

Geografia fisica, geomorfologia e itinerari didattici in ambiente alpino

1. L'AMBIENTE D'ALTA MONTAGNA, LA SUA DINAMICA E I RISVOLTI DIDATTICI

L'alta montagna rappresenta un ambiente limite che ben si presta ad un approccio didattico. È infatti caratterizzato da una elevata dinamicità dei processi geomorfologici responsabili del modellamento del paesaggio, elemento a sua volta in continua evoluzione, specie alle quote più elevate, in risposta alle modificazioni climatiche in atto. Le variazioni climatiche recenti hanno portato ad un profondo cambiamento dei territori d'alta montagna, specie delle aree glacializzate, dove si assiste al continuo regresso delle fronti glaciali e, parallelamente, all'aumento dell'estensione delle aree proglaciali, caratterizzate oggi dalla presenza di abbondante detrito inconsolidato. Con occhio più attento è possibile anche osservare le risposte della vegetazione: il limite superiore delle fasce altitudinali si sta innalzando, la vegetazione, anche arborea, ricolonizza le zone rese disponibili dall'arretramento dei ghiacciai, le piante con portamento a cespuglio tendono a riacquisire il portamento eretto e negli avamposti, quali le lingue glaciali, il progressivo aumento della copertura detritica superficiale permette l'insediamento di piante epiglaciali erbacee, arbustive e anche arboree, come nel caso del Ghiacciaio del Miage (Gruppo del M. Bianco).

Le forme del paesaggio differiscono sia per tipologia e genesi (geodiversità) sia per il tempo trascorso dalla loro esposizione o deposizione. Tra gli indicatori geomorfologici si distinguono forme fresche, non alterate, forme

parzialmente intaccate dagli agenti del modellamento, fino a forme difficilmente riconoscibili ad un occhio non esperto in quanto originatesi in tempi molto antichi. In alta montagna è possibile in poco spazio disporre di uno strumento didattico per la comprensione del variare dei processi nel corso del tempo,

confrontando ad esempio l'evoluzione a breve e media scala temporale del paesaggio glaciale con quella a scala geologica (milioni di anni) necessaria per creare i dislivelli su cui il paesaggio osservato si imposta.

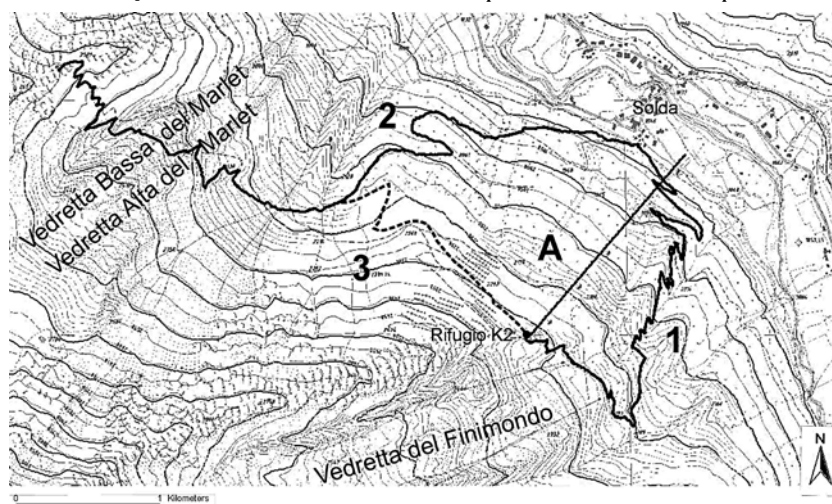
I contenuti di ciò che vengono comunemente considerati "elementi di geomorfologia" si prestano ad altre considerazioni di elevato valore didattico: singoli elementi del paesaggio, così come insiemi di forme, possono essere considerati siti di interesse geomorfologico e come tali da conservare e tutelare in quanto facenti parte dei beni naturali nonché culturali dell'uomo. Sono questi i "geomorfositi", oggetto di numerose proposte di itinerari mono e pluritematici ad elevato supporto scientifico disponibili sul territorio italiano (Panizza e Piacente, 2003; Pelfini e Smiraglia 2003). Si tratta di elementi del paesaggio caratterizzati da attributi e valenze sceniche, culturali, socio-economiche e scientifiche. Per quanto riguarda un bene geomorfologico l'attributo scientifico è sostenuto dalle valenze testimonianza paleogeomorfologica e paleoclimatica, esemplarità didattica e supporto ecologico. A titolo di esempio, un anfiteatro morenico

documenta le fasi di progresso glaciale responsabili della sua costruzione, e di conseguenza le fasi di recrudescenza climatica che hanno provocato l'avanzata, e può presentare una struttura che rivela in modo evidente il meccanismo di messa in posto e di costruzione delle morene stesse.

Gli ambienti montani sono diventati sempre più meta di viaggi di istruzione proprio grazie alle valenze didattiche che si affiancano alla spettacolarità di molti geomorfositi d'alta montagna. È tuttavia noto che molti processi che caratterizzano l'ambiente alpino sono da considerare pericolosità naturali che, interagendo con la presenza antropica, possono tradursi in rischi per la popolazione residente e/o per i fruitori occasionali. L'incremento del turismo, facilitato anche dalla diffusione degli impianti di risalita, ha portato progressivamente all'interazione tra frequentazione antropica e pericolosità geomorfologiche determinando, in alcuni contesti, un incremento del rischio (Piccazzo et al., 2007 in stampa; Pelfini 2004). Esistono però nella rete sentieristica numerosi itinerari percorribili in sicurezza che permettono di osservare gli effetti di tali processi (valanghe, frane, debris flows ecc.) nonché le opere di difesa progettate per la mitigazione del rischio e che si prestano pertanto facilmente anche ad un utilizzo didattico.

Le ricerche scientifiche spesso si concentrano sulla ricostruzione degli eventi pregressi al fine di comprendere meglio la dinamica dei processi, la loro frequenza, e al fine di cercare di prevederne quella futura; anche i metodi utilizzati per la datazione dei fenomeni rappresentano un utile strumento didattico. Le piante arboree, ad esempio, con-

1. I sentieri didattici in Val Solda (BZ). Con il numero 1 è indicato il sentiero didattico a tappe; con il numero 2 il tracciato che conduce al geomorfosito; con il numero 3 il collegamento tra i due sentieri; con la lettera A la seggiovia. (elaborazione grafica V. Garavaglia).



servano nelle caratteristiche degli anelli di accrescimento sia le informazioni climatiche sia la registrazione dei "danni" provocati proprio dagli agenti geomorfologici. Sono questi segnali, facilmente leggibili nei campioni prelevati da piante viventi e morte, a documentare la storia e l'evoluzione dei processi più tipici dell'alta montagna (Pelfini, 1999; Schweingruber 1996).

Nel complesso, quindi, itinerari tematici ben strutturati rappresentano una strategia didattica per la divulgazione di conoscenze scientifiche nonché per l'educazione sia alla tutela dei beni geomorfologici sia alla conoscenza dei rischi ambientali.

2. GLI ITINERARI GEOMORFOLOGICI COME STRUMENTO DIDATTICO

Le proposte per le uscite didattiche nell'ambito delle scuole di diverso ordine e grado sono indubbiamente molteplici, così come molte scuole stanno ampliando lo spazio dedicato ai laboratori, compreso quello informatico. Stanno nascendo itinerari guidati attraverso computer palmari che però al momento puntano l'attenzione sui caratteri fisici dei percorsi e sugli elementi logistici. Molto utile sarebbe poter abbinare un valido supporto scientifico alla tecnologia innovativa. In ambito accademico molte sono le ricerche che mirano alle ricostruzioni paleoambientali e paleoclimatiche e molti sono gli studi geomorfologici e glaciologici sino ad ora condotti sulle Alpi; tuttavia i risultati rimangono spesso confinati all'ambito degli specialisti anziché essere divulgati ad un pubblico di non esperti e sono ancor più raramente messi a disposizione della didattica di base. Fortunatamente l'interesse crescente per itinerari naturalistici e tematici e la necessità di rendere disponibili le informa-

zioni stanno favorendo nuove proposte di percorsi adatti alla comunicazione dei risultati scientifici in modo semplice e con linguaggio corretto.

2.1. Proposte di itinerari nella Valle di Solda (BZ)

Nella Valle di Solda (BZ), al confine tra Lombardia e Trentino Alto Adige, è stato ideato un itinerario modulare, organizzato in tratte percorribili in sequenza o separatamente (Fig. 1), che ha come obiettivo l'osservazione di processi e forme dell'alta montagna alpina alla luce dei concetti di beni naturali e rischi geologici, sia attraverso osservazioni dirette, sia attraverso un percorso virtuale che permetta fasi di approfondimento. Il tracciato si articola in una valle in cui sono particolarmente evidenti le forme di origine glaciale, impostate su versanti oggi interessati da numerosi altri processi tipici dell'ambiente periglaciale e dell'azione della gravità.

