

STUDIO INTEGRATO FITO-GEOMORFOLOGICO DI UN SISTEMA DI ROCCE MONTONATE SERPENTINITICHE (CAMPAGNEDA, ALPI RETICHE, SONDRIO)

Gilberto Parolo¹, Alberto Carton² & Augusto Pirola¹

¹Dipartimento di Ecologia del Territorio e degli Ambienti Terrestri. Università degli Studi di Pavia;
E-mail: parolo@et.unipv.it

²Dipartimento di Scienze della Terra. Università degli Studi di Pavia. E-mail: carton@unipv.it

RIASSUNTO: G. Parolo et al., *Studio integrato fito-geomorfologico di un sistema di rocce montonate serpentinitiche (Campagneda, Alpi Retiche, Sondrio)*. (IT ISSN 0394-3356, 2005).

Scopo di questo lavoro è l'identificazione di relazioni ripetibili tra le geoforme e le comunità vegetali, al fine di sviluppare indicatori vegetazionali di forme del paesaggio e dei processi geomorfologici che le interessano. L'area di studio è localizzata nella fascia boreale superiore in Val Malenco (provincia di Sondrio, Alpi Retiche). Il gruppo di rocce montonate è scolpito su un substrato serpentinitico del Mesozoico ed è marginato da una serie di depositi glaciali, espressione di tre piccoli apparati morenici frontali riconducibili alle fasi stadiali tardiglaciali.

Diciannove rilievi fitosociologici, analizzati con il programma SYN-TAX 2000 sono risultati ripartiti in 5 gruppi distinti. Indici di ricchezza e di diversità specifica (Shannon-Weaver: $H = -\sum_i p_i \ln p_i$), di dominanza (Simpson: $\lambda = \sum_i p_i^2$) e di equitabilità (Pielou: $J = H / H_{\max}$, dove $H_{\max} = \ln n^\circ$ individui) sono stati calcolati per ciascuno dei popolamenti rilevati con l'intento di dedurre informazioni sulla loro stabilità ecologica ed organizzazione strutturale.

La datazione dei depositi glaciali posti a contatto e a margine delle rocce montonate, effettuata mediante il calcolo dell'innalzamento del limite delle nevi, ha permesso di attribuire, al substrato su cui sono scolpite le rocce montonate, un'età superiore ai 13.000 anni B.P. La distribuzione e la variabilità delle fitocenosi sono collegate alla esistenza di condizioni ambientali diversificate, correlate con l'andamento morfologico del substrato, che influenza la disponibilità idrica dei suoli, la distribuzione della copertura nevosa e gli effetti legati al vento. Le comunità vegetali sono dinamicamente stabilizzate dalle condizioni climatiche ed edafiche estremamente selettive. Tuttavia processi di ringiovanimento edafico innescano regressioni dinamiche nelle comunità vegetali, verificatisi probabilmente in occasione di manifestazioni meteorologiche intense, oppure in relazione alle profonde sollecitazioni meccaniche generate dai processi crio e/o termoclastici a cui sono sottoposti i substrati. Si può comunque ipotizzare una potenzialità della vegetazione diretta, a lungo termine, verso la formazione di una brughiera extrasilvatica a rododendro (*Rhododendretum ferruginei*). Infine, la distribuzione a mosaico delle comunità vegetali, relazionabile alla presenza di microhabitat ripetitivi e collegati potenzialmente da relazioni seriali o catenali, evidenzia la possibilità di considerare il sistema di rocce montonate in oggetto un geosigmeto.

ABSTRACT: G. Parolo et al., *Phyto-geomorphological integrated study of a serpentinitic roches moutonnées system (Campagneda, Rhaetian Alps, Sondrio, Italy)*. (IT ISSN 0394-3356, 2005).

The aim of this work is to identify repeatable linkages between landforms and diagnostic features of the vegetation, as a preliminary step in the development of phytoindicators for geomorphological forms and processes. The study area is located in the upper boreal belt of the Malenco Valley (Sondrio Province, Rhaetian Alps). The roches moutonnées consist of Mesozoic serpentinitic substratum and are surrounded by a sequence of glacial deposits. This sequence represents the expression of three little terminal morainic ridges, belonging to the Late Glacial Age.

SYN-TAX 2000 was used to analyse 19 phytosociological relevés; a cluster analysis (group average, similarity ratio) and a metrical ordination (PCoA, Chord distance), applied to all the relevés, pointed out the presence of 5 distinct groups.

Richness and diversity indexes (Shannon-Weaver index: $H = -\sum_i p_i \ln p_i$), dominance (Simpson index: $\lambda = \sum_i p_i^2$) and evenness (Pielou index: $J = H / H_{\max}$, where $H_{\max} = \ln n^\circ$ individuals) have been calculated for all the plant communities, to look into their ecological stability and structural composition.

We estimated the age of the glacial deposits, that surround the roches moutonnées, by using the raising of the equilibrium line altitude. This allowed to attribute more than 13.000 years B.P. to the substratum of the roches moutonnées. The distribution and variability of the phytocoenoses are linked to the existence of different environmental conditions, depending on geomorphological processes and forms of relief, that influence the water availability in the substratum, the snow cover and the wind effects. The extremely severe climatic and edaphic conditions stop the dynamic of the both plant communities of summits and interposed depressions. Nevertheless processes of edaphic rejuvenation promote regressive events in the vegetation cover; this is probably related to intense meteorological processes or depends on deep mechanical stresses caused by cryo- and/or termoclastic processes, that affect the substrata. We can, however, suppose that the potential expression of the vegetation could lead, in the long term, to acidocline alpenrose heaths (*Rhododendretum ferruginei*). Because of the mosaic distribution of plant communities, related to the repetitive presence of microhabitat and potentially linked by catenal and seral relationships, the roches moutonnées system can be considered a geosigmetum.

Parole chiave: Studio fito-geomorfologico; Vegetazione alpina; Rocce montonate; Depositati tardiglaciali; Alpi Retiche; Fascia boreale superiore; Substrati serpentinitici.

Keywords: *Phyto-geomorphological study; Alpine plant communities; Roches moutonnées; Late Glacial deposits; Rhaetian Alps; upper boreal belt; Serpentinic substrata.*

1. INTRODUZIONE

La copertura vegetale e la forma del rilievo terrestre presentano spesso importanti e molteplici interazioni, specialmente in ambienti di alta montagna, ove tali rapporti risultano più evidenti (BRAUN-BLANQUET, 1972; PANIZZA, 1980; OZENDA, 1985; ELLENBERG, 1988; KÖRNER, 1999). I fattori orografici, derivanti dall'andamento del rilievo, hanno un'influenza notevole sugli organismi vegetali, soprattutto perché sono in grado di influenzare l'espressione di altri fattori, quali quelli climatici. A sua volta la copertura vegetale influisce sia direttamente che indirettamente sulla morfogenesi, limitando ad esempio i processi erosivi dovuti all'azione dell'acqua e del vento, e figurando, specie se ben sviluppata, come causa ed indizio di stabilità morfologica.

L'interazione vegetazione-geoforma è un processo analizzabile a differenti livelli di percezione fitoecologica, contraddistinti da gradi di complessità crescente: sinusie, fitocenosi e individui di geosigmassociazioni (GILLET, 1985), possono essere utilizzati a varia scala per verificare il grado di fedeltà e la ripetitività dei rapporti con forme del paesaggio di diverso ordine di grandezza. Negli ultimi decenni, accanto a studi volti ad indagare gli effetti dei processi geomorfologici sulla copertura vegetale in ambienti periglaciali, dal punto di vista ecologico e dinamico (GIACOMINI & PIROLA, 1957; PIROLA, 1959; 1962; CARBINIER, 1966; KLUG-PÜMPPEL, 1982; RICHARD, 1987; PIROLA & CREDARO, 1994; PIROLA *et al.*, 1998; ROSSI *et al.*, 1998; BECKER & DIERSCHKE, 2005), si sono sviluppati metodi di indagine, recentemente anche in ambito GIS, che ricercano le relazioni spaziali di interdipendenza tra le forme del paesaggio e i *syn-taxa* vegetazionali, con l'intento di individuare corrispondenze statisticamente ripetibili; le comunità vegetali diventano così indicatrici di determinate geoforme e/o di processi geomorfologici (DELPECH, 1985; GERDOL *et al.*, 1985; GERDOL & SMIRAGLIA 1990; TOMASELLI & AGOSTINI, 1990; HOERSCH *et al.*, 2002; KOZLOWSKA & RACZKOWSKA, 2002; BERTIN, 2003; CANNONE & GERDOL, 2003; PAROLO, 2003; CACCIANIGA & ANDREIS, 2004); la loro aggregazione in unità superiori secondo relazioni di tipo dinamico o catenale, qualora l'unità si presenti fortemente eterogenea, rappresenta il primo livello di indagine nella descrizione del paesaggio vegetale (GEHU & RIVAZ MARTINEZ, 1981; GEHU, 1988; THEURILLAT, 1992a), definibile soltanto attraverso l'identificazione delle unità elementari che lo costituiscono (ecotopi), confermate dalla ripetitività delle corrispondenze tra ambiente fisico e fitocenosi (PEDROTTI *et al.*, 1997).

Il presente lavoro si propone di evidenziare relazioni ecologiche ripetibili tra geoforme e comunità vegetali in un sistema di rocce montonate serpentinitiche in ambiente alpino extrasilvatico, con lo scopo di individuare aree fito-geomorfologiche unitarie del paesaggio e di sviluppare indicatori vegetazionali di forme del paesaggio e dei processi geomorfologici che le interessano. Le rocce montonate si possono annoverare tra le principali forme di erosione glaciale. Si tratta di gobbe rocciose spesso associate in gruppi, frequentemente sagomate secondo la direzione di movimento del ghiacciaio, levigate sopra e sul lato rivolto contro il flusso glaciale, scabre sul lato sotto corrente. Sono ben evidenti nelle attuali aree proglaciali ed osservabili in ambienti oggi prevalentemente sottoposti a processi

crionivali o più generalmente ove vi sia stato il passaggio di un ghiacciaio. L'erosione forma in genere, tra un dosso roccioso e l'altro, depressioni da sovraescavazione disposte sia in senso longitudinale sia in senso trasversale rispetto alla direzione del flusso glaciale. L'entità dell'erosione è in diretta relazione con le caratteristiche meccaniche della roccia e con la quantità di detrito trasportato dal ghiacciaio lungo l'interfaccia roccia/ghiaccio. Le depressioni tra una roccia montonata e l'altra "catturano" spesso detrito fine, generato dai processi di degradazione, che funge da substrato per la vegetazione. Nel sistema di rocce montonate studiato, situato sulle Alpi Retiche, si osserva che l'alternanza di dossi e di depressioni induce la formazione di un mosaico di condizioni micro-ambientali, variabili in modo repentino anche su spazi ridotti (Fig. 1). Le depressioni, scavate nella roccia, sono di norma caratterizzate da una saturazione idrica più o meno spinta dovuta alla permanenza prolungata del manto nevoso ed al ristagno di acqua, favorito dalla frazione pelitica presente, convogliata nelle depressioni dal ruscellamento nivale e dalle piogge. Queste porzioni di terreno, a maggiore umidità, nelle stagioni intermedie gelano fino ad alcuni decimetri di profondità, rendendo superficialmente impermeabile il suolo. Sui dossi, al contrario, i periodi prolungati di siccità e le basse temperature invernali, il cui effetto sulla componente biotica è aggravato dalla scarsa copertura nevosa, favoriscono lo sviluppo di comunità vegetali a struttura generalmente aperta, con adattamenti xeromorfi.

2. AREA DI STUDIO

L'area di studio (Fig. 2) è ubicata in Val Malenco nel Piano di Campagneda (provincia di Sondrio) tra i 2200 e i 2310 m e comprende un sistema di rocce montonate modellate dal ghiaccio durante il Tardiglaciale. I dossi montonati e le contigue depressioni da sovraescavazione si alternano con passaggi bruschi e repentini da una forma all'altra oppure possono essere collegati da superfici, più o meno estese, a dolce inclinazione (10°÷20°). Esse sono scolpite nella formazione delle "Serpentine della Val Malenco"



Fig. 1 - Le rocce montonate serpentinitiche oggetto della ricerca. *The object of this research: the serpentinitic roches moutonnées.*

(AA.VV., 1970), rocce mesozoiche metamorfiche (serpentini e serpentinoscisti) con chimismo ultramafico. Altre rocce montonate risultano modellate su ridotti affioramenti di rocce metamorfiche silicee, appartenenti alla formazione dei "Micascisti del M.te Acquanera"; su queste ultime non sono stati effettuati rilevamenti fito-sociologici.

Il clima è di tipo temperato continentale; secondo la recente classificazione fitoclimatica di BLASI (1996) può essere ascritto al termotipo Alpino e all'ombrotipo ultraiperumido. Le condizioni climatiche rigide dell'area, caratterizzate da basse temperature medie annuali, da accentuate escursioni termiche stagionali e giornaliere e da abbondanti precipitazioni nevose, sottopongono le rocce emergenti a processi degradativi provocati dall'alternarsi di fasi di gelo e di disgelo (gelifrazione), particolarmente efficaci in quanto favoriti dall'elevata scistosità, tipica delle rocce serpentinitiche.

2.1 Studi geomorfologici precedenti

Non esistono approfonditi studi di geomorfologia che riguardano l'area in esame; la maggior parte dei lavori prende in considerazione gli aspetti geologici, soprattutto a scala regionale (BENNING & SIDLER, 1992). Frammentarie notizie si possono ricavare da studi più generali sul glacialismo quaternario della Val Malenco e delle Alpi Insubriche valtellinesi. Il primo lavoro che si può in un certo qual senso considerare di carattere geomorfologico risale al 1930 (NANGERONI, 1930). Nell'opera l'autore, sulla base delle morene "stadiarie", ricostruisce i ghiacciai della Val Malenco, ne traccia i limiti e fornisce ai vari depositi una attribuzione cronologica. Successivamente GODENZI (1957) pubblica la sua Tesi di Laurea che riguarda la morfologia glaciale e la geomorfogenesi della Valle di Poschiavo. Nel lavoro vengono fatti alcuni riferimenti alla zona di Campagneda, senza però entrare nel dettaglio della morfologia. Alcune informazioni sui depositi quaternari

si possono ricavare invece dalla *Geologische Karte der Bernina Gruppe* alla scala 1:50.000 (STAUB, 1946); in essa vengono cartografati con estremo dettaglio i depositi glaciali e gli argini morenici presenti nell'Alpe di Campagneda e nell'Alpe di Prabello. Lo Staub differenzia in questa zona tre unità glaciali. In un successivo lavoro Venzo (VENZO, 1971), pur tracciando un quadro completo ed estremamente articolato degli stadi tardo-würmiani e post würmiani delle Alpi Insubriche valtellinesi, raramente fa specifico riferimento all'area oggetto del presente studio.

