

Analisi sedimentologica e micromorfologica delle unità epigravettiane di Riparo Cogola – Carbonare di Folgaria (Trento)[§]

Michele BASSETTI¹*, Francesca FERRARO² & Marco PERESANI³

¹ CORA Ricerche Archeologiche S.n.c., loc. Spini di Gardolo, 75, 38014 Trento, Italia

² Dipartimento di Scienze della Terra “A. Desio”, Via Mangiagalli, 34, 20133 Milano, Italia

³ Università di Ferrara, Dipartimento di Biologia ed Evoluzione, Sezione di Paleobiologia, Preistoria e Antropologia, Corso Ercole I d’Este 32, 44100 Ferrara, Italia

* E-mail dell’Autore per la corrispondenza: michele@coraricerche.com

RIASSUNTO - *Analisi sedimentologica e micromorfologica delle unità epigravettiane di Riparo Cogola – Carbonare di Folgaria (Trento)* - Questo lavoro presenta i risultati dello studio geoarcheologico dei suoli d’abitato epigravettiani datati al Dryas recente (US 19) e al Preboreale (US 18) di Riparo Cogola. Sono state condotte analisi fisiche e chimiche di routine, determinazioni mineralogiche e analisi micromorfologiche che evidenziano processi di formazione complessi, caratterizzati dall’intervento di fattori sedimentari, pedogenici e antropogenici a intensità e modalità variabili nello spazio e nel tempo. L’interpretazione suggerisce una sequenza di eventi a carattere ciclico che hanno comportato: 1) distacchi e alterazioni crioclastiche limitati alle fasi di abbandono del riparo con seppellimento dei livelli antropici precedenti; 2) apporto progressivo di sedimento alloctono ad opera del calpestio sulle superfici d’uso e genesi di microstruttura lamellare associata a porosità vescicolare organizzata planarmente, conseguenti al calpestio e ai cicli di gelo-disgelo post-deposizionali; 3) aggradazione dei suoli d’abitato con abbandono di manufatti litici e resti faunistici ad assetto orizzontale che hanno subito fratturazione *in situ*, abbondante sostanza organica, carboni; 4) evoluzione dei suoli d’abitato determinata dallo sviluppo dell’attività di lombrichi contemporanea alla frequentazione antropica, che ha favorito la rapida umificazione e l’incorporazione della sostanza organica nella matrice; la dissoluzione dei carbonati e la conseguente precipitazione di sparite, comuni a tutta la sequenza stratigrafica, sono da attribuire principalmente all’effetto di acidi umici prodotti nell’orizzonte superficiale della sequenza del riparo; 5) incipiente azione criologica postdeposizionale con verticalizzazioni e sollevamento di clasti e, prevalentemente nelle fasi di abbandono del riparo, genesi di una microstruttura lamellare ereditata dall’attività di calpestio.

SUMMARY - *Sedimentologic and micromorphologic analysis of epigravettian units of Riparo Cogola – Carbonare di Folgaria (Trento)* - This work presents the results of the geoarchaeological study carried out on the epigravettian anthropogenic soils dated to the Younger Dryas (unit 19) and to the Preboreal (unit 18) of Riparo Cogola. Routine analyses, mineralogical determinations and micromorphological analyses have been carried out. Results suggest how the formation processes were complex and involved sedimentary, pedological and anthropological factors that acted at variable degree in time and space. Several events occurred repeatedly, revealing cyclicity in the formation of the sequence: 1) production of frost slabs which buried the anthropic levels in periods when the shelter was uninhabited; 2) progressive input of non local sediment due to human trampling and generation of platy microstructure associated to vesicular porosity with planar arrangement in consequence of trampling and of post-depositional freezing-thawing cycles; 3) aggradation of anthropogenic soils with discarded lithic artefacts and faunal remains horizontally arranged and frequently fractured at place, abundant organic matter, charred wood fragments; 4) evolution of these soils, as also indicated by earth-worm activity in concomitance with the human frequentation that favoured humification and incorporation of organic matter in the soil groundmass; the dissolution of carbonates and the consequent precipitation of sparitic calcite that have been recorded along the whole sequence are mostly imputable to the effects produced by humic acids dispersed from the horizon at the sequence top of the shelter; 5) incipient post-depositional frost action that uplifted and re-arranged stones and, mostly when the shelter was uninhabited, generated platy microstructure inherited by trampling activity.

Parole chiave: Altopiano di Folgaria, Riparo Cogola, Epigravettiano, sedimentologia, micromorfologia del suolo, superfici d’abitato

Key words: Folgaria Plateau, Riparo Cogola, Epigravettian, sedimentology, soil micromorphology, living-floors

[§] Il paragrafo 1. PRESENTAZIONE è stato scritto da M. Bassetti; il 2.1. *Descrizione stratigrafica di terreno* da M. Bassetti e M. Peresani; il 2.2. *Analisi granulometriche e risultati* e il 2.3. *Analisi chimiche e risultati* da M. Bassetti; il 2.4. *Determinazione dei minerali pesanti* da F. Ferraro; il 3. ANALISI MICROMORFOLOGICA da M. Bassetti e M. Peresani; il 4. CONSIDERAZIONI da M. Bassetti, F. Ferraro e M. Peresani.

1. PRESENTAZIONE

Individuato nel 1998 in un'area sottoposta a lavori di sbancamento, Riparo Cogola è stato oggetto di due campagne di scavo nel 1999 e nel 2002, condotte dalla Sezione di Paleontologia Umana e Preistoria del Museo Tridentino di Scienze Naturali di Trento, sotto la direzione scientifica del dott. Giampaolo Dalmeri. I lavori, che ne hanno messo in luce la sequenza stratigrafica tardoglaciale e olocenica antica su un'areale massimo di circa 13 m², hanno rilevato l'esistenza di più suoli d'abitato in ottimo stato di conservazione. Ad esempio, quello epigravettiano riferibile all'unità antropica più antica (US 19) datata radiometricamente al Dryas recente (Dalmeri 2005), caratterizzata da un'elevata concentrazione di manufatti litici e resti faunistici.

Il presente contributo ha come obiettivo la ricostruzione dei processi di formazione sin- e post-deposizionali della sequenza pedo-sedimentaria attraverso analisi di *routine* e mineralogiche e, nello specifico per le unità epigravettiane (UUSS 18-19), attraverso analisi micromorfologiche che vengono a integrare l'interpretazione preliminare proposta in un precedente studio (Bassetti *et al.* 2004).

Riparo Cogola si trova sull'Altipiano di Folgaria, propaggine settentrionale dell'Altopiano dei Sette Comuni, alla quota di 1070 metri s.l.m. in località Pragrande a breve distanza dall'abitato di Carbonare di Folgaria (TN), nei pressi della dorsale che divide i bacini imbriferi dei torrenti Astico e Centa. La zona antistante al sito si configura come un ripiano morfostrutturale limitato a occidente dalla scarpata di erosione alla testata della Valdastico.

Il riparo sottoroccia è esposto a est e si estende in direzione N-S con aggetto massimo di circa 3 metri, modellato su una bancata di Rosso Ammonitico Veronese (Malm p.p. e Dogger p.p.), orientata da N-S a NNE-SSW (Fig. 1). Di questa formazione affiora alla base la porzione intermedia (Barbieri 1995) per uno spessore di circa 1 metro, rappresentata da calcari rosa-ti fittamente stratificati privi di nodularità e contenenti rostri di belemniti, con letti decimetrici di selce rossa separati da interstrati argillosi. A questa si sovrappone il membro superiore, costituito dalla *facies* tipica a calcari nodulari rossastrati e ammoniti. La morfogenesi del riparo è riconducibile a processi di erosione differenziale, in particolare alla degradazione crioclastica associata a fenomeni più limitati di corrosione chimica, che hanno agito maggiormente sulla sequenza selcifera, in quanto più sensibile alla gelifrazione.

Il riparo è stato anche oggetto di insediamento in età storica, del quale rimangono alcuni lacerti murari e reperti databili dal XV al XVII secolo.



Fig. 1 - Il Riparo Cogola visto da sud (arch. MTSN).

Fig. 1 - View of the Riparo Cogola from the South (arch. MTSN).

Dopo i recenti lavori di sbancamento con mezzo meccanico, la sequenza stratigrafica completa si è conservata solo in corrispondenza del limite settentrionale di scavo (sezione 1) (Fig. 2) (Pasquali & Dalmeri 2000). In particolare, l'US 19 si è preservata su una superficie di 9 m² e l'US 18 di 7 m² (Dalmeri 2005).

La base del riparo è rilevata di oltre due metri rispetto all'area antistante, subpianeggiante, posta a W. Pertanto, le condizioni geomorfologiche che possono aver favorito un apporto alloctono nel riparo sono soddisfatte solo da un modesto corpo detritico-colluviale posto ai piedi della parete rocciosa meridionale, recentemente asportato dallo sbancamento.

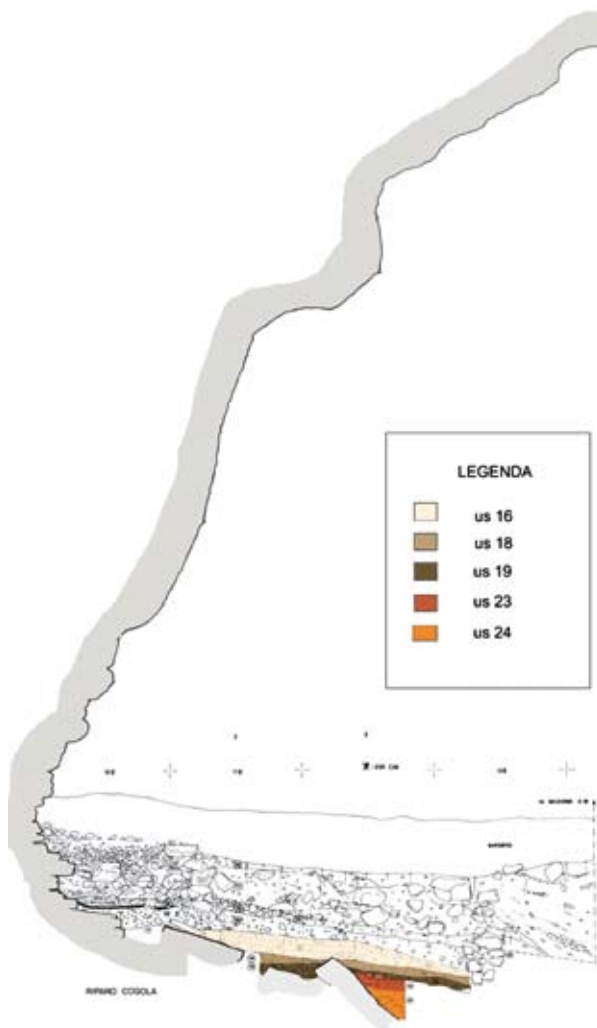


Fig. 2 - Sezione 1 di direzione E-W (da Dalmeri 2005, modificata).

Fig. 2 - Section 1, direction E-W (from Dalmeri 2005, modified).



Fig. 3 - Particolare di US 25 (foto di M. Bassetti).

Fig. 3 - Detail of unit 25 (photo by M. Bassetti).

2. LO STUDIO DELLA SUCCESSIONE PEDO-SEDIMENTARIA

2.1. Descrizione stratigrafica di terreno

Presentate in un precedente contributo (Bassetti *et al.* 2005), le unità pedostratigrafiche in oggetto sono state descritte seguendo i dettami proposti da Sanesi (1977), con codifica dei colori determinati a umido mediante *Munsell® Soil Color Charts* (MUNSELL® COLOR 1954) e utilizzo della simbologia desunta dai criteri della *Soil Taxonomy* (Soil Survey Staff 2003). Il deposito è una breccia calcarea a prevalente supporto di matrice, solo localmente a supporto clastico, lentiforme ad andamento planare e leggera immersione verso l'esterno dell'aggetto.

Sono state individuate tre sequenze pedostratigrafiche. Dall'alto verso il basso, sotto le "Unità di età rinascimentale" – UER (UUSS 11, 12, 13, 14 e 15), si sviluppa il complesso denominato "Unità antropizzate del Preboreale" – UAP, comprendente due *sequa* rappresentati dalle UUSS 16 e 18. Tali unità sono state suddivise rispettivamente in tre e due sottounità dello spessore variabile da 4 a 9 cm, continue su tutta la superficie investigata. US 16 (or. 3Ahca1-3) ha spessore variabile da 13 a 17 cm, matrice franco limosa, colore 10YR 3/2-1, frequente scheletro calcareo autoctono a clasti di pezzatura da 1 a 3 cm, da angolari a subarrotondati aventi superfici corrose chimicamente, aggregazione poliedrica subangolare fine moderatamente sviluppata. US 18 (or. 4Ahca1) ha spessore variabile da 4 a 9 cm, matrice franco limosa, colore 10YR 2/1, scheletro calcareo autoctono da angolare a subarrotondato con superfici corrose chimicamente. Il limite superiore è caratterizzato da piccole lenti millimetriche abbastanza circoscritte di limi alloctoni micacei (sedimenti tipo *loess*) e da un aumento dello scheletro (fino al 40%) costituito da minuti clasti disposti orizzontalmente. US 25 è limitata ad una fascia larga pochi decimetri a ridosso della parete rocciosa e non definisce rapporti stratigrafici con le altre unità (Fig. 3). La datazione ^{14}C ne indicherebbe la correlazione con il *sequum* relativo a US 18 (Tab. 1). Si tratta di una breccia calcarea autoctona stratificata dello spessore di circa 15 cm, costituita dalla ripetuta alternanza di livelli centimetrici a supporto clastico contenenti frammenti di calcite planare minuti con livelli a supporto di matrice limosa costituita da calcite con aggregazione granulare. La sottostante US 19 rappresenta la base della sequenza antropica di riempimento ("Unità fortemente antropizzate del Dryas recente" – UADR), in cui era conservato un suolo di abitato che bene documenta processi di formazione prevalentemente condi-

Tab. 1 - Datazioni ^{14}C dei depositi di Riparo Cogola.

Tab. 1 - Radiocarbon dates of Riparo Cogola.

US	N° Lab	Anni ^{14}C BP ¹	Anni cal. B.P. ²	Cronostratigrafia ³	Attribuzione culturale
16	UtC 9284	9430±60	10.503-11.066		Sauvetteriano antico
18	UtC 9285	9820±60	11.141-11.390	Preboreale	
25	KiA 203425 ⁴	10.097±41	11.404-11.966		Epigravettiano recente
19	UtC 9286	10.380±70	12.001-12.613		
19	UtC 9287	10.640±60	12.402-12.826	Dryas recente	

¹ Le età sono espresse in anni BP (*Before Present*, dove *present*= 1950).

² Le età radiocarbonio presenti nel testo sono state calibrate usando il programma CALIB 5.0.1 di Reimer *et al.* 2005, con deviazione standard di 2 sigma. Le seguenti datazioni sono già state pubblicate in Dalmeri (2004) calibrate con il programma CALIB4 con deviazione standard di 1 sigma.

³ Le unità cronostratigrafiche, geocronologiche e climatostratigrafiche adottate nell'esposizione si riferiscono alle suddivisioni definite in Ravazzi (2003).

⁴ Questa data viene pubblicata per la prima volta.

zionati dall'attività umana. L'unità sottende un *solum* suddiviso in due sottounità indicate come tetto US 19 (or. 5Ah) e letto US 19 (or. 5B), di spessore rispettivamente pari a 5 e 7 cm. I caratteri di terreno mostrano forte arricchimento in sostanza organica della matrice, aggregazione poliedrica ben sviluppata, abbondanti carboni, resti faunistici e industria litica. La matrice è franco limosa, colore 10YR 2/1 -7.5YR 3/4, lo scheletro calcareo autoctono con superfici corrose è frequente, abbondante al letto, minuto, subangolare, subarrotondato. US 19 copre direttamente le "brecce basali" – BB, a supporto elastico, costituite da clasti minuti-medi, calcarei, con superfici leggermente corrose (UUSS 23 e 24). US 23 (6B1) ha spessore di circa 10 cm e matrice franco limosa, 7.5YR 3/2. Passa, con limite chiaro e graduale, a US 24 (6B2). L'unità è spessa oltre 30 cm ed è costituita da matrice limoso-argillosa, 7.5YR 4/3. Appoggia su un regolite a grandi blocchi selciferi, tabulari, spigolosi.

Al fine di identificare gli apporti esterni nella successione sedimentaria, sono stati effettuati la descrizione di un profilo pedologico del suolo ubicato a circa 10 metri di distanza dalla parete del riparo verso W e il prelevamento di due campioni di confronto dagli orizzonti Bt e 2AB per le analisi dei minerali pesanti (Fig 4). Il suolo rientra nella classe dei "suoli bruni lisciviati" (*Luvisols*) (FAO-UNESCO 2006, Sartori *et al.* 1997) e presenta le seguenti caratteristiche dal piano di campagna verso il basso:

- or. A, 0-7 cm, poco umido, franco limoso, 7.5YR 3/1 (*very dark brown*), scheletro calcareo e siliceo autoctono comune, minuto subangolare; aggregazione poliedrica subangolare molto fine, bene sviluppata; friabile (umido); limite inferiore lineare abrupto a:
- or. Bt, (Campione 2), 7-15 cm, poco umido, franco limoso, 7.5YR 3/4 (*dark brown*), scheletro cal-



Fig. 4 - Profilo pedologico della parete sud del sondaggio effettuato all'esterno del riparo (foto di M. Bassetti).

Fig. 4 - Southern side of the soil profile outside the shelter (photo by M. Bassetti).

careo e siliceo autoctono comune, minuto subangolare; aggregazione poliedrica subangolare fine, bene sviluppata; friabile (umido); limite inferiore lineare graduale a:

- or. 2AB, (Campione 1), nel testo denominato "paleosuolo". 15-28 cm, poco umido, franco limoso, 7.5YR 3/2 (*dark brown*), scheletro calcareo e siliceo autoctono comune, minuto subangolare; aggregazione poliedrica subangolare fine, bene sviluppata; friabile (umido).

2.2. Analisi granulometriche e risultati¹

I metodi analitici impiegati sono quelli indicati dalla Società Italiana di Scienza del Suolo (S.I.S.S. 1985)

¹ Le analisi sono state effettuate presso il laboratorio CORA Ricerche Archeologiche s.n.c. dal tecnico dott. A. Rizzonelli.

Tab. 2 - Risultati delle analisi granulometriche.
 Tab. 2 - Results of textural analyses.

Camp. US	Argilla	Limo		Sabbia		Tot. sabbia	Tessitura
	<2 µm	2-62,5 µm	62,5-250 µm	250-500 µm	500-2000 µm		
13	8	44,5	9,5	10,2	27,8	47,5	franco sabbioso
14	6	53,5	10,0	7,2	23,3	40,5	franco limoso
15	12	59,0	15,5	7,2	6,3	29,0	franco limoso
16	14	53,7	16,5	4,8	10,6	31,9	franco limoso
18-19	16	54,9	14,5	5,6	9,0	29,1	franco limoso
19	16	53,2	15,5	5,0	10,1	30,6	franco limoso

e dal Ministero dell’Agricoltura e Foreste (Approvazione dei “Metodi ufficiali di analisi chimica del suolo”, D.M. 11 maggio 1992, Gazzetta Ufficiale del 25 maggio 1992). La determinazione della granulometria è stata effettuata a mezzo di setacciatura meccanica per le frazioni comprese tra 2000 e 62,5 µ (sabbia) e con l’idrometro di Bouyoucos (ASTM 152H) per le frazioni inferiori a 62,5 µ (limo e argilla). Sono stati prelevati 6 campioni per le analisi granulometriche dalla sezione 1.

I dati analitici mostrano una tessitura complessivamente omogenea, franco limosa e franco sabbiosa (US 13) (Tab. 2) (Fig. 5). Le US 16 e 19 mostrano una distribuzione granulometrica bimodale con maggiori frequenze nel campo del limo medio (da 5 a 6 φ) e dei clasti medio fini (da -3 a -4 φ), mentre US 18 mostra una tendenza seppur debole alla plurimodalità con aumento della sabbia fine (figura a istogrammi, curva cumulativa, istogramma complessivo) (Fig 6). In US 16 e

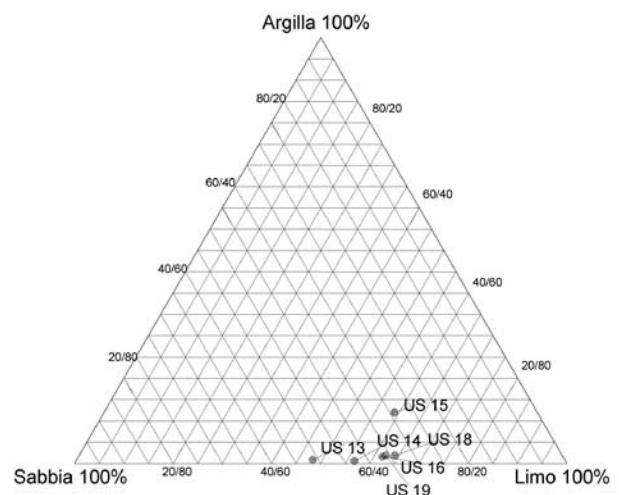


Fig. 5 - Distribuzione dei valori tessiturali per le UUSS 13-16 e 18-19.

Fig. 5 - Texture of units 13-16 and 18-19.

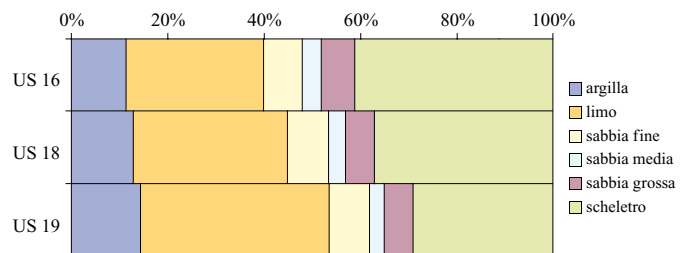
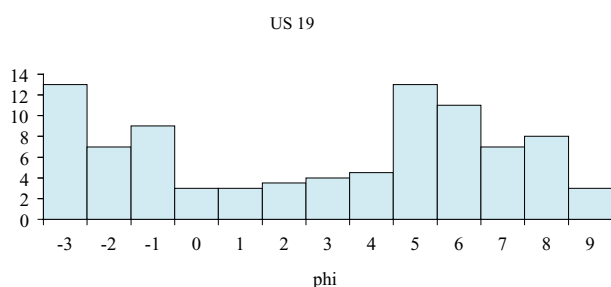
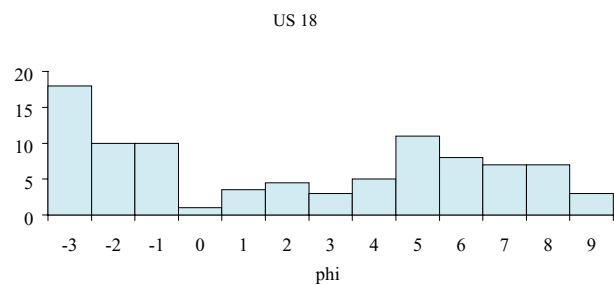
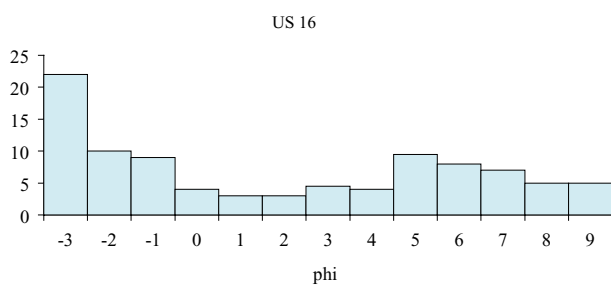


Fig. 6 - Distribuzione delle frequenze delle classi granulometriche dei campioni delle UUSS 16, 18, 19.

Fig. 6 - Grain size distribution of samples taken from units 16, 18, 19.

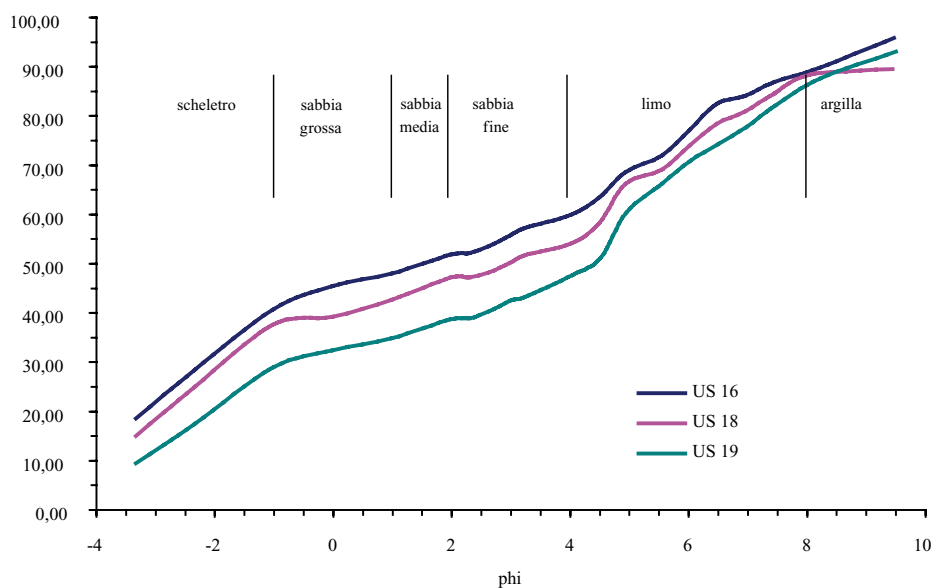


Fig. 7 - Curva cumulativa delle tessiture delle UUSS 16, 18, 19.

Fig. 7 - Textural cumulative curves of units 16, 18, 19.

18 il diametro medio ($D_m = \phi_{16} + \phi_{50} + \phi_{84}/3$), ricade al limite tra la sabbia media e la sabbia fine ($D_m = 1,90$ e $1,93 \phi$), mentre in US 19 in quello tra la sabbia fine e molto fine ($D_m = 3,02 \phi$). Tutte le unità mostrano il medesimo selezionamento ($\sigma_1 = (\phi_{84} - \phi_{16})/4 + (\phi_{95} - \phi_5)/6,6$) classificabile come estremamente poco selezionato e compreso tra $\sigma_1 = 4,72$ (US 19), $\sigma_1 = 4,81$ (US 16) e $\sigma_1 = 4,82$ (US 18) (Fig. 7).

2.3. Analisi chimiche e risultati²

I campioni per le analisi chimiche sono stati prelevati dalla sezione 1. Sulla frazione fine (<0,5 mm) del sedimento sono state effettuate le seguenti operazioni: la misura del pH in H₂O per via potenziometrica (rapporto 1:2,5); la determinazione del calcare totale con calcimetro Dietrich-Frühling; la determinazione del carbonio organico con il metodo Walkley e Black (ossidazione con potassio bicromato) e il conseguente calcolo del tenore in sostanza organica dedotto moltiplicando il valore del carbonio per un fattore empirico (1,72); la determinazione dell'azoto totale con metodo Kjeldhal, del fosforo, del potassio, del ferro e del manganese totali con metodo per ICP-OES previa estrazione in acqua regia.

I risultati delle analisi chimiche sono riportati in tabella 3 e in Figura 8. La percentuale di carbonato

è sempre superiore al 50% con un massimo in US 15 (82,5%). I valori del pH forniscono un carattere alcalino all'intera sequenza esaminata. La variazione di frequenza del carbonato lungo la successione mostra il particolare andamento antitetico rispetto alla variazione del tenore in sostanza organica, che presenta due oscillazioni con massimi in US 14 e US 18 e minimo assoluto in US 15. Questa alternanza suggerisce l'attivazione di cicli pedogenetici comportanti l'arricchimento di humus superficiale e il conseguente processo di decalcificazione. L'accumulo di sostanza organica indicherebbe due fasi pedogeniche nella sequenza di UUSS 18 e 19 e almeno altre due più recenti, relative all'insieme delle unità 14, 15 e 16.

Il rapporto C/N indica una forma abbastanza avanzata di decomposizione della sostanza organica, attestandosi attorno al valore di 19,40 nelle UUSS 18 e 19, mentre aumenta leggermente in US 16. Il processo di umificazione è più evoluto nella porzione recente della sequenza, con un massimo in US 13 (C/N= 12). L'elevato tenore in fosforo (> 0,6%), sia in US 16 che in US 19, è riconducibile all'attività antropica e alla conseguente trasformazione pedogenica di residui animali e vegetali. Il manganese si mantiene con valori elevati a indicare condizioni di non completa areazione e drenaggio. L'alta percentuale di ferro nella parte inferiore della sequenza (UUSS 18 e 19) viene posta in relazione con la formazione di complessi organici riconducibili a processi di umificazione negli orizzonti superficiali. Infine, l'elevato tenore in sodio e potassio, ioni notoriamente molto mobili, è indicativo di uno scarso drenaggio e dell'intensa attività antropica, responsabile in particolare dell'arricchimento in potassio dovuto alla combustione di vegetali.

² Le analisi sono state effettuate dal tecnico dott. A. Rizzonelli presso il laboratorio CORA Ricerche Archeologiche s.n.c., Spini di Gardolo, 75 (TN). Le determinazioni di Ntot, Ptot, Natot, Ktot, Fetot e Mntot sono state effettuate presso il laboratorio di Analisi e Ricerche dell'Istituto Agrario di San Michele all'Adige, via E. Mach, 1, San Michele all'Adige (TN).

Tab. 3 - Risultati delle analisi chimiche.

Tab. 3 - Results of chemical analyses.

Camp. US	% CaCO ₃	pH (1:2,5 H ₂ O)	Sost. org. %	% C org	% N tot	C/N	P tot (g kg ⁻¹)	Na tot (mg kg ⁻¹)	K tot (g kg ⁻¹)	Fe tot (g kg ⁻¹)	Mn tot (mg kg ⁻¹)
13	54,2	7,87	2,9	1,68	0,14	12,00				8,1	
14	60,5	8,42	5,0	2,91	0,17	17,12				6,9	
15	82,5	8,03	1,9	1,10	0,08	13,75				6,1	
16	64,8	8,09	4,3	2,50	0,12	20,83	6,18	260	3,13	11,7	1130
18	54,2	8,02	5,0	2,91	0,15	19,40				19,0	
19	58,2	8,04	4,0	2,33	0,12	19,42	6,37	240	2,93	15,6	1010

2.4. Determinazione dei minerali pesanti

Dopo aver prelevato sei campioni dalla sezione 1 e due campioni dal suolo bruno esterno al riparo, si è proceduto all'estrazione dei minerali pesanti dalla frazione sabbiosa fine (180-63 µm), previa rimozione dei carbonati mediante acido cloridrico (HCl) al 18% e degli ossidi di ferro tramite bollitura in una soluzione di acido ossalico (COOH-HOOC), in presenza di alluminio come catalizzatore (Parfenoff *et al.* 1970; Cremaschi & Rodolfi 1991; Mange & Maurer 1992). Per la separazione è stato utilizzato come liquido pesante il metatungstato di sodio (Na₆O₃₉W₁₂·H₂O), preparato ad una densità di 2,85 g cm⁻³. I grani sono stati quindi montati su vetrino, con il Balsamo del Canada come resina, per la loro successiva determinazione al microscopio petrografico secondo i criteri esposti in Parfenoff *et al.* (1970) e Mange & Maurer (1992), conteggiando 150 granuli trasparenti per campione.

2.4.1. Risultati

La composizione dei minerali pesanti (Tab. 4, Figg. 9-10) mostra delle variazioni lungo la successione stratigrafica, che appaiono più marcate tra la parte inferiore e quella superiore.

Sulla base del rapporto tra specie trasparenti e opache (Fig. 9, Tab. 4) e dell'assemblaggio delle specie trasparenti (Fig. 10, Tab. 4), la successione può essere suddivisa in quattro porzioni con andamenti differenti; dal basso, si riconoscono:

- US 19: predominano gli ZTR (zirconio, tormalina e ossidi di titanio) (30,6%), seguiti dai pirosseni (22,0%); gli anfibioli rappresentano quasi il 20%, con una lieve prevalenza delle specie brune; i granati sono circa l'8%, mentre gli epidoti sono molto scarsi (~1%); solo in questa unità, i minerali opachi (50,5%) superano, di poco, le specie trasparenti;
- US 18/19 e US 16: predominano gli anfibioli (in-

torno al 29%), soprattutto delle varietà verdi, seguiti dagli ZTR che costituiscono circa il 18% del campione; i pirosseni sono compresi tra il 12,6 e il 18,3%, mentre epidoti e granati sono presenti in percentuali tra loro simili, tra il 7 e il 9,5%; i minerali opachi scendono al 30% circa, con una dominanza delle specie trasparenti di poco inferiore al 70%;

- US 15: dal punto di vista mineralogico, appare come una unità di transizione, dove predominano nuovamente gli ZTR (22,8%), seguiti dagli anfibioli (20,6%) soprattutto delle varietà verdi, sensibilmente diminuiti rispetto all'US 16; la percentuale di pirosseni rimane invece pressoché costante (18,5%); i granati rappresentano l'11,6%, mentre gli epidoti quasi il 9%: entrambi mostrano un lieve incremento rispetto alle unità sottostanti; i minerali opachi decrescono ancora (18,2%); conseguentemente, i trasparenti superano qui l'80% del totale;
- US 14 e US 13: gli ZTR tornano a dominare, arrivando al 30% del totale, seguiti a breve distanza dai pirosseni (compresi tra il 26,6 e il 29,5%); nell'US 14 gli anfibioli (20,3%) hanno valori vicini a quelli dell'US 15, mentre l'US 13 registra una loro diminuzione al 15%; anche epidoti (~2,5%) e granati (~3,5%) diminuiscono rispetto alle unità sottostanti; i minerali opachi rappresentano solo il 10% del totale (raggiungendo il minimo nell'US 13 con l'8,3%); i leggeri costituiscono più del 90% del totale.

I due campioni prelevati dal suolo antistante al riparo sono tra loro piuttosto simili, sia per il rapporto tra specie trasparenti, che rappresentano circa l'80%, e opache (Fig. 11, Tab. 4), sia per l'assemblaggio dei minerali trasparenti (Fig. 12, Tab. 4). Gli ZTR sono i più abbondanti, con il loro massimo nell'orizzonte Bt (33,8%) che rappresenta il valore più alto rilevato in tutti i campioni; seguono gli anfibioli, soprattutto nelle varietà verdi, con valori compresi tra il 22 e il 23%; i pirosseni sono più abbondanti nell'orizzonte 2AB (15,5%), mentre nell'orizzonte Bt rappresentano solo

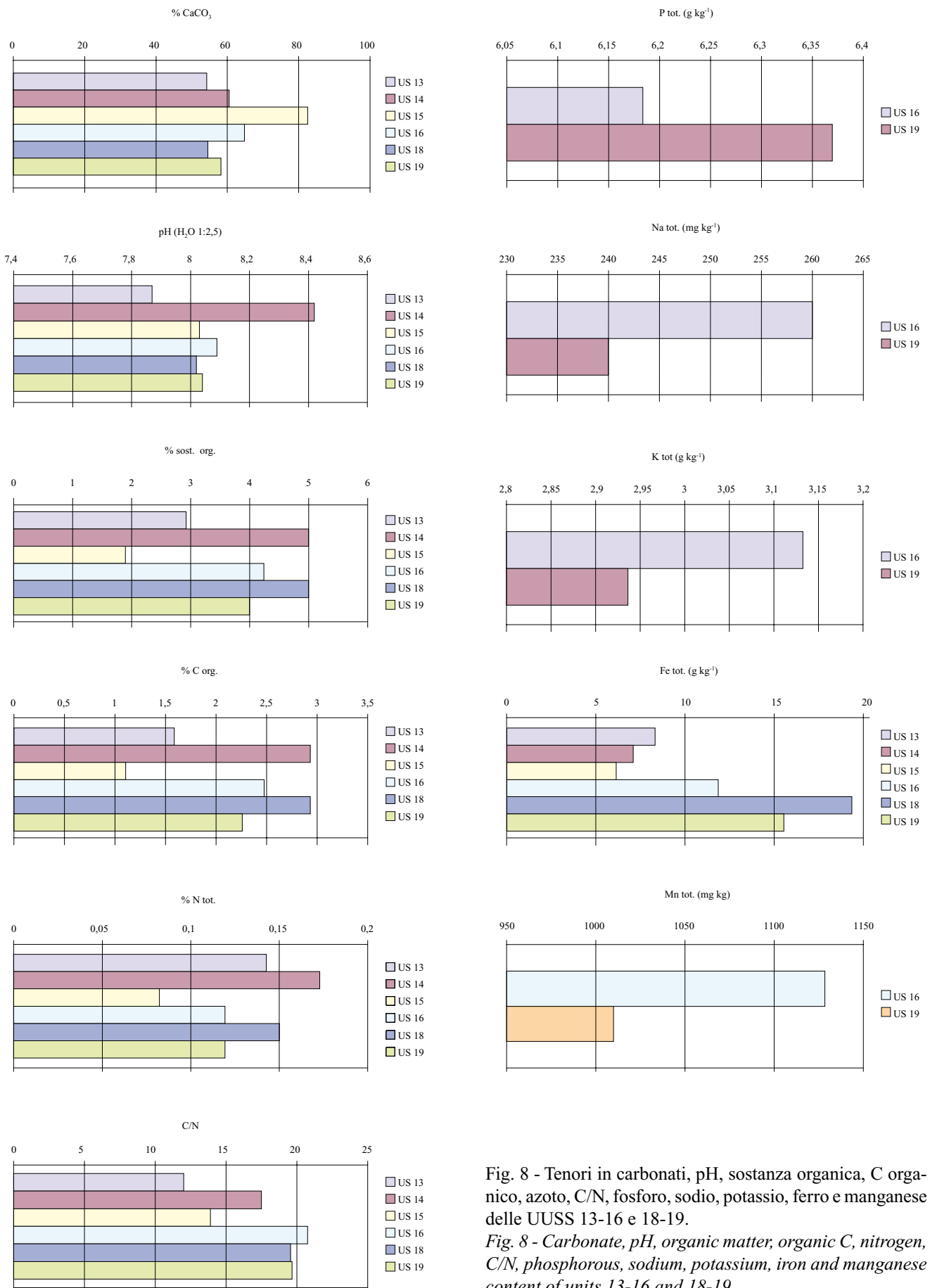


Fig. 8 - Tenori in carbonati, pH, sostanza organica, C organico, azoto, C/N, fosforo, sodio, potassio, ferro e manganese delle UUSS 13-16 e 18-19.
 Fig. 8 - Carbonate, pH, organic matter, organic C, nitrogen, C/N, phosphorous, sodium, potassium, iron and manganese content of units 13-16 and 18-19.

Tab. 4 - Assemblaggio dei minerali pesanti dei campioni provenienti dal riempimento del riparo e dal suolo esterno.
 Tab. 4 - Heavy minerals assemblage in units 13-16, 18-19 and in the soil outside the shelter:

	US 13	US 14	US 15	US 16	US 18/19	US 19	Bt	2AB
Trasparenti	91,74	89,90	81,82	69,96	68,62	50,54	79,84	82,55
Opachi	8,26	10,10	18,18	30,04	31,38	49,46	20,16	17,45
Zircone	21,50	27,27	16,40	12,57	10,05	19,35	23,74	22,16
Tormalina	4,50	1,60	2,65	2,62	5,53	3,76	2,53	1,03
Rutilo	0,00	0,00	0,00	1,57	1,01	3,23	0,51	0,52
Brookite	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,52	0,00
Anatasio	4,00	0,53	3,70	1,05	2,01	4,30	5,56	1,55
Anfiboli verdi	1,50	6,42	10,05	13,61	16,08	8,06	13,64	13,92
Anfiboli bruni	10,50	11,76	8,47	9,95	8,54	9,68	5,56	5,15
Altri anfiboli	3,00	2,14	2,12	4,71	5,03	2,15	4,04	3,09
Pirosseni verdi	3,00	6,42	1,59	2,62	2,01	5,38	0,51	2,58
Pirosseni bruni	15,50	9,63	8,47	2,09	1,51	3,76	2,02	3,09
Altri pirosseni	11,00	10,70	8,47	13,61	9,05	12,90	3,54	9,79
Epidoti	2,50	2,67	8,99	8,90	7,54	1,08	2,53	5,15
Granati	3,50	3,74	11,64	7,33	9,55	8,06	12,63	7,22
Barite	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	2,06
Cianite (distene)	0,00	0,00	0,00	0,52	0,00	0,00	1,01	1,03
Sillimanite	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Corindone	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Andalusite	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Sfene (titanite)	0,00	0,53	0,00	0,00	0,50	0,00	0,00	0,00
Spinelli	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Allanite	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Staurolite	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	2,69	0,00	0,00
Alterati	19,50	16,58	17,46	18,85	21,61	15,59	20,71	21,65

il 6,1%; gli epidoti sono sempre piuttosto scarsi, con percentuali comprese tra il 5,2 e il 2,5%; i granati mostrano invece una discreta variazione nei due orizzonti, rappresentando il 7,2% nell'orizzonte inferiore 2AB e il 12,6% nel soprastante Bt.

In tutti i campioni presi in esame, gli ZTR (tra cui lo zircone è sempre quello di gran lunga più abbondante) sono, salvo che per l'US 16, sempre i più abbondanti, con percentuali comprese tra il 17,8% (US 16) e il 33,8% (or. Bt), con cristalli spesso molto arrotondati;

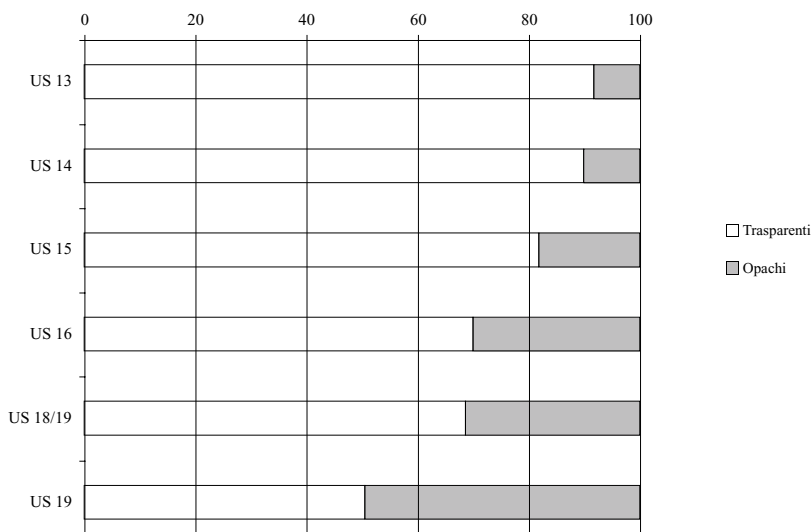


Fig. 9 - Rapporto tra minerali pesanti trasparenti e opachi nelle UUSS 13-16 e 18-19.
 Fig. 9 - Transparent vs opaque heavy minerals in units 13-16 and 18-19.

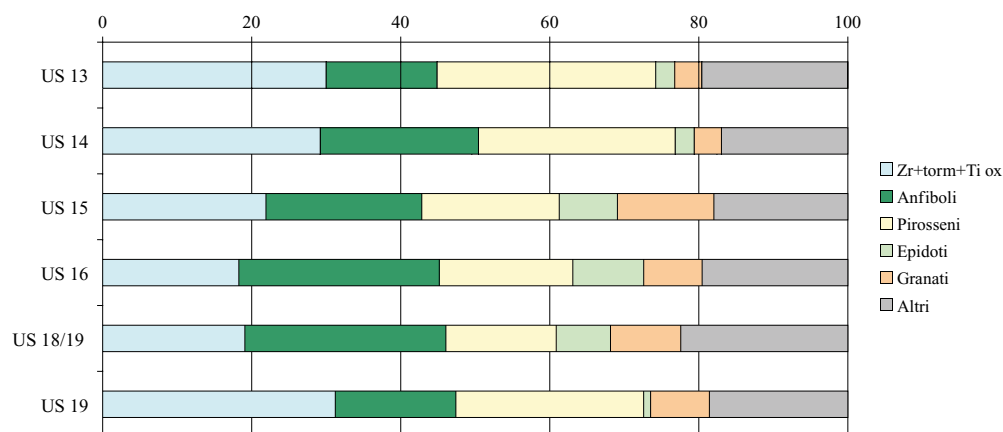


Fig. 10 - Associazioni dei minerali pesanti trasparenti nelle UUSS 13-16 e 18-19.
Fig. 10 - Heavy minerals assemblage in units 13-16 and 18-19.

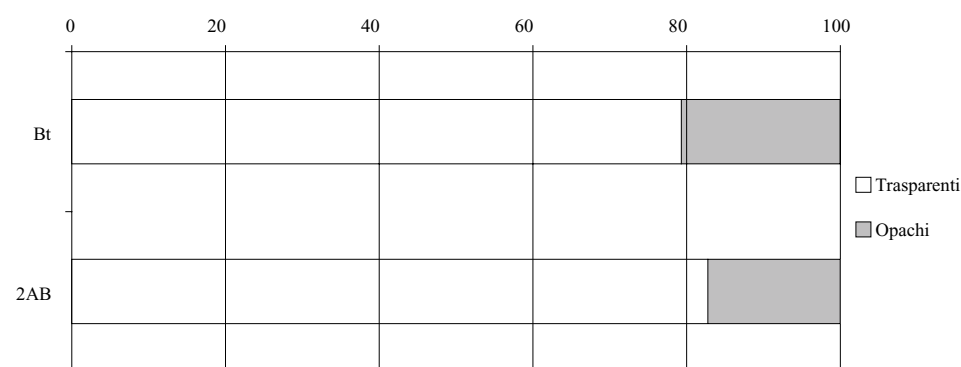


Fig. 11 - Rapporto tra minerali pesanti trasparenti e opachi nel suolo antistante il riparo.
Fig. 11 - Transparent vs opaque heavy minerals in the soil outside the shelter.

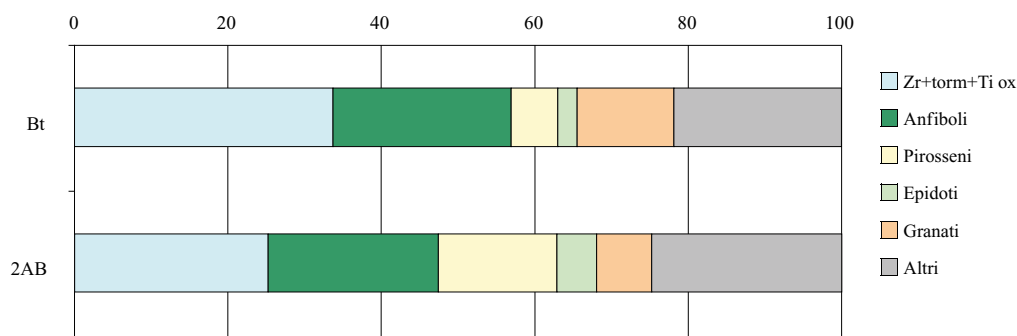


Fig. 12 - Associazioni dei minerali pesanti trasparenti nel suolo antistante il riparo.
Fig. 12 - Heavy minerals assemblage in the soil outside the shelter.

inoltre, molto frequentemente, tutti i minerali identificati appaiono piuttosto alterati, con abito cristallino spesso difficilmente riconoscibile; sono frequenti anche grani minerali resi indeterminabili dall'alterazione (compresi tra il 16,6 e il 21,6%).

2.4.2. Discussione

Dall'analisi dei minerali pesanti, sembra si possano riconoscere due principali associazioni mineralogiche sistematicamente presenti lungo l'intera serie stratigrafica e nel suolo esterno, seppure con variazioni significative. Il primo gruppo mineralogico è costituito da specie ultrastabili, sovente con aspetto piuttosto al-

terato e/o arrotondato: si tratta prevalentemente di zirconio, seguito da tormalina e ossidi di titanio; una tale quantità di minerali resistenti all'alterazione suggerisce che i sedimenti che costituiscono il riempimento del riparo contengano una buona percentuale di materiale precedentemente molto alterato; i ghiacciai locali, scorrendo attraverso massicci carbonatici, possono aver preso in carico lembi di potenti coperture pedologiche del tipo *Terra Rossa*, caratterizzate da intensa alterazione. Da un confronto preliminare con i minerali pesanti di *Terre Rosse* delle Prealpi Lombarde (Trombino 1998; Trombino & Ferraro 2002), le associazioni risultano abbastanza simili, ma i campioni qui in esame contengono maggiori quantità di specie ultrastabili

e minori quantità di anfiboli, pirosseni ed epidoti, suggerendo un'alterazione molto spinta. Anche il materiale glaciale (ghiacciaio dell'Adige) ed eolico contengono minerali ultrastabili, ma in percentuali inferiori, che variano tra l'1 e il 6% a sud del Lago di Garda (Ferraro *et al.* 2004; Ferraro & Cremaschi 2006) e intorno al 17% per la serie di Andalo (Cremaschi & Lanzinger 1984). Un'ulteriore sorgente secondaria di minerali ultrastabili è quella della formazione dell'area in esame (Rosso Ammonitico) che è nota contenere specie ultrastabili rimaneggiate (Garzanti *et al.* 2006).

Il secondo gruppo (anfibioli, pirosseni, epidoti e granati), costituito da minerali meno resistenti all'alterazione, è indice di un'origine ignea e/o metamorfica e conferma che il riempimento del riparo e il suolo a esso antistante hanno più di una sorgente: si tratta di materiale glaciale correlato al ghiacciaio dell'Adige e di materiale eolico, entrambi riconosciuti nei pressi del riparo (Bassetti *et al.* 2005). Queste ultime associazioni mineralogiche sono confrontabili con quelle descritte per la serie di Andalo (situato a circa 60 km a nord del sito in esame) (Cremaschi & Lanzinger 1984), dove dominano gli anfibioli (42%), seguiti dai granati (23%); gli autori segnalano come provenienza di tali depositi le formazioni cristalline e metamorfiche dell'Ortles-Adamello e i depositi glaciali da essi derivati. Analogamente, altri confronti sono ravvisabili con la serie della Val Sorda, presso l'anfiteatro morenico di Rivoli Veronese (situato a circa 70 km a sud del sito in esame) (Ferraro *et al.* 2004; Ferraro & Cremaschi 2006); anche in questo caso, gli anfibioli sono la specie dominante, seguiti dai granati.

Pertanto, l'andamento dei due gruppi mineralogici sopra descritti può essere letto come variazione del rapporto tra *input* di materiale di origine locale, sia glaciale sia in vario modo rimaneggiato, e quello di origine alpina, sia glaciale (connesso al ghiacciaio dell'Adige) sia eolico. Dal punto di vista mineralogico, le unità del Riparo Cogola si possono quindi dividere in quattro porzioni (Fig. 10). Dal basso, nell'US 19, la prevalenza degli ZTR sembra indicare la prevalenza di sedimenti locali con una discreta presenza anche di materiale di origine alpina, come indicato anche dalle frequenti miche riconosciute a scala mesoscopica. Al di sopra (US 18/19 e US 16), aumenta sensibilmente il contributo alpino indicato soprattutto dagli anfibioli, come confermato anche dalle miche e dai pedorelitti di materiale eolico; in queste unità le componenti mineralogiche locali raggiungono il loro valore minimo. US 15 è un'unità di transizione, con una composizione che risente delle unità sottostante e sovrastante: gli ZTR segnalano un aumento, a sfavore soprattutto degli anfibioli. Si tratta di una unità di riporto, che sem-

bra quindi realizzata con contributi sia dell'unità inferiore sia superiore. Nelle unità superiori (US 14 e US 13), gli ZTR tornano a dominare, indicando una prevalenza di materiale di origine locale nella costruzione dei riporti.

I due campioni provenienti dal suolo antistante il riparo hanno, in linea generale, una composizione simile a quella dei campioni del riempimento; le differenze tra i due orizzonti propendono per una diversa origine dei *parent material*: in particolare, l'orizzonte inferiore 2AB ha composizione molto simile a quella dell'US 19 e, in misura minore, dell'US 18/19, indicando quindi per il *parent material* la stessa origine dell'US 19. Da un punto di vista pedologico, il paleosuolo è solo debolmente differenziato, in quanto i processi di alterazione che lo hanno interessato sono avvenuti in clima freddo e presumibilmente per un breve periodo di tempo, che non hanno permesso di modificare la composizione mineralogica di partenza.

Per il sovrastante orizzonte Bt del suolo attuale, per quanto si riscontri una composizione simile a quella delle UUSS 13, 14 e 15, non è possibile trovare precise corrispondenze con una singola unità; ciò è dovuto al fatto che hanno origine antropica. Pertanto, si può supporre che buona parte del materiale di riporto provenga dal *parent material* da cui si sviluppa il suolo attuale.

3. ANALISI MICROMORFOLOGICA

La micromorfologia è un metodo che viene applicato allo studio dei depositi archeologici per distinguere i processi sedimentari, in particolare la provenienza dei materiali e le modalità di deposizione, i processi pedologici di alterazione postdeposizionale e le evidenze prodotte dall'attività umana (Courty *et al.* 1989; Cremaschi 2000).

Per la descrizione delle sezioni sottili³ è stato seguito il sistema di descrizione di Bullock *et al.* (1985) integrato da Stoops (2003), adottando la traduzione dei termini proposta da Malucelli & Guardì (1999). I principali caratteri micromorfologici sono stati osservati in luce trasmessa (ingrandimenti 10x, 40x, 100x). I campioni di terreno indisturbato sono stati posizionati e prelevati in fase di scavo (Fig. 13, Tab. 5).

La strategia di campionamento ha comportato sia prelevamenti sistematici per ogni metro quadrato, sia prelevamenti gemini per osservazioni in microstereoscopia.

³ Le sezioni sottili sono state preparate dal laboratorio Servizi per la Geologia di M. Sbrana, via A. Costa 7, Piombino (LI).

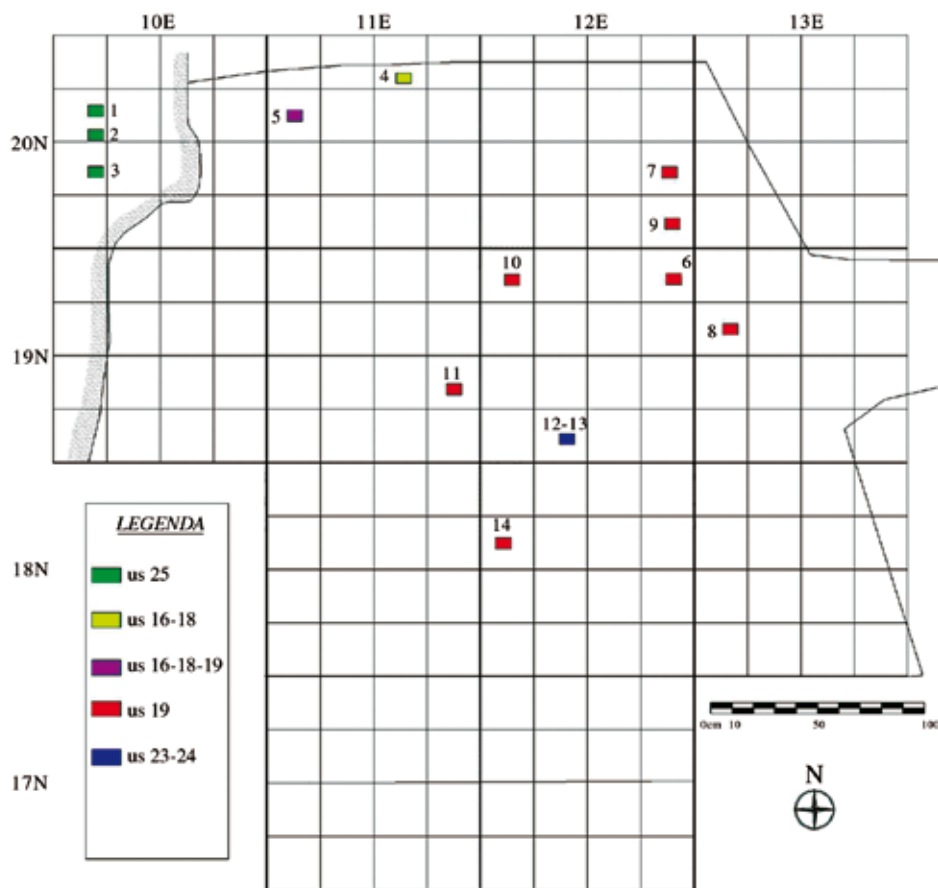


Fig. 13 - Localizzazione dei campioni prelevati per l'analisi micromorfologica nell'area indagata.

Fig. 13 - Position of the samples for micromorphological analyses in the excavated sector.

3.1. Risultati e interpretazione

I risultati analitici sono riportati nell'appendice 1. Alla base della sequenza stratigrafica, US 24 è caratterizzata prevalentemente da matrice eolica (75%), costituita da *loess* o sedimento tipo *loess*, a cui si aggiunge la frazione autoctona costituita da gelifratti calcarei. I clasti mostrano evidenze di corrosione chimica e un successivo rivestimento da parte di sparite aciculare. L'abbondante attività biologica di anellidi suggerisce lo sviluppo del processo pedogenetico congiuntamente all'insorgere di una copertura vegetazionale all'interno del riparo. L'azione criorganica, a opera di lenticelle di ghiaccio, si manifesta con l'evoluzione di una microstruttura lamellare spessa (15 mm), a cui fanno seguito nella fase di disgelo l'illuviazione di argilla impura e sparite alla base dei vuoti e il rivestimento a cappello dei clasti (Fig 14.27-28).

L'unità soprastante, US 23, presenta una matrice con microcarbone interpretabile come la contaminazione operata dalla bioturbazione della soprastante US 19 (Fig 14.5). L'unità registra abbondante precipitazione di sparite (60%) nella matrice. La massa di fondo viene in seguito completamente rielaborata in una microstruttura vermiculare costituita da riempimenti comple-

ti di biogallerie di lombrichi, caratterizzata da distribuzione in bande e raggruppamenti a ventaglio di grani di sparite (FitzPatrick 1984) (Fig. 14.15).

L'inizio dell'antropizzazione (US 19) è indicato dall'aumento delle componenti antropogeniche quali l'osso, spesso con evidenze di combustione (40%), dei frustoli carboniosi, del microcarbone (5%), oltre alla presenza inequivocabile di prodotti di scheggiatura in selce. Queste componenti conservano prevalente stratificazione orizzontale e sono spesso fratturate *in situ*. A nicoli paralleli le ossa bruciate mostrano frequentemente solo i margini marroni, più raramente una colorazione completamente marrone, a indicare temperature di combustione attorno a 400-500 °C (Courty *et al.* 1989). Le alterazioni da calore sono particolarmente evidenti, con frequenze del 70%, nelle sezioni sottili 6-9 corrispondenti a un'area a fuoco riconosciuta nei qq. 20N-12/13E (Cusinato *et al.* 2005)

L'US 19, pur essendo limitata l'area d'indagine, si può differenziare in due *microfacies*, dipendenti con tutta probabilità dall'intensità dell'attività antropica svolta nel riparo. In particolare, è distinguibile una zona con maggiore alterazione da fuoco e frequenza della sostanza organica incorporata nella matrice, corrispondente alle sezioni 6-10 (qq. 19-20N/12-13E). Questa

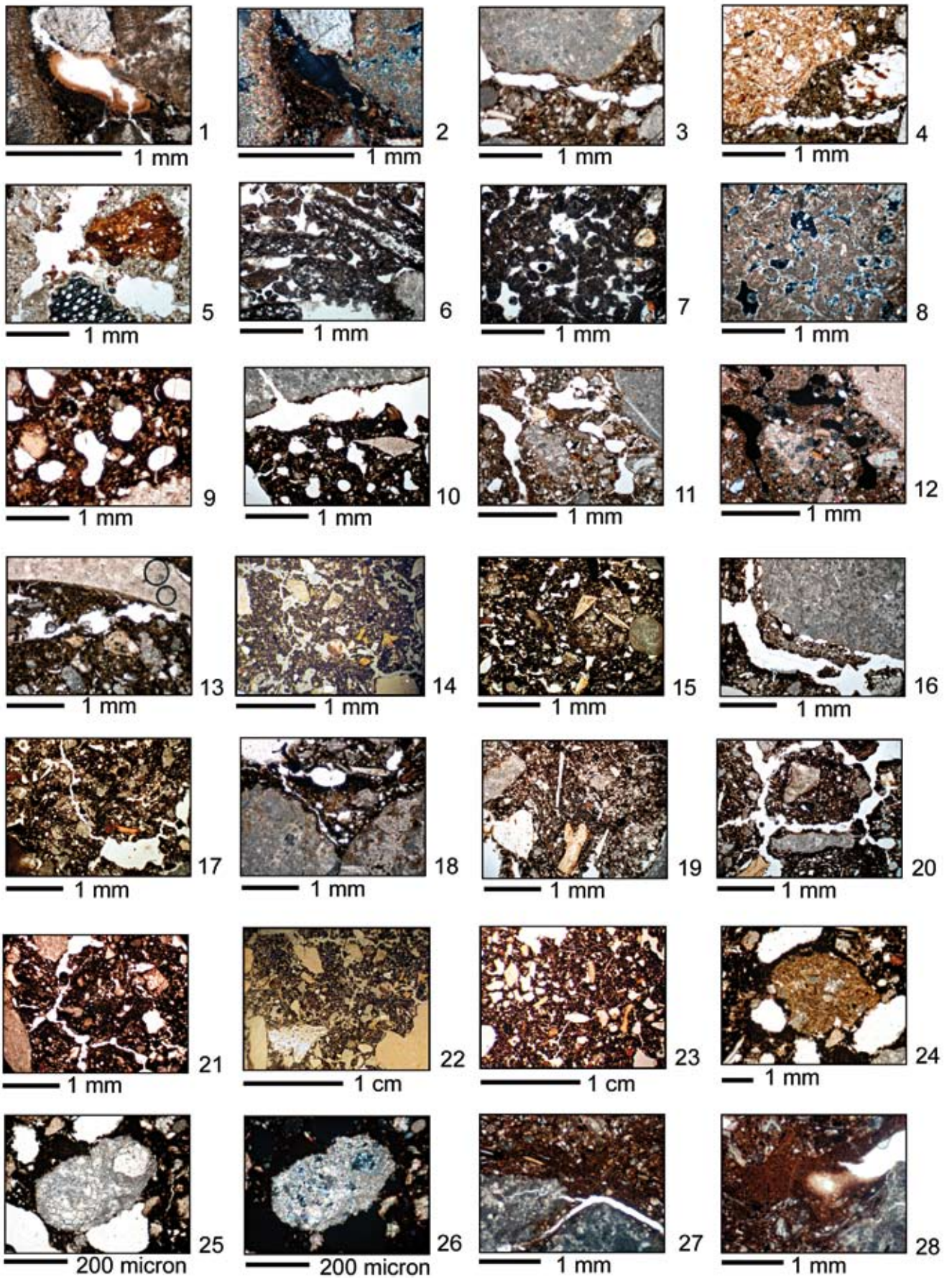
Tab. 5 - Elenco e attribuzioni anagrafiche delle sezioni sottili.

Tab. 5 - List and provenance data of the thin sections.

Sezione sottile n°	Sigla	US	Dim. (cm)	Ubicazione	Quota tetto campione (cm)
1	RC 2002	25	5x8	20N/10E e	-310
2	RC 2002	25	5x8	20N/10E e	-310
3	RC 2002	25	5x8	20N/10E i	-310
4	RC 1999	16, 18	5x8	20N/11E e	-340
5	RC 1999	16, 18, 19	5x8	20N/11E c	-336
6	RC 1999	19	5x8	19N/12E d	-351
7	RC 1999	19	5x8	20N/12E n	-358
8	RC 1999	19	5x8	19N/13E e	-352
9	RC 1999	19	5x8	20N/12E r	-355
10	RC 1999	19	5x8	19N/12E a	-341
11	RC 1999	19	5x8	19N/11E n	-341
12	RC 1999	24	4x2	19N/12E p	-350
13	RC 1999	23	5x8	19N/12E p	-344
14	RC 1999	19	5x8	18N/12E e	-345

caratteristica tende a diminuire verso la zona sud (sezione 14, qq. 18N/12E) e nell'area adiacente la parete rocciosa (sezioni 4-5, qq. 20N/11E). L'abbondanza di puntazioni di materiale organico fine (50%) conferisce un aspetto completamente opaco alla massa di fondo. L'unità è caratterizzata da materiale grossolano (granuli e sabbia grossa) a *fabric* lineare, disposto in bande subparallele, suborizzontali interpretabili come limitati eventi di distacco crioclastico (Figg. 15-16). Queste fasi di sedimentazione autoctona possono essere sintomatiche dell'assenza di attività antropica conseguente all'abbandono temporaneo del riparo e separano tra loro le fasi di frequentazione. Un fenomeno analogo, ma con spessori relativamente maggiori, è stato riscontrato anche nella soprastante US 18 (Fig. 17). Il materiale grossolano calcareo, oltre a fessurazioni e fratture, presenta tracce di alterazione chimica testimoniata dalle superfici corrose dei clasti. La notevole frequenza di granuli di sparite subarrotondata e microsparite (30%) nella massa di fondo può essere connessa a fasi di disaggregazione crioclastica *in situ* e dissoluzione di carbonati. Questo processo è attivo in tutta la sequenza di riempimento del riparo. I fattori che giocano maggior ruolo nella dissoluzione sono da attribuire all'effetto di acidi umici che si producono ad opera dell'attività biologica nell'orizzonte superficiale. È stata notata una maggior frequenza di sparite nelle US 23, 19 e 25, mentre pendenti sono prodotti alla base di US 16. L'aspetto subarrotondato dei granuli di sparite e la presenza di nuclei calcitici, nucleici (Fig. 14.25-26) può indicare una debole rielaborazione dei precipitati carbonatici.

Alla microstruttura vermiculare sindeposizionale (Fig. 14.17) si sovrappone una microstruttura lamellare (Fig. 14.14,20,22). Questa *fabric* può essere determinata dalla formazione delle lenticelle di ghiaccio (Van Vliet Lanoë 1985), per compattazione degli orizzonti superiori o per deposizione sedimentaria (FitzPatrick 1984; Courty *et al.* 1989). Oltre che per la microstruttura, l'azione del gelo sul suolo è evidente per la verticalizzazione di circa il 20% degli elementi di lunghezza fino a 3 centimetri (fauna, selce, clasti) (Fig. 14.19), per il sollevamento verticale dei clasti (Fig. 14.10,16) e per i rivestimenti a cappello (Fig. 14.18) (Van Vliet Lanoë 1985). L'aumento della porosità fino al 40% rispetto all'unità 23 è riconducibile allo sviluppo di vuoti planari (Fig. 14.21) e di vescicole a gruppi (Fig. 14.9,10,23), disposte parallelamente alla superficie e lungo le superfici del materiale grossolano (Fig. 14.10). Spesso i vuoti mostrano forma policoncava, indizio del collassamento delle pareti a causa della saturazione idrica del suolo e sono rivestiti alla base da materiale fine, limoso argilloso organico (Fig. 14.13). Il materiale illuviato varia a seconda della *microfacies* d'origine, mostrando soprattutto diversi tenori in sostanza organica. In US 19, non sono state notate generazioni di rivestimenti illuviati dagli orizzonti superiori. Sembra quindi che il processo di eluviazione e illuviazione di matrice fine sia avvenuto entro lo spessore della medesima unità (Fig. 14.11). In generale, si osserva che il processo si mantiene contenuto entro pochi centimetri dall'interfaccia superiore, rimanendo confinato entro lo spessore delle singole unità US 18 e 19.



In sintesi, l'alterazione crioergica in US 19 è registrata alla scala micromorfologica come un processo posteriore all'occupazione antropica, e si presenta ad uno stadio incipiente di evoluzione (Van Vliet Lanoë 1985). A Riparo Dalmeri (1240 m s.l.m.), sull'Altopiano dei Sette Comuni (Grigno-TN), il suolo d'abitato datato a 13,1 ka cal BP, è stato interessato nel corso del Dryas recente da cicli di gelo e disgelo fino ad acquisire una microstruttura lenticolare con rivestimenti a cappello (Angelucci & Peresani 1996; 2001). Si può ipotizzare che a Riparo Cogola l'insorgere di questo processo sia stato ripetutamente contrastato dalle modificazioni indotte nel suolo dalla frequentazione antropica durante la stagione estiva-autunnale e dalla vigorosa attività biologica. Quest'ultima, in particolare, deve aver provocato l'intenso disturbo della *microfabric* criogenica annullandone il processo evolutivo. In quanto processo post-deposizionale, l'azione crioergica avrebbe prodotto le caratteristiche evidenze durante

le fasi di non occupazione del riparo quando, probabilmente, anche l'attività biologica era attenuata.

Le osservazioni micromorfologiche sopra accennate indicano una sostanziale conservazione della sequenza stratigrafica con fenomeni post-deposizionali limitati e tali da non pregiudicare le analisi distributive dei manufatti litici (Cusinato *et al.* 2005) e dei resti faunistici (Fiore & Tagliacozzo 2005). Di conseguenza, è plausibile che la microstruttura lamellare debba la sua genesi primaria all'attività di compattazione per calpestio e che sia stata almeno in parte ereditata dall'alterazione crioergica. L'elevata porosità vescicolare, a gruppi e a linee planari alla superficie, può essere interpretata come il risultato di una combinazione di effetti ascrivibili in parte al calpestio della superficie ("zona attiva" secondo Gè *et al.* 1993) e in parte al gelo. Nel primo caso le vescicole indicano attività di compattazione del suolo in condizioni di saturazione d'acqua che determina l'incorporazione di

← Fig. 14 - 1. Sezione 5, US 18Ia, rivestimenti di argilla laminata (ppl); 2. *idem* (xpl); 3. sezione 5, US 18IIa, piano con rivestimento limoso argilloso alla base (ppl); 4. sezione 5, US 18IIb, pedorelitto (ppl); 5. sezione 13, US 23, pedorelitto con frustolo carbonioso (ppl); 6. sezione 1, US 25, clasti planari di concrezione carbonatica biogena rimossa dalla parete per azione del gelo (ppl); 7. sezione 1, US 25, matrice costituita da precipitazione di calcite con microstruttura granulare (ppl); 8. *idem* (xpl); 9. sezione 10, US 19, gruppo di vescicole (ppl); 10. sezione 10, US 19, clasto sollevato per gelo con vuoto planare alla base e vescicole disposte planarmente (ppl); 11. sezione 5, US 19, *vughs* con rivestimento limoso argilloso alla base (ppl); 12. *idem* (xpl); 13. sezione 5, US 19, piano con superfici policoncave (ppl); 14. sezione 10, US 19, struttura lamellare con abbondante porosità planare costituita da *vughs* e vescicole (superficie levigata); 15. sezione 7, US 19, riempimento di biogalleria con vescicole disposte a ventaglio (ppl); 16. sezione 7, US 19, clasto sollevato per gelo con vuoto planare alla base e rivestimento composto da limoso argilloso organico e microspartite (ppl); 17. sezione 7, US 19, microstruttura vermiculare costituita da riempimenti da passaggio di lombrichi (ppl); 18. sezione 7, US 19, rivestimento a cappello unito (ppl); 19. sezione 7, US 19, osso e selce verticalizzati dal gelo immersi in una massa di fondo con microstruttura vermiculare (ppl); 20. sezione 7, US 19, microstruttura lamellare (ppl); 21. sezione 7, US 19, vuoti planari costituiti da vescicole coalescenti (ppl); 22. sezione 9, US 19, struttura lamellare con abbondante porosità planare costituita da *vughs* e vescicole (sezione levigata); 23. sezione 10, US 19, gruppi di vescicole allineate planarmente (sezione levigata); 24. sezione 11, US 19, escremento con vescicole (ppl); 25. sezione 11, US 19, aggregato di due noduli calcitici nucleici (ppl); 26. *idem* (xpl); 27. sezione 12, US 24, rivestimento a cappello unito (ppl); 28. sezione 12, US 24, rivestimenti a mezzaluna di argilla impura (ppl) (elaborazione grafica di V. Barbetti, CORA snc).

Fig. 14 - 1. Section 5, unit 18Ia, laminated clay coatings (ppl); 2. *idem* (xpl); 3. section 5, unit 18IIa, plane with clayey-loamy coating at the base (ppl); 4. section 5, unit 18IIb, pedorelict (ppl); 5. section 13, unit 23 pedorelict with a fragment of charred wood (ppl); 6. section 1, unit 25, platy stones made of biochemical carbonate concretion detached from the shelter wall due to frost shattering (ppl); 7. section 1, unit 25, matrix with granular structure originated from calcite deposition (ppl); 8. *idem* (xpl); 9. section 10, unit 19, group of vesicles (ppl); 10. section 10, unit 19, stone uplifted by frost with planar void at the base and vesicles with parallel arrangement (ppl); 11. section 5, unit 19, *vughs* with clayey-loamy coating at the base (ppl); 12. *idem* (xpl); 13. section 5, unit 19, plane with mamillate surfaces (ppl); 14. section 10, unit 19, platy structure with planar porosity made of *vughs* and vesicles (smoothed thin section); 15. section 7, unit 19, infilling of faunal turbation with fan-like arranged vesicles (ppl); 16. section 7, unit 19 stone uplifted by frost with planar void at the base and compound, clayey-loamy, organic and micro-spartitic calcite coating (ppl); 17. section 7, unit 19, vermicular structure made of filling produced by earth-worm activity (ppl); 18. section 7, unit 19, link capping (ppl); 19. section 7, unit 19, bone and stone uplifted by frost embedded in a groundmass with vermicular structure (ppl); 20. section 7, unit 19, platy structure (ppl); 21. section 7, unit 19, planar voids made of aggregate vesicles (ppl); 22. section 9, unit 19, platy structure with high degree of porosity made of *vughs* and vesicles (smoothed thin section); 23. section 10, unit 19, group of vesicles with platy arrangement (smoothed thin section); 24. section 11, unit 19, excrement with vesicles (ppl); 25. section 11, unit 19, aggregate made of two nucleic calcite nodules (ppl); 26. *idem* (xpl); 27. section 12, unit 24, link capping (ppl); 28. section 12, unit 24, impure clay crescent-like coatings (ppl) (graphic elaboration by V. Barbetti, CORA snc).

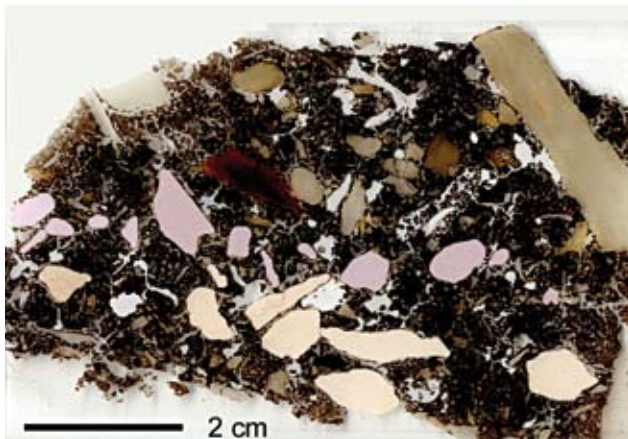


Fig. 15 - Sezione 9, US 19, materiale grossolano (granuli e sabbia grossa calcarea) con *fabric* lineare, in bande subparallele, suborizzontali (US 19) (elaborazione grafica di V. Barbetti, CORA snc).

Fig. 15 - Section 9, unit 19, coarse particles (granules and coarse carbonatic sand) with linear sub-parallel fabric and sub-horizontal banded pattern (US 19) (graphic elaboration by V. Barbetti, CORA snc).

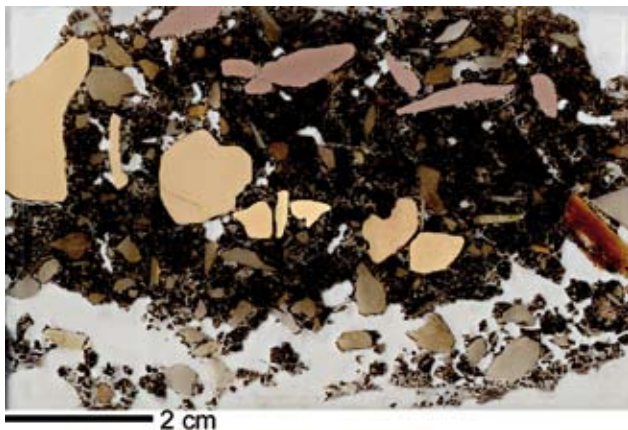


Fig. 16 - Sezione 10, US 19, materiale grossolano (granuli e sabbia grossa calcarea) con *fabric* lineare, in bande subparallele, suborizzontali, (US 19) (elaborazione grafica di V. Barbetti, CORA snc).

Fig. 16 - Section 10, unit 19, coarse particles (granules and coarse carbonatic sand) with linear sub-parallel fabric and sub-horizontal banded pattern (US 19) (graphic elaboration by V. Barbetti, CORA snc).

aria nella matrice sotto la superficie, mentre nel secondo caso evidenziano l'espulsione di aria successivamente al collasso del suolo durante il disgelo (Van Vliet Lanoë 1985). L'inizio del Preboreale (US 25) corrisponde alla formazione di una concrezione carbonatica biogena successivamente rimossa dalla parete per l'azione ciclica del gelo (US 25) (Fig. 14.6,7,8).

A queste fasi di alterazione si intercalano prevalenti precipitazioni di calcite con abbondante bioturbazione (Fig. 14.7,8).

A livello micromorfologico nelle due sottounità 18I e 18II sono state riconosciute rispettivamente due superfici di occupazione (18Ia e 18IIa) (Fig. 14.1,2; Fig. 17) intercalate da lenti composte da clasti calcarei aventi dimensioni fino a 2 cm con distribuzione relativa porfirica chiusa (18Ib e 18IIb) (Fig. 14.4; Fig. 17). La deposizione di questi ultimi in bande parallele, suborizzontali dello spessore di 1-2 cm, è interpretabile come il risultato di fenomeni limitati di distacco crioclastico dall'aggetto presumibilmente in un momento di abbandono del riparo.

Le superfici di occupazione sono costituite da sedimento alloctono con microstruttura caratterizzata da porosità più elevata (32-37%), di tipo vescicolare, con *vughs* e vuoti planari, rispetto alle intercalazioni a clasti calcarei sopraccitate (25%), riconducibile probabilmente alla compattazione causata dal calpestio. I prodotti della scheggiatura e i resti faunistici presentano giacitura orizzontale e sono sovente fratturati *in situ*. L'abbondante attività biologica di anellidi favorisce una rapida umificazione e incorporazione della sostanza organica nella matrice. Analogamente ad US 19, anche le superfici di occupazione dell'Unità 18 (18Ia e 18IIa) sono interpretate come il risultato dell'attività di calpestio modificate solo limitatamente dall'alterazione crioergica. Si ribadisce come il rivestimento limoso argilloso nei vuoti sia il risultato di fasi di eluviazione di sedimento nell'ambito della stessa unità 18. A questo si giustappone una limitata illuviazione di argilla nella sottounità 18Ia. Il rivestimento dei pori da parte di argilla pura microlaminata (Fig. 14.1,2) è indizio di un importante cambiamento ambientale che vede l'abbandono del riparo da parte dell'uomo e la formazione di una copertura vegetazionale stabile all'interno del riparo, in relazione, probabilmente a una fase di netto miglioramento climatico. L'ultima microstruttura registrata dal profilo è poliedrica subangolare, con piani senza rivestimenti, e deve la sua genesi allo sviluppo di cicli umido/secco nel profilo.

4. CONSIDERAZIONI

I dati espressi dalle analisi granulometriche, chimiche, mineralogiche e micromorfologiche dei livelli epigravettiani di Riparo Cogola risalenti rispettivamente a 12,5 ka (US 19) e 11,2 ka (US 18) cal. BP, consentono di proporre una ricostruzione dei processi sedimentari, pedogenetici e antropogenici che hanno edificato la successione stratigrafica. Le granulometrie indica-

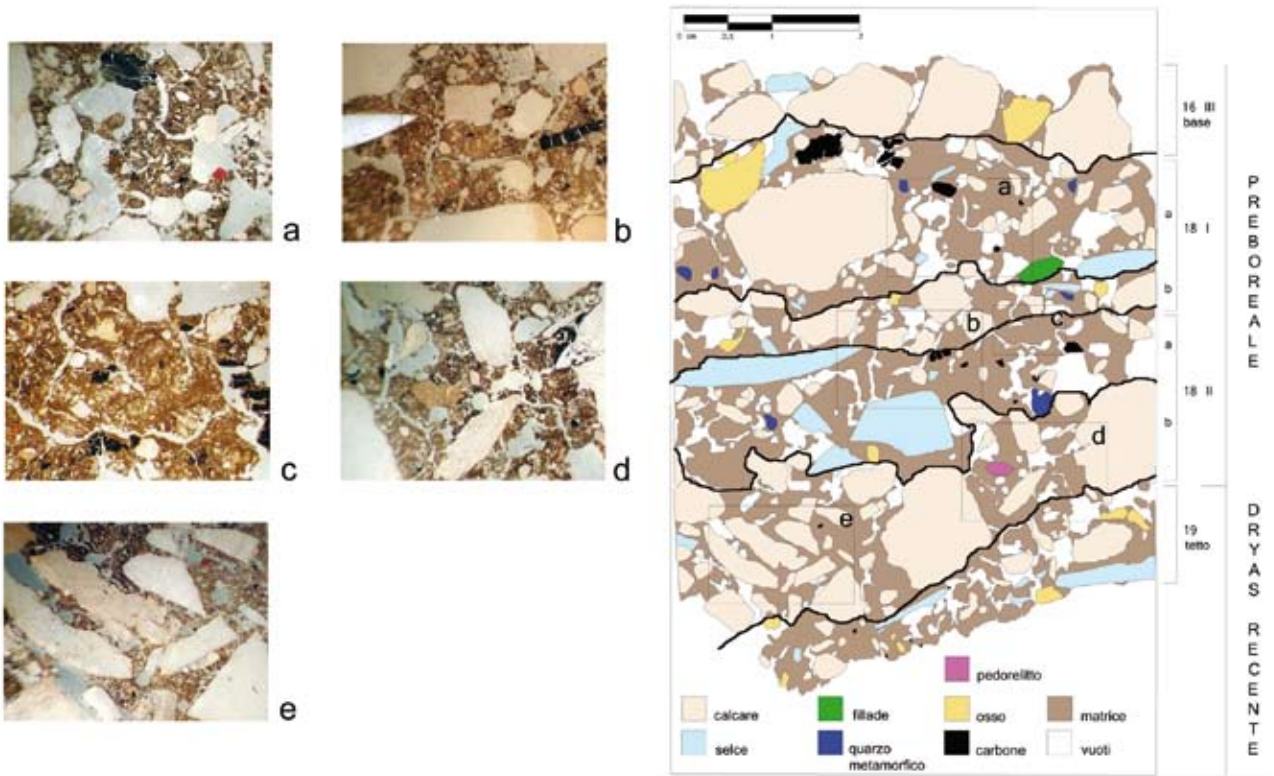


Fig. 17 - Sezione 5, US 16, 18 e 19. In US 18 sono visibili due superfici di occupazione, 18Ia (foto a) e 18IIa (foto b, c) intercalate da lenti costituite da clasti calcarei con distribuzione relativa porfirica chiusa, 18Ib (foto b) e 18IIb (foto d, e). Queste ultime sono interpretate come eventi di distacco crioclastico dall'oggetto in un momento di abbandono del riparo. Tali lenti scandiscono le varie fasi di frequentazione del riparo. Le superfici di occupazione sono costituite da sedimento alloctono (foto d, pedorelito al centro) con una microstruttura caratterizzata da porosità relativamente più elevata, di tipo vescicolare, con *vughs* e vuoti planari. Si notano abbondanti prodotti di scheggiatura a giacitura orizzontale, resti faunistici e carboni (foto a, b e c). L'intensa attività di lombrichi conferisce al suolo una microstruttura vermiculare (foto c) alla quale se ne sovrappone una lamellare che indica l'azione limitata di cicli di gelo con formazione di lenticelle di ghiaccio, e disgelo con illuviazione di limo argilloso alla base dei vuoti planari (foto c). L'azione crioergica si esprime anche con la tendenza alla verticalizzazione dei clasti (foto e) (elaborazione grafica di M. Bassetti e V. Barbetti, CORA snc).

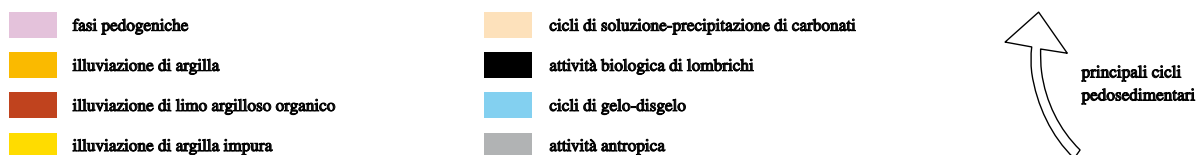
Fig. 17 - Section 5, units 16, 18 and 19. In unit 18 two living-floors are visible, 18Ia (photo a) and 18IIa (photo b, c) with interbedded lenses made of carbonatic stones with close related porphyric distribution, 18Ib (photo b) and 18IIb (photo d, e). The latter are originated from frost-shattering which acted on the wall during a period of uninhabitation of the shelter and separate the phases of human occupation. Living-floors are made of non-local sediment (photo d, pedorelict at the centre) with structure featured by an increasing vesicular porosity with *vughs* and planar voids. Note the abundance of flaking products with parallel pattern, faunal remains and charcoal (photo a, b and c). The vermicular structure originated by intense earthworm activity (photo c) is associated to platy structure generated by the limited frost activity which lead to the formation of ice lenses and of melting which provoked the illuviation of clayey-loam at the base of the planar voids (photo c). Frost action is also put in evidence by the uplift and verticalization of stones (photo e) (graphic elaboration by M. Bassetti and V. Barbetti, CORA snc).

no la deposizione di una frazione grossolana calcarea autoctona per crioclastismo e di una frazione franco limosa alloctona alla quale si associano sparite e microsparite. I confronti con un suolo sepolto esterno al riparo indicherebbero quest'ultimo come sorgente di provenienza del *parent material* di US 19, il cui profilo mineralogico attesta il contributo di sedimenti locali e, secondariamente, di origine alpina. Confermato anche dall'incremento di miche e dalla presenza di pedorelitti di sedimento eolico, il contributo alpino au-

menta sensibilmente nelle unità superiori (US 18/19 e US 16), dove le componenti mineralogiche locali raggiungono valori minimi a favore soprattutto degli anfibioli. Per quanto riguarda US 18, l'origine della frazione fine è da ricondurre all'attività antropica, piuttosto che ad apporti eolici (Cremaschi 1990) o colluviali, nel quadro di azioni deliberate, finalizzate a regolarizzare i piani d'uso analogamente a quanto ipotizzato per Riparo Dalmeri (Angelucci & Peresani 1996, 2001) oppure nel quadro della normale attività di cal-

Tab. 6 - Interpretazione delle evidenze micromorfologiche registrate nella sequenza ciclica pedosedimentaria di Riparo Cogola.
 Tab. 6 - Interpretation of the micromorphological features recorded in the cyclic pedo-sedimentary sequence of Riparo Cogola.

	US	processi prevalenti		
		sedimentari	pedogenici	antropogenici
PREBOREALE	16 III base	> deposizione crioclastica	> alterazione criogenica (rivestimenti a cappello) > formazione di pendenti di microspartite	<p>formazione delle superfici di occupazione:</p> <ul style="list-style-type: none"> • calpestio: apporto di sedimento alloctono e compattazione della superficie; formazione di vuoti allungati orizzontali (microstruttura lamellare) e vescicole sotto la superficie in condizioni di saturazione d'acqua • accumulo di resti organici, attività di scheggiatura, macellazione, accensione di fuochi
	18 Ia		> alterazione criogenica (struttura lamellare) > abbondante attività biologica di lombrichi	
	18 Ib	> deposizione crioclastica		
	18 IIa		> alterazione criogenica > abbondante attività biologica di lombrichi	
	18 IIb	> deposizione crioclastica	> debole verticalizzazione di frammenti grossolani	
	25	> concrezione carbonatica biogenica della parete	> attività biologica di lombrichi > cicli di disgregazione crioclastica della concrezione e precipitazione di sparite	
DRYAS RECENTE	19		> alterazione criogenica (lenti di ghiaccio, verticalizzazione e sollevamento di frammenti) > abbondante attività biologica di lombrichi > soluzione dei carbonati e precipitazione di sparite	
	23		> abbondante attività biologica di lombrichi > soluzione dei carbonati e precipitazioni di sparite	
	24	> deposizione di loess (?) > deposizione di breccia crioclastica	> alterazione criogenica (lenti di ghiaccio) > attività biologica soprattutto di lombrichi > rivestimenti di sparite sui clasti	



pestio. Quest'ultima interpretazione è da considerarsi più probabile a Riparo Cogola a fronte delle evidenze micromorfologiche.

La registrazione dei caratteri micromorfologici nelle superfici di occupazione epigravettiane riveste un carattere ciclico, che si è sviluppato secondo cinque processi principali.

1. La sedimentazione di granuli e di sabbia grossa calcarea alloggiati con *fabric* lineare per bande subparallele e suborizzontali (US 19), spesso in lenti di 1-2 cm contenenti clasti calcarei fino a 2 cm, con distribuzione relativa porfirica chiusa (18Ib e 18IIb), è imputabile a eventi limitati di distacco crioclastico durante i periodi di abbandono temporaneo del riparo. Il calpestio, sviluppato a carico delle superfici di occupazione almeno nelle prime fasi, sarebbe l'agente responsabile della maggiore costipazione (25%) di questi livelli rispetto agli orizzonti antropici.
2. L'apporto progressivo di sedimento alloctono sulle superfici di occupazione genera uno strato spesso da pochi millimetri a 1,5 cm circa, dotato di microstruttura lamellare con elevata porosità (32-37%) e raggruppamenti di vescicole allineate orizzontalmente, *vughs* e vuoti planari, interpretate come l'effetto combinato del calpestio e dei cicli di gelo-disgelo postdeposizionali o secondari a ogni fase di occupazione.
3. L'aggradazione dei livelli antropici è conseguente all'accumulo di abbondante sostanza organica, frustoli carboniosi, microcarbone (soprattutto in US 19), prodotti della scheggiatura, resti faunistici alloggiati con stratificazione orizzontale e affetti da frequente fratturazione *in situ*. I resti ossei mostrano evidenze di combustione e fosfatizzazione (40%, fino a un massimo del 50%; Fiore & Tagliacozzo 2005) con temperature di combustione stimate attorno a 400-500 °C (Courty *et al.* 1989). In US 19 la distribuzione spaziale dei prodotti della scheggiatura alterati dal fuoco (Cusinato *et al.* 2005) e dei resti ossei bruciati (Fiore & Tagliacozzo 2005) suggerisce attività di combustione *in situ*.
4. Lo sviluppo dell'attività biologica di lombrichi viene interpretato come un processo contemporaneo alle varie fasi di occupazione che conferisce al suolo la microstruttura vermiculare, favorendo la rapida umificazione e l'incorporazione della sostanza organica nel sedimento. La dissoluzione dei carbonati attiva lungo l'intera sequenza stratigrafica è da attribuire all'effetto degli acidi umici prodotti nell'orizzonte superficiale.
5. L'azione postdeposizionale del gelo si manifesta

ad uno stadio incipiente, con verticalizzazioni e sollevamenti dei clasti. Per quanto riguarda invece la microstruttura lamellare spesso riconosciuta come generata da lenti di ghiaccio (Van Vliet Lanoë 1985), viene qui ricondotta primariamente al calpestio. Mentre a Riparo Dalmeri gli effetti dovuti al gelo sono registrati da microstrutture evolute, risultanti dalla reiterazione dei cicli di gelo e disgelo a carico del suolo d'abitato abbandonato (microstruttura lenticolare, rivestimenti a cappello), a Riparo Cogola simili sviluppi sarebbero stati ripetutamente obliterati dalle modificazioni indotte dalle attività biologica e antropica;

La ripetizione di questi processi in alternanza tra loro lungo la sequenza stratigrafica di Riparo Cogola delinea una ciclicità di eventi sedimentari e antropogeni che si manifestano all'interno di fasi pedogenetiche (Tab. 6) nel corso della transizione Tardoglaciale-Olocene.

La più recente di queste fasi pedogenetiche è rappresentata dall'illuviazione di argilla pura microlaminata il cui fronte di diffusione investe il tetto di US 18 (sottounità 18Ia), indicando un marcato cambiamento ambientale che registra l'abbandono del riparo da parte dell'uomo e la formazione di una copertura vegetale stabile supportata da una fase di miglioramento climatico.

RINGRAZIAMENTI

Si ringrazia il dott. Giampaolo Dalmeri per la disponibilità e la revisione critica del testo, e il Museo Tridentino di Scienze Naturali per avere sostenuto le spese di realizzazione delle sezioni sottili.

Si ringrazia la dott.ssa Anna Cusinato per le proficue discussioni e gli utili suggerimenti.

BIBLIOGRAFIA

- Angelucci D.E. & Peresani M., 1996 - The micromorphology of some Palaeo-mesolithic livingfloors in Southern Alps: preliminary data. In: Castelletti L. & Cremaschi M. (eds), *Paleoecology, section 3: Micromorphology of deposits of anthropogenic origin*, Colloquium VI, Proc. XIII Int. Congress UISPP, ABACO, Forlì: 161-174.
- Angelucci D.E. & Peresani M., 2001 - The sedimentary sequence of Riparo Dalmeri (Grigno, Valsugana, TN): pedostratigraphic and micromorphological features. *Preistoria Alpina*, 34 (1998): 155-162.
- Barbieri G., 1995 - Le rocce dell'Altopiano dei Sette Comuni (Prealpi Venete), *Studi Trentini di Scienze Naturali, Acta*

- Geologica*, 70 (1993): 9-19.
- Bassetti M., Dalmeri G. & Peresani M., 2005 - Riparo Cogola. Note preliminari sulla successione stratigrafica. *Preistoria Alpina*, 40 (2004): 99-105.
- Bullock P., Fedoroff N., Jongerius A., Stoops G.J. & Tursina T., 1985 - *Handbook for Soil Thin Section Description*. Waine Research Publications, Albrighton: 153 pp.
- Courty M.A., Goldberg P. & Macphail R.I., 1989 - *Soils and Micromorphology in Archaeology*. Cambridge Manuals in Archaeology, Cambridge University Press: 344 pp.
- Cremaschi M., 1990 - The loess in Northern and Central Italy: a loess basin between the Alps and the Mediterranean region. *Quaderni di Geodinamica Alpina e Quaternaria*: 187 pp.
- Cremaschi M., 2000 - *Manuale di Geoarcheologia*. Edizioni Laterza, Bari: 386 pp.
- Cremaschi M. & 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. & Rodolfi G. (a cura di), 1991 - *Il Suolo*. La Nuova Italia Scientifica, Roma: 427 pp.
- Cusinato A., Dalmeri G., Kompatscher K. & Hrozny Kompatscher M., 2005 - Gli insiemi litici della sequenza preistorica di Riparo Cogola e la problematica relativa alla transizione tra Epigravettiano e Mesolitico in area alpina. *Preistoria Alpina*, 40 (2004): 125-154.
- Dalmeri G., 2005 - Riparo Cogola. Introduzione generale. *Preistoria Alpina*, 40 (2004): 91-98.
- FAO-UNESCO, 2006 - *Guidelines for soil description*. 4rd ed. FAO, Roma: 109 pp.
- Ferraro F. & Cremaschi M., 2006 - Val Sorda: a key loess-paleosol sequence for the Upper Pleistocene of the southern margin of Alps. In: Donegana M. & Ravazzi C. (eds), *The Quaternary of the Italian Alps. Field Trip Guide*. INQUA-SEQS meeting, 14-15 September 2006, Milano: 120-128.
- Ferraro F., Terhorst B., Ottner F. & Cremaschi M., 2004 - Val Sorda: An upper Pleistocene loess-paleosol sequence in northeastern Italy. *Revista Mexicana de Ciencias Geológicas*, 24 (1): 30-47.
- FitzPatrick E.A., 1984 - *Micromorphology of soils*. Chapman & Hall, New York: 433 pp.
- Garzanti E., Andò S. & Vezzoli G., 2006 - *The Continental Crust as a Source of Sand (Southern Alps Cross Section, Northern Italy)*. *The Journal of Geology*, 114 (5): 533-554.
- Gé T., Courty M.A., Mathews W. & Watez J., 1993 - Sedimentary Formation Processes of Occupation Surfaces. In: Goldberg P., Nash D.T. & Petraglia M.D. (eds), *Formation Processes in Archaeological Context*. Prehistory Press, Madison, Wisconsin: 149-164 (Monographs in World Archaeology, 17).
- Maluccelli F. & Guardi C., 1999 - Traduzione e glossario di termini usati nella micromorfologia del suolo (Translation and glossary of the soil micromorphology terminology), *Il Quaternario, Italian Journal of Quaternary Sciences*, 12: 17-24.
- Mange M.A. & Maurer H.F.W., 1992 - *Heavy Minerals in Colour*. Chapman & Hall, London: 147 pp.
- Parfenoff A., Pomerol C. & Tourenq J., 1970 - *Les minéraux en grains*. Masson et C.ie Ed, Paris: 578 pp.
- Pasquali T. & Dalmeri G., 2000 - I frammenti di vasellame, dal 1400 al 1600, rinvenuti nel Riparo sottoroccia La Cogola (Carbonare di Folgaria). *La Giurisdizione di Penede. Quaderno periodico di ricerca storica-Gruppo culturale Nago-Torbole*, giugno, 14: 115-130.
- Trombino L., 1998 - *Il suolo come memoria storica dei mutamenti paleoambientali. Genesi e significato paleoclimatico delle "Terre Rosse" Plio-Pleistoceniche*. Tesi di Dottorato, Università degli Studi di Milano.
- Trombino L. & Ferraro F., 2002 - Paleosuoli Tipo Terra Rossa al margine prealpino. Il caso di studio del monte Casto (Val Sabbia - Brescia). *Il Quaternario, Italian Journal of Quaternary Sciences*: 15 (1): 99-108.
- Sanesi G. (a cura di), 1977 - *Guida alla descrizione del suolo*. CNR pubblicazione 11, Firenze: 157 pp.
- Sartori G., Corradini F. & Mancabelli A., 1997 - Verso un catalogo dei suoli del Trentino: 1. I suoli bruni lisciviati (Luvisols). *Studi Trentini di Scienze Naturali, Acta Geologica*, 72 (1995): 55-77.
- Soil Survey Staff, 2003 - *Keys to Soil Taxonomy*. 9th ed. USDA-NCRS, Washington DC: 332 pp.
- Stoops G., 2003 - *Guidelines for Analysis and Description of Soil and Regolith Thin Sections*. Soil Science Society of America, Inc. Madison, Wisconsin, USA: 184 pp.
- Van Vliet Lanoë, 1985 - Frost effect in soils. In Boardman J. (ed.), *Soils and Quaternary Landscape Evolution*. John Wiley and Sons, New York: 45-68.

Appendice 1 - Interpretazione delle evidenze micromorfologiche registrate nella sequenza stratigrafica.
Appendice 1 - Results of the micromorphological analyses.

US	sez. n°	Microstruttura e porosità			Costituenti minerali di base			Costituenti organici di base		Figure pedologiche	Limite C/F	Rapp. C/F	Distribuz. C/F
		aggregati	vuoti	tipo di microstruttura	materiale grossolano	materiale fine	materiale grossolano	materiale fine					
16 III base	4,5	prismatici subangolari medi con superfici ondulate parzialmente adattate, moderatamente sviluppati	piani tra gli aggregati a superficie curva, suborizzontali e subverticali (2%, 10 µ - 5 mm); piani attraverso gli aggregati (5%, 50 µ)	prismatica subangolare	calcare microcristallino subangolare a superficie ondulata (70%, 0,5-5 cm), selce angolare (20%, 1-4 mm)	sabbia molto fine con limo (10YR 3/1, black); sparite subarrotondata e dentro gli aggregati (30%); quarzo (5%, 50 µ); muscovite (5%); b-fabric microcristallina localmente con macchiettature isolate	osso (2%, max 2 mm); carbone (3%, max 2 mm)	micro-carbone (5%)	rivestimenti pendenti di calcite sui granuli calcarei con giustapposti rivestimenti a cappello di matrice; riempimenti sciolti discontinui di sparite e microsparite negli osteoni	500 µ	1:0,5	porfirica chiusa	
18 Ia	4,5	gli aggregati (5%, 50 µ); vescicole e vughs tra gli aggregati distribuiti parallelamente alla superficie e lungo le pareti dei componenti minerali (30%, 50-800 µ); vescicole dentro gli aggregati con disposizione a ventaglio (2%, 50-800 µ)	piani tra gli aggregati a superficie curva, suborizzontali e subverticali (2%, 10 µ - 5 mm); piani attraverso gli aggregati (5%, 50 µ); vescicole e vughs tra gli aggregati distribuiti parallelamente alla superficie e lungo le pareti dei componenti minerali (30%, 50-800 µ); vescicole dentro gli aggregati con disposizione a ventaglio (2%, 50-800 µ)	complessa: vermiculare, prismatica subangolare	calcare microcristallino subangolare a superficie ondulata, corrosa, con fessurazioni e fratture fillade (10%, 0,5-5 mm); selce angolare spesso fratturata (20%, 1-2,5 mm); fillade (max 5 mm)	sabbia molto fine con limo (10YR 2/1, black); sparite subarrotondata tra e dentro gli aggregati con disposizione a ventaglio, in bande e a gruppi (30%); quarzo (5%, 50 µ); muscovite (5%); b-fabric microcristallina localmente con macchiettature isolate	osso (2%, max 1 cm); carbone (5%, max 4 mm)	micro-carbone (10%)	rivestimenti composti a mezzaluna di matrice amorfa, organica, con giustapposti rivestimenti di argilla laminata in vughs e vescicole; rivestimenti di matrice sulle pareti dei granuli calcarei; rivestimenti di matrice a cappello sui granuli calcarei; rivestimenti lamosi con microcarbone, laminati, alla base di piani; riempimenti da passaggio di lomi; bricchi attraverso gli aggregati; pendenti di microsparite alla base del materiale grossolano; noduli sferici di calcite (max 1,5 mm)	500 µ	1:1,5	porfirica a spaziatura doppia	
18 Ib	4,5	gli aggregati (5%, 50 µ); vescicole e vughs tra gli aggregati (5%)	<i>idem</i> , piani tra gli aggregati (20%); vescicole e vughs tra gli aggregati (5%)	<i>idem</i> , calcare microcristallino (50%, 0,5-12 mm); selce angolare (2%, max 0,5 mm); quarzo metam. arrotondato-subarrotondato (5%, 600 µ - 3 mm); gneiss arrotondato (2%, 600 µ - 1 mm)	<i>idem</i> , calcare microcristallino (50%, 0,5-12 mm); selce angolare (2%, max 0,5 mm); quarzo metam. arrotondato-subarrotondato (5%, 600 µ - 3 mm); gneiss arrotondato (2%, 600 µ - 1 mm)	osso (1%, max 4 mm); carbone (3%, max 500 µ)		<i>idem</i> , pedorelliti prismatici lamosi con mica e quarzo (1%, 1,5 mm)		500 µ	1:0,5	porfirica chiusa	

(Appendice 1 - continua)
(Appendice 1 - continued)

18 IIa	5	prismatici subangolari medi con superfici ondulate parzialmente adattate, moderatamente sviluppati	<i>idem</i> , piani tra gli aggregati (2%); vescicole e vughs tra gli aggregati (30%)	<i>idem</i> , calcare microcristallino (10%), selce angolare (20%, 100 µ - 2 mm); quarzo metam. arrotondato-subarrotondato (5%, 600 µ - 3 mm)	<i>idem</i>	osso (1%, max 2,5 mm); carbone (5%, max 3 mm)	micro-carbone (10-50%)	<i>idem</i> , rivestimenti a mezzaluna laminati giustapposti di argilla impura; pedorelitti subarrotondati limosi con mica e quarzo 1%, 2 mm)	500 µ	1:1,5	porfirica a spazatura doppia
18 IIb	5	<i>idem</i>	piani tra gli aggregati a superficie curva, suborizzontali e subverticali (20%, 10 µ - 5 mm); piani attraverso gli aggregati (5%, 50 µ); canali attraverso gli aggregati (2%, 500 µ - 1,5 mm); vescicole e vughs tra gli aggregati distribuiti parallelamente alla superficie e lungo le pareti dei componenti minerali (5%, 50-800 µ); vescicole dentro gli aggregati con disposizione a ventaglio (2%, 50-800 µ)	<i>idem</i> , calcare microcristallino (50%), selce angolare (2%, 1-25 mm); quarzo metam. arrotondato-subarrotondato (5%, 600 µ - 3 mm)	<i>idem</i>	osso (1%, max 4 mm); carbone (3%, max 500 µ)	micro-carbone (10-50%)	rivestimenti composti limoso argillosi laminati, convoluti nei pori con giustapposti rivestimenti di sparite; rivestimenti di matrice amorfa, organica sulle pareti dei granuli calcarei; riempimenti da passaggio di lombrichi attraverso gli aggregati; pendenti di microsparite alla base del materiale grossolano; pedorelitti prismatici limosi con mica e quarzo (1%, 1,5 mm)	500 µ	1:0,5	porfirica chiusa
25	1, 2, 3	primari: granulari, fini, moderatamente sviluppati; secondari: prismatici subangolari medi con superfici ondulate non adattate, debolmente sviluppati	vuoti intergranulari composti, piani a superficie curva attraverso gli aggregati (10%, max 2 mm); canali e camere attraverso gli aggregati (10%, max 3 mm)	calcare microcristallino subangolare a superficie liscia, (10%, 3 mm - 4 cm); frammenti di calcite planare con superfici corrose, in strati subparalleli alla superficie (40%, 300 µ - 3 cm); selce angolare (1%, 1-25 mm)	microsparite non birifrangente (50%)	osso (1%, max 1 cm); raro carbone max 200 µ)	micro-carbone (2%)	rivestimenti di microsparite laminata, organica, sugli aggregati e sulle superfici del materiale grossolano; noduli calcitici tra gli aggregati, nucleici, geodici e concentrici	500 µ	1:1,5	porfirica, da chiusa ad aperta

(Appendice 1 - continua)
(Appendice 1 - continued)

19	5, 6, 7, 8, 9, 10, 11	primari: lamellari, fini, debolmente sviluppati; secondari: prismatici subangolari medi con superfici ondulate parzialmente adattate, moderatamente sviluppati	piani tra gli aggregati a superficie curva, spesso policoneava, suborizzontali e subverticali (20%, 10 µ - 5 mm); piani attraverso gli aggregati (5%, 50 µ); canali attraverso gli aggregati (2%); vescicole e vughs tra gli aggregati distribuite parallelamente alla superficie e lungo le pareti del materiale grossolano (10%, 50-800 µ); vescicole interne agli aggregati con disposizione a ventaglio (2%, 50-800 µ)	complessa: vermiculare, granulare, prismatica subangolare con tendenza a lamellare	calcare microcristallino subangolare a superficie ondulata, conforfica, con fessurazioni e fratture fini, spesso con fabric lineare in bande subparallele alla superficie (10%, 0,5-12 mm); selce angolare, talvolta fratturata in situ (5%, 1-25 mm); gneiss arrotondato (1%, 600 µ - 1 mm)	sabbia molto fine con limo (10YR 2/1 black); sparite subarrotondata interna e tra gli aggregati con disposizione a ventaglio, in bande e a gruppi (30%); quarzo (5%, 50 µ); muscovite (5%); b-fabric microcristallina localmente con macchiettature isolate	osso (2%, max 4 mm), talvolta fratturato in situ; carbone (1%, max 5 mm)	puntazioni (10-50%)	rivestimenti composti limoso argilloso, organici, laminati, convoluti, con giustapposti rivestimenti di sparite nei pori e osteoni; rivestimenti di matrice amorfa, organica, sulle pareti dei granuli calcarei; riempimenti da passaggio di lombrichi attraverso gli aggregati; riempimenti escrementali attraverso gli aggregati, sciolti, discontinui; noduli calcitici interni agli aggregati, nuclei, geodici e concentrici, talvolta uniti; pendenti di microsparite alla base del materiale grossolano; escrementi elisoidici (max 7 mm) e sferoidali (500-200 µ); residui organici di funghi, tessuti vegetali e gusci (1%)	500 µ	1:1,5	porfirica a spaziatura doppia
19	letto				<i>idem</i> , calcare microcristallino (30%, 0,5-5cm); rostri di belemniti (10%, max 2,2 cm); selce RAV angolare (10%, max 4 cm); selce angolare (2%, 500 µ - 1,5 mm)	<i>idem</i> , muscovite (15%); sparite (10%, 50 µ); sparite subarrotondata (5%)	osso (2%, max 6 mm) di cui 40% parzialmente combusto; carbone (1%, max 1,5 mm)	microcarbone (5%)	microsparite uniti; pendenti di microsparite alla base del materiale grossolano; escrementi elisoidici (max 7 mm) e sferoidali (500-200 µ); residui organici di funghi, tessuti vegetali e gusci (1%)	500 µ	1:1	porfirica chiusa
23	13	prismatici subangolari fini con superfici ondulate parzialmente adattate, moderatamente sviluppati	<i>idem</i> , piani (5%, 50 µ); vughs (20%, 10 µ-5mm)	complessa: vermiculare, prismatica subangolare	<i>idem</i> , selce subangolare RAV (10%, 50 µ - 2 mm); gneiss subarrotondato (1%, max 1,5 mm)	sabbia molto fine con limo (7,5 YR 3/2 dark brown); sparite subarrotondata (60%); quarzo (2%, 50 µ); muscovite (2%); b-fabric microcristallina	osso (1%, 1-4 mm) di cui 40% parzialmente carbonizzata; carbone (0,5%, max 800 µ)	microcarbone (2%)	riempimenti da passaggio di lombrichi attraverso gli aggregati; pedorelitti argillosi con quarzo e mica (1%, max 800 µ); noduli carbonatici	500 µ	1:1,5	porfirica chiusa
24	12	lamellare molto grossa (15 mm) con superfici ondulate parzialmente adattate, moderatamente sviluppati	canali e camere all'interno degli aggregati (20%, 200 µ - 10 mm); piani attraverso gli aggregati (10%, 10 µ - 5 mm)	lamellare	calcare microcristallino subangolare a superficie ondulata (20%, 0,5-8 mm)	sabbia molto fine con limo (7,5 YR 4/3 brown); sparite subarrotondata (20%); quarzo (2%, 50µ); muscovite (2%); b-fabric microcristallina, granostriata	osso (1%, max 400µ); carbone (1%, max 400 µ)	microcarbone (2%), al tetto aumenta al 5%	riestimenti di sparite aciculare sui clasti; rivestimenti a mezzaluna di argilla impura laminata nei canali e a capello uniti sui granuli calcarei; riempimenti da passaggio di lombrichi attraverso gli aggregati; noduli carbonatici	500 µ	1:1	porfirica a spaziatura singola, porfirica chiusa al letto

