

ISABELLA ASSI*, MARCO BARCELLA*, GIAN BATTISTA BISCHETTI**,
ROBERTO COMOLLI*, LODOVICA FOLLADORI*, FRANCO PREVITALI*

SUOLI E AMBIENTE DELLA VAL GROSINA (Sondrio)

RIASSUNTO - Nel presente lavoro vengono descritti quattro ambienti, dotati di elevata rappresentatività fisiografica di una tipica valle alpina, situati nel bacino del torrente Roasco Orientale (Val Grosina, Sondrio). Ogni sito viene descritto negli aspetti geolitologici e geomorfologici, climatici, pedologici, vegetazionali e antropici. Vengono inoltre esaminate alcune delle interrelazioni esistenti tra i principali fattori della pedogenesi.

SUMMARY - Soils and environment of Grosina Valley (Sondrio - Northern Italy). Four typical alpine environments of the basin of the Eastern Roasco River are presented here. Every site is described in its geolithological, geomorphological, climatic, pedological, vegetational and anthropic aspects. Moreover, some relationships between soil formation factors are outlined.

PREMESSA

Nell'ambito del Convegno "Contributi della scienza del suolo allo studio e alla difesa dei territori montani e collinari" – organizzato a Milano dalla Società Italiana della Scienza del Suolo e dal Dipartimento di Scienze dell'Ambiente e del Territorio dell'Università di Milano – è stata organizzata un'escursione di studio nella Val Grosina Orientale (fig. 1). Sono stati presentati ed illustrati quattro siti esemplari della valle, descritti negli aspetti ambientali che li caratterizzano. Tali osservazioni costituiscono l'impianto del presente lavoro.

ELEMENTI GEOLITOLOGICI E TETTONICI

Le formazioni di Val Grosina appartengono, dal punto di vista strutturale, al **DOMINIO AUSTRALPINO SUPERIORE** (BONSIGNORE *et al.*, 1969; BELTRAMI *et al.*, 1971; FORCELLA *et al.*, 1977; POZZI *et al.*, 1990). Tale unità è localmente separabile nei due sistemi:

1. **Sistema di Scarl-Umbrail**, includente il *Cristallino di Grosina*, il quale è suddiviso nei due membri:

- a - "Membro delle Migmatiti di Vernuga", prevalentemente costituito da gneiss occhiadini a due miche e gneiss granitoidi;

* Dipartimento di Scienze dell'Ambiente e del Territorio - Università degli Studi di Milano

** Istituto di Idraulica Agraria - Università degli Studi di Milano

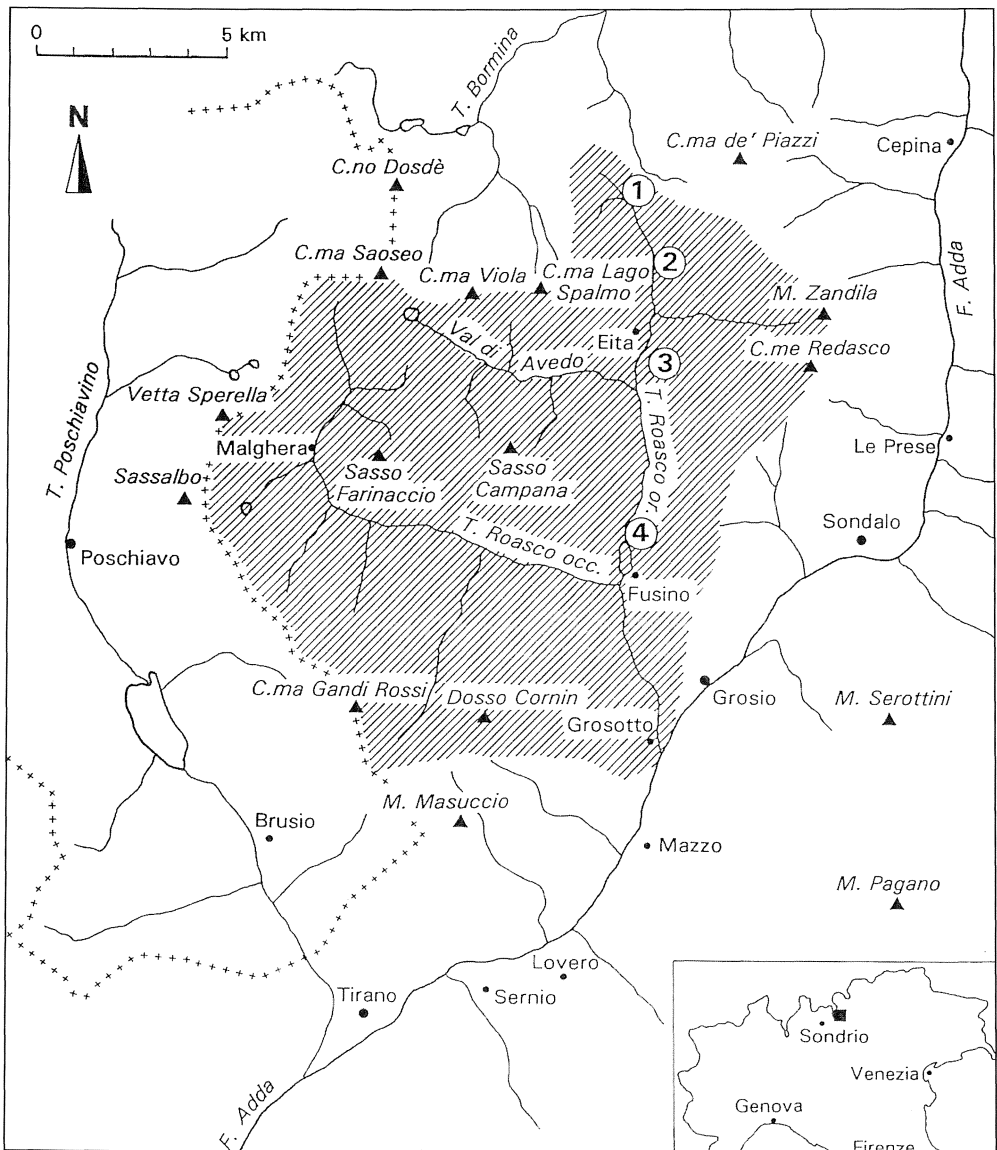


Fig. 1 - Area di rilevamento (scala approssimativa 1:144.000). È riportata l'ubicazione dei 4 siti descritti.

b - "Membro degli Gneiss di Monte Storile", principalmente composto da paragneiss granatiferi minuti.

2. **Sistema di Languard-Tonale**, entro il quale è incluso il *Cristallino del Tonale*, comprendente a propria volta:

- a - “Gneiss del Monte Tonale”, a gneiss e micascisti sillimanitici a due miche, gneiss muscovitici e milonitici, con intercalazioni di anfiboliti e gneiss anfibolitici;
- b - “Formazione della Punta di Pietra Rossa”, composta da micascisti filladico muscovitico-cloritici, gneiss biotitici minuti, gneiss occhiadini a due miche, gneiss cloritici listati, filadi carbonioso-quarzifere cataclastiche, quarziti;
- c - “Micascisti della Cima Rovaia”, a micascisti muscovitico-granatiferi nodulari.

L'età dei complessi metamorfici è stata collocata fra l'Algonkiano Inferiore e l'Ordoviciano Superiore (GREGNANIN e MONTRASIO, 1990).

Inoltre, sono presenti limitati affioramenti del “Gabbro di Monte Masuccio”, appartenente ad un plutone tardo-ercinico. Ne fanno parte gabbri anfibolici, gabbro-dioriti, dioriti e differenziati acidi.

L'assetto tettonico principale si è venuto definendo con ripetute fasi di movimento da sud verso nord e successive retroflessioni da nord verso sud.

Alla morfogenesi glaciale e periglaciale – che in altre parti della Valtellina ha lasciato forme attualmente ben conservate – qui si è sovrapposta una attiva morfoneotettonica (FORCELLA *et al.*, 1977; FORCELLA, 1984; FOSSATI e MANNUCCI, 1996; POZZI *et al.*, 1990). Localmente, infatti, si osservano: dissimmetrie distributive dei depositi morenici lungo i fianchi delle valli (POZZI *et al.*, 1990); pareti subverticali su miloniti e cataclasi (FOSSATI e MANNUCCI, 1996); notevole produzione di detrito lungo i versanti; intensa attività microsismica (FORCELLA, 1984). Sembrano poi non potersi escludere presenze di movimenti gravitativi profondi di versante (“sackung”).

Le principali linee di dislocazione tettonica sono rappresentate da:

- a - *Linea Insubrica*, faglia con componente trascorrente che separa le Alpi meridionali dalle Alpi s.s.;
- b - *Linea del Mortirolo*, subparallela e corrente a nord della precedente.

Nel territorio in oggetto, i sistemi di dislocazione, fitti e numerosi, appaiono riuniti lungo le direzioni prevalenti NO-SE, NE-SO, N-S. L'intensa tettonizzazione accelera i processi di degradazione fisica delle rocce affioranti ed orienta fortemente le direzioni di sviluppo del reticolo idrografico.

INQUADRAMENTO GEOMORFOLOGICO

La Val Grosina è una valle laterale destra dell'Alta Valtellina, dominata dalle vette della Cima Viola (3.374 m) e del Pizzo Dosdè (3.280 m).

La valle, nei pressi del bacino artificiale di Fusino, si suddivide in Val Grosina Occidentale (orientata E-O) e in Val Grosina Orientale (orientata N-S), entrambe confinanti con la Val Viola (Passo Dosdè e Passo Verva).

La fisionomia morfologica della Val Grosina mostra ancora molto evidente l'impronta del glacialismo passato. Il profilo trasversale a truogolo, il profilo longitudinale a gradinata, le valli tributarie sospese sulla principale, i circhi, le rocce montonate striate, i terrazzi glaciali, gli apparati morenici, le conche di sovraescavazione sono tutte tracce delle numerose fasi di avanzata glaciale che hanno interessato la valle durante il Pleistocene. In tale periodo infatti un grande ghiacciaio dalla Val Viola, oltrepassando il Passo Verva, occupava l'intera Val Grosina e confluiva con quello che discendeva la Valtellina.

Il passaggio all'Olocene vede il ritiro della lingua glaciale principale dalla Val Grosina

con la formazione di piccoli apparati glaciali alle pendici delle più alte creste rocciose alla testata della valle.

In risposta ad una recrudescenza climatica che ha interessato l'intervallo di tempo tra il 1550 e il 1850 (Piccola Età Glaciale), i ghiacciai hanno avanzato le loro fronti e raggiunto le posizioni più estreme di tutto l'arco dell'Olocene. A testimonianza di ciò sono rimasti, tuttora ben conservati, gli apparati morenici terminali. Dal 1850 in poi i ghiacciai sono stati soggetti a un lento e costante ritiro ancora in atto, intervallato da due brevi fasi di avanzata negli anni '20 e '75-'85. Oggi i ghiacciai rivestono un ruolo molto modesto nell'azione modellatrice del paesaggio essendo ridotti sia in numero (solo due apparati sono ancora presenti: Ghiacciaio del Lago Spalmo, nella Val Grosina Occidentale, e Ghiacciaio del Lago Calosso, nella Val Grosina Orientale), sia in superficie (la loro area è riconducibile solo a poche decine di ettari).

I pochi cordoni morenici tardo-würmiani preservati dall'erosione, quelli relativi alla Piccola Età Glaciale meglio conservati e visibili, occupano principalmente i circhi delle valli laterali.

Morfologie di erosione glaciale frequenti in Val Grosina sono i circhi e le conche di escavazione. I circhi sono delimitati da creste prevalentemente affilate, sono caratterizzati dalla presenza di depositi glaciali e periglaciali, più o meno organizzati, e ospitano in alcuni casi il ghiacciaio che li ha originati o semplicemente un laghetto in roccia o di sbarramento morenico.

I circhi di maggiori dimensioni sono: il Circo del Calosso Superiore, il Circo di Cassavrolo, il Circo del Lago Spalmo.

La distribuzione dei circhi glaciali non è uniforme rispetto all'asse della Valle Grosina Orientale: sul versante orientale predominano forme che hanno mantenuto la loro fisionomia originaria (circhi che raggiungono dimensioni anche notevoli, come quello di Cassavrolo, largo 600 m), su quello occidentale i circhi sono più antichi e quindi maggiormente smantellati dall'erosione, con eccezione del Circo di Calosso, occupato ancora dal ghiacciaio.

Queste differenze possono essere ricercate nella distribuzione dei litotipi predominanti nella valle, nell'esposizione e in qualche caso nell'assetto tettonico locale.

Altre significative forme di origine glaciale sono le conche di sovraescavazione, che conferiscono al tratto superiore della valle un aspetto a gradinata. Il limite delle soglie è spesso costituito da rocce montonate e da scarpate d'erosione, la cui genesi è legata a sistemi di faglie e fratture.

Talora le conche sono sede di laghetti e paludi o possono essere state colmate da depositi alluvionali. Di particolare interesse per le loro dimensioni, sono la conca di Eita a 1.700 m di quota e, separata da una soglia in roccia di 100 m in altezza e 250-300 m in larghezza, quella immediatamente sottostante posta a quota 1.580 m.

Dimensioni minori hanno, invece, le conche delle valli laterali, occupate attualmente da laghi, come quelle del Lago Nero (2.560 m) e del Lago Calosso (2.303 m).

Lungo il ripiano tettonico a quota 1.950 m, ad E del rifugio Falck, è possibile osservare rocce a dorso di balena con strie orientate S-SO.

Evidenti rocce montonate, associate a strie con direzione N-S, sono poi visibili al Passo Verva (2.289 m) a testimonianza della transfluenza del ghiacciaio della Val Viola durante il massimo würmiano.

Le caratteristiche climatiche della Val Grosina, interessata alle alte quote da basse temperature ed escursioni termiche elevate, insieme all'assetto litostrutturale del substrato (metamorfiti spesso cataclatate e milonitizzate), hanno creato condizioni idonee allo sviluppo dei tipici processi periglaciali.

La produzione di una notevole quantità di detriti e la rielaborazione dei versanti ad opera di fenomeni gravitativi ha portato alla formazione e all'attuale alimentazione di estese fasce detritiche, spesso coalescenti tra loro. Il grado di copertura vegetale permette di distinguere i coni e le falde attivi, situati oltre i 2.400-2.500 m, dalle forme inattive, situate per lo più a quo-

te inferiori. Alla formazione degli accumuli e alla loro messa in posto contribuiscono, oltre al crioclastismo e alla gravità, le valanghe, soprattutto in aree sotto cresta. Depositi glaciali e cordoni morenici vengono localmente erosi e obliterati dalla presenza delle falde.

Le forme inattive, ricoperte più o meno estesamente dalla vegetazione, vengono talora incise da solchi di ruscellamento anche profondi (ai piedi del Sasso Calosso e Sasso di Castro); le forme attive, costituite da materiale incoerente, vengono rimobilizzate per effetto di precipitazioni intense e danno luogo a *debris flows* (Val Cassavrolo, conoide del Sasso Maurigno, Val Verva).

Morfologie legate all'ambiente periglaciale molto diffuse in Val Grosina e nella zona del Passo Verva sono i *rockglaciers*, o ghiacciai di pietra: in tutta la valle ne sono stati rinvenuti una ventina ubicati in prevalenza sul versante E della Val Grosina Orientale. Le forme attive, cioè attualmente dotate di movimento, occupano il fondo dei circhi più elevati, mentre le forme inattive e quelle fossili – ormai prive di movimento le prime e anche di ghiaccio al loro interno le seconde – sono presenti ai piedi di pareti rocciose, di falde detritiche o lungo il fondovalle delle valli laterali.

Da segnalare la presenza di *rockglaciers* complessi, che sono costituiti da diverse colate sovrapposte dovute a differenti episodi freddi, presso il Circo del Dosso dell'Oca, il Pizzo Coppetto-Sasso Maurigno, i Corni di Verva (Val Verva).

La morfologia attuale della Val Grosina è però il frutto, oltre che dell'azione glaciale e periglaciale, anche di quella fluviale. Il reticolato idrografico risente dell'assetto strutturale del territorio, spesso sono infatti presenti forre in roccia come nel tratto terminale della valle allo sbocco nella Valtellina.

Frequenti sono anche i depositi fluviali, quali quelli alluvionali e quelli legati alla formazione di conoidi, rimossi o terrazzati dall'azione erosiva dello stesso Torrente Roasco.

CARATTERI CLIMATICI E PEDOCLIMATICI

Il clima della valle è stato caratterizzato facendo ricorso ai dati disponibili per alcune stazioni di rilevamento: in particolare a quelli relativi a Fusino, nella parte interna della valle, e a Grosotto, al suo sbocco sulla Valtellina. Il clima è di tipo centroalpino (BELLONI E PELFINI, 1987), con precipitazioni medio-basse (800-1.000 mm alle quote dei maggenghi e dei pascoli bassi), più consistenti in primavera ed estate. Dal punto di vista termico, l'escursione media annua si aggira sui 20°C nella parte bassa della valle e va diminuendo quanto più ci si porta verso il suo interno e a quote più elevate, secondo il noto fenomeno di aumento dell'oceanicità con l'altitudine.

Dopo aver individuato equazioni empiriche di regressione fra i principali parametri climatici e la quota, corrette in base ai caratteri topografici stagionali (quantità di radiazione solare ricevuta dalla superficie del terreno) e valide nell'ambito dell'intera Val Grosina, è stato possibile valutare il pedoclima dei suoli studiati. Il regime di umidità è di norma udico (precipitazioni sufficienti per la normale crescita della vegetazione), se non perudico (precipitazioni eccedenti l'evapotraspirazione in ogni mese dell'anno): ciò non toglie che in alcune annate più siccitose, specialmente su suoli sottili ed esposti a meridione, possano manifestarsi segni di carenza idrica (peraltro testimoniati storicamente: si veda al riguardo, in questo stesso articolo, il brano di A. Serpieri, scritto nel 1903). Il regime di temperatura è un po' più articolato: mesico (temperatura media annua del suolo superiore a 8°C) fino a poco sopra i 1.100 m di quota, passa a frigidico o crycico più in alto, diventando pergelico (media annua inferiore allo zero) oltre i 2.500 m (BILLAUX, 1975).