2.2 Inquadramento vegetazionale

La vegetazione dell'area di studio è compresa nella regione forestale endalpica (DEL FAVERO, 2002), al di sopra dell'attuale limite superiore del bosco chiuso, collocabile mediamente attorno ai 2200 m. Le fasce vegetazionali riconoscibili nel Piano di Campagneda sono la boreale superiore, caratterizzata da alberi isolati e da arbusteti nani o contorti fino a 2400 m, la fascia alpica in cui dominano le praterie naturali chiuse con presenze discontinue di tundra alpina, e infine la fascia nivale definita in base alla fisionomia discontinua della vegetazione erbacea (zolle aperte) progressivamente sostituita da comunità prevalentemente con strutture proprie degli stadi pionieri, su pietraie e rocce (Tab. 1). In questi ambienti, durante le fasi iniziali, si riscontrano comunità vegetali caratterizzate dalla compresenza di specie acidofile e basifile, tipiche dei litotipi di natura serpentinitica. Al di sotto dei 2000 m si esprime la pecceta subalpina (*Piceion abietis*), che viene sostituita più in altitudine da boschi aperti e luminosi di larice con sottobosco di ericacee e da arbusteti extrasilvatici (*Rhododendretum ferruginei*), localmente interrotti da praterie secondarie pascolate (*Sieversio-Nardetum strictae*). Tutta la fascia boreale superiore può essere considerata un ampio ecotono determinato dalla variazione altitudinale delle condizioni ambientali progressivamente più rigide che riducono o escludono i fattori favorevoli alle forme arboree e arbustive ("zona di contesa"). La vegetazione potenziale è la brughiera extrasilvatica di arbusti nani a rododendro e mirtillo (*Rhododendretum ferruginei*), riscontrabile sulle rocce montonate localizzate in posizione marginale all'area di studio. La pastorizia, ancora attiva, ha modificato questo paesaggio con il decespugliamento e il pascolo, lasciando però frammenti di vegetazione naturale molto significativi per il riconoscimento dei limiti altitudinali che separano le fasce di vegetazione. Nella fascia boreale superiore si trovano lembi di vegetazione idroigrofila, ascrivibile alle torbiere basse, situate in depressioni alimentate da acque superficiali o da sorgenti. Inoltre in corrispondenza di limitate emergenze di calcari metamorfosati, vi sono frammenti di praterie basifile. La transizione alla fascia alpica è poco evidente per le modificazioni delle praterie alpine in pascoli dominati da *Nardus stricta* ma, dove il disturbo è solo saltuario o assente, si trovano le praterie naturali tra cui quella considerata il climax alpino, il *Caricetum curvulae*. La fascia nivale inizia all'altitudine di circa 2900 m, quota da considerare teorica per il fatto che la discesa a quote inferiori di pietraie a lungo innevamento determina frequenti enclavi extrazonali della vegetazione periglaciale (*Androsacetalia alpinae*).

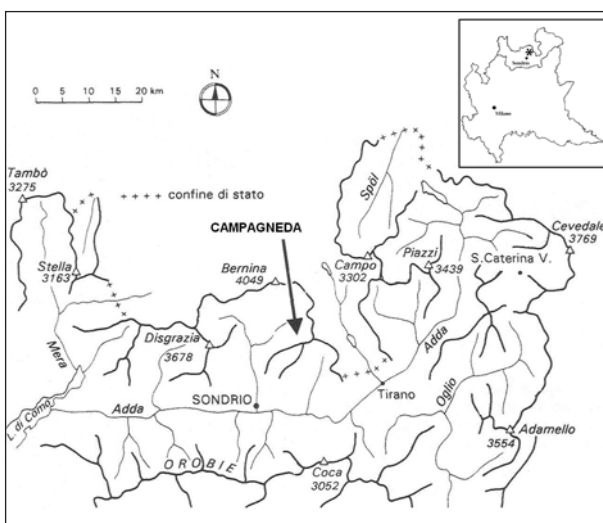


Fig. 2 - L'area di studio si trova nel Piano di Campagneda (Val Malenco, Sondrio), tra i 2200 e i 2300 m di altitudine.

The study area is located in the Campagneda Plain (Malenco Valley, Sondrio), between 2200 and 2300 metres high.

Tab. 1 - Distribuzione altitudinale della vegetazione.
Altitudinal distribution of the plant communities.

Fasce	tipi di vegetazione
nivale	popolamenti discontinui di licheni e briofite
	comunità discontinue delle rupi e delle pietraie (<i>Androsacion vandellii</i> ; <i>Androsacion alpinae</i>)
	comunità delle vallette nivali (<i>Salicetea herbaceae</i>)
	frammenti di praterie alpine (<i>Caricion curvulae</i>)
	limite climatico delle nevi (2900 m)
alpica	praterie alpine microterme ed eliofile (<i>Caricion curvulae</i> ; <i>Agrostion schraderanae</i> ; <i>Festucion variae</i>)
	comunità discontinue delle rupi e delle pietraie (<i>Androsacion vandellii</i> ; <i>Androsacion alpinae</i>)
	comunità delle vallette nivali (<i>Salicetea herbaceae</i>)
	praterie microterme pascolate (<i>Poion alpinae</i>)
	cespuglietti nani a <i>Loiseleuria procumbens</i> (<i>Loiseleurio-Vaccinion</i>)
	frammenti di torbiere acidofile (<i>Caricion nigrae</i>)
	vegetazione fontinale (<i>Cardamino-Montion</i>)
	limite degli arbusti nani (2400 m)
boreale superiore (extrasilvatica)	pascoli a nardo e a <i>Carex sempervirens</i> (<i>Nardion strictae</i>);
	brughiere extrasilvatiche (<i>Loiseleurio-Vaccinion</i> ; <i>Rhododendro-Vaccinion</i> ; <i>Juniperion nanae</i>)
	comunità discontinue delle rupi (<i>Androsacion vandellii</i>)
	comunità discontinue delle pietraie e dei greti (<i>Androsacetalia alpinae</i> ; <i>Salicion incanae</i>)
	torbiere (<i>Scheuchzerio-Caricetea nigrae</i>)
	comunità nitrofile dei riposi (<i>Rumicion alpini</i>)
	frammenti di megaforbieti (<i>Adenostylion</i>)
vegetazione fontinale (<i>Cardamino-Montion</i>)	
	limite del bosco chiuso (2200 m)

3. METODI

La vegetazione è stata studiata secondo l'approccio sociologico della scuola di Zürich-Montpellier (BRAUN-BLANQUET, 1964). Diciannove rilievi fitosociologici, eseguiti nel periodo 2002-2003, sono stati sottoposti a *cluster analysis* utilizzando il programma SYN-TAX 2000 (PODANI, 2001); la classificazione gerarchica è stata ottenuta applicando il criterio agglomerativo legame medio (*group average*) e la *similarity ratio* come indice di somiglianza. L'ordinamento metrico dei rilievi è stato calcolato attraverso l'analisi delle coordinate principali (PCoA) e la distanza della corda (*chord distance*). Le misure di diversità (numero di specie, diversità specifica di SHANNON & WEAVER, 1949: $H = -\sum_i p_i \ln p_i$), dominanza (SIMPSON, 1949: $\lambda = \sum_i p_i^2$) e di equitabilità (PIELOU, 1969: $J = H / H_{\max}$ con $H_{\max} = \ln n^\circ$ individui) sono state calcolate previa conversione degli indici di ricoprimento nei rispettivi valori percentuali centrali (BRAUN-BLANQUET, 1964). I valori ricavati per ognuno dei quattro parametri sono stati sostituiti nell'ordinamento metrico ai numeri dei rilievi e riprodotti graficamente con simboli di grandezza proporzionale ai valori numerici ottenuti.

Per la nomenclatura floristica e le forme biologiche si è fatto riferimento ad AESCHIMANN *et al.* (2004). Per la nomenclatura fitosociologica e l'inquadramento sintassonomico ci si è attenuti a GRABHERR & MUCINA (1993) per la classe *Asplenetetea trichomanis*, a POLDINI & ORIOLO (1997) per la classe *Caricetea curvulae*, ad

EGGENSBERGER (1994) per la classe *Vaccinio-Piceetea*, a GERDOL & TOMASELLI (1997) per la classe *Scheuchzerio-Caricetea nigrae* e ad ORIOLO (2001) per l'inquadramento dell'alleanza *Oxytropido-Elynon* nella classe *Elyno-Seslerietea*. Tuttavia il numero esiguo di rilievi e le condizioni spesso estreme cui sono soggetti i popolamenti si traducono talvolta in una loro difficoltosa attribuzione ai *syntaxa* noti in letteratura, di cui spesso rappresentano aspetti frammentati, floristicamente impoveriti o varianti dovute all'apporto di basi da parte delle rocce serpentinitiche.

Per datare i depositi glaciali che marginano le rocce montonate e per inquadrare cronologicamente il substrato su cui sono impostate, è stata ricostruita, sulla base delle geometrie assunte dagli argini morenici, la quota del limite delle nevi. Tale parametro è stato calcolato con il sistema proposto da MARINELLI (1928) e non con il metodo AAR (GROSS *et al.*, 1977) per mancanza di significativi punti quotati di riferimento all'esterno delle aree glacializzate. Per l'Unità del Cornetto è stato calcolato il limite delle nevi utilizzando anche la quota delle terminazioni, verso monte, degli argini laterali. Il valore individuato è di 2680 m; ciò indica che in questa zona il metodo "Marinelli" (cfr. Tab. 2) sovrastima di 25 metri il reale limite delle nevi. Come valore di riferimento per il calcolo della variazione dei limiti delle nevi si è tenuto conto del livello BZN (Bezugsniveau) (KERSCHNER, 1976). I valori ottenuti sono stati confrontati con quelli ricavati per le Alpi Svizzere (MAISCH, 1982).

Tab. 2 - Tabella riassuntiva dei parametri fisici, geometrici e cronologici riferiti ai depositi glaciali, suddivisi in cinque unità. Il parametro "quota limite delle nevi corretto" tiene in considerazione la differenza di quota che c'è tra il limite delle nevi calcolato con il metodo Marinelli e quello più attendibile fornito, per l'unità del Cornetto, dalla terminazione della morena laterale sinistra. Vengono inoltre indicate le comunità vegetali presenti sulle cinque differenti unità di deposito glaciale.

Synoptic table showing the physical, geometrical and chronological parameters of the glacial deposits, subdivided into five units. The term "correct snow-line altitude" considers the difference of altitude between the snow-line, evaluated with Marinelli's method, and the limit obtained by measuring the upper altitude of the left lateral moraine, that is more reliable. The plant communities, that cover the five glacial units, are also indicated.

	VEGETAZIONE	<i>Androsacion alpinae</i>	<i>Festucetum scabriculumis</i>	<i>Caricetum curvulae</i>	<i>Poion alpinae</i>	<i>Rumicetum alpini</i>	<i>Sieversio-Nardetum strictae</i>	<i>Rhododendretum ferruginei</i>	Quota fronte (m)	Quota media recinto (m)	Quota limite nevi (m) Marinelli (1928)	Quota limite nevi corretto	Δh limite nevi rispetto a BZN 1850	Età MAISCH, (1982)	Età B.P. MAISCH, (1982)	Δt C° ad oggi (gradiente 0,6° C/100 m)
UNITÀ DEL CORNETTO	X			X					2540	2871	2705	2680	0	L.I.A.	154 (1850 a.D.)	0,60
UNITÀ DI ALPE PRABELLO						X	X		2245	2938	2591	2566	114	EGESEN Bockten	10.000 ++	1,3
UNITÀ DEL PIANO DI CAMPAGNEDA		X	X			X			2200	2797	2499	2474	206	EGESEN Maximum	11.000 -	1,8
UNITÀ DI CAMPASCIO DI CASOGGIO				X	X	X			2060	2797	2428	2403	277	Daun II ?	13.000 +	2,3
UNITÀ DI MONTE ACQUANERA							X		2040	2636	2338	2313	367	Daun I ?	13.000 ++	2,8

4. RISULTATI E DISCUSSIONE

4.1 Le rocce montonate: età e contesto geomorfologico

La carta geomorfologica di Fig. 3 rappresenta il contesto geomorfologico in cui è inserito il gruppo di rocce montonate studiate; queste appartengono ad un ampio complesso di analoghe forme, ubicate sul versante ad occidente della linea di cresta che si sviluppa tra il Passo degli Ometti (2758 m) e il Passo di Campagneda (2601 m), passando per il Pizzo Scalino (3323 m) e per l'attuale esiguo *ice divide* che separa la Vedretta di Pizzo Scalino dalla sua transfluenza verso nord-ovest, in direzione del Piano di Campagneda. Il "campo" di rocce montonate (che nella sua totalità raggiunge più o meno la superficie di circa 2 km²) si sviluppa tra i 2000 ed i 2360 m di quota ed è marginato su tre lati da depositi glaciali, alcuni dei quali modellati in evidenti, ben conservati ed articolati argini morenici. Al di sopra dei 2200-2250 m, le superfici rocciose montonate, affiorano per la quasi totalità. Al di sotto di tale quota, pur essendo ancora evidenti i lineamenti delle rocce esarate dal ghiaccio, prendono il sopravvento morfologie di tipo più decisamente gravitativo, diffusamente ricoperte da vegetazione quasi continua. I contorni ed i profili delle rocce montonate si presentano assai spesso scabri e scheletrici, per la lunga esposizione agli agenti del modellamento che hanno agito su un substrato fessile, e sono ulteriormente marcati dall'approfondimento delle numerose fratture che le separano. L'erosione glaciale ha esaltato discontinuità del substrato diversamente orientate, scolpendo campi di rocce montonate con asse maggiore disposto lungo differenti direttrici. La frequente non coincidenza degli orientamenti della fratturazione con le probabili linee di

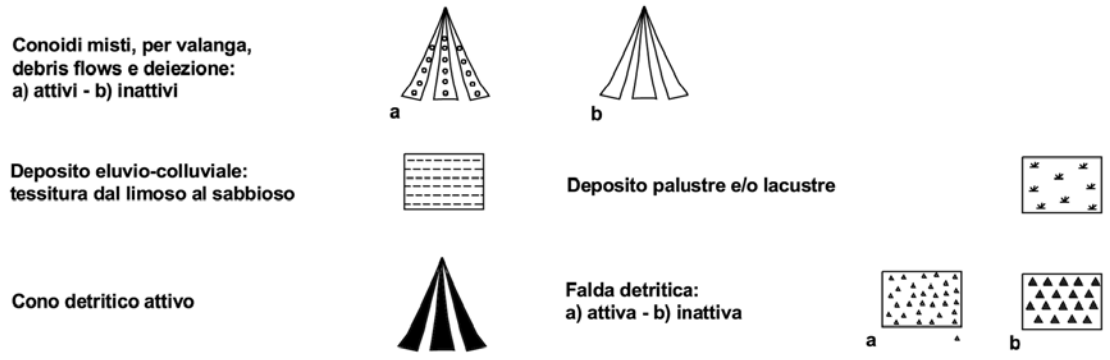
flusso del ghiaccio (così come possono essere desunte dalla topografia e dalle rarissime tracce di esarazione lasciate sulle rocce) fanno sì che spesso i dossi siano asimmetrici rispetto al loro asse maggiore, soprattutto nella parte scabra sotto corrente.

I depositi glaciali posti a ridosso del campo di rocce montonate sono l'espressione di tre piccoli apparati morenici frontali di altrettanti ghiacciai di pendio, in origine saldati tra loro, che nelle ultime fasi stadiali tardiglaciali, si sono evoluti indipendentemente, in funzione delle diverse caratteristiche delle rispettive aree di alimentazione. La documentazione cartografica storica indica la presenza di ghiacciai sul versante Est del Piano di Campagneda ancora nel 1833 (ISTITUTO GEOGRAFICO MILITARE AUSTRIACO, 1833) e, con minor estensione, anche nel 1910 (CARTE TOPOGRAPHIQUE DE LA SUISSE, 1910). A fronte delle caratteristiche morfologiche, tessiturali, delle geometrie che gli argini morenici assumono e del grado di colonizzazione della vegetazione, sembra possibile effettuare una distinzione in cinque unità, strettamente locali, riferibili a diverse fasi e/o apparati glaciali.

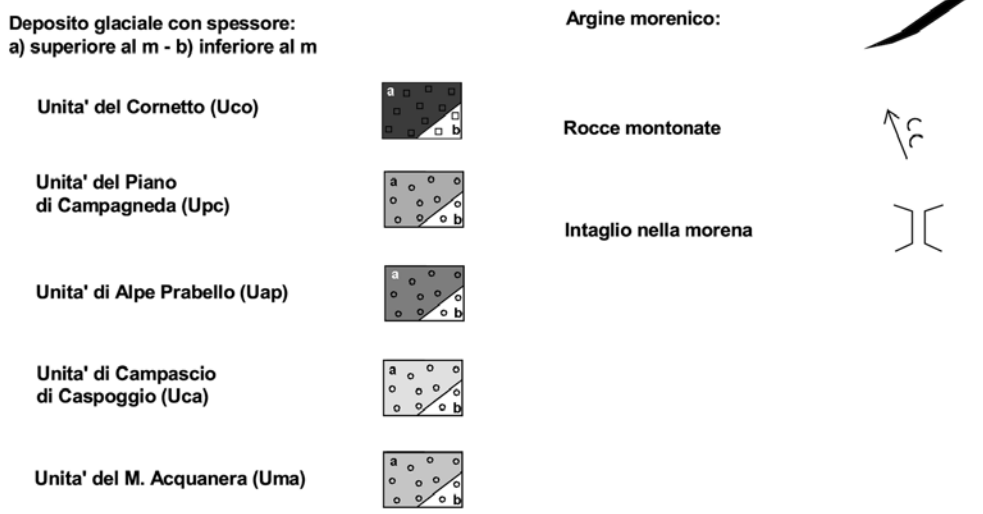
Unità del Cornetto (U_{co}).

Si tratta di depositi glaciali, appartenenti ad una lingua transfluente dalla vicina Vedretta di Pizzo Scalino, modellati in un potente arco morenico, che tratteggia i limiti di una diverticolazione glaciale proveniente da una delle due insellature tra l'antecima di Pizzo Scalino (3107 m) ed il Cornetto (2848 m). Le geometrie dell'accumulo indicano che la lingua glaciale stazionava intono ai 2540 m. L'argine, nel suo lato esterno è rivestito da una prateria pingue microterma (*Poion alpinae*) uniformemente distribuita, mentre al suo inter-

Fig. 3a) **FORME E DEPOSITI DOVUTI ALLO SCORRIMENTO DELLE ACQUE SUPERFICIALI ED ALLA GRAVITA'**



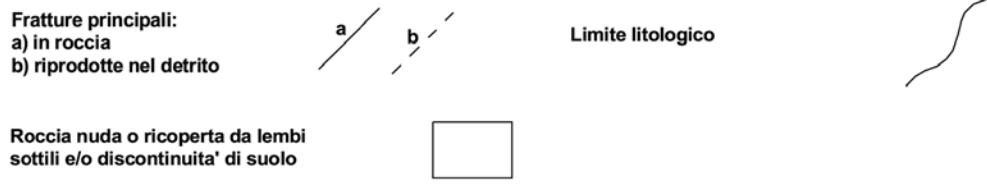
FORME E DEPOSITI GLACIALI



FORME E DEPOSITI CRIOGENICI E NIVALI



DATI STRUTTURALI



IDROGRAFIA ED ELEMENTI DEL GLACIALISMO ATTUALE



Fig. 3b)

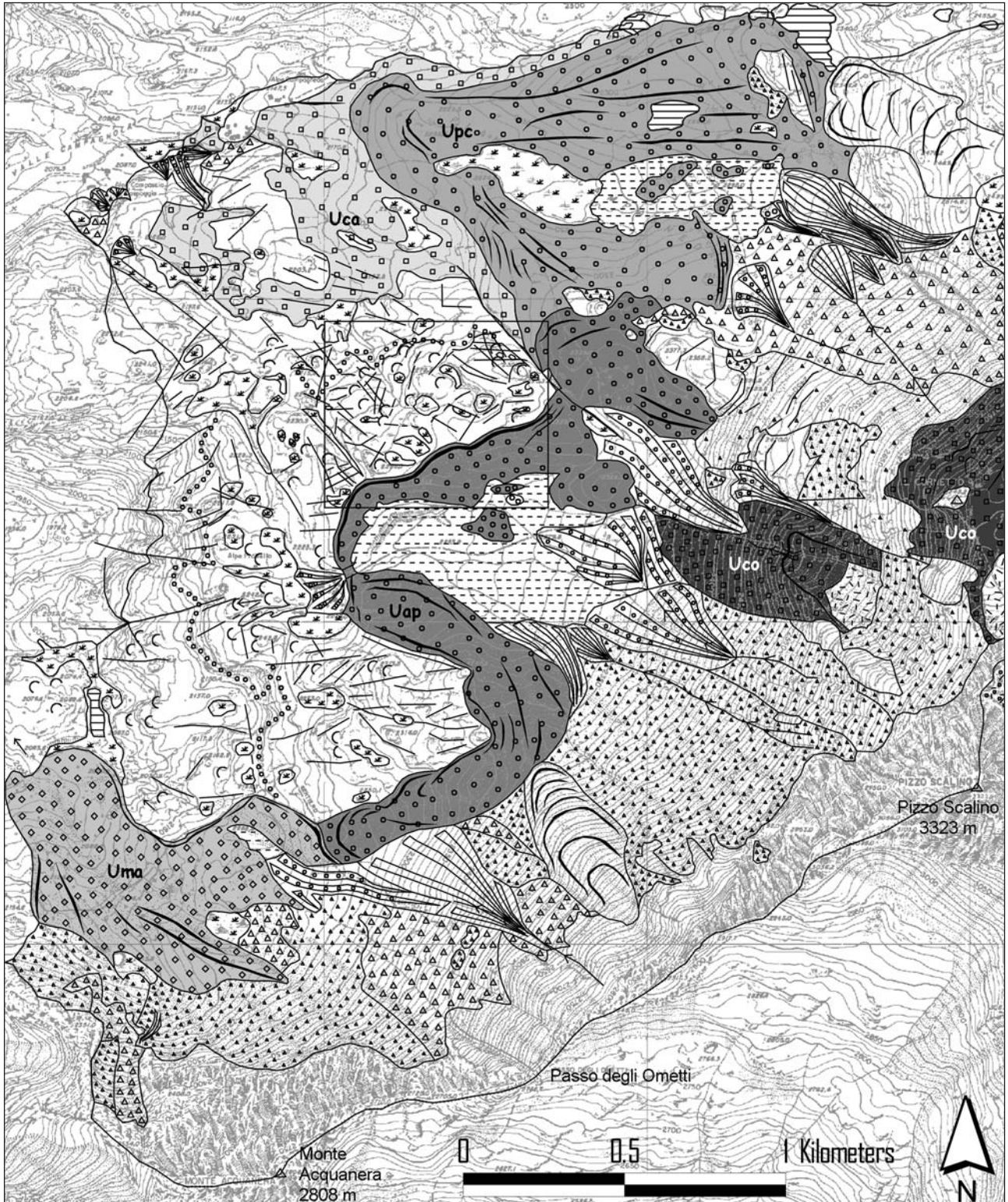


Fig. 3 - Carta geomorfologica del versante nord-occidentale tra Pizzo Scalino e Monte Acquanera.
 Geomorphological map of the north-western slope between the Scalino Peak and the Mount Acquanera.

no la vegetazione, molto discontinua, è caratterizzata da consorzi discontinui microtermi tipici delle pietraie non stabilizzate (*Androsacion alpinae*). La cartografia storica (ISTITUTO GEOGRAFICO MILITARE AUSTRIACO, 1833) indica in questa posizione la presenza di una placca di ghiaccio ancora nel 1833. Per questo motivo, per la fre-

schezza delle forme, per la tipica morfologia a lama di coltello che assume la cresta dell'argine e per le caratteristiche tessiturali simili ad analoghi depositi di età nota situati nelle vicinanze, si ritiene che il deposito in oggetto possa esser riferito alla Piccola Età Glaciale.

Unità del Piano di Campagneda (U_{pc})

Al Piano di Campagneda la vasta zona paludosa è sorretta da una spessa coltre di depositi glaciali, articolati in una successione di morene di accrezione e di sovrapposizione riferibili ad una lingua glaciale di ragguardevoli dimensioni (anche più di 500 m di larghezza) anch'essa diffluente dalla Vedretta di Pizzo Scalino attraverso l'insellatura tra le quote 2911 e 2848. La maggior parte degli argini morenici mostrano profilo assai smussato ed alcuni di essi si identificano solo per una fitta serie di ondulazioni della superficie topografica, tra loro sub parallele. Alcuni valli sono sostituiti da *stone line*. Il deposito è ricoperto in modo continuo da curvuleti (*Caricetum curvulae*), nardeti (*Sieversio - Nardetum strictae*) e da localizzate praterie eliofile a festuca (*Festucetum scabriculumis*); elevata è la pietrosità superficiale. L'unità ricopre le rocce del substrato con limiti netti e si sovrappone anche a depositi glaciali di ugual provenienza ma più antichi (Unità di Campascio di Caspoggio).

Unità di Campascio di Caspoggio (U_{ca})

Costituisce una placca di depositi glaciali privi di espressione morfologica, che margina a Nord il campo di rocce montonate. Affiora nel settore settentrionale della zona e traccia i limiti della fronte di una lingua glaciale simile alla precedente ma che si spingeva più in basso nella valle. Ricopre direttamente il substrato roccioso ed è a sua volta ricoperta dall'unità del Piano di Campagneda. Il limite tra le due, di scarsa evidenza morfologica è tratteggiato da un allineamento di piccole risorgive, ristagni d'acqua, zone umide. Sull'unità è presente un suolo sviluppato ed una stabilizzata copertura vegetale continua a nardo (*Sieversio - Nardetum strictae*), a prateria pingue microterma (*Poion alpinae*) e, intorno alle baite, a vegetazione dei riposi (*Rumicetum alpini*).

Unità di Alpe Prabello (U_{ap})

È il deposito che interferisce maggiormente con le rocce montonate, marginandole ad Est, con un andamento spiccatamente sinusoidale, per una lunghezza di quasi tre chilometri. Il lungo argine morenico, ben conservato, appoggia direttamente sulle nude rocce montonate. In alcuni tratti, sul lato orientale del deposito, sono presenti segmenti di morena che descrivono le fasi di ritiro di un ghiacciaio che veniva alimentato in parte dal versante tra il Passo degli Ometti ed il Pizzo Scalino ed in parte dalla Vedretta di Pizzo Scalino, per transfluenza, lungo la già citata insellatura tra l'antecima di Pizzo Scalino ed il Cornetto. È proprio in corrispondenza di questa maggior alimentazione che il deposito disegna la fronte principale più avanzata (quota di 2235 m), a ridosso dell'Alpeggio di Prabello e che ricopre maggiormente le rocce montonate. La vegetazione, costituita dal rododendreto (*Rhododendretum ferruginei*) e dal nardeto (*Sieversio - Nardetum strictae*) ricopre questa unità in modo discontinuo a causa di una eccessiva pietrosità. Il deposito glaciale in oggetto si sovrappone all'unità del Piano di Campagneda e del Monte Acquanera.

Unità del Monte Acquanera (U_{ma})

È presente ai piedi del tratto di crinale che si sviluppa ad occidente del Passo degli Ometti e che culmina nel M. Acquanera (2806 m). Si tratta di depositi gla-

ciali modellati in numerosi argini morenici. Il deposito è coperto dal rododendreto (*Rhododendretum ferruginei*) in modo pressoché continuo. Parte del deposito si inserisce all'interno del limite superiore della vegetazione arborea; alcuni esemplari di larice si sono insediati sulla lunga morena laterale sinistra raggiungendo la quota di 2200 m.