I sentieri ufficiali sul versante occidentale della valle (Fig. 2) sono stati analizzati per identificare quelli più idonei ad un uso didattico in termini di caratteristiche morfologiche, pericolosità geomorfologiche e presenza di eventuali geomorfositi. Il tracciato scelto è stato registrato mediante strumentazione *mobile* (palmare e GPS) e software GIS; lungo il percorso sono stati posizionati gli elementi prima citati nonché gli elementi morfologici del versante o le caratteristiche del sentiero che potrebbero costituire delle difficoltà di percorrenza e incidere sulla vulnerabilità del fruitore. Sono

stati scelti anche alcuni punti specifici per rilevare la valenza ecologica dei geomorfositi e in corrispondenza degli stessi sono stati effettuati studi dendrocronologici di dettaglio finalizzati sia alla datazione dell'anfiteatro morenico compreso tra le vedrette del Marlet (Fig. 3) sia alla costruzione di una cronologia anulare indicizzata di larice¹ al fine di far osservare come il segnale climatico possa essere letto anche nelle piante.

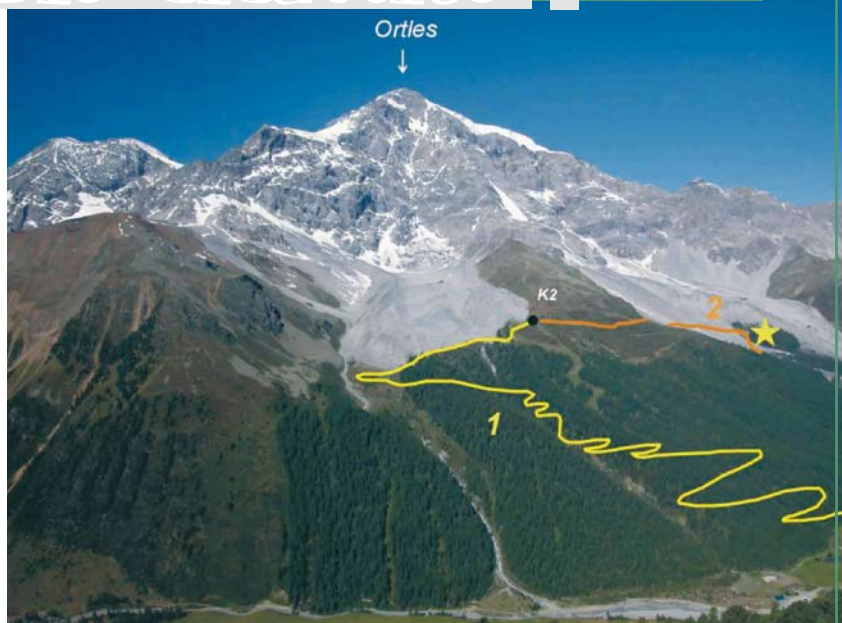
Sono quindi stati organizzati due itinerari: il primo (1 in Fig. 1) sottolinea le evidenze morfologiche del territorio e i metodi che sono stati utilizzati sia per ricostruire la storia del piccolo anfiteatro morenico compreso tra i ghiacciai del Marlet sia per evidenziare l'andamento climatico recente leggibile nelle cronologie; il secondo (2 in Fig. 1) punta l'attenzione sulla descrizione dell'anfiteatro stesso quale parte del geomorfosito, meta del percorso.

La parte bassa dell'itinerario didattico si articola lungo il sentiero 1 (Fig. 1 e

2. Panoramica del versante occidentale della Valle di Solda. Il numero 1 corrisponde all'itinerario a tappe, il numero 2 a parte del sentiero di collegamento.

La stella indica l'anfiteatro morenico rappresentato in Fig. 3 (foto ed elaborazione grafica V. Garavaglia).

3. Il piccolo anfiteatro morenico delle vedrette Alta e Bassa del Marlet. (nel cerchio); sotto: le quattro creste moreniche (A, B, C, D) che lo compongono (foto M. Santilli, elaborazione grafica V. Garavaglia).



¹ Una cronologia di riferimento rappresenta la media di una serie di curve di crescita sincronizzate tra loro e ricavate da una popolazione di alberi che cresce in condizioni indisturbate, elaborata, per una data specie e per una data area. Viene costruita partendo dalla misura degli anelli di accrescimento eseguita direttamente sui campioni ("carote" o rotelle) mediante opportune strumentazioni di misura e software dedicati. Essa serve come termine di confronto per le curve di crescita degli alberi utilizzati per diverse tipologie di ricerche (datazioni, indagini climatiche ecc.). I dati vengono standardizzati ricorrendo ad apposite funzioni statistiche che trasformano le curve grezze in curve indicizzate. Questa operazione elimina le variazioni della crescita legate all'età della pianta e ad altri fattori di disturbo, evidenziando le oscillazioni di origine propriamente climatica.

2), tra Solda (1900 m) e il rifugio K2 (2350 m), attraversando la Foresta di Solda per poi costeggiare la morena frontale del Ghiacciaio del Finimondo. Il tracciato presenta una bassa difficoltà di percorrenza ed è quindi accessibile anche a fruitori in fasce scolastiche. Le caratteristiche morfometriche del sentiero hanno costituito la base della scelta: sulla base della carta delle pendenze si è potuto infatti verificare come il sentiero sia caratterizzato da tratti con inclinazione bassa (5°-15°), e quindi affrontabile anche da turisti inesperti. Anche laddove il versante presenta una pendenza media o elevata (di circa 40°), il fondo del tracciato mostra una larghezza mai inferiore a 50 cm circa, caratteristica che lo rende di facile percorrenza. Questi elementi, riverificabili sia su carta che in loco, possono costituire la base per esercizi e applicazioni pratiche utilizzabili ad esempio in moduli di cartografia. Lungo il sentiero sono quindi stati scelti 13 "stop" per ciascuno dei quali è stata creata una scheda di approfondimento (Fig. 4) che tratta di argomenti inerenti a fenomeni, processi e forme presenti direttamente lungo il tracciato percorso o visibili sul versante opposto, nonché relativi alla vegetazione arborea quale archivio di dati climatici. La parte alta (o secondo itinerario, 2 in Fig. 1) permette di vedere l'applicazione del metodo dendrogeomorfologico ad una ricostruzione paleoam-

bientale e analizzare una serie di evidenze morfologiche proponibili come geomorfosito.

L'itinerario 2 (Fig. 1) lambisce e attraversa rispettivamente la Vedretta del Finimondo e le vedrette Alta e Bassa del Marlet. La prima occupa il fondo di un ripido vallone ai piedi dell'Ortles (3905 m) e presenta una superficie abbondantemente coperta da detrito, tanto da poter essere attualmente definito ghiacciaio nero o *debris covered glacier*, la seconda è molto serrata e parzialmente coperta da detrito nella sua porzione inferiore. I due ghiacciai presentano un apparato morenico ben sviluppato costituito sia da morene attribuibili alla Piccola Età Glaciale sia da un piccolo anfiteatro più antico, come deducibile dalle caratteristiche morfologiche degli argini morenici e dalla colonizzazione arborea (*Larix decidua* Mill. e *Pinus cembra* L.) assente sugli altri depositi glaciali, che ben si presta al confronto temporale relativo alle fasi di avanzata.

3. CONCLUSIONI

Gli itinerari studiati nella Valle di Solda si configurano come una proposta didattica che risponde ai più recenti obiettivi sia nell'ambito dei progetti scientifici sia in quello delle esigenze didattiche, fornendo un punto di contatto tra l'ambiente accademico e la formazio-

ne scolastica di base. Gli argomenti proposti nelle tappe didattiche permettono da un lato l'acquisizione di conoscenze legate a tematiche più "classiche" quali l'ambiente geomorfologico, dall'altro introducono alle tecniche di datazione, in particolare alla dendrocronologia. Avendo inserito i dati in ambiente GIS, gli studenti sono in grado di acquisire informazioni sull'area di studio prima di accedervi direttamente, attraverso un percorso virtuale che, in alternativa, può essere utilizzato come strumento per la valutazione delle conoscenze acquisite durante l'uscita sul terreno. Per quanto riguarda infine lo sviluppo di competenze, il fruitore (studente) potrà mettere in pratica ciò che ha appreso dalle schede di approfondimento.

BIBLIOGRAFIA

PANIZZA M., PIACENTE S., *Geomorfologia culturale*, Bologna, Pitagora, 2003.
 PELFINI M., "Dendrogeomorphological study of glacier fluctuations in the Italian Alps during the Little Ice Age", *Annals of Glaciology*, 28, 1999, pp. 123-128.
 PELFINI M. & SMIRAGLIA C., "I ghiacciai, un bene geomorfologico in rapida evoluzione", *Bollettino Società Geografica Italiana*, 8, 2003, pp. 521-544.
 PELFINI M., "Le variazioni climatiche e il possibile incremento del rischio sulle Alpi centrali", *Nimbus anno X*, 1, 2004, pp. 48-52.
 PICCAZZO M., BANDOLINI P. & PELFINI M., *Il clima e i rischi geomorfologici in relazione allo sviluppo turistico*, Bologna, Patron, 2007.
 SCHWEINGRUBER F. H., *Tree Rings and Environment. Dendroecology*. Birmensdorf, Swiss Federal Institute for Forest, Snow and Landscape Research. Berne, Stuttgart, Vienna, Haupt, 1996.

Milano, Dipartimento di Scienze della Terra "A. Desio" dell'Università; Sezione Lombardia

Le ricerche sono state realizzate nell'ambito del Progetto Nazionale MIUR-COFIN 2004 - 2006 "Il Patrimonio geomorfologico come risorsa per un turismo sostenibile" dall'UO dell'Università degli Studi di Milano - Dipartimento Scienze della Terra. Si ringrazia il Parco Nazionale dello Stelvio per le autorizzazioni alle ricerche e ai campionamenti.

Il contributo è stato realizzato in collaborazione con Valentina Garavaglia e Maurizio Santilli.

4. Tratto finale del sentiero didattico; con la stella è indicata la tappa didattica alla quale è associata la scheda di approfondimento (in alto a destra) riguardante il segnale climatico registrato dalle piante (foto ed elaborazione grafica V. Garavaglia).

Il segnale climatico e l'accrescimento delle piante

Gli anelli di crescita che si formano di anno in anno nel fusto durante l'attività vegetativa della pianta, dipendono strettamente dalle condizioni ambientali in cui sono in sviluppo. Ogni anello registra le vicende climatiche ed ambientali nelle quali è vissuto, anche se le caratteristiche morfologiche, fisiche e chimiche degli anelli di accrescimento, la cui analisi rappresenta una considerevole fonte di informazioni e un metodo di datazione assoluta di grande precisione, le genera, nelle Alpi, negli anni corrispondenti a periodi con un clima freddo, mentre anelli più larghi e ben formati indicano condizioni più favorevoli all'accrescimento della pianta.

Fig. 1: dettaglio di una sezione di corno. Si possono distinguere anelli larghi, a sinistra, e stretti (a destra).

Il segnale climatico registrato dalle piante è ricavabile tramite un'analisi applicata alle curve di crescita degli alberi che si compongono. Le curve di accrescimento sono grafici ottenuti rappresentando in un grafico la larghezza degli anelli presenti su una curva in funzione dell'anno corrispondente. Da queste curve, attraverso analisi statistiche, è possibile ricavare una cronologia annuale analizzata, un grafico nel quale è rappresentato un indice calcolato sulla base della larghezza degli anelli, in funzione del tempo.

Nel grafico sopra, la curva di accrescimento relativa a una specie arborea. Sull'asse delle ascisse è rappresentato il tempo, sul quello delle ordinate la larghezza degli anelli espressi in micron. In particolare, nel grafico una unità corrisponde a 10 micron. Il campione consta 270 anelli e copre un periodo di tempo compreso tra il 1715 e il 2004.

Lungo il sentiero 3, nell'area indicata in rosso nella figura a destra, sono stati censiti 35 ceppi dai quali si sono ottenute 37 curve. Per ciascuno di esse è stata costruita una curva di accrescimento e dalla loro analisi si è ricavata una cronologia indicata nella quale è evidenziato il segnale climatico registrato dalle piante durante l'accrescimento.

Nel grafico a sinistra la cronologia indicata ricavata dai ceppi censiti lungo il sentiero. Le frecce indicano i picchi negativi che corrispondono a periodi freddi. Questi sono in fase con i principali eventi climatici freddi che a loro volta corrispondono ad altrettante fasi di avanzata dei ghiacciai. In particolare, l'ultimo a destra corrisponde alla fase di acme della Piccola Età Glaciale, lo massimo degli ultimi mille anni (Oloocene).