ASPETTI VEGETAZIONALI

La flora e la vegetazione che possiamo osservare oggi in Valle Grosina è frutto della ricolonizzazione olocenica della vegetazione, che ha seguito l'ultimo degli eventi glaciali del quaternario. Questi eventi sono in grado di spiegare tra le altre cose il numeroso contingente di specie a distribuzione artico-alpina presenti nella flora attuale. Alcune di queste sono oggi presenti come veri e propri relictivi glaciali, quali ad esempio *Linnea borealis*, *Pinus cembra*, *Vaccinium oxycoccos*.

Il substrato roccioso di tipo silicatico consente lo sviluppo di vegetazioni di tipo acidofilo, mentre gli elementi a ecologia neutro-basofila sono limitati a qualche specie, quale ad esempio *Anthyllis alpestris*, o a qualche limitatissimo lembo di vegetazione nei pressi dei rari affioramenti di calcari metamorfici. Peraltro esempi ben sviluppati di vegetazione calcifila si rinvennero sul m.te Sassalb, in Valle di Poschiavo, immediatamente al di là dello spartiacque.

In valle Grosina sono presenti principalmente quattro piani altitudinali caratterizzati da gruppi di vegetazione ben differenziati.

Il piano montano si sviluppa dal fondovalle e, fino ai 1.400 metri, è caratterizzato dai boschi di latifoglie costituiti principalmente da querce e tigli mentre, negli impluvi, si hanno formazioni a dominanza di frassino. Da segnalare la mancanza del faggio, tipica essenza mesofila che non tollera climi di tipo continentale. Sui versanti con esposizione verso meridione, soprattutto presso lo sbocco sulla Valtellina, sono presenti pinete a pino silvestre, che confermano il carattere di continentalità del clima. Verso la parte superiore di questo orizzonte, al di sopra dei 1.400 metri, si hanno formazioni boschive dense dominate dall'Abete rosso.

Il piano subalpino si estende tra i 1.700 e i 2.000-2.200 metri ed è caratterizzato da boschi di Abete rosso, più diradati rispetto ai precedenti, che presentano un sottobosco formato da ericacee. Essi che vengono sostituiti, salendo in quota, da lariceti che segnano il limite superiore delle formazioni arboree. Come è frequente sulle Alpi, questo limite spesso è stato abbassato artificialmente dall'azione antropica, soprattutto al fine di ricavare nuovi pascoli.

Sopra il limite del bosco si sviluppa una fascia, detta degli arbusti contorti, caratterizzata da varie ericacee, in particolare rododendro e varie specie di mirtillo.

Il piano alpino si estende oltre i 2.200 metri ed è caratterizzato dalla presenza di praterie naturali, principalmente a *Carex curvula*. Un tipico adattamento delle specie vegetali che crescono nel piano alpino consiste nella riduzione di dimensioni, soprattutto delle parti aeree, fenomeno noto come "nanismo delle piante alpine".

Nelle zone più elevate, nel piano nivale, si ha una vegetazione periglaciale di tipo discontinuo, caratterizzata da *Androsace alpina* ed altre specie a pulvino. L'attività degli agenti geomorfologici e la forte energia delle superfici impediscono spesso anche l'espressione di questa stentata vegetazione.

LA VEGETAZIONE PERIGLACIALE E NIVALE

Androsacetum alpinae Br.-Bl. 1918

Salicetum herbaceae Br.-Bl. 1913

Polytrichetum sexangularis Br.-Bl. 1926

La vegetazione periglaciale caratterizzata da *Androsace alpina* in Valle Grosina è limitata alle creste e agli sfasciumi delle zone più elevate. Le piante a cuscinetto danno una caratteristica fisionomia a questa vegetazione molto rada, che indica l'efficacia di questa forma biologica nel resistere all'inclemenza del clima alpino. Il contingente floristico è limitato a poche specie di fanerogame, a cui si accompagna il caratteristico lichene *Solorina crocea*.

In situazioni ambientali meno estreme, ma con prolungata copertura nevosa, si sviluppa la vegetazione specializzata delle "vallette nivali", costituita da specie capaci di vegetare e ri-

prodursi nella brevissima stagione di assenza delle nevi. Generalmente queste si rinvengono a partire dai 2.400 metri, in situazioni morfologiche idonee, mentre salendo di quota divengono progressivamente più diffuse, fino ad occupare tutte le superfici caratterizzate da prolungato innevamento. Il limite superiore è a diretto contatto con la vegetazione periglaciale. La specie guida è costituita da *Salix herbacea*, a cui si accompagnano *Arenaria biflora*, *Gentiana bavarica*, *Gnaphalium supinum*, *Soldanella pusilla*.

In situazioni di innevamento ancora maggiore si ha una completa dominanza della briofita *Polytrichum norvegicum*, ed una ulteriore riduzione della complessità floristica.

LE PRATERIE ALPINE

Sopra il limite degli alberi la distribuzione della vegetazione dipende principalmente dalla topografia e dai fattori geomorfologici. Fattori climatici come il vento e la copertura nevosa sono influenzati fortemente dal rilievo, e danno origine a una serie di microclimi e microambienti dove le condizioni variano significativamente anche in aree ristrette. Questo causa la formazione di “mosaici vegetazionali”, con la possibilità di distinguere molte ecofacies differenti.

Dal punto di vista climatico la durata della copertura nevosa ed il gelo del terreno sono determinanti per la lunghezza del periodo vegetativo, che rappresenta un fattore cruciale per molte specie.

Gli ambienti alpini presentano una stagionalità sia della produttività che della quantità di nutrienti. Non è chiaro quanto i nutrienti siano limitanti sulla produttività. Gli studi esistenti suggeriscono che questi ambienti siano “deserti nutrizionali” dove i vegetali sono sempre al limite dell’insufficienza di elementi essenziali, soprattutto azoto e fosforo, nonostante il suolo non sia particolarmente deficiente di questi nutrienti, che però sono in gran parte in forma non assimilabile (TIESZEN e DETLING, 1983).

I pascoli a carice ricurva

Caricetum curvulae Bk.-Jer. 1907

Nell’area di studio questa formazione climacica è presente tra i 2.400 ed i 2.800 metri di quota, dove i curvuleti costituiscono la formazione vegetale dominante.

Verso il limite inferiore di distribuzione sono legati a superfici ben innevate, e sono caratterizzati dalla co-dominanza di un’altra carice, *C. sempervirens*, specie maggiormente termofila che si rinviene frequentemente anche in altre tipologie, come i nardeti e le praterie a *Festuca varia*.

I curvuleti tipici presentano una composizione floristica ben definita, in cui le specie più frequenti sono *Agrostis rupestris*, *Senecio incanus*, *Oreochloa disticha*, *Phyteuma globulariifolium*, *Pedicularis kernerii*.

Al di sopra dei 2.600 metri tendono a frammentarsi, riuscendo a formare praterie dal coticchio continuo soltanto sui dossi precocemente liberi dalla neve, spesso con la presenza di *Elyna myosuroides*. Al di fuori di questa situazione morfologica si possono ancora ritrovare curvuleti impoveriti, sotto forma delle associazioni dell’orizzonte subnivale, ovvero degli igrocurvuleti e dei curvuleti subnivali.

Secondo GRABHERR (1989) i curvuleti sono dominati, nei loro processi biologici, dalle graminoidi longeve e formanti cloni, che determinano i processi ed il mantenimento del sistema. Le altre specie devono competere per gli spazi rimasti liberi.

Generalmente occupano superfici stabili geomorfologicamente, su cui si possono formare suoli con orizzonti ben espressi.

La composizione floristica dei curvuleti grosini è caratterizzata dalla mancanza delle specie di primule che sono tipiche di questa fascia di vegetazione sul versante opposto della Val-

tellina: *Primula glutinosa* e *P. daonensis*, sono infatti totalmente assenti, e con esse manca la caratterizzazione fisionomica che hanno i primulo-curvuleti presenti ad esempio nella Valfurva, dove queste specie raggiungono coperture elevate. Le primule che si rinvencono sono *P. latifolia* e *P. hirsuta*, che sono però piuttosto infrequenti.

Il *Festucetum halleri* è un'associazione che dovrebbe occupare una fascia intermedia tra i nardeti ed i curvuleti. In Valle Grosina, pur essendo stata rilevata, a volte con coperture elevate, la specie caratterizzante, *Festuca halleri*, non sembra essere presente con un insieme di specie caratteristiche tali da derivarne una netta differenziazione floristica.

I curvuleti di quota

Caricetum curvulae hygrocurvuletosum Br.-Bl. 1926

Caricetum curvulae subnivale Br.-Bl. 1926

Caricetum curvulae elynetosum Br.-Bl. 1926

L'igro-curvuleto è un'associazione localizzata in situazioni morfologiche caratterizzate da un notevole innevamento, formando una fascia di transizione alla vegetazione delle vallette nivali dominata da *Salix herbacea*.

Si differenziano fisionomicamente dai curvuleti tipici per la discontinuità del cotico erboso, a cui corrisponde a livello floristico una maggiore presenza di indicatori nivali, ovvero delle specie caratteristiche del *Salicion herbaceae*.

I curvuleti subnivali rappresentano l'aspetto di quota dei pascoli a carice curvula, che sono divenuti frammentari a causa dell'aggressività dei fattori climatici e geomorfologici; si incontrano generalmente sopra i 2.700 metri di quota.

A livello floristico sono ben evidenziati dalla presenza di specie a cuscinetto quali *Saxifraga bryoides* e *Minuartia sedoides*.

Sembrano costituire la normale fascia di transizione alla vegetazione periglaciale, costituita principalmente dalle formazioni ad *Androsace alpina*.

In situazioni di cresta compare con una certa frequenza *Elyna myosuroides*, ciperacea in grado di resistere in modo notevole all'azione dissecante del vento. Su rocce silicee non sembra riuscire a formare le formazioni tipiche che si rinvencono sui substrati calcarei, ma piuttosto si inserisce in una vegetazione povera floristicamente, con una notevole presenza di specie caratteristiche dei curvuleti.

I pascoli a nardo

Nardetum alpigenum Br.-Bl. 1926

I pascoli a nardo rappresentano le tipiche praterie secondarie presenti dal piano montano alla parte inferiore del piano alpino, determinate e mantenute dall'azione del pascolo del bestiame. A livello fisionomico sono dominate dalla presenza del nardo, graminacea capace di raggiungere coperture anche molto elevate, che vengono generalmente considerate come indice di degradazione del pascolo. Il tipo di gestione a cui è sottoposto il pascolo ha sensibili effetti sulla sua composizione; ne risulta un distinto gradiente floristico che va dalle zone sovraccaricate alle zone poco utilizzate o utilizzate in passato dalla pastorizia, queste ultime oggi generalmente caratterizzate dal progressivo inarbastamento. I suoli risultano spesso disturbati dall'azione del pascolo, con la creazione di sentieramenti fitti e rotture del cotico erboso che possono innescare fenomeni erosivi.

Floristicamente sono caratterizzati da *Leontodon helveticus*, *Potentilla aurea*, *Arnica montana*, *Carex sempervirens*, oltre che da buone foraggere quali *Trifolium alpinum* e *Anthoxanthum alpinum*.

Le prateria a festuca varia

Festucetum variae (Bk.-Jer. 1907) Br.-Bl. 49

Sono praterie diffuse sui quadranti meridionali, soprattutto in condizioni di forte pendenza, a partire dal limite superiore del bosco e fino al limite superiore delle formazioni erbacee chiuse.

Sul versante meridionale delle Alpi formano estese praterie, mentre sulle Alpi Retiche, probabilmente per cause climatiche, sono meno diffuse. Comunque in valle sono presenti su ampie superfici e raggiungono quote ragguardevoli (sono state rilevate fino a 2.650-2.700 m) su forti pendenze in buona esposizione.

Il gruppo che caratterizza floristicamente queste formazioni è costituito da *Laserpitium halleri*, *Pedicularis tuberosa*, *Bupleurum stellatum*, *Juncus trifidus*. Fisionomicamente sono caratterizzate dalla dominanza di *Festuca varia*.

Dal punto di vista pedologico sono formazioni molto interessanti perché usualmente presentano suoli sensibilmente diversi da quelli dei pascoli circostanti, con un notevole sviluppo di orizzonti ricchi in sostanza organica, spesso a diretto contatto con il substrato.

I prati sfalciati

Trisetetum flavescens Bk.-Jer. 1907

I prati sfalciati al di sopra dei 900 metri e fino al limite altitudinale superiore di queste colture rientrano nel gruppo dei triseteti, per la caratteristica presenza della graminacea *Trisetum flavescens*.

Questa associazione vegetale, di chiara origine antropogena, deve il suo mantenimento all'azione continua dell'uomo, che attraverso lo sfalcio seleziona una componente floristica peculiare, formata essenzialmente dalle specie in grado di riprodursi per via vegetativa, generalmente stolonifere.

In Valle Grosina lo sfalcio viene compiuto ancora oggi fino a quote vicine ai 2.000 metri e la fienagione viene compiuta da una a tre volte l'anno, anche su prati con pendenze elevate. La diversità floristica è generalmente elevata: tra le varie specie si segnalano *Ranunculus acris*, *Lychnis flos-cuculi*, *Viola tricolor*, *Leucanthemum vulgare*, *Rumex alpestris*. Negli aspetti di quota *Trisetum flavescens* non è stato rilevato.

LA VEGETAZIONE PALUSTRE

Caricion fuscae Kock 1926

Pino mugo-Sphagnetum

In Valle Grosina, non è frequente rinvenire vegetazione di tipo palustre. Generalmente questa è presente sulle rive dei piccoli specchi lacustri di origine glaciale presenti in valle, che in alcuni casi sono già completamente occupati dall'accumulo della torba.

La vegetazione torbigena viene distinta principalmente in base alle specie che in modo maggiore contribuiscono alla formazione della torba.

Le torbiere a carici, o torbiere piane, sono caratterizzate dalla presenza di *Carex fusca* e da varie altre specie di carice quali *C. irrigua*, *C. canescens*, *C. stellulata*, oltre che *Agrostis canina*, *Juncus filiformis*, *Viola palustris*, *Eriophorum angustifolium*.

Decisamente meno comuni sono quelle caratterizzate dagli sfagni, come la vasta torbiera nei pressi del rifugio Falck, senza dubbio uno dei biotopi maggiormente interessanti della valle. Si presenta come una zona umida separata in due parti da un allineamento di rocce montonate dal ghiacciaio würmiano. La parte settentrionale presenta caratteri di maggiore eutrofia

che consente la presenza di un contingente floristico più numeroso. La parte meridionale, derivata evidentemente dall'intorbamento di un laghetto, è spiccatamente oligotrofa, come indicato dalla presenza di alcune specie decisamente rare, come il mirtillo di palude, *Vaccinium oxycoccus*.

La fisionomia di questa torbiera è caratterizzata dagli esemplari di pino mugo che crescono sugli ampi cuscinetti formati dagli sfagni.

Tra le fanerofite caratteristiche si ritrovano anche *Carex microglochin*, *Trichophorum caespitosum*, *Eriophorum vaginatum*. Nella zona centrale, ancora soggetta ad inondazione, la vegetazione torbigena non si manifesta nella sua complessità, e vi si ritrovano ampie zone colonizzate da *Carex rostrata* e muschi torbigeni.

LA VEGETAZIONE ARBUSTIVA

Gli arbusteti a rododendro

Vaccinio-Rhododendretum ferruginei Br.-Bl. 1927

La parte superiore dell'orizzonte subalpino è caratterizzata dalla presenza degli arbusteti dominati fisionomicamente dal rododendro, a cui si associa il mirtillo nero (*Vaccinium myrtillus*).

Lo strato arboreo, quando è presente, è formato da larice o cembro. In Valle Grosina, essendo quest'ultima conifera piuttosto rara, si rinvengono estese formazioni vegetali in cui il larice è l'unica specie arborea. A contatto con l'orizzonte alpino si ritrovano gli arbusteti extrasilvatici, in cui viene a mancare completamente uno strato arboreo. La fisionomia è quindi completamente determinata dal rododendro, che forma densi arbusteti, in cui le ericacee producono la maggior parte della biomassa, lasciando poco spazio per altre specie arbustive od erbacee. Tra queste sono molto frequenti *Juniperus nana*, *Lonicera coerulea*, *Homogone alpina*, *Calamagrostis villosa*.

Gli arbusteti a loiseleuria

Loiseleurio-Cetrarietum Br.-Bl. 1926

Rappresentano l'estremo xerofilo della vegetazione del piano alpino, occupando tipicamente la sommità di dossi spazzati dal vento, spesso precocemente privi di copertura nevosa, che durante l'inverno svolge una funzione fondamentale di protezione. Fisionomicamente sono caratterizzati da *Loiseleuria procumbens*, arbusto a spalliera con evidenti adattamenti xeromorfici che lo rendono particolarmente adatto a questi ambienti, oltre che da altre ericacee, quale ad esempio *Vaccinium uliginosum*. Vi può essere anche una notevole copertura di licheni. La specie che trova l'optimum ecologico in questa situazione è, oltre a *Loiseleuria procumbens*, *Luzula lutea*, oltre ai licheni quali *Cladonia* gr. *islandica* e *Cladonia* gr. *arbuscula*. Rispetto ai rododendro-vaccinieti presentano un numero molto minore di specie per rilievo, evidenziando anche in questo modo la situazione di stress ambientale a cui sono sottoposti.

Nei nostri rilievi è presente con coperture significative *Empetrum hermaphroditum*, che avvicina questa vegetazione ad ericacee agli empetro-vaccinieti descritti da Braun-Blanquet (*Empetro-Vaccinietum* Br.-Bl.26)

I BOSCHI DI CONIFERE

Le peccete

Piceion abietis Pawl. in Pawl. *et al.* 1928

Vaccinio - Piceenion Oberd. 1957

Le associazioni forestali acidofile del piano montano e subalpino sono caratterizzate dalla presenza dell'abete rosso, *Picea excelsa*. Questa conifera è in grado di formare un denso strato arboreo attraverso il quale filtra ben poca luce. Il sottobosco di conseguenza si presenta decisamente rado e povero di specie, tra cui abbondano i muschi. Specie presenti in queste peccete tipiche dell'orizzonte montano sono *Veronica urticifolia*, *Mycelis muralis*, *Lonicera alpigena*. Le peccete montane originano boschi estesi dai 1.400 fino ai 1.700 metri.

Nel piano subalpino i boschi di peccio tendono a diradarsi ed il sottobosco cambia composizione floristica, divenendo dominanti le ericacee (*Vaccinium* ssp., *Rhododendron ferrugineum*). Tra le specie erbacee vanno segnalate *Calamagrostis villosa*, *Luzula nivea*, *Majanthemum bifolium*.

Nello strato arboreo può essere presente il larice, con coperture solitamente non elevate, mentre come già citato, il cembro quantunque abbondante nell'alta Valtellina, in Valle Grosina è decisamente raro. Di conseguenza mancano completamente le cembrete caratteristiche del piano subalpino del Bormiese e del Livignasco.

Il peccio e le ericacee hanno un ruolo fondamentale nei processi di podzolizzazione che spesso si osservano nei suoli, attraverso la produzione di una lettiera lentamente decomponibile, che produce un humus di tipo mor.

I boschi della valle si presentano spesso rimaneggiati, con forte influenza antropica. Soprattutto nella valle di Eita si hanno impianti artificiali di conifere.

Le pinete a pino silvestre

Erico-Pinetum sylvestris Br.-Bl. 1939

Si presentano come formazioni boschive piuttosto fitte, in parte di origine artificiale. Lo strato arboreo è generalmente dominato da *Pinus sylvestris*, a cui si associano esemplari di *Populus tremula*, *Quercus petraea*, *Castanea sativa*, che vanno a costituire anche la parte prevalente dello strato arbustivo. Lo strato erbaceo, molto rarefatto, comprende *Hieracium sylvaticum*, *Polypodium vulgare*, *Monotropa hypopitys*, *Lathyrus montanus*, insieme ad *Avenella flexuosa* e *Luzula nivea*.

TIPOLOGIE PEDOLOGICHE PRINCIPALI

Vengono elencati di seguito, sinteticamente, le principali tipologie di suoli rinvenibili nella Val Grosina.

I suoli meno evoluti sono senz'altro i Leptosols, rinvenibili alle alte quote e sui versanti non stabilizzati, che ricevono frequenti ricoperture di materiali grossolani, scheletrici. Sono diffusi sia il tipo Dystric sia l'Umbric, i quali si differenziano per l'assenza o la presenza di un epipedon umbrico. Molto più rari sono i Lithic Leptosols.

I Cambisols, caratterizzati dal possesso di un orizzonte diagnostico cambico, si ritrovano nelle parti medio-basse della valle, per lo più sotto vegetazione boschiva a latifoglie, oppure erbacea a prato, sempre in situazioni stabili. Sono diffusi sia come Humic (o meglio Umbri-Humic), sia come Dystric Cambisols, distinguibili per la presenza o meno di un epipedon umbrico.

I suoli caratteristici della fascia medio-alta della valle sono i Podzols, che si trovano per lo più sotto vegetazione boschiva a conifere, oppure arbustiva ad ericacee, oltre il limite di crescita degli alberi. Talvolta, di fronte ad un suolo tipo Podzol, si può ipotizzare che il processo di podzolizzazione non sia più in atto, e che quindi il suolo sia policiclico. L'orizzonte albico, colonizzato dalle radici dei vegetali, si trasforma in umbrico; tuttavia, la permanenza di un orizzonte spodico impedisce che l'attribuzione tassonomica sia diversa da quella di Podzol. Si presentano in due tipi fondamentali: Cambic Podzols, privi di orizzonte albico e contemporaneamente privi anche di un sottorizzonte arricchito di sostanza organica (Bhs), e Haplic Podzols, provvisti di orizzonte albico e/o di sottorizzonte Bhs.

Particolarmente importanti, almeno in termini di diffusione relativa, sono i Regosols, suoli che si trovano in una fase ancora iniziale del processo evolutivo. Essi sono privi di orizzonti diagnostici di profondità, possiedono talvolta un epipedon umbrico e hanno un contenuto in scheletro spesso abbondante, ma non tanto da essere classificati come Leptosols. Suoli di questo tipo sono di solito rinvenibili a quote elevate, su substrati di tipo detritico; li si ritrova talvolta anche in situazioni dove i processi erosivi sono molto marcati, la pedogenesi non riesce a progredire e pertanto i suoli sono in una continua fase giovanile.

Altri suoli presenti nell'area, importanti in termini tassonomici ma a limitata diffusione, sono gli Histosols, caratteristici di stazioni dove l'acqua permane durante lunghi periodi nel corso dell'anno e la vegetazione, di tipo igrofilo, si decompone con difficoltà, andando a costituire potenti orizzonti.

ATTIVITÀ ANTROPICHE

Il pascolo del bestiame è, fra le attività antropiche, quella che contribuisce maggiormente alla caratterizzazione del paesaggio montano: molte aree a pascolo, abbandonate a se stesse, vedrebbero in poco tempo il ritorno dell'arbusteto o del bosco.

Nei 12 alpeggi censiti in Val Grosina (superficie pascolata: circa 3.500 ettari), vi è stata nel tempo una marcata diminuzione del carico di bestiame: nel 1978-80 erano presenti 1.073 UBA (Unità Bovine Adulte), a fronte delle 2.153 UBA registrate dallo studio di ARRIGO SERPIERI (1903).

È interessante riprendere alcune delle considerazioni che questi faceva a proposito delle alpi di Val Grosina, e più in particolare di quelle di Grosio, per avere un'idea della situazione d'inizio secolo.

La maggior parte di esse [...] appartengono a quel tipo di alpi che il compianto prof. Gerini chiamava di prima classe, quelle cioè che trovansi nel così detto *cul di sacco* o fondo di valle, in forma di anfiteatro, col quale si iniziano i torrenti alpini. Questi fondi di valle possono certamente essere più o men vasti, più o meno ripidi, ma, di regola, si trovano topograficamente in migliori condizioni di quei pascoli che, situati sopra i ripidi versanti delle maggiori valli, rappresentano non di rado [...] vere stazioni di sboscamento.

[...] Fenomeni di degradazione si manifestano qui, come quasi dappertutto, specialmente con la caduta dalle cime e dai versanti nudi più ripidi sui pascoli sottostanti di frammenti rocciosi, che le valanghe contribuiscono a diffondere. Taluni ripidi versanti sono in preda a un completo sfasciamento: tale p.es. il versante sinistro dell'alpe Eita. [...] In molti luoghi i torrentelli approfondano il loro letto fra sponde che poi scosendono: non si tratta qui, per vero, di grandi frane, essendo le acque nell'ambito delle valli ancora molto suddivise: si tratta più spesso di piccole soluzioni di continuità, di limitati distacchi della cotica erbosa, che spesso tuttavia sono l'inizio di peggiori guai.

[...] L'inizio dell'alpeggio, che in genere segue di pochi giorni (spesso troppo pochi!) il primo sviluppo della vegetazione avviene, per la maggior parte di queste alpi, attorno alla metà di giugno. [...] Intorno alla metà di settembre, [...] la temperatura abbassata, la frequenza delle brine, ecc., rallentano e arrestano la vegetazione e obbligano al discarico dei bovini: capre e pecore spesso rimangono più a lungo al pascolo.

Nelle alpi di Val Grosina ci sono stati spesso accusati danni per prolungata siccità, cosa che non sembra molto frequente in Valtellina.

[...] Il bestiame si abbeverava generalmente all'acqua corrente, senza troppo disagio, e senza bisogno di abbeve-

ratoi speciali.[...] La irrigazione non si eseguisce. Parecchie alpi [...] hanno zone più o meno estese che potrebbero agevolmente irrigarsi, il che dovrebbe ben esser utile, poiché vi si accusano non rari i danni derivanti dalla siccità.

[...] La concimazione lascia molto a desiderare. Nelle alpi godute promiscuamente dai vicini proprietari di maggenghi il bestiame lattifero di regola si ritira nella stalla durante la notte: quello che rimane all'aperto lo si lascia vagare a sua voglia, di guisa che manca qualsiasi regolare stabbiatura. Secondo il regolamento deve spargersi sull'alpe da ciascun proprietario una determinata quantità del letame raccolto nelle stalle dei maggenghi; ma in generale ciò si eseguisce con poca cura; e poi è tanto grande la tentazione di riservar quel letame per i prati privati anziché somministrarlo all'alpe comunale!

[...] La natura della flora rispecchia in gran parte le condizioni esposte sulla concimazione. Buona nelle parti concimate, buona anche, spessissimo, nelle parti non concimate, ma poste assai in alto e non troppo ripide, presenta nel resto grandissime estensioni dominate dal cervino [nardo], e da altrettali piante caratteristiche dei luoghi esauriti in fertilità. È senza dubbio fortissima la superficie di pascolo dove la flora potrebbe, con le dovute cure, esser di gran lunga migliorata.

I siti n. 1 e n. 2 descritti nel presente lavoro fanno capo all'alpeggio di Eita, mentre il n. 3 tocca marginalmente quello di Redasco. Attualmente, a Eita, il carico di bestiame è molto basso e si aggira sulle 50 UBA (Unità Bovine Adulte), a fronte delle 98 censite nel 1980; a inizio secolo il carico era di circa 200 UBA, di cui la metà costituite da equini e ovicaprini (soprattutto pecore). Anche considerando l'aumento del fabbisogno nutritivo del bestiame da inizio secolo a oggi, si può valutare che il carico sia attualmente circa 1/3 di quello esistente cent'anni fa.

La mandria, a Eita, è composta da bovine da latte di razza Bruna, che vengono portate all'alpeggio direttamente dai piccoli proprietari-allevatori di Grosio, i quali si occupano individualmente della cura del bestiame e della mungitura dei pochi (3-4) capi della loro stalla (il capo-malga, responsabile del pascolo, decide soltanto le date di caricamento e di discesa dall'alpe): com'è evidente, il sistema risulta fortemente antieconomico. Il fatto che il pascolo venga praticato in modo estensivo, senza utilizzare recinti, senza spargere deiezioni, senza attuare spietramenti e decespugliamenti, senza fertilizzazione chimica, fa ritenere che sia in atto un sensibile mutamento di caratteristiche vegetazionali.

Per meglio comprendere l'economia agro-pastorale in Val Grosina, è interessante considerare lo spostamento della piccola mandria familiare all'interno della valle nel corso dell'anno: le famiglie di Grosio posseggono un certo numero di baite, disposte a varie quote, e si spostano in questi nuclei con il progredire della stagione. All'inizio si portano nella parte bassa, fino ai maggenghi (1.200-1.400 m di quota); qui rimangono per un certo periodo, fin che la vegetazione erbacea si sviluppa più in quota; poi salgono verso i 1.700-1.800 m, nella parte bassa degli alpeggi. Da qui comincia l'utilizzo dell'alpe; nel mese di luglio vengono toccate le quote più elevate. In seguito si ridiscende, facendo a ritroso lo stesso percorso. Nei maggenghi si rimane fino a novembre inoltrato. Perché il sistema possa funzionare è necessario che in ogni stazione vi sia una certa disponibilità foraggera; quando non di pascolo, deve essere di prato permanente. Lo sfalcio dei prati comporta anche l'utilizzo di superfici a fortissima pendenza, assolutamente non meccanizzabili e sulle quali tutte le operazioni devono essere eseguite manualmente. Il forte attaccamento che la popolazione della Val Grosina manifesta verso le sue terre è evidenziato anche dalla ristrutturazione di numerose baite e dalla manutenzione dei prati all'intorno. Sempre più spesso lo sfalcio di questi prati maggenghi non ha più un significato tecnico-economico, di approvvigionamento di foraggio, quanto piuttosto quello di mantenimento della gestione del territorio: l'erba sfalcata viene pertanto ammonticchiata in loco e lasciata decomporre. Allo stesso modo, anche le baite sono sempre meno utilizzate a fini produttivi, ma si vanno trasformando con rapidità in abitazioni del fine-settimana e per le vacanze estive dei Grosini.

LA DIGA DI VALGROSINA

La “Diga di Val Grosina” (o di Fusino) fa parte di un complesso sistema di serbatoi e condotte dell’Azienda Energetica Municipale di Milano (AEM), finalizzate alla produzione di energia elettrica per la città di Milano.

Il serbatoio riveste un notevole interesse anche in rapporto agli studi relativi ai processi erosivi. Tutti i sedimenti prodotti dal bacino imbrifero della Val Grosina Orientale, infatti, vengono convogliati verso il serbatoio ed il materiale accumulato viene asportato periodicamente. In questo modo è possibile risalire al volume medio annuo di materiale accumulato.

Nel corso delle indagini di cui si riferisce nel presente lavoro è stato effettuato il campionamento del sedimento, che è stato successivamente analizzato sia dal punto di vista granulometrico che mineralogico. Purtroppo, il serbatoio non riceve il contributo del solo t. Eita (o Roasco orientale), ma anche di altri bacini, secondo uno schema piuttosto complesso. Al fine di poter distinguere il contributo dei diversi affluenti si è quindi reso necessario condurre un approfondito studio sui meccanismi di afflusso liquido e solido al serbatoio.

CARATTERISTICHE DELL’IMPIANTO

La funzione del serbatoio (la cui posizione nell’ambito dell’intero sistema idroelettrico dell’Alta Valtellina è riportata in fig. 2), è quella di consentire la regolazione giornaliera e settimanale delle portate fluenti verso la sottostante centrale di Grosio. Poiché infatti, le richieste di energia elettrica da parte della città di Milano risultano maggiori durante le ore diurne dei giorni lavorativi, la derivazione deve poter avvenire con una certa elasticità.

L’invaso è stato costruito tra il 1958 e il 1959, e nei primi mesi del 1960 sono iniziati i primi invasi sperimentali. La tipologia costruttiva (CONTESSINI, 1961; BARIOLI, 1963) è quella della diga di ritenuta a gravità alleggerita (a speroni o contrafforti), con larghezza al coronamento di 262 m (450 m compresi gli ammorsamenti laterali) ed altezza massima di 51,5 m (48 m sul livello originario della valle e 77 m dalla roccia). La capacità dell’invaso è 1,2 milioni di m³, contro gli 1,4 previsti nel progetto originario.

SCHEMA DEI FLUSSI IDRICI

L’invaso, oltre ai deflussi provenienti dal bacino imbrifero del t. Eita, riceve le acque provenienti dalla Val Grosina Occidentale (t. Sacco) e dal canale sotterraneo Premadio-Val Grosina (fig. 3). Quest’ultimo ha una lunghezza di oltre 20 km, e convoglia acque di diversa provenienza. Alla sua origine, il canale raccoglie gli scarichi provenienti dalla centrale di Premadio (che utilizza le acque dei Serbatoi di S. Giacomo e di Cancano), le acque dell’Adda a valle di Bormio, e le acque provenienti dalla V. Viola non deviate verso il serbatoio di Cancano; dopo circa un quarto del suo percorso si congiunge con il canale sotterraneo Frodolfo-Vallecetta, che convoglia le acque derivate dal t. Frodolfo a monte di Bormio e del t. Vallecetta. Nel restante tratto, prima di confluire nella diga di Val Grosina, il canale raccoglie alcune derivazioni minori in sponda destra dell’Adda: t. Massaniga, t. Vendrello e t. Migiondo.

Le portate di progetto derivabili di ciascun punto di ingresso sono riportate in Tabella I.

Annualmente, il serbatoio riceve circa 646 milioni di m³, dei quali circa il 10% proviene dalla Val di Sacco, il 10% dal t. Eita e l’80% dal canale Premadio-Val Grosina. In fig. 4 sono riportati volumi medi giornalieri (1987-1994) immessi nell’invaso dai tre punti di ingresso.

L’azzeramento degli afflussi, che si verifica alla metà del mese di agosto, corrisponde al periodo nel quale l’invaso viene prosciugato per rimuovere i sedimenti accumulati.

Per quanto riguarda le caratteristiche torbidometriche di tali acque, non è stato possibile

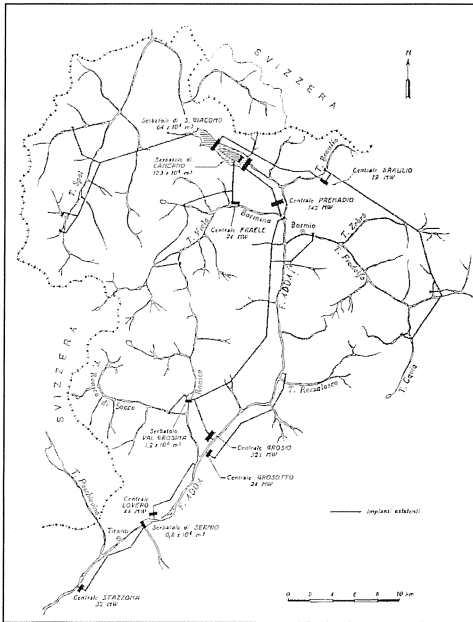


Fig. 2 - Schema del sistema idroelettrico AEM dell'Alta Valtellina (modificato da BARIOLI, 1963).

