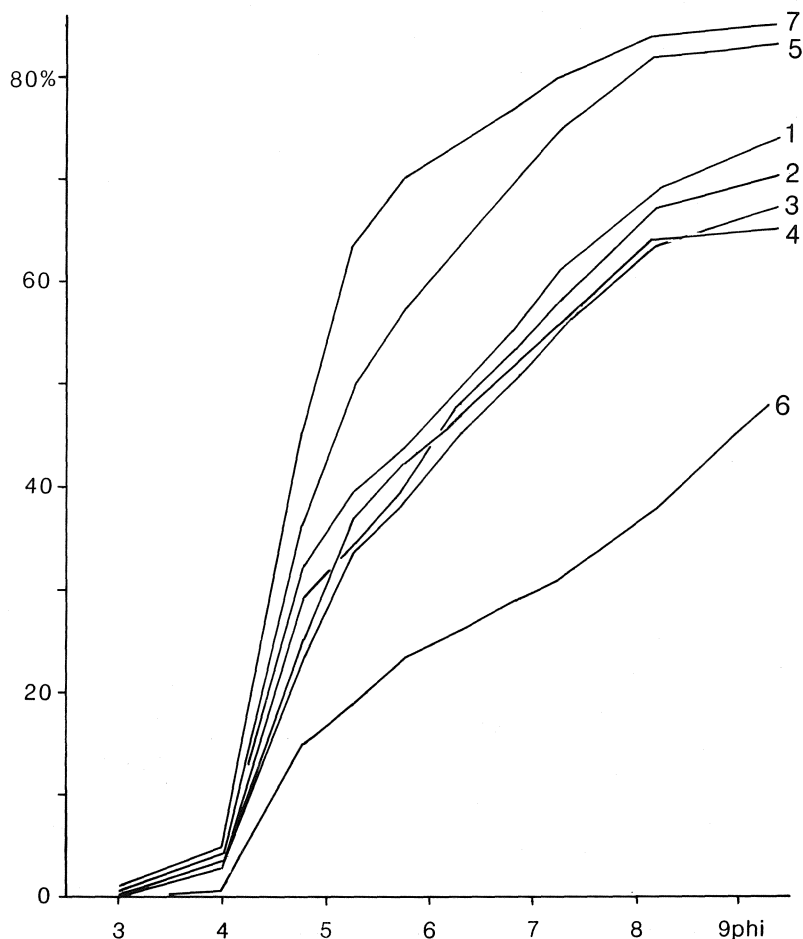


Fig. 2 - Curve granulometriche cumulative dei campioni raccolti (cfr. fig. 3).

— Orizzonte III B2, consiste in un orizzonte fortemente argilloso e rubefatto, contenente minuti clasti silicei e percorso da numerose facce di scivolamento. La base di tale orizzonte, analogamente a quello sottostante, è stata esplorata soltanto mediante trivella a mano.

— Orizzonte IV C1, costituito da *loess* bruno a tessitura franco limosa, friabile, privo di pietre; non se ne conoscono le eventuali strutture e lo stato d'aggregazione poiché è stato raggiunto mediante trivella a mano.

Già dall'analisi di campagna appare chiaro che il profilo in esame attraversa una complessa sequenza di depositi colluviali e coltri loessiche, successivamente interessati da processi pedogenetici. Tuttavia le analisi micromorfologiche condotte su una serie di campioni opportunamente scelti (figg. 4 e 5), consentono di meglio comprendere i processi sedimentari, colluviali e pedogenetici ed i fattori climatici e paleoambientali, che sono alla base della formazione del profilo in esame.

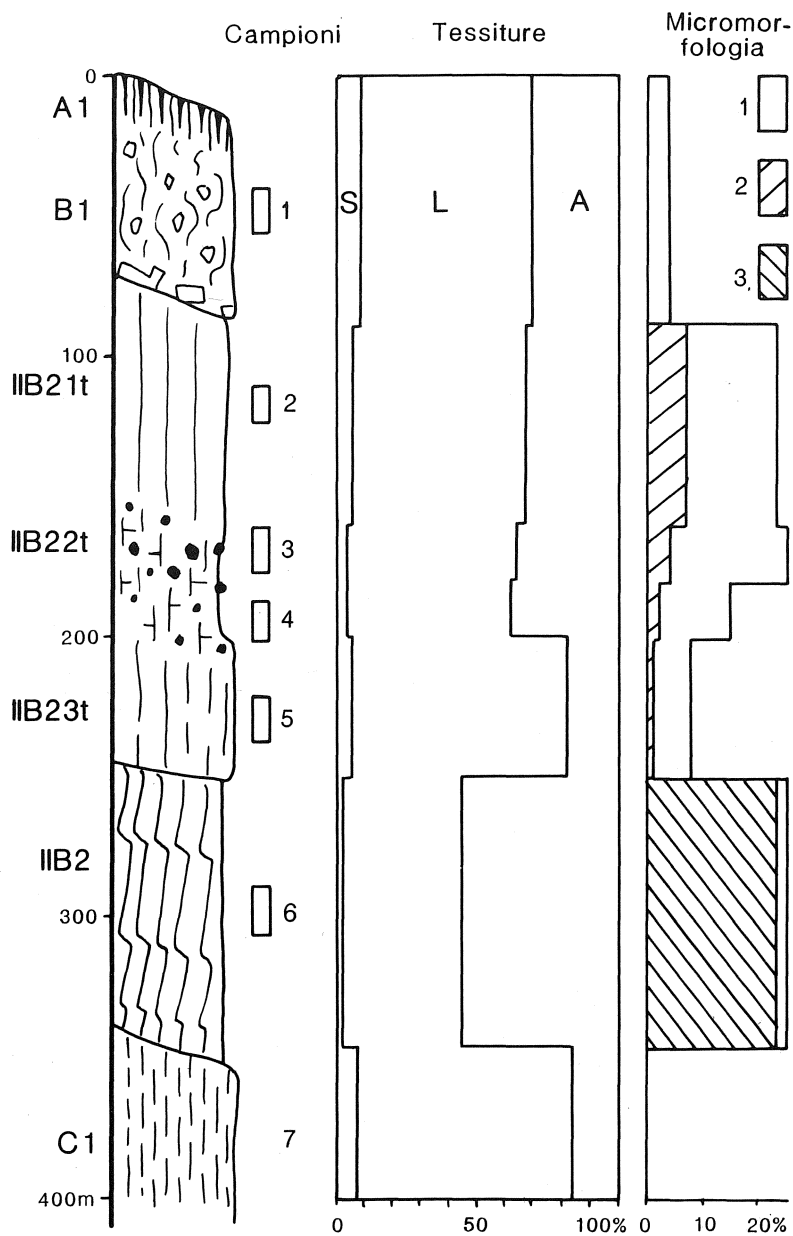


Fig. 3 - Profilo di Carvanno (loc. I Prè). Tessiture ed andamento delle figure cutaniche con la profondità. 1: *ferri-argillans*; 2: riempimenti grossolani; 3: *stress cutans*.

CAMPIONI	1	2	5	4	5	6
ORIZZONTI	A1 + B1	IIB21t	IIB22t tetto	IIB22t base	IIB23t	IIIB2
Scheletro	sabbia fine e silt subangolare moderatam. selezionato/Quarzo, Feldspati, Miche	idem	idem	idem	idem	sabbia quarzosa arrotondata
Litorelitti	Quarzo, Selce (C)	--	Quarzo, Selce (C)	idem	--	Selce (CC)
Pedorelitti	frammenti IIB2 (P)	idem, ma (PP)	--	frammenti IIB2 (C)	idem, ma (CC)	--
Vuoti	vughs (CC) canali (CC)	vughs(P) canali (CC) vescicole (C)	vughs(PP) canali vescicole (C)	canali (CC) vescicole (C)	vughs canali (CC) vescicole (P)	canali (P) planes (CC)
Basic fabric	porphyrosckelic	idem	idem	idem	idem	idem
Plasmic fabric	inseplic	idem	idem	idem	idem	omniseptic/bimaseptic
Separazioni plasmatiche	ferri-argillans (P) noduli e concrezioni (P) papule (P)	ferri-argillans (CC) noduli Fe-Mn (C) papule (C)	ferri-argillans (M) noduli Fe-Mn (C) papule (CC)	ferri-argillans (CC) noduli Fe-Mn (C) papule (C)	ferri-argillans (C) noduli Fe-Mn (CC) papule (C)	ferri-argillans (PP) noduli Fe-Mn (CC) papule (P)
Altre figure	pedotubuli (CC)	riempimenti grossolani (P)	noduli tondeggianti(CC) riempimenti grossolani (C)	idem riempimenti grossolani (P)	idem riempimenti grossolani (PP)	-- riempimenti grossolani (PP)

PP = molto pochi; P = pochi; C = comuni; CC = molto comuni; M = molti

Fig. 4 - Descrizioni micromorfologiche sintetiche (secondo BREWER, 1976).

3. CARATTERI TESSITURALI

I risultati delle analisi granulometriche sono esposti sia sottoforma di diagramma in funzione della profondità, che sottoforma di curve cumulative (figg. 2 e 3). L'esame di queste pone in evidenza come la distribuzione granulometrica dell'orizzonte III B2, caratterizzata specialmente dalla forte componente argillosa, contrasti nettamente con tutte le rimanenti. Queste, infatti, essendo costituite da curve sigmoide unimodali, con mediane attorno ai valori del limo grossolano e moderata selezione, rivelano di appartenere a sedimenti eolici (CREMASCHI, 1987). Confrontando le curve granulometriche ed i risultati delle analisi micromorfologiche, commentate nel paragrafo successivo (fig. 4) risulta evidente come l'aumento del limo fine e dell'argilla nei campioni relativi agli orizzonti II B21t - II B23t sia in relazione diretta con la quantità di *cutans* illuviali e, quindi, sia dovuta a processi pedologici che hanno seguito la sedimentazione eolica.

4. CARATTERI MICROMORFOLOGICI

La descrizione delle sezioni sottili, eseguita secondo BREWER (1976), è riportata, in versione sintetica, in fig. 4. Per tutti gli orizzonti evoluti a partire da materiale eolico (A1, B1, II B21t, II B22t e II B23t), lo scheletro, i granuli cioè delle dimensioni delle sabbie, la *related fabric* (il rapporto fra i granuli di scheletro e le particelle più fini, il plasma) e la *plasmic fabric* sono identiche. Lo scheletro è costituito da

granuli spigolosi o debolmente arrotondati di quarzo, feldspati, muscovite e, in minore misura da minerali pesanti di paragenesi metamorfica (anfibioli ed epidoti in particolar modo), la *related fabric* ha carattere porfiroscelico (i granuli di scheletro non sono a contatto tra di loro, ma inglobati nel plasma), la *plasmic fabric* (la tessitura del plasma) risulta debolmente birifrangente al microscopio polarizzatore. I campioni differiscono sensibilmente invece per quanto riguarda i litorelitti (i frammenti di roccia di dimensioni sensibilmente superiori alle sabbie), i vuoti e le separazioni plasmatiche (le figure pedologiche che si individuano nella frazione plasmatica: i rivestimenti di argilla e di manganese, i noduli, le concrezioni e le papule). I frammenti di roccia sono presenti soprattutto nell'orizzonte sommitale A1+B1 e nell'orizzonte II B22t; sono scarsi o completamente assenti altrove; i vuoti sono generalmente costituiti da camere collegate con canali o da vuoti chiusi dalle pareti irregolari (*vughs*), soltanto l'orizzonte II B22t risulta avere una sensibile quantità di vescicole (vuoti di forma circolare con pareti arrotondate). Di maggiore interesse sono le differenze che intercorrono fra i diversi orizzonti per quanto concerne le separazioni plasmatiche, sia per natura che per concentrazione. Sono stati osservati diversi tipi di rivestimenti (*cutans*):

— *ferri-argillans*: pellicole di argilla legata ad idrossidi di ferro e pertanto di un vivo colore rosso, birifrangenti e laminate, si trovano specialmente in corrispondenza dei vuoti; al di sotto dell'orizzonte B1 non appoggiano direttamente sulla matrice, ma sui rivestimenti complessi di seguito descritti;

— *cutans complessi*: sono costituiti da *ferri-argillans* che si intercalano sistematicamente a lamine di limo, matrice e/o sabbia fine;

— *riempimenti grossolani*: sono costituiti da silt, matrice e granuli di sabbia che riempiono i vuoti precedentemente rivestiti da *ferri-argillans* e/o *cutans* complessi;

— *neo-mangans*: rivestimenti di manganese sviluppati nell'orizzonte II B22t che ricoprono tutte le altre figure cutaniche.

La distribuzione di tali figure varia in modo significativo con la profondità (fig. 5): l'orizzonte A1+B1 contiene scarsi *ferri-argillans* in gran parte connessi alla porosità attuale; negli orizzonti sottostanti II B21t e II B22t i *ferri-argillans* sono più sviluppati e mostrano un decremento quasi omogeneamente progressivo verso la base; i riempimenti grossolani sono caratteristici dell'orizzonte II B21t, sotto il quale decrescono sensibilmente fino quasi a scomparire alla base dell'orizzonte II B22t; tale distribuzione è funzione dei processi pedogenetici che hanno trasformato il *loess* e saranno commentati in dettaglio nel prossimo paragrafo.

Negli orizzonti II B22t e II B23t sono stati osservati dei noduli di forma tondeggiante, con diametro medio millimetrico, composti da sedimento loessico e pedorelitti, anch'essi arrotondati, provenienti dall'orizzonte III B2; essi si osservano spesso in coincidenza di organizzazioni laminari del materiale siltoso, altrove descritte come andamenti fluidali (CREMASCHI e LANZINGER, 1984; CREMASCHI, 1987), e di vescicole, figure talora attribuite all'azione di gelo e disgelo all'interno dei suoli (FITZPATRICK, 1980; VAN VLIET *et al.*, 1984; VAN VLIET, 1985). I noduli siltosi ed i pedorelitti potrebbero pertanto essere stati originati da segregazione geliva e dal trasporto per geliflusso lungo il versante, secondo il modello proposto da VAN VLIET (1985). Caratteri differenti e del tutto singolari presenta l'orizzonte III B2; contiene infatti scarso scheletro costituito prevalentemente da granuli di quarzo subarrotondati e numerosi litorelitti esclusivamente silicei; a causa dell'alto contenuto di argilla, la *fabric* risulta fortemente birifrangente; il plasma è fortemente rubefatto, denso, molto ricco di idrossidi di ferro; i *cutans* conservati nei pori sono molto scarsi e simili a quelli evidenziati nei *loess*. Sono al contrario estesamente rappresentati gli *stress cutans* (separazioni plasmatiche determinate dai movimenti della matrice argillosa).

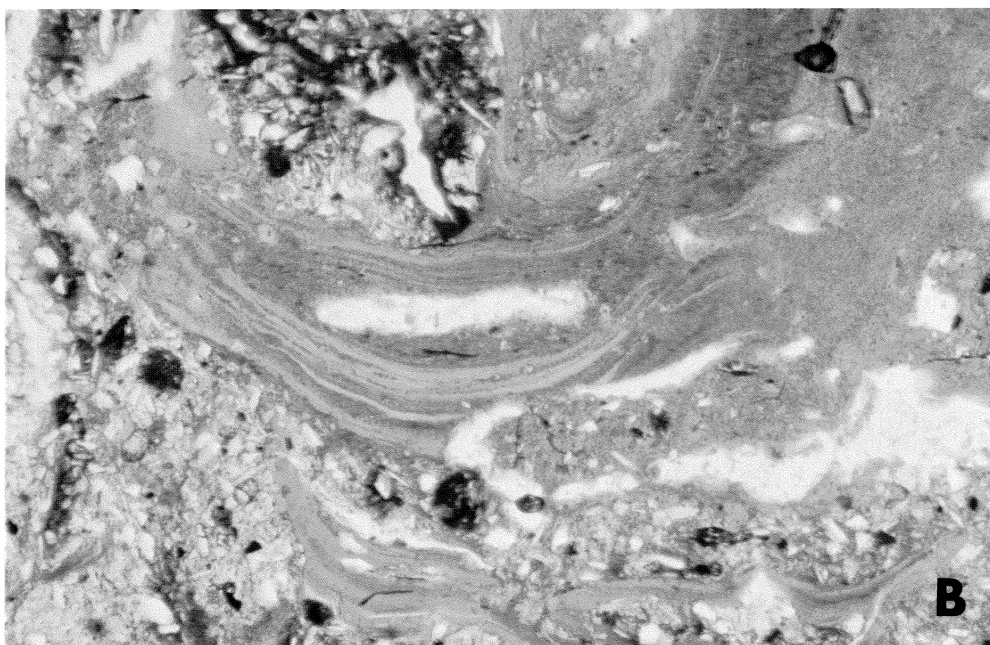
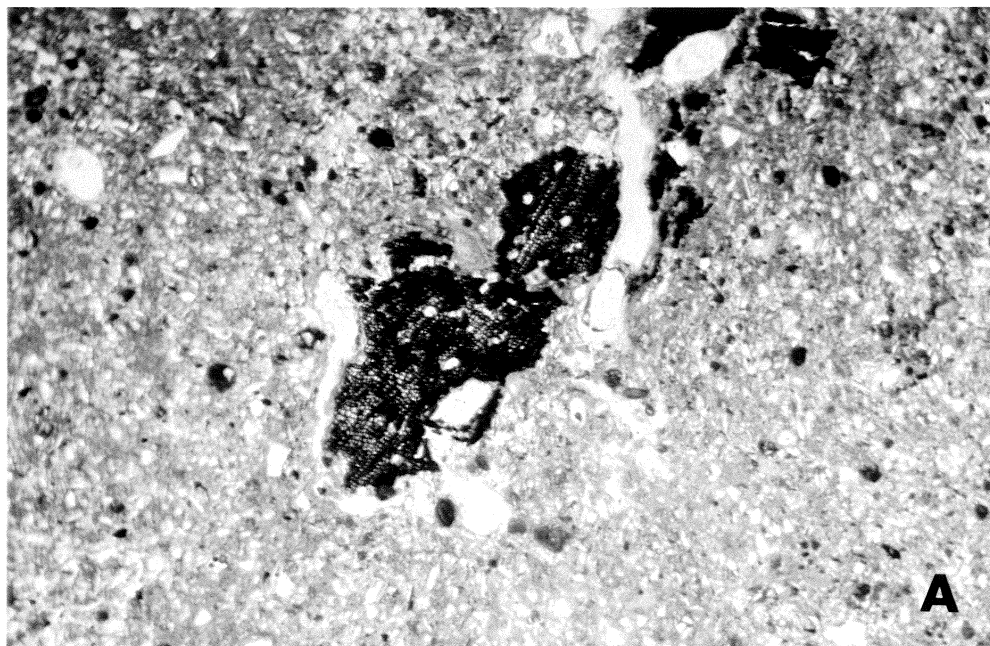


Fig. 5 A e B - Microfotografie (profilo pedologico di Carvanno, loc. I Prè). A: orizzonte A1+B1; carbone con sottili *argillans* sul margine esterno e nei pori ($\times 16$, *nicols* incrociati); B: orizzonte II B21t; articolazione del riempimento di un vuoto; dalla base, *ferri-argillans* laminati, alternati a rivestimenti grossolani (*siltans e scheletans*), *ferri-argillans* laminati, riempimento di granuli di scheletro (delle dimensioni delle sabbie), che occlude il vuoto ($\times 36$, *nicols* paralleli).

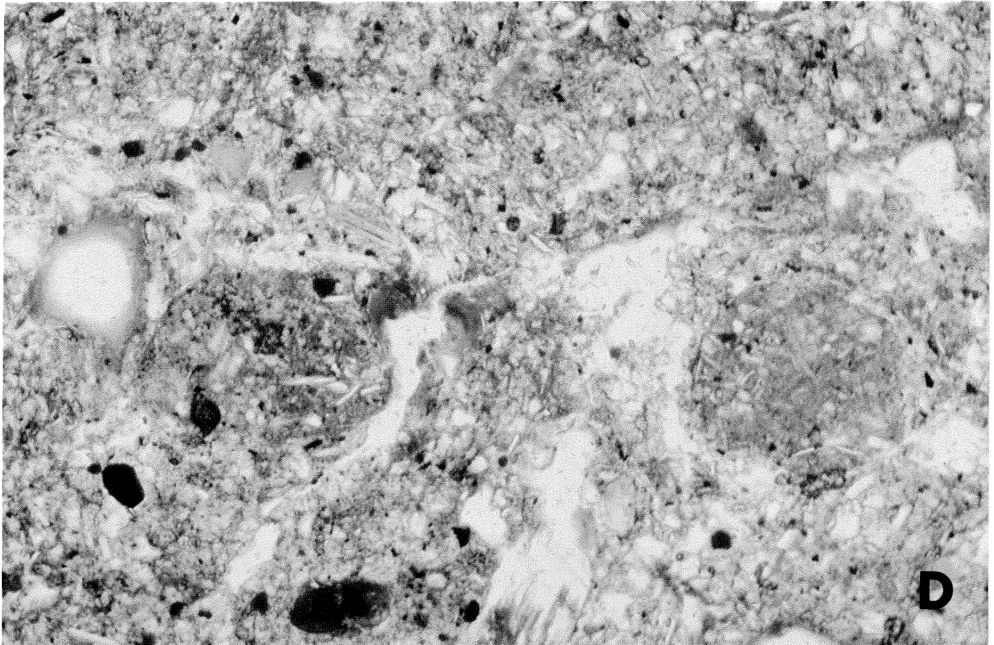
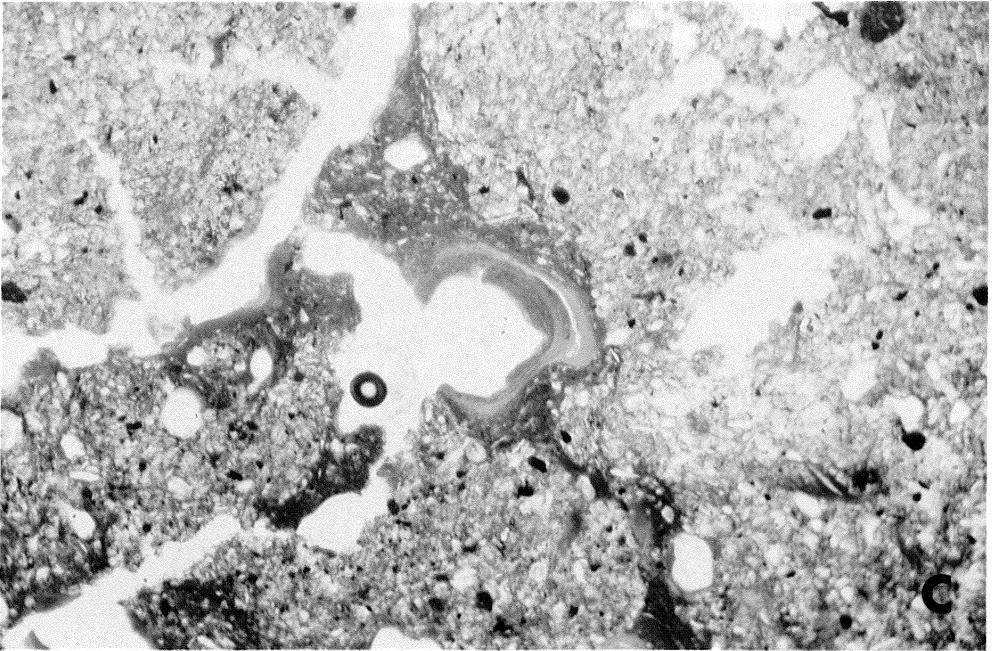


Fig. 5 C e D -Microfotografie (Profilo pedologico di Cravanno, loc. I Prè). C: orizzonte II B22t; i *ferri-argillans* depositatisi nel vuoto al centro dell'immagine, ricoprono rivestimenti gros-solani ($\times 16$, *nicols* paralleli); D: orizzonte II B22t; noduli di materiale siltoso ($\times 36$, *nicols* paralleli).

Questi, a *nicols* incrociati, definiscono dei campi birifrangenti che delimitano aree di diametro centimetrico, che potrebbero rappresentare frammenti rimaneggiati di un più antico paleosuolo. Tra i *peds* delimitati dai domini birifrangenti, si osservano talora aree di materiale loessico disceso all'interno dell'orizzonte. Il contatto di tali aree con la circostante «Terra Rossa», varia sensibilmente: può essere graduale oppure abrupto, qualora questo materiale si disponga come riempimento di pedotubuli.

5. DISCUSSIONE

Il profilo di Carvanno qui descritto è il prodotto di diversi processi: eolici, di versante e pedogenetici, che si sono alternati in conseguenza dell'avvicinarsi di ambienti morfoclimatici contrastanti.

Considerando il profilo dal punto di vista sedimentario, esso appare il prodotto dapprima di sedimentazione loessica (IV C1) interrotta da importanti apporti lungo versante, costituiti dalla coltre di «Terra Rossa» (III B2). La ripresa della sedimentazione eolica è testimoniata dai successivi orizzonti II B23t e II B22t, per l'ultimo dei quali è tuttavia evidente una redistribuzione lungo il versante del materiale eolico; inoltre, se si accetta l'interpretazione sopra proposta circa la natura dei noduli siltosi, bisogna ammettere che la messa in posto di questi sedimenti sia dovuta a processi di geliflusso.

L'orizzonte II B21t sembra costituito da depositi loessici senza alcuna sensibile componente colluviale; al contrario l'orizzonte sommitale A1 + B1, poggiando su una superficie di erosione e contenendo una sensibile quantità di clasti, è di natura colluviale. Poiché al suo interno sono stati rinvenuti frammenti di laterizi, esso risulta essere stato messo in posto in età olocenica ed in contesto antropico.

La successione degli eventi sedimentari, da sola, non basta a spiegare la genesi ed a cogliere il significato paleoambientale del profilo in esame, che, come già ricordato, è il prodotto di diversi processi pedogenetici.

— Il parent material che compone l'orizzonte III B2 è da considerarsi come sedimento di suolo (FERRARI e MAGALDI, 1984; CREMASCHI, 1987) derivante dalla demolizione di un'antica copertura pedogenetica al tetto dei travertini di Carvanno, oggi non più esistente. Pur mancando per ora ricerche di dettaglio, paleosuoli evoluti su substrato calcareo denominati nella letteratura «Terre Rosse» sono estremamente diffusi nelle Prealpi Bresciane (CHARDON, 1977; CREMASCHI, 1984) dove insistono su paleosuperfici che risalgono al tardo Cenozoico. L'analisi micromorfologica di tale orizzonte, oltre ad evidenziare i pedorelitti connessi all'originaria ed antica «Terra Rossa», consente di osservare l'incorporazione del materiale eolico, che vi è stato incluso mediante diversi processi ed in differenti fasi.

— La coltre loessica composta dagli orizzonti II B21t - II B23t deve interpretarsi come parent material di un alfisuolo (*sol lessivé*), troncato al tetto e di cui sono conservati specialmente gli orizzonti II B2t: il conteggio percentuale delle figure cutaniche (fig. 3) infatti, rivela che queste sono sviluppate soprattutto al tetto dell'orizzonte e gradualmente diminuiscono con la profondità; i *ferri-argillans* hanno colori sensibilmente più rossi della matrice e sono particolarmente sviluppati.

— I *ferri-argillans* sono stati preceduti dalla deposizione di *cutans* complessi, costituiti cioè dall'alternarsi di pellicole di limo, sabbia e matrice con pellicole argillose. Come è noto, tali figure cutaniche sono interpretate come determinate da mas-

sicci *inputs* idrici o cicli di gelo o, in ogni caso, da processi «degradazionali» (TARGULLIAN, 1974; FEDOROFF e GOLDSBERGH, 1982; CREMASCHI e SEVINK, 1987; CREMASCHI, 1987) avvenuti a carico degli orizzonti superficiali del suolo; essi starebbero quindi ad indicare che in una fase iniziale della pedogenesi sussistevano condizioni climatiche più fredde ed umide di quelle attuali (cicli di gelo/disgelo più frequenti, più importanti coperture nevose, maggiori precipitazioni), che rendevano instabile la parte alta del suolo.

— I *ferri-argillans* negli orizzonti II B21t - II B23t sono talora ricoperti da riempimenti di matrice limo e sabbia fine, che possono colmare l'intero vuoto. Tali riempimenti sono particolarmente abbondanti nell'orizzonte sommitale II B21t e diminuiscono rapidamente con la profondità (fig. 5) e debbono perciò essere messi in relazione con la superficie di erosione al limite tra gli orizzonti A1+B1 ed il sottostante II B21t; la loro formazione è da attribuire, analogamente ai *cutans* complessi, al collasso degli orizzonti superiori del suolo ed all'illuviazione massiva delle componenti grossolane del suolo, o della matrice nel suo complesso, in conseguenza di una fase di degrado, verosimilmente indotta dall'uomo (ad esempio una fase di deforestazione).

— *Ferri-argillans* sottili e discontinui, ma laminati e birifrangenti, si trovano anche nell'orizzonte B1: ciò significa che il processo di illuviazione dell'argilla è, per l'area in esame, ancora in atto.

— Noduli ferro-manganesiferi e neo-mangans, sviluppati specialmente nell'orizzonte II B22t, indicano l'instaurarsi di debole idromorfia, a causa della scarsa permeabilità dell'orizzonte III B2.

Tenuto conto delle circostanze sopra discusse, nel profilo di Carvanno sono dunque documentati i seguenti eventi:

— sedimentazione loessica, intervallata da due livelli di depositi di versante, messi in posto, almeno in un caso, per processi di geliflusso; tali eventi sono testimonianze di ambiente glaciale, ora freddo ed arido (deposizione del *loess*), ora più freddo ed umido (geliflusso e cicli gelo/disgelo);

— pedogenesi del *loess*; la stratificazione delle figure cutaniche (*cutans* complessi sistematicamente ricoperti da *ferri-argillans* «puri», a loro volta ricoperti da riempimenti grossolani) potrebbe significare che nella pedogenesi postglaciale si sono succedute tre fasi: la prima, che ha portato alla formazione dei *cutans* complessi, potrebbe essersi svolta in clima ancora fresco ed umido, simile a quello sotto il quale si sviluppano attualmente figure pedogenetiche di questo tipo (FEDOROFF e GOLDSBERG, 1982). La seconda, responsabile della deposizione dei *ferri-argillans*, sarebbe avvenuta in una fase di completa stabilità ed in un clima simile all'attuale; la terza, infine, dovrebbe essere connessa ad una fase di degradazione del suolo, e dovrebbe immediatamente precedere la formazione dei colluvi che formano l'orizzonte A1+B1.

Alla messa in posto dei colluvi segue la fase pedogenetica attuale, che, in un quadro di rinnovata stabilità, porta ancora al movimento dell'argilla lungo il profilo ed alla formazione di *cutans* illuviali,¹ ed allo stabilirsi di condizioni debolmente idromorfe alla base del profilo.

¹ Nei pressi di Carvanno non esistono stazioni meteorologiche. La temperatura media annua registrata dall'osservatorio più vicino, quello di Salò, è di 13.3°C, per i periodi 1884-1908 e 1952-1976 (CRUCIANI FOFFA e FOFFA MAZZOLA, 1977). L'afflusso annuo di precipitazioni, nella zona di Carvanno, estrapolato da una carta delle isiete elaborata dall'I.R.S.A. (1974) è indicativamente compreso tra 900 e 1000 mm.

La presenza di laterizi presumibilmente di età romana, alla base dell'orizzonte B1, consente di datare la fase di degradazione del suolo su *loess* al periodo Subatlantico. A tal proposito, la presenza di ceramica e laterizi romani alla base di livelli colluviali, non è da considerarsi sporadica: lungo la strada che sale a Carvanno, tra Rango e Novaglio, è presente una coltre di depositi di versante compositi, che contengono, alla profondità di circa m 1,3, ceramica e laterizi romani (BARONI e VERCESI, 1986).

Pur in assenza di datazioni numeriche, la semplicità delle figure cutaniche e l'assenza di pedorelitti che testimonino una pedogenesi del *loess* durante l'ultimo interglaciale, consentono di escludere che questo si sia depositato prima del Pleistocene superiore; le fasi colluviali in esso incluse rappresenterebbero quindi oscillazioni in senso freddo-umido, avvenute nel corso dell'ultimo periodo glaciale; il suolo su di esso evoluto sarebbe da attribuire al Postglaciale.

L'intensa illuviazione di pellicole d'argilla rubefatte, avvenuta, secondo l'interpretazione sopra proposta, durante l'Olocene, non è tuttavia un fatto isolato, ed è stata osservata in vari profili delle Prealpi Bresciane, sui plateau a «Terre Rosse» dell'Altipiano di Cariadeghe (CREMASCHI, ined.); i caratteri pedogenetici che il *loess* manifesta in questi casi sono in parte diversi da quelli di coevi suoli su *loess* che si trovano a quote più basse, su terrazzi del margine prealpino (BARONI e CREMASCHI, 1987; CREMASCHI, 1987). In questi, infatti, sono assai più sviluppate le figure idromorfe connesse alla difficoltà di drenaggio di quei suoli; ne consegue quindi una minore rubefazione, un più sensibile sviluppo dei noduli ferro-manganesiferi e delle glosse.

6. CONCLUSIONI

Il profilo di Carvanno documenta alcune significative circostanze paleoambientali delle Prealpi Bresciane durante il Pleistocene superiore e l'Olocene.

La sedimentazione eolica è stata attiva in età pleniglaciale anche in zone interne alle valli prealpine, e non solo al margine pedemontano, come era stato documentato finora. Coltri eoliche e colluvi di *loess* sono stati individuati in numerose località delle Prealpi Bresciane, sia sui rilievi a ridosso della pianura, sia nell'area benacense, sia nelle valli Trompia e Sabbia (BARONI e CREMASCHI, ined.).

La deposizione del *loess* è stata intervallata da fasi fredde e umide, che hanno portato alla messa in posto di depositi di versante per geliflusso.

Se l'interpretazione dei noduli limosi risulterà confermata dall'approfondimento delle ricerche, sarebbero documentati, in ambito prealpino, intensi cicli di gelo/di-sgelo a carico dei suoli durante il periodo glaciale; mancano, invece, evidenze di permagelo.

Durante il Pleistocene superiore, l'antica copertura pedogenetica dei rilievi dell'area di Carvanno, costituita da un suolo relitto tipo «Terra Rossa», viene attivamente smantellata, ed evidenze della loro presenza sono conservate nei depositi di versante.

La pedogenesi del *loess*, in età postglaciale ed olocenica, offre un quadro di progressiva stabilizzazione dei versanti; il processo dominante, peraltro ancora in atto, è costituito dalla lisciviazione dell'argilla. Il profilo di Carvanno documenta, tuttavia, una fase di degradazione del suolo, erosione e deposizione colluviale, che sembra connessa ad attività antropica (es. deforestazione dell'area, forse in età romana).

APPENDICE 1

Profilo pedologico di Carvanno loc. I Prè: descrizione di campagna.

Coordinate UTM: 32TPR16875907.

- A1 + B1 0-70 cm: bruno rossastro scuro (5 YR 3/4), franco limoso argilloso; rari frammenti di laterizi romani; aggregazione poliedrica subangolare fine, fortemente sviluppata, moderatamente debole, pori fini comuni; pH di campagna 7; limite inferiore chiaro a:
- II B21t 70-140 cm: bruno rossastro (5 YR 4/4), bruno (7.5 YR 4/4), franco limoso argilloso (franco limoso); aggregazione poliedrica angolare media (grande), fortemente sviluppata, moderatamente debole, pori fini comuni; rivestimenti di argilla molto abbondanti, continui bruno rossastri (5 YR 4/4); pH di campagna 7; limite inferiore graduale a:
- II B22t 140-200 cm: bruno rossastro (5 YR 4/4), franco limoso argilloso, scheletro costituito da minuti clasti silicei, aggregazione poliedrica grossolana, fortemente sviluppata, resistente, poco poroso; rivestimenti e noduli di Fe-Mn comuni; pH di campagna 6.8; limite inferiore graduale/diffuso a:
- II B23t 200-245 cm: bruno (7.5 YR 4/4), franco limoso, aggregazione poliedrica angolare media, moderatamente sviluppata, resistente, pori fini scarsi; rivestimenti d'argilla molto abbondanti (5 YR 4/4), noduli di Fe-Mn comuni; pH di campagna 6.8; limite inferiore chiaro a:
- III B2 245-335 cm: bruno rossastro scuro (2.5 YR 3/4), bruno rossastro (5 YR 4/4), argilloso limoso, scheletro costituito da minuti clasti silicei, aggregazione poliedrica angolare media/grossolana, fortemente sviluppata, moderatamente debole, pori fini scarsi; frequenti facce di scivolamento; limite inferiore trivellato, probabilmente graduale a:
- IV C1 335-400 cm (trivellato): bruno giallastro scuro (10 YR 4/4), bruno (7.5 YR 4/4), franco limoso, frequenti noduli millimetrici Fe-Mn; pH di campagna 7.

BIBLIOGRAFIA

- BARONI C. e CREMASCHI M., 1987 - *Geologia e Pedostratigrafia della collina di Cilliverghe (Brescia). Fasi glaciali, pedogenesi e sedimentazione loessica al margine alpino durante il Pleistocene*. Natura Bresciana, 23: 55-78.
- BARONI C. e VERCESI P.L., 1986 - *I Travertini di Carvanno (Brescia)*. Natura Bresciana, 22: 3-26.
- BOS R.H. e SEVINK J., 1975 - *Introduction of gradational and pedomorphic features in descriptions of soils*. Jour. Soil Sci., 26 (3): 223-233.
- BREWER R., 1976 - *Fabric and mineral analysis of soils*. New York, Krieger: 1-482.
- CHARDON M., 1977 - *Premiers résultats d'un étude des formes karstiques des dépôts superficiels du plateau de Serle (Préalpes de Brescia)*. Studi Trentini di Scienze Naturali, Acta Geologica, 54: 149-161.
- CREMASCHI M., 1984 - *I paleosuoli ed i depositi atriali delle cavità carsiche e dei ripari*. In: ASPES A. (a cura di), *Il Veneto nell'antichità. Preistoria e Protostoria*. Banca Pop. Verona: 101-112.
- CREMASCHI M., 1987 - *Paleosols and Vetusols in the central Po Plain (Northern Italy). A study in Quaternary Geology and soil development*. Unicopli: 1-306.
- CREMASCHI M. e LANZINGER M., 1984 - *La successione stratigrafica e le fasi pedogenetiche del sito epigravettiano di Andalo. I loess tardiglaciali della val d'Adige*. Preistoria Alpina, 19: 179-188.
- CREMASCHI M. e SEVINK J., 1987 - *Micromorphology of paleosols chronosequences on gravelly sediments in Northern and Central Italy*. Micromorphologie des sols: 577-582.
- CRUCIANI FOFFA M.T. e FOFFA MAZZOLA M., 1977 - *Osservatorio meteorologico e stazione sismica «Pio Bettoni» Salò. 1877-1977*. Quad. Sist. Bibl. Alto Garda, 1: 1-70.
- DUCHAFOUR PH., 1983 - *Pédologie. Pédogenèse et classification*. (I). Masson et Cie: 1-477.
- FEDOROFF N. e GOLDSBERG P., 1982 - *Comparative micromorphology of two late Pleistocene Paleosols*. Catena, 9: 227-251.
- FERRARI G. e MAGALDI D., 1983 - *Significato ed applicazioni della paleopedologia nella stratigrafia del Quaternario*. Boll. Mus. Civ. St. Nat. Verona, 10: 315-340.
- FITZPATRICK E.A., 1980 - *Soils, their formation, classification and distribution*. Longman, London and New York: 1-533.

- HODGSON J.M. (ed.), 1976 - *Soil survey field handbook*. Soil Survey Technical Monograph, 5, Harpenden: 1-99.
- I.R.S.A., 1974 - *Indagini sul lago di Garda*. Quad. I.R.S.A., 18: 1-271.
- SANESI G., 1977 - *Guida alla descrizione del suolo*. Consiglio Nazionale delle Ricerche, Progetto Finalizzato Conservazione del Suolo, Firenze, pubbl. 14: 1-157.
- TARGULLIAN V.O., BIRINA A.G., KULIKOV A.K., SOKOLOVA T.A. e TSELISHCHEVA L.K., 1974 - *Arrangement, composition and genesis of sode-pale podsollic soil derived from mantle loams*. Trans. 10th Int. Congr. Soil Sci. Moscow 6: 564-589.
- VAN VLIET L.B., 1985 - *Frost effect in soil*. In: BOARDMAN J. (ed.) *Soil and Quaternary Landscape Evolution*. Wiley: 117-156.
- VAN VLIET L.B., COUTARD J.P. e PISSERT A., 1984 - *Structures caused by repeated freezing and thawing in various loamy sediments. A comparison of active, fossil and experimental data*. Earth Surface and Landforms, 9: 553-565.

Indirizzo degli Autori:

CARLO BARONI, Museo Civico di Scienze Naturali, via Ozanam 4 - 25128 BRESCIA
MAURO CREMASCHI, Centro di Studio per la Stratigrafia e la Petrografia delle Alpi Centrali, C.N.R.,
via Mangiagalli 34 - 20133 MILANO