

# e Neve Valanghe

n° 66 - aprile 2009

*Meteorologia alpina,  
Glaciologia, Prevenzione  
Sicurezza in montagna*



**Rischio valanghe  
Fattore umano e trappole euristiche**

**Il nuovo catasto valanghe in Valle d'Aosta**

**Variabilità spaziale dell'albedo sulle aree  
glaciali dell'Alta Val de La Mare**

**La qualità ambientale della neve "in trincea"**

**Influenza dell'esposizione sulle caratteristiche  
fisico-chimiche del manto nevoso**



**Indirizzi e numeri telefonici  
dei Servizi Valanghe AINEVA  
dell'Arco Alpino Italiano**

**REGIONE PIEMONTE**

ARPA Piemonte  
Area Previsione e Monitoraggio Ambientale  
Via Pio VII 9 - 10135 TORINO  
Tel. 011 19681340 - fax 011 19681341  
Bollettino Nivometeorologico  
Tel. 011 3185555  
<http://www.arpa.piemonte.it>  
Televideo RAI 3 pagina 517  
e-mail: sc05@arpa.piemonte.it

**REGIONE AUTONOMA VALLE D'AOSTA**

Assessorato Territorio Ambiente e Opere Pubbliche  
Dipartimento Territorio, Ambiente e Risorse Idriche  
Direzione Tutela del Territorio  
Loc. Amèrique 33/A - 11020 QUART (AO)  
Tel. 0165 776600/1 - fax 0165 776804  
Bollettino Nivometeorologico  
Tel. 0165 776300  
<http://www.regione.vda.it>  
e-mail: u-valanghe@regione.vda.it

**REGIONE LOMBARDIA**

ARPA-Lombardia Centro Nivometeorologico  
Via Monte Confinale 9 - 23032 Bormio SO  
Tel. 0342 914400 - Fax 0342 905133  
Bollettino Nivometeorologico - 8 linee -  
Tel. 8488 37077 anche self fax  
<http://www.arpalombardia.it/meteo/bollettini/bolniv.htm>  
Televideo RAI 3 pagina 520  
e-mail: g.peretti@arpalombardia.it

**PROVINCIA AUTONOMA DI TRENTO**

Dipartimento Protezione Civile  
Ufficio Previsioni e Organizzazione  
Via Vannetti 41 - 38100 Trento  
Tel. 0461 494870 - Fax 0461 238309  
Bollettino Nivometeorologico  
Tel. 0461 238939  
Self-fax 0461 237089  
<http://www.meteotrentino.it>  
e-mail: ufficio.previsioni@provincia.tn.it

**PROVINCIA AUTONOMA DI BOLZANO**

Ufficio Idrografico, Servizio Prevenzione  
Valanghe e Servizio Meteorologico  
Via Mendola 33 - 39100 Bolzano  
Tel. 0471 414740 - Fax 0471 414779  
Bollettino Nivometeorologico  
Tel. 0471 270555  
Tel. 0471 271177 anche self fax  
<http://www.provincia.bz.it/valanghe>  
Televideo RAI 3 pagine 429 e 529  
e-mail: Hydro@provincia.bz.it

**REGIONE DEL VENETO**

ARPA-Veneto Centro Valanghe di Arabba  
Via Pradat 5 - 32020 Arabba BL  
Tel. 0436 755711 - Fax 0436 79319  
Bollettino Nivometeorologica  
Tel. 0436 780007  
Self fax 0436 780008 - 79221  
Fax polling 0436 780009  
<http://www.arpa.veneto.it/csvdi>  
e-mail: cva@arpa.veneto.it

**REGIONE AUTONOMA**

**FRIULI VENEZIA GIULIA**  
Servizio Territorio Montano e Manutenzioni  
Ufficio valanghe  
Via Sabbadini 31 - 33100 UDINE  
Tel. 0432 555877 - Fax 0432 485782  
Bollettino Nivometeorologico  
NUMERO VERDE 800860377 (in voce e self fax)  
<http://www.regione.fvg.it/asp/newvalanghe/>  
e-mail: neve.valanghe@regione.fvg.it

**Sede AINEVA**

Vicolo dell'Adige, 18  
38100 TRENTO  
Tel. 0461 230305 - Fax 0461 232225  
<http://www.aineva.it>  
e-mail: aineva@aineva.it

Numero telefonico per  
l'ascolto di tutti i Bollettini  
Nivometeorologici degli Uffici  
Valanghe AINEVA

**Tel. 0461/230030**

**Gli utenti di "NEVE E VALANGHE":**

- Sindaci dei Comuni Montani
- Comunità Montane
- Commissioni Locali Valanghe
- Prefetture montane
- Amministrazioni Province Montane
- Genii Civili
- Servizi Provinciali Agricoltura e Foreste
- Assessorati Reg./Provinciali Turismo
- APT delle località montane
- Sedi Regionali U.S.T.I.F.
- Sedi Provinciali A.N.A.S.
- Ministero della Protezione Civile
- Direzioni dei Parchi Nazionali
- Stazioni Sciistiche
- Scuole di Sci
- Club Alpino Italiano
- Scuole di Scialpinismo del CAI
- Delegazioni del Soccorso Alpino del CAI
- Collegi delle Guide Alpine
- Rilevatori di dati Nivometeorologici
- Biblioteche Facoltà Univ. del settore
- Ordini Professionali del settore
- Professionisti del settore italiani e stranieri
- Enti addetti ai bacini idroelettrici
- Redazioni di massmedia specializzati
- Aziende addette a: produzione della neve, sicurezza piste e impianti, costruzione attrezzature per il soccorso, operanti nel campo della protezione e prevenzione delle valanghe.

Periodico associato all'USPI

 Unione Stampa Periodica Italiana

Rivista dell'AINEVA - ISSN 1120 - 0642  
Aut. Trib. di Rovereto (TN)  
N° 195/94NC  
del 28/09/1994  
Sped in abb. postale Gr. IV - 50%  
Abbonamento annuo 2008: Euro 18,00  
da versare sul c/c postale n. 14595383  
o su c/c bancario 052 848578360 presso  
Banca Bovio Calderari Sede di Trento, ABI  
03064 CAB 01800  
intestato a: AINEVA  
vicolo dell'Adige, 18 - 38100 Trento

#### Direttore Responsabile

Giovanni PERETTI  
Coordinatore di redazione  
Alfredo PRAOLINI  
ARPA Lombardia

#### Comitato di redazione:

Enrico FILAFERRO, Fabio GHESER,  
Elena TURRONI,  
Mauro VALT, Elena BARBERA

#### Comitato scientifico editoriale:

Valerio SEGOR,  
Alberto TRENTI, Stefano BOVO,  
Francesco SOMMAVILLA,  
Luciano DAVANZO, Giovanni PERETTI,  
Michela MUNARI

#### Segreteria di Redazione:

Vicolo dell'Adige, 18  
38100 TRENTO  
Tel. 0461/230305  
Fax 0461/232225

#### Videoimpaginazione e grafica:

MOTTARELLA STUDIO GRAFICO  
www.mottarella.com  
Cosio Valtellino (SO)

#### Stampa:

ALCIONE srl  
Trento

#### Referenze fotografiche:

Foto di copertina: Alfredo Praolini  
Alfredo Praolini: 11, 2, 4, 5, 8, 9, 11, 12, 13, 33,  
35, 37, 39, 40, 43, 54, 55  
Regione Autonoma Valle d'Aosta: 15, 16, 17,  
18, 19, 21  
Francesco Cossi: 23, 24, 25, 27, 28, 29  
Università di Torino: 44, 45, 47, 49  
Igor Chiambretti: 52  
Daniele Moro: 53

#### Hanno collaborato a questo numero:

Serena Mottarella, Stefania Del Barba,  
Nadia Preghenella, Monica Rossi.

Gli articoli e le note firmate esprimono  
l'opinione dell'Autore e non impegnano  
l'AINEVA.

I dati forniti dagli abbonati e dagli inserzionisti ven-  
gono utilizzati esclusivamente per l'invio della pre-  
sente pubblicazione (D.Lgs. 30.06.2003 n.196).



4



14



22



32



42

## 4 RISCHIO VALANGHE FATTORE UMANO E TRAPPOLE EURISTICHE

■ A. Cagnati, I. Chiambretti

## 14 IL NUOVO CATASTO VALANGHE IN VALLE D'AOSTA

■ S. Lunardi, M. Freppaz, A. Debernardi, V. Segor

## 22 VARIABILITA' SPAZIALE DELL'ALBEDO SULLE AREE GLACIALI DELL'ALTA VAL DE LA MARE

■ L. Carturan, F. Cossi, G. Dalla Fontana

## 32 LA QUALITA' AMBIENTALE DELLA NEVE "IN TRINCEA"

■ M. Pecci, P. D'Aquila, M. Valt, V. Cagnati, T. Corso,  
A. Praolini, E. Meraldi, F. Berbenni, G. Kappenberger,  
M. Freppaz, P. Dellavedova, G. Filippa

## 42 INFLUENZA DELL'ESPOSIZIONE SULLE CARATTERISTICHE FISICO-CHIMICHE DEL MANTO NEVOSO

■ A. Brulport, G. Filippa, M. Maggioni, M. Freppaz,  
M. Pecci, P. D'Aquila



Innanzitutto approfitto dello spazio concessomi per esprimere un sincero saluto di benvenuto al nuovo Responsabile Tecnico di AINEVA, il Dott. Igor Chiambretti, che opererà principalmente presso la sede di Trento. Dinamico geologo di Torino, coordinerà nel prossimo periodo le attività tecniche dell'Associazione. A lui quindi un augurio di apportare la propria esperienza professionale e le proprie conoscenze ed esperienze per far ulteriormente crescere l'Associazione.

In questo numero di Neve e Valanghe vengono trattati argomenti eterogenei ma interessanti da vari punti di vista. Dalla presentazione di lavori di ricerca sulla qualità ambientali della neve e sulle caratteristiche fisico-chimiche che essa ha in rapporto all'esposizione, a studi glaciologici o inerenti aspetti legati al catasto delle valanghe.

Tutti con solide basi scientifiche, ma un articolo in particolare vorrei segnalare all'attenzione dei lettori: quello relativo all'influenza ed all'importanza del fattore umano e delle "trappole euristiche" rispetto al Rischio Valanghe articolo – tra l'altro – che vede la firma proprio del sopraccitato nuovo Responsabile Tecnico di AINEVA Igor Chiambretti, oltre che del collega Anselmo Cagnati del Centro Valanghe di Arabba la cui professionalità e le cui capacità tecnico-scientifiche non hanno certo bisogno di presentazione.

"Trappole euristiche"... non siamo ancora troppo a conoscenza di queste cose... provate a chiederne agli amici qualche spiegazione sul significato. Se va bene, glissano con qualche battuta relativa alla crisi economica mondiale... troppo facile, gli euro non c'entrano nulla.

Sinteticamente, per "trappola euristica" si intende una errata valutazione determinata dalla componente di errore umano negli incidenti da valanga, cioè l'approccio degli atteggiamenti psicologici e sociali di fonte alle situazioni di rischio.

Esempi possono essere: "Ci ha già sciato qualcuno, quindi è sicuro", "Conosco bene questo posto, ci sono venuto molte volte", "Voglio essere io a fare la prima traccia... ma sta arrivando qualcun altro...", "E' troppo tempo che non nevica tanto... mai più avrò questa occasione... sono venuto qui apposta, e tutti lo sanno...", "Io sono comunemente giudicato il più forte... non posso tirarmi indietro proprio ora...".

Di questi aspetti si parla, nell'ambiente, ma ancora troppo poco.

Nei vari corsi, serate o iniziative di prevenzione molto peso si è sinora dato e si dà agli aspetti "scientifici" del problema. Per carità, va benissimo... grossi sforzi e grossi passi in avanti sono stati fatti in questi ultimi lustri, lo dimostra il fatto che, a fronte di un notevolissimo aumento dei frequentatori della montagna, il numero medio annuale di vittime è rimasto pressochè invariato.

Ed allora ben vengano articoli come questo, forse più "impegnativi" (diciamo, psicologicamente... sia da scrivere che da leggere) di altri che si basano su approfondite conoscenze scientifiche.

Nelle conclusioni si parla dell'Esperienza, che ognuno deve farsi ma, soprattutto, che ognuno deve "volersi fare"... leggetevelo, con attenzione. Gustatevelo.

Infine, vorrei ricordare la risposta che mi dette il grande André Roch, ad una domanda che gli feci durante un'intervista nell'ormai "lontano" 1991. Gli chiesi "André, tu che sei considerato uno dei massimi esperti di neve e valanghe, cosa consiglieresti ad un esperto di neve e valanghe?", e mi rispose "Gli direi... Esperto... stai attento... che la valanga non sa che tu sei un Esperto...".

**Dott. Geol. Giovanni Peretti**  
Il Direttore Responsabile

# RISCHIO VALANGHE

Fattore umano e trappole euristiche

**Anselmo Cagnati**  
ARPAV DRST  
Centro Valanghe di Arabba

**Igor Chiambretti**  
AINEVA  
Vicolo dell'Adige 18 Trento

Qualsiasi attività praticata in ambiente montano innevato è esposta al pericolo di distacco valanghe e conseguentemente al rischio di travolgimento. Le statistiche a livello mondiale mostrano una differenza significativa sul rateo di incidenti tra coloro che praticano attività ricreativa sulla neve ed i professionisti.

È stato infatti accertato che la maggior parte degli incidenti accadono per errori umani, ma non è ancora stata adeguatamente compresa la dinamica decisionale ed i fattori che la influenzano. Alcuni autori (vd. bibliografia) hanno dimostrato che gli esperti, pur esposti ad un maggior rischio, sono in grado di sviluppare il processo decisionale riducendo gli errori umani, in particolare le trappole euristiche.





## RISCHIO E VALUTAZIONE DEL RISCHIO VALANGHE

Si definisce **rischio**, nel campo delle attività ricreative invernali, la probabilità che l'esposizione ad un **pericolo** (valanga) causi danni, ferite o la perdita della vita (McClung, 2002).

Il rischio può essere descritto in maniera qualitativa - basso, moderato, considerevole, elevato, estremo - in funzione della probabilità di distacco valanghe e delle conseguenze attese.

La **percezione del rischio** da parte delle potenziali vittime è altamente soggettiva ed è funzione della conoscenza del rischio, della sua valutazione, nonché della personale propensione ad esso. La **valutazione del rischio** è influenzata da variabili naturali quali quelle fisiche (terreno), ambientali (condizioni meteorologiche) e da quelle umane.

La **percezione del rischio** è un giudizio altamente soggettivo elaborato in funzione dalla propensione a rischiare di ciascuno e stimato in base ai potenziali vantaggi che un'azione rischiosa potrebbe apportare alla salute e alle capacità personali.

La **propensione al rischio** influisce fortemente sul comportamento e dipende dalla personalità, dallo stile di vita, dall'esperienza maturata e da fattori socio-culturali (età, livello culturale, appartenenza ad un gruppo, stato civile etc.).

La **volontarietà nell'esposizione al rischio** è un fattore importante in quanto la tolleranza dipende dal grado di volontarietà con cui ci si espone ad esso: maggiore è la volontarietà, maggiore sarà l'esposizione e la tolleranza del rischio. Possono pertanto sorgere dei problemi quando ci si affida ad altri per la decisione e l'esposizione al rischio risulta essere involontaria.

Inoltre, le attività ricreative invernali sono fortemente gratificanti per i praticanti (così come il gioco d'azzardo, il sesso non protetto e la droga od il fumo) e poiché la valanga non è un evento così comune, l'esperienza risulta altamente positiva distorcendo, al ribasso, la reale percezione del rischio corso (insensibilità alla probabilità). (Vedi tabella di Fig. 1)

Una bassa percezione del rischio, un'**eccessiva familiarità** con un certo pericolo ed uno scarso autocontrollo sulle proprie pulsioni tende a far sottostimare le conseguenze e la probabilità di venir coinvolti, tanto che 69% degli incidenti avviene su pendii comunemente frequentati, nel corso della stagione, dalle vittime.

Inoltre la proliferazione di modelli mediatici (film, video, riviste) che propongono attività estreme e il loro favore incontrato presso vaste platee ha sicuramente favorito un innalzamento collettivo della tolleranza al rischio ed un aumento della fiducia nella tecnologia e nelle capacità tecniche di molti praticanti le attività ricreative invernali. Pertanto il singolo tende a sostituire i dati della realtà (basati sul caos della complessità ontologica - quindi troppo inquietanti e stressanti) con quelli di una realtà preconstituita o addomesticata (basata su una visione più armonica e ordinata ma irrazionale) al fine di ridurre il proprio stato di ansia o di apprensione; egli incorre quindi nell'**omeostasi del rischio**, l'accettazione di assumere un certo livello di rischio, soggettivamente stimato è "tranquillizzante" e "gratificante". Ma l'incidente avviene quasi sempre quando la percezione del rischio, da parte della vittima, non coincide con il reale pericolo (probabilità di distacco).

Nell'ottica dell'individuo l'omeostasi del rischio parte da un'analisi vantaggi / svantaggi (Adams, 2005a). Vedi tabella di Fig. 2)

Tale analisi non è però sempre applicabile alla problematica del rischio valanghe. Nel caso delle attività ricreative fuori pista

Fig. 1  
Classificazione del rischio in funzione del grado di autocontrollo e della risposta emotiva al rischio (da McCammon, 2004).

AUTOCONTROLLO	RISPOSTA EMOTIVA	
	FORTEMENTE NEGATIVA	FORTEMENTE POSITIVA
	SOVRASTIMA O CONFIDENZA ECCESSIVA	SOTTOSTIMA O CONFIDENZA ECCESSIVA
<b>ALTO</b>	Attacco Squali; Vaccinazione; Tornado	Uso di Droghe / Alcool; Sesso non protetto; Guida ad alta velocità; Valanghe
	SOVRASTIMA O SCARSA CONFIDENZA	SOTTOSTIMA O SCARSA CONFIDENZA
<b>BASSO</b>	Rifiuti Nucleari; Terrorismo; Riscaldamento Globale	Gioco d'azzardo; Gioco in Borsa; Lotterie
<i>La stima è l'aspettativa di un evento negativo; la confidenza è la valutazione sulla correttezza della stima.</i>		

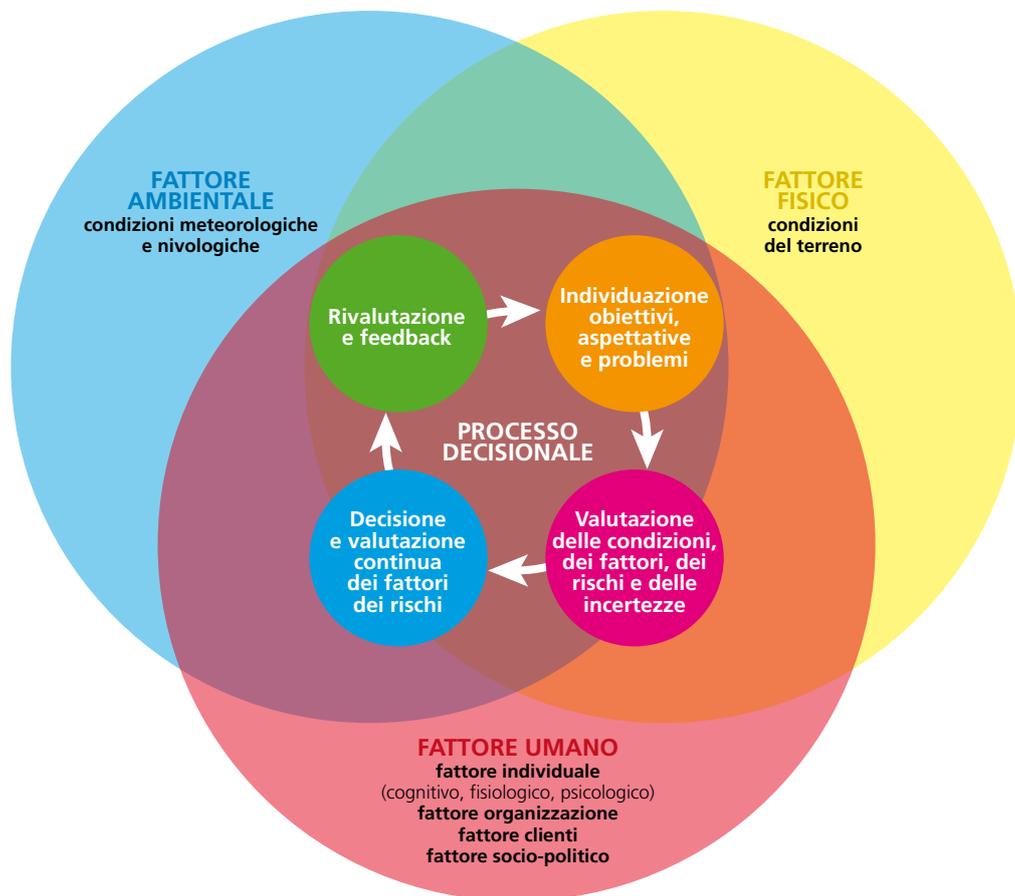
Fig. 2  
Bilancio vantaggi/svantaggi in funzione del tipo di comportamento.

	VANTAGGI	SVANTAGGI
<b>Comportamento a rischio</b>	discesa entusiasmante, soddisfacente	ferite o morte conseguenti al travolgimento
<b>Comportamento non a rischio</b>	tornare a casa incolumi	rinunciare alla discesa, salita, itinerario o meta prefissata.

(sci alpinismo, sci di fondo escursionismo, free-ride, ciaspole) il processo decisionale è finalizzato ad ottenere la massima soddisfazione nell'attività (qualità della sciata/escursione) minimizzando l'esposizione al pericolo valanghe. Mentre il costo dell'esposizione può arrivare al ferimento e/o alla morte, il beneficio sarà una perfetta e soddisfacente discesa sulla neve. In questo caso quindi, il rapporto costo/beneficio può essere chiaramente valutato purché si sia consapevoli che i fattori fisici, estetici e sociali di tale attività costituiscono una forte pulsione ed introducono un'ulteriore parametro complesso nell'equazione del rischio. Viceversa, nel caso di altre attività che si svolgono in ambiente innevato (trasporti, residenza, industria) gli utenti non ricavano grandi benefici da un'eventuale maggiore esposizione al rischio. La valutazione della stabilità del manto nevoso da una parte permette di identificare, con relativa facilità, le aree sicuramente stabili ed instabili ma dall'altra lascia ampi margini d'incertezza nella valutazione delle aree di transizione tra questi due stati. L'attuazione di un processo decisionale, quando s'indagano queste zone di transizione altamente incerte, risulta pertanto cognitivamente impegnativo e facilmente soggetto ad errori umani (Adams, 2005a).

## IL PROCESSO DECISIONALE ED IL FATTORE UMANO

Come si articola il processo per decidere se intraprendere, quale traccia seguire e come procedere durante un'escursione su terreno innevato? Contrariamente all'opinione comune, tale processo non è costituito da eventi discreti, ovvero isolati momenti di valutazione e scelta, bensì giudizio e decisioni si susseguono in un processo dinamico controllato da elementi fisico-ambientali e umani altamente variabili nel tempo e nello spazio (lungo l'itinerario) - Fig. 3. Il meccanismo decisionale è frutto dell'applicazione e/o combinazione di conoscenza, abilità, esperienza e intuizione individuale; esso richiede elevate capacità di giudizio sulle



condizioni di stabilità del manto nevoso influenzate sia da fattori umani, sia da quelli fisici (terreno) e ambientali (condizioni nivometeo) caratterizzati da un elevato grado d'incertezza nella percezione individuale. Complessità ed incertezza insite nel processo decisionale possono ingenerare errori di giudizio sulla base di informazioni imprecise tali da dar luogo a decisioni passibili di esporre gli individui ad un rischio elevato con conseguenze drammatiche.

La legge di Murphy *"...se qualche cosa può andare storto lo farà sicuramente nel momento peggiore"* ... nel campo delle valanghe funziona sempre!

Un corretto processo decisionale - adottato dai tecnici esperti - si basa su criteri oggettivi ed è un continuo riesame, sulla base dell'esperienza maturata, degli input e delle condizioni che man mano si vengono a verificare.

Il **fattore umano**, se pure il più difficile da comprendere, è quello preponderante nel percorso decisionale di selezione

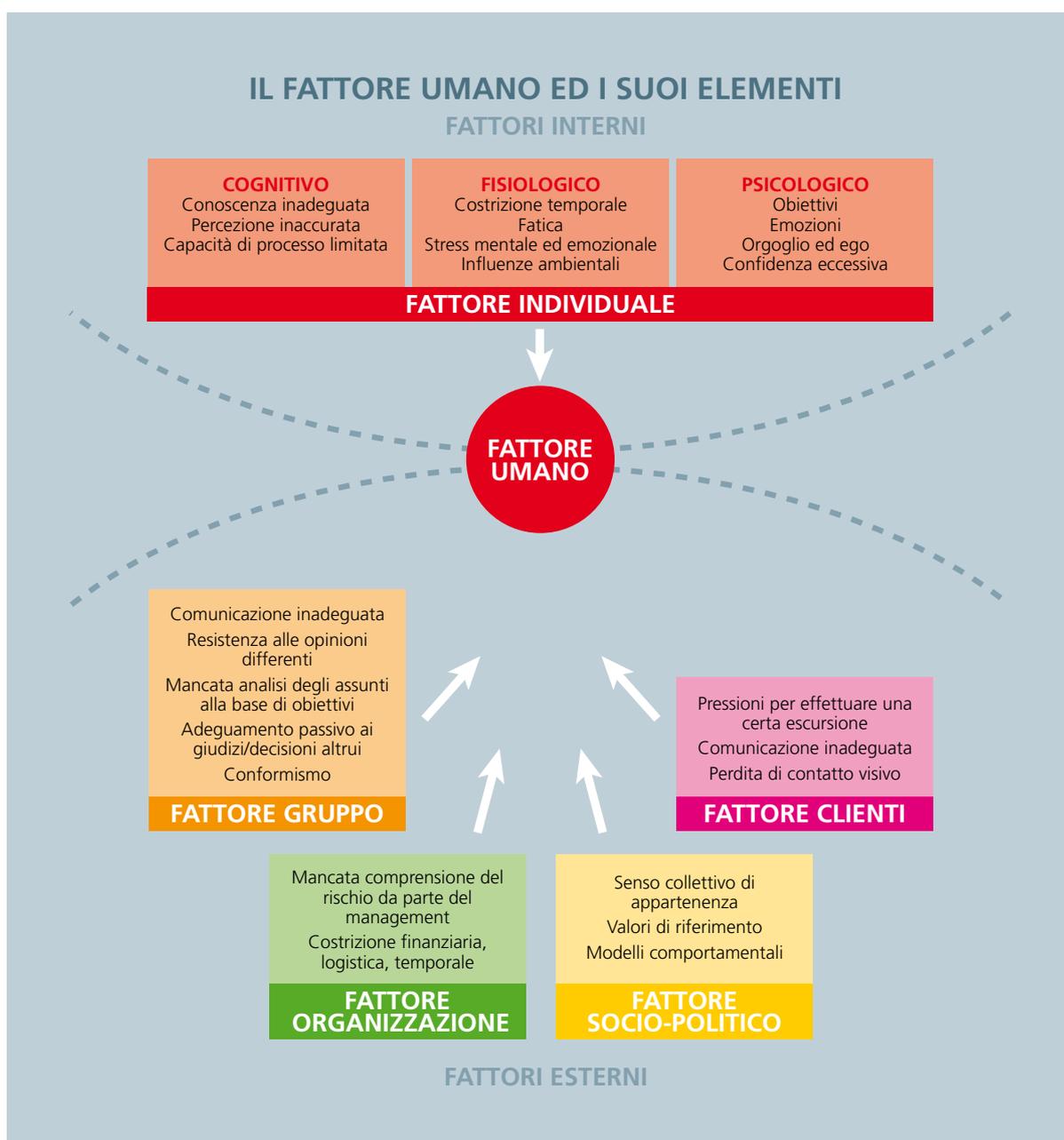
del percorso in quanto influenza gli altri fattori e la capacità individuale di effettuare scelte e valutazioni corrette circa il rischio cui si è esposti. Esso si articola, a sua volta, in fattori interni (individuale) e fattori esterni (gruppo, organizzazione, clienti, socio-politico), ciascuno caratterizzato da specifiche problematiche (Fig. 4). Statistiche condotte in diverse nazioni hanno dimostrato che la maggior parte degli incidenti in valanga sono accaduti nonostante la preesistenza di diversi ovvi indizi di pericolosità locale elevata (McCammon, 2002; CAA, 2003) che le vittime non sono state in grado di riconoscere e capire o addirittura hanno ignorato per scelta. Il fattore umano dipende dal livello di addestramento ed esperienza.

L'**addestramento** consente di acquisire le conoscenze e le capacità necessarie per valutare la stabilità del manto nevoso e scegliere, conseguentemente, il percorso con la minor esposizione al rischio; ma il solo addestramento, senza l'acquisizione dell'esperienza, può condurre ad un falso senso di sicurezza che, inevitabilmente, espone ad un maggior rischio.

**Fig. 3**  
Il processo decisionale ed i fattori che lo influenzano. Esso è costituito da un processo dinamico controllato da elementi - quali condizioni del terreno e meteorologiche gruppo di persone partecipanti - altamente variabili nel tempo e nello spazio (lungo l'itinerario) che condizionano le fasi di valutazione, scelta, giudizio e decisione (modificato da Adams, 2005a).



Fig. 4  
 Il fattore umano è articolato, a sua volta, in fattori interni (individuale) e fattori esterni (gruppo, organizzazione, clienti, socio-politico), ciascuno caratterizzato da specifiche problematiche. Il fattore individuale è a sua volta suddiviso in sottofattori (cognitivo, fisiologico e psicologico). Ognuna delle problematiche elencate può, in mancanza di addestramento ed esperienza adeguate, inficiare la capacità individuale di effettuare scelte e valutazioni corrette circa il rischio cui si è esposti.



L'esperienza permette sia di memorizzare una serie di situazioni tipo che facilitano il processo decisionale alla luce delle conoscenze e delle capacità apprese durante l'addestramento, sia di acquisire l'abilità di imparare e di modificare comportamenti e pratica quotidiana in funzione del vissuto.

L'acquisizione della conoscenza attraverso l'esperienza non è un atto automatico, bensì richiede anni di interazione volontaria con l'ambiente (osservazione) e la capacità di analizzare criticamente e comparare gli eventi osservati.

Col tempo, dunque, l'esperto (tabella di Fig. 5) avrà in mente un data-base di situazioni che gli consentirà di identificare la situazione e adottare soluzioni efficaci, spesso in modo intuitivo, riducendo così l'incertezza provocata da luoghi comuni e pregiudizi.

Di conseguenza, per esempio, una persona esperta sarà in grado di utilizzare in modo critico il bollettino valanghe o gli indizi di stabilità/instabilità del manto nevoso.

La mancanza di esperienza conduce invece all'utilizzo delle trappole euristiche: le persone inesperte - anche a seguito di una abituale ma passiva frequentazione della montagna - non riusciranno a riconoscere i problemi importanti e a compararli con le opportune soluzioni, reagendo alla complessità del problema utilizzando lo status quo (cioè ciò che ha già funzionato nel passato).

I media spesso attribuiscono, erroneamente, la qualifica di "esperto" alle vittime in valanga le quali sono unicamente delle assidue frequentatrici della montagna senza aver mai acquisito una rilevante e consapevole esperienza nel campo delle valanghe.

## LE TRAPPOLE EURISTICHE

Nella pratica comune il processo decisionale ricorre al **metodo euristico**. Ossia le decisioni su eventi incerti vengono affidate a scorciatoie "logiche" basate su poche semplici regole o sulle esperienze precedenti che evitano lo sforzo ana-

TIPOLOGIE DI FREQUENTATORE DELLA MONTAGNA INVERNALE	
CATEGORIE	CARATTERISTICHE
<b>INESPERTI</b>	sanno poco o nulla e devono apprendere nozioni e procedure nei vari campi (meteorologia, nivologia, dinamica delle valanghe, soccorso etc.)
<b>PRINCIPIANTI</b>	hanno acquisito una serie di nozioni base nei vari campi ma non sono ancora in grado di valutare i dati e di capire quale informazione è veramente importante
<b>COMPETENTI</b>	attraverso l'istruzione e l'esperienza iniziano a sviluppare capacità di analisi e discernimento dei dati ma non possiedono ancora capacità previsionali a breve e lungo termine
<b>ESPERTI</b> Suddivisi in:	in grado di riconoscere i problemi ed adottare soluzioni efficaci basate sull'esperienza e nei livelli più elevati questo processo avviene in maniera intuitiva ed immediata
<b>ESPERTI PERCETTIVI</b>	in grado di cogliere le differenze invisibili o non ovvie agli altri
<b>ESPERTI COGNITIVI</b>	in grado di cogliere le relazioni non trovate da altri
<b>ESPERTI DI CONOSCENZA</b>	in grado di prendere decisioni in base a una vasta mole di informazioni
<b>ESPERTI IN DEDUZIONI O DIAGNOSTICA</b>	in grado di prendere decisioni in base a pochi dati e con grosse incertezze
<b>ESPERTI CONSIGLIERI</b>	in grado di fornire informazioni e/o consigli ad altri
<b>ESPERTI ATTIVISTI</b>	in grado di prendere decisioni autonomamente

Fig. 5  
Tipologie di frequentatore della montagna invernale (modificato da Conger, 2004; Adams, 2005a).



Fig. 6

## TRAPPOLE EURISTICHE PIU' COMUNI

TRAPPOLA	DESCRIZIONE	ESEMPI	MANIFESTAZIONE	VITTIME	COMPORTAMENTO DA TENERE
<b>FAMILIARITA'</b>	Le esperienze vissute in passato ma in situazioni completamente diverse e l'abitudine inducono a credere che il comportamento attuale sia adeguato alla situazione. La perfetta conoscenza di un itinerario noto, anche in caso di innalzamento del grado di pericolo, provoca una falsa impressione di sicurezza e spinge ad accettare inconsapevolmente un rischio maggiore.	Il 69% degli incidenti avvengono su pendii già frequentati dalla vittima che li considera sicuri, a prescindere dalla reale situazione di stabilità del manto.	Si manifesta con considerazioni del tipo "...questa discesa l'ho già fatta decine di volte e non è mai successo nulla..." oppure "...su questo pendio non ho mai visto una valanga..." o ancora "...so bene dove sono i punti critici...".	Coinvolge spesso persone dotate di buone conoscenze/addestramento e che frequentano abitualmente il luogo / itinerario.	Nelle pratiche di attività al di fuori delle piste battute è necessario diffidare del terreno familiare e sforzarsi di considerarlo come se lo si percorresse per la prima volta!
<b>ECCESSO DI DETERMINAZIONE</b>	L'eccesso di determinazione sviluppa un punto di vista ottuso in cui si filtrano solo le informazioni positive, trascurando quelle negative (segnali di allarme, di instabilità nevosa, cambiamenti repentini del tempo, etc.) che potrebbero mettere in discussione il raggiungimento dell'obiettivo o la decisione presa. In particolare se l'itinerario già percorso è costato tempo, fatica, forse anche giorni di ferie e costi di vario tipo, si tende, fatalmente, a sottostimare i segnali di instabilità del manto nevoso incontrati.	Sindrome del lupo: tendenza di alcuni ad essere sempre davanti a tutti e quindi raggiungere la vetta per primi, fare la traccia, oppure scendere il pendio vergine prima che arrivino gli altri. Sindrome del cavallo: desiderio incontrollato di rientrare il più velocemente possibile e per la via più breve in un luogo sicuro (rifugio, auto) per sopraggiunte difficoltà (vere o immaginarie), maltempo, stanchezza.	Si manifesta con giustificazioni del tipo "...Un ultimo sforzo e siamo in vetta..." o "...non si può tornare indietro proprio adesso...".	La trappola può scattare in gruppi (superiori alle 3 - 4 persone) molto motivati a raggiungere un certo obiettivo (in particolare se l'itinerario è già costato tempo e fatica) a causa di ritardi sulla tabella di marcia o al sopraggiungere di oscurità o maltempo.	Porre maggiore attenzione alle dinamiche del gruppo e ricordarsi che saper rinunciare è una buona pratica in montagna.
<b>CONSENSO SOCIALE</b>	La ricerca del consenso all'interno del gruppo, ovvero di essere notati ed apprezzati, induce ad assumere comportamenti a rischio.	Gli uomini (adolescenti o giovani uomini) sono spesso soggetti, in gruppi misti alla sindrome del "testosterone challenge". In presenza di una o più donne essi sono più inclini ad interagire in modo competitivo, aggressivo o ad esporsi maggiormente al rischio.	Sviluppo di pratiche competitive tendenti a prestazioni estreme: "...fammi vedere che cosa sai fare..." o "...chi ha il coraggio di scendere con me?...".	La trappola scatta specialmente nei gruppi misti (uomini/donne); oppure in gruppi consapevoli del rischio valanghe, ma privi di reali competenze/conoscenze.	Solo la presenza di un adulto molto assertivo (dominante ergo mantenimento della disciplina) può contenere tali dinamiche di gruppo.
<b>AURA DELL'ESPERTO E ISTINTO GREGARIO O EFFETTO GREGGIE</b>	L'affidamento alla leadership è una scelta di comodo perché inconsapevolmente si evita di fare complesse valutazioni e di prendere decisioni, in una parola ci si semplifica, apparentemente, la vita. Questa soluzione talvolta può essere comoda e rilassante ma può rivelarsi molto pericolosa perché la completa fiducia negli altri impedisce di farsi una propria opinione e la sensazione comune impedisce l'osservazione dei segnali di pericolo.	In molti incidenti il gruppo risultava condotto da un leader, vero o presunto, che ha compiuto errori di giudizio mentre i componenti si lasciavano influenzare dalla maggioranza e seguivano passivamente. Nella maggior parte dei casi la leadership è basata su migliori capacità tecniche (sciistiche / escursionistiche), maggiore frequentazione della montagna (che non significa esperienza), elevata assertività (capacità di imporsi sugli altri).	La trappola si manifesta quando il leader inesperto induce il gruppo ad uniformarsi alle sue decisioni ritenendo che il rischio venga ridotto dalla ripartizione della responsabilità e dell'esposizione ad esso (effetto gregge) tra tutti i membri del gruppo. Tipiche frasi: "...seguite me, so dove passare..." o "...sono anni che vado in montagna, fidatevi...".	Se il gruppo è superiore alle 2-4 persone, il leader incompetente (molto assertivo, ma non esperto) avrà maggiori probabilità di effettuare scelte sbagliate, poiché tenderà ad effettuare valutazioni che non scontentino il gruppo.	Un leader competente e con un'elevata preparazione nel campo delle valanghe esporrà a minori rischi il gruppo. Il gruppo deve comunque essere coinvolto nel processo decisionale e non seguire passivamente.
<b>COMPETITIVITA' SOCIALE</b>	È una delle trappole più comuni in situazione di incertezza elevata o quando nel gruppo vi sono molti esperti. In questo caso non è sempre chiaro chi prende le decisioni. Inoltre, ogni esperto, per non sminuirsi agli occhi degli altri, tenderà a prendere maggiori decisioni al limite del rischio.	La presenza di altre persone che hanno il nostro stesso comportamento ci induce a credere che sia quello corretto e a competere (es. tracce preesistenti sul pendio o presenza di altri gruppi in attività). In gruppi molto uniformi per livello di preparazione tecnica e di conoscenza possono subentrare dinamiche competitive inconse.	Si manifesta in due modi: "...sono già passati, quindi non c'è problema..." oppure nei gruppi privi di un vero leader nei quali tutti tendono a pensare "...se effettivamente è troppo pericoloso, qualcuno lo dirà...".	Questa trappola scatta, più frequentemente, con gruppi di 3-4 persone e con gruppi composti da principianti o competenti.	Nel caso di gruppi è necessaria una comunicazione ben regolata in modo tale che si sappia chi prende le decisioni ed è importante che esse siano prese dopo che ciascuno ha dato la sua opinione (analisi critica).
<b>SCARSITA' ED EUFORIA</b>	La percezione di opportunità limitate ci porta a competere per acquisirle. La presenza di pochi pendii di neve vergine o sufficientemente innevati, specie in condizioni di affollamento degli itinerari, porta al voler arrivare per primi a tracciare l'itinerario / discesa (concausa con la sindrome del lupo).	Buone condizioni meteo dopo lunghi periodi di maltempo o nevicate dopo lunghi periodi di scarsità inducono uno stato euforico e spingono le persone a competere per usufruire, per primi, della risorsa.	Si manifesta, per es., con l'euforia e la sindrome da neve polverosa. Tipiche frasi: "...c'è un mare di neve, ci divertiremo un sacco..." o "...dobbiamo tracciare per primi quel pendio...".	Questa trappola scatta, più frequentemente, con gruppi di 3-4 persone molto determinate subito dopo le nevicate ed aumenta con l'aumento del pericolo valanghe.	Il manto nevoso può rimanere instabile a lungo dopo una nuova nevicata o periodi di maltempo (vento / precipitazioni). Il mantenimento dell'autocontrollo consente di dominare le pulsioni evitando questa trappola.
<b>EFFETTO DI APPRENDIMENTO NEGATIVO</b>	L'apprendimento positivo attraverso l'esperienza è difficile poiché avviene solo quando la valanga si stacca (quindi raramente) ed è difficile evitarla. Viceversa l'apprendimento negativo avviene spesso, con detrimento della sicurezza.	È purtroppo difficile verificare direttamente le condizioni di stabilità del manto nevoso (a differenza delle condizioni meteo): esso può essere in condizioni di stabilità limite anche se sul terreno non si vede alcun distacco!	"Sino a quando si scia senza causare distacchi è impossibile sapere quanto si è stati vicini all'evento. Questo induce ad una conclusione errata: se ho potuto sciare su questo pendio nelle attuali condizioni, allora è sicuramente stabile. Il ripetersi di simili eventi porterà inevitabilmente all'incidente" - anonimo.	La mancanza di esperienza e l'assenza di feedback dai precedenti avvenimenti può portare a decisioni errate.	Si deve imparare a valutare criticamente non solo le gite nelle quali si è verificato un incidente, ma anche quelle che si svolgono senza problemi, chiedendosi se il rischio era accettabile o meno.

litico dell'intera massa di informazioni disponibile, permettendo di scegliere, rapidamente, tra opzioni contrastanti/concorrenti. Si tratta di un metodo decisionale preconciso (quindi inconsapevole) governato dalle percezioni talora errate, dalle attitudini e dai desideri con cui vengono selezionate e filtrate conoscenze ed informazioni prima di approdare nel campo conscio. La decisione di norma è funzione di due criteri: la soluzione che ha già funzionato in passato e quella con cui siamo più familiari.

In linea generale, più la situazione è complessa ed ambigua, più si tende a decidere in modo intuitivo, non ragionato e del tutto soggettivo, mediato da i "protocolli di azione" stabiliti e trasmessi dal nostro modello culturale, spesso quindi basati su **luoghi comuni** che diventano fonte di rischio ed un ostacolo alla corretta risoluzione del problema. La sovrasemplificazione euristica, in contesti decisionali complessi, può portare quindi a gravi errori di giudizio. Il metodo euristico è tuttavia preferito a quello analitico, in quanto quest'ultimo, fondato sulla conoscenza, risulta essere più lento e noioso, richiede maggiore sforzo cognitivo e talvolta può fornire risposte ambigue che, senza l'esperienza, non possono essere selezionate.

Purtroppo le trappole euristiche (tabella di Fig. 6) scattano indipendentemente dal grado di addestramento/conoscenza delle vittime e gli individui solitari o i gruppi tra 6 e 10 persone sono le categorie più esposte (McCammon, 2004).

Il seguire trappole euristiche conduce a (Adams, 2005a):

- **sottoutilizzazione delle informazioni acquisite e incapacità di differenziare tra le probabilità** - uso insufficiente o ignoranza completa delle informazioni (e.g. non capiterà a me);
- **eccessiva attenzione ai segnali emozionali/affettivi** - quando le decisioni sono ambigue o richiedono difficili compromessi tra gli elementi, esse si

focalizzano spesso sui segnali maggiormente emozionali o affettivi;

- **distorsione da stress, disagio mentale o fisico** - livelli elevati di fatica, sconforto fisico o costrizione temporale provocano forte stress inducendo all'utilizzo delle trappole euristiche; in particolare, in caso di eventuali scelte azzardate, il processo decisionale può essere seriamente compromesso introducendo elevati livelli di incertezza e maggiori probabilità di errore. Il fenomeno si può avverare sia nella breve (giornata o week-end – giornata di decisioni difficili), sia nella lunga scala temporale (fine stagione invernale – effetto cumulativo); esso è particolarmente evidente in situazioni di la costrizione temporale (fine giornata; brutto tempo in avvicinamento; emergenza incombente).

- **eccessiva fiducia sulle convenzioni o "norme" sociali** - si prefe-

risce utilizzare o seguire le decisioni di qualcun altro;

- **tendenza a preferire lo status quo** - quando si è sottoposti a scelte difficili e non ci sono risposte giuste ovvie è prassi comune non prendere decisioni o delegare la scelta ad altri;

- **incapacità nell'apprendere** - in caso di decisioni molto azzardate, sono poche le opportunità da cui imparare (i *feedback* nelle decisioni sono rari e potenzialmente criticabili).

È perciò importate saper riconoscere l'incertezza e le eventuali trappole euristiche, durante il processo decisionale e prepararsi ad evitarle, per poter individuare l'azione corretta da eseguire. *"È nostro compito attenderci l'imprevisto, pianificare per il peggiore dei casi ed essere semplicemente consci che l'evento inaspettato accadrà"* - anonimo.





## STRATEGIE INFORMATIVE

**Campagne educative condotte per altre problematiche di rilevanza sociale (droga, AIDS, guida ad alta velocità, etc.) hanno dimostrato che (McCammon, 2004b):**

- la maggior informazione sul rischio viene ben recepita dal pubblico ma non si traduce in un cambiamento significativo dei comportamenti (droga, incidenti d'auto, AIDS, violenza minorile etc.);
- l'implementazione delle capacità tecniche (es. guida ad alta velocità o in condizioni proibitive e.g. neve-nebbia) può produrre un aumento di incidenti poiché gli utenti tendono ad innalzare la propensione al rischio confidando in queste nuove loro risorse (omeostasi del rischio);
- l'approccio razionale (uso della logica e dell'analisi) funziona raramente perché oltre il 95% dei processi mentali quotidiani, nella maggior parte delle persone, è di tipo inconscio ed irrazionale. Inoltre la razionalità richiede tempo e sforzo e, nel caso in cui conduca a risultati ambigui, l'individuo spesso cede all'uso del metodo euristico con l'insorgere dei problemi già visti;
- le campagne mediatiche/pubblicitarie che sollecitano le pulsioni inconscie degli individui (marketing, pubblicità subliminale) non sempre funzionano (80% di insuccessi dopo sei mesi), tuttavia non mancano in vari settori (commercio, politica) esempi che hanno riscosso grandi successi;
- la creazione di metodi di riduzione del rischio, fortemente ancorati alle scale del pericolo, ma semplici e di facile comprensione per il pubblico si sono dimostrati particolarmente efficaci nell'aiutare gli utenti a stimare il rischio a cui sono esposti (Munter 3x3, NivoTest, SnowCard, Stop-or-Go etc.);
- le tecniche di mitigazione del rischio (già in parte insegnate nei corsi) sono un altro metodo efficace purché l'utente sia in grado di comprendere di quanto potrà effettivamente ridurre il rischio e quindi di valutare il rischio residuo.

Fig. 7  
Alcuni principi base su cui si basa la crescita di un esperto.

### DIVENTARE ESPERTI

Essere fortemente motivati ad apprendere e migliorarsi continuamente

Il livello di abilità ed esperienza acquisito è direttamente correlato con il quantitativo di pratica deliberatamente effettuata

Adottare le corrette strategie decisionali al fine di migliorare l'apprendimento da ogni esperienza

Simulare eventi e scenari da cui poter trarre esperienza

Sviluppare e mantenere elevate capacità di comunicazione e confronto di idee/esperienze con altri esperti





## CONCLUSIONI

La cultura della prevenzione, finalizzata ad evitare gli incidenti da valanghe, fa da sempre parte del bagaglio di molti praticanti le attività ricreative invernali. In questi ultimi decenni, dopo la nascita dei servizi di previsione valanghe e delle scuole del CAI, sono stati fatti passi da gigante nella prevenzione, prova ne è il non sostanziale aumento degli incidenti da valanghe rispetto al vero e proprio boom di attività sportive su neve vergine (sci alpinismo, snowboard, escursionismo con racchette da neve etc.).

Tuttavia rimane una significativa percentuale di "inesperti" e "principianti" che, pur avendo seguito con profitto i corsi, non sembrano riuscire ad imparare dalle proprie esperienze.

Come in tutti i processi cognitivi ciò che più conta, quindi, è la volontarietà dell'atto di apprendere e la capacità di rielaborazione critica dell'esperienza vissuta

cui deve seguire il tentativo di applicazione della conoscenza appresa al fine di acquisire, in un ciclo teoricamente infinito, nuova esperienza.

Nella sostanza l'esperto acquisisce nuova conoscenza attraverso l'esperienza mentre l'inesperto apprende, principalmente, attraverso l'addestramento ma non riesce o non vuole poi applicare tali nozioni all'esperienza.

L'attività formativa, oltre a dare notevole risalto ad aspetti tecnici o scientifici - quali la nivologia, la programmazione e la conduzione della gita -, dovrebbe focalizzarsi ad insegnare agli allievi come contestualizzare fatti, principi e regole. Gli allievi non devono apprendere a pensare come esperti ma ad imparare come esperti.

## Ringraziamenti

Si ringrazia la Dott.sa Giuditta Musso per la preziosa opera di revisione del testo.

## Bibliografia

- Adams, L., 2004, Supporting sound decisions - a professional perspective on recreational avalanche accident prevention in Canada: Proceedings of the ISSW 2004, Jackson Hole, USA, 1-10.
- Adams, L., 2005a, A systems approach to human factors and expert decision-making within Canadian avalanche phenomena: MsA Thesis, Royal Roads Univ., Canada, 285 pp.
- Adams, L., 2005b, Perspectives on avalanche risk - the need for social sciences and systems thinking approach: Avalanche News, v. 72, p. 1-5.
- Adams, L., 2005c, Avalanche judgment and decision making: Avalanche News, v. 74, p. 1-15.
- Atkins, D., and McCammon, I., 2004, Differences between avalanche experts and novices: Proceedings of the ISSW 2004, Jackson Hole, USA, p. 452-461.
- Cagnati, A., 2008, Percezioni errate e pericolo di valanghe nello sci alpinismo: Le Alpi Venete, p. 174-177.
- Conger, S., 2004, Learning to decide - on becoming an expert: Canad. Aval. Assoc. Avalanche News, v. 70, p. 42-44.
- McCammon, I., 2004a, Heuristic traps in recreational avalanche accidents - evidence and implications: Avalanche News, v. 68, p. 1-10.
- McCammon, I., 2004b, Sex, drugs and the white death: Proceedings of the ISSW 2004, Jackson Hole, USA, p. 1-10.
- McCammon, I., 2002, Evidence of heuristic traps in recreational avalanche accidents: Proceedings of the ISSW 2002, Penticon, Canada, p. 1-8.
- McClung, D.M., 2002, The elements of applied avalanche forecasting - the human issues: Natural Hazards, v. 25, p. 111-129.

## Sistema integrato per la gestione della banca dati regionale valanghe

# IL NUOVO CATASTO IN VALLE

**Stefano Lunardi e**

**Michele Freppaz**

Università degli studi di Torino,  
Di.Va.P.R.A., Chimica Agraria

**Andrea Debernardi**

Ufficio Neve e Valanghe della  
Regione Autonoma Valle d'Aosta

**Valerio Segor**

Direzione Assetto Idrogeologico  
dei Bacini Montani,  
Dipartimento difesa del suolo e risorse idriche,  
Assessorato Opere Pubbliche, Difesa del Suolo e  
Edilizia Residenziale Pubblica

La Regione Autonoma Valle d'Aosta ha sviluppato dalla metà degli anni '90 un Sistema Informativo Territoriale Regionale, S.I.T.R., la cui diffusione nei vari Servizi dell'Amministrazione ha innescato, soprattutto negli ultimi cinque anni, un meccanismo virtuoso che ha portato ad una ampia informatizzazione degli archivi contenenti dati territoriali. La creazione del Catasto Valanghe informatizzato si è inserita in tale direzione e ha permesso il potenziamento di un settore del S.I.T.R., il S.I.G., Sistema Informativo Geologico, che comprendeva originariamente unicamente fenomeni franosi e dissesti idrogeologici.

Il nuovo Catasto Valanghe informatizzato garantirà, terminata l'impegnativa fase di inserimento dati, una migliore gestione della grande quantità di dati raccolti dai tecnici che si sono succeduti nei circa quarant'anni di esistenza dell'Ufficio Neve e Valanghe. Inserendosi all'interno di un sistema informativo già esistente, consentirà importanti ed immediate analisi territoriali, permettendo una pianificazione e una gestione del territorio integrata (alluvioni, frane, terremoti e valanghe).

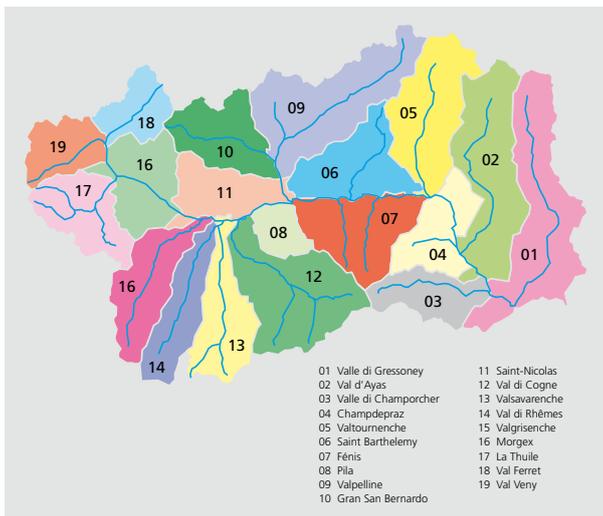
Sarà, inoltre, possibile visualizzare le relative informazioni cartografiche utilizzando come sfondo la Carta Tecnica Regionale in scala 1:10.000 o le ortofotocarte a colori. La consultazione potrà svolgersi sia selezionando elementi grafici sia interrogando il data-base associato. L'informatizzazione del Catasto Valanghe, attualmente ancora in corso, rappresenta la possibilità di ricostruire e completare uno strumento di pianificazione territoriale di grande importanza, ma soprattutto di aggiornare costantemente e più agevolmente la grande mole di informazioni che durante le stagioni invernali viene raccolta sia dai tecnici dell'Ufficio Neve e Valanghe che dagli operatori che collaborano attivamente sul territorio (es. Corpo Forestale Valdostano, Guardia di Finanza, Osservatori nivologici, Guide Alpine).

Lo sviluppo del nuovo sistema informativo, oltre a rappresentare il raggiungimento di un risultato perseguito da moltissimi anni, deve essere visto come il primo passo nella realizzazione di uno strumento di grande utilità allo svolgimento dell'attività dell'Ufficio Neve e Valanghe, basata sull'aggiornamento continuo e dinamico degli eventi valanghivi che si verificano annualmente.

An aerial photograph of a mountain valley in winter. The landscape is covered in snow, with a river winding through the center. A small cluster of buildings is visible in the lower part of the valley. The text 'VALANGHE D'AOSTA' is overlaid on the left side of the image.

# VALANGHE D'AOSTA

La creazione di un archivio informatizzato che consente un aggiornamento costante ed immediato della grande mole di informazioni alfanumeriche, cartografiche e fotografiche che giungono ogni inverno all'Ufficio Valanghe



**Fig. 1**  
Suddivisione del territorio regionale nei 19 comprensori valanghe.

**Fig. 2**  
Estratto della cartografia in scala 1:10.000 del primo Catasto Regionale Valanghe.

## INTRODUZIONE

Il Sistema Informativo Geologico (S.I.G.) della Regione Autonoma Valle d'Aosta rappresenta una forma di coordinamento dei vari Servizi regionali che da sempre gestiscono informazioni geografiche. Creato al fine di archiviare e rappresentare cartograficamente i dati relativi ai diversi settori di indagine, quali ad es. franosità, alluvioni ed eventi valanghivi, il S.I.G. permetterà di integrare le molteplici informazioni descrittive con la loro localizzazione geografica. Questa indispensabile opera di informatizzazione sta rendendo possibile la gestione dell'importante mole di dati archiviati nel tempo all'interno delle singole strutture regionali in "sistemi informativi territoriali" che, utilizzando un'unica piattaforma informatizzata e un'unica base cartografica (Carta Tecnica Regionale in scala 1:10.000, coordinate UTM European

ED50), daranno vita ad uno strumento di analisi e gestione dati dall'elevato valore e facilmente fruibile dai professionisti del settore.

A questo proposito, lo scopo finale del progetto di revisione del Catasto Regionale Valanghe è quello di informatizzare tutta la documentazione archiviata negli anni, associando alla base cartografica digitalizzata e validata delle aree valanghive tutti i dati in possesso dell'Ufficio Neve e Valanghe, così da renderli immediatamente e facilmente consultabili.

Risultato finale sarà una cartografia in scala 1:10.000 completamente integrabile dal punto di vista informatico con i tematismi degli altri dissesti già inseriti nel recente passato nella banca dati regionale. L'organizzazione e lo sviluppo del Nuovo Catasto Regionale Valanghe descritto nel presente articolo è stato inserito nell'ambito di una specifica Convenzione dell'Assessorato Territorio Ambiente e Opere Pubbliche con l'Università di Torino (DIVAPRA-LNSA - vedi collaboratori nei ringraziamenti) per il periodo 2005-2008.

## UN PO' DI STORIA

Le attività di censimento e catalogazione degli eventi valanghivi valdostani si possono far risalire all'istituzione dell'Ufficio Neve e Valanghe, nei primi anni '70. Infatti, la storia del Catasto Valanghe della Regione Valle d'Aosta è stata strettamente legata alle sorti dell'Ufficio stesso, condizionato negli anni da delicati trasferimenti di sede e competenze all'interno del quadro amministrativo regionale. Ciò ha comportato, come prima conseguenza, una difficoltà nell'opera di censimento degli eventi che, anno dopo anno, si verificavano e, successivamente, una limitazione del tempo a disposizione per effettuare un'approfondita ricerca storica, troppo spesso affiancata da altre attività soprattutto durante la stagione estiva. Dal punto di vista operativo, una delle prime scelte compiute dai responsabili dell'Ufficio fu quella di suddividere il territorio della Regione in 19 comprensori distinti (figura 1), corrispondenti approssimativamente alle principali valli

secondarie valdostane. Agli eventi valanghivi censiti veniva assegnato un numero progressivo all'interno del comprensorio di pertinenza e tutte le informazioni acquisite erano inserite in buste numerate raccolte all'interno dell'archivio generale. Al fine di uniformare le procedure erano state predisposte apposite "Schede valanghe" che permettevano una rapida compilazione delle principali caratteristiche del fenomeno.

La valanga, così come rilevata in campo, era disegnata a mano sulla cartografia a disposizione, nei primi anni di attività in scala 1:25.000, dagli anni '80 in poi in scala 1:10.000.

## IL CATASTO VALANGHE ORIGINARIO

Dall'anno della creazione del Catasto Valanghe al 2004, anno in cui è stato avviato il riordino e la digitalizzazione dei dati, sono state riorganizzate una grande quantità di informazioni catalogate in apposite buste numerate ed archiviate per area di appartenenza, corrispondenti ai già citati comprensori.

La documentazione a disposizione dei tecnici dell'Ufficio Neve e Valanghe per la revisione del Catasto era composta da una parte cartografica in scala 1:10.000 (figura 2) e da schede contenenti la descrizione analitica dei vari fenomeni verificatisi (figura 3).

Per quanto concerne queste ultime, a seconda del periodo a cui risaliva l'evento catalogato, la qualità dei dati presenti era differente: dalle prime schede descrittive degli anni '70, in cui erano state raccolte informazioni sommarie sugli eventi, si è passati, negli anni '80, ai modelli 7 ALNEVA (compilati dal personale del Corpo Forestale Valdostano) che hanno permesso di aumentare notevolmente il grado di approfondimento.

Allo stesso modo, l'eterogeneità dei rilevatori che nel tempo si sono adoperati nel censimento degli eventi valanghivi ha influito sui metodi di valutazione: l'attività di rilievo risultava documentata con alcune imprecisioni, sia per quanto concerne

la stima del fenomeno sia per la localizzazione e la sua successiva rappresentazione su base cartografica.

Le aree valanghive riportate nella cartografia su supporto cartaceo del Catasto, fino all'estate del 2004, erano così rappresentate:

- Aree delimitate da riga rossa in campo rosso: valanghe note, codificate e classificate all'interno del comprensorio di pertinenza.

Per ciascuna valanga era presente in cartografia un'unica perimetrazione che rappresentava la massima estensione conosciuta raggiunta dagli eventi valanghivi verificatisi in quel sito.

Per risalire alla perimetrazione di ogni singolo evento, si doveva far riferimento alle informazioni riportate nelle schede di rilevamento valanghe, eseguite seguendo lo schema del Modello 7 AINEVA.

- Aree delimitate da riga rossa in campo neutro (trasparente): valanghe perimetrate mediante fotointerpretazione.

Per esse non era stata prevista alcuna codifica numerica e rappresentano l'aspetto più anomalo del Catasto, in quanto non descrivono un evento censito.

In cartografia si ritrovavano, inoltre, molte frecce disegnate a mano relative agli scaricamenti in impluvi stretti o in versanti dall'elevata complessità morfologica: si trattava, nella maggior parte dei casi, di zone da approfondire per le quali si riteneva comunque importante segnalare la pericolosità.

Complessivamente sull'intero territorio regionale risultavano censiti, secondo le modalità sopra descritte, circa 1150 fenomeni valanghivi.

## LA REVISIONE DEL CATASTO VALANGHE

Dal 1998, anno di entrata in vigore della legge regionale del 6 aprile 1998, n. 11 "Normativa urbanistica e pianificazione territoriale della Valle d'Aosta", ad oggi, è stata prodotta per ciascun Comune della Regione Valle d'Aosta una cartografia di esposizione al pericolo valanghivo (figura 4), finalizzata alla delimitazione degli ambiti ineditabili.

Tali cartografie sono state redatte da liberi professionisti incaricati dai Comuni e approvate nella loro versione definitiva dalla Regione.

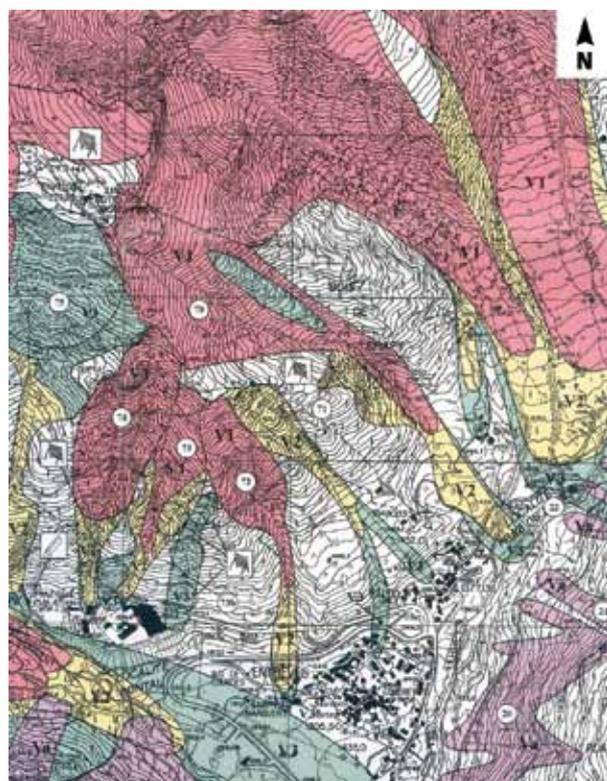
Il risultato ottenuto da tale Legge è stato, quindi, la produzione di una cartografia in scala 1:10.000 con perimetrazione di tutti i fenomeni valanghivi, con distinzione tra quelli conosciuti e le semplici aree di probabile localizzazione dei fenomeni. In fase di elaborazione delle cartografie, i singoli professionisti hanno consultato costantemente il Catasto Regionale Valanghe, i cui dati storici sono stati fondamentali al fine di giungere alle perimetrazioni dei fenomeni.

E' stata anche la redazione delle cartografie degli ambiti ineditabili ad evidenziare l'esigenza di rendere più funzionale la consultazione dei dati del Catasto Valanghe, ma soprattutto la necessità di validare gli stessi.

Sono apparse infatti evidenti in più occasioni le lacune presenti nelle schede del Catasto Regionale: i dati a disposizione spesso non permettevano di giungere alla conferma della perimetrazione presente in cartografia, con conseguente possibilità di errori nell'analisi del fenomeno. Tali carenze sono emerse anche nei casi in cui, ai fini della redazione delle cartografie degli ambiti ineditabili, era necessario giungere ad una zonizzazione delle aree valanghive, previa simulazione numerica della valanga con utilizzo di modelli di dinamica, procedura obbligatoria ai sensi della L.R. 11/98: a fronte di schede riassuntive dei fenomeni con elencate le date in cui si erano verificati gli eventi, mancavano le singole perimetrazioni ed una documentazione fotografica adeguata.

Occorreva, quindi, dare un'impronta nuova e chiara al Catasto Regionale Valanghe, che doveva riappropriarsi della sua funzione di raccolta dati sugli eventi valanghivi verificatisi tralasciando gli aspetti di pertinenza di una Carta di Localizzazione Probabile Valanghe, oramai acquisiti nelle citate cartografie degli ambiti ineditabili, procedendo celermente alla validazione delle perimetrazioni esistenti.

REGIONE AUTONOMA VALLE D'AOSTA		ASSESSORATO AI LAVORI PUBBLICI Ufficio Valanghe															
COMPRESORIO <u>LA ROSSA</u>		VALANGA <u>LA BOSSA</u>															
N.	DATA DI CADUTA	NATURA DELLA VALANGA				MATERIALE TRASPORTATO			DEPOSITO			FIRMA					
		incoerente a lavatore di fondo	radente	multiforme	non abitata	neve con terra	neve con pietre	neve con alberi	neve	come semplice	ventaglio		Bacchi allungati	altre forme	Fronte	Sviluppo	Altezza max.
1	05-06-1998																
2	05-06-1998																
3	05-06-1998																
4	05-06-1998																
5	05-06-1998																
6	05-06-1998																
7	05-06-1998																
8	05-06-1998																
9	05-06-1998	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
10	05-06-1998																
11	05-06-1998																
12	05-06-1998																
13	05-06-1998																
14	05-06-1998																
15	05-06-1998																
16	05-06-1998																
17	05-06-1998																
18	05-06-1998																
19	05-06-1998																
20	05-06-1998																
21	05-06-1998	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X



## LA CARTOGRAFIA DIGITALE

L'acquisizione numerica della cartografia del Catasto Valanghe è avvenuta nel 2004 per digitalizzazione delle mappe cartacee IGM in scala 1:10.000 esistenti e giacenti presso l'archivio dell'Ufficio Neve e Valanghe. Tali mappe hanno costituito l'importante punto di partenza per l'elaborazione del nuovo tematismo valanghivo informatizzato (figura 5).

Fig. 3 Scheda di inserimento dati utilizzata dai tecnici dell'Ufficio Neve e Valanghe per riassumere le principali caratteristiche degli eventi valanghivi verificatisi.

Fig. 4 Estratto di una cartografia degli ambiti ineditabili (L.R. 11 '98).

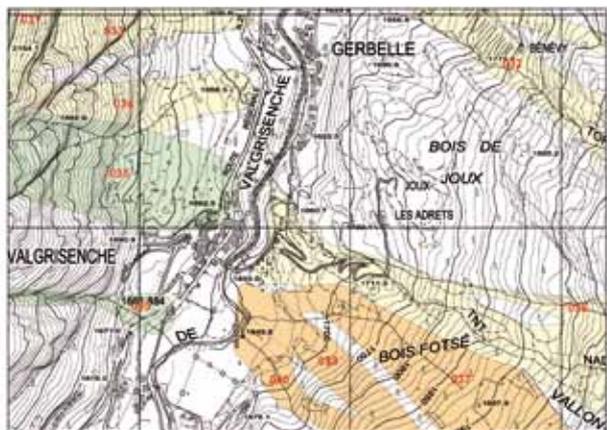


Fig. 5  
Confronto tra le mappe originali del Catasto Valanghe e la cartografia digitalizzata nel 2004.

Fig. 6  
Estratto della nuova cartografia del Catasto Valanghe: in evidenza le colorazioni scelte per rappresentare eventi valanghivi caratterizzati da differente grado di dettaglio delle informazioni a disposizione nell'archivio (Aut. n. 1072).

La procedura di digitalizzazione, effettuata da una società specializzata in progettazione, realizzazione e gestione di sistemi informativi territoriali (S.I.T.), ha permesso di creare due livelli per il tematismo poligonale valanghe (formato shape file GIS): il primo relativo alle aree valanghivi inserite nel Catasto Regionale Valanghe in seguito ad eventi verificatisi (colorazione verde), ed un secondo livello relativo alle aree valanghivi individuate mediante fotointerpretazione (colorazione azzurra). È stato necessario aggiungere un'ulteriore tematismo lineare relativo agli scaricamenti in impluvi stretti, corrispondenti alle frecce disegnate a mano sulle cartografie originali. Quest'ultima è stata, in un secondo momento, "bufferizzata" a larghezza fissa al fine di inserire i poligoni così generati nei rispettivo livello poligonale descritti in precedenza. Sui 2 livelli digitali originati si è reso necessario un successivo approfondito controllo da parte dei tecnici dell'Ufficio Valanghe al fine di eliminare imprecisioni dovute alle differenze tra il supporto topografico di partenza, la mappa dell'IGM

scala 1:10.000, ed il supporto finale, la nuova carta tecnica regionale in scala 1:10.000. Tale verifica ha comportato numerosi riscontri puntuali in situ soprattutto nel caso delle zone abitate del fondovalle. Dopo sono state esaminate anche le mappe originali dei primi anni '70 in scala 1:25.000, con lo scopo di interpretare e catalogare particolari simbologie e/o perimetrazioni dubbie o mancanti emerse durante lo studio.

Terminata la prima fase di digitalizzazione delle mappe, la revisione del Catasto Regionale Valanghe è proseguita contemporaneamente su due fronti: da una parte l'implementazione digitale dell'archivio ed il successivo inserimento dati degli eventi valanghivi, dall'altra la creazione di una nuova legenda per una futura edizione cartacea.

## IL NUOVO CATASTO VALANGHE

Il secondo fondamentale passo è stato, quindi, la creazione di un vero e proprio archivio documentale informatizzato in ambito valanghivo strutturato al fine di gestire dati alfanumerici (schede di dettaglio), cartografici (perimetrazioni esistenti in formato shape) e fotografici/documentali (materiale fotografico e non, indispensabile per l'analisi dell'evento). Il primo passo compiuto dai tecnici del D.S.I. (Direzione Sistemi Informativi del Dipartimento Innovazione e Tecnologia), responsabili dello sviluppo della banca dati, in stretta collaborazione con i tecnici dell'Ufficio Neve e Valanghe, è stato l'implementazione di ulteriori funzionalità dell'applicazione che gestisce i dati del Sistema Informativo Geologico già esistente, progettato originariamente per i soli fenomeni franosi e alluvionali. Le novità hanno riguardato molti aspetti, dalle modalità di consultazione e navigazione che hanno potenziato le precedenti, al metodo di classificazione dei fenomeni valanghivi basato sul comprensorio valanghe (suddivisione territoriale riconosciuta solo in ambito valanghivo). La gestione dell'inserimento dati è affidata ai tecnici dell'Ufficio Neve e Valanghe

che aggiornano in maniera puntuale la grande mole di informazioni alfanumeriche, cartografiche e fotografiche che giungono ogni inverno all'Ufficio in seguito a rilievi compiuti dallo stesso personale regionale, da quello operante nelle Stazioni Forestali e da informazioni fornite dalla fitta rete di rilevatori che collaborano con l'Ufficio Neve e Valanghe.

## CODIFICA DEI POLIGONI

Il vecchio Catasto Valanghe è stato dunque profondamente rivisitato: sono stati, come già sottolineato in precedenza, tralasciati gli aspetti di pertinenza di una Carta di Localizzazione Probabile Valanghe, oramai acquisiti nelle cartografie degli ambiti inedificabili.

L'attenzione è stata così concentrata sulle valanghe note (colorazione: verde), che sono state classificate in base al grado di dettaglio dei dati presenti nelle schede in archivio. Tale scelta è stata dettata dalla volontà di comprendere con chiarezza la qualità delle informazioni che in passato hanno consentito al tecnico di giungere alla perimetrazione dell'evento. È stato così possibile conservare e in alcuni casi correggere tutte le informazioni cartografiche catalogate dai primi anni '70 ad oggi, andando così a creare un collegamento univoco tra i dati cartografici e i dati alfanumerici.

Da un punto di vista operativo, nella tabella dei dati associati (formato dbf) al tematismo valanghe (shape file) rappresentato in "verde" è stato aggiunto un campo contenente le informazioni relative alla tipologia del poligono, indispensabile per ottenere sia una facile consultazione della cartografia, sia una chiara e semplice campitura da utilizzare in fase di stampa. I poligoni sono stati così suddivisi (figura 6):

- **Verde:** aree valanghivi che possiedono nell'archivio dell'Ufficio Neve e Valanghe informazioni sull'evento tali da permetterne una perimetrazione certa, vale a dire modelli 7 completi e/o materiale fotografico di elevato dettaglio che permetta di confermare la perimetrazione esistente.



Fig. 7  
Visualizzazione con  
l'ausilio del S.I.G.  
- della cartografia  
delle valanghe su  
ortofotocarta regionale.

Fig. 8  
"Maschera" principale  
dell'archivio valanghe  
informatizzato (scheda  
generale).

• **Giallo:** aree valanghive la cui perimetrazione è stata effettuata nonostante l'incompletezza delle informazioni a disposizione.

Per incompletezza di informazioni ci si riferisce per esempio a Modelli 7 AINEVA mancanti di documentazione cartografica e/o fotografica.

• **Arancione:** aree valanghive cui è stato assegnato un codice in passato, ma che non possiedono in archivio alcuna informazione storica.

I numerosi cambiamenti di sede e direzione amministrativa che hanno interessato l'Ufficio Neve e Valanghe nel corso degli anni possono aver, purtroppo, determinato lo smarrimento di documentazione.

Il codice e la perimetrazione della valanga non sono così supportati da informazioni su eventi passati; si è ritenuto necessario mantenere il poligono con relativo codice nella speranza che nuove testimonianze risultanti dalla ricerca storica possano permettere di convalidare l'area valanghiva.

Il nuovo tematismo valanghe, integrato all'interno del S.I.G., è consultabile e visualizzabile con sfondi quali la carta tecnica regionale in scala 1:10.000 o 1:5.000 e l'ortofotocarta regionale (figura 7).

## DATABASE

Ai poligoni descritti sono state collegate tutte le informazioni in possesso dell'Ufficio Neve e Valanghe, inserite in un database relazionale.

Si tratta di dati alfanumerici per i quali sono state create apposite "maschere" al fine di agevolare l'inserimento in archivio da parte dei tecnici.

Sono stati inoltre ottimizzati i tempi di scrittura grazie alla compilazione automatica di vari campi. In particolare, è stata predisposta una scheda generale della valanga (figura 8), contenente voci quali nome e codice, data e sottocategoria (valanga spontanea o provocata), solo per citarne alcune.

A cascata, dalla scheda generale si può accedere ad una serie di schede di dettaglio che permettono di inserire tutte le

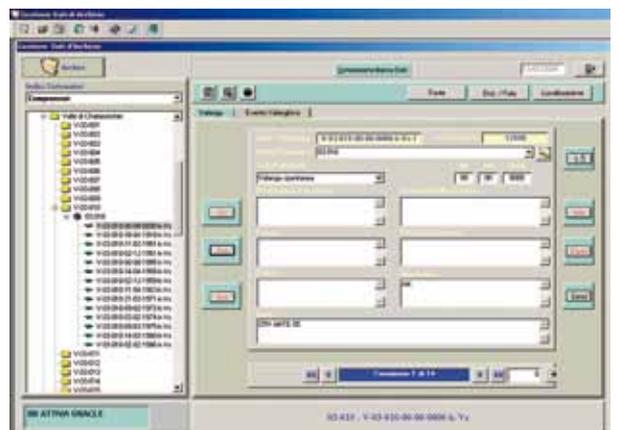
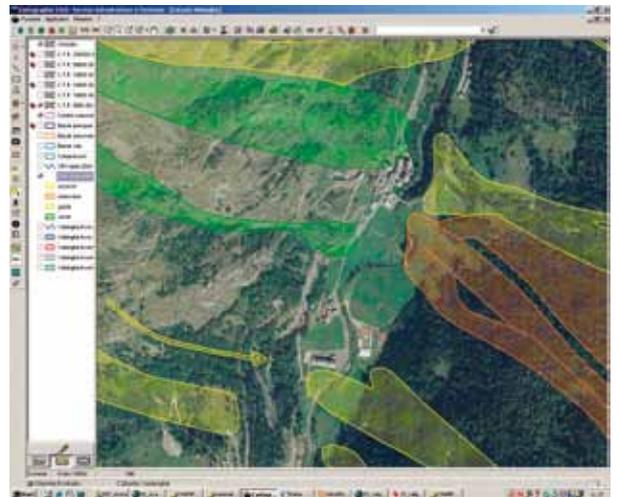
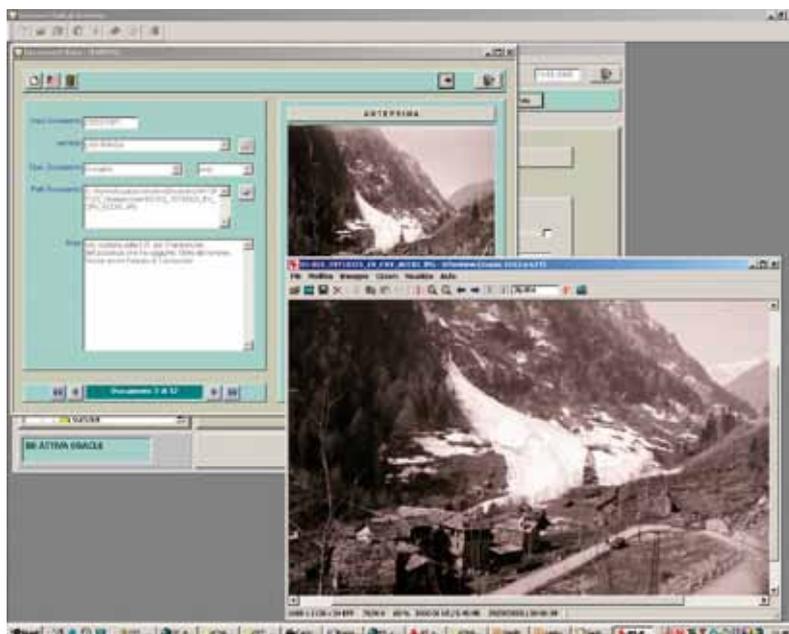
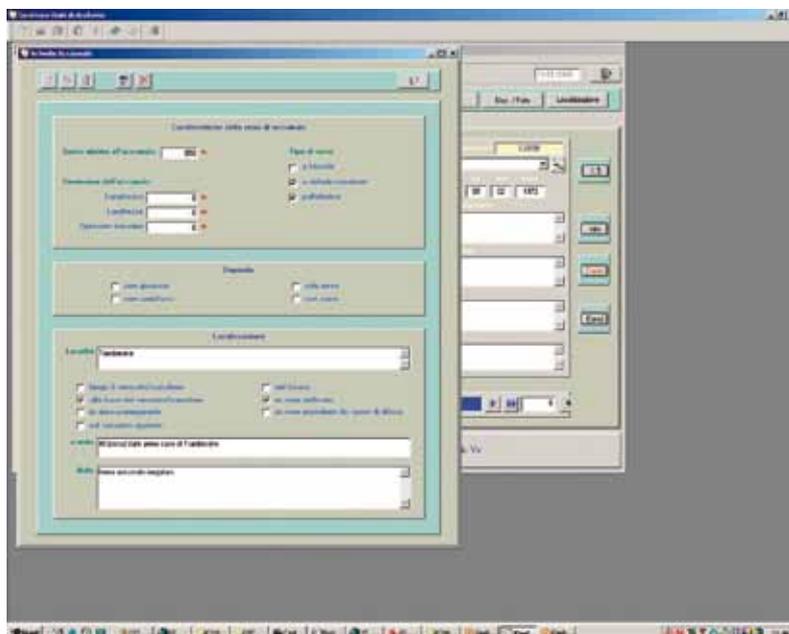
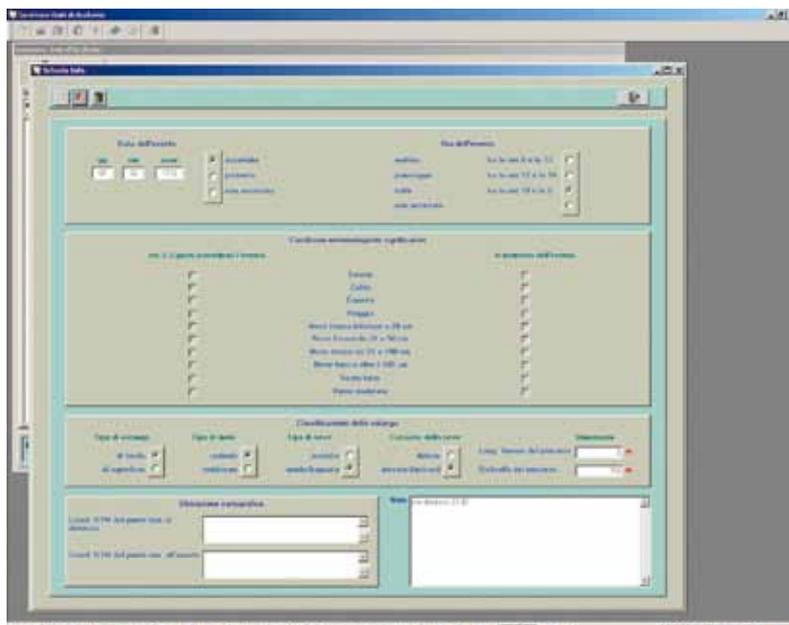


Fig. 9  
Esempi di alcune schede di dettaglio create al fine di inserire tutte le informazioni richieste dal Modello 7 AINEVA e ulteriori informazioni ritenute utili ai fini della descrizione dell'evento.



informazioni richieste dal modello 7 AINEVA, con alcuni campi aggiuntivi dedicati a note, commenti e precisazioni (figura 9). Completata l'essenziale fase di inserimento dati attualmente in corso, l'Ufficio Neve e Valanghe disporrà di un archivio informatizzato che permetterà di interrogare la banca dati e ottenere in poco tempo un quadro completo sulle caratteristiche di ogni fenomeno valanghivo, correlando in maniera efficace e rapida i dati alfanumerici alla cartografia.

Nel corso dell'ultimo anno di lavoro è stato già possibile implementare sensibilmente la mole dei dati informatizzati, che per alcuni Comuni risultano particolarmente numerosi.

Ad esempio, per i 63 fenomeni conosciuti all'interno del Comune di Rhêmes-Saint-George sono stati inseriti nel Catasto informatizzato 891 eventi, ai quali sono stati correlati più di 550 documenti fotografici. Si ricorda inoltre per completezza che l'attività di aggiornamento del Catasto Valanghe ha portato, nel corso degli ultimi tre inverni, al censimento di 636 eventi, un terzo dei quali attribuiti a fenomeni non ancora noti al Catasto.

In generale, il censimento degli eventi valanghivi nelle ultime tre stagioni invernali, è stato effettuato dove possibile direttamente sul terreno tramite dispositivi GPS, perimetrando direttamente le aree di accumulo; in altri casi, si è proceduto alla perimetrazione dell'evento tramite foto aeree scattate da elicottero, successivamente georiferite tramite software GIS (figura 10).

Al termine della stagione invernale 2007-2008, il Catasto conta poco più di 1.400 fenomeni valanghivi, che interessano una superficie complessiva di 39.763 ettari, pari a poco più del 12 % del territorio regionale.

Un'ultima curiosità legata al periodo compreso tra il 15 ed il 30 dicembre 2008, in cui tutta la Regione Valle d'Aosta è stata interessata da intense precipitazioni nevose: in questo breve lasso di tempo sono state rilevate e documentate 340 valanghe spontanee, il 20% delle quali attribuibili a fenomeni mai censiti in precedenza.

## CATASTO REGIONALE VALANGHE E SVILUPPI FUTURI

La Regione Autonoma Valle d'Aosta è impegnata in un ambizioso progetto che mira a "portare a sistema" tutto il patrimonio informativo disponibile, passando dalla visione settoriale che ha caratterizzato in passato molteplici iniziative dei singoli Servizi interni all'Amministrazione, ad un sistema che rappresenti le conoscenze territoriali della Valle d'Aosta nel suo insieme (S.C.T. - Sistema delle conoscenze territoriali).

Con S.C.T. si intende l'organizzazione, in una struttura logica, delle informazioni di carattere territoriale, ambientale e socio-economiche finalizzata alla fruizione da parte di utenti che possono essere sia specialisti del comparto che soggetti interessati ad una visione più trasversale, garantendo un approccio operativo semplice ed un livello di dettaglio proporzionato alle competenze del fruitore. Rappresenta quindi il punto di raccolta dei flussi provenienti dalle fonti e dai processi di formazione del dato, organizzati in modo da fornire un supporto per i processi decisionali orientati alla

conoscenza e al governo dell'ambiente. Il Geoportale S.C.T., tra le molteplici funzionalità, ha in progetto anche la futura attivazione di un'interfaccia web che consentirà la consultazione via Internet. Come per gli altri archivi, anche per il Catasto Valanghe si potranno così eseguire ricerche cartografiche via web, come consultare il data-base riportante le principali caratteristiche dei fenomeni valanghivi censiti sul territorio valdostano.

## RINGRAZIAMENTI

L'Università di Torino (DIVAPRA-LNSA) si è avvalsa della collaborazione di Enrico Borney, Manuela Farina, Elisabetta Ceaglio, Pamela Tosa, Paola Dellavedova, Davide Viglietti, Simone Roveyaz e Teodoro Bizzocchi. Si ringrazia l'Ufficio Progetti Area Territorio, Direzione Sistemi Informativi del Dipartimento innovazione e Tecnologia della Regione Valle d'Aosta per la collaborazione nello sviluppo della banca dati valanghe informatizzata.

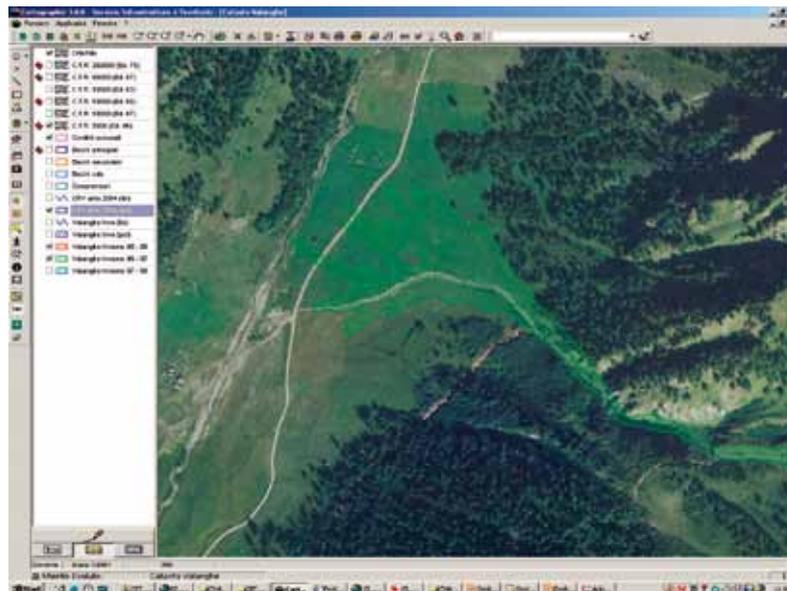


Fig. 10  
Esempio di  
perimetrazione  
ricavata tramite  
georeferenziazione di  
una fotografia della zona  
di accumulo scattata  
dall'elicottero.



# VARIABILITA' SPAZIALE DELL'ALBEDO

## SULLE AREE GLACIALI DELL'ALTA VAL DE LA MARE (Gruppo Ortles-Cevedale)

**Luca Carturan e  
Giancarlo Dalla Fontana**  
Dipartimento Territorio e Sistemi  
Agro-Forestali, Università di Padova

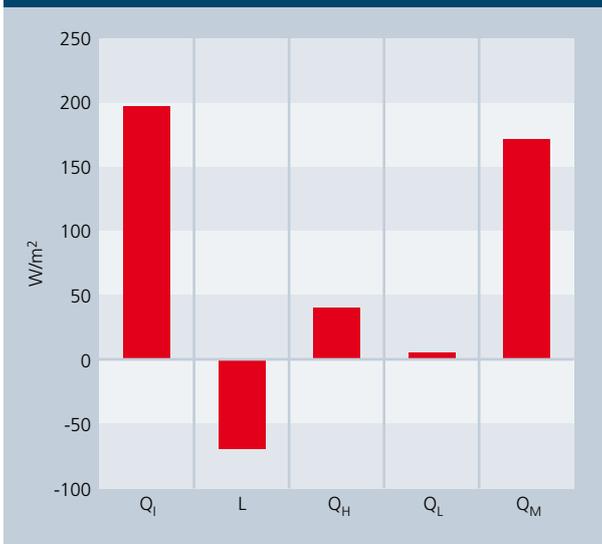
**Francesco Cossi**  
Via S. Marta 2, 23035, Sondalo (SO)  
email:francesco\_cossi@libero.it

Nell'ambito di un progetto di ricerca sulla criosfera e sugli effetti idrologici delle variazioni climatiche nei bacini di alta quota, è stato eseguito uno studio sulla variabilità spaziale dell'albedo in ghiacciaio. La campagna di rilievi è stata condotta nelle estati del 2007 e del 2008 sui ghiacciai dell'alta Val de La Mare (Gruppo Ortles-Cevedale, Trentino).

L'albedo regola la quantità di radiazione ad onde corte assorbita dalla superficie ed è quindi determinante nel modulare il bilancio energetico e il bilancio di massa glaciale. Le parametrizzazioni comunemente riportate nella letteratura scientifica sono generalmente orientate alla descrizione della variabilità spazio-temporale dell'albedo della neve, mentre l'albedo del ghiaccio è spesso assunto costante o parametrizzato in modo molto più semplice, ad esempio in funzione della quota. I rilievi eseguiti in alta Val de La Mare evidenziano un'elevata variabilità dell'albedo del ghiaccio di ghiacciaio, che è funzione soprattutto della copertura detritica superficiale. Sulla base di queste osservazioni, si è cercato di mettere a punto un metodo speditivo che consente una valutazione semplice ed affidabile dell'albedo, basato su rilievi fotografici da terra. I risultati ottenuti confermano che il metodo proposto consente di cogliere in modo adeguato la variabilità spaziale dell'albedo sul ghiaccio di ghiacciaio.



## COMPONENTI BILANCIO ENERGETICO MEDIE GHIACCIAIO DE LA MARE



## IMPORTANZA DELL'ALBEDO IN GHIACCIAIO E VALORI TIPICI

L'attuale fase di riscaldamento climatico sta producendo effetti tangibili sulle risorse idriche accumulate sotto forma di neve e ghiaccio del nostro pianeta.

Anche sulle Alpi europee il processo di deglaciazione ha assunto caratteristiche di notevole intensità negli ultimi 20-30 anni.

Soprattutto a partire degli anni '90 si è assistito al moltiplicarsi degli studi che riguardano la meteorologia e il bilancio energetico e di massa sui ghiacciai (Hock, 2005; Oerlemans, 2000).

Queste indagini hanno messo in eviden-

za come, tra le componenti del bilancio energetico, la radiazione ad onda corta sia la più importante nelle fasi in cui avviene l'ablazione (Figura 1)

L'equazione del bilancio energetico riferita alla superficie di un ghiacciaio riporta, in  $Wm^{-2}$ , la somma algebrica delle diverse componenti:

$$Q_M = Q_I + L + Q_H + Q_L + Q_S$$

dove  $Q_M$  è l'energia disponibile per la fusione,  $Q_I$  è il flusso netto di radiazione ad onda corta,  $L$  è il flusso netto di radiazione ad onda lunga,  $Q_H$  e  $Q_L$  sono i flussi turbolenti di calore sensibile e latente, e  $Q_S$  è il flusso energetico sotto-superficiale, per conduzione attraverso la neve e/o il ghiaccio.

Il flusso netto di radiazione ad onda corta è dato dall'equazione:

$$Q_I = Q(1 - \alpha)$$

Dove  $Q$  è la radiazione globale incidente e  $\alpha$  è l'albedo, definito come rapporto tra radiazione riflessa e radiazione globale incidente.

L'albedo della superficie è quindi determinante perché da un lato regola l'effettiva quantità di radiazione solare che viene assorbita e si rende disponibile per la fusione, dall'altro rappresenta uno dei più importanti feedback che regolano la sensibilità climatica glaciale.

Gran parte della riflessione può essere attribuita alle differenze di grandezza tra grani, all'angolarità e ai legami tra i vari cristalli.

Numerose variabili influiscono sul valore di albedo superficiale, che è inversamente proporzionale all'angolo di incidenza dei raggi solari, dimensione dei grani, accumulo di impurità e detrito in superficie (e quindi età della superficie), quantità di acqua liquida, mentre è direttamente proporzionale allo spessore del manto nevoso e alla copertura nuvolosa (Male e Gray, 1981). In ghiacciaio la variabilità spaziale e temporale dell'albedo è attribuibile anche alla presenza di superfici di diversa natura.

## ALBEDO MEDIO GIORNALIERO GHIACCIAIO DE LA MARE

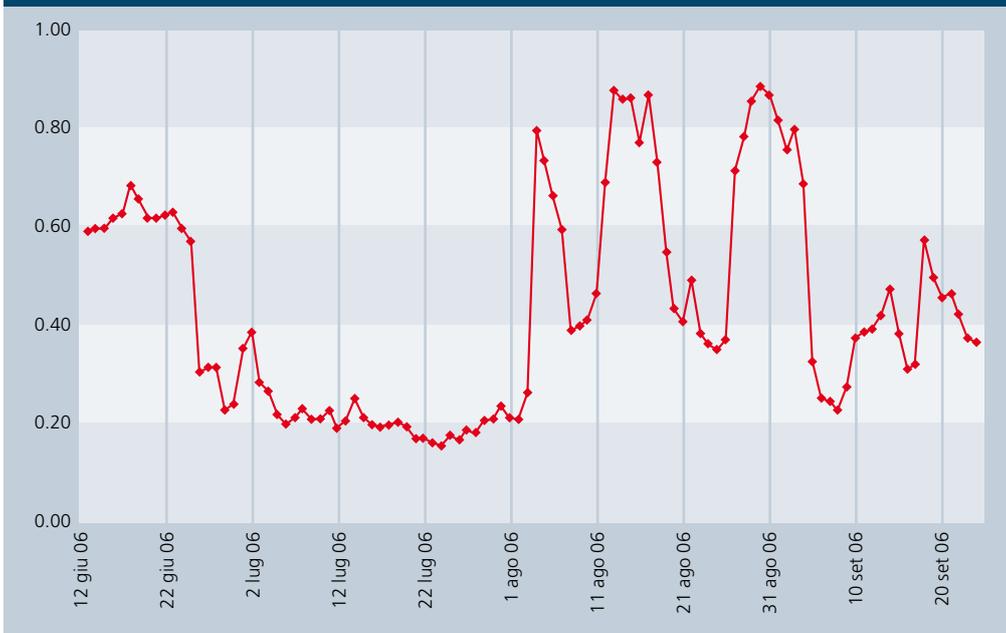
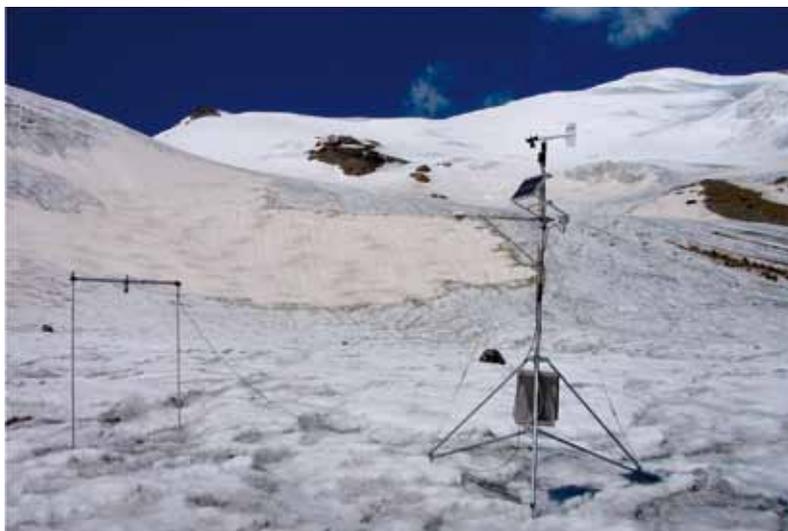


Fig. 1  
Componenti del bilancio energetico mediate in condizione di fusione sul ghiacciaio de La Mare, tra il 5 giugno e il 24 settembre 2005, alla stazione automatica di quota 2980 m s.l.m. (Carturan, 2007).

Fig. 2  
Andamento dell'albedo medio giornaliero alla stazione meteorologica automatica del ghiacciaio de La Mare nell'estate 2006.



Si passa infatti dalla neve fresca, con valori di albedo molto elevati, alla neve residua, la cui superficie va gradualmente perdendo di riflettività durante la stagione di ablazione, soprattutto a causa del progressivo accumulo di polveri e dell'aumentare della dimensione dei grani, oltre che per la presenza di acqua liquida nelle fasi di fusione.

Successivamente durante l'estate emergono il ghiaccio di ghiacciaio e localmente anche il firn, che presentano in superficie polveri e detrito accumulatisi nel corso di più anni.

La progressiva scoperta dei tre tipi di substrato porta ad un andamento dell'albedo abbastanza caratteristico durante la stagione di ablazione (Figura 2).

L'albedo decresce rapidamente nel momento in cui si esaurisce la copertura nevosa stagionale e affiora il ghiaccio sottostante; segue una fase con valori bassi e piuttosto stabili, cui possono alternarsi temporanei picchi di albedo in corrispondenza di eventuali nevicate estive, fino al momento in cui si riforma un manto nevoso stabile, al termine della stagione di ablazione.

Nella tabella (Figura 3) sono evidenziati i valori di albedo comunemente riportati in letteratura per i substrati rinvenibili in ghiacciaio.

## AREA DI STUDIO

Il bacino dell'alta Val de La Mare (36 km<sup>2</sup>), è collocato sul settore meridionale del Gruppo Ortles-Cevedale e si trova all'estremità nord-occidentale della provincia di Trento, all'interno del Parco Nazionale dello Stelvio, confinando a nord con la provincia di Bolzano e ad ovest con la provincia di Sondrio (Figura 4).

Il bacino presenta una quota massima di 3769 m (monte Cevedale) e la sezione di chiusura si trova in località malga Mare (2031 m s.l.m.).

Quest'area è stata scelta come sito sperimentale nell'ambito di un progetto di ricerca dell'Università di Padova sulla criosfera e sull'idrologia dei bacini alpini di alta quota (Carturan et al., 2009).

Il sito presenta una significativa copertura

glaciale (917 ha) e regime idrologico annuale dominato dai processi di accumulo e fusione nivo-glaciale. E' inoltre largamente interessato da permafrost alpino e si colloca quasi per intero al di sopra del limite della vegetazione arborea. La scelta del sito d'indagine è stata dettata da motivazioni di carattere pratico, logistico e di interesse scientifico.

La zona, infatti, si presta particolarmente ad essere studiata perché pur avendo un'altimetria considerevole (quota media 2903 m s.l.m.), è facilmente raggiungibile durante tutto l'anno, grazie alla presenza di una carrozzabile che viene utilizzata quotidianamente dal personale ENEL della diga del Careser. L'utilizzo per fini idroelettrici delle acque di fusione dei ghiacciai ha favorito un'attività di studio multidisciplinare che si è sviluppata nel tempo fin dal momento della costruzione della diga, negli anni '30 del secolo scorso.

Per il ghiacciaio del Careser, collocato sul settore nord-orientale del bacino, esiste la serie più lunga di misurazione del bilancio di massa sulle Alpi italiane (Carturan e Seppi, 2007); inoltre la serie di dati nivo-meteorologici della stazione di Careser diga è una delle più lunghe in Italia sopra i 2500 m (risale agli anni '30), ed è molto preziosa in virtù delle osservazioni dirette che tuttora vengono compiute quotidianamente dal personale ENEL. Le indagini sull'albedo hanno interessato i ghiacciai del Careser e de La Mare (Figura 4) che attualmente coprono una superficie pari a 283 e 401 ha, rispettivamente.

Questi ghiacciai sono attualmente sottoposti a misurazione del bilancio di massa e sul ghiacciaio de La Mare, a circa 3000 m di quota, è attiva dall'estate 2005 una stazione nivo-meteorologica automatica.

## MATERIALI E METODI

### Misure di campagna

Le misure di albedo sono state eseguite durante le stagioni di ablazione del 2007 e del 2008, tra fine luglio e metà settembre (Cossi, 2008).

Lo strumento utilizzato è un albedometro costituito da due piranometri a termopila di prima classe secondo la norma ISO

## RANGE DEI VALORI DI ALBEDO PER TIPO DI SUBSTRATO RIPORTATI PIU' COMUNEMENTE IN LETTERATURA

SUBSTRATO	ALBEDO
Neve fresca	0.90 - 0.98
Neve residua	0.20 - 0.72
Firn	0.30 - 0.53
Ghiaccio	< 0.10 - 0.65

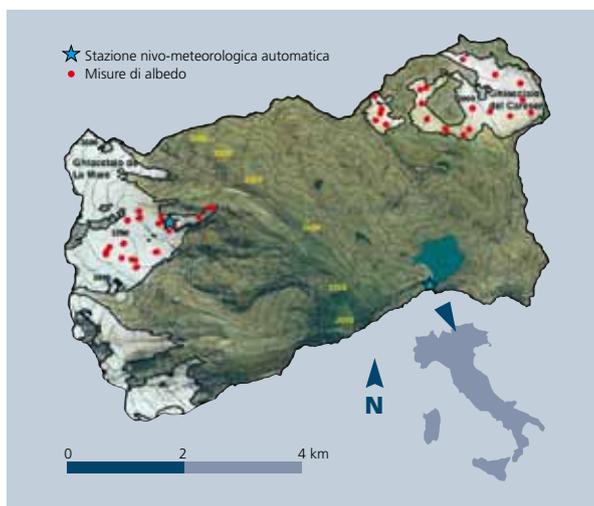


Fig. 3

Fig. 4  
Corografia dell'alta Val de La Mare, con la localizzazione dei siti di misura dell'albedo sui ghiacciai de La Mare e del Careser.

Fig. 5  
Operazioni di misurazione dell'albedo sul ghiacciaio de La Mare; nel riquadro a sinistra la visualizzazione dei valori di radiazione incidente e riflessa sul data-logger.

9060 e secondo la World Meteorological Organization (WMO, 2008). Il piranometro rivolto verso l'alto misura la radiazione globale incidente, quello rivolto verso il basso misura la radiazione riflessa. Lo strumento è sensibile alle lunghezze d'onda comprese tra 305 e 2800 nm. L'albedometro è stato montato su un treppiede e le misurazioni sono state eseguite mantenendolo a un metro di altezza dalla superficie, con asse perpendicolare al piano di campagna (Figura 5). In questo modo l'area interessata dalla misura è stata pari a circa 9 m<sup>2</sup>.

In otto giornate di rilievo sono stati eseguiti in totale 83 campionamenti (Figura 3), ciascuno della durata di cinque minuti.

Fig. 6  
Esempio di scheda  
riepilogativa compilata  
per l'archiviazione delle  
misure di albedo.

IDENTIFICATIVI DEL RILIEVO										
GHIACCIAIO DE LA MARE										
Data 20/08/2008										
Denominazione	Punto M10/08									
Posizione (coordinate Gauss Boaga)	E 1626113 N 5143429									
Quota (m s.l.m.)	2968									
Esposizione	NNE									
Pendenza	19,6°									
Note: corrispondente alla palina 2										
										
PARAMETRI RILEVATI										
Tipo di superficie					Ghiaccio biancastro con tracce di reticolo congelato					
Percentuale di detrito					0,40 %					
Età					-					
Condizioni					in fusione					
HS (m)					-					
Densità (kg/m <sup>3</sup> )					-					
Diametro medio cristalli (mm)					-					
Copertura nuvolosa (in ottavi)					4/8					
Tipo di nubi					Cumuli					
Altezza base nubi (m s.l.m.)					3400					
RILEVAZIONE DELL'ALBEDO										
		↓Rad. In (W/m <sup>2</sup> )			↑Rad. Out (W/m <sup>2</sup> )					
Or legale inizio acquisizione	Durata acquisizione (sec)	Min	Max	Med	Min	Max	Med	Albedo radiazione min	Albedo radiazione max	Albedo radiazione media
10.49	285	273	787	554	95	272	190	0,35	0,35	<b>0,34</b>

I dati provenienti dall'albedometro venivano registrati e visualizzati da un apposito data-logger, che al termine della misurazione consentiva di annotare i valori minimi, massimi e medi di radiazione incidente e riflessa. Il sito dove effettuare la misurazione è stato scelto in corrispondenza di una

palina di ablazione (utilizzata per il calcolo del bilancio di massa) o di un punto rappresentativo di un'ampia porzione di ghiacciaio. Tutte le misurazioni sono state eseguite tra le ore 9.00 e le ore 16.00 (solari), in modo da evitare le ore in prossimità di alba e tramonto.

Si è cercato inoltre, nei limiti del possibile, di eseguire le misure in condizioni di cielo sereno o poco nuvoloso. Data la stagione, le condizioni di percorribilità e, non ultime, le condizioni di sicurezza, è stato possibile eseguire le misurazioni quasi esclusivamente su ghiaccio di ghiacciaio. Oltre ai valori di radiazione incidente e riflessa, per ogni punto di misura si è preso nota delle condizioni meteorologiche e del substrato al momento dell'acquisizione (stato del cielo, tipologia e altezza della base delle nubi, presenza o assenza di acqua in superficie, substrato congelato o in fusione, e nel caso di neve e firn anche età, profondità, densità e diametro medio dei cristalli). È stata inoltre rilevata la posizione di ciascun punto tramite GPS portatile e annotata l'ora di inizio misurazione. Al termine dell'acquisizione, infine, è stata scattata una fotografia del substrato ponendo una fotocamera digitale sulla stessa posizione dell'albedometro, in modo da poter fare ulteriori osservazioni al momento dell'elaborazione dei dati.

### Elaborazione dei dati

Per ogni misura di albedo è stata redatta una scheda riepilogativa, che contiene tutte le informazioni riguardanti il sito e le condizioni al contorno al momento del rilievo. Un esempio di scheda è riportato in Figura 6. Per ricavare la percentuale di copertura detritica si è proceduto alla classificazione automatica dei fotogrammi acquisiti al termine di ogni misura di albedo. La tecnica di classificazione è schematizzata in Figura 7, e consiste nella suddivisione del fotogramma originario in classi cromatiche con successiva identificazione del valore tonale "soglia" che consente di distinguere, fotogramma per fotogramma, il detrito dal substrato privo di copertura. È stata quindi eseguita un'analisi sui dati di campagna, con l'obiettivo di comprendere quali, tra le variabili rilevate, hanno la maggiore importanza nel determinare la variabilità spaziale dei valori di albedo. In particolare ci si è soffermati sulle misu-

re eseguite su ghiaccio di ghiacciaio, nettamente più abbondanti rispetto a quelle su neve e su firn, visto che i ghiacciai sono percorribili in condizioni di sicurezza solo a stagione avanzata. E' stata infine testata la possibilità di determinare, in modo sufficientemente affidabile, il valore di albedo superficiale su ghiaccio di ghiacciaio mediante semplici rilievi fotografici.

## RISULTATI

Nella tabella (Figura 8) sono riportati i valori medi di albedo misurati durante le due campagne estive 2007 e 2008 sui ghiacciai de La Mare e del Careser. Si osserva una numerosità di gran lunga superiore nel caso del ghiaccio, rispetto a neve e firn, per le ragioni di sicurezza di accesso già discusse in precedenza.

In Figura 9 sono riportati alcuni esempi di superfici rinvenute sui ghiacciai durante le misure di albedo.

Come si può osservare, esiste una marcata variabilità di substrati, che si riflette sull'ampio range di valori di albedo rilevati.

Per quanto riguarda il firn, sono stati misurati valori di albedo piuttosto bassi, generalmente inferiori al range proposto in letteratura (Figura 3).

Nel caso delle misure effettuate in Val de La Mare, si tratta di firn rinvenuto nell'area di accumulo del ghiacciaio de La Mare, oltre i 3200 m di quota, e riferibile alle annate 2001 (valore minimo di albedo pari a 0.14), 2004, 2005 e 2006.

Valori altrettanto bassi di albedo sono stati misurati sulla neve residua, di poco

superiori rispetto al firn delle annate più recenti, verosimilmente a causa del fatto che le misure sono state eseguite a stagione avanzata (neve molto trasformata in seguito a numerosi cicli di fusione e rigelo, e ricca di impurità in superficie) e in condizioni di fusione sostenuta.

L'albedo del ghiaccio esibisce una marcata variabilità, attestandosi su un valore medio pari a 0.24.

Sui ghiacciai investigati sono state rilevate diverse tipologie di ghiaccio, che vanno dal ghiaccio molto sporco, quasi completamente coperto di detrito e con abbondante acqua di fusione in superficie, al ghiaccio bianco, congelato in superficie, molto poroso e totalmente privo di copertura detritica (Figura 9).

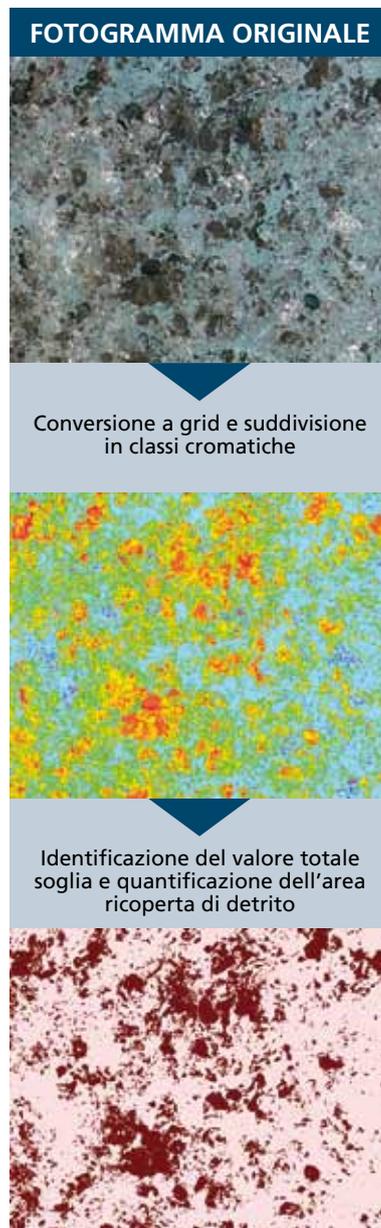


Fig. 7 Schema della tecnica di classificazione usata per quantificare la percentuale di copertura detritica, a partire dai fotogrammi acquisiti durante le misurazioni di albedo.

**VALORI MEDI ED ESTREMI DELL'ALBEDO MISURATI SUI TRE SUBSTRATI RINVENUTI IN GHIACCIAIO NELLE ESTATI DEL 2007 E DEL 2008**

SUBSTRATO	NUMEROSITA'	MINIMO	MASSIMO	MEDIA
Ghiaccio	69	0.07	0.48	<b>0.24</b>
Firn	7	0.14	0.30	<b>0.19</b>
Neve residua	4	0.31	0.42	<b>0.36</b>

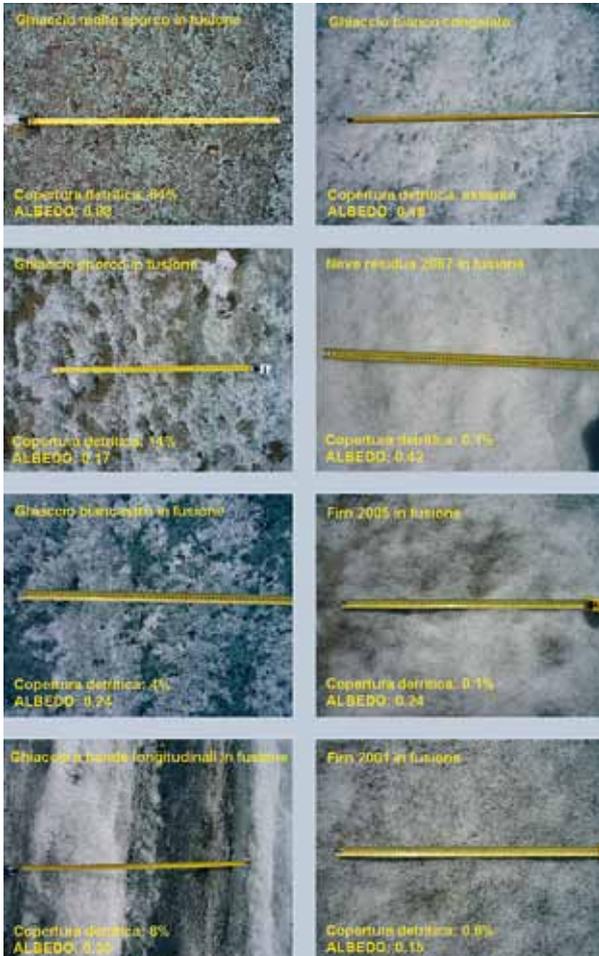


Fig. 8

Fig. 9  
Alcuni esempi di superfici rinvenute durante le misure di albedo in ghiacciaio.

In Figura 10 è riportata la variazione dell'albedo con la quota sui due ghiacciai investigati, a settembre 2007 e ad agosto 2008.

Si possono osservare sia un chiaro aumento dell'albedo con la quota, sia un valore di albedo mediamente più basso nell'agosto 2008, rispetto al settembre 2007.

La correlazione con la quota e la variazione tra le due date sono più evidenti sul ghiacciaio del Careser.

Sul ghiacciaio de La Mare, invece, esiste una maggior dispersione e a parità di quota si possono avere, nella stessa data, valori sensibilmente diversi di albedo.

Si osserva in particolare una scarsa variazione di albedo, tra le due date, sui



punti con ghiaccio più ricco di detrito in superficie (alla fronte e nei pressi di una morena mediana a 3000 m di quota).

La variazione di albedo tra le due date è verosimilmente attribuibile alle diverse condizioni di alterazione della superficie (cosiddetta "weathering crust"), legate alle condizioni meteorologiche verificatesi nei giorni precedenti ai rilievi (Jonsell et al., 2003).

E' stata successivamente verificata l'esistenza di un'eventuale correlazione positiva tra copertura nuvolosa e albedo.

Si è analizzata la casistica riguardante il solo albedo del ghiaccio, confrontando l'albedo da radiazione media (durante i 5' di acquisizione per ogni rilievo) e l'albedo da radiazione massima e minima nello

steso intervallo di tempo (corrispondenti rispettivamente al momento di minima e massima copertura nuvolosa).

Nel 69% dei casi non vi è aumento di albedo all'aumentare della nuvolosità, e nei casi in cui questo si verifica (31%), tale aumento è trascurabile (<2%).

Si può quindi concludere che il ruolo della copertura nuvolosa non è così determinante nella variabilità spaziale e temporale dell'albedo del ghiaccio.

La copertura detritica si rivela invece decisiva, come si può osservare in Figura 11.

Esiste un'elevata sensibilità dell'albedo nei confronti della copertura detritica fino a circa il 5%; poi questa sensibilità decresce asintoticamente.

La relazione tra copertura detritica e



albedo è assimilabile ad una funzione logaritmica.

Sulla base di queste osservazioni, i dati di albedo sono stati suddivisi in classi in funzione della copertura detritica, con ampiezza pari ad un'unità percentuale fino al 10%, due unità dal 10% al 20%, cinque unità dal 20% al 40% e dieci unità dal 40% al 100% (per un totale di 25 classi). In figura 12 sono riportati i valori medi per i dati di albedo, raggruppati in classi di copertura detritica.

E' evidente un'aggregazione dei dati sperimentali in tre sottogruppi, con albedo piuttosto omogeneo al loro interno, separati da evidenti discontinuità in corrispondenza di ben definiti valori di copertura detritica.

E' quindi possibile suddividere le misure in tre classi di copertura detritica (evidenziate nel grafico con cerchi colorati):

- Classe 1 (CL1): copertura detritica da 0 a 3%
- Classe 2 (CL2): copertura detritica da 3 a 16%
- Classe 3 (CL3): copertura detritica > 16%

I valori "soglia" di copertura detritica (3% e 16%) che separano le tre classi consentono quindi di definire con sufficiente approssimazione il valore medio di albedo del ghiaccio. Considerando poi le osservazioni eseguite durante il rilievo e riguardanti le condizioni del substrato, si è valutata la possibilità di introdurre un'ulteriore articolazione della classificazione, prevedendo ulteriori 3 sottoclassi

per ciascuna classe di copertura detritica, in funzione di:

- Fusione lenta o assente (FL)
- Fusione attiva (FA)
- Fusione attiva con acqua in scorrimento superficiale (FH)

In totale si sono ottenute 9 classi, anche se una di esse non è rappresentata (classe 3FL, elevata copertura detritica con fusione lenta o assente). In Figura 13 i dati di albedo del ghiaccio sono stati raggruppati in funzione della copertura detritica e delle condizioni superficiali del substrato. Si nota come l'eterogeneità di albedo all'interno di ciascuna classe di copertura detritica cala progressivamente dalla prima classe verso la terza, e come la sovrapposizione dei valori di albedo tra prima

Fig. 10  
Variazione dell'albedo  
del ghiaccio con la quota  
sui ghiacciai  
A) del Careser,  
B) de La Mare,  
tra il 14-15 settembre  
2007 e tra il 20-21  
agosto 2008.

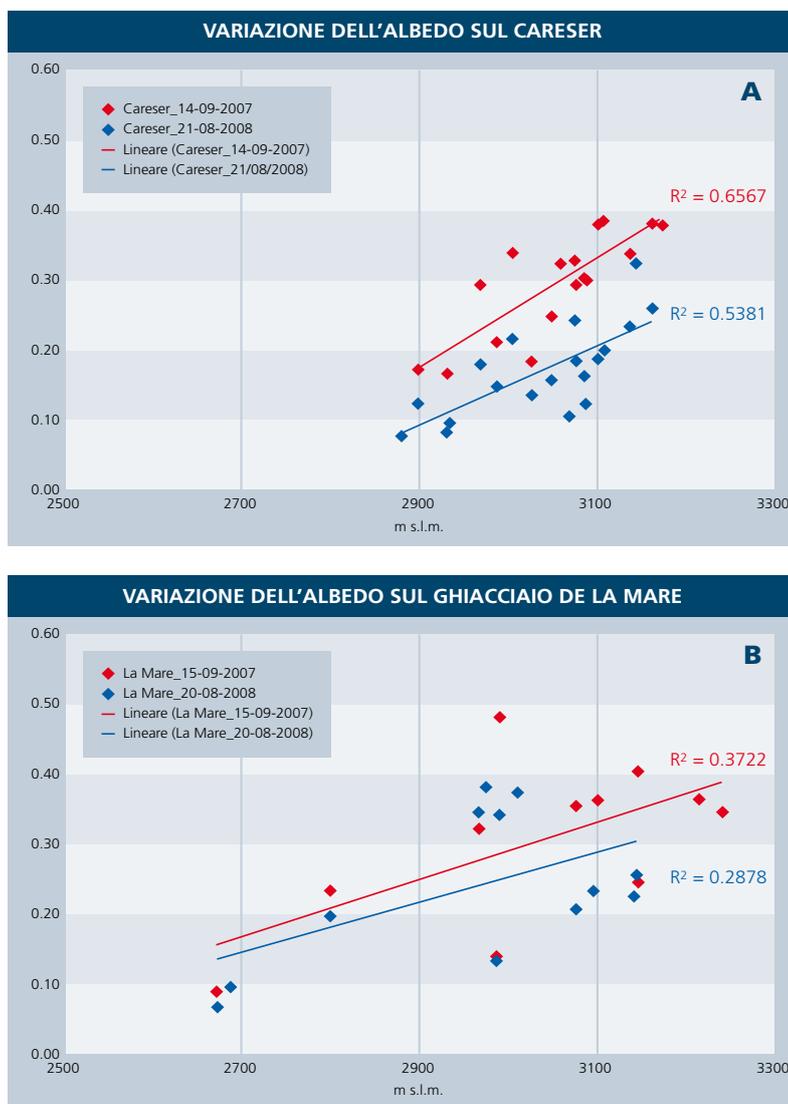
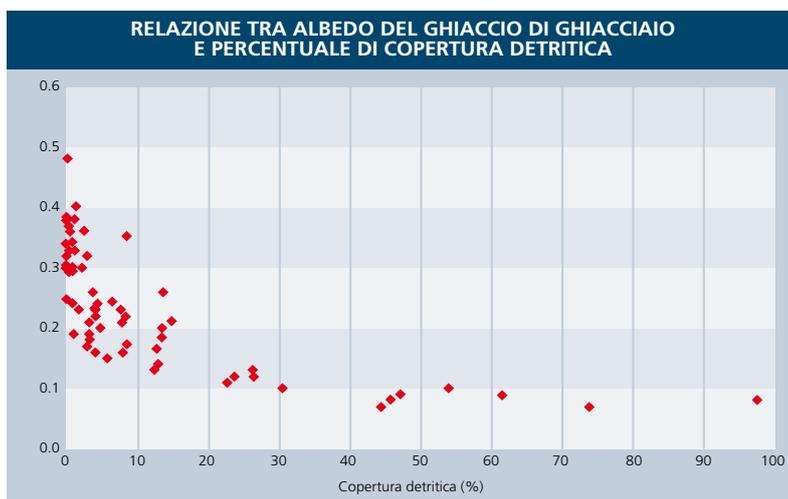


Fig. 11  
Relazione tra albedo del  
ghiaccio di ghiacciaio e  
percentuale di copertura  
detritica.



e seconda classe sia superiore rispetto a quella tra seconda e terza. La terza classe presenta una ridottissima variabilità di albedo, a dispetto dell'ampio range di copertura detritica (dal 16 a 97%). Per quanto riguarda invece sia la presenza/assenza di acqua di fusione in superficie, sia l'anno di esecuzione delle

misure, non si evidenziano particolari tendenze al raggruppamenti dei dati. Questi esiti indicano il ruolo di gran lunga predominante esercitato dalla copertura detritica nel determinare il valore di albedo superficiale del ghiaccio di ghiacciaio, che si dimostra invece molto meno sensibile alla presenza di fusione e acqua in su-

perficie. Nemmeno le diverse condizioni meteorologiche che hanno accompagnato e preceduto il momento delle misurazioni nel 2007 e nel 2008 sembrano influire più di tanto sul valore di albedo. Nel grafico di figura 14 si riportano i valori di albedo medi per ognuna delle 9 classi ottenute dalla combinazione di copertura detritica e presenza/assenza di fusione e acqua superficiale. L'andamento è generalmente in linea con quanto atteso, con valori medi di albedo decrescenti passando da fusione lenta a fusione attiva, e quindi a fusione attiva con scorrimento di acqua. Tuttavia neanche i valori medi paiono sufficientemente differenziati all'interno di ogni classe di copertura detritica. Anzi, in un paio di casi (valori cerchiati nel grafico) l'andamento è addirittura opposto a quanto atteso.

## CONCLUSIONI

Diversamente da quanto generalmente ipotizzato, l'albedo del ghiaccio di ghiacciaio presenta valori tutt'altro che omogenei. Le misure eseguite nel corso delle stagioni estive 2007 e 2008 sui ghiacciai della Val de La Mare forniscono valori compresi tra 0.48 e 0.07, a testimonianza di una variabilità spaziale di quasi un ordine di grandezza tra il valore massimo e minimo di albedo misurati sullo stesso substrato. La conseguenza è una forte differenziazione nell'assorbimento della radiazione ad onde corte che induce una variabilità a scala locale dell'intensità della fusione superficiale. Alla luce di tali indicazioni si sottolinea come l'assunzione di un unico valore costante di albedo del ghiaccio, comunemente adottata nell'ambito degli schemi di calcolo del bilancio, potrebbe risultare eccessivamente semplificativa. Per quanto riguarda il ruolo della copertura nuvolosa, i risultati dimostrano che non è un fattore tra i più determinanti, mentre si è osservata una certa correlazione tra l'albedo del ghiaccio e la quota, presumibilmente dovuta al progressivo accumulo di detrito e impurità verso la fronte dei ghiacciai. Tuttavia l'albedo può variare significativamente anche tra siti collocati alla stessa altitudine, a causa

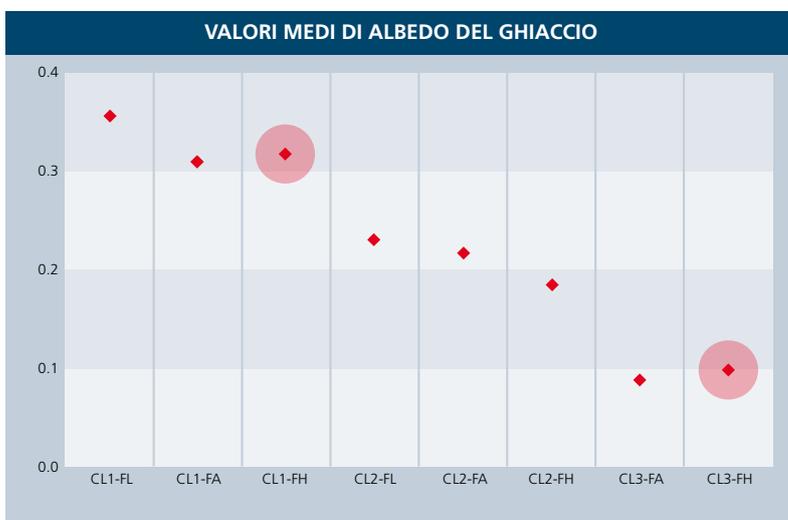
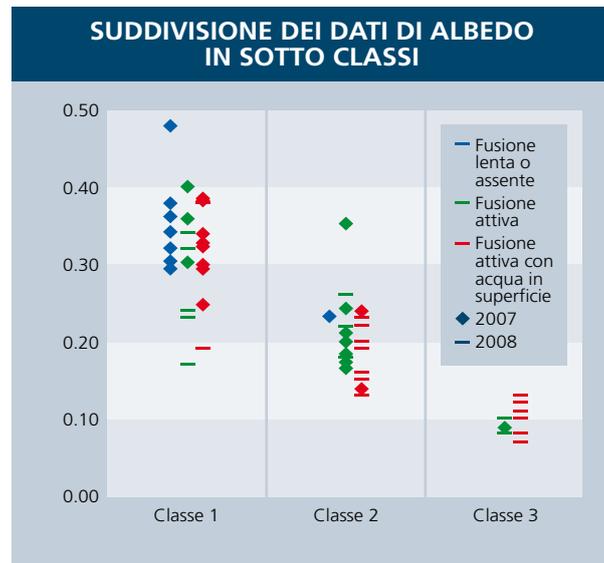
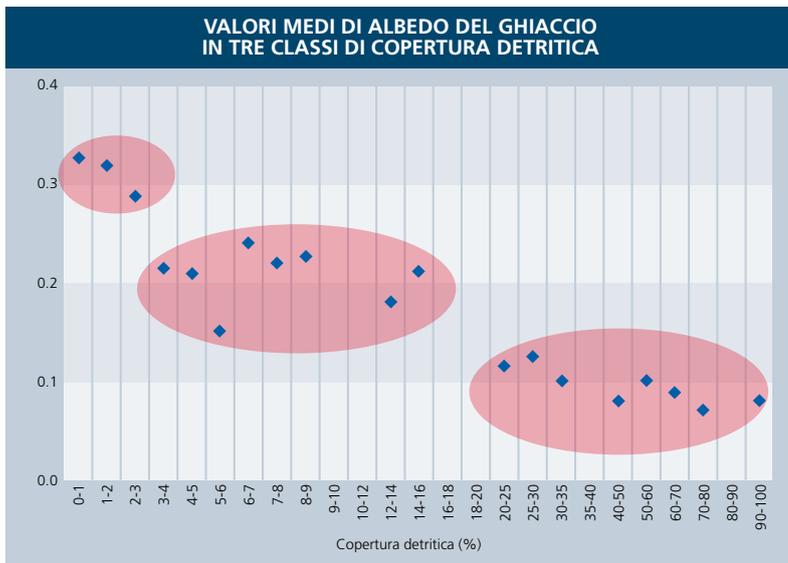


Fig. 12 Valori medi per i dati di albedo del ghiaccio, raggruppati in classi di copertura detritica. Si nota l'aggregazione dei valori di albedo in tre "cluster" principali.

Fig. 13 Suddivisione dei dati di albedo del ghiaccio in sottoclassi, in funzione della copertura detritica (in ascissa le tre classi di copertura) e presenza di fusione lenta (in blu), attiva (in verde) e con acqua in superficie (in rosso). Anno di osservazione: rombo = 2007, trattino = 2008.

Fig. 14 Valori medi di albedo del ghiaccio calcolati per i dati classificati secondo copertura detritica e presenza di fusione lenta, attiva e con acqua in scorrimento superficiale.

della presenza di morene mediane e/o bande longitudinali detrito, oppure per la diversa alterazione della superficie. Dai dati a disposizione (83 rilievi) è emerso come la quantificazione della copertura detritica sia in grado, da sola, di fornire utili ed esaustive indicazioni sulla variabilità dell'albedo del ghiaccio di ghiacciaio. E' infatti stato possibile raggruppare i dati di albedo in funzione di tre principali classi di copertura detritica, identificate ciascuna da valori medi di albedo pari a 0.32, 0.20 e 0.10. L'inclusione di informazioni accessorie quali la presenza di fusione o di acqua in superficie non ha consentito di affinare in modo significativo il processo di classificazione. L'estensione percentuale della copertura detritica è ricavabile in modo abbastanza agevole mediante l'elaborazione di riprese fotografiche ortogonali alla superficie. E' quindi confermata l'ipotesi formulata in partenza, relativa alla

possibilità di adottare un metodo rapido e speditivo, quale appunto quello fotografico, per cogliere in modo sufficientemente adeguato la variabilità spaziale dell'albedo del ghiaccio sui ghiacciai.

## RINGRAZIAMENTI

Si ringrazia sentitamente il Prof. Federico Cazorzi, del Dipartimento di Scienze Agrarie e Ambientali dell'Università di Udine, che ha messo a disposizione la propria competenza tecnica e parte della strumentazione scientifica utilizzata per le ricerche. Una parte dei rilievi di campagna è stata eseguita avvalendosi dei mezzi logistici messi a disposizione dalla Provincia Autonoma di Trento per lo svolgimento dei rilievi annuali sui ghiacciai del Trentino, in collaborazione con il Comitato Glaciologico Trentino – SAT, Museo Tridentino di Scienze Naturali e Dipartimento di Ingegneria dell'Università di Trento.

## Bibliografia

- Carturan L., 2007. Effetti delle variazioni climatiche sulla criosfera e sull'idrologia dei bacini di alta quota. XXII Ciclo Scuola di Dottorato in Territorio, Ambiente, Risorse e Salute. Indirizzo in Idronomia Ambientale. Relazione del primo anno, 54 pp.
- Carturan L. e R. Seppi, 2007. Recent mass balance results and morphological evolution of Careser Glacier (Central Alps). *Geografia Fisica e Dinamica Quaternaria*, 30 (1), 33-42.
- Carturan L., F. Cazorzi e G. Dalla Fontana, 2009. Enhanced estimation of glacier mass balance in unsampled areas by means of topographic data. *Annals of Glaciology*, 50, 37-46.
- Cossi F., 2008. Variabilità spazio temporale dell'albedo sulle aree glaciali dell'alta Val de La Mare, Val di Peio (TN). Tesi di Laurea Specialistica in Scienze Forestali e ambientali. Università di Padova.
- Hock R., 2005. Glacier melt: a review of processes and their modelling. *Progress in Physical Geography*, 29, 3, 362-391.
- Jonsell U., R. Hock e B. Holmgren, 2003. Spatial and temporal variations in albedo on storglaciären, Sweden. *Journal of Glaciology*, Vol.49 (164), 59-68.
- Klok E.J. e J. Oerlemans, 2004. Modelled climate sensitivity of the mass balance of Morteratschgletscher and its dependence on albedo parameterization. *International Journal of Climatology*, 24 (2), 231-245.
- Male D.H. e D.M. Gray, 1981. Snowcover ablation and runoff. In: *Handbook of snow*, D.M. Gray e D.H. Male, 338-358. Ontario, Pergamon Press.
- Oerlemans J., 2000. Analysis of a 3 years meteorological record from the ablation zone of Morteratschgletscher, Switzerland: energy and mass balance. *Journal of Glaciology*, Vol.46, 155, 571-579.
- W.M.O., 2008. Guide to meteorological instruments and methods of observation. WMO-No. 8 (Seventh edition).

# LA QUALITA' AMBIENTALE della **NEVE** **"IN TRINCEA"**

**Massimo Pecci e  
Pinuccio D'Aquila**

EIM (Ente Italiano della Montagna)

**Mauro Valt, Valter Cagnati  
e Tiziana Corso**

ARPA Veneto, Centro Valanghe di Arabba

**Alfredo Praolini, Eraldo Meraldi  
e Flavio Berbenni**

ARPA Lombardia,  
Centro Nivometeorologico di Bormio

**Giovanni Kappenberger**

MeteoSvizzera (Locarno Monti)

**Michele Freppaz, Paola Dellavedova  
e Gianluca Filippa**

Università di Torino, Di.Va.P.R.A.  
- Laboratorio Neve e Suoli Alpini

Normalmente sta "in trincea" chi si deve difendere da un nemico. A tutti noi studiosi ed amanti della neve sembra che a difendersi (e difenderci) dal nemico rappresentato dall'inquinamento antropico sia proprio la neve, anche se la neve in trincea è anche l'occasione per conoscerla meglio.

Dopo un triennio di osservazioni, misure sperimentali, test e discussioni tecnico-scientifiche, cominciati nell'inverno 2005-06, il Gruppo di Lavoro informale composto da ricercatori dell'EIM, delle ARPA del Veneto (CVA di Arabba) e della Lombardia (Centro Nivometeo di Bormio), di MeteoSvizzera e dell'Università di Torino (DIVAPRA – Lab. Neve e Suoli Alpini) è giunto alla fine del percorso di ricerca.

Si tratta di oltre 700 misure di pH e altrettante di conducibilità che forniscono una "fotografia" dello stato della qualità ambientale, pur se estremamente semplificato e localizzato, delle Alpi e dell'Appennino. Ne risulta un quadro ambientale della neve "in trincea" da approfondire ulteriormente e da tenere sotto controllo, di cui i risultati preliminari delle fasi annuali dell'attività sperimentale di ricerca sono già state pubblicate (Pecci *et al.*, 2007; Pecci *et al.*, 2008; Pecci, 2009).



## INTRODUZIONE

Il manto nevoso rappresenta la superficie più esterna, superficiale, temporanea e, quindi, vulnerabile ai cambiamenti climatici e ambientali della criosfera: risulta, quindi, esposta a polveri, inquinanti e particelle di varia origine che ne producono una contaminazione non semplice da determinare quantitativamente, ma, ormai, non più trascurabile.

Il manto nevoso è una risorsa idrica fondamentale di cui ancora poco si conosce: considerato nella criosfera complessivamente intesa (vale a dire le "matrici ambientali" in cui l'acqua è presente allo stato solido: ghiaccio, permafrost – terreno e roccia perennemente ghiacciati, ghiaccio marino e, ovviamente, neve), manifesta una proprietà singolare, ma fondamentale per la sopravvivenza della vita sulla Terra: immagazzina l'acqua durante la stagione fredda, quando ce n'è meno bisogno, per poi restituirla, liquida, durante la stagione calda, quando la richiesta è maggiore.

Da qui la necessità di dedicare qualche attenzione in più alla risorsa acqua congelata sotto forma di neve, per valutarne lo stato di salute e la qualità ambientale precocemente, prima della fusione incipiente di primavera, quando l'acqua, poi, andrà a rimpinguare le falde idriche

montane e lo scorrimento superficiale. Oltre a ciò, utilizzando sempre gli indicatori chimici speditivi, vale a dire il pH e la conducibilità elettrica, di seguito indicata con CE per brevità, delle soluzioni acquose ottenute dalla fusione della neve campionata, senza l'esecuzione di analisi di laboratorio, è stata studiata la dinamica della contaminazione all'interno del manto nevoso nel corso della sua evoluzione, che è funzione fondamentalmente della temperatura (degli strati di neve e dell'aria) e del proprio contenuto in acqua liquida (umidità).

Il Progetto di monitoraggio ambientale della neve al suolo tramite la realizzazione di profili chimico-ambientali speditivi si è dimostrata una metodologia semplice e facilmente utilizzabile da tecnici e nivologi, che settimanalmente compiono i rilievi di routine per la determinazione del profilo del manto nevoso.

Le misure sono state effettuate nell'ambito dei campi di rilevamento neve delle seguenti stazioni di misura (Fig. 1):

Fontainemore, nella media valle di Gressoney (AO) – q. 1825 m slm;

Monte Vallecetta (Valdisotto), in alta Valtellina (SO) – q. 2232 m slm;

Monti Alti di Ornella, in alta Val Cordevole, nei pressi di Arabba (BL) – q. 2250 m slm;

Prati di Tivo al Gran Sasso d'Italia in alta Val Vomano (TE) – q. 1800 m slm.

Sul Ghiacciaio Basodino, in alta Val Maggia (Svizzera Italiana) non si è provveduto ad effettuare un rilievo settimanale, ma sono stati eseguiti controlli all'inizio dell'inverno e in primavera tra una quota di 2700-3000 m slm.

## LINEE GUIDA PER L'ESECUZIONE DEL PROFILO CHIMICO-AMBIENTALE

### Obiettivi

Lo scopo delle attività consiste da una parte nella caratterizzazione del chimismo della neve fresca, come indicatore del chimismo dell'atmosfera, anche in relazione alla provenienza delle masse d'aria, in termini "speditivi" (quindi di solo pH e CE) e dall'altra nel monitoraggio di questi due indicatori all'interno del manto nevoso nel corso della stagione invernale fino alla sua completa fusione, con particolare attenzione agli episodi di fusione e rigelo.

Di particolare interesse è risultata la valutazione degli scambi ionici e chimici in generale tra fase solida e liquida in condizioni di isotermità, per valutare i fenomeni di rilascio ionico, di impulsi/scarichi ionici, diluizione ed arricchimento.

### Cadenza dei rilievi

Il campionamento è eseguito con cadenza settimanale, compatibilmente con le condizioni meteorologiche e di sicurezza, in giornate prestabilite, cominciando dall'ultima settimana di novembre (in presenza di neve) e terminando la seconda settimana di aprile di ogni anno, nel periodo da novembre 2005 ad Aprile 2008.

### Preparazione del campo di rilevamento

Le attività sulla neve sono condotte dopo aver effettuato le consuete operazioni per il riconoscimento della stratigrafia e la determinazione del profilo del manto nevoso, su un "campo di rilevamento neve" (Cagnati, 2003) individuato preventivamente, e quindi, "il meno possibile"

Fig. 1  
Localizzazione delle stazioni di misura su base ArcGlobe.





*Fig. 2  
Segnalazione del campo  
di rilevamento neve  
(nella foto: Monte  
Vallecetta - Bormio il 5  
marzo 2008)*

contaminato nel corso delle operazioni di *routine* (Fig. 2). Viene prestata, quindi, molta attenzione, in particolare, rilievo dopo rilievo a ricollocare le “bandierine” delimitatrici in maniera tale da escludere l'area su cui sono stati già effettuati i rilievi. Prima di ogni operazione, la sezione esposta della trincea nella neve viene “pulita” con guanti di polietilene trasparente. Sono stati ritenuti utili per le attività di campionamento chimico-speditivo gli strati riconosciuti come tali e sui quali è stato possibile effettuare la misura di densità, quindi superiori ai 5 cm della sezione del cilindro carotatore utilizzato per la misura di densità.

### **Prelievo**

Ogni campione su cui determinare il pH e la CE, viene prelevato utilizzando normali buste di plastica azzurrina (capienza 1 litro) di polietilene da alimenti (spesse), avendo l'accortezza di “calzare” preven-

tivamente la busta dall'esterno, come se fosse un guanto, e di raccogliere il campione aiutandosi con le dita dell'altra mano, preventivamente ricoperta da un guanto in polietilene trasparente, evitando il contatto diretto.

Alternativamente, si devono utilizzare normali flaconi di plastica da 250 o 500 cc, preventivamente ripuliti e lavati con acqua ultrapura. Una volta prelevata un'idonea quantità di neve (500-1000 grammi circa, a seconda della densità) e sfilata la mano, la busta è stata chiusa evitando qualsiasi contatto con il campione prelevato, con l'interno della busta e, naturalmente, con il campione.

### **Preparazione della misura**

La neve viene portata allo stato liquido non oltre le 24 ore successive alle operazioni sul terreno, ponendo il campione in prossimità di fonti di calore, evitandone nel modo più assoluto il contatto diretto,

per evitare alterazioni dei contenitori; le misure del campione di neve fusa in acqua devono essere effettuate limitando per quanto possibile il dislivello tra quota di campionamento e quota di misura, annotando la temperatura dell'ambiente e la temperatura della soluzione in cui sono state effettuate le misure.

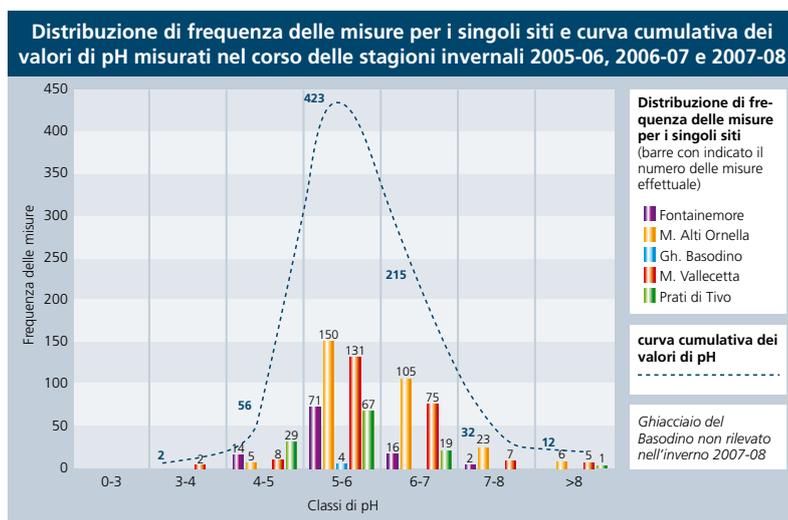
### **Sensori**

Le operazioni di calibrazione vengono effettuate: per l'elettrodo di pH, almeno una volta alla settimana, prima delle misure, ed utilizzando almeno due soluzioni di taratura (pH 4,01 e pH 10,01 nella fase iniziale); per l'elettrodo di conducibilità: almeno una volta al mese, prima delle misure, ad inizio mese ed utilizzando una soluzione di taratura (0,01 mol/l KCl).

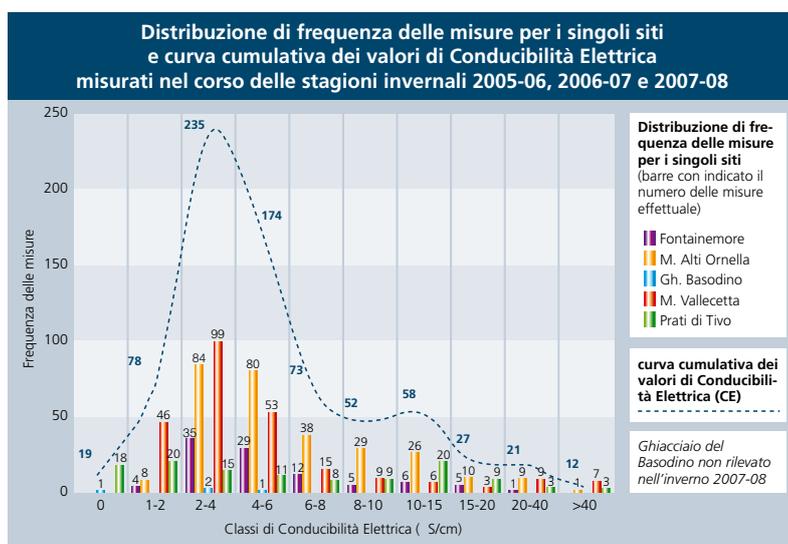
### **Misure**

Le misure sono effettuate facendo attenzione a mantenere l'elettrodo com-

**Fig. 3**  
Distribuzione di frequenza delle misure per i singoli siti (barre con indicato il numero delle misure effettuate) e, in blu, curva cumulativa dei valori di pH misurati nel corso delle stagioni invernali 2005-06, 2006-07 e 2007-08.



**Fig. 4**  
Distribuzione di frequenza delle misure per i singoli siti (barre con indicato il numero delle misure effettuate) e, in blu, curva cumulativa dei valori di Conducibilità Elettrica (CE, indicati in blu) misurati nel corso delle stagioni invernali 2005-06, 2006-07 e 2007-08.



**Fig. 5**  
Parametri statistici principali relativi al totale dei valori misurati di pH e Conducibilità Elettrica (CE) nel corso delle 3 stagioni invernali in tutti i siti di rilievo.

	Valore minimo	Dettaglio della misura	Valore massimo	Dettaglio della misura	Valore medio	Mediana	Moda
<b>pH</b>	3,98	Bormio 19/03/06 - Strato superficiale	10,20	Bormio 12/04/06 strato intermedio	5,88	5,77	6,80
<b>Conducibilità Elettrica-CE (µS/cm)</b>	0	Registrato diverse volte in diversi siti	163	Bormio 22/11/06 strato basale	7	5	3

pletamente immerso in acqua, in tutta la sezione di misura, e ad avvenuta stabilizzazione delle cifre.

Con il campione di acqua, prodotto dalla fusione della neve, vengono riempiti (utilizzando il solo beker in plastica da 50 cc fornito con il Kit dello strumento) 3 successivi campioni da misurare.

Prima di ogni riempimento il beker viene lavato accuratamente con acqua ultrapura e, successivamente, "avvinato" con l'acqua del campione.

Le misure della terna minima di sub-campioni devono cominciare con la conducibilità elettrica e, poi, con il pH, in quanto il sensore di pH può rilasciare

piccole quantità di ioni che falserebbero la misura di conducibilità, se effettuata successivamente a quella del pH.

### Registrazione dei dati

Le letture vengono registrate subito dopo ogni misura, anche riportando direttamente i dati in un foglio Excel, in maniera tale da ricavare, in via preliminare e automaticamente, il grafico ("a dispersione", in Excel) della variazione di pH e, separatamente, della CE con la profondità, ottenendo, così, il "profilo chimico-ambientale speditivo del manto nevoso", da poter confrontare con altri profili, relativi ad ulteriori momenti nell'evoluzione

della neve al suolo o con altre situazioni geografiche. Il foglio Excel utilizzato ed ottimizzato per lo scopo di raccogliere ordinatamente i dati è reso disponibile sin d'ora dagli autori agli eventuali utenti interessati.

## RISULTATI OTTENUTI NEL TRIENNIO 2005-2008

Al fine di valutare la significatività del metodo e di ottenere una "lettura" più generale possibile dei risultati ottenuti complessivamente nel corso del triennio di sperimentazione e in tutte le 4 stazioni di misura, sono stati prodotti i grafici generali delle figure 3 e 4, che riportano le distribuzioni complessive di frequenza dei valori di pH e CE. Si tratta di un totale di 740 valori per il pH e di 749 valori per la CE, che presentano le caratteristiche e i parametri statistici riportati nella tabella di figura 5.

Dall'osservazione del grafico di figura 3 si può notare come i valori del pH nel corso del triennio siano compresi in maniera molto netta nel campo dei valori acidi, con prevalenza di valori di pH compresi tra 5 e 6.

Analogamente, la curva di distribuzione della CE presenta un'asimmetria spostata verso bassi valori, con picchi di distribuzione tra 2 e 4 e con un picco secondario in corrispondenza dei campi di valori 8-15. Ogni singola stazione di misura sembra evidenziare una "impronta chimico-ambientale" caratteristica sia dal punto di vista del pH, sia della CE: la stazione di Fontainemore evidenzia un'impronta decisamente acida con contenuti ionici in termini di CE tendenzialmente ridotti, così come la stazione del Ghiacciaio Basodino; nel caso della stazione di Monte Vallecetta l'impronta chimico-ambientale si assesta intorno alla neutralità, a partire da valori debolmente acidi, con contenuti ionici generalmente modesti e solo in alcuni casi molto rilevanti, analogamente a quanto è stato registrato alla stazione di Monti Alti di Ornella; l'unica eccezione riguarda il sito di Prati di Tivo, che pre-

senta una distribuzione molto più ampia e dispersa sia nei valori del pH, sia in quelli della CE (contenuto ionico), non manifestando un'impronta caratteristica. A commento generale del *data base* dei valori di pH e CE misurati all'interno di ogni singolo strato (unitamente alle caratteristiche fisiche, cristallografiche e meccaniche) e non riportati nei grafici a causa dell'elevato numero di dati disponibili (a titolo di esempio si vedano i grafici esemplificativi e parziali in Pecci *et al.*, 2007 e Pecci *et al.*, 2008), è anche interessante presentare brevemente la distribuzione del pH e della CE all'interno del manto nevoso nelle singole stazioni di misura. Il pH mostra negli strati superficiali un'impronta più acida a Prati di Tivo e a Fontainemore, con valori maggiormente dispersi nel caso di M. Alti di Ornella, mentre, negli strati intermedi, M. Vallecetta registra una distribuzione più dispersa: negli strati intermedi e basali la distribuzione del pH generalmente in tutte le stazioni si sposta verso valori più alcalini. Nel caso della CE negli strati superficiali la distribuzione è generalmente bimodale, con picco principale e secondario rispettivamente in corrispondenza della classe 2-4 e 10-15  $\mu\text{S}/\text{cm}$  nel caso della stazione di Monti Alti di Ornella e di Prati di Tivo, della classe 4-6 e 10-15  $\mu\text{S}/\text{cm}$  nel caso della stazione Fontainemore e tipicamente unimodale su valori di 2-4 e 4-6  $\mu\text{S}/\text{cm}$  per la stazione di M. Vallecetta; negli strati intermedi la distribuzione diventa unimodale con picchi in corrispondenza di valori di 2-4 e 4-6  $\mu\text{S}/\text{cm}$  rispettivamente nelle stazioni di Fontainemore/Prati di Tivo e M. Alti di Ornella; infine, negli strati basali la distribuzione va raggiungendo una configurazione "normale" per tutte le stazioni con picco in corrispondenza della classe 2-4  $\mu\text{S}/\text{cm}$ , ad eccezione della stazione di Prati di Tivo, che presenta una distribuzione bimodale con picco principale in corrispondenza della classe 0-2  $\mu\text{S}/\text{cm}$  e secondario della classe 10-15  $\mu\text{S}/\text{cm}$ .

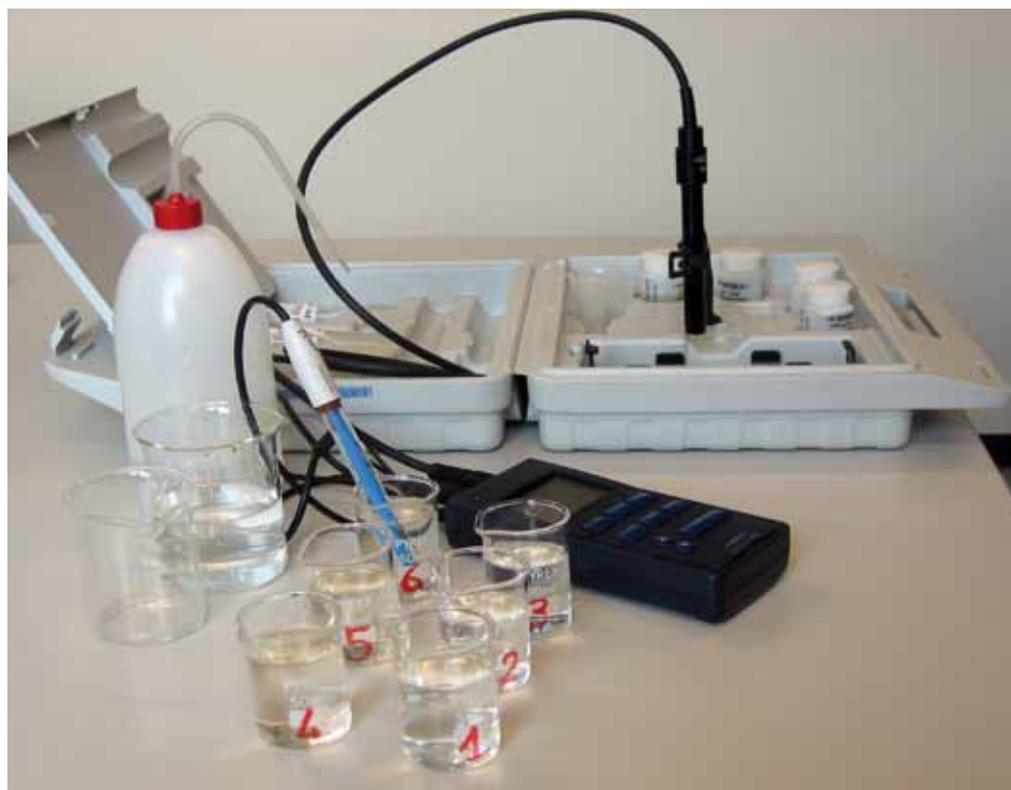
Andando a presentare sinteticamente i risultati ottenuti stazione per stazione, a Fontainemore, per quanto riguarda il

pH, si evidenzia una leggera deriva dei picchi (a partire da elevate frequenze intorno alle classi 4-5 e 5-6) verso valori più alcalini passando dallo strato superficiale a quello basale, mentre, per quanto riguarda la CE, gli strati più superficiali tendono a manifestare un contenuto ionico maggiore che non quelli profondi e intermedi. Anche per la stazione di Monti Alti di Ornella è evidente la presenza di valori più acidi per gli strati più superficiali, anche se attestati su classi più vicine alla neutralità (picco in corrispondenza della classe di valori 5-6), così come un maggior contenuto ionico negli strati più superficiali.

Nella stazione di M. Vallecetta il pH presenta valori molto dispersi con il picco di pH dello strato superficiale in corrispondenza della classe di valori tra 5-7; la CE presenta distribuzione bimodale con valori secondari per le classi 20-40  $\mu\text{S}/\text{cm}$  e >40  $\mu\text{S}/\text{cm}$ . Nel caso della stazione di Prati di Tivo e per quanto riguarda il pH, tutti gli strati presentano il picco intorno alla classe 5-6; la distribuzione della CE manifesta una geometria bimodale, che, nel caso dello strato basale, si presenta "concentrata" intorno a due picchi (classi 0-2  $\mu\text{S}/\text{cm}$  e 10-15  $\mu\text{S}/\text{cm}$ ).

Una distribuzione di questo tipo, riscontrata in tutte le stazioni, ma molto evidente nel caso di Prati di Tivo sembra legata, come confermato anche da ulteriori e più recenti studi (Brulport *et al.*, riv. Neve e Valanghe n. 66 aprile 2009), all'accumulo di ioni per eluizione, dovuto a fusione parziale all'interno del manto; questo fenomeno si verifica, preferenzialmente, durante episodi "scioccali" all'interno della stagione invernale, storicamente più frequenti in Appennino e sempre più ricorrenti, negli ultimi anni, anche sulle Alpi.

I picchi secondari caratterizzati da valori di CE minore potrebbero essere legati a eccessiva lisciviazione e dilavamento o, viceversa, ad un manto "vergine" dal punto di vista degli scambi ionici e, quindi, non ancora interessato da fenomeni di fusione. Lo strato superficiale, praticamente nella totalità delle osservazioni, presenta il picco massimo per valori di CE compresi tra 10 e 15  $\mu\text{S}/\text{cm}$ , con picco secondario per valori 2-6  $\mu\text{S}/\text{cm}$ , di cui il secondario probabilmente legato a fenomeni di fusione localizzata e concentrata, con impoverimento del contenuto in ioni dello strato superficiale, per migrazione verso il basso.



## PRESENTAZIONE DI 2 APPLICAZIONI

Infine, con lo scopo di valutare le potenzialità del "profilo chimico-ambientale speditivo del manto nevoso", vengono presentati due casi di studio, che mettono in risalto due potenziali applicazioni specifiche della metodologia.

La **prima applicazione** riguarda la valutazione speditiva della "qualità ambientale" delle masse d'aria trasportate nella circolazione atmosferica e la loro

evoluzione in rapporto alla presenza di una catena montuosa. Il caso di studio riguarda il ruolo che l'Appennino Centrale ha svolto nel condizionare la qualità ambientale della precipitazione nevosa durante il passaggio di una limitata e veloce linea di instabilità, collegata ad una debole area depressionaria centrata sulla Pianura padana, che è transitata sull'Italia peninsulare con direzione NE-SW dall'11 febbraio 2008 al 13 febbraio 2008. I rilievi sono stati eseguiti nella giornata dell'11

febbraio 2008 nella stazione di Prati di Tivo (versante adriatico dell'Appennino, sopravento rispetto alla precipitazione), nel corso della precipitazione (pari ad un totale di 15 cm di neve fresca), e il controllo sul versante tirrenico è stato effettuato il giorno 13 febbraio 2008, successivo alla precipitazione (pari ad un totale di 5 cm di neve fresca), nel campo di rilevamento neve di Colle Cicogna (versante sottovento), in prossimità di Prato di Mezzo, nelle Montagne del Parco Nazionale di Lazio Abruzzo e Molise, sottogruppo della Meta (FR), dove si stanno svolgendo ricerche sulla nevosità e le valanghe in collaborazione con l'Università "Sapienza" di Roma e con il Corpo Forestale dello Stato, a partire dalla stagione invernale 2007-08. In figura 6a sono riportati i confronti tra i valori di pH e CE registrati nelle due stazioni, da cui risulta evidente il crollo della CE e il sensibile rialzo del pH (verso termini più neutri), in concomitanza con l'avanzare della perturbazione (figura 6b). Al miglioramento della qualità ambientale della massa d'aria fa riscontro, come d'altronde ci si aspetta, una diminuzione delle precipitazioni per perdita di umidità.

La **seconda applicazione** riguarda il ruolo svolto principalmente dalla temperatura e, subordinatamente, dall'umidità relativa (contenuto in acqua liquida) nell'accompagnare e, talvolta, condizionare il chimismo della neve al suolo, in termini di pH e CE. In figura 7 sono riportati, a titolo di esempio, i grafici 3D (spazio/tempo) dell'evoluzione delle 4 variabili in studio, registrati nel corso della stagione invernale 2006-2007 nella stazione di Fontainemore. I grafici riportano i valori delle variabili chimiche (asse z) in funzione del tempo (asse x) e dello spessore del manto nevoso (asse y). I valori dei parametri, scomposti secondo i due piani XZ e YZ permettono di apprezzarne la variazione, rispettivamente, durante la stagione invernale e lungo il profilo verticale del manto nevoso; in particolare, nell'esempio riportato si apprezza come il pH presenti un *trend* (linea rossa) che mostra una deriva, con il passare della

Fig. 6a  
Confronti dei valori di pH e CE (espressi in  $\mu\text{S}/\text{cm}$ ) registrati negli strati di neve della stazione "adriatica" di Prati di Tivo (barre in colore pieno) e di quella "tirrenica" di Colle Cicogna (barre in trasparenza), relativamente al passaggio del debole fronte perturbato dei giorni 11 e 12 febbraio 2008. Di particolare interesse lo strato più superficiale (in alto), presentato nel testo. In ordinata sono riportati i valori in cm della base degli strati di neve.

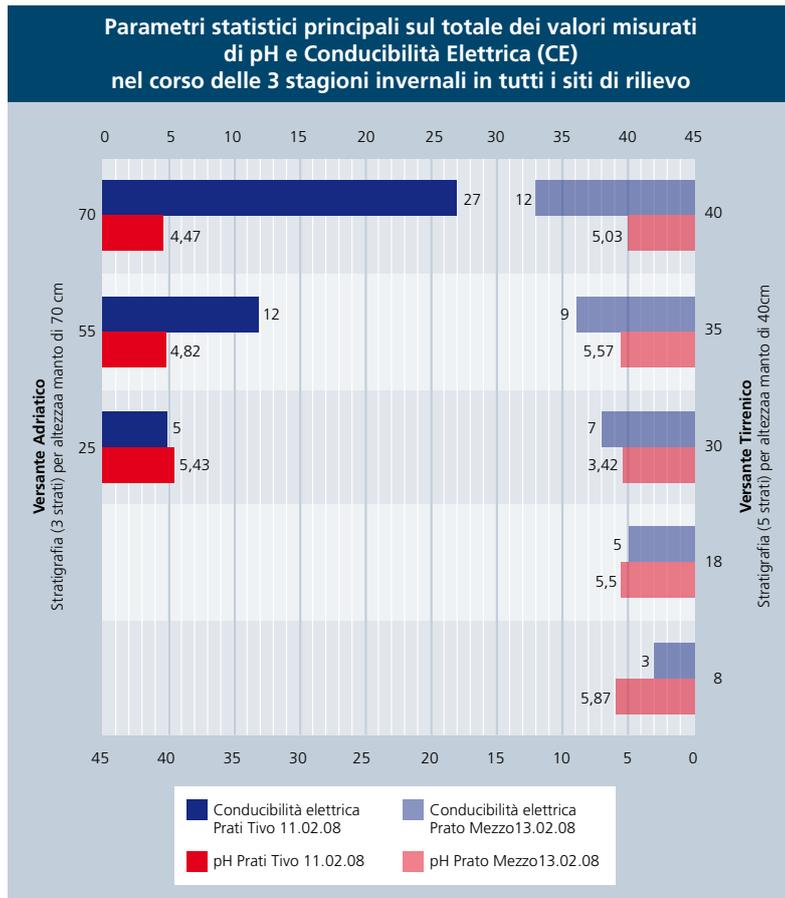
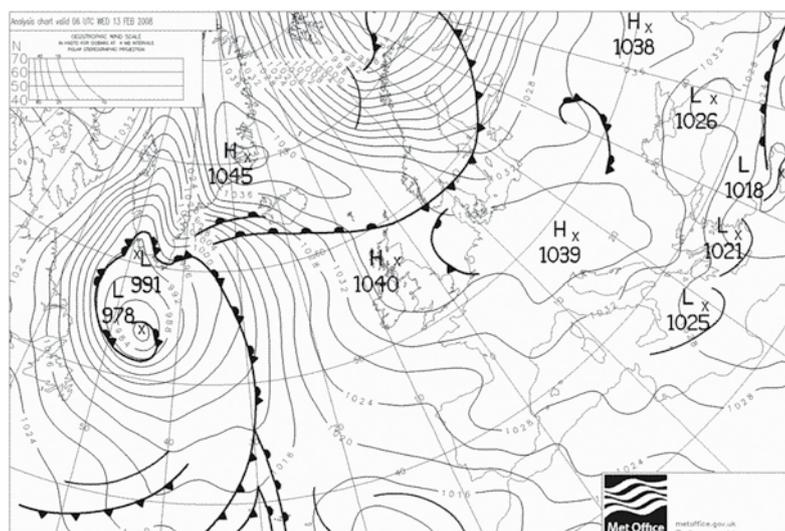


Fig. 6b  
Carta del tempo del 13 febbraio 2008 (ore 06:00 UTC), che evidenzia il passaggio dei fronti di instabilità (tratta dal sito: [www.wetterzentrale.de](http://www.wetterzentrale.de)).





stagione invernale, verso valori più bassi e quindi più acidi; il *trend* in blu (che interpola i dati nel piano YZ, ovvero lungo la verticale del manto nevoso) mostra valori di pH più acidi verso la superficie e, dopo un generale aumento del pH verso il centro del manto, si riporta nuovamente verso valori più acidi verso la base.

Tali variazioni di pH lungo il profilo verticale del manto sono, ancora una volta, probabilmente, legati al fenomeno della diluizione delle specie chimiche e tale rappresentazione grafica permette di evidenziare la condizione "standard" o tipica media di un manto nevoso, sia nello spazio (piano YZ), sia nel tempo (piano XZ).

Analoghe considerazioni valgono per i parametri: CE, umidità (contenuto in acqua liquida) e temperatura. Quest'ultima, di più facile comprensione (e come logica vuole) mostra un andamento nel tempo che, dopo un raffreddamento nella parte centrale dell'inverno, tende all'isotermità (piano XZ – linea rossa); secondo



lo spessore del manto (piano XZ – linea blu) e, invece, un *trend* analogo, ma con valori verso l'isoterma, all'interfaccia con il substrato.

Inoltre si apprezza in maniera immediata come la variazione della CE sia "in fase" con la temperatura e, subordinatamente, anche con l'umidità in termini di contenuto in acqua liquida, a differenza del pH, che mostra un andamento inversamente proporzionale ad entrambe (figura 7).

## RISULTATI E PROSPETTIVE

Al termine del triennio di sperimentazione si possono esprimere le seguenti considerazioni conclusive.

Da un punto di vista operativo e applicativo, lo svolgimento di analisi chimico-ambientali speditive nel corso dei rilievi "di routine" per la determinazione del profilo del manto nevoso fornisce interes-

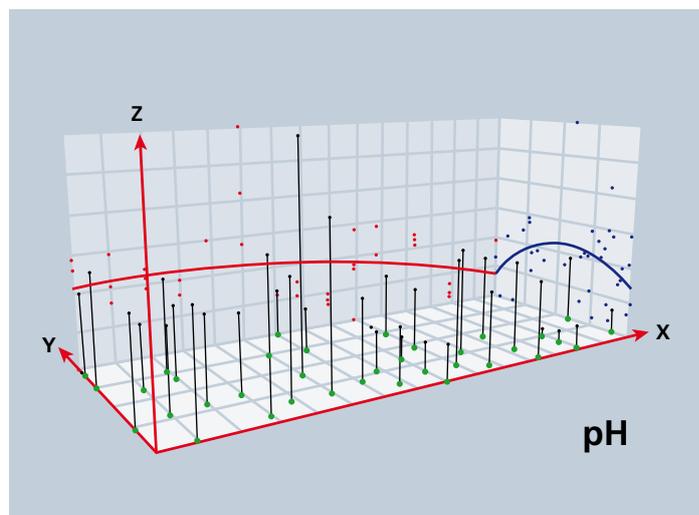
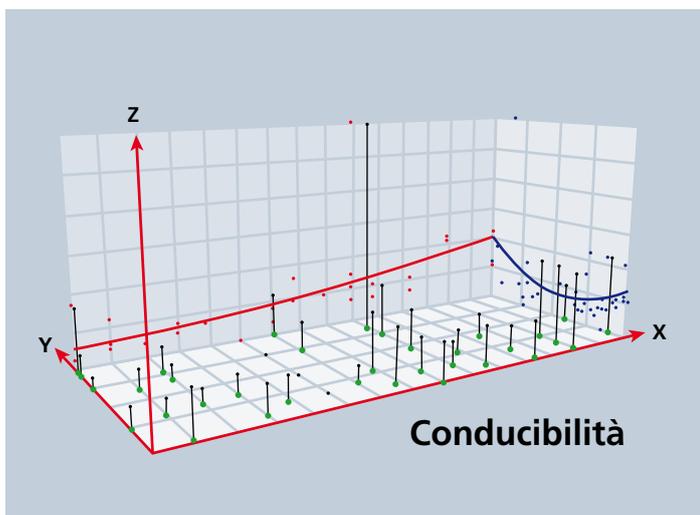
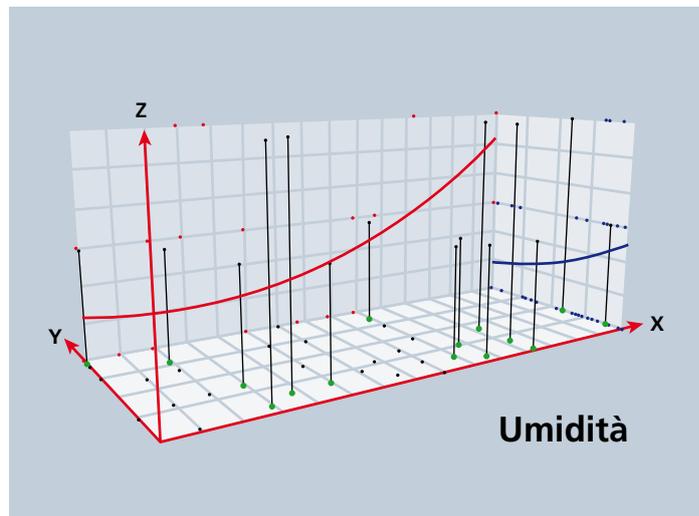
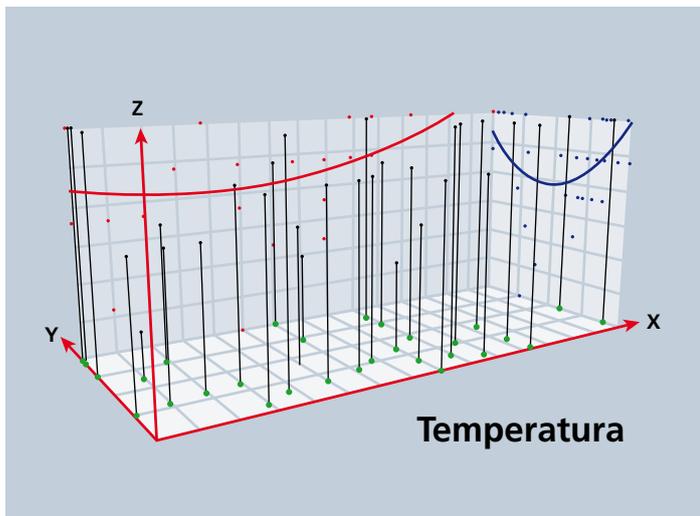
santi informazioni sulla qualità ambientale della neve, a fronte di un impegno di tempo non trascurabile, ma giudicato, anche, non eccessivo. Le informazioni raccolte permettono, inoltre, di stimare la provenienza e la qualità ambientale delle masse d'aria e della risorsa idrica immagazzinata nella neve.

Le operazioni, una volta apprese in maniera corretta dagli operatori, non presentano particolari difficoltà e sono state sintetizzate in linee guida al fine di un'auspicata diffusione del metodo in altre aree campione significative, opportunamente selezionate sul territorio italiano.

Da un punto di vista generale il monitoraggio continuo della neve al suolo nel corso della stagione invernale, così come effettuato nel test triennale, è in grado di svolgere un'azione di "allertamento preventivo" (*early warning*) nei confronti di eventuali fenomeni di concentrazioni

anomale e particolarmente pericolose di inquinanti e può essere finalizzato, anche, alla scelta di misure di mitigazione nell'individuazione delle aree eventualmente contaminate e nell'orientamento di ulteriori analisi di approfondimento.

Da un punto di vista scientifico, il metodo sembra ulteriormente confermare il ruolo che la temperatura e, subordinatamente, l'umidità della neve al suolo, in termini di contenuto in acqua liquida, esercitano sul suo chimismo, come già anticipato in Pecci *et al.* (2008) e in Brulport *et al.* (2009). Ai fini della comprensione delle dinamiche e delle possibilità di mitigazione della contaminazione, un ulteriore approfondimento di ricerca risulta quanto mai appropriato e auspicabile e l'esecuzione di profili chimico-ambientali speditivi del manto nevoso sistematici in siti nazionali significativi potrà orientare al meglio ulteriori ricerche e sviluppi.



— Trend piano YZ      ● Dati parametro      ● Dati parametro piano ZX  
— Trend piano XZ      ● Dati parametro piano YZ      ● Dati parametro piano XY

## Bibliografia

- Balerna A., Bernieri E., Pecci M., Polesello S., Smiraglia C. e Valsecchi S. (2003). Chemical and radio-chemical composition of fresh snow samples from northern slopes of Himalayas (Cho Oyu range, Tibet). *Atm. Env.*, 37, 12, pp 1573-1581, Elsevier.
- Brulport A., Filippa G., Maggioni M., Freppaz M., Pecci M. e D'Aquila P. - Influenza dell'esposizione sulle caratteristiche fisico-chimiche del manto nevoso. *Neve e Valanghe*, n. 66 pag. 42-51.
- Cagnati A. (2003). Sistemi di Misura e metodi di osservazione nivometeorologici. AINEVA, Trento, 186 pp.
- Filippa G., Freppaz M., Zanini E., Williams M. (in press). Major element chemistry in Alpine Snowpack in the Western Alps (Valle d'Aosta region, North Western Italy). *Water, Air and Soil pollution*.
- Pecci M., Smiraglia C., Maggi V., Rinaldini R., D'Agata C., Diolaiuti G., Marinoni A., Polesello S., Valsecchi S., Deamicis M. e Filippazzi M. (2004). Il glacialismo e la criosfera in area mediterranea come indicatori degli effetti delle attività industriali sugli ambienti di vita. *Prevenzione Oggi*, numero unico 2002-03, 5 – 43.
- Pecci M. (2005). In situ surveys and researches on the snow cover in high altitude: case studies in Italian and Himalayan mountain ranges. *Suppl.Geogr. Fis. Dinam. Quat.*, Suppl. VII (2005), 253-260, 8 figg.
- Pecci M., D'Aquila P., Valt M., Cagnati V., Corso T., Crepez A., Crepez G., Gabrieli J., Praolini A., Meraldi E., Berbenni F., Kappenberger G., Freppaz M., Della Vedova P., Filippa G. (2006) - Profilo chimico ambientale del manto nevoso. *Neve e Valanghe*, n. 58, Agosto 2006, 90 - 105.
- Pecci M., D'Aquila P., Valt M., Cagnati V., Corso T., Praolini A., Meraldi E., Berbenni F., Kappenberger G., Freppaz M., Della Vedova P. e Filippa G. (2008) – Il lato oscuro della neve. *SLM*, 33, Bononia Università Press, Bologna, 38 - 47.
- Pecci M. