

## PALEOSUOLI TIPO TERRA ROSSA AL MARGINE PREALPINO. IL CASO DI STUDIO DEL MONTE CASTO (VAL SABBIA - BRESCIA)

L. Trombino<sup>1</sup> & F. Ferraro<sup>2</sup>

<sup>1</sup>CNR - Centro Studio Geodinamica Alpina Quaternaria - Via Mangiagalli 34, 20133 Milano

<sup>2</sup>Università Degli Studi di Milano - Dipartimento di Scienze della Terra, Via Mangiagalli 34, 20133 Milano

### RIASSUNTO

*Paleosuoli Tipo Terra Rossa al Margine Prealpino. Il Caso di Studio del Monte Casto (Val Sabbia - Brescia).* - L'area della Val Sabbia, nel suo tratto prealpino, è caratterizzata dalla presenza di una paleosuperficie su cui si sviluppano suoli di tipo Terra Rossa, spesso costituiti da coltri colluviate e, solo in particolari situazioni, conservati in posto. Il profilo in esame è stato identificato e descritto sulle pendici del Monte Casto, un piccolo rilievo calcareo che raggiunge i 400 m di quota. Il profilo è costituito da due unità pedologiche distinte che vanno a formare un profilo composito: l'unità profonda è un paleosuolo fersiallitico in posto, tipo Terra Rossa, mentre quella superficiale mostra le caratteristiche di una successione di più coltri di loess pedogenizzate.

Le due unità sono state distinte in base alle loro caratteristiche micromorfologiche, chimiche e fisiche, e attraverso parametri e indici che ne hanno evidenziato il diverso grado di sviluppo morfologico e di espressione della pedogenesi: conseguenze, queste ultime, di un profondo cambiamento ambientale che ha interessato l'area in esame durante la sua storia geologica più recente.

### ABSTRACT

*Terra Rossa Paleosols on the Prealpine Border. The Study Case of Mount Casto (Val Sabbia, Brescia - Northern Italy).* - *The Prealpine reach of the Val Sabbia is characterised by the presence of a paleosurface strictly associated to the development of Terra Rossa type soils. They are often constituted by colluviated blankets of soil material and, only in particular situations, preserved in place.*

*The described soil profile has been identified on the slopes of Mount Casto (a limestone plateau 400 m high). The profile is composed of two different pedologic units: the deeper one is a Terra Rossa fersiallitic paleosol in place, while the upper one is a soil developed from some loess blankets.*

*The two units can be identified on the basis of their micromorphological, chemical and physical characteristics and, above all, using indexes and parameters enhancing their different degree of morphological development and of pedogenetic expression; the latter due to a paleoenvironmental change affecting the study area during its recent geological history.*

Parole Chiave: Terra Rossa, paleosuolo, micromorfologia del suolo, analisi elementi maggiori, Italia settentrionale.

Key-words: Terra Rossa, paleosol, soil micromorphology, major elements analysis, Northern Italy.

## 1. INTRODUZIONE

Il suolo, trovandosi all'interfaccia fra litosfera e biosfera, risente profondamente dei processi che alterano l'equilibrio di entrambe, registrandone gli effetti sotto forma di figure permanenti, analizzabili e riconoscibili mediante determinate tecniche analitiche. Pertanto, esso può divenire un importante indicatore delle variazioni ambientali che sono avvenute a partire dal Pliocene superiore, quando l'area mediterranea fu interessata da fluttuazioni climatiche che produssero una alternanza tra condizioni subtropicali e climi oceanici (Cremaschi, 1992).

In particolare, per quanto riguarda l'area Prealpina, un classico esempio di questa situazione, è

dato dalle Terre Rosse<sup>1</sup>, ossia paleosuoli evolutisi su substrati calcarei in condizioni subtropicali - mediterranee (pre-glaciali o interglaciali), successivamente troncati da processi connessi al deterioramento climatico durante le diverse fasi glaciali del Pleistocene. Tali paleosuoli, ove si trovino legati a superfici topografiche

<sup>1</sup> Non potendo citare in maniera adeguata oltre 150 anni di dibattito scientifico sulla Terra Rossa (in italiano nel testo - Zippe, 1853), per quanto riguarda la definizione di Terra Rossa si rimanda a una recente sintesi sui suoli rossi mediterranei di Yaalon (1997), secondo cui il termine Terra Rossa viene utilizzato più o meno rigorosamente, per indicare i suoli rossi superficiali o poco profondi, che si sviluppano sui calcari in area Mediterranea.

stabili e non siano sepolti da una coltre di sedimenti sufficientemente spessa da isolarli definitivamente dalla superficie, sono soggetti a fenomeni pedogenetici in equilibrio con il clima attuale ed estranei alle prime fasi del loro sviluppo (Cremaschi, 1987).

## 2. MATERIALI E METODI

La descrizione di campagna del profilo è stata effettuata attenendosi agli schemi suggeriti da Hodgson (1976). Il colore dei vari orizzonti e di eventuali screziature è stato determinato utilizzando le tavole Munsell® (1994). La designazione degli orizzonti è stata scelta in base alle Keys to Soil Taxonomy (Soil Survey Staff, 1990). I campioni per le analisi sono stati prelevati sia come indisturbati, sia per le analisi quantitative.

Le analisi pedologiche di routine sono state svolte seguendo i criteri generali proposti da Avery e Bascomb (1974) e da Gale e Hoare (1991). Le analisi granulometriche sono state condotte per vagliatura e aerometria. La determinazione quantitativa del ferro estraibile ha previsto l'impiego di soluzioni di ditionito citrato, di ammonio ossalato e di sodio pirofosfato. La separazione dei minerali pesanti è stata effettuata su materiale di granulometria compresa tra 63 µm e 180 µm, preventivamente decarbonatato e deferrificato, utilizzando, come liquido pesante, il metatungstato di sodio, preparato a densità 2.9 g/cm<sup>3</sup>.

Per l'analisi geochimica degli elementi maggiori

sono state selezionate le frazioni granulometriche più fini, precisamente: limo grossolano (*coarse* - 63 µm - 31.2 µm), limo medio (*medium* - 31.2 µm - 11 µm), limo fine + argilla (*fine* - inferiori a 11 µm). La dissoluzione del substrato carbonatico, campionato alla base del profilo è avvenuta per immersione in bagno di acido acetico (99-100%) per oltre 2 mesi. Sui campioni così preparati è stata condotta un'analisi geochimica attraverso la spettrometria per fluorescenza ai raggi X e spettrofotometria ad assorbimento atomico, al fine di determinare la composizione percentuale degli ossidi degli elementi maggiori e in parti per milione dello zirconio.

Per quanto riguarda la descrizione micromorfologica, le osservazioni sono state condotte secondo i canoni proposti nel *Handbook for Soil Thin Section Description* (Bullock *et al.*, 1985). Talora, nel corso della discussione è stata parzialmente utilizzata la terminologia del sistema descrittivo proposto da Brewer (1964).

## 3. INQUADRAMENTO GENERALE

Il Monte Casto (Fig. 1) è un piccolo rilievo che raggiunge i 400 m di quota, costituito da calcare della "Corna", ossia calcare compatto, di colore bianco avorio, giallo grigio, stratificato con strati potenti, a volte indistinti, del Triassico Superiore - Giurassico Inferiore (definizione di Curioni, 1877).

La sommità del Monte Casto, come quella di altri rilievi presenti nell'area, è interessata dalla presenza di

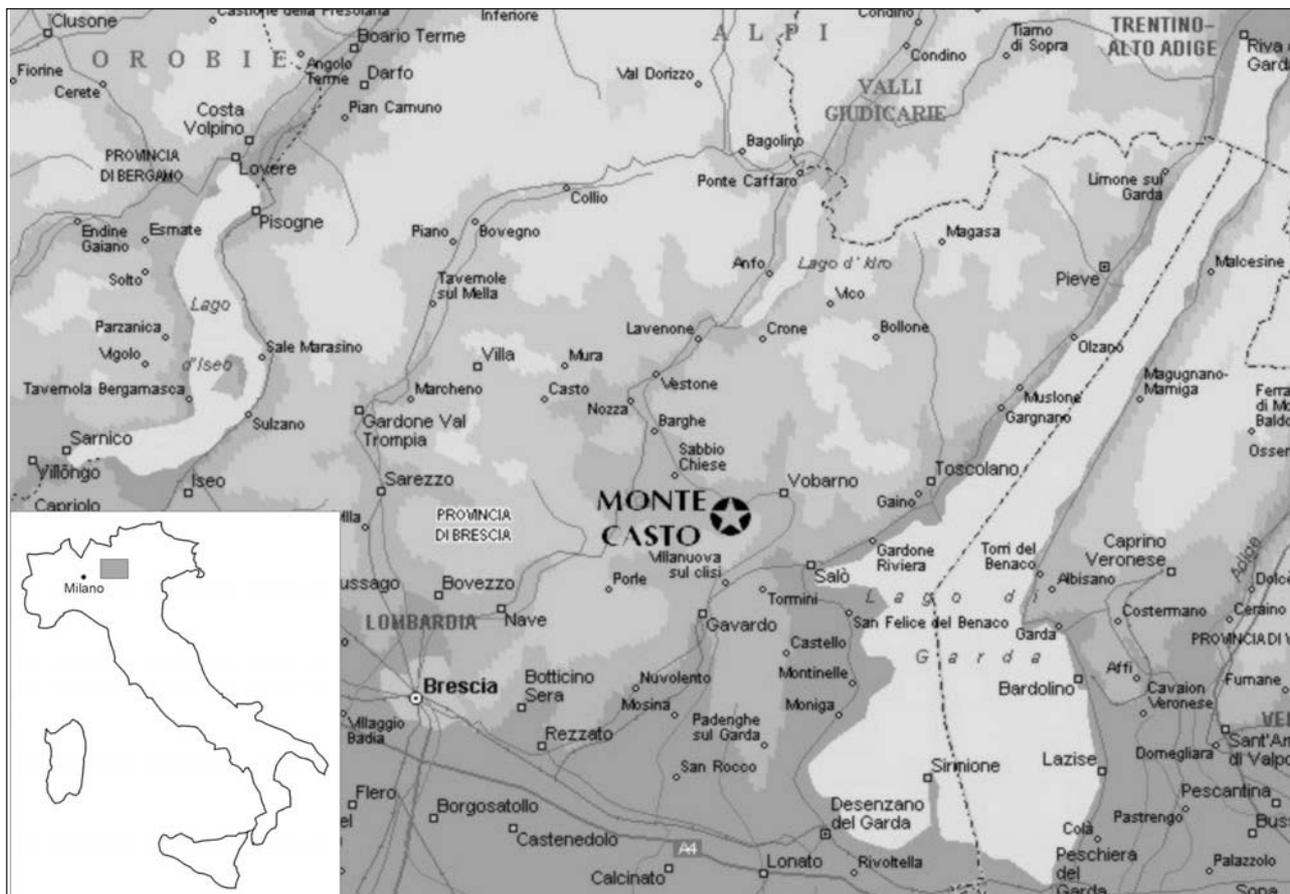


Fig. 1 - Carta topografica dell'area e localizzazione del profilo.  
Topographic map and profile location.

superfici a debole energia di rilievo: dal punto di vista geomorfologico esse sono i lembi di un penepiano Tardo Terziario, smantellato a seguito di fenomeni tettonici (Chardon, 1975). Su una di tale paleosuperficie si sviluppa un paleosuolo di tipo Terra Rossa (Chardon, 1975), costituita da coltri sottili e/o colluviate, solo in particolari situazioni conservato in posto per spessori superiori al metro; spesso la Terra Rossa risulta coperta da depositi loessici di spessore variabile.

Per quanto riguarda l'evoluzione quaternaria della Val Sabbia, essa risulta essere stata interessata da varie fasi di espansione glaciale: riferendosi alla interpretazione fornita da Chardon (1975), durante la sua massima avanzata il ghiacciaio della Val Sabbia sarebbe giunto fino all'altezza di Barghe (pochi chilometri a monte dell'area studiata), mentre autori precedenti, quali Venzo (1965), identificano depositi morenici anche più a valle del sito, nella zona di Clibbio.

#### 4. CARATTERIZZAZIONE DEL PROFILO

##### 4.1. Descrizione

Il profilo è stato descritto sulla parete di una cava abbandonata, che incide il versante nord occidentale del rilievo, non lontano dalla sua sommità. La superficie di campagna si trova ad una quota di 370 m s.l.m. e la copertura vegetale è essenzialmente costituita da *Robinia pseudoacacia*.

Gli orizzonti identificati sono (Fig. 2):

- O 0 - 20 cm, lettiera e orizzonte organico
- Bw1 20 - 45 cm, 7.5 YR 6/6 (giallo rossastro), franco limoso argilloso, aggregazione poliedrica angolare minuta debolmente sviluppata, poliedri moderatamente deboli, presenza di un livello organico nei pressi del limite superiore, limite inferiore diffuso con
- Bw2 45 - 100 cm, 7.5 YR 5/6 (giallo rossastro), come il precedente, eccetto aggregazione moderatamente sviluppata, rari rivestimenti di argilla sulla superficie dei poliedri, presenza di aggregati subarrotondati di materiale argilloso, limite graduale con
- 2Bt1 100 - 135 cm, 5 YR 5/6 (rosso giallastro), franco argilloso, aggregazione poliedrica angolare fortemente sviluppata, poliedri resistenti, presenza di rivestimenti di argilla e di noduli e rivestimenti di Fe-Mn, limite diffuso con
- 2Bt2 135 - 200 cm, 5 YR 5/8 (rosso giallastro), come il precedente eccetto argilloso, limite chiaro e irregolare con il substrato.

##### 4.2. Granulometrie

Le curve granulometriche cumulative (Fig. 3) consentono una precisa caratterizzazione degli orizzonti del profilo. In particolare, le curve degli orizzonti Bw1 e Bw2 mostrano un andamento che ricade nel campo compreso tra la curva del loess fresco e quella del loess alterato, queste ultime costruite da Cremaschi (1987) sulla base di 70 campioni prelevati ai margini prealpino ed appenninico. Per quanto riguarda gli orizzonti 2Bt1 e 2Bt2, l'argilla diviene la frazione granulometrica dominante; nell'orizzonte 2Bt1 anche il contenuto in sabbia fine e molto fine non è trascurabile.

##### 4.3. Micromorfologia

In sezione sottile l'orizzonte Bw1 è caratterizzato da aggregati poliedrici, separati da numerosi vuoti planari (Fig. 4/a). La massa di fondo è costituita da grani di

quarzo e lamelle di mica delle dimensioni massime rispettivamente della sabbia media e della sabbia fine. La frazione fine è costituita da una massa bruno - giallastra, da nebulosa a maculata, costituita da argilla e grani minerali della dimensione del limo, questi ultimi inducono una *b-fabric* cristallitica. Nella parte superiore della sezione sottile sono presenti resti vegetali solo parzialmente decomposti (Fig. 4/b), mescolati ad aggregati granulari di piccole dimensioni. Infine, per quanto riguarda le figure pedologiche, esse sono costituite essenzialmente da noduli e impregnazioni amorfe di ferro - manganese.

Da un punto di vista micromorfologico, l'orizzonte Bw2 è abbastanza simile al Bw1: la microstruttura è sostanzialmente identica, così come sono corrispondenti le caratteristiche mineralogiche della frazione fine e grossolana, ad esclusione della presenza di alcuni frammenti subarrotondati di selce con dimensioni superiori ai 2 mm, di probabile provenienza esterna. I resti vegetali sono assenti, mentre sono stati descritti aggregati subarrotondati di argilla rossastra, interpretabili come pedorelitti (Brewer, 1964 - Fig. 4/c). Infine, per quanto riguarda le figure pedologiche, oltre a quelle amorfe, sono presenti rari frammenti arrotondati di argilla birifrangente (*papulae*, Brewer, 1964 - Fig. 4/d).

L'orizzonte 2Bt1 si differenzia molto bene da quelli descritti in precedenza. La sua massa di fondo è caratterizzata dalla presenza di aggregati poliedrici separati da vuoti planari (Fig. 4/e); lo stesso tipo di vuoti, ma più sottili, disloca ulteriormente gli stessi poliedri. La frazione grossolana è costituita da scarsi grani di quarzo e scaglie di mica, con rari frammenti di selce. La frazione fine è costituita da una massa rossa di argilla e ossidi di ferro, opaca, a *b-fabric* da maculata a striata (Fig. 4/f). Le figure pedologiche tessiturali sono costituite da rivestimenti di argilla rosso - giallastri, mentre quelle amorfe da noduli di ferro - manganese della dimensione massima della sabbia grossolana.

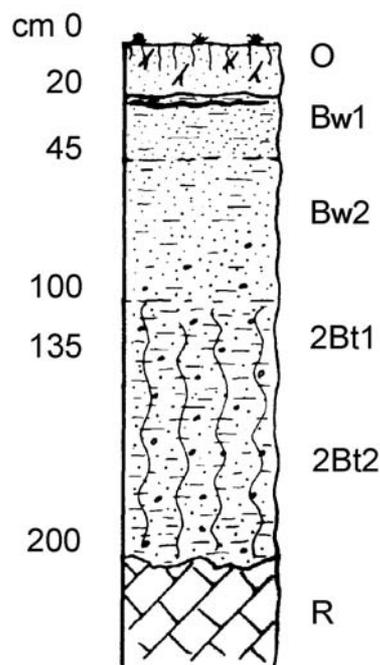


Fig. 2 - Il profilo del Monte Casto.  
Mount Casto profile.

L'orizzonte 2Bt2 mostra le stesse caratteristiche micropedologiche del precedente, eccezion fatta per un minore contenuto in costituenti minerali grossolani.

Per una descrizione più dettagliata delle sezioni sottili si rimanda all'appendice.

#### 4.4. Analisi Chimica

I risultati ottenuti dall'analisi degli elementi maggiori e dello zirconio (Tab. 1), condotti sulle frazioni granulometriche limose e argillosa dei principali orizzonti del profilo e sul residuo insolubile prodotto per dissoluzione dei carbonati del substrato in acido acetico, permettono una ulteriore caratterizzazione delle entità pedogenetiche che costituiscono il profilo del Monte Casto.

Una prima osservazione riguarda la differenza esistente tra la composizione della coppia di orizzonti Bw1 - Bw2 rispetto al 2Bt1, quest'ultimo campionato verso il suo limite inferiore, in modo da essere rappresentativo dell'intera porzione profonda del profilo; l'orizzonte 2Bt1, infatti, mostra un tenore in silicio mediamente più basso, un contenuto in alluminio e ferro superiore, ed un moderato quantitativo di calcio. D'altro canto, sempre dal punto di vista chimico, il materiale (o i materiali) da cui si è sviluppato il profilo non sembra essere corrispondente al residuo insolubile della dissoluzione del calcare: quest'ultimo, infatti risulta molto più ricco in silice (resistente all'alterazione) rispetto agli ossidi degli altri elementi chimici (cfr. Macleod, 1980; Olson *et al.*, 1980; Frolking *et al.*, 1983; Vanmechelen *et al.*, 1993). Alla luce di questa

	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>2</sub>	MnO	TiO <sub>2</sub>	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	MgO	Na <sub>2</sub> O	CaO	K <sub>2</sub> O	ZrO <sub>2</sub>
B1 - C	69.00	13.29	3.96	0.08	2.47	0.04	0.47	1.12	0.17	2.06	351
B1 - M	66.02	15.66	4.54	0.02	2.63	0.06	0.42	0.91	0.53	2.60	583
B1 - F	47.51	24.66	7.88	0.09	2.57	0.17	1.14	0.30	0.37	2.46	431
B2 - C	63.50	16.79	4.91	0.10	2.53	0.02	0.55	1.75	0.18	2.49	376
B2 - M	60.35	18.45	5.65	0.00	2.61	0.04	0.54	0.73	0.37	2.62	518
B2 - F	49.68	23.93	7.65	0.08	2.49	0.16	1.11	0.29	0.44	2.38	446
2Bt1 - C	50.10	22.51	8.52	0.06	2.53	0.09	1.08	0.62	0.28	2.21	334
2Bt1 - M	54.04	20.43	7.29	0.09	2.58	0.06	1.03	0.61	0.85	2.26	353
2Bt1 - F	46.45	23.97	7.57	0.10	2.57	0.10	1.51	1.16	0.66	2.94	315
residuo	67.62	7.39	2.26	0.02	1.75	0.04	0.15	0.14	0.39	0.45	168

Tab. 1 - Composizione elementare degli orizzonti: valori espressi in percentuale eccetto ZrO<sub>2</sub> in ppm, H<sub>2</sub>O non mostrata (C = Coarse; M = Medium; F = Fine).

*Elemental composition of the horizons: values in percentage, ZrO<sub>2</sub> in ppm, H<sub>2</sub>O not showed (C = Coarse; M = Medium; F = Fine).*

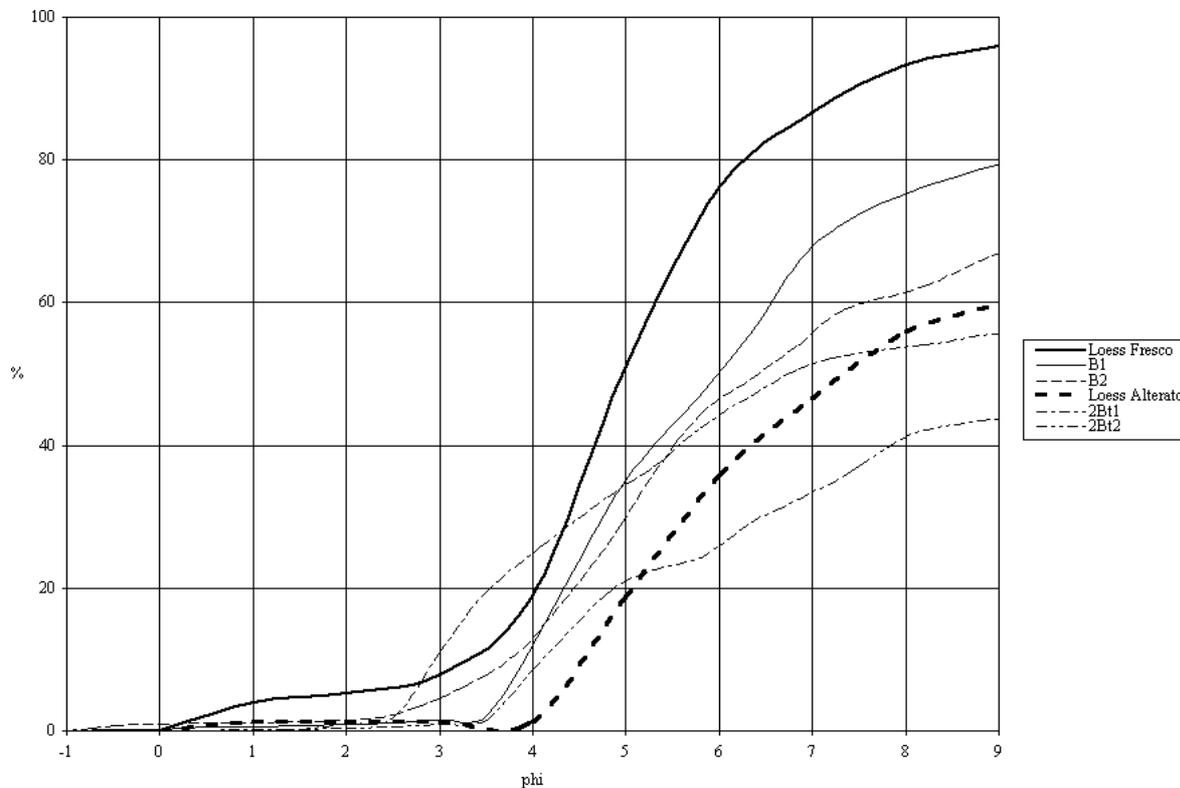


Fig. 3 - Curve granulometriche cumulative degli orizzonti del profilo, confrontate con le curve teoriche del loess fresco ed alterato (modificato da Cremaschi, 1987).

*Grain size cumulative curves of the profile horizons in comparison with the fresh loess and weathered loess curves (modified from Cremaschi, 1987).*

mancata corrispondenza chimica tra orizzonti superficiali e orizzonte profondo, e tra quest'ultimo ed il residuo insolubile, è possibile ipotizzare che l'intero profilo sia stato interessato da apporti di materiale alloctono, in quantità, tempi diversi e proveniente da più sorgenti.

#### 4.5. Analisi dei Minerali Pesanti

La determinazione dell'assemblaggio dei minerali pesanti fornisce un elemento di differenziazione tra le due porzioni del profilo, sia da un punto di vista mineralogico, sia per quanto riguarda il livello di alterazione raggiunto (Tab. 2).

La coppia di orizzonti Bw1 e Bw2 mostra una composizione mineralogica drasticamente dominata dagli anfiboli (59% e 45%) che, aggiunti ai pirosseni e agli epidoti, portano il totale dei minerali poco resistenti all'alterazione al 75% (Bw1) e al 63% (Bw2). Le specie mineralogiche più stabili (zirconio, tormalina e rutilo), al contrario, presentano un contenuto del 7% circa per

entrambi gli orizzonti. La prima coppia di orizzonti è anche caratterizzata dalla presenza esclusiva di cianite e clorite. La situazione cambia nettamente con l'orizzonte 2Bt1, che mostra un contenuto in anfiboli pari al 25%, un totale di minerali poco stabili dell'ordine del 52% ed un quantitativo di zirconio, rutilo e tormalina più che doppio rispetto agli orizzonti precedenti.

Dunque, due differenti mineralogie si manifestano nel medesimo profilo, con una alterazione crescente nel senso della profondità. Infatti l'orizzonte Bw2 risulta lievemente più alterato del soprastante Bw1, mentre l'orizzonte 2Bt1 è più alterato di entrambi i precedenti.

#### 5. GLI INDICI CALCOLATI

I dati ricavati dalle descrizioni e dalle analisi condotte sui singoli orizzonti possono essere utilizzati, oltre che per un confronto diretto tra i singoli parametri,

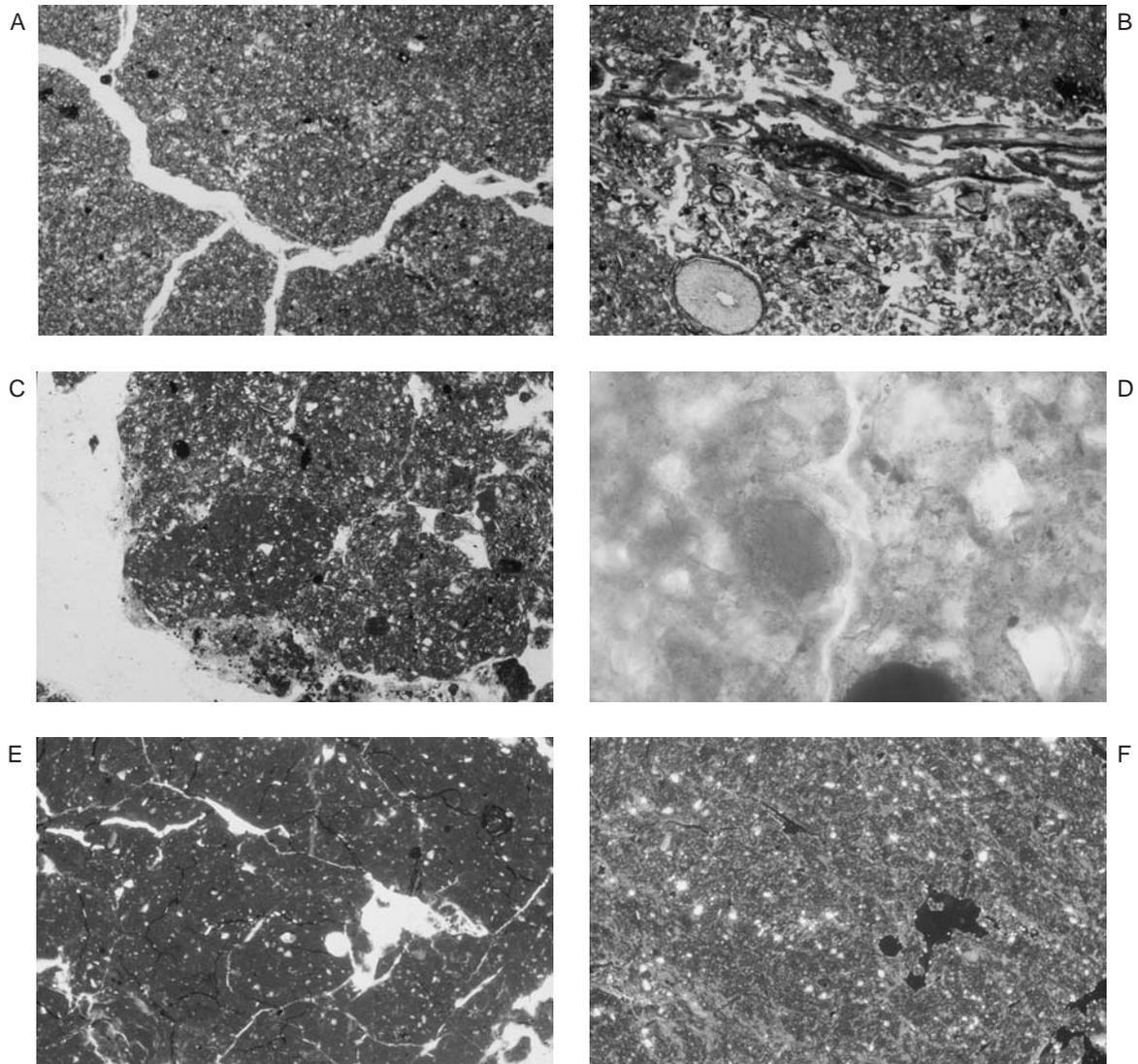


Fig. 4 - Il profilo del Monte Casto in sezione sottile: a) orizzonte Bw1, massa di fondo (PPL - 16x); b) orizzonte Bw1, resti vegetali (PPL - 25x); c) orizzonte Bw2, pedorelict (PPL - 25x); d) orizzonte Bw2, papula (XPL - 400x); e) orizzonte 2Bt1, massa di fondo (PPL - 25x); f) orizzonte 2Bt1, massa di fondo (XPL - 25x).

Mount Casto profile in thin section: a) horizon Bw1, groundmass (PPL - 16x); b) horizon Bw1, vegetal fragments (PPL - 25x); c) horizon Bw2, pedorelict (PPL - 25x); d) horizon Bw2, papula (XPL - 400x); e) horizon 2Bt1, groundmass (PPL - 25x); f) horizon 2Bt1, groundmass (XPL - 25x).

anche per una elaborazione più complessa, attraverso la determinazione di appropriati indici che forniscono ulteriori informazioni sullo stato di evoluzione dei suoli.

### 5.1. Uniformità del Parent Material

La valutazione di uniformità del *parent material* è lo strumento "quantitativo" per identificare le principali discontinuità che interessano il profilo (per una sintesi su questo argomento si rimanda a Vidic, 1994). A tale scopo viene utilizzato il confronto dei rapporti tessiturali, chimici e mineralogici degli orizzonti del suolo (Fig. 5).

Il primo parametro utilizzato in questa sede è il rapporto tra il contenuto in limo e quello in sabbia dei vari campioni (Busacca e Singer, 1989). I risultati ottenuti mostrano una variazione di tale rapporto tra l'orizzonte 2Bt1 e la parte superiore del profilo. Infatti, gli orizzonti Bw1 e Bw2 (rappresentati graficamente fuori scala) hanno un indice pari a 5.60 e 4.16 rispettivamente, mentre il 2Bt1 raggiunge appena l'1.23. La lieve differenza esistente tra i due orizzonti Bw sembra dipendere dalla maggiore alterazione di Bw2.

Il primo dei parametri chimici utilizzati è la distribuzione del titanio all'interno del profilo (Brewer, 1964). Data la costanza dei valori misurati per questo elemento, tale indice non fornisce nessuna informazione sulla presenza di discontinuità, anzi sembrerebbe indicare una sostanziale uniformità del profilo. Al contrario, gli altri indici chimici utilizzati (Busacca e Singer, 1989) sono indicativi della disomogeneità esistente tra l'orizzonte 2Bt1 e quelli soprastanti. Sia il rapporto calcio / zirconio, sia quello ferro / zirconio presentano infatti un brusco incremento in corrispondenza di tale orizzonte. Questo andamento pare condizionato da variazioni che interessano tutti e tre gli elementi considerati, ovviamente con intensità e segno che sono specifiche.

Infine, anche gli indici mineralogici confermano la separazione tra l'orizzonte 2Bt1 e la porzione soprastante del profilo: per quest'ultimo orizzonte infatti, gli indici calcolati secondo Brewer<sup>2</sup> (1964) e Cremaschi<sup>3</sup> (1978) mostrano valori tre - quattro volte superiori a quelli degli orizzonti Bw1 e Bw2.

È dunque possibile concludere che il profilo del Monte Casto sia interessato da una disomogeneità chimica e mineralogica, condizionata quindi da una diversa litologia nel *parent material*, coincidente con il limite superiore dell'orizzonte 2Bt1, che per altro, corrisponde a una discontinuità nell'organizzazione macro e microscopica del profilo.

### 5.2 Indice di Arrossamento

L'indice di arrossamento (Torrent *et al.*, 1980) riferito al profilo del Monte Casto evidenzia la maggiore rubefazione degli

Tab. 2 - Assemblaggio dei minerali pesanti del profilo del Monte Casto (valori espressi in percentuale).

*Heavy minerals composition of Mount Casto profile (values in percentage).*

	B1	B2	2Bt1
trasparenti	80.5	61.7	69.4
opachi	19.5	38.3	30.6
zirconio	1.9	4.7	7.9
tormalina	5.1	0.7	4.6
rutilo	0.0	1.3	2.6
pirosseni	4.5	6.0	5.9
anfibioli	58.6	44.7	25.0
epidoti	11.5	12.0	21.1
granati	5.1	7.3	13.2
staurolite	1.9	2.7	3.9
sfene	0.6	1.3	4.6
cianite	1.3	4.0	0.0
clorite	2.5	2.7	0.0
barite	0.6	1.3	2.0
altri	0.0	1.3	0.7
alterati	5.7	10.0	8.6

orizzonti dell'unità profonda rispetto a quelli superficiali, per i quali il grado di arrossamento è moderato (Fig. 6).

### 5.3. Indice del Ferro Attivo

L'indice del ferro attivo, calcolato secondo Rhodes e Sutton (1978) e secondo Arduino *et al.* (1984) mostra i seguenti valori:

Orizzonte	Rhodes e Sutton	Arduino <i>et al.</i>
Bw1	0.84	7.63
Bw2	0.82	9.52
2Bt1	0.73	15.19
2Bt2	0.71	16.67

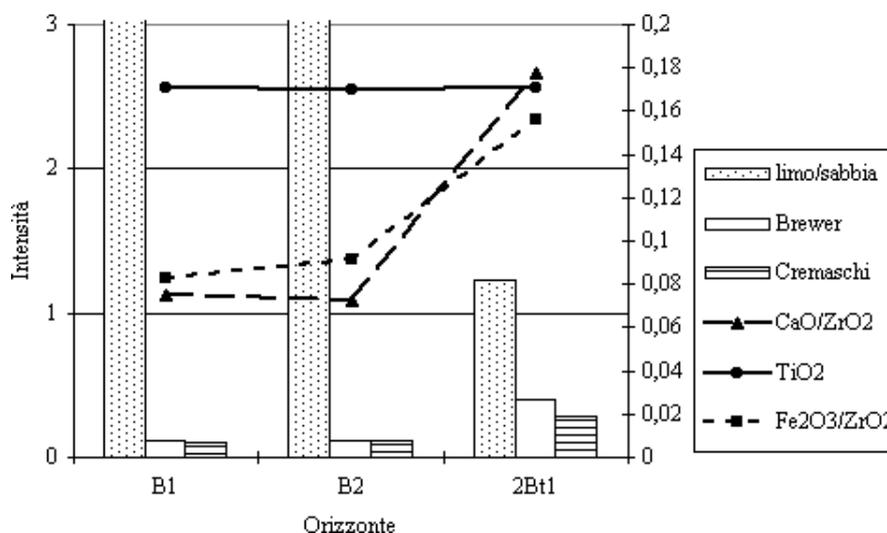


Fig. 5 - Valutazione di uniformità del *parent material* del profilo del Monte Casto [rapporto limo / sabbia da Busacca e Singer (1989); contenuto in  $TiO_2$  da Brewer (1964); rapporti  $CaO / ZrO_2$  e  $Fe_2O_3 / ZrO_2$  da Busacca e Singer (1989); indici mineralogici da Brewer (1964) e Cremaschi (1978)].

*Parent material uniformity of Mount Casto profile [silt / sand ratio, from Busacca and Singer (1989);  $TiO_2$  content, from Brewer (1964);  $CaO / ZrO_2$  and  $Fe_2O_3 / ZrO_2$  ratios, from Busacca and Singer (1989); mineralogical indexes from Brewer (1964) and from Cremaschi (1978)].*

<sup>2</sup>  $\frac{\text{zirconio} + \text{tormalina}}{\text{pirosseni} + \text{anfibioli}}$

<sup>3</sup>  $\frac{\text{zirconio} + \text{tormalina} + \text{ossidi di titanio}}{\text{pirosseni} + \text{anfibioli} + \text{epidoti}}$

	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>2</sub>	MnO	TiO <sub>2</sub>	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	MgO	Na <sub>2</sub> O	CaO	K <sub>2</sub> O
B1 - C	48.74	85.87	83.96	158.58	67.55	55.12	151.39	370.48	20.60	217.53
B1 - M	28.09	60.95	57.89	27.93	43.32	46.61	80.83	180.62	39.66	165.88
B1 - F	27.33	129.78	135.95	138.81	57.09	186.81	297.79	80.60	37.36	211.66
B2 - C	41.84	101.22	97.04	184.30	64.41	31.38	163.71	538.90	20.70	245.59
B2 - M	28.91	80.87	81.23	5.45	48.41	36.84	118.12	163.60	30.84	187.67
B2 - F	27.62	121.71	127.49	130.17	53.54	175.19	279.27	75.58	42.78	198.50
2Bt1 - C	37.16	152.75	189.58	112.96	72.50	122.55	364.26	215.93	36.10	245.13
2Bt1 - M	37.95	131.26	153.55	166.94	69.96	76.69	327.70	201.44	104.46	237.67
2Bt1 - F	36.56	172.62	178.67	217.31	78.18	157.20	537.20	427.01	90.58	346.88
residuo	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100

Tab. 3 - La percentuale residua degli elementi originari del profilo del Monte Casto, riferita alla composizione chimica del residuo insolubile della dissoluzione del calcare del substrato.

*Percentage of Element Remaining of Mount Casto Profile, using the insoluble residue of limestone dissolution as parent material*

È evidente una chiara differenziazione tra le due unità che compongono il profilo, con un livello di maggiore alterazione pedogenetica per quanto riguarda gli orizzonti più profondi.

#### 5.4. La Percentuale Residua degli Elementi Originari

Partendo dai dati ottenuti attraverso le analisi in fluorescenza ai raggi X e assorbimento atomico è anche possibile determinare le variazioni delle quantità relative dei singoli elementi avvenute durante la pedogenesi, attraverso il calcolo della percentuale residua degli elementi originari<sup>4</sup> (*Percentage of Element Remaining* - Busacca, 1982; Busacca *et al.*, 1988; Busacca e Singer, 1989).

In questo caso, la percentuale residua degli elementi originari è stata calcolata riferendosi alla composizione chimica del residuo insolubile della dissoluzione del calcare come *parent material* ed utilizzando lo zirconio come elemento indice.

Alla luce del fatto che il profilo si è sviluppato a partire da almeno due distinti materiali, come determinato dalla valutazione di uniformità del *parent material* (§ 5.1.), i risultati che si ottengono per le due porzioni del profilo sono profondamente diversi (Tab. 3). Ciononostante, è sembrato significativo procedere con la indicizzazione, quanto meno per un confronto quantitativo tra le due unità. In realtà, il problema appare ancora più complesso in quanto, sia per il gruppo di orizzonti Bw1 e Bw2, sia per l'orizzonte 2Bt1 si ricava una generalizzata presenza di arricchimenti (valori residui che superano il 100%). Di solito, tali arricchimenti sono legati all'esplicarsi dei fenomeni pedogenetici, che provocano una concentrazione degli elementi più stabili, a causa della perdita per alterazione di quelli meno stabili (e.g. Busacca e Singer, 1989). Nel caso specifico, però, la percentuale residua non sembra seguire solamente questo schema: sono infatti presenti anche arricchimenti di elementi di facile alterazione (e.g. sodio e magnesio) accanto a perdite di elementi più stabili (e.g. titanio). Appare chiaro come il residuo insolubile non costituisca, da solo, il materiale originario su cui ha avuto luogo la pedogenesi, ma debba, necessariamente,

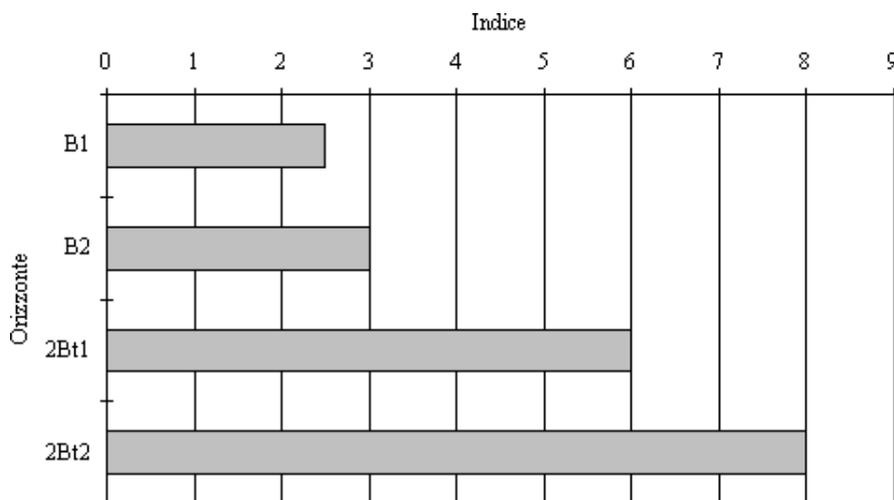


Fig. 6 - L'indice di arrossamento del profilo del Monte Casto  
*Reddening Index of Mount Casto profile.*

te, essere stato addizionato da contributi di materiale alloctono. Tali contributi risultano massimi, se non esclusivi, per quanto riguarda l'unità superficiale, mentre più limitati, anche se evidenti, per l'orizzonte 2Bt1.

Venendo ad osservazioni più strettamente pedogenetiche, è possibile notare come per l'orizzonte 2Bt1 incrementi evidenti siano relativi a ferro, alluminio e manganese, cioè elementi legati ai fenomeni di rubefazione, di formazione di noduli e neoformazione e/o translocazione di argille. Viceversa gli incrementi che tale orizzonte manifesta per magnesio, sodio, fosforo e parzialmente per il potassio (elemento stabile), sarebbero da imputarsi, in massima parte, al contributo di materia-

$$^4 \%_{ER} = \frac{E_h \times I_{pm}}{E_{pm} \times I_h} \times 100$$

- $\%_{ER}$  percentuale residua dell'elemento considerato nell'orizzonte (rispetto ad un contenuto originale del *parent material* pari al 100%);
- $E_h$  concentrazione dell'elemento considerato nell'orizzonte;
- $E_{pm}$  concentrazione dell'elemento considerato nel *parent material*;
- $I_h$  concentrazione dell'elemento indice (titanio o zirconio) nell'orizzonte;
- $I_{pm}$  concentrazione dell'elemento indice (titanio o zirconio) nel *parent material*.

le di provenienza esterna. Anche l'incremento di alluminio nell'unità profonda potrebbe essere imputabile almeno in parte ad una contaminazione eolica a lungo raggio (Molinaroli et al., 1993) e non solo al manifestarsi dei fenomeni pedogenetici, precedentemente citati.

## 6. DISCUSSIONE

Il profilo identificato e descritto sulle pendici del Monte Casto è costituito da due unità pedologiche distinte che vanno a formare un profilo composto: l'unità profonda è costituita dagli orizzonti 2Bt1 e 2Bt2, quella superficiale, dagli orizzonti O, Bw1 e Bw2. Le due unità sono distinguibili in base alle loro caratteristiche morfologiche, chimiche e fisiche, ed anche attraverso i parametri utilizzati per evidenziarne il diverso grado di sviluppo morfologico e di espressione della pedogenesi.

Per quanto riguarda l'unità profonda, essa è costituita da un suolo fersiallitico (Duchaufour, 1983), una Terra Rossa, che mostra le sue tipiche caratteristiche micromorfologiche, chimiche (rubefazione), granulometriche (tenore in argilla). In particolare, per quanto riguarda la micromorfologia, la relativa scarsità di figure pedologiche tessiturali sulla superficie dei vuoti non è in contraddizione con lo sviluppo di suolo fersiallitico, quanto piuttosto con l'incorporazione di tali figure nella massa di fondo a seguito di processi di *shrink - swell*, che inducono una *b-fabric* striata, come sintetizzato da Fedoroff (1997). Inoltre, per quanto riguarda i rapporti tra la sequenza profonda ed il substrato, non vi sono state identificate evidenze di fenomeni di trasporto lungo versante a carico di tali orizzonti: è dunque possibile ipotizzare che il substrato calcareo costituisca (almeno in parte) il *parent material* di tale porzione di suolo. D'altro canto, occorre anche considerare la Terra Rossa come un suolo di origine poligenetica, in cui si sommano gli effetti di diversi processi pedogenetici con una intensità relativa che può essere estremamente variabile da caso a caso (Cremaschi, 1987; Fedoroff, 1997; Trombino, 1998): in questo caso risultano evidenti apporti di materiale esterno, probabilmente di natura eolica ad ampio raggio, come confermato dallo squilibrio chimico esistente tra la composizione del residuo insolubile della dissoluzione del calcare, ed il suolo stesso. Infine, la sequenza profonda manca degli orizzonti superficiali, ha quindi subito una troncatura, causata da fenomeni di tipo erosionale.

Un primo elemento di caratterizzazione dell'unità superficiale è dato dal *parent material* dal quale essa si è formata: le caratteristiche sedimentologiche degli orizzonti Bw1 e Bw2 sembrano indicare la deposizione di una o più coltri di loess successivamente pedogenizzate. Accanto a questa sorgente di tipo eolico occorre considerare la presenza di materiale messo in posto da fenomeni di versante, in particolare per l'orizzonte Bw2, nel quale sono stati identificati pedorelitti arrotondati e *papulae*. Tali figure, infatti, sono legate a fenomeni di colluviazione (Mücher et al., 1972; Bresson, 1974; Cremaschi, 1991). Dal punto di vista dell'alterazione pedogenetica, essa risulta essere stata sensibile anche per l'unità superficiale, anche se di intensità molto minore rispetto a quella della Terra Rossa.

La superficie che separa le due unità è di facile identificazione, ma gli orizzonti di cui essa costituisce il limite mostrano una zona di transizione, che permette di ipotizzare un certo riarrangiamento. Tale riarrangiamento

risulta significativo in quanto sembra indicare che la separazione "fisica" delle due unità non vada semplicemente intesa come un evento unico, di breve durata. Due sono infatti gli aspetti rilevanti di questa condizione: in primo luogo è possibile invocare un'alternanza di fasi di aggradazione e degradazione del profilo che, in corrispondenza della discontinuità, hanno aumentato il grado di riorganizzazione del materiale. In secondo luogo, la deposizione di una coltre di materiale loessico è un evento che interessa archi di tempo relativamente lunghi, con frequenti apporti di modeste quantità di materiale: un tipo di deposizione che implica un rallentamento piuttosto che una netta interruzione dei fenomeni pedogenetici (Cremaschi, 1987; Cremaschi e Busacca, 1994; Busacca e Cremaschi, 1998).

## 7. CONCLUSIONI

La pedogenesi del profilo descritto sul Monte Casto presenta caratteristiche polifasiche. Partendo dal basso, nel profilo è registrata una prima fase pedogenetica piuttosto spinta, che ha portato alla formazione di un suolo di tipo Terra Rossa, evidenza di una pedogenesi fersiallitica in clima Mediterraneo (Duchaufour, 1983). Questo primo momento è stato seguito da una interruzione della pedogenesi, connessa ad una fase climatica che ha portato alla troncatura e all'erosione del profilo, quindi alla deposizione di materiale "fresco". Tale materiale risulta di origine prevalentemente eolica (loess), con un moderato apporto dovuto a fenomeni di colluviazione lungo il versante. Molto probabilmente le fasi di degradazione del profilo sono state più di una, e l'apporto di materiale ha interessato un intervallo di tempo significativo, coincidente, almeno in parte, con la ripresa della pedogenesi.

Le fasi pedogenetiche più recenti, che hanno interessato la coltre di sedimenti eolici, sono state sicuramente meno intense della fase antica, ma comunque caratterizzate da processi di decarbonatazione, di scarsa translocazione di argilla e di moderata rubefazione.

Infine, appare necessario puntualizzare alcune osservazioni paleoclimatiche e cronologiche. La genesi geomorfologica della paleosuperficie su cui si sviluppa la Terra Rossa al Tardo Terziario (Chardon, 1975), permette di collocare il termine *post quem* per l'origine e lo sviluppo di questo paleosuolo nel Quaternario. D'altra parte, lo sviluppo di suoli con caratteristiche simili a quelle degli orizzonti profondi del profilo descritto necessita di specifiche condizioni climatiche e ambientali che possono essere connesse a periodi caldi come quelli occorsi prima del Pleistocene glaciale (dunque Pleistocene Inferiore - Cremaschi, 1987; Cremaschi e Ginesu, 1990) o durante gli interglaciali del Pleistocene Medio (Magaldi et al., 1985; Magaldi e Bidini, 1991). Mancando elementi certi per datare la fase pedogenetica antica e le fasi pedogenetiche successive e, alla luce della natura poligenetica della Terra Rossa, l'attribuzione cronologica del paleosuolo ad uno dei periodi sopracitati risulta alquanto difficoltosa. Il confronto dei livelli di alterazione raggiunti da paleosuoli simili, citati in letteratura, non risulta definitivo a causa della non corrispondenza geografica dei diversi profili: probabilmente solo uno studio pedostratigrafico dell'area potrebbe contribuire alla risoluzione di tale problema cronologico, seppure in modo relativo.

Ciononostante, il caso di studio del Monte Casto

risulta così un ulteriore esempio di come il suolo resti un imprescindibile strumento nella ricostruzione del nostro passato più recente, proprio in virtù della sua sensibilità alle variazioni che interessano litosfera, biosfera e atmosfera, di cui esso costituisce l'interfaccia. Parte integrante di uno studio paleopedologico sono, in questo senso, tutti gli approcci in grado di mettere in luce, con la maggiore sensibilità possibile, le tracce di queste variazioni, registrate sotto varia forma all'interno del profilo del suolo.

## APPENDICE DESCRIZIONE DELLE SEZIONI SOTTILI

Le descrizioni sono state effettuate secondo i canoni proposti nel *Handbook for Soil Thin Section Description* (Bullock *et al.*, 1985). Talora, nel corso della discussione è stata parzialmente utilizzata la terminologia del sistema descrittivo proposto da Brewer (1964). Le classi di frequenza nella descrizione sono state attribuite secondo le "general purpose classes" (Bullock *et al.* 1985) come segue: più che dominante > 70 %; dominante 50-70 %; comune 30-50 %; frequente 15-30 %; scarso 5-15 %; raro < 5 %.

**Bw1 - Microstruttura e Porosità:** microstruttura *subangular blocky*; comuni *planes* ad andamento ortogonale e lume dalla dimensione massima della sabbia fine - media, scarsi canali a lume dalla dimensione massima della sabbia grossolana, scarsi vuoti di costruzione in corrispondenza di un livello organico. Massa di Fondo: materiale grossolano costituito da comuni grani di quarzo, subarrotondati, lisci, equidimensionali - tabulari, di dimensioni fino alla sabbia grossolana, frequenti lamine di mica, subangolari, ondulate, tabulari, di dimensioni fino alla sabbia fine; materiale fine costituito da una massa di argilla, limo e ossidi di ferro, bruno giallastra, nebulosa - a mosaico, con *b-fabric* cristallitica; limite *c/f* 10  $\mu\text{m}$ , rapporto *c/f* 45/55, distribuzione relativa *c/f* porfirica. Costituenti Organici: resti vegetali parzialmente decomposti, concentrati nella parte superiore della sezione sottile. Figure Pedologiche: amorfie scarsi noduli di Fe-Mn, tipici, di dimensioni fino alla sabbia grossolana, scarse impregnazioni di Fe-Mn.

**Bw2 - Microstruttura e Porosità:** microstruttura *subangular blocky*; comuni *planes* a lume dalla dimensione massima della sabbia fine - media, rari canali a lume dalla dimensione massima della sabbia media; presenza di aggregati arrotondati a matrice argillosa rossastra. Massa di Fondo: materiale grossolano costituito da comuni grani di quarzo, subarrotondati, lisci, equidimensionali - tabulari, di dimensioni fino alla sabbia grossolana, frequenti lamine di mica, subangolari, ondulate, tabulari, di dimensioni fino alla sabbia fine, rari frammenti di selce subarrotondati, ruvidi, tabulari, con tracce di alterazione superficiale di dimensioni fino alla ghiaia; materiale fine costituito da una massa di argilla, limo e ossidi di ferro, rosso giallastra, opaca - nebulosa, con *b-fabric* cristallitica - a mosaico; limite *c/f* 10  $\mu\text{m}$ , rapporto *c/f* 45/55, distribuzione relativa *c/f* porfirica a spazio da singolo a doppio. Figure Pedologiche: tessiturali, rari frammenti arrotondati di rivestimenti di argilla rosso giallastri; amorfie scarsi noduli di Fe-Mn, tipici, di dimensioni fino alla sabbia grossolana, scarse impregnazioni di Fe-Mn.

**2Bt1 - Microstruttura e Porosità:** microstruttura *subangular blocky*, crack all'interno dei poliedri; comuni *planes* a lume dalla dimensione massima della sabbia fine - media, rari canali e camere a lume dalla dimensione massima della sabbia. Massa di Fondo: materiale grossolano costituito da scarsi grani di quarzo, subarrotondati, lisci, equidimensionali - tabulari, di dimensioni fino alla sabbia fine, rare lamine di mica, subangolari, ondulate, tabulari di dimensioni fino alla sabbia fine, rari frammenti di selce di dimensioni fino alla ghiaia; materiale fine costituito da una massa di argilla ossidi di ferro, rossa, opaca a *b-fabric* maculata - reticolare striata; limite *c/f* 2  $\mu\text{m}$ , rapporto *c/f* 25/75, distribuzione relativa *c/f* porfirica a spazio aperto. Figure Pedologiche: tessiturali, rari rivestimenti di argilla, rosso giallastri, non continui, tipici, sottili, sulla superficie dei vuoti, rari frammenti arrotondati di rivestimenti di argilla rossi; amorfie scarsi noduli di Fe-Mn, tipici, di dimensioni fino alla sabbia grossolana.

**2Bt2 - Microstruttura e Porosità:** microstruttura *subangular blocky*, crack all'interno dei poliedri; comuni *planes* a lume dalla dimensione massima della sabbia fine - media, rari canali e camere a lume dalla dimensione massima della sabbia grossolana. Massa di Fondo: materiale grossolano costituito da scarsi grani di quarzo, subarrotondati, lisci, equidimensionali - tabulari, di dimensioni fino alla sabbia fine, rare lamine di mica, subangolari, ondulate, tabulari di dimensioni fino alla sabbia fine, rari frammenti di selce di dimensioni fino alla ghiaia; materiale fine costituito da una massa di argilla ossidi di ferro, rossa, opaca a *b-fabric* maculata - reticolare striata; limite *c/f* 2  $\mu\text{m}$ , rapporto *c/f* 20/80, distribuzione relativa *c/f* porfirica a spazio aperto. Figure Pedologiche: tessiturali, rari rivestimenti di argilla, rosso giallastri, non continui, tipici, sottili, sulla superficie dei vuoti; amorfie scarsi noduli di Fe-Mn, tipici, di dimensioni fino alla sabbia grossolana.

## RINGRAZIAMENTI

Il nostro primo ringraziamento va a Mauro Cremaschi: senza il suo aiuto, il suo incitamento e soprattutto senza il suo insegnamento questo lavoro non sarebbe esistito.

Quindi vorremmo esprimere la nostra gratitudine a Lucas Vanmechelen che ha stimolato il nostro interesse verso i problemi di contaminazione eolica delle Terre Rosse italiane.

Un sentito ringraziamento va ai referees Stefano Carnicelli e Pierluigi Pieruccini, che, con le loro osservazioni, ci hanno invitato ad ampliare le nostre vedute sul problema in esame, permettendoci di migliorare la qualità dell'articolo.

Infine un ringraziamento speciale va a Pietro Mario Rossi, direttore del Centro di Studio per la Geodinamica Alpina e Quaternaria di Milano, per l'incoraggiamento ed il supporto fornitici.

## BIBLIOGRAFIA

- Arduino E., Barberis E., Carraro F. e Forno M.G. (1984). *Estimating Relative Ages from Iron-Oxide / Total Iron Ratios of Soils in the Western Po Valley, Italy*. *Geoderma*, **33**: 39-52.

- Avery B.W. e Bascomb C. L. [ed.] (1974). *Soil Survey Laboratory Methods*. Soil Survey Technical Monograph, **6**, Harpenden.
- Bresson L.M. (1974). *A Study of Integrated Microscopy: Rubefaction Under Wet Temperate Climate in Comparison with Mediterranean Rubefaction*. In: Rutherford G.K. [ed.], *Soil Microscopy*, pp. 526-541. The Limestone Press, Kingston.
- Brewer R. (1964). *Fabric and Mineral Analysis of Soils*. John Wiley and Sons, New York.
- Bullock P., Fedoroff N., Jongerius A., Stoops G., Tursina T. e Babel C. (1985). *Handbook for Soil Thin Section Description*. Wayne Research Publication, Albrington.
- Busacca A.J. (1982). *Geologic History and Soil Development, Northeastern Sacramento Valley, California*. Ph.D. Dissertation, University of California, Davis.
- Busacca A. e Cremaschi M. (1998). *The role of time versus climate in the formation of deep soils of the Appennine fringe of the Po valley, Italy*. *Quaternary International*, **51/52**: 95-107.
- Busacca A.J. e Singer M.J. [eds.] (1989). *Pedogenesis of a Chronosequence in the Sacramento Valley, California, USA, II. Elemental Chemistry of Silt Fractions*. *Geoderma*, **44**: 43-75.
- Busacca A.J., Singer M.J. e Verosub K.L. (1988). *Late Cenozoic Stratigraphy of the Feather and Yuba Rivers Area, California, with a Section on Soil Development in Mixed Alluvium at Honcut Creek*. U.S. Geological Survey Bulletin, 1590-G.
- Chardon M. (1975). *Les Préalpes Lombardes et Leurs Bordures*. Librairie Champion, Paris.
- Cremaschi M. (1978). *Unità Litostratigrafiche e Pedostratigrafiche nei Terreni Quaternari Pedoappenninici; Loess e Paleosuoli tra il Fiume Taro e il Torrente Sillaro*. *Geografia Fisica e Dinamica del Quaternario*, **1**: 4-22.
- Cremaschi M. (1987). *Paleosols and Vetusols in the Central Po Plain (Northern Italy): a study in Quaternary Geology and Soil Development*. Unicoply, Milano.
- Cremaschi M. (1991). *Paleosuoli*. In: Cremaschi M. e Rodolfi G. [ed.], *Il Suolo*, pp. 283-317. Nuova Italia Scientifica, Roma.
- Cremaschi M. (1992). *La Penisola Italiana nel Quaternario: Aspetti Geologici e Geoarcheologici*. In: Guidi A. e Piperno M [ed.], *Preistoria d'Italia*, pp. 15-39. Laterza, Bari.
- Cremaschi M. e Busacca A. (1994). *Deep soils on stable or slowly aggrading surfaces: time versus climate as soil-forming Factors*. *Geografia Fisica e Dinamica Quaternaria*, **17**: 19-28.
- Cremaschi M. e Ginesu S. (1990). *Morfogenesi e Pedogenesi Tardo Terziaria e Pleistocenica Antica nella Nurra Occidentale (Sardegna). Nota Preliminare*. *Geografia Fisica e Dinamica Quaternaria*, **13**: 81-82.
- Curioni G. (1877). *Geologia Applicata delle Province Lombarde*. Milano.
- Duchauffour Ph. (1983). *Pédologie 1: Pédogenèse et Classification*. Masson, Paris.
- Fedoroff N. (1997). *Clay Illuviation in Red Mediterranean Soils*. *Catena*, **28**: 171-189.
- Frolking T.A., Jackson M.L. e Knox J.C. (1983). *Origin of Red Clay over Dolomite in the Loess-Covered Wisconsin Driftless Uplands*. *Soil Science Society American Journal*, **47**: 817-820.
- Gale S.J. e Hoare P.G. (1991). *Quaternary Sediments*. Belhaven Press, London.
- Hodgson J.M. [ed.] 1976. *Soil Survey Field Handbook. Describing and Sampling Soil Profiles*. Soil Survey Technical Monograph, **5**, Harpenden.
- Macleod D.A. (1980). *The Origin of the Red Mediterranean Soils in Epirus, Greece*. *Journal of Soil Science*, **31**: 125-136.
- Magaldi D., Angeli A., Bidini D., Brandini P.G. e Magazzini P. (1985). *I Suoli dell'Alveo del Lago di Bientina e delle Colline a Sud-Ovest di Massarella nella Bassa Valle dell'Arno: Genesi, Cartografia, Problemi d'Uso*. *Annali Istituto Sperimentale Studio e Difesa del Suolo*, **16**: 29-104.
- Magaldi D. e Bidini D. (1991). *Microscopic and Submicroscopic Characterization of a Well Developed Plinthite in a Buried Middle Pleistocene Soil in Northern Tuscany (Italy)*. *Quaderni di Scienza del Suolo*, **III**: 31-44.
- Molinarioli E., Guerzoni S. e Rampazzo G. (1993). *Contribution of Saharan Dust to the Central Mediterranean Basin*. In: Johnsson M.J. e Basu A. [ed.], *Processes Controlling the Composition of Clastic Sediments*, Geological Society of America, Special Paper **284**: 303-312.
- Mücher H.J., Carballas J., Guitian Ojea F., Jongerius P.D., Kroonenberg S.B. e Villar M.C. (1972). *Micromorphological Analysis of Effects of Alternating Phases Landscape Stability on Two Profiles in Galicia, North West Spain*. *Geoderma*, **8**: 241-266.
- Munsell® (1994). *Soil Color Charts. 1994 Revised Edition*. Munsell® Color, New Windsor.
- Olson C.G., Ruhe R.V. e Mausbach M.J. (1980). *The Terra Rossa Limestone Contact Phenomena in Karst, Southern Indiana*. *Soil Science Society American Journal*, **44**: 1075-1079.
- Rhodes E.R. e Sutton P.N. (1978). *Active Iron ratio of Some Soils from Three Physiographic Units in Sierra Leone*. *Soil Science*, **125**: 326-328
- Soil Survey Staff (1990). *Keys to Soil Taxonomy*. SMSS Technical Monograph 19, Virginia Polytechnic Institute and State University.
- Torrent J., Schwertmann U. e Schulze D.J. (1980). *Iron Oxide Mineralogy of Some Soils of Two River Terrace Sequences in Spain*. *Geoderma*, **23**: 191-208.
- Trombino L. (1998). *Il Suolo come Memoria Storica dei Mutamenti Paleoambientali. Genesi e Significato Paleoclimatico delle "Terre Rosse" Plio - Pleistoceniche*. Tesi di Dottorato di Ricerca in Scienze Naturalistiche e Ambientali. Milano.
- Vanmechelen L., Van Ranst E., Baert G. e Aru A. (1993). *Eolian Influence in Terra Rossa Soils Overlying Dolomite in Southwest Sardinia, Italy*. *Quaderni di Scienza del Suolo*, **V**: 59-73.
- Venzo S. (1965). *Rilevamento geologico dell'Anfiteatro Morenico Frontale del Garda, dal Chiese all'Adige*. Memorie della Società Italiana di Scienze Naturali e del Museo Civico di Storia Naturale di Milano, XIV, I.
- Vidic N. (1994). *Pedogenesis and Soil Age Relationships of Soils on Glacial Outwash Terraces in the Ljubljana Basin*. Ph.D. Thesis. University of Colorado.
- Yaalon D.H. (1997). *Soils in the Mediterranean Region: What Makes them Different*. *Catena*, **28**: 157-169.
- Zippe F.X.M. (1853). *Über die Grotten und Höhlen von Adelsberg, Lueg, Planina und Laas*. Wien.

Ms. ricevuto marzo 2002

Ms. received: March 2002