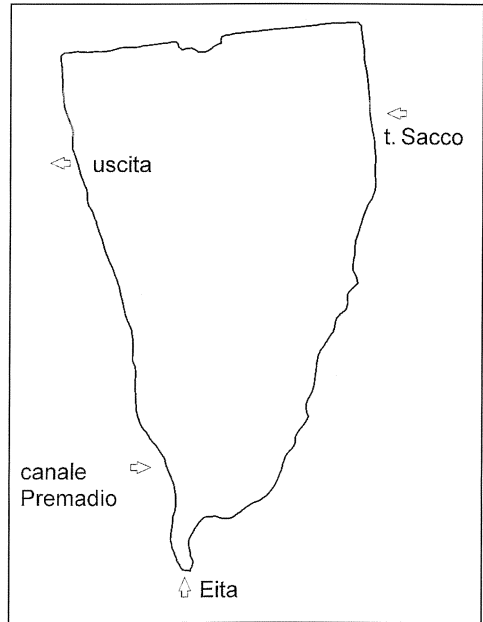


Fig. 3 - Schema degli afflussi alla "Diga di Valgrosina" a Fusino.

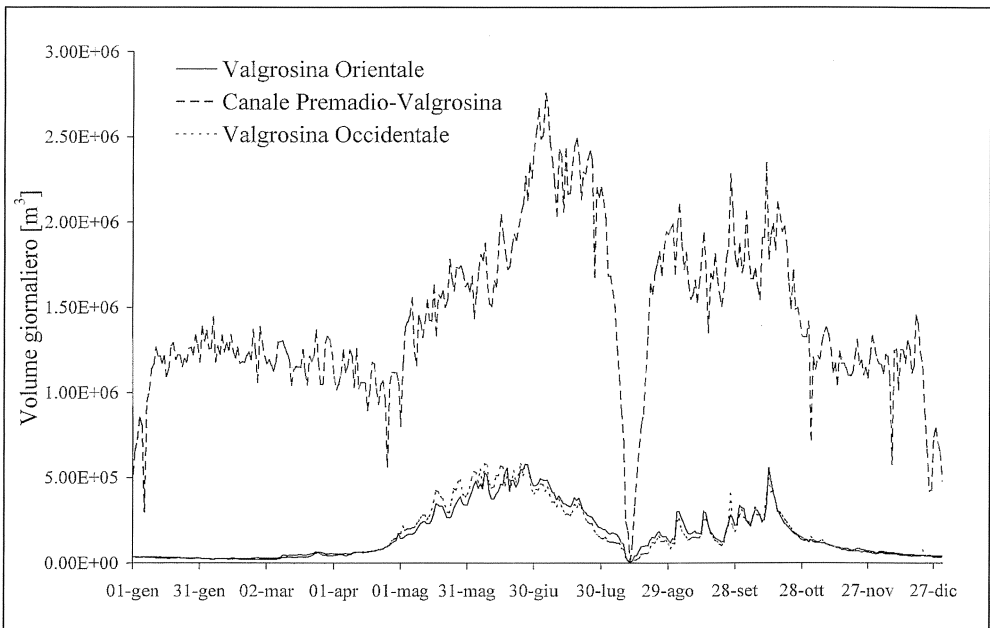


Fig. 4 - Volumi giornalieri medi (1987-1994) affluenti il serbatoio.

Tabella I. Valori della portata di progetto delle opere di presa.

Presa	Portata derivabile [m³/s]	Portata max di piena [m³/s]
Premadio	26	
Adda	10	340
Viola	14	325
t. Frodolfo	12	380
t. Vallecetta	1	12
t. Massaniga	2	30
t. Vendrello	1	10
t. Migiondo	1	10
Canale (con immissione sopra il livello d'invaso)	67	
Canale (con immissione sopra il livello d'invaso)	45-63	

Tabella II. Volumi di sedimento asportati dal serbatoio.

anno	1989	1991	1992	1994
volume asportato [m ³]	8.000	20.000	10.000	20.000

Tabella III. Composizione del campione medio

	media [%]	scarto
ghiaia	11.64	13.66
sabbia	44.30	25.21
limo	28.61	18.33
argilla	15.32	20.26
sostanza organica	0.55	0.53
smectiti	6.07	1.62
illiti	33.96	4.53
clorite	12.58	4.93
caolinite	1.29	0.49
quarzo	34.29	7.16
feldspati	8.07	4.99
calcite	3.73	2.30

verificare con esattezza la quantità di sedimento trasportato. Tuttavia, al fine di valutare la possibilità che gli affluenti possano convogliare una certa quantità di materiale in sospensione, sono stati effettuati alcuni prelievi nei punti di immissione al serbatoio. Nel caso del canale Premadio-Val Grosina, poiché l'immissione avviene al di sotto del livello del serbatoio, i campioni sono stati prelevati all'imbocco del canale dove si mischiano le acque provenienti dagli scarichi della centrale di Premadio, dal t. Viola e dall'Adda, e alla presa sul t. Frodolfo. I risultati dei prelievi, effettuati nelle quattro stagioni e con portata ordinaria, mettono in evidenza l'assenza di trasporto in sospensione. Poiché le acque del t. Viola, del t. Frodolfo e dell'Adda sono derivate a valle di centri abitati privi di depuratore, si è anche verificato che l'apporto di sostanza organica da parte degli affluenti non fosse significativo.

In effetti, circa la metà del contributo extra-bacino proviene dai serbatoi di S. Giacomo e Cancano (in cui si ha sedimentazione) attraverso la centrale di Premadio, ed è quindi costituito da acqua sostanzialmente limpida. Per quanto riguarda le derivazioni, ciascuna opera di presa è dotata di dispositivi sghiaiatori e di vasche dessabiatrici. Anche se durante gli eventi di piena il funzionamento di tali opere non è garantito appieno, la quantità di materiale in ingresso dovrebbe comunque essere trascurabile ed in ogni caso appartenerebbe alle granulometrie più fini.



Fig. 5 - Operazioni di rimozione meccanica del sedimento accumulato.

RIMOZIONE DEI SEDIMENTI, CAMPIONAMENTO, ANALISI E VALUTAZIONE DEL CONTRIBUTO SOLIDO RELATIVO AL BACINO IMBRIFERO DELLA VAL GROSINA

Come si è accennato, il serbatoio viene periodicamente svuotato per consentire la rimozione del sedimento accumulato. Lo scopo dell'operazione è principalmente quello di consentire le operazioni di manutenzione degli scarichi di fondo (obbligatorie per legge), e secondariamente quello di ripristinare il volume di invaso. L'operazione viene generalmente effettuata nella metà del mese di agosto, quando la richiesta di energia da parte di Milano è minore.

Dopo aver lasciato defluire le acque per alcuni giorni, in modo da consolidare il materiale, inizia la rimozione del sedimento con l'ausilio di ruspe e camion (fig. 5). Data l'esiguità del tempo a disposizione e le finalità del lavoro, non si arriva a rimuovere completamente il materiale accumulato ed a ripristinare il profilo di fondo originario; tuttavia, le registrazioni dei volumi asportati, disponibili a partire dal 1987 (Tabella II), e il sostanziale mantenimento del volume di invaso, portano a ritenere che l'apporto di materiale è costante, e può essere valutato in circa 10.000 m³ annui.

In occasione della rimozione avvenuta nell'agosto del 1994, è stata condotta una vasta campagna di campionamento del sedimento, prelevando più di 200 campioni, secondo una maglia approssimativamente regolare di 50 metri di lato; ad ogni nodo della griglia sono stati prelevati fino a tre campioni a profondità differenti. Successivamente, la metà circa dei campioni sono stati analizzati sia dal punto di vista granulometrico che mineralogico. A titolo indicativo, in Tabella III sono riportati i valori relativi al campione medio. È opportuno evidenziare la presenza nel sedimento di minerali calcarei, praticamente assenti nel bacino imbrifero, che indica un sicuro anche se trascurabile apporto esterno.

La distribuzione spaziale della granulometria del materiale accumulato (fig. 6) mette in evidenza un processo di sedimentazione selettivo verso valle rispetto al diametro, tipico dei si-

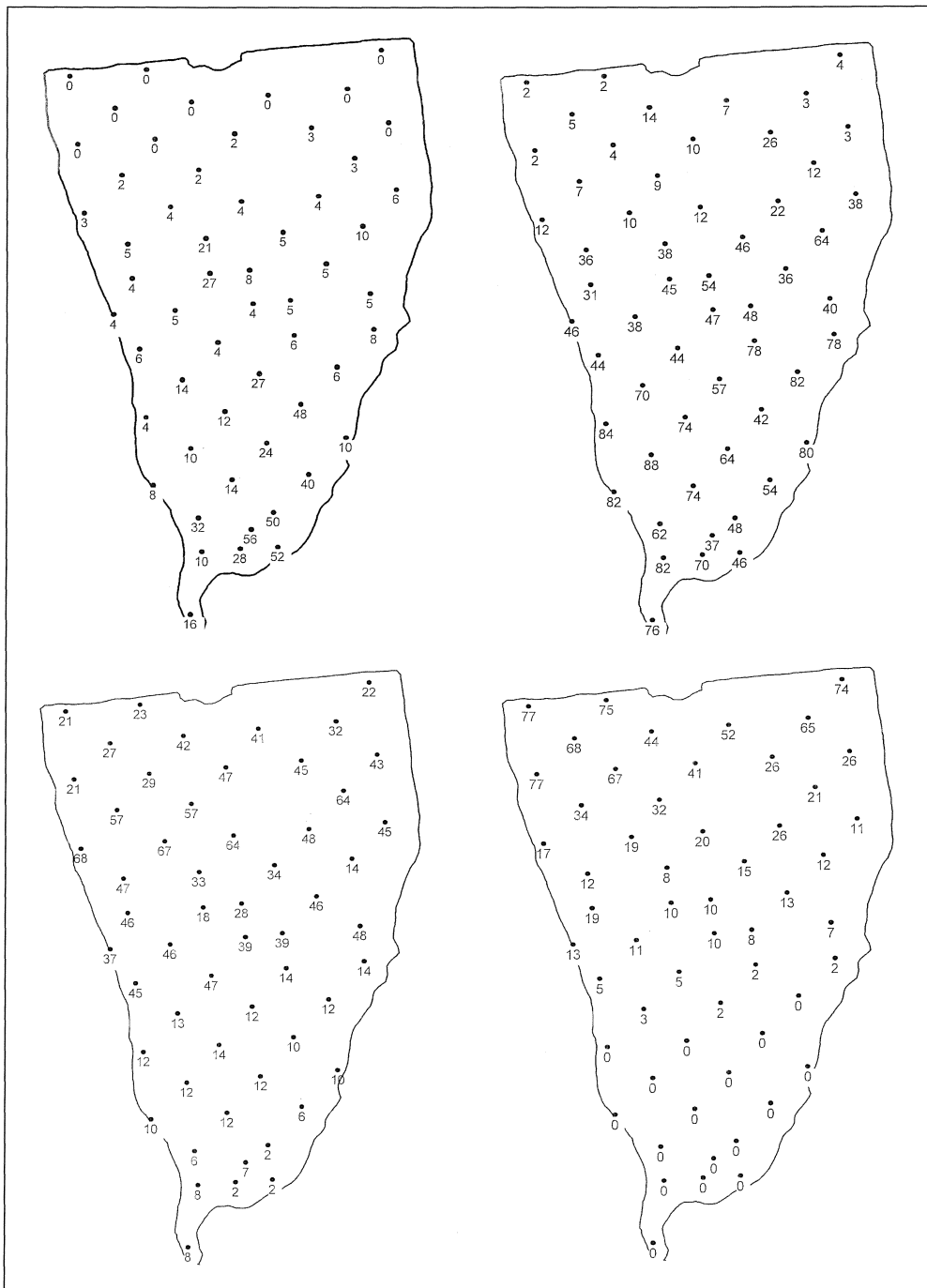


Fig. 6 - Distribuzione spaziale della percentuale di materiale delle diverse classi granulometriche nel sedimento accumulato nel serbatoio.

stemi in cui il materiale proviene da monte. Se da una parte ciò esclude un apporto significativo di materiale da parte del t. Sacco, dall'altra, la vicinanza dello sbocco del canale Premadio all'ingresso del t. Eita e la complessità dei processi di trasporto, sedimentazione e ricircolo, non consentono ulteriori distinzioni circa la provenienza del materiale. Lo schema di distribuzione della granulometria del materiale, tuttavia, non sembra essere in contrasto con l'assunzione di trascurabilità dell'apporto di materiale da parte del canale Premadio.

In conclusione, si ritiene di poter affermare che il sedimento accumulato nel serbatoio "Diga di Val Grosina", sia da attribuire quasi completamente alla produzione di materiale nell'ambito dei processi di erosione che avvengono nel bacino imbrifero del t. Eita. Ulteriori approfondimenti potranno permettere di distinguere la parte di materiale proveniente dall'erosione del substrato roccioso e quella proveniente dall'erosione dei suoli.

STAZIONI RAPPRESENTATIVE

Seguono le descrizioni geomorfologiche, climatiche, vegetazionali e pedologiche delle quattro stazioni rappresentative di aspetti ambientali rilevanti della valle. In appendice sono riportati i metodi adottati per il rilievo vegetazionale, la descrizione pedologica e i parametri chimico analitici.

SITO N. 1 - PASSO DI VERVA

Geomorfologia

Nel Pleistocene l'area del passo Verva era zona di confluenza del ghiacciaio vallivo che dalla Val Viola, discendendo la Val Verva e la Val Grosina, andava ad alimentare il grande ghiacciaio valtellinese dell'Adda.

Morfologie legate a questa fase glaciale sono riscontrabili nelle spalle glaciali a 2.400 m di quota sui versanti simmetrici dell'alta Val Verva, nelle rocce lisce e striate dall'abrasione glaciale nei pressi del passo, nei depositi glaciali sui versanti e al fondovalle nell'alta Val Grosina.

L'evolversi della situazione glaciale in risposta ad un riscaldamento climatico vede, con la fine del Pleistocene, un aumento dell'ablazione dei ghiacciai e il conseguente ritiro delle loro fronti. Il ghiacciaio proveniente dalla Val Viola non giunge più al Passo Verva lasciando il posto ad un altro ghiacciaio: il ghiacciaio di Verva (attualmente differenziato nei due ghiacciai di Verva Maggiore e Minore).

Il ghiacciaio di Verva in tale fase colma il circo delimitato da Corno Sinigaglia, Cima dei Piazzi, Pizzo Campaccio, Sasso Maurigno. Da qui discende in direzione ovest verso il Monte Maurignino, e qui si diramava in due digitazioni con direzioni opposte: una fronte discende la Val Verva verso N, l'altra piega a S, oltrepassa il Passo Verva e ridiscende per qualche centinaio di metri la Val Grosina.

Un affioramento di rocce lisce e montonate, cosparsa disomogeneamente di deposito glaciale, dalla quota 2.600 m, bordano in senso antiorario il Monte Maurignino (2.619 m) fino al Passo Verva, interessando per 200 m circa l'alta Val Grosina. Le strie di abrasione glaciale, che caratterizzano queste rocce, indicano la direzione NE-SO del ghiacciaio di Verva.

Nessuna traccia del glacialismo passato è conservata nelle rocce scabre e fratturate affioranti sul versante occidentale del passo.

Il profilo pedologico è stato aperto su deposito glaciale interposto a rocce montonate presso il Passo Verva (figg. 7, 8). Le strie di abrasione con direzione N-S testimoniano il passaggio del Ghiacciaio pleistocenico della Val Viola.

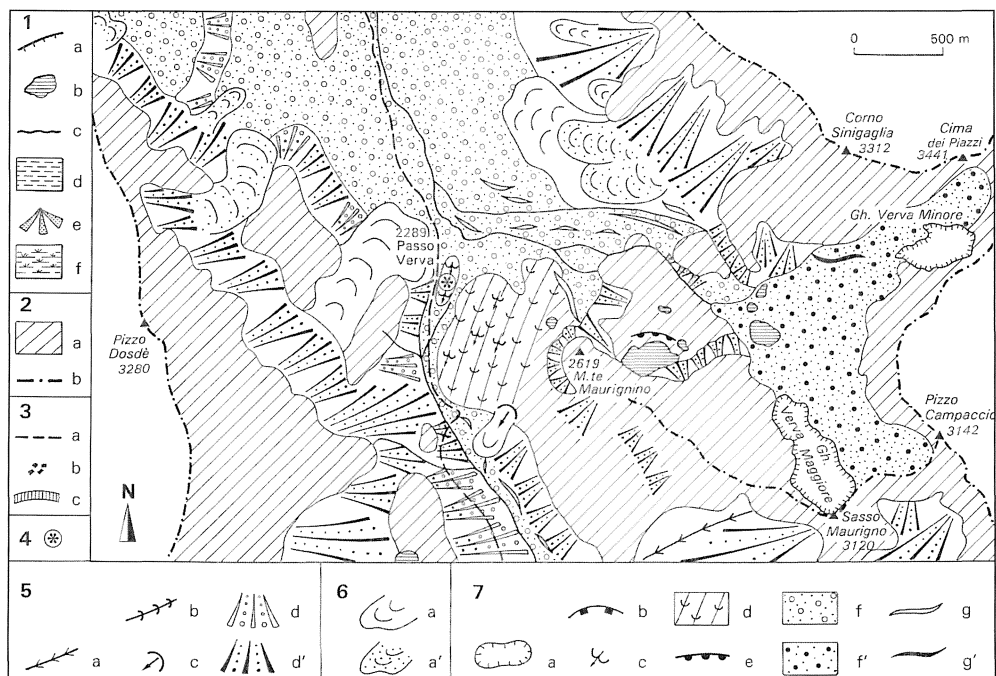


Fig. 7 - Passo Verva: zona di confluenza del Ghiacciaio della Val Viola-Val Verva.

LEGENDA DELLA CARTA GEOMORFOLOGICA: 1 - Forme e depositi dovuti allo scorrimento delle acque superficiali: a) orlo di scarpata e/o di terrazzo; b) bacino lacustre; c) torrente; d) deposito torrentizio; e) conoide di deiezione; f) deposito palustre. 2 - Roccia: a) roccia affiorante; b) linea di cresta. 3 - Forme antropiche: a) strada; b) abitato; c) accumulo di inerti. 4 - Profilo pedologico. 5 - Forme e depositi dovuti alla gravità: a) *debris flow* (colate di fango); b) canale di valanga; c) fenomeno franoso; d) cono e/o falda detritica inattivo; d') cono e/o falda detritica attivo. 6 - Forme periglaciali: a) rock glacier inattivo; a') rock glacier attivo. 7. Forme e depositi glaciali: a) limite di ghiacciaio attuale; b) orlo di scarpata di erosione; c) roccia montonata; d) roccia lisciata e striata; e) conca di sovraescavazione; f) deposito glaciale olocenico; f') deposito glaciale olocenico; g) cordone morenico pleistocenico; g') cordone morenico olocenico.

Vegetazione

Rilievo vegetazionale:

Genere specie	Copertura	Genere specie	Copertura
<i>Carex curvula</i>	4	<i>Leontodon helveticus</i>	+
<i>Avenula versicolor</i>	1	<i>Hieracium glanduliferum</i>	+
<i>Agrostis rupestris</i>	1	<i>Soldanella pusilla</i>	+
<i>Poa alpina</i>	1	<i>Pedicularis kernerii</i>	+
<i>Potentilla aurea</i>	+	<i>Leucanthemopsis minima</i>	+
<i>Luzula alpino-pilosa</i>	+	<i>Senecio carniolicus</i>	+
<i>Trifolium alpinum</i>	+	<i>Phyteuma hemisphaericum</i>	+
<i>Salix herbacea</i>	+	<i>Euphrasia minima</i>	+
<i>Silene acaulis</i>	+		



Fig. 8 - Passo di Verva: in primo piano è visibile il profilo aperto su depositi morenici di fondo; in secondo piano le rocce montonate che bordano il Monte Maurigno, sullo sfondo il Corno Sinigaglia, alle cui pendici si osservano falde detritiche attive.

Si tratta di un pascolo a *carice curvula* abbastanza ben espresso. Floristicamente sono caratterizzanti *Pedicularis kernerii*, *Senecio incanus* subsp. *carniolicus*, *Agrostis rupestris*. Il cotico presenta discontinuità nelle quali trovano spazio alcune specie nivali, che in una prateria chiusa difficilmente si svilupperebbero, quali ad esempio *Salix herbacea* e *Luzula alpino-pilosa*.

Clima e pedoclima

Al Passo di Verva (m 2.301) la temperatura media annuale è di poco superiore allo zero, così che il regime di temperatura del suolo risulta cryico. Le precipitazioni sono pari a circa 1.200 mm/anno. Essendo l'evapotraspirazione (ETo) molto scarsa a causa delle basse tempe-

ature, le precipitazioni superano ETo in ogni mese dell'anno, quindi il regime di umidità è perudico. In questo caso il fattore limitante la crescita dei vegetali non è costituito dalla disponibilità idrica, quanto piuttosto dalle basse temperature, dalla prolungata copertura nevosa e dai forti venti.

Descrizione del profilo pedologico

Località	Passo di Verva
Topografia	Quota = 2.301 m s.l.m.; Esp. = sud; Pend. = 2%
Pietrosità sup.	molto elevata
Rocciosità	scarsa
Substrato	morenico (depositi di fondo)
Morfologia	sella di trasfluenza
Uso del suolo	pascolo
Vegetazione	curvuleto
Erosione	localmente evidente, ma poco marcata
Drenaggio	buono
AWC	49 mm (fra 0 e 30 cm)
Regime umidità	udico
Regime temper.	cryico

A	0-7 cm; umido; colore nero (10YR 2/1); scheletro comune, medio, non alterato; tessitura franco-sabbiosa; granulometria franco-grossolana; struttura poliedrica subangolare fine, debolmente sviluppata; patine di ferro e sostanza organica a rivestimento dello scheletro; radici molte, molto fini; limite inferiore abrupto ondulato.
AE	7-9 cm; umido; colore bruno scuro (7,5YR 3,5/2); scheletro frequente, molto piccolo e piccolo, da non alterato a mediamente alterato; tessitura franco-sabbiosa; granulometria franco-grossolana; struttura poliedrica subangolare fine, debolmente sviluppata; patine di ferro e sostanza organica a rivestimento dello scheletro; radici comuni, molto fini; limite inferiore abrupto discontinuo.
Bhs	9-17 cm; umido; colore nero (5YR 2,5/1); scheletro comune, molto piccolo, da non alterato a mediamente alterato; tessitura franco-sabbiosa; granulometria franco-grossolana; struttura poliedrica subangolare fine, debolmente sviluppata; patine di ferro e sostanza organica a rivestimento dello scheletro; radici comuni, molto fini; limite inferiore abrupto ondulato.
Bs	17-20 cm; umido; colore bruno scuro (8,5YR 3/3,5); scheletro comune, molto piccolo, da non alterato a mediamente alterato; tessitura franco-sabbiosa; granulometria franco-grossolana; struttura granulare media, debolmente sviluppata; patine di ferro e sostanza organica a rivestimento dello scheletro; radici comuni, molto fini; limite inferiore abrupto ondulato.
BC	20-30 cm; umido; colore bruno giallastro scuro (10YR 4/4); scheletro abbondante, molto piccolo e piccolo, da non alterato a debolmente alterato; tessitura franco-sabbiosa; granulometria scheletrico-franca; incoerente; concentrazioni soffici di ferro; sesquans; radici comuni, molto fini; limite inferiore chiaro ondulato.
CB	30-45 cm; umido; colore bruno oliva chiaro (2,5Y 5/3); scheletro abbondante, molto piccolo e piccolo, da non alterato a debolmente alterato; tessitura franco-sabbiosa; granulometria scheletrico-franca; incoerente; radici poche, molto fini; limite inferiore chiaro ondulato.
C	45-63 cm e oltre; umido; colore bruno giallastro chiaro (2,5Y 6/3); scheletro abbondante, molto piccolo e piccolo, da non alterato a debolmente alterato; tessitura franco-sabbiosa; granulometria scheletrico-franca; incoerente; radici quasi assenti; limite inferiore sconosciuto.

Classificazione
 FAO (1990)
 USDA (1994)
 RP (1995)
 WRB (1994)

Haplic Podzol
Typic Haplocryod loamy-skeletal, mixed (cryic)
PODZOSOL OCRIQUE leptique
Cambic Podzol

Dati analitici

orizz.	REAZIONE			TESSITURA (mm)%								Clas. tess.
	pH			sabbia					limo		argilla <0.002	
	H2O 1:2.5	KCl 1:2.5	H2O 1:1	m. gr 2-1	gr. 1.05	media 0.5-0.25	fine 0.25-0.1	m. fine 0.1-0.05	gr. 0.05-0.02	fine 0.02-0.002		
A	4.2	3.7	n.d.	3.5	13.2	13.1	14.8	12.5	2.2	18.2	22.5	FS
AE	4.5	3.6	n.d.	9.2	13.4	13.0	13.7	14.7	3.4	20.0	12.6	FS
Bhs	4.7	4.0	4.5	9.4	10.2	9.1	11.4	24.6	7.7	18.4	9.2	FS
Bs	5.0	4.4	4.7	9.2	11.6	9.9	13.6	18.3	8.4	21.1	7.9	FS
BC	5.0	4.6	n.d.	9.8	13.1	12.6	14.2	9.7	10.0	24.4	6.2	FS
CB	5.2	4.8	n.d.	11.4	12.4	12.1	15.1	11.7	8.5	22.5	6.3	FS
C	5.2	4.7	n.d.	11.4	12.4	11.7	14.9	11.0	8.7	23.9	6.0	FS

orizz	COMPLESSO DI SCAMBIO (cmol+/kg suolo)								TSB %	TSB eff	CSC argille cmol+/kg	
	CSC	CSC eff.	basi di scambio				Ac. pot.	Ac. scamb				Al scamb
			Ca	Mg	K	Na						
A	55.12	15.40	2.37	0.80	0.34	0.14	60.70	11.75	10.05	6.6	23.7	n.d.
AE	37.98	15.34	1.48	0.42	0.17	0.07	44.41	13.20	11.75	5.6	13.9	n.d.
Bhs	50.30	9.41	0.99	0.34	0.15	0.03	57.66	7.90	7.30	3.0	16.0	39.69
Bs	32.95	6.18	0.68	0.30	0.16	0.04	38.78	5.00	4.85	3.6	19.1	32.79
BC	18.16	3.94	0.62	0.30	0.13	0.04	18.71	2.85	2.80	6.0	27.7	n.d.
CB	3.13	2.20	0.62	0.32	0.11	0.05	7.53	1.10	1.10	35.1	47.6	n.d.
C	4.45	2.24	0.64	0.30	0.15	0.05	5.62	1.10	1.10	23.4	48.6	n.d.

orizz	CARBONIO ORGANICO (g/kg)					N %	C/N	Fe %			Al %		
	tot	estr.	A.U.	A.F.	N.U.			d	o	p	d	o	p
AE	61.1	23.94	13.53	3.91	2.60	n.d.	n.d.	0.69	0.48	0.44	0.35	0.42	0.40
Bhs	33.9	26.91	8.42	12.33	6.16	n.d.	n.d.	2.03	1.71	1.56	0.91	1.11	0.78
Bs	23.2	19.20	6.35	7.75	5.10	n.d.	n.d.	1.38	1.24	1.08	0.82	0.88	0.66
BC	14.8	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	0.52	0.34	0.29	0.51	0.58	0.41
CB	4.8	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	0.51	0.43	0.07	0.35	0.411	0.31
C	4.4	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	0.40	0.12	0.07	0.30	0.42	0.31

orizzonti	INDICI				
	(Fe+Al)p/ (Fe+Al)d %	(Fe+Al)p/ argille	(CSCarg-0.5arg%)/cm	Al ₀ +0.5Fe ₀	densità ottica
AE	n.d.	n.d.	n.d.	0.74	0.41
Bhs	79.6	0.25	280.0	1.96	1.22
Bs	79.1	0.22	86.5	1.50	1.07

Considerazioni pedologiche

Il sottile secondo orizzonte del profilo (7-9 cm), pur molto ricco di sostanza organica, si differenzia dal soprastante epipedon ochrico per un certo impoverimento d'argilla; sembra essere in atto un processo eluviale, ancora poco accennato, che potrà portare allo sviluppo di un orizzonte albico. Un'altra possibile interpretazione è quella che considera l'orizzonte AE come un vecchio albico un tempo ben espresso, che subisce attualmente la riconquista da parte delle radici, e pertanto risulta arricchito di sostanza organica. Di fatto, il grado di sviluppo dei due orizzonti sottostanti, Bhs e Bs, è piuttosto netto, il che sembra far ritenere come maggiormente plausibile la seconda ipotesi. Questa sembra essere avvalorata anche dai dati analitici relativi al frazionamento del carbonio. Infatti gli acidi fulvici che si accumulano molto chiara-

mente negli orizzonti spodici sembrano provenire da entrambi gli orizzonti sovrastanti, come se, da questo punto di vista, fossero intercambiabili. Il ferro e l'alluminio trasportati dai chelati sembrano invece provenire preferenzialmente dall'AE.

L'orizzonte di massimo accumulo dei chelati è, naturalmente, il Bhs. Il suo elevato contenuto in carbonio umificato e in ossidi può ben spiegare l'innalzamento della capacità di scambio cationico. Tale parametro è comunque elevato nei primi 5 orizzonti, diminuendo drasticamente in profondità, al diminuire del contenuto in carbonio organico. In realtà i siti effettivamente disponibili allo scambio sono notevolmente minori, come testimoniato dalle CSC effettive.

Gli orizzonti di transizione al substrato morenico possiedono un colore con tinta di 2,5Y, il che potrebbe far supporre l'esistenza di qualche leggero fenomeno di ristagno idrico, compatibile con precipitazioni di una certa entità, ma soprattutto con scorrimenti idrici sottosuperficiali, legati alla presenza di substrati rocciosi impermeabili o quasi (rocce montonate).

Considerazioni agronomiche

Caratterizzazione del curvuleto in termini di valore pastorale

Il pascolo, nell'area del Passo di Verva, viene esercitato ormai con pochi capi di bestiame, sia bovini sia ovicaprini, che si spingono a queste quote elevate nel mese di luglio, provenienti da Eita. La durata del pascolo è limitata e il carico di bestiame risulta molto basso. Viene effettuato un unico passaggio di utilizzazione, poi la mandria ridiscende a quote inferiori.

SITO N. 2 - RIFUGIO FALCK

Geomorfologia

La zona è caratterizzata da ripiani in roccia che conferiscono al tratto di valle un aspetto a gradinata, morfologia caratteristica del profilo longitudinale delle valli glaciali.

In particolare il gradino roccioso dove è ubicato il Rifugio Falck (1.950 m), e sul quale è stato studiato il secondo profilo pedologico, è il risultato dell'azione abrasiva e di escavazione del ghiacciaio pleistocenico che, discendendo dal Passo di Verva, attraversava questo tratto di valle.

Il margine del gradino in roccia è costituito da una scarpata a superficie irregolare, di elevata pendenza, interessata da strette forre, risultato dall'azione erosiva delle acque torrentizie insistenti su fratture e faglie preesistenti nella roccia.

La morfologia sul ripiano del gradino è caratterizzata da superfici in roccia lisce e striate, dalla presenza di rocce montonate e da una soglia in contropendenza in grado di accogliere e trattenere le acque di scorrimento superficiale.

La formazione di una contropendenza ha portato allo sviluppo di conche che in parte ospitano torbiere e ristagni di acqua e in parte sedimenti di origine alluvionale o di trasporto ad opera delle valanghe.

Il secondo profilo pedologico è stato aperto su questo secondo tipo di sedimenti che in parte ricoprono una roccia montonata (fig. 9).

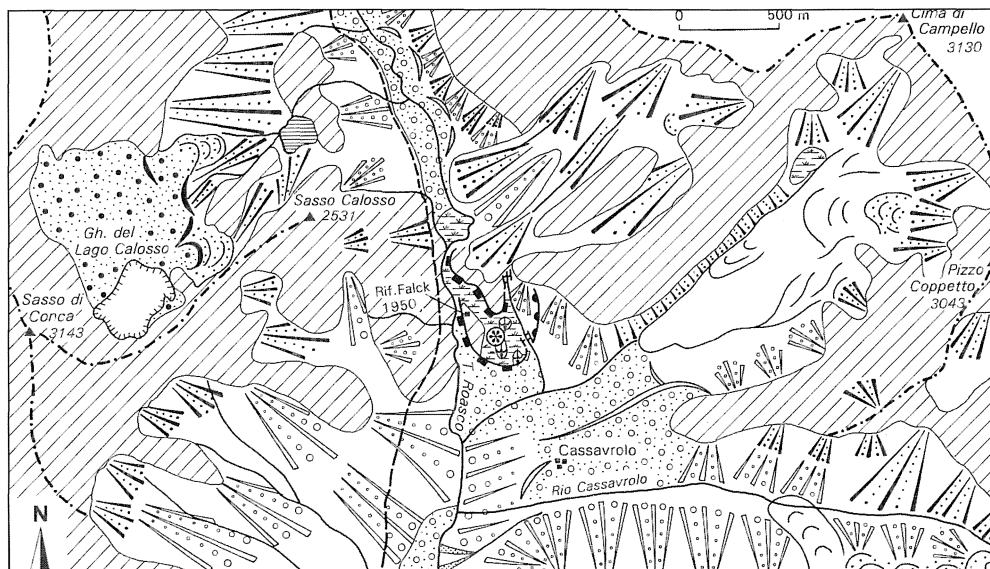


Fig. 9 - Rifugio Falck: gradinata in roccia caratterizzata da conca di escavazione glaciale e scarpata di erosione. Per la legenda della carta geomorfologica si faccia riferimento alla figura 7.

Vegetazione

Rilievo vegetazionale:

Genere specie	Copertura	Genere specie	Copertura
Strato arboreo		<i>Vaccinium vitis-idaea</i>	1
<i>Pinus mugo</i>	3	<i>Lycopodium annotinum</i>	+
		<i>Calamagrostis villosa</i>	+
Strato alto arbustivo		<i>Avenella flexuosa</i>	+
<i>Rhododendron ferrugineum</i>	4	<i>Agrostis tenuis</i>	+
<i>Juniperus nana</i>	+	<i>Nardus stricta</i>	+
		<i>Hieracium sylvaticum</i>	+
Strato erbaceo		<i>Homogyne alpina</i>	+
<i>Vaccinium myrtillus</i>	2	<i>Potentilla erecta</i>	+
		<i>Oxalis acetosella</i>	+

Si tratta di un *Rhododendro-Vaccinieto* a pino mugo, tipologia vegetazionale non molto diffusa, in quanto questa conifera è molto più frequente sui substrati carbonatici che su quelli acidi.

Il corteggio floristico è essenzialmente caratteristico delle brughiere subalpine, e probabilmente il pino mugo si comporta come specie pioniera nell'ambito di una serie evolutiva iniziata con l'abbandono di una prateria a nardo. Gli stadi evolutivi finali dovrebbero corrispondere ad una situazione forestale, con la presenza del pino cembro, attualmente individuabile sulle rocce soprastanti il rilievo, in un ruolo quantitativamente non secondario.

Clima e pedoclima

Essendo la quota prossima ai 2.000 m, la temperatura media annuale è di pochi gradi superiore allo zero; le precipitazioni ammontano a circa 1.100 mm/anno. ETo è di poco inferiore a 500 mm; in ogni mese dell'anno le precipitazioni superano ETo, sebbene in luglio i due valori siano molto prossimi. Pertanto, il regime di umidità è di tipo perudico, mentre quello di temperatura rimane cryico. In questa stazione non dovrebbe mai verificarsi carenza idrica nei profili pedologici. In annate particolarmente siccitose, gli unici problemi potrebbero venire alla vegetazione da suoli molto sottili, impostati sulla coltre detritica che ricopre le rocce montonate del substrato.

Descrizione del profilo pedologico

Località	Rifugio Falck
Topografia	Quota = 1955 m s.l.m.; Esp. = sud-ovest; Pend. = 30%
Pietrosità sup.	assente
Rocciosità	scarsa
Substrato	rocce montonate con coltre detritica
Morfologia	gradino di valle in roccia
Uso del suolo	bosco di protezione
Vegetazione	mugheta
Erosione	scarsa
Drenaggio	buono
AWC	64 mm (fra 0 e 45 cm)
Regime umidità	udico
Regime temper.	cryico
Oi	+1-0 cm; foglie di nardo, mirtillo e rododendro.
A	0-2 cm; umido; colore nero (7,5YR 2,5/1); scheletro scarso, molto piccolo, debolmente alterato; tessitura franco-sabbiosa; granulometria franco-grossolana; struttura granulare media, debolmente sviluppata; radici abbondanti, molto fini; limite inferiore abrupto ondulato.
E	2-5 cm; umido; colore grigio brunastro (10YR 5/2); scheletro assente; tessitura franca; granulometria franco-grossolana; incoerente; radici comuni, molto fini; limite inferiore abrupto ondulato.
Bw	5-8 cm; umido; colore bruno scuro (7,5YR 3/3); scheletro assente; tessitura franca; granulometria franco-grossolana; struttura granulare media, debolmente sviluppata; radici comuni, molto fini; limite inferiore abrupto ondulato.
Eb/Bsb	8-20 cm; umido; colore bruno giallastro chiaro in Eb (2,5Y 6/3) e bruno rossastro in Bsb (6YR 4/4); scheletro frequente, medio e piccolo, a scisti cristallini (gneiss, micascisti, quarziti, migmatiti), debolmente alterato; tessitura franca in Eb, franco-sabbiosa in Bsb; granulometria franco-grossolana; struttura granulare media, debolmente sviluppata; radici comuni, molto fini; limite inferiore abrupto ondulato.
Bsb1	20-28 cm; umido; colore bruno scuro (7,5YR 4/3); scheletro frequente, medio e piccolo, debolmente alterato; tessitura franco-sabbiosa; granulometria franco-grossolana; struttura poliedrica subangolare fine, debolmente sviluppata; radici comuni, molto fini; limite inferiore abrupto ondulato.
Bsb2	28-35 cm; umido; colore bruno scuro (8,5YR 3,5/3); scheletro abbondante, medio e piccolo, mediamente alterato; tessitura franco-sabbiosa; granulometria scheletrico-franca; struttura poliedrica subangolare media, debolmente sviluppata; radici comuni, molto fini; limite inferiore abrupto ondulato.
BC	35-45 cm; umido; colore bruno giallastro scuro (10YR 4/4); scheletro abbondante, medio e piccolo, debolmente alterato; tessitura sabbioso-franca; granulometria scheletrico-sabbiosa; struttura poliedrica subangolare fine, debolmente sviluppata; radici poche, molto fini; limite inferiore chiaro ondulato.
CB	45-60 cm; molto umido; colore bruno giallastro (10YR 5/4); scheletro abbondante, medio e piccolo, debolmente alterato; tessitura sabbioso-franca; granulometria scheletrico-sabbiosa; incoerente; radici poche, molto fini; limite inferiore abrupto ondulato.

C 60-80 cm; molto umido; colore bruno giallastro scuro (10YR 3/4); scheletro abbondante, molto piccolo e piccolo, debolmente alterato; tessitura sabbioso-franca; granulometria scheletrico-sabbiosa; incoerente; radici assenti; limite inferiore abrupto ondulato.
 R 80-100 cm e oltre; migmatiti; limite inferiore sconosciuto.

Classificazione

FAO (1990) *Cambic Podzol*
 USDA (1994) *Typic Haplocryod sandy-skeletal, mixed (cryic)*
 RP (1995) *Quasi-PODZOSOL leptique, superposé à un PODZOSOL MEUBLE tronqué, leptique*
 WRB (1994) *Haplic Podzol*

Dati analitici

orizz.	REAZIONE			TESSITURA (mm) %									Clas. tess.
	pH			sabbia					limo		argilla <0.002		
	H2O 1:2.5	KCl 1:2.5	H2O 1:1	m. gr 2-1	gr. 1.05	media 0.5-0.25	fine 0.25-0.1	m. fine 0.1-0.05	gr. 0.05-0.02	fine 0.02-0.002			
A	4.1	3.5	n.d.	6.9	7.3	6.5	8.7	22.6	6.5	23.8	17.7	FS	
E	4.1	3.4	n.d.	10.4	10.2	8.2	10.3	15.0	9.7	23.9	12.3	F	
Bw	4.2	3.6	n.d.	10.2	10.5	9.5	10.8	9.3	8.6	27.7	13.4	F	
Eb	4.7	4.4	n.d.	9.2	10.0	9.6	13.3	13.4	11.0	26.4	7.1	FS	
Bsb	4.9	4.6	4.7	5.8	8.5	8.3	18.8	22.8	9.7	16.4	9.7	FS	
Bsb1	5.0	4.7	4.5	5.7	8.1	8.3	19.3	24.0	11.5	16.3	6.8	FS	
Bsb2	5.1	4.6	n.d.	4.0	11.9	9.6	20.6	25.3	11.0	11.5	6.1	FS	
BC	5.4	4.8	n.d.	14.6	15.4	14.0	17.4	15.5	8.3	12.8	2.0	SF	
CB	5.4	4.8	n.d.	18.3	15.3	12.3	15.7	14.0	9.7	12.4	2.3	SF	
C	5.4	4.9	n.d.	25.1	16.9	12.7	13.1	10.2	8.5	12.0	1.5	SF	

orizz	COMPLESSO DI SCAMBIO (cmol+/kg suolo)								TSB %	TSB eff %	CSC argille cmol+/kg	
	CSC	CSC eff.	basi di scambio				Ac. pot.	Al scamb				
			Ca	Mg	K	Na						
A	34.25	15.01	1.04	0.52	0.28	0.12	39.30	13.05	11.55	5.7	13.1	
E	21.54	12.93	0.68	0.32	0.16	0.07	25.04	11.70	9.75	5.7	9.5	
Bw	28.39	11.28	0.93	0.38	0.14	0.08	32.51	9.75	8.35	5.4	13.6	38.88
Eb	9.57	4.07	0.64	0.34	0.12	0.02	12.51	2.95	2.60	3.9	27.5	
Bsb	48.45	5.07	0.68	0.35	0.13	0.04	56.89	4.50	4.50	2.5	23.7	37.94
Bsb1	47.85	5.87	0.80	0.32	0.12	0.03	55.67	4.60	4.60	2.7	21.6	35.18
Bsb2	38.75	4.76	0.76	0.32	0.10	0.03	48.72	3.55	3.50	3.1	25.4	36.74
BC	7.33	2.36	0.72	0.30	0.12	0.02	11.28	1.20	1.20	15.8	49.1	
CB	5.32	2.53	0.64	0.30	0.11	0.03	10.01	1.45	1.45	20.3	42.7	
C	7.94	2.65	0.76	0.34	0.12	0.03	11.25	1.40	1.40	15.7	47.2	

orizz	CARBONIO ORGANICO (g/kg)					N %	C/N	Fe %			Al %		
	tot	estr.	A.U.	A.F.	N.U.			d	o	p	d	o	p
5 E	20.4	13.33	1.24	0.52	11.57	n.d.	n.d.	0.51	0.33	0.32	0.21	0.28	0.28
Bw	42.7	14.94	6.11	4.82	4.01	n.d.	n.d.	1.96	0.14	0.14	0.52	0.68	0.38
Eb	15.6	2.48	0.36	0.25	1.87	n.d.	n.d.	1.60	0.92	0.89	0.78	0.63	0.42
Bsb	17.0	8.09	2.69	3.32	2.08	n.d.	n.d.	3.74	2.90	2.56	2.32	2.28	2.24
Bsb1	23.1	13.38	4.98	6.25	2.15	n.d.	n.d.	2.13	1.35	1.31	2.35	2.34	1.94
Bsb2	20.8	10.90	2.00	4.82	4.08	n.d.	n.d.	1.71	0.8	0.77	1.91	1.94	1.42
BC	7.1	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	0.59	0.22	0.14	0.55	0.42	0.49
CB	6.1	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	0.59	0.22	0.14	0.55	0.42	0.42
C	8.2	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.

INDICI					
orizzonti	(Fe+Al)p/ (Fe+Al)d %	(Fe+Al)p/ argille	(CSCarg-0.5arg%).cm	Al ₀ +0.5Fe ₀	densità ottica
E	n.d.	n.d.	n.d.	0.44	0.24
Bw	0.21	0.04	93.54	0.75	0.83
Eb	n.d.	n.d.	n.d.	1.09	0.27
Bsb	0.79	0.49	n.d.	3.75	2.67
Bsb1	0.73	0.48	254.24	3.01	1.82
Bsb2	0.60	0.36	235.83	2.34	1.48

Considerazioni pedologiche

Il dato più interessante riguardo a questo profilo (fig. 10) è l'esistenza di un *bise-quum*: si può riconoscere un ciclo pedogenetico recente, responsabile della formazione di 3 orizzonti nello spessore di 8 cm, sovrapposto a un ciclo più antico e con spessore maggiore. A quest'ultimo si può attribuire un orizzonte (fra 8 e 20 cm) con due parti (albico e



Fig. 10 - Profilo del sito n. 2 (Rifugio Falck): Cambic Podzol (FAO).

spodico) ben distinguibili, soprattutto in funzione del colore; al di sotto (fra 20 e 35 cm) si riconoscono 2 ulteriori orizzonti spodici, che sfumano poi abbastanza gradualmente nel substrato.

Il ciclo pedogenetico più recente evidenzia la formazione di un orizzonte diagnostico albico, sovrapposto a un cambico (che tuttavia risulta tale soltanto per la Soil Taxonomy, mentre per la tassonomia FAO è privo del requisito di profondità e di spessore). In superficie vi è un ridottissimo orizzonte A, che può essere inquadrato soltanto (a causa delle limitazioni di spessore) come ochrico. Sembra dunque che la durata del processo pedogenetico più recente non sia stata sufficiente allo sviluppo del processo di podzolizzazione, come sembra confermare il valore della maggior parte degli indici richiesti dalle tassonomie per l'identificazione in laboratorio, benché l'orizzonte B possieda un colore con tinta piuttosto arrossata.

La spodicità è invece confermata per i sottostanti Bs che hanno accumulato grandi quantità di ferro e alluminio, chiaramente provenienti dal relativo E. Meno marcato, ma pur sempre evidente, l'arricchimento in carbonio umificato.

Le spiegazioni possibili riguardo all'esistenza in questo profilo di un *bisequum* sono varie: trasporto di materiale lungo il pendio (peraltro in questo caso si è in prossimità della parte alta del dosso); deposizioni di detrito ad opera di neve e valanghe (la localizzazione del profilo è tuttavia piuttosto lontana dal canalone di valanga); pedoturbazioni ad opera di fauna terricola (marmotte, ecc.), ma soprattutto riconducibili al ribaltamento di alberi dovuto al vento o alle valanghe, con il conseguente rimescolamento (che talora diventa una vera e propria inversione) degli orizzonti prossimi alla superficie (anche questa ipotesi è parzialmente contraddetta dall'esistenza in loco di alberi di ridotte dimensioni, per i quali è difficile ipotizzare l'abbattimento naturale). In ogni caso, va detto che situazioni del tipo di quelle osservabili in questo profilo sono frequentissime in valle: talora sono visibili polisequenze molto complicate, riconducibili forse all'azione di vari fattori pedogenetici diversi. D'altro canto, anche l'esistenza di orizzonti (umbrici, spodici) di rilevante spessore sembra essere legata in molti casi, in questi suoli di montagna, a episodi di accumulo progressivo di materiali, più che all'azione dei fattori della pedogenesi su materiali aventi fin dall'inizio spessori consistenti.

Infine, va notata la condizione di forte umidità degli ultimi orizzonti, dovuta allo scorrimento idrico sottosuperficiale: la presenza delle rocce montonate di fondo impedisce la percolazione delle acque piovane e le convoglia verso la vicina torbiera.

Considerazioni forestali

La stazione è caratterizzata dalla presenza di una mugheta acidofila tipica in corrispondenza di un arbusteto a rododendro e mirtillo su un dosso roccioso poco rilevato, al di sopra di piani torbosi. Si tratta di una situazione abbastanza tipica di evoluzione graduale dall'antico uso pascolivo all'abbandono, di qualche decennio fa, seguito dall'invasione delle arbustive. A queste si associano, pian piano, soggetti sporadici di abete rosso e larice (età 25-30 anni) che nel tempo tenderanno ad affermarsi, costituendo un consorzio misto piuttosto aperto, fortemente dipendente dalla topografia del sito. In realtà è interessante osservare nell'area circostante le modalità di presenza del pino mugo: oltre che specie intermedia nel processo evolutivo descritto, lo si ritrova come specie climacica, o in lentissima evoluzione, sulle torbiere (mugheta a sfagni; età delle piante circa 60 anni) o sui pendii interessati da canali, in consorzio con l'ontano verde, con cui spartisce lo spazio in un sistema di alta efficienza. Dal punto di vista gestionale queste mughete presentano essenzialmente un elevato valore naturalistico.

Geomorfologia

Il terzo profilo pedologico studiato è situato sul versante laterale sinistro della Val Grosina alla quota 1.785 m tra la località Redasco di Dentro (1.870 m) e il Rio Barello.

Si tratta di un versante scosceso caratterizzato dalla presenza di depositi glaciali abbandonati dal ghiacciaio della Val Grosina durante il Pleistocene e dalla presenza di depositi mobilizzati da valanghe, da ruscellamento e da movimenti gravitativi. I depositi sui quali si è sviluppato il profilo si presentano stabilizzati, inerbiti e boscati (fig. 11).

Vegetazione

Rilievo vegetazionale:

Genere specie	Copertura	Genere specie	Copertura
Strato arboreo		Strato erbaceo	
<i>Picea excelsa</i>	3	<i>Calamagrostis villosa</i>	1
Strato arbustivo		<i>Avenella flexuosa</i>	+
<i>Picea excelsa</i>	2	<i>Arnica montana</i>	+
<i>Vaccinium myrtillus</i>	3	<i>Hieracium sylvaticum</i>	+
<i>Vaccinium vitis-idaea</i>	1	<i>Homogyne alpina</i>	+
<i>Vaccinium uliginosum</i>	+	<i>Majanthemum bifolium</i>	+
<i>Juniperus nana</i>	+	<i>Melampyrum sylvaticum</i>	+
<i>Rhododendron ferrugineum</i>	r		

Si tratta di una pecceta subalpina che denota un certo intervento umano, segnalato dal diradamento artificiale del bosco e da una parziale asportazione dello strato arbustivo, in particolare modo dalla scarsità di rododendro. Da segnalare la presenza di ben 4 specie di ericacee, mentre il ginepro nano e l'abbondanza di licheni terricoli potrebbero indicare una certa xericità della stazione.

Clima e pedoclima

La quota è inferiore di 170 m al profilo del sito precedente (n. 2), quindi la temperatura media è più elevata (di quasi 1°C). Tuttavia, ETo è leggermente inferiore rispetto a quello del sito n. 2, quindi il regime di umidità è ancora più chiaramente definibile come perudico. La causa di questa apparente contraddizione sta nella scelta del metodo di calcolo di ETo che tiene conto in modo sostanziale dell'esposizione. Nel caso del sito n. 2, questa è verso sud-ovest, mentre nel sito n. 3 è verso ovest: l'assolazione corrisponde per sito n. 2 a 2.249 hn, mentre per il sito n. 3 è di sole 1.935 hn: quindi, mentre la temperatura dell'aria è superiore nel sito n. 3 rispetto al sito n. 2, l'evapotraspirazione non lo è.

L'analisi della vegetazione può far supporre una certa xericità stagionale: ciò sembra essere dovuto non tanto a carenza di piogge, quanto alla pendenza elevata del versante (60%), tale da consentire una molto rapida evacuazione delle acque meteoriche, le quali pertanto s'infiltrano solo limitatamente nel suolo.

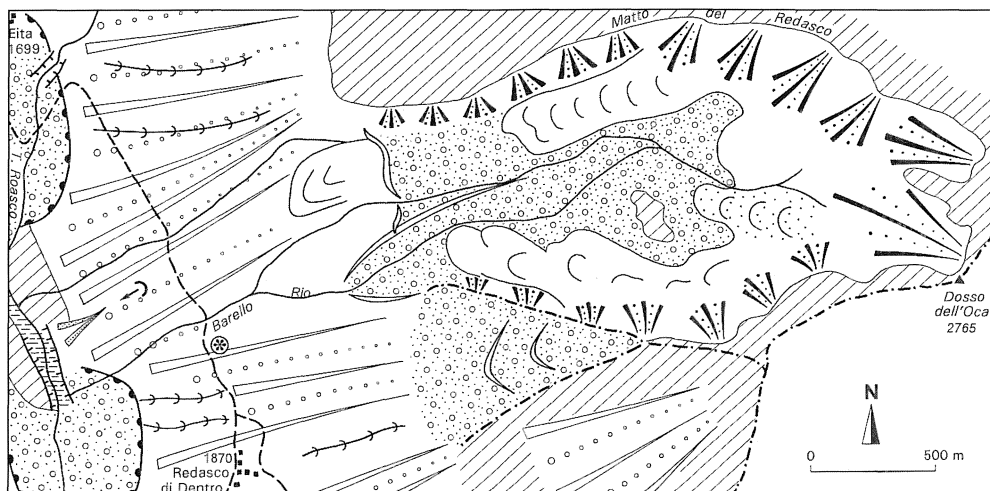


Fig. 11 - Località Redasco di Dentro: falde detritiche lungo versante orientale della valle. Per la legenda della carta geomorfologica si faccia riferimento alla figura 7.

Descrizione del profilo pedologico

Località	Redasco di Dentro
Topografia	Quota = 1.785 m s.l.m.; Esp. = ovest; Pend. = 60%
Pietrosità sup.	elevata
Rocciosità	assente
Substrato	morenico molto pietroso, localmente frammisto a detrito di versante
Morfologia	versante
Uso del suolo	fustaia di conifere
Vegetazione	pecceta subalpina
Erosione	localmente sensibile
Drenaggio	buono
AWC	90 mm (fra 0 e 59 cm)
Regime umidità	udico
Regime temper.	cryco

Oi	+1-0 cm; umido; scheletro scarso, molto piccolo, debolmente alterato; licheni (<i>Cetraria</i> sp.) e muschi; limite inferiore abrupto ondulato.
A	0-2 cm; umido; colore nero (7,5YR 1/1); scheletro scarso, molto piccolo, debolmente alterato; tessitura franco sabbiosa; granulometria franco grossolana; radici abbondanti, molto fini e fini; limite inferiore abrupto ondulato.
EA	2-4 cm; umido; colore bruno scuro (7,5YR 4/2); scheletro comune, molto piccolo e piccolo, debolmente alterato; tessitura franco-sabbiosa; granulometria franco-grossolana; struttura granulare fine, debolmente sviluppata; radici molte, molto fini e fini; limite inferiore abrupto ondulato.
E	4-10 cm; umido; colore grigio bruno pallido (10YR 6/2); scheletro comune, molto piccolo e piccolo, debolmente alterato; tessitura franco-sabbiosa; granulometria franco-grossolana; struttura granulare fine, debolmente sviluppata, al limite con l'incoerente; radici molte, molto fini e fini; molte radici morte; limite inferiore abrupto irregolare.
Bs1	10-29 cm; umido; colore bruno rossastro scuro (5YR 3/4); scheletro frequente, piccolo e molto piccolo, da non alterato a debolmente alterato; tessitura sabbioso-franca; granulometria sabbiosa; struttura granulare fine, debolmente sviluppata; sesquans; radici molte, molto fini e fini; radici di abete rosso, morte, ad andamento suborizzontale; limite inferiore chiaro irregolare.

- Bs2 29-40 cm; umido; colore bruno forte (7,5YR 4/6); scheletro frequente, piccolo e molto piccolo, da non alterato a debolmente alterato; tessitura sabbioso-franca; granulometria sabbiosa; struttura granulare fine, debolmente sviluppata; sesquans; radici comuni, molto fini e fini; molte radici morte; limite inferiore chiaro irregolare.
- Bs3 40-59 cm; umido; colore bruno forte (7,5YR 5/6); scheletro abbondante, piccolo e molto piccolo, da non alterato a debolmente alterato; tessitura sabbioso-franca; granulometria scheletrico-sabbiosa; struttura granulare media, debolmente sviluppata; radici comuni, molto fini e fini; limite inferiore chiaro irregolare.
- CB 59-90 cm; umido; colore bruno giallastro scuro (10YR 4/6); scheletro abbondante, piccolo e molto piccolo, da non alterato a debolmente alterato; tessitura sabbioso-franca; granulometria scheletrico-sabbiosa; struttura poliedrica subangolare fine, debolmente sviluppata, al limite con l'incoerente; radici comuni, molto fini; limite inferiore graduale ondulato.
- C1 90-115 cm; umido; colore bruno oliva chiaro (2,5Y 5/4); scheletro abbondante, medio e piccolo, da non alterato a debolmente alterato; tessitura sabbioso-franca; granulometria scheletrico-sabbiosa; struttura poliedrica subangolare fine, debolmente sviluppata; radici comuni, molto fini; limite inferiore graduale ondulato.
- C2 115-135 cm e oltre; umido; colore bruno oliva chiaro (2,5Y5/3); scheletro abbondante, medio e grande, da non alterato a debolmente alterato; tessitura sabbioso-franca; granulometria scheletrico-sabbiosa; incoerente; radici poche, molto fini; alcune grosse radici isolate; limite inferiore sconosciuto.



Fig. 12 - Profilo del sito n. 3 (Redasco di Dentro): Haplic Podzol (WRB).

Classificazione

FAO (1990)

Dystric Cambisol

USDA (1994)

Typic Haplocryod sandy-skeletal, mixed (cryic)

RP (1995)

PODZOSOL MEUBLE

WRB (1994)

Haplic Podzol

Dati analitici

orizz.	REAZIONE			TESSITURA (mm) %									Clas. tess.
	pH			sabbia					limo		argilla <0.002		
	H2O 1:2.5	KCl 1:2.5	H2O 1:1	m. gr 2-1	gr. 1.05	media 0.5-0.25	fine 0.25-0.1	m. fine 0.1-0.05	gr. 0.05-0.02	fine 0.02-0.002			
A	4.0	3.2	n.d.	9.2	9.8	8.3	12.6	9.0	10.2	28.0	12.9	FS	
EA	4.0	3.3	n.d.	11.1	11.3	10.2	13.6	7.6	7.2	28.1	10.9	FS	
E	4.3	3.5	n.d.	12.0	10.9	9.7	13.2	11.8	9.3	25.2	7.9	FS	
Bs1	5.0	4.6	5.0	16.5	15.9	15.0	18.3	19.5	4.1	6.7	4.0	SF	
Bs2	5.0	4.7	4.9	21.9	13.6	12.5	17.3	13.3	8.8	9.0	3.6	SF	
Bs3	5.0	4.7	5.0	23.5	17.2	12.9	17.0	6.6	8.3	10.8	3.7	SF	
CB	5.0	4.8	n.d.	26.1	23.1	17.3	15.1	5.6	3.3	5.9	3.6	SF	
C1	5.5	5.0	n.d.	28.4	21.2	15.0	11.0	6.0	3.6	11.6	3.2	SF	
C2	5.5	5.0	n.d.	17.1	17.9	16.8	18.1	9.9	5.2	9.7	5.3	SF	

orizz	COMPLESSO DI SCAMBIO (cmol+/kg suolo)									TSB %	TSB eff %	CSC argille cmol+/kg
	CSC	CSC eff.	basi di scambio				Ac. pot.	Ac. scamb	Al scamb			
			Ca	Mg	K	Na						
A	52.47	12.80	2.45	0.62	0.25	0.13	74.8	9.35	7.30	6.6	26.9	n.d.
EA	23.54	9.53	1.07	0.44	0.18	0.09	26.9	7.75	5.25	7.6	18.7	n.d.
E	14.06	6.79	0.93	0.38	0.15	0.08	16.91	5.25	4.75	10.9	22.7	n.d.
Bs1	38.67	7.87	0.68	0.40	0.15	0.04	46.3	6.60	6.25	3.3	16.1	46.73
Bs2	34.27	6.48	0.72	0.35	0.13	0.03	36.88	5.25	5.25	3.6	19.0	48.32
Bs3	30.73	5.49	0.74	0.34	0.12	0.04	35.42	4.25	4.20	4.0	22.5	44.20
CB	10.27	3.25	0.72	0.31	0.10	0.02	12.75	2.10	2.10	11.2	35.4	n.d.
C1	5.73	3.07	0.58	0.28	0.09	0.02	9.72	1.60	1.60	16.9	31.6	n.d.
C2	2.44	2.16	0.53	0.18	0.08	0.02	4.2	1.35	1.35	33.2	37.5	n.d.

orizz	CARBONIO ORGANICO (g/kg)					N %	C/N	Fe %			Al %		
	tot	estr.	A.U.	A.F.	N.U.			d	o	p	d	o	p
5 A	73.2	51.75	37.44	5.58	8.73	1.29	5.7	0.50	0.15	0.13	0.20	0.27	0.22
EA	48.4	17.35	6.80	2.28	8.27	n.d.	n.d.	0.52	0.14	0.13	0.15	0.26	0.18
E	13.6	6.51	1.76	1.64	3.40	n.d.	n.d.	0.46	0.14	0.14	0.15	0.18	0.14
Bs1	25.2	17.07	2.59	7.18	7.30	n.d.	n.d.	2.98	2.13	0.71	1.75	2.16	1.28
Bs2	18.0	8.84	1.06	3.53	4.25	n.d.	n.d.	2.18	1.32	0.47	0.91	1.04	0.56
Bs3	8.40	6.71	0.94	2.00	3.77	n.d.	n.d.	1.87	0.97	0.29	0.62	0.64	0.36
CB	3.6	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	0.57	0.33	0.04	0.32	0.48	0.14
C1	3.1	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
C2	2.0	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.

INDICI					
orizzonti	(Fe+Al)p/ (Fe+Al)d %	(Fe+Al)p/ argille	(CSCarg-0.5arg%)cm	Al _o +0.5Fe _o	ODOE
E	n.d.	n.d.	n.d.	0.25	0.14
Bs1	0.42	0.50	849.9	3.22	1.28
Bs2	0.33	0.29	511.7	1.70	0.54
Bs3	0.26	0.17	804	1.12	0.30

Considerazioni pedologiche

Si tratta di un suolo (fig. 12) caratterizzato dalla presenza di un orizzonte diagnostico spodico di rilevante spessore (posto fra 10 e 59 cm di profondità), che è stato differenziato in 3 orizzonti morfologici ma che risulta privo dei requisiti di colore tali da evidenziare un sottorizzonte arricchito di sostanza organica (Bhs). Il colore bruno rossastro scuro del Bs1 sembra in parte essere dovuto a una sensibile presenza di radici morte di abete rosso, ad andamento suborizzontale e con forte capacità arrossante. Al di sopra dello spodico è presente un orizzonte albico ben espresso, sovrastato da un orizzonte di transizione (EA) che dal punto di vista diagnostico può essere cumulato con l'albico. In superficie esiste un orizzonte A di tipo ochrico e di spessore limitatissimo, che nella valutazione di campagna potrebbe essere scambiato per un orizzonte organico ad alterazione intermedia (Oe), ma che in realtà risulta non essere particolarmente ricco di sostanza organica.

Secondo il sistema FAO (1990), i requisiti di spodicità non sono del tutto soddisfatti; va tuttavia notato che lo sono secondo il sistema WRB, più aggiornato (1994) e naturale successivo del primo. In tal modo, non potendo inquadrare questo suolo fra i *Podzols*, esso va classificato come *Dystric Cambisol*, o eventualmente come *Spodi-Dystric Cambisol*.

In realtà, l'accumulo di ferro e alluminio, trasportati dagli acidi fulvici, è molto evidente, come dimostrano i frazionamenti dei due metalli e del carbonio. Sembra che il legame organico si scinda piuttosto velocemente e la maggior parte di ferro e alluminio si trovi allo stato amorfo inorganico.

SITO N. 4 - SCHIENO

Geomorfologia

Il quarto profilo pedologico studiato è ubicato nei pressi del bacino artificiale di Roasco o Fusino in una zona di fondovalle.

È possibile ancora osservare, in località Fusino (1.240 m), una coppia di cordoni morenici frontali che segnano due pulsazioni glaciali pleistoceniche prossime nel tempo.

Il torrente Roasco, per erosione spondale, ha inciso i depositi alluvionali e glaciali che interessano la valle in questa zona, dando luogo a terrazzamenti, come quelli in località Culunei-Cancello (versante sinistro) e Busvi-Folino (versante destro), evolutisi su conoidi fluviali.

Il suolo studiato si è sviluppato su depositi glaciali in gran parte rimaneggiati da processi gravitativi e alluvionali (fig. 13).

Vegetazione

Rilievo vegetazionale:

Genere specie	Copertura	Genere specie	Copertura
<i>Trisetum flavescens</i>	3	<i>Trifolium pratense</i>	1
<i>Heracleum sphondylium</i>	2	<i>Poa trivialis</i>	1
<i>Rumex alpestris</i>	2	<i>Achillea millefolium</i>	+
<i>Dactylis glomerata</i>	1	<i>Anthoxanthum odoratum</i>	+
<i>Lolium perenne</i>	1	<i>Carum carvi</i>	+
<i>Taraxacum officinale</i>	1	<i>Chaerophyllum hirsutum</i>	+

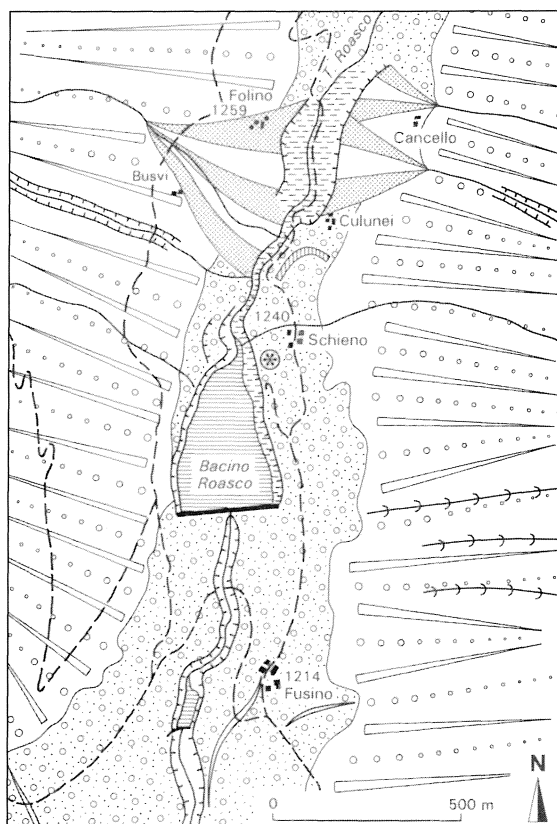


Fig. 13 - Località Schieno: depositi glaciali rimaneggiati da processi gravitativi, alluvionali e antropici. Per la legenda della carta geomorfologica si faccia riferimento alla figura 7.

Genere specie	Copertura	Genere specie	Copertura
<i>Leucanthemum vulgare</i>	+	<i>Ranunculus acris</i>	+
<i>Leontodon hispidus</i>	+	<i>Ranunculus repens</i>	+
<i>Lychnis flos-cuculi</i>	+	<i>Silene vulgaris</i>	+
<i>Myosotis</i> sp.	+	<i>Thalictrum minus</i>	+
<i>Pimpinella saxifraga</i>	+	<i>Trifolium repens</i>	+
<i>Poa alpina</i>	+	<i>Viola tricolor</i>	+
<i>Prunella vulgaris</i>	+		

L'abbondanza di *Trisetum flavescens* indica, senza ombra di dubbio, l'associazione vegetale (triseteto) dominante in questo sito. Questa associazione, che si origina grazie alla selezione a livello di specie operata dalla pratica dello sfalcio, si sviluppa principalmente tra i 1.200 e di 1.800 metri di quota. Lo sfalcio in valle avviene anche a quote superiori, fino a circa 2.000 metri, ma in tale caso la componente floristica cambia in modo piuttosto sensibile, arricchendosi ad esempio di *Festuca* gr. *rubra*.

Clima e pedoclima

Alla quota di circa 1.200 m la temperatura media annuale è di 6,5°C: questo significa che la temperatura del suolo è vicina a un limite di regime. Infatti, a circa 1.100 m vi è il passaggio al regime mesico, mentre nel sito in oggetto il regime di temperatura permane cryico, a motivo della mancanza di un orizzonte organico di superficie con funzione coibente. Le precipitazioni si aggirano sui 900 mm/anno, mentre ETo si stabilizza sui 600 mm/anno: nel trimestre estivo ETo è leggermente superiore alle precipitazioni, ma non tanto da creare un deficit idrico sostanziale, dannoso per la vegetazione. Pertanto, il regime di umidità risulta chiaramente udico.

Descrizione del profilo pedologico

Località	Schieno
Topografia	Quota = 1237 m s.l.m.; Esp. = ovest; Pend. = 15%
Pietrosità sup.	assente
Rocciosità	assente
Substrato	morenico
Morfologia	terrazzo glaciale
Uso del suolo	prato stabile
Vegetazione	triseteto
Erosione	assente
Drenaggio	buono
AWC	83 mm (fra 0 e 50 cm)
Regime umidità	udico
Regime temper.	cryico
Ap1	0-7 cm; umido; colore bruno grigiastro molto scuro (10YR 3/2); scheletro scarso, piccolo, debolmente alterato; tessitura franca; granulometria franco-grossolana; struttura granulare fine, debolmente sviluppata; macropori scarsi, molto fini; radici abbondanti, molto fini e fini; lombrichi; carbone vegetale; limite inferiore abrupto ondulato.
Ap2	7-20 cm; umido; colore bruno grigiastro molto scuro (10YR 3/2); scheletro comune, molto piccolo e piccolo, da debolmente alterato a molto alterato; tessitura franca; granulometria franco-grossolana; struttura granulare media, debolmente sviluppata; macropori scarsi, molto fini; radici molte, molto fini; lombrichi; limite inferiore chiaro ondulato.
BA	20-33 cm; umido; colore bruno scuro (10YR 4/3); colore secondario bruno giallastro (10YR 5/4); scheletro frequente, piccolo e molto piccolo, da debolmente alterato a molto alterato; tessitura franco-sabbiosa; granulometria franco-grossolana; struttura poliedrica subangolare fine, debolmente sviluppata; macropori molto scarsi, molto fini; lombrichi; colate di terriccio ricco di sostanza organica all'interno dei canali dei lombrichi; radici comuni, molto fini; limite inferiore chiaro ondulato.
Bw	33-50 cm; umido; colore bruno giallastro scuro (10YR 4/5); scheletro abbondante, piccolo e molto piccolo, da debolmente alterato a molto alterato; tessitura franco-sabbiosa; granulometria scheletrico-franca; struttura poliedrica subangolare fine, debolmente sviluppata; macropori molto scarsi, fini; patine di sostanza organica a rivestimento dello scheletro; colate di terriccio ricco di sostanza organica all'interno dei canali dei lombrichi; radici poche, molto fini; limite inferiore chiaro ondulato.
CB	50-80 cm; umido; colore bruno (10YR 5/3); scheletro abbondante, piccolo e medio, a gneiss e micascisti, da debolmente alterato a molto alterato; tessitura sabbioso-franca; granulometria scheletrico-sabbiosa; struttura poliedrica subangolare fine, debolmente sviluppata; macropori scarsi, fini; radici poche, molto fini; limite inferiore abrupto ondulato.
C	80-100 cm e oltre; umido; colore bruno giallastro scuro (10YR 4/4); scheletro molto abbondante, piccolo e grande, a gneiss e micascisti, da debolmente alterato a molto alterato; tessitura sabbiosa; granulometria scheletrico-sabbiosa; incoerente; radici assenti; limite inferiore sconosciuto.

Classificazione
 FAO (1990)
 USDA (1994)
 RP (1995)
 WRB (1994)

Umbri-Humic Cambisol
Typic Cryumbrept .sandy-skeletal, mixed (cryic)
BRUNISOL OLIGO-SATURÉ humifère, cultivé
Cambic Umbrisol

Dati analitici

orizz.	REAZIONE			TESSITURA (mm) %								
	pH			sabbia					limo		argilla	Clas. tess.
	H2O 1:2.5	KCl 1:2.5	H2O 1:1	m. gr 2-1	gr. 1.05	media 0.5-0.25	fine 0.25-0.1	m. fine 0.1-0.05	gr. 0.05-0.02	fine 0.02-0.002		
Ap1	5.5	5.2	n.d.	2.1	8.4	11.0	15.5	13.7	10.2	28.1	11.0	F
Ap2	5.3	4.9	n.d.	3.8	9.7	10.9	15.4	12.1	20.1	26.1	11.9	F
BA	5.8	4.8	n.d.	16.6	8.9	9.8	13.9	14.2	9.6	15.3	11.7	FS
Bw	5.9	4.9	n.d.	17.6	8.3	11.6	16.3	14.3	8.3	14.4	9.2	FS
CB	6.1	5.0	n.d.	20.4	12.5	15.4	13.9	15.0	6.5	13.8	4.5	SF
C	6.4	5.0	n.d.	27.6	22.8	20.2	12.0	12.5	1.3	2.6	2.0	S

orizz.	COMPLESSO DI SCAMBIO (cmol+/kg suolo)									TSB	TSB eff	CSC argille
	CSC	CSC eff.	basi di scambio				Ac. pot.	Ac. scamb	Al scamb			
			Ca	Mg	K	Na				%	%	cmol+/kg
Ap1	33.02	14.34	12.25	1.09	0.29	0.06	17.50	0.65	n.d.	41.4	n.d.	n.d.
Ap2	20.07	8.71	7.14	0.76	0.16	0.05	13.37	0.60	n.d.	40.4	n.d.	n.d.
BA	13.18	6.48	5.39	0.35	0.11	0.03	7.88	0.60	n.d.	44.6	n.d.	n.d.
Bw	9.54	5.82	4.24	0.30	0.10	0.03	4.63	0.55	n.d.	55.2	n.d.	30.95
CB	5.04	3.15	2.85	0.20	0.08	0.02	2.16	n.d.	n.d.	70.3	n.d.	n.d.
C	2.05	1.53	1.29	0.15	0.07	0.02	1.56	n.d.	n.d.	74.6	n.d.	n.d.

orizz.	CARBONIO ORGANICO (g/kg)					N	C/N	Fe %			Al %		
	tot	estr.	A.U.	A.F.	N.U.			%	d	o	p	d	o
	5 Ap1	59.8	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
Ap2	42.8	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
BA	19.1	7.61	3.05	1.76	2.80	n.d.	n.d.	1.50	0.97	0.56	1.00	1.25	0.65
Bw	10.7	4.27	2.24	1.06	0.97	n.d.	n.d.	1.67	1.04	0.63	1.05	1.05	0.71
CB	4.9	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
C	1.4	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.

INDICI					
orizzonti	(Fe+Al)p/ (Fe+Al)d %	(Fe+Al)p/ argille	(CSCarg-0.5arg%).cm	Al+0.5Feo	ODOE
BA	0.48			1.73	
Bw	0.48			1.57	

Considerazioni pedologiche

L'orizzonte di superficie (Ap) è stato suddiviso, nella descrizione di campagna, in due parti: la soprastante, di spessore molto limitato, è quella nella quale si ritrova attualmente la più cospicua massa di radici del prato stabile; la sottostante, che si spinge fin verso i 20 cm di profondità, è meno ricca di radici ma possiede lo stesso colore scuro ed è quasi altrettanto ricca di sostanza organica: si tratta di un vecchio orizzonte arato, di un suolo coltivato presumibilmente a specie ortive (patata, ecc.) fino a un certo numero di anni fa.

L'insieme dei due orizzonti di superficie individua un epipedon umbrico; al di sotto di questo gli orizzonti BA e Bw (fra 20 e 50 cm di profondità) definiscono un orizzonte diagnostico cambico; il contenuto d'argilla è a malapena sufficiente per rispondere ai requisiti tassonomici, ma le caratteristiche di colore e di strutturazione sembrano abbastanza ben delineate per evidenziare il processo di brunificazione. Pare esistere un gradiente verticale di tale processo entro il profilo, che vede la sua espressione più compiuta nell'orizzonte Bw. Al di sotto di questo, il passaggio a un substrato grossolano avviene piuttosto rapidamente.

Considerazioni agronomiche

Il prato permanente ad avena d'oro è discretamente produttivo, consentendo di norma, su questi suoli, l'esecuzione di 3 sfalci l'anno: il primo di questi viene eseguito intorno al 5-10 giugno. Al termine della stagione veniva, in passato, eseguito un limitato pascolamento con pecore, che oggi non viene più praticato. La fertilizzazione è unicamente di tipo organico, attuata mediante spargimento autunnale, ripetuto quasi ogni anno, di letame bovino maturo (di oltre 6 mesi), proveniente da animali allevati a stabulazione fissa. Come risulta evidente anche dall'osservazione del profilo pedologico, il suolo è stato sottoposto in passato a operazioni di spietramento, che ne hanno migliorato le caratteristiche dell'epipedon; il materiale risultante è stato utilizzato per la costruzione dei muretti a secco di recinzione delle strade di servizio e degli appezzamenti coltivati. A riprova della discreta fertilità di questo suolo va ricordata la presenza di fauna a lombricidi, nonché quella di mammiferi insettivori (talpe), che soprattutto di lombrichi si nutrono.

CONCLUSIONI

Gli ambienti naturali di media e alta montagna sono condizionati, nel loro sviluppo, da numerosi fattori, la maggior parte di tipo naturale, gli altri legati all'azione antropica. Lo studio di tali ambienti dovrebbe, pertanto, essere affrontato in un'ottica multidisciplinare, che consenta di mettere in relazione reciproca i diversi fattori, evidenziandone caso per caso il livello d'importanza relativa.

Nel presente studio si dimostra come in alcune situazioni (sito n. 4) le influenze antropiche, connesse alle pratiche agricole di coltivazione del suolo, siano prevalse sugli altri principali fattori pedogenetici. In altri casi (sito n. 1) sono risultate maggiormente condizionanti, nei riguardi della evoluzione ambientale, le caratteristiche climatiche, laddove queste ultime sono di tipo quasi estremo. Nei siti n. 2 e n. 3 si sono riscontrate situazioni evolutive intermedie, nelle quali acquistano importanza relativa i fattori geomorfici e vegetazionali, pur sempre modificati dall'azione antropica, oggi meno intensa che in passato.

Un simile approccio multidisciplinare risulta assai efficace anche rispetto alla risoluzione di problematiche applicative, quali lo studio dei processi erosivi e la definizione del contributo di sedimenti fornito dai vari ambienti naturali, oltre che nell'individuazione di interventi operativi in funzione antierosiva.

RINGRAZIAMENTI

Si ringrazia l'ing. P. Fontana, direttore della centrale di Grosio dell'AEM di Milano, per la disponibilità e le informazioni messe a disposizione, e la dott.ssa F. Bartolino per l'aiuto nelle operazioni di laboratorio.

B I B L I O G R A F I A

- AFES, 1995 - *Référentiel Pédologique*. INRA, Paris.
- BARIOLI E., 1963 - *L'impianto idroelettrico di Grosio dell'Azienda Elettrica Municipale di Milano*. L'Energia Elettrica, n. 4: 261-290.
- BELLONI S., PELFINI M., 1987 - *Il gradiente termico in Lombardia*. Acqua Aria, 4: 441-447.
- BELTRAMI G., BIANCHI A., BONSIGNORE G., CALLEGARI E., CASATI P., CRESPI R., DIENI I., GNACCOLINI M., LIBORIO G., MONTRASIO A., MOTTANA A., RAGNI U., SCHIAVINATO G. e ZANETTINI B., 1971 - *Note illustrative della Carta Geologica d'Italia in scala 1:100.000. Foglio 19 «Tirano»*. Roma, Servizio Geologico d'Italia.
- BILLAUX P. 1978 - *Estimation du "régime hydrique" des sols au moyen des données climatiques. La methode graphique: son utilisation dans la cadre de la Taxonomie américaine des sols*. Cah. ORSTOM, ser. Pedol., 16 (3): 317-338.
- BRAUN-BLANQUET J., 1964 - *Pflanzensoziologie*. 3 Aufl., Wien.
- BONSIGNORE G., BORGO A., GELATI R., MONTRASIO A., POTENZA R., POZZI R., RAGNI U. e SCHIAVINATO G., 1969 - *Note illustrative della Carta Geologica d'Italia in scala 1:100.000. Foglio 8 «Bormio»*. Roma, Servizio Geologico d'Italia.
- CONTESSINI F., 1961 - *La nuova diga di Fusino del tipo a speroni tracimabile*. L'Energia Elettrica, n. 7, 577-59.
- FAO, UNESCO; ISRIC, 1990 - *FAO-Unesco Soil map of the world. Revised legend*. World Soil Resources Report, n. 60, Rome.
- FAO, ISRIC, ISSS, 1994 - *World ReferenceBase for Soil Resources. Draft*. Wageningen/Rome.
- FRIEND A.D., WOODWARD F.I., 1990 - *Evolutionary and ecophysiological responses of mountain plants to the growing season environment*. Advances in ecological research, n. 20.
- FORCELLA F., GALLAZZI D., MONTRASIO A. e NOTARPIETRO A., 1977 - *Note illustrative relative all'evoluzione neotettonica dei Fogli - 6, Passo Spluga - 7, Pizzo Bernina - 8, Bormio - 17, Chiavenna - 18, Sondrio - 19, Tirano. Contributi conclusivi per la realizzazione della Carta Neotettonica d'Italia*. Pubbl. n. 513 del Progetto Finalizzato Geodinamica, pp. 232-270.
- FORCELLA F., 1984 - *Brevi note sulla tettonica gravitativa di versante nelle Alpi Centrali*. Boll. Soc. Geol. It., n. 103, 689-696.
- FOSSATI D. e MANNUCCI G., 1996. *L'alluvione del 1987 in Valtellina e l'evento franoso della Val Pola*. In: *Guida alle escursioni*, pp. 43-51, Valtellina, 20-21 giugno 1996. Conv. "Contributi della scienza del suolo allo studio e alla difesa dei territori montani e collinari" (inedito).
- GRABHERR G., 1989 - *On community structure in high alpine grassland*, Vegetatio, 83: 223-227.
- GREGNANIN A. e MONTRASIO A., 1990 - *Struttura ed evoluzione delle Unità Austroalpine*. In: SOCIETÀ GEOLOGICA ITALIANA (a cura di), *Alpi e Prealpi Lombarde*. BE-MA editrice, Bologna: 21-24.
- KLUG-PUEMPER B., 1982 - *Effects of microrelief on species distribution and phytomass variation in a Caricetum curvulae stand*. Vegetatio, 48: 249-254.
- MINISTERO DELLE RISORSE AGRICOLE, ALIMENTARI E FORESTALI, 1994 *Metodi ufficiali di analisi chimica dei suoli*. Roma.
- PIGNATTI S., 1959 - *Fitogeografia*. In: CAPPELLETTI (a cura di), *Trattato di botanica*. UTET, Torino.
- PIGNATTI S., 1982 - *Flora d'Italia*. Edagricole, Bologna.
- POZZI R., BOLLETTINARI G. e CLERICI A., 1990 - *Studio geomorfologico e geologico applicato dell'AltaValtellina*, AEM, A. Cordani SpA, Milano: 151 pp.
- RUSSEL W.A., 1977 - *Plant rootsystems: their function and interaction with the soil*. McGraw-Hill, Londra.
- SANESI G., 1977 - *Guida alla descrizione del suolo*. Firenze, CNR.
- SERPIERI A., 1903 - *Le Alpi di Val Grosina*. In: *I pascoli alpini della Valtellina*, Atti della Commissione d'inchiesta sui pascoli alpini, vol. I, fasc. II, Milano, pp. 65-79.
- TIESZEN L., DETLING J., 1983 - *Productivity of grassland and tundra*. In: *Physiological Plant Ecology*, vol. 4, Springer-Verlag, Berlin.

Indirizzo degli Autori:

ISABELLA ASSI, MARCO BARCELLA, ROBERTO COMOLLI, LODOVICA FOLLADORI, FRANCO PREVITALI, Dipartimento di Scienze dell'Ambiente e del Territorio, Università degli Studi, via L. Emanuelli 15 - 20126 Milano
 GIAN BATTISTA BISCHETTI, Istituto di Idraulica Agraria, Università degli Studi, via Celoria 2 - 20133 Milano

APPENDICE

Rilievo vegetazionale

Per la parte vegetazionale si è seguita la metodologia proposta da Braun-Blanquet (scuola Zurigo-Montpellier) che prevede l'approccio floristico allo studio della vegetazione, condotto attraverso osservazioni su aree campione, ritenute omogenee dal punto di vista ecologico.

In queste aree sono state censite tutte le specie vegetali presenti, di cui si è stimata la copertura, ovvero la superficie di suolo occupata, seguendo una scala quali-quantitativa a 7 valori, proposta da Pignatti:

5	copertura 80-100%
4	copertura 60-80%
3	copertura 40-60%
2	copertura 20-40%
1	copertura 1-20%
+	copertura < 1%
r	specie rara

Raggruppando i rilievi così effettuati si costituiscono delle associazioni, che rappresentano il livello di base di una sistematica fitosociologica con quattro livelli gerarchici (classe, ordine, alleanza, associazione), corrispondenti a livelli di affinità floristica crescente. Questo tipo di sistematica si propone di esprimere in questo modo anche le affinità ecologiche esistenti tra le diverse tipologie.

Rilevamento pedologico e analisi chimiche

Le indagini sui suoli sono state effettuate mediante rilevamento diretto, con descrizione della stazione pedologica (SANESI, 1977).

I campioni prelevati sono stati analizzati in laboratorio (Ministero delle Risorse Agricole, Forestali e Alimentari, 1994). Si sono determinati i seguenti parametri:

- pH: metodo potenziometrico rapporto campione: solvente = 1:2.5 e 1:1;
- tessitura: distruzione dei cementi organici con acqua ossigenata; distruzione dei cementi ferrici con ditionito-citrato-bicarbonato; dispersione con sodio esametafosfato; levigazione alla pipetta;
- capacità di scambio cationico (CSC): scambio con bario cloruro e trietanolammina (pH 8.2); controscambio con magnesio solfato;
- basi di scambio e acidità potenziale (Ac. pot): estrazione in bario cloruro e trietanolammina (pH 8.2); dosaggio delle basi per spettrofotometria in assorbimento atomico;
- capacità di scambio cationico delle argille: separazione delle argille mediante levigatore; scambio con bario cloruro e trietanolammina (pH 8.2), controscambio con magnesio solfato;
- capacità di scambio cationico effettiva (CSC eff.): somma delle basi di scambio + acidità scambiabile;
- acidità scambiabile (Ac. scamb) e alluminio scambiabile (Al scamb): scambio con potassio cloruro;
- carbonio organico totale (tot.): ossidazione a caldo con potassio bicromato;
- carbonio estraibile (estr.): solubilizzazione in sodio pirofosfato; ossidazione a caldo con potassio bicromato;
- acidi umici e fulvici (A.U. e A.F.): separazione degli acidi fulvici con acido solforico; ossidazione a caldo con potassio bicromato;
- carbonio non umico (N.U.): determinazione per differenza: C estr.-(A.U.+A.F.);
- azoto totale (N): metodo Kjeldhal;
- frazionamento di ferro e alluminio:
Fed, Ald: frazione solubile in ditionito-citrato-bicarbonato;
Feo, Alo: frazione solubile in ammonio ossalato;
Fep, Alp: frazione solubile in sodio pirofosfato;
- densità ottica (ODOE); estrazione in ammonio ossalato e determinazione mediante spettrofotometro colorimetrico.