Le geometrie degli argini morenici appartenenti alle unità sopra descritte suggeriscono alcune considerazioni sui limiti delle nevi, utili per datare i depositi glaciali e conseguentemente per inquadrare cronologicamente il substrato su cui si sono impostate le rocce montonate. I presunti valori della quota del limite delle nevi, assunti dai ghiacciai corrispondenti alle cinque unità individuate, sono indicati in tab 2. Il valore del BZN locale è fornito dall'unità del Cornetto ed è pari a 2680 m. L'Unità di Prabello e di Campagneda si collocano nelle fasi iniziali ed intermedie dell'Egesen, quelle di Campascio di Caspoggio e del Passo degli Ometti, nelle fasi tardive del Daun. La differenza dell'abbassamento del limite delle nevi, tra le varie unità, in alcuni casi anche sensibile, indica che l'originale unica placca di ghiaccio si è disattivata per fasi successive da sud verso nord, abbandonando per ultimo il settore centrale in corrispondenza dell'Alpe Prabello. La disattivazione delle varie unità che vede nell'ordine l'unità del Monte Acquanera, l'unità del Campascio di Caspoggio, l'unità di Campagneda, l'unità di Alpe Prabello e l'unità del Cornetto, è avvalorata anche dal rispettivo grado di colonizzazione della vegetazione e dai rapporti geometrici di sovrapposizione dei relativi depositi.

La superficie rocciosa che ospita le rocce montonate risulta quindi essere esposta da un'età superiore ai 13.000 anni BP; inoltre, nell'ipotesi di considerare i cambiamenti ambientali connessi solo a variazioni termiche, sulla base delle variazioni di quota del limite delle nevi, si può ritenere che nel momento in cui le rocce montonate erano attorniate dalle due lingue glaciali, le temperature medie annue si aggirassero su valori inferiori di circa 2,5 °C rispetto all'attuale, mentre quando il ghiacciaio stazionava nei pressi dell'Alpe Prabello potevano essere inferiori a poco più di 1 °C.

4.2 Le comunità vegetali: ecologia e distribuzione in relazione alle geoforme

Nel campo di rocce montonate, la vegetazione si insedia preferenzialmente in corrispondenza di placche detritiche più o meno potenti, ubicate in diverse situazioni morfologiche. In particolare, le numerose fratture, orientate prevalentemente lungo due direttrici (NW÷SE e WSW÷ENE), individuano tra i dossi delle rocce montonate una serie di conche, di vallecicole e di solchi, all'interno dei quali si raccoglie il detrito proveniente dalla degradazione delle rocce, in alcuni casi con spessori di qualche metro (fig. 4).

La classificazione gerarchica dei rilievi fitosociologici (Fig. 5) mostra la ripartizione dei rilievi in cinque gruppi principali, ecologicamente ben differenziati, distinti ad un valore di dissimilarità pari a 0,85: i primi tre *cluster* riuniscono le praterie igrofile e idro-igrofile ascrivibili alla classe *Scheuchzerio-Caricetea nigrae*, rilevate nelle depressioni, il quarto raggruppa le comunità distribuite sulle pareti rocciose (*Cystopteridion*) e sulle coltri di alterazione (*Oxytropido-Elynon*), mentre il

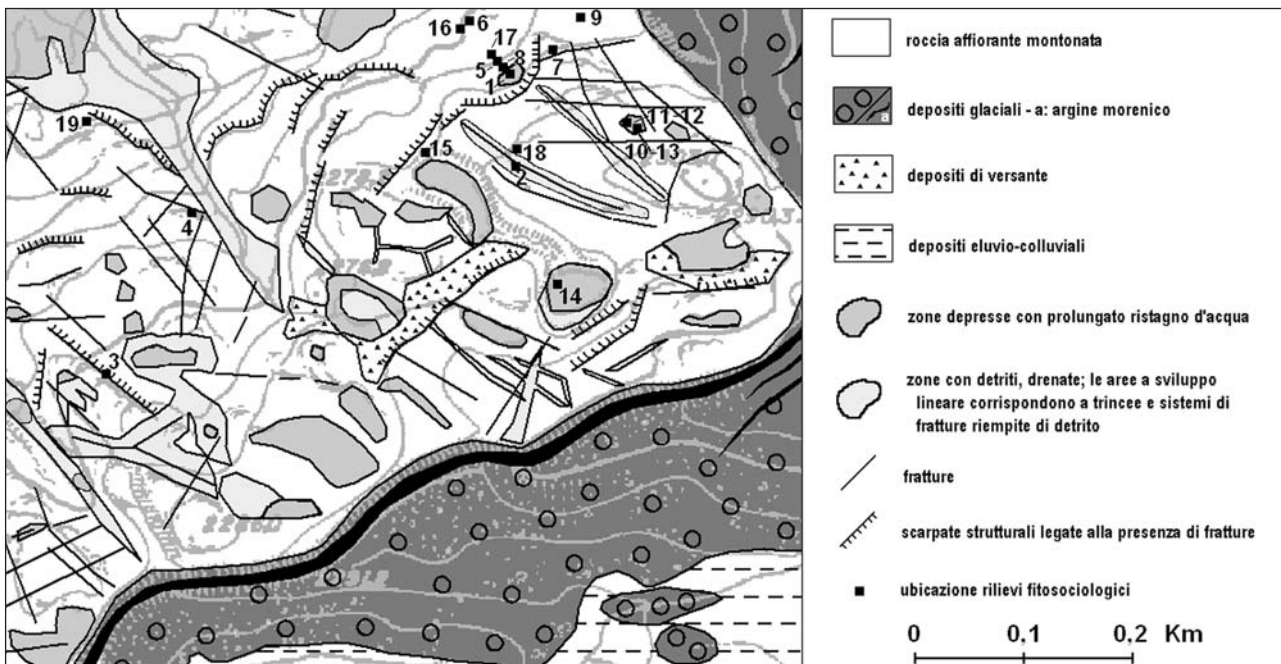


Fig. 4 - Carta geomorfologica del sistema di rocce montonate, che rappresenta con maggior dettaglio l'area di studio indicata in fig. 3. Geomorphological map of the roches moutonnées system, showing in details the study area of the fig. 3.

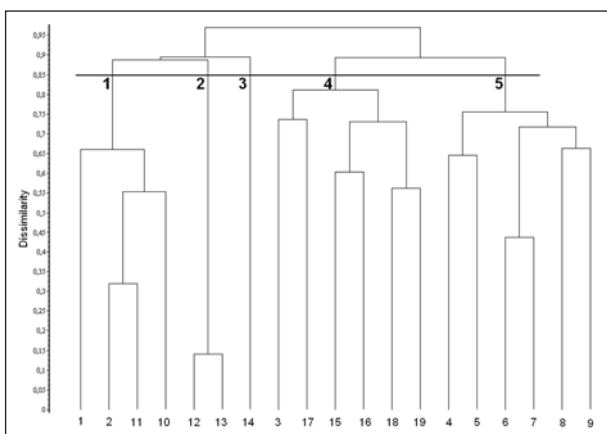


Fig. 5 - Classificazione gerarchica dei rilievi fitosociologici. Dendrogram of the phytosociological relevés.

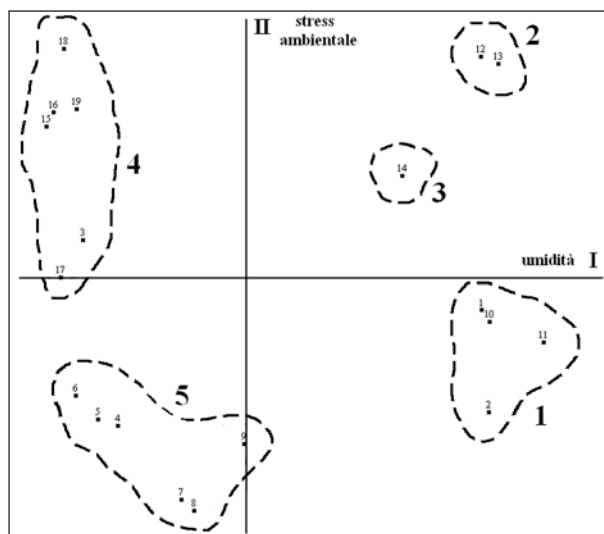


Fig. 6 - Ordinamento metrico dei rilievi fitosociologici; gli assi I e II esprimono rispettivamente il 22,28 % e il 15,33 % della varianza totale.

Metrical ordination of the phytosociological relevés; the 1st and the 2nd axes describe respectively the 22,28 % and the 15,33 % of the total variance.

quinto riunisce le comunità floristicamente e strutturalmente più complesse ascrivibili alle alleanze *Juniperion nanae*, *Loiseleurio-Vaccinion* e *Nardion strictae*, situate sui fianchi di collegamento tra i dossi e le depressioni (Tab. 3). La ripartizione ecologica dei rilievi è comprovata anche dal diagramma di dispersione bidimensionale

Tab. 3 - Numero di rilievi per comunità vegetale e loro corrispondenza con le forme del rilievo. Number of relevés per plant communities and their correspondence with the forms of relief.

	depressioni	fianchi	dossi	pareti rocciose
aggr ad <i>Erioph. angustifolium</i>	2	-	-	-
<i>Caricetum limosae</i>	1	-	-	-
<i>Caricetum pauperculae</i>	1	-	-	-
<i>Drepanocl. revolv.-Trichoph. cespitosi</i>	2	1	-	-
<i>Sieversio-Nardetum strictae</i>	1	1	-	-
<i>Loiseleurio-Cetrarietum</i>	-	2	-	-
<i>Junipero-Arctostaphyletum</i>	-	-	2	-
aggr. a <i>Minuartia verna</i> ed <i>Antenn. carpatica</i>	-	-	3	-
aggr. a <i>Primula hirsuta</i>	-	-	-	2

dei rilievi fitosociologici (Fig. 6), che mostra cinque principali centri di raggruppamento, che nel complesso segregano bene i cinque gruppi ottenuti dalla classificazione gerarchica.

Le comunità individuate hanno raramente carattere transitorio, ma per lo più rappresentano aggruppamenti specializzati la cui dinamica è bloccata dalle condizioni ambientali estreme cui sono sottoposte. In Fig. 7, un profilo longitudinale del sistema di rocce montonate offre la possibilità di osservare la disposizione preferenziale delle comunità vegetali rilevate, la cui distribuzione è prevalentemente correlata alla presenza di numerosi microhabitat differenziati, generati dall'eterogeneità morfologica del substrato.

Le conche di più grandi dimensioni (per lo più orientate NW÷SE) presentano un fondo perfettamente pianeggiante con substrati saturi d'acqua. I loro fianchi assumono forme paraboloidi (I di Fig. 8) se la frattura lungo la quale si sviluppa la conca è in posizione centrale rispetto alla depressione; prendono invece profili asimmetrici se la frattura è ubicata a margine della conca (II di Fig. 8). In questo secondo caso, ai piedi del fianco subverticale, si genera una falda detritica, a clasti più grossolani, decisamente più drenata rispetto alla conca. La stessa falda detritica si sviluppa anche qualora il lato a monte della conca sia limitato da una frattura ad andamento WSW÷ENE, che genera una scarpata di alcuni metri di altezza. In quest'ultima situazione la conca presenta anche un maggior sviluppo equatoriale. La quasi perfetta orizzontalità del fondo è dovuta al fatto che le depressioni risultano occluse verso valle da una strozzatura prodotta da rocce montonate adiacenti o dalla presenza di un dorso roccioso in posizione centrale rispetto alla conca. La frazione fine, contenuta nei detriti presenti sul fondo, è percentualmente elevata e viene convogliata dal ruscellamento nivale e dalle piogge attive dalla primavera fino alle prime precipitazioni nevose autunnali. La frazione pelitica, inoltre, trattenendo maggiormente l'acqua, genera nelle conche porzioni di terreno a maggiore umidità che, nelle stagioni intermedie, gela fino ad alcuni decimetri di profondità, rendendo superficialmente impermeabile il terreno. Si genera così tra i dossi montonati un mosaico discontinuo di placche di terreno gelato, sul quale si rinvergono qua e là figure legate al gelo discontinuo. Nelle depressioni si riscontrano popolamenti semisommersi paucispecifici ad *Eriophorum angustifolium* (Tab. 4) o ad *Eriophorum scheuchzeri* in caso di ruscellamento superficiale; laddove il suolo subisce invece una legge-

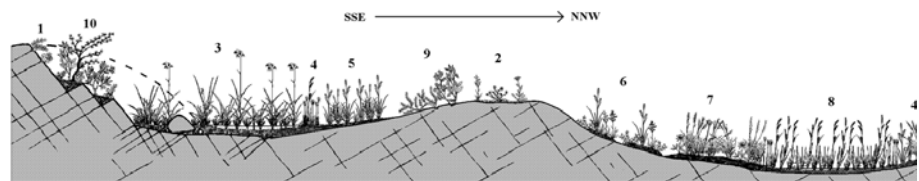


Fig. 7 - Transecto idealizzato lungo due rocce montonate in sequenza; la distribuzione dei tipi di vegetazione è correlata all'andamento del substrato, che influenza la disponibilità idrica, la durata della copertura nevosa e l'effetto del vento.

1- aggruppamento rupicolo a *Primula hirsuta* (tab. 8);

2- comunità delle coltri detritiche di alterazione a *Minuartia verna* ed *Antennaria carpatica* (tab. 9);

3, 4, 8- comunità igrofile delle depressioni: aggruppamento semi-sommerso paucispecifico ad *Eriophorum angustifolium* (tab. 4); tricoforeto (*Drepanoclado revolventis-Trichophoretum cespitosi*, tab. 7), in condizioni edafiche più interrate con *Nardus stricta*; *Caricetum pauperculae* dei substrati acidi (tab. 5) e *Caricetum limosae* (tab. 6) dei suoli poveri di nutrienti, che in estate sono soggetti a parziale emersione dalla falda acquifera;

5, 7- pascoli a *Nardus stricta* e *Carex sempervirens* (*Sieversio-Nardetum strictae*; tab. 11);

6- *Loiseleurio-Cetrarietum* (*Loiseleurio-Vaccinion*), variante pascolata a *Carex sempervirentis* (tab. 12);

9- comunità termofila a *Juniperus communis* subsp. *alpina*, *Vaccinium gaultherioides* e *V. myrtillus* (*Juniperion nanae*, tab. 10);

10- cenge con frammenti di brughiera extrasilvatica a rododendro (*Rhododendretum ferruginei*), che costituisce la comunità strutturalmente più complessa del sistema di rocce montonate.

Idealised transect across two roches moutonnées in sequence; the distribution of the plant communities is linked to the forms of relief, that influence the water availability in the substratum, the snow cover and the wind effects.

1- rupicolous community of *Primula hirsuta* (tab. 8);

2- community of *Minuartia verna* and *Antennaria carpatica*, typical of the alteration drift (tab. 9);

3, 4, 8- wet communities of the depressions: half-submerged species-poor community of *Eriophorum angustifolium* (tab. 4); community of *Trichophorum cespitosum* (*Drepanoclado revolventis-Trichophoretum cespitosi*, tab. 7), with *Nardus stricta* in dryness soils; *Caricetum pauperculae* of the acid soils (tab. 5) and *Caricetum limosae* (tab. 6), typical of nutrient-poor hollows, which are subject to dryness period during summer;

5, 7- *Nardus stricta* and *Carex sempervirens* pastures (*Sieversio-Nardetum strictae*; tab. 11);

6- *Loiseleurio-Cetrarietum* (*Loiseleurio-Vaccinion*), *Carex sempervirens* grazed variant (tab. 12). 9- thermophilous community of *Juniperus communis* subsp. *alpina*, *Vaccinium gaultherioides* and *V. myrtillus* (*Juniperion nanae*, tab. 10);

10- ledges with fragment of acidocline alpenrose heaths (*Rhododendretum ferruginei*), that is the more structured community of the roches moutonnées system.

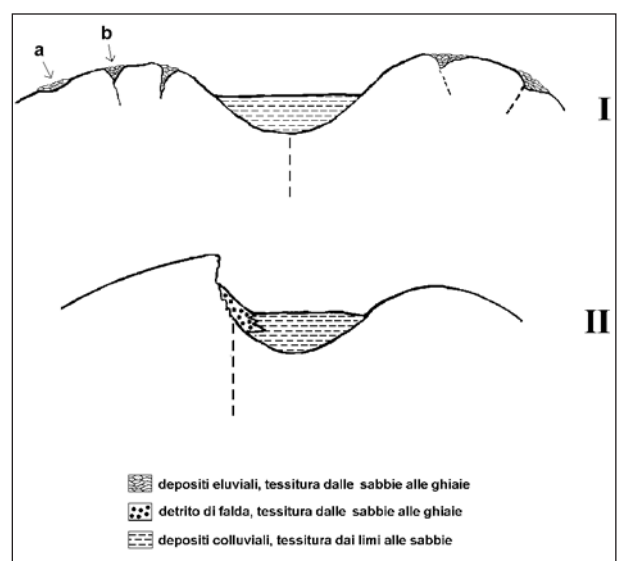


Fig. 8 - Schema delle "trappole" di detrito ubicate tra le rocce e sulle rocce montonate.

Scheme showing the debris accumulation among and over the roches moutonnées.

ra acidificazione si sviluppa il *Caricetum pauperculae* (Tab. 5), mentre il *Caricetum limosae* (Tab. 6) si insedia qualora i suoli siano soggetti ad un periodo estivo di abbassamento della falda acquifera. La presenza in queste comunità del nardo e delle specie ecologicamente connesse individua i settori maggiormente interati e che subiscono un più intenso disturbo da parte del bestiame.

Nei casi in cui la conca non risulta occlusa verso valle o in corrispondenza di substrati più acclivi rispetto alle situazioni precedenti, si individuano vallecicole sviluppate, tra le rocce montonate, per qualche centinaio di metri. I detriti che occupano queste depressioni, sempre impostate lungo fratture, sono decisamente più

Tab. 4 - Aggruppamento ad *Eriophorum angustifolium*.
Community of *Eriophorum angustifolium*.

n° rilievo	12	13
specie dominante		
<i>Eriophorum angustifolium</i>	3.3	3.3
classe		
<i>Carex echinata</i>	.	+
compagne		
<i>Callitriche palustris</i>	+	.

Tab. 5 - *Caricetum pauperculae* (*Caricion nigrae*).
Caricetum pauperculae (*Caricion nigrae*).

n° rilievo	10
diff. associazione	
<i>Carex paupercula</i>	3.3
alleanza, ordine e classe	
<i>Carex nigra</i>	2.2
<i>Juncus filiformis</i>	1.2
<i>Eriophorum angustifolium</i>	1.1
<i>Carex echinata</i>	+
compagne	
<i>Nardus stricta</i>	1.1
<i>Trichophorum cespitosum</i>	+2
<i>Primula integrifolia</i>	+
<i>Leontodon helveticus</i>	+
<i>Potentilla erecta</i>	+
<i>Agrostis rupestris</i>	+
<i>Homogyne alpina</i>	+
<i>Hieracium alpinum</i>	r
<i>Phyteuma hemisphaericum</i>	r
Briofite	4.4

Tab. 6 - *Caricetum limosae* (*Rynchosporion albae*).
Caricetum limosae (*Rynchosporion albae*).

n° rilievo	14
car. associazione	
<i>Carex limosa</i>	5.5
alleanza, ordine e classe	
<i>Menyanthes trifoliata</i>	+
<i>Carex nigra</i>	+
<i>Eriophorum angustifolium</i>	+
compagne	
<i>Trichophorum cespitosum</i>	+
Briofite	+

grossolani di quelli presenti nelle conche e di conseguenza il substrato risulta maggiormente drenato; in queste condizioni si assiste allo sviluppo di consorzi neutrofilo o leggermente basifili a *Trichophorum cespitosum*, *Carex lepidocarpa* e *Carex nigra* ascrivibili al *Drepanoclado revolventis-Trichophoretum cespitosi* (Tab. 7).

Lungo le pareti subverticali delle rocce montonate, in genere orientate verso valle, si insediano comunità rupicole stabilizzate a *Primula hirsuta* (Tab. 8), ascrivibili all'alleanza *Cystopteridion*, per la presenza di specie basifile o neutrofile dovuta all'apporto di basi da parte delle rocce serpentinitiche.

Lembi di detrito, atti ad ospitare placche discontinue di vegetazione, si individuano inoltre sulle superfici delle rocce montonate in corrispondenza di fratture (b di Fig. 8). I detriti prevalentemente autoctoni, prodotti dalla degradazione, si assestano all'interno delle fratture e costituiscono lunghe bande che sottolineano la geometria delle discontinuità. Si possono osservare

Tab. 7 - *Drepanoclado revolventis* – *Trichophoretum cespitosi* (*Caricion davalliana*).

Drepanoclado revolventis – *Trichophoretum cespitosi* (*Caricion davalliana*).

n° rilievo	1	2	11
diff. associazione			
<i>Bartsia alpina</i>	+	1.2	+2
alleanza e ordine			
<i>Carex lepidocarpa</i>	2.2	1.2	.
<i>Parnassia palustris</i>	+	+	.
<i>Selaginella selaginoides</i>	.	+	+
<i>Carex davalliana</i>	1.1	.	.
<i>Juncus alpinoarticulatus</i>	+	.	.
classe			
<i>Carex nigra</i>	4.4	1.1	2.2
<i>Eriophorum angustifolium</i>	1.1	+2	1.1
<i>Carex echinata</i>	+	1.2	1.1
<i>Carex paupercula</i>	.	+2	+
<i>Juncus filiformis</i>	.	1.1	.
compagne			
<i>Trichophorum cespitosum</i>	+	4.4	3.4
<i>Primula integrifolia</i>	+	3.3	2.2
<i>Leontodon helveticus</i>	+	1.1	+
<i>Crepis aurea</i>	1.1	+	+
<i>Potentilla erecta</i>	+	1.2	.
<i>Soldanella alpina</i>	+	+	.
<i>Nardus stricta</i>	.	+	+2
<i>Salix breviserrata</i>	1.2	.	.
<i>Taraxacum alpinum</i>	1.1	.	.
<i>Polygonum viviparum</i>	1.1	.	.
<i>Poa alpina</i>	+	.	.
<i>Agrostis stolonifera</i>	+	.	.
<i>Gentiana bavarica</i>	+	.	.
<i>Deschampsia cespitosa</i>	+	.	.
<i>Ligusticum mutellina</i>	.	+2	.
<i>Agrostis rupestris</i>	.	+	.
<i>Carex sempervirens</i>	.	+	.
<i>Carex frigida</i>	.	+	.
<i>Salix herbacea</i>	.	+	.
<i>Sibbaldia procumbens</i>	.	r	.
<i>Gentiana ramosa</i>	.	r	.
<i>Homogyne alpina</i>	.	.	r
Briofite	1.2	1.2	3.3

Tab. 8 - Aggruppamento a *Primula hirsuta* (Cystopteridion).
Community of *Primula hirsuta* (Cystopteridion).

n° rilievo	18	19
specie dominante		
<i>Primula hirsuta</i>	2.2	2.2
alleanza		
<i>Asplenium viride</i>	1.2	+
<i>Cystopteris fragilis</i>	+	+
<i>Viola biflora</i> (D)	+	1.2
ordine e classe		
<i>Saxifraga paniculata</i>	.	+
compagne		
<i>Silene acaulis</i> subsp. <i>longiscapa</i>	+	+
<i>Minuartia verna</i> subsp. <i>verna</i>	+	.
<i>Draba aizoides</i> subsp. <i>aizoides</i>	+	.
<i>Campanula cochleariifolia</i>	+	.
<i>Aster alpinus</i>	+	.
<i>Senecio incanus</i> subsp. <i>carniolicus</i>	+	.
<i>Cardamine resedifolia</i>	+	.
<i>Juncus trifidus</i>	+	.
<i>Poa laxa</i>	.	1.1
<i>Phyteuma hemisphaericum</i>	.	+2
<i>Campanula scheuchzeri</i>	.	+
<i>Carex fimbriata</i>	.	+
<i>Astrantia minor</i>	.	+
<i>Huperzia selago</i>	.	+
Briofite	1.1	2.2

anche placche di detrito di degradazione rimaste in loco sui dorsi delle rocce montonate nei tratti a bassa acclività (a di Fig. 8). In entrambe queste situazioni si insedia una comunità a *Minuartia verna* ed *Antennaria carpatica* (ril. 15, 16, 17 di Tab. 9); si tratta di una comunità fortemente stabilizzata dalle condizioni microclimatiche severe e dalla bassa disponibilità di elementi nutritivi.

Questa comunità, qualora insediata in situazioni edafiche migliori, è potenzialmente diretta verso lo *Junipero-Arctostaphyletum* (ril. 5), passando attraverso uno stadio a *Festuca scabriculumis* (ril. 4), come testimoniato anche dal ril. 3, che rappresenta uno stadio intermedio tra le due comunità (Tab. 10).

Lungo i fianchi ad inclinazione modesta (inferiore a 15 °C) si estendono i pascoli a nardo (*Sieversio-Nardetum strictae*, Tab. 11), in cui è possibile individuare, in condizioni edafiche fresche, aspetti di contatto con la vegetazione delle torbiere; sulle superfici più aride e soggette ai venti, che ne asportano precocemente la copertura nevosa, si insedia una comunità microterma dominata da *Loiseleuria procumbens* (Tab. 12), sulla quale l'effetto del pascolamento favorisce la espansione di specie erbacee gravitanti nell'ambito dei *Caricetea curvulae* e dell'alleanza *Nardion strictae*, quali *Carex sempervirens*, *Helictotrichon versicolor*, *Leontodon helveticus* e *Trifolium alpinum*.

4.3 Dinamica della vegetazione, strategie ecologiche ed organizzazione strutturale delle comunità

Le comunità vegetali che caratterizzano il sistema di rocce montonate rappresentano stadi dinamici la cui evoluzione e grado di complessità sono bloccati o fortemente rallentati dalla severità dei fattori ambientali. L'interpretazione ecologica del piano bidimensionale

Tab. 9 - Ril. 15, 16, 17: aggruppamento a *Minuartia verna* ed *Antennaria carpatica* (Oxytopydo-Elynion); ril. 3: comunità di transizione verso lo *Junipero-Arctostaphyletum*, variante a *F. scabriculumis* (ril. 4).

Ril. 15, 16, 17: community of *Minuartia verna* and *Antennaria carpatica* (Oxytopydo-Elynion); ril. 3: transition community toward the *Junipero-Arctostaphyletum*, *F. scabriculumis* variant (ril. 4).

n° rilievo	3	17	15	16
specie guida				
<i>Minuartia verna</i>	.	+	1.1	1.2
<i>Antennaria carpatica</i> (All.)	.	+	+2	+
<i>Silene rupestris</i>	+	+	.	+
<i>Saxifraga paniculata</i>	+	+	+	.
alleanza, ordine e classe				
<i>Aster alpinus</i>	+	1.1	1.1	+
<i>Silene acaulis</i> subsp. <i>longiscapa</i>	.	+	+2	+
<i>Agrostis alpina</i>	+	.	1.1	1.2
<i>Thymus praecox</i> subsp. <i>polytrichus</i>	+	.	+	.
<i>Daphne striata</i>	.	+	.	.
<i>Erigeron uniflorus</i>	.	.	+2	.
<i>Draba aizoides</i>	.	.	+2	.
<i>Sedum atratum</i>	.	.	.	+
trasgr. Caricetea curvulae				
<i>Phyteuma hemisphaericum</i>	+	+	.	+
<i>Senecio incanus</i> subsp. <i>carniolicus</i>	.	r	+	+
<i>Agrostis rupestris</i>	1.1	2.2	.	.
<i>Pulsatilla vernalis</i>	.	1.1	+	.
<i>Hieracium alpinum</i>	.	1.1	+	.
<i>Euphrasia minima</i>	.	+	+	.
<i>Festuca scabriculumis</i> subsp. <i>luedii</i>	1.1	.	.	.
<i>Pulsatilla vernalis</i>	+	.	.	.
<i>Leontodon helveticus</i>	.	+	.	.
<i>Trifolium alpinum</i>	.	r	.	.
<i>Minuartia sedoides</i>	.	.	1.1	.
<i>Gentiana ramosa</i>	.	.	.	+
compagne				
<i>Primula hirsuta</i>	+	1.1	+	+
<i>Cardamine resedifolia</i>	.	r	r	+
<i>Poa alpina</i>	.	.	1.1	+
<i>Plantago serpentina</i>	1.2	.	.	.
<i>Astrantia minor</i>	+	.	.	.
<i>Juniperus communis</i> subsp. <i>alpina</i>	+	.	.	.
<i>Dianthus sylvestris</i>	+	.	.	.
<i>Phyteuma scheuchzeri</i>	+	.	.	.
<i>Ligusticum mutellina</i>	+	.	.	.
<i>Vaccinium gaultherioides</i>	.	2.2	.	.
<i>Carex sempervirens</i>	.	+	.	.
<i>Sempervivum montanum</i>	.	+	.	.
<i>Carex fimbriata</i>	.	.	1.1	.
<i>Campanula scheuchzeri</i>	.	.	+2	.
<i>Sedum alpestre</i>	.	.	.	+
Briofite	.	1.1	+	.
Licheni	.	+	.	.
<i>Cladonia pyxidata</i> (L.) Hoffm.	.	.	.	+
<i>Cladonia merochlorophaea</i>
Asahina	.	.	.	+

(Fig. 9) mostra che la distribuzione dei rilievi risulta correlata preferenzialmente al grado di umidità del suolo (primo asse) ed alla rigidità delle condizioni ambientali (secondo asse), che è alta negli aggruppamenti rupicoli, detriticoli e acquatici, per diminuire nelle praterie pascolate, negli arbusteti nani e nelle fitocenosi igrofile più strutturate. Grime (2001) sottolinea che le comunità

Tab. 10 - Ril. 5: *Junipero-Arctostaphyletum*; Ril. 4: idem, variante a *Festuca scabriculumis* (*Juniperion nanae*).Ril. 5: *Junipero-Arctostaphyletum*; Ril. 4: idem, *Festuca scabriculumis* variant (*Juniperion nanae*).

n° rilievo	4	5
diff. associazione e alleanza		
<i>Juniperus communis</i> subsp. <i>alpina</i>	2.2	4.4
<i>Sempervivum montanum</i> (D)	.	+2
ordine e classe		
<i>Vaccinium gaultherioides</i>	1.2	1.1
<i>Rhododendron ferrugineum</i>	+	1.1
<i>Loiseleuria procumbens</i>	+2	+
<i>Vaccinium vitis-idaea</i>	+	.
variante a <i>Festuca scabriculumis</i>		
<i>Festuca scabriculumis</i> subsp. <i>luedii</i>	3.3	+
<i>Potentilla grandiflora</i>	+2	.
<i>Bupleurum stellatum</i>	+	.
<i>Pedicularis tuberosa</i>	+	.
Compagne		
<i>Carex sempervirens</i>	2.2	1.1
<i>Daphne striata</i>	1.1	+
<i>Astrantia minor</i>	+	+
<i>Agrostis rupestris</i>	+2	+
<i>Pulsatilla vernalis</i>	r	+
<i>Carex fimbriata</i>	1.2	.
<i>Nardus stricta</i>	1.1	.
<i>Aster alpinus</i>	+2	.
<i>Agrostis alpina</i>	+2	.
<i>Bartsia alpina</i>	+2	.
<i>Anthoxanthum alpinum</i>	+2	.
<i>Helictotrichon versicolor</i>	+	.
<i>Gentiana acaulis</i>	+	.
<i>Soldanella alpina</i>	+	.
<i>Primula hirsuta</i>	+	.
<i>Pinguicula vulgaris</i>	+	.
<i>Potentilla erecta</i>	+	.
<i>Pinus mugo</i> subsp. <i>mugo</i>	+	.
<i>Carduus defloratus</i>	+	.
<i>Leontodon hispidus</i>	+	.
<i>Parnassia palustris</i>	+	.
<i>Plantago serpentina</i>	+	.
<i>Poa alpina</i>	.	1.1
<i>Trifolium alpinum</i>	.	1.1
<i>Hieracium alpinum</i>	.	+
<i>Carex curvula</i>	.	+
<i>Veronica bellidioides</i>	.	+
<i>Gentiana ramosa</i>	.	r
<i>Solidago virgaurea</i> subsp. <i>minuta</i>	.	+
<i>Galium pumilum</i>	.	+
<i>Silene acaulis</i> subsp. <i>longiscapa</i>	.	+
<i>Antennaria carpatica</i>	.	+
<i>Silene rupestris</i>	.	r
<i>Carex capillaris</i>	.	r
<i>Campanula scheuchzeri</i>	.	r

artico-alpine sono generalmente dominate da specie stress-tolleranti, nelle quali le basse temperature rappresentano la principale fonte di stress. I gruppi 2, 3 e 4 annoverano comunità adattate a vivere in condizioni ambientali molto severe ed improduttive, mentre nei gruppi 1 e 5 prevalgono fitocenosi tipiche di situazioni ambientali più permissive, dotate di una maggior disponibilità di nutrienti. La vegetazione dei dossi, qualora questi abbiano una curvatura molto accentuata, si presenta con popolamenti discontinui, dinamicamente stabili, in grado di resistere a condizioni ambientali estreme. Laddove le rocce, a curvatura modesta, siano

Tab. 11 - Ril. 8 - *Sieversio-Nardetum strictae*; Ril. 9 *Sieversio-Nardetum strictae* variante igrofila (*Nardion strictae*).Ril. 8 - *Sieversio-Nardetum strictae*; Ril. 9 *Sieversio-Nardetum strictae*, wet variant (*Nardion strictae*).

n° rilievo	8	9
diff. associazione e alleanza		
<i>Nardus stricta</i>	2.2	4.4
<i>Leontodon helveticus</i>	+	1.1
<i>Arnica montana</i>	+	+
<i>Geum montanum</i>	.	+
ordine e classe		
<i>Gentiana acaulis</i>	+	+
<i>Trifolium alpinum</i>	+	+
<i>Phyteuma hemisphaericum</i>	+	+
<i>Agrostis rupestris</i>	+	+
<i>Hieracium alpinum</i>	1.2	.
<i>Coeloglossum viride</i>	+	.
<i>Potentilla aurea</i>	.	2.2
<i>Helictotrichon versicolor</i>	.	+
Compagne		
<i>Carex sempervirens</i>	3.3	1.1
<i>Primula integrifolia</i>	1.2	1.1
<i>Poa alpina</i>	+	1.2
<i>Soldanella alpina</i>	+	1.1
<i>Pulsatilla vernalis</i>	+	+2
<i>Astrantia minor</i>	+	+
<i>Galium pumilum</i>	+	+
<i>Campanula scheuchzeri</i>	r	+
<i>Carex fimbriata</i>	r	+
<i>Selaginella selaginoides</i>	r	+
<i>Daphne striata</i>	2.2	.
<i>Potentilla erecta</i>	1.2	.
<i>Loiseleuria procumbens</i>	+	.
<i>Rhododendron ferrugineum</i>	+	.
<i>Bartsia alpina</i>	+	.
<i>Rhinantus</i> sp.	+	.
<i>Pinguicula vulgaris</i>	+	.
<i>Primula hirsuta</i>	r	.
<i>Thesium alpinum</i>	r	.
<i>Crepis aurea</i>	.	3.3
<i>Festuca nigrescens</i>	.	1.1
<i>Carex lepidocarpa</i>	.	1.2
<i>Leontodon autumnalis</i> subsp. <i>palustris</i>	.	+2
<i>Deschampsia cespitosa</i>	.	+
<i>Ligusticum mutellina</i>	.	+
<i>Polygonum viviparum</i>	.	+
<i>Ranunculus montanus</i>	.	+
<i>Salix breviserrata</i>	.	+
<i>Homogyne alpina</i>	.	+
<i>Carex capillaris</i>	.	+
<i>Antennaria carpatica</i>	.	+
<i>Agrostis alpina</i>	.	+
<i>Silene acaulis</i> subsp. <i>longiscapa</i>	.	+
<i>Carex atrata</i> subsp. <i>atrata</i>	.	+
<i>Aster bellidiastrum</i>	.	r
Licheni		
<i>Pycnothelia papillaria</i> (Ehrh.)	.	1.1
<i>L.M.Doufur</i>	.	1.1
<i>Cladonia arbuscula</i> (Wallr.) Flot. subsp. <i>mitis</i> (Sandst.) Ruoss	.	+
<i>Cetraria islandica</i> (L.) Ach.	.	+
<i>Cladonia pyxidata</i> (L.) Hoffm.	.	+
Briofite		
<i>Sphagnum</i> sp.	+	.

disposte consecutivamente su versanti che digradano costantemente, si può ipotizzare che tali comunità discontinue possano evolversi costituendo una cotica chiusa di collegamento tra i dossi e le depressioni. Nelle depressioni, al contrario, il fattore che blocca lo

Tab. 12 - *Loiseleurio-Cetrarietum* (*Loiseleurio-Vaccinion*), variante pascolata a *Carex sempervirentis*.

Loiseleurio-Cetrarietum (*Loiseleurio-Vaccinion*), *Carex sempervirens* grazed variant.

n° rilievo	6	7
car. associazione		
<i>Loiseleuria procumbens</i>	3.3	4.4
alleanza		
<i>Asplenium viride</i>	1.2	+
<i>Cystopteris fragilis</i>	+	+
<i>Viola biflora</i> (D)	+	1.2
alleanza, ordine e classe		
<i>Juniperus communis</i> subsp. <i>alpina</i>	+	r
<i>Vaccinium gaultherioides</i>	+	+
<i>Hieracium alpinum</i>	+	.
<i>Rhododendron ferrugineum</i>	.	+
<i>Homogyne alpina</i>	.	+
trasgr. Caricetea curvulae		
<i>Carex sempervirens</i>	2.2	3.3
<i>Helictotrichon versicolor</i>	+	2.2
<i>Leontodon helveticus</i>	+	2.2
<i>Phyteuma hemisphaericum</i>	+	+
<i>Potentilla aurea</i>	+	+
<i>Gentiana ramosa</i>	+	.
<i>Pulsatilla vernalis</i>	+	.
<i>Trifolium alpinum</i>	.	2.2
<i>Agrostis rupestris</i>	.	+
<i>Nardus stricta</i>	.	+
Compagne		
<i>Agrostis alpina</i>	2.2	1.1
<i>Poa alpina</i>	1.1	+
<i>Primula hirsuta</i>	1.2	+
<i>Antennaria carpatica</i>	+	+
<i>Selaginella selaginoides</i>	+	+
<i>Salix retusa</i>	+	.
<i>Primula integrifolia</i>	.	1.1
<i>Carex nigra</i>	.	+2
<i>Astrantia minor</i>	.	+2
<i>Soldanella alpina</i>	.	+
<i>Silene rupestris</i>	.	+
<i>Solidago virgaurea</i> subsp. <i>minuta</i>	.	+
<i>Salix herbacea</i>	.	+
<i>Trichophorum cespitosum</i>	.	+
Briofite		
<i>Polytrichum</i> sp.	+	.

sviluppo della vegetazione è rappresentato dalla costante saturazione idrica dei suoli, che li rende tipicamente anossici e microtermi.

Valori di ricchezza floristica (numero di specie), di diversità specifica (SHANNON & WEAVER, 1949), di dominanza (SIMPSON, 1949) e di equitabilità (PIELOU, 1969) sono stati calcolati per ciascuno dei popolamenti rilevati con l'intento di dedurre informazioni sulla loro stabilità ecologica ed organizzazione strutturale (Tab. 13).

Osservando i grafici in Figg. 10, 11, 12, 13 il numero di specie è maggiore nel gruppo 5, che include le fitocenosi più strutturate ed evolute dal punto di vista dinamico. La diversità specifica, calcolata con l'indice di Shannon, è alta sia in questi popolamenti sia nei popolamenti del gruppo 4, mentre assume valori via via più bassi negli altri tre gruppi.

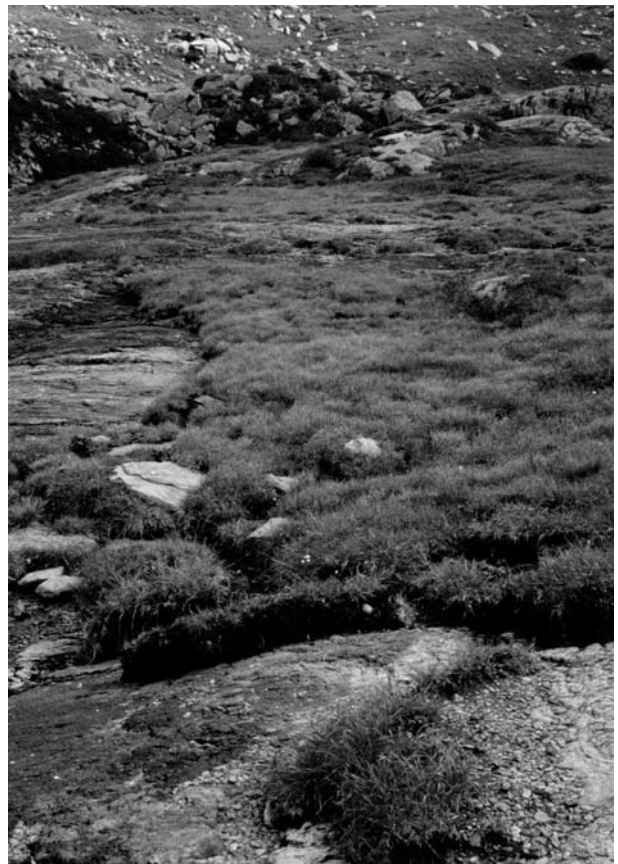


Fig. 9 - Frammentazione in zolle della copertura vegetale, dovuta a processi dinamici regressivi.

Fragmentation of the vegetation cover, due to regressive dynamic processes.

Tab. 13 - Valori di diversità (numero di specie, indice di Shannon-Weaver), di equitabilità (Pielou) e di dominanza (Simpson), calcolati per ciascun rilievo fitosociologico.

Diversity indexes (species richness, Shannon-Weaver index), evenness (Pielou) and dominance (Simpson), evaluated for every phytosociological relevé.

cluster	cl. 1				cl. 2		cl. 3		cl. 4					cl. 5					
	1	2	11	10	12	13	14	3	17	15	16	18	19	4	5	6	7	8	9
n° specie	22	23	14	16	2	2	5	17	21	19	14	14	14	31	25	17	27	29	36
Shannon	1,73	1,79	1,30	1,49	0,07	0,07	0,14	2,21	2,00	2,37	2,03	1,39	1,55	2,15	1,47	1,68	1,92	1,95	2,13
Pielou	0,56	0,57	0,49	0,54	0,10	0,10	0,09	0,78	0,66	0,80	0,77	0,53	0,59	0,63	0,46	0,59	0,58	0,58	0,59
Simpson	0,32	0,28	0,26	0,33	0,97	0,97	0,96	0,16	0,19	0,12	0,21	0,43	0,34	0,20	0,45	0,26	0,21	0,23	0,21

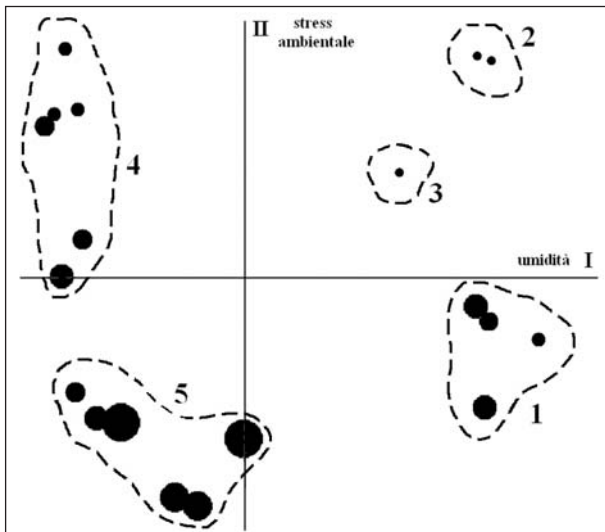


Fig. 10 - Ricchezza specifica (numero di specie per rilevamento); 6 classi di valori dal simbolo più piccolo al più grande: ≤ 10 / 11-15 / 16-20 / 21-25 / 26-30 / ≥ 31 .

Species richness (number of species per relevé); 6 classes of values from the smaller to the greater symbol: ≤ 10 / 11-15 / 16-20 / 21-25 / 26-30 / ≥ 31 .

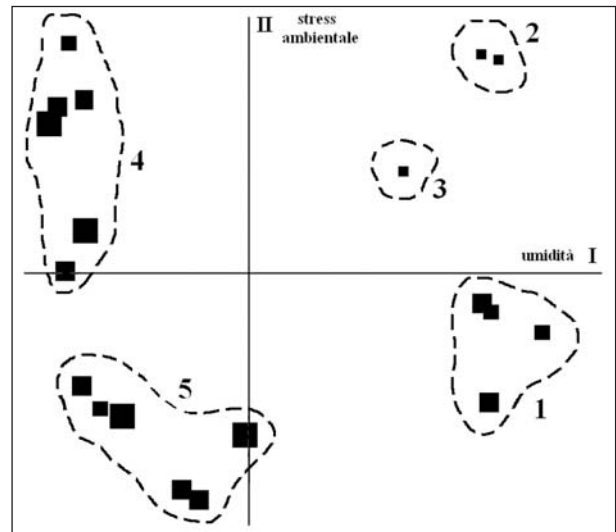


Fig. 11 - Diversità specifica (indice di Shannon-Weaver); 4 classi di valori dal simbolo più piccolo al più grande: $\leq 1,00$ / 1,01-1,50 / 1,51-2,00 / $\geq 2,01$.

Species diversity of vascular plants (Shannon-Weaver index); 4 classes of values from the smaller to the greater symbol: $\leq 1,00$ / 1,01-1,50 / 1,51-2,00 / $\geq 2,01$.

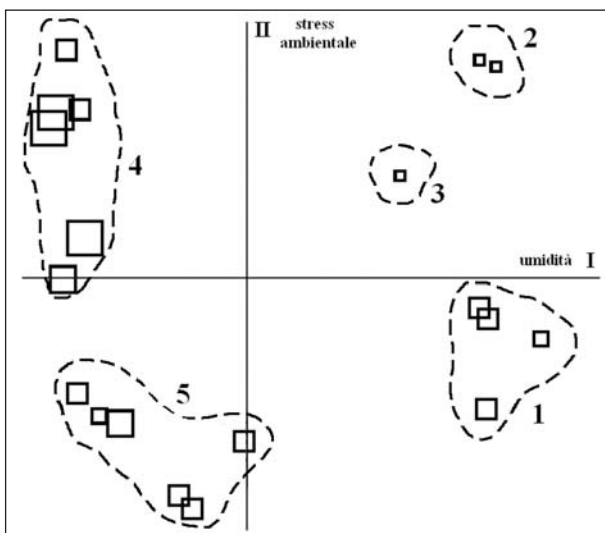


Fig. 12 - Equitabilità (indice di Pielou); 5 classi di valori dal simbolo più piccolo al più grande: $\leq 0,40$ / 0,41-0,50 / 0,51-0,60 / 0,61-0,70 / $\geq 0,71$.

Evenness (Pielou index); 5 classes of values from the smaller to the greater symbol: $\leq 0,40$ / 0,41-0,50 / 0,51-0,60 / 0,61-0,70 / $\geq 0,71$.

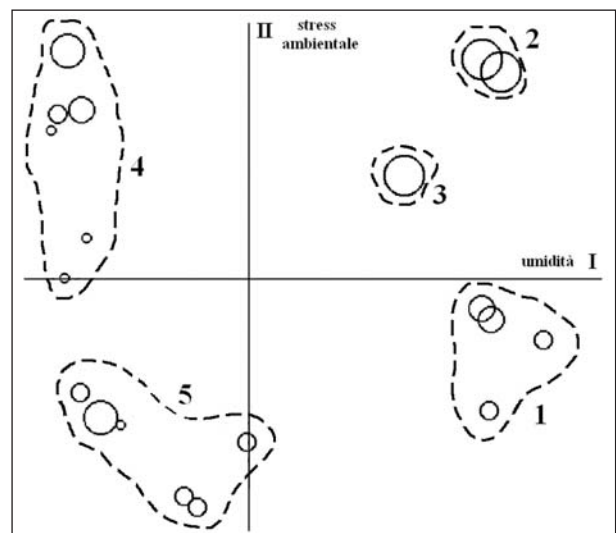


Fig. 13 - Dominanza (indice di Simpson); 5 classi di valori dal simbolo più piccolo al più grande: $\leq 0,20$ / 0,21-0,30 / 0,31-0,40 / 0,41-0,50 / $\geq 0,51$.

Dominance (Simpson index); 5 classes of values from the smaller to the greater symbol: $\leq 0,20$ / 0,21-0,30 / 0,31-0,40 / 0,41-0,50 / $\geq 0,51$.

Tab. 14 - Dati stagionali dei rilievi fitosociologici. / Environmental data of the phytosociological relevés.

n° rilievo	1	2	11	10	12	13	14	3	17	15	16	18	19	4	5	6	7	8	9
altitudine	2260	2281	2285	2285	2285	2285	2275	2252	2260	2270	2245	2282	2200	2235	2260	2245	2270	2260	2265
esposizione	-	nnw	-	-	-	-	-	w	nw	n	nnw	sw	n	w	se	n	n	se	n
inclinazione (°)	0	4	0	0	0	0	0	25	0-15	5	2	90	80	25	5-30	10	15	15	15
superficie (m ²)	12	20	1,5	2,5	2,5	2	30	5	2	6	3	1,2	2	12	5	5	25	8	15
cop. % str. arbust.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	25	85	1	1	-	-
altezza (cm)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	10-30	5-35	10-25	10-25	-	-
cop. % str. erb.	90	95	80	70	35	35	80	8	50	10	15	15	20	85	25	75	95	85	100
altezza (cm)	1-20	2-15	1-25	1-25	30-40	15-40	0-15	5-10	1-10	2 (5)	2 (5)	3-10	5-10	5-25	1-10	3-20	2-15	3-20	5-20
cop. % str. musc.	5	5	50	70	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
altezza (cm)	2	2	2*	2*	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
n° specie vascolari	22	23	14	16	2	2	6	17	21	19	14	14	14	31	25	17	27	29	36

A questo proposito è interessante notare che i valori medio-alti di diversità assunti dai popolamenti del 4° gruppo possono mettere in dubbio l'effettiva esistenza di condizioni ambientali estreme, come invece affermerebbe la loro posizione rispetto al secondo asse dell'ordinamento metrico dei rilievi; questa apparente anomalia può essere spiegata considerando in modo integrato anche i valori di equitabilità e di dominanza. Dall'analisi dei due parametri (Figg. 12, 13) è possibile dedurre che il 4° gruppo, caratterizzato da una ricchezza di specie piuttosto contenuta, raggiunge alti livelli di diversità poiché le specie sono ben equiripartite all'interno dei popolamenti e, di conseguenza, non si verifica la dominanza di una o più specie sulle altre. Tale comportamento è in accordo con le strategie ecologiche formulate da Grime (2001), il quale afferma che la diversità è elevata in comunità dominate da specie stress-tolleranti, nelle quali condizioni ambientali molto severe selezionano un numero basso di specie ecologicamente ben specializzate ed equiripartite per quanto riguarda la copertura percentuale.

Il gruppo 1 e, in particolare, il 5 corrispondono a popolamenti con un maggior numero di specie, ma con diversità specifica leggermente meno elevata che indica, per queste comunità sottoposte a condizioni ambientali più permissive, una maggior potenzialità di espressione dinamica.

Qualora la pressione ambientale dovesse manifestarsi in modo molto marcato si assisterebbe invece ad una drastica diminuzione della ricchezza e della diversità specifica e alla formazione di popolamenti paucispecifici dominati da specie ad ecologia molto specializzata; è il caso dei gruppi 2 e 3, in cui una specie, rispettivamente *Eriophorum angustifolium* e *Carex limosa*, assume coperture elevate grazie alla capacità incontrastata di colonizzare ambienti particolarmente selettivi, ove poche altre specie riescono a stento ad affermarsi.

Inoltre, le comunità vegetali possono essere soggette a regressione dinamica, in occasione di eventi climatici non ordinari, quali la prolungata sommersione della vegetazione nelle depressioni, causata da abbondanti precipitazioni, o l'inasprimento dei fenomeni erosivi sui dossi e sui fianchi rocciosi dovuti a prolungato ruscellamento superficiale. Nell'area indagata, numerosi riscontri porterebbero a supporre che, in occasione di eventi piovosi eccezionali, si sia verificata l'asportazione della copertura erbacea, rimossa da processi di ruscellamento superficiale delle acque piovane, convogliate in percorsi preferenziali, lasciando isolate zolle di vegetazione sulla roccia nuda (ril. 6; comunità 6 di Fig. 10; Fig. 9). A questo processo, tipicamente estivo, si deve aggiungere il lento scivolamento gravitativo di grosse porzioni di suolo, ricoperto da vegetazione, lungo i pendii rocciosi caratterizzati da una discreta inclinazione, probabilmente causato da un periodico ciclo giornaliero di fusione e solidificazione di ghiaccio ipogeo, a diretto contatto con la superficie rocciosa, che si verificherebbe nella tarda primavera e nel primo autunno.

5. CONCLUSIONI

L'individuazione di superfici geomorfologiche di aspetto unitario, riferibili ad una ben definita unità territoriale, rappresenta un modello di analisi paesaggistica

in cui le componenti fisiche e biotiche risultano interconnesse ed inscindibili tra loro. Nel sistema di rocce montonate in oggetto l'espressione floristica e strutturale delle comunità vegetali è fortemente determinata dall'andamento morfologico del substrato, poiché l'alternarsi di dossi e di depressioni condiziona la distribuzione idrica, l'esposizione al vento, l'orientamento e l'accumulo differenziato della sostanza organica e del manto nevoso. I tipi di vegetazione, almeno potenzialmente collegati da rapporti seriali sulla medesima geofoma, catenali tra dossi e depressioni, assumono una distribuzione a mosaico in cui si riscontrano, generalmente, transizioni ecotonali brusche per la rapida variazione, anche su brevi distanze, dei fattori micro-ambientali. Questi ultimi influenzano la ricchezza floristica e la diversità specifica delle comunità vegetali, favorendo l'affermazione di specie a strategia stress-tollerante.

Il sistema di rocce montonate studiato può essere considerato un elemento fito-geomorfologico unitario del paesaggio (geosigmeto), poiché in esso è possibile riconoscere complessi di vegetazione adiacenti, che mostrano modelli distributivi caratteristici e ripetibili nello spazio. Nonostante l'attività riscontrata dei processi geomorfologici e climatici, si può supporre che le comunità individuate siano potenzialmente dirette, almeno nelle situazioni edafiche migliori, verso il *Rhododendretum ferruginei*, come osservato appena più a valle attorno ai 2100 m e sul cordone morenico dell'Unità dell'Alpe Prabello a 2300 m. Un'analisi sinfitosociologica delle comunità individuate consentirebbe infatti il riconoscimento di piccole geosigmassociazioni (*hypogeosigmassociation sensu* THEURILLAT, 1992b), la cui definizione necessita di uno studio specifico esteso alla più ampia realtà territoriale di appartenenza.

In conclusione si può evincere come lo studio della vegetazione e del paesaggio vegetale, in particolare in ambienti alpini, sia difficilmente svincolabile dall'analisi degli aspetti geomorfologici; il riconoscimento delle geoforme consente di estrapolare numerose informazioni di carattere fisico-strutturale, quali ad esempio l'agente morfogenetico e il rispettivo grado di attività, l'età del deposito ed informazioni pedologiche di massima (quest'ultime completate dall'analisi della litologia), che rappresentano utili strumenti di supporto nell'interpretazione della diversità vegetale di un territorio. Quest'ultima si rivela un buon indicatore nella caratterizzazione di forme e processi geomorfologici, in relazione alla presenza di rapporti di dipendenza statisticamente ripetibili in condizioni ecologiche equivalenti.

SCHEMA SINTASSONOMICO

CLASSE SCHEUCHZERIO-CARICETEA NIGRAE NOM. MUT. PROPOS. EX STEINER 1992

- raggruppamento ad *Eriophorum angustifolium*
- Ordine *Scheuchzerietalia palustris* Nordhagen 1936
- All. *Rhyncosporion albae* Koch 1926
- *Caricetum limosae* (Osvold 1923) em. Dierßen 1982
- Ordine *Caricetalia nigrae* nom. mut. propos. ex Steiner 1992
- All. *Caricion nigrae* nom. mut. propos. ex Steiner 1992
- *Eriophoretum scheuchzeri* Rübél 1912

- *Caricetum pauperulae* nom. mut. propos. ex Steiner 1992
 Ordine *Caricetalia davallianae* Br.-Bl. 1949
 All. *Caricion davallianae* Klika 1934
 - *Drepanoclado revolventis-Trichophoretum cespitosi* nom. mut. propos. ex Steiner 1992

CLASSE CARICETEA CURVULAE BR.-BL. 1948

- Ordine *Caricetalia curvulae* Br.-Bl. in Br.-Bl. et Jenny 1926
 All. *Nardion strictae* Br.-Bl. 1926
 - *Sieversio-Nardetum strictae* Lüdi 1948

CLASSE VACCINIO-PICEETEA BR.-BL. IN BR.-BL. ET AL. 1939

- Ordine *Loseleurio-Vaccinietalia* Eggler 1952
 All. *Loiseleurio-Vaccinion* Br.-Bl. in Br.-Bl. et Jenny 1926
 - *Loiseleurio-Cetrarietum* Br.-Bl. et al. 1939
 All. *Juniperion nanae* Br.-Bl. et al. 1939
 - *Junipero-Arcostaphyletum* Br.-Bl. ex Haffter in Br.-Bl. et al. 1939
 All. *Rhododendro-Vaccinion* J. Br.-Bl. ex G. Br.-Bl. et J. Br.-Bl. 1931
 - *Rhododendretum ferruginei* Rübel 1911

CLASSE ASPLENIETEA TRICHOMANIS (BR.-BL. IN MEIER ET BR.-BL. 1934) OBERD. 1977

- Ordine *Potentilletalia caulescentis* Br.-Bl. in Br.-Bl. et Jenny 1926
 All. *Cystopteridion* Richard 1972
 - aggruppamento a *Primula hirsuta*.

CLASSE ELYNO-SESLERIETEA BR.-BL. 1948

- Ordine *Seslerietalia caeruleae* Br.-Bl. in Br.-Bl. et Jenny 1926
 All. *Oxytropido-Elynion* Br.-Bl. 1949
 - aggruppamento a *Minuartia verna* ed *Antennaria carpatica*

RINGRAZIAMENTI

Un sentito ringraziamento alla dott. M. Brusoni per la rilettura critica del testo e alla prof. M. Valcuvia, alla dott.sa C. Delucchi e alla dott.sa D. Chiappetta per l'identificazione delle specie licheniche.

BIBLIOGRAFIA

- AA.VV. (1970) - *Carta geologica d'Italia. Fogli 7-18 (Pizzo Bernina, Sondrio), scala 1:100.000*. Servizio Geologico d'Italia. E.I.R.A. Firenze.
- AESCHIMANN D., LAUBER K., MOSER D.M. & THEURILLAT J.P. (2004) - *Flora Alpina*. 3 Voll. Zanichelli, Bologna.
- BECKER T. & DIERSCHKE H. (2005) - *Primärsukzession im Gletschervorfeld des Obersulzbachkess (Hohe Tauern, Österreich) eine Zeitreihe über fast 150 Jahre*. *Tuexenia* 25: 111-140.
- BENNING L.G. & SIDLER D. M. (1992) - *Petrographie der Margna- und der Sella-Decke und des Malenco-Serpentinities zwischen Pass d'Ur und Pizzo Scalino (Val Malenco, Provinz Sondrio, Italien)*. *Schweiz. Mineral. Petrogr. Mitt.* 72: 213-224.
- BERTIN L. (2003) - *Studio integrato fito-geomorfologico in ambiente alpino (Val d'Aviolo, Lombardia). Un approccio cartografico*. Tesi di Dottorato in Geobotanica ed Ecologia Sperimentale, XVI Ciclo. Dipartimento di Ecologia del Territorio, Università degli Studi di Pavia.
- BLASI C. (1996) - *Il fitoclima d'Italia*. *Giorn. Bot. Ital.* 130(1):166-176.
- BRAUN-BLANQUET J. (1964) - *Pflanzensoziologie. Grundzüge der Vegetationskunde*. Springer Verlag, Wien.
- BRAUN-BLANQUET J. (1972) - *Plant sociology*. Facsimile of the edition of 1932. Hafner Publishing Company, New York.
- CACCIANIGA M. & ANDREIS C. (2004) - *Pioneer herbaceous vegetation on glacier forelands in the Italian Alps*. *Phytocoenologia* 34: 55-89.
- CANNONE N. & GERDOL R. (2003) - *Vegetation as an ecological indicator of surface instability in rock glaciers*. *Artic, Antarctic and Alpine Research* 35 (3): 384-390.
- CARBINIER R. (1966) - *Relations entre cryoturbation, solifluxion et groupements végétaux dans les Hautes-Vosges (France)*. *Oecol. Pl.*, 4: 335-367.
- CARTE TOPOGRAPHIQUE DE LA SUISSE (1910) - *F. Poschiavo*, ed. a colori. Scala 1:100.000.
- DEL FAVERO R. (a cura di) (2002) - *I tipi forestali nella regione Lombardia. Regione Lombardia, Cierre Edizioni*.
- DELPECH R. (1985) - *Relations entre un type de modèle périglaciaire (réseaux de buttes gazonnées ou "thufurs") et les végétations d'altitude incidences phytosociologiques*. *Colloques Phytosociologiques*, XIII: 221-230.
- ELLENBERG H. (1988) - *Vegetation Ecology of Central Europe*. 4th Ed., Cambridge University Press, Cambridge.
- EGGENSBERGER P. (1994) - *Die Pflanzengesellschaften der subalpinen und alpinen Stufe der Ammergauer Alpen und ihre Stellung in den Ostalpen*. Bayerische Botanische Gesellschaft. München.
- GEHU J.-M. (1988) - *L'analyse symphytosociologique et geosymphytosociologique de l'espace. Théorie et Méthodologie*. *Colloques Phytosociologiques*, XVII: 11-46.
- GEHU J.-M. & RIVAS-MARTINEZ S. (1981) - *Notions fondamentales de phytosociologie*. *Ber. Int. Simp. Int. Vereinigung Vegetationsk.* 5-33.
- GERDOL R., FERRARI C., PICCOLI F. & TOMASELLI M. (1985) - *Vegetation and Geomorphology in a fossil glacial cirque of the Northern Apennines (Italy)*. *Colloques phytosociologiques*, XIII, 293 - 316.
- GERDOL R. & SMIRAGLIA C. (1990) - *Correlation between vegetation pattern and micromorphology in periglacial areas of the Central Alps*. *Pirineo*, 135: 13-28.
- GERDOL R. & TOMASELLI M. (1997) - *Vegetation of wetlands in the Dolomites*. *Dissertationes Botanicae*. Band 281.
- GIACOMINI V. & PIROLA A. (1957) - *Osservazioni geobotaniche su alcuni esempi di fenomeni crionivali nelle Alpi Retiche*. *Bollettino dell'Istituto Botanico dell'Università di Catania*, 1957, serie II, vol. I : 138-148.
- GILLET F. (1985) - *Analyse concrète et théorique des relations a différents niveaux de perception phytocologique entre végétation forestière et géomorphologie dans le Jura nord-occidental*. *Colloques Phy-*

- tosociologiques, XIII : 101-131.
- GODENZI A. (1957) - *Ricerche sulla morfologia glaciale e geomorfogenesi nella regione fra il Gruppo del Bernina e la Valle dell'Adda con particolare riguardo alla Valle di Poschiavo*. Tesi di Laurea discussa presso la Facoltà di Scienze Naturali dell'Università di Friburgo. 1-122; Tipografia Menghini, Poschiavo.
- GRABHERR G. & MUCINA L. (1993) - *Die Pflanzengesellschaften Österreichs*. Teil II. Gustav Fischer Verlag, Jena.
- GRIME J.P. (2001) - *Plant strategies, Vegetation processes, and Ecosystem Properties*. J. P. Grime., 2nd Ed., Wiley.
- GROSS G., KERSCHNER H. & PATZEL G. (1977) - *Methodische Untersuchungen über die Schneegrenze in alpinen Gletschergebieten*. Zeitschr. Fur Gletscherkunde und Glazialgeologie, XII, 2 (1976): 223-251.
- HOERSCH B., BRAUN G. & SCHMIDT U. (2002) - *Relation between landform and vegetation in alpine regions of Wallis, Switzerland. A multiscale remote sensing and GIS approach*. Computers, Environment and Urban Systems 26:113-139.
- ISTITUTO GEOGRAFICO MILITARE AUSTRIACO (1833) - *Carta topografica del Regno Lombardo Veneto*. Foglio C2. Scala 1:86.400.
- KERSCHNER H. (1976) - *Das Daun und das Egesen Stadium in ausgewählten Tälern der Zentralalpen von Nordtirol und Graubünden*. Diss. Univ. Innsbruck.
- KLUG-PÜMPPEL B. (1982) - *Effects on species distribution and phytomass variations in a Caricetum curvulae stand*. Vegetatio 48: 249-254.
- KÖRNER C. (1999) - *Alpine plant life*. Springer-Verlag, Berlin.
- KOZŁOWSKA A. & RACZKOWSKA Z., 2002 - *Vegetation as a tool in the characterisation of geomorphological forms and processes: an example from the Abisko Mountains*. Geografiska Annaler, 84 (3-4): 233-244.
- MAISCH M. (1982) - *Zur Gletscher und Klimageschichte des alpinen Spätglazials*. Geographica Helvetica, 2, 93-104.
- MARINELLI O. (1928) - *Il limite delle nevi nel Caracorum e nell'Himalaya occidentale. Spedizione Italiana De Filippi. Risultati geologici e geografici pubblicati sotto la direzione di G. Dainelli*. Serie II, 4: 63-212.
- NANGERONI G. (1930) - *Morene stadiarie nella Val Malenco*. Atti Soc. It. Sc. Nat., LXIX: 2-21. Milano.
- ORIOLO G. (2001) - *Naked rush swards (Oxytropido-Elynon Br.-Bl. 1949) on the Alps and the Apennines and their syntaxonomical position*. Fitosociologia, 38 (1): 91-102.
- OZENDA P. (1985) - *La végétation de la chaîne alpine dans l'espace montagnard européen*. Masson, Paris.
- PANIZZA M. (1980) - *Interdisciplinarietà fra ricerche sulla vegetazione e ricerche di geomorfologia*. In: AA.VV., Atti del Seminario "La cartografia della vegetazione per la gestione del territorio". Regione Emilia-Romagna e C.N.R.
- PAROLO G., (2003) - *Rapporti causali tra vegetazione e geoforme in paesaggi alpino-nivali nell'area del P.zo Scalino (Val Malenco, provincia di Sondrio)*. Tesi di Dottorato in Geobotanica ed Ecologia Sperimentale, XVI Ciclo. Dipartimento di Ecologia del Territorio, Università degli Studi di Pavia.
- PEDROTTI F., GAFTA D., MARTINELLI M., PATELLA SCOLA A. & BARBIERI F. (1997) - *Le unità ambientali del Parco Nazionale dello Stelvio*. L'uomo e l'ambiente 28, Università di Camerino: 1-103.
- PIELOU E.C. (1969) - *An introduction to mathematical ecology*. Wiley, New York.
- PIROLA A. (1959) - *Contributo allo studio dei rapporti tra vegetazione e fenomeni crionivali nelle Alpi Retiche*. Delpinoa, vol. 1, pp. 31-41.
- PIROLA A. (1962) - *Osservazioni sui cuscinetti erbosi nella Valle di Livigno (Alpi Retiche)*. Atti Istituto Botanico dell'Università-Laboratorio Crittogamico Pavia, serie V, vol. XX: 1-11.
- PIROLA A., CANNONE N., ROSSI G. & ZURLI M. (1998) - *La vegetazione degli ambienti periglaciali e la sua tutela*. Atti del Convegno Internazionale: "Ghiacciai e aree protette: conoscenza, conservazione, valorizzazione", Sondrio, 30 ottobre 1997.
- PIROLA A. & CREDARO V. (1994) - *Osservazioni sul dinamismo della vegetazione di morena recente nel Gruppo del Bernina*. Fitosociologia, 27: 139-149.
- PODANI J. (2001) - *Syn-tax 2000 Computer program for data analysis in ecology and systematics*. Scienza Publishing. Budapest.
- POLDINI L. & ORIOLO G. (1997) - *La vegetazione dei pascoli a Nardus stricta e delle praterie subalpine acidofile in Friuli (NE-Italia)*. Fitosociologia, 34: 127-158.
- RICHARD J.-L. (1987) - *Dynamique de la végétation sur les marges glaciaires récentes de la réserve d'Aletsch (Alpes valaisannes, Suisse). 15 ans d'observations dans les placettes-témoin (1971-1986)*. Botanica Helvetica 97/2 : 265-275.
- ROSSI G., PIROLA A. & ZURLI M. (1998) - *Relazioni vegetazione-suolo nel paesaggio periglaciale alpino: i cuscinetti erbosi al Passo d'Eira, Livigno (Alpi Retiche)*. Archivio Geobotanico, 4 (2): 193-200
- SHANNON C.E. & WEAVER W. (1949) - *The mathematical theory of communication*. Urbana, IL. Univ. Illinois Press.
- SIMPSON E.H. (1949) - *Measurement of diversity*. Nature, 163: 688.
- STAUB R. (1946) - *Geologische Karte der Bernina-Gruppe und ihrer Umgebung im Oberengadin, Bergell, Val Malenco, Puschlav und Livigno*. Masstab 1:50.000. Geologische Spezialkarte No. 18. Geologischen Kommission der Schweiz.
- THEURILLAT J.-P., 1992a - *L'analyse du Paysage végétal en symphytocoenologie: ses niveaux et leurs domaines spatiaux*". Bull. Ecol., 23 (1-2): 83-92.
- THEURILLAT J.-P., 1992b - *Étude et cartographie du paysage végétal (Symphytocoenologie) dans la région d'Aletsch (Valais, Suisse)*". Commission géobotanique de l'Académie Suisse des Sciences Naturelles. Lausanne.
- TOMASELLI M. & AGOSTINI N. (1990) - *Vegetation patterns and dynamics on a rock glacier in the northern Apennines*. Pirineos, 136: 33-46.
- VENZO S. (1971) - *Gli stadi tardo-wurmiani e post-wurmiani nelle Alpi insubriche valtelinesi*. La Valtellina da Chiuro a Delebio, la Val Malenco e la Val Masino. Atti Soc. It. Sc. Nat. e Museo Civ. St. Nat.112 (2): 161-276. Pavia.

Ms. ricevuto il 30 novembre 2004
 Testo definitivo ricevuto il 2 agosto 2005

Ms. received: November 30, 2004
 Final text received: August 2, 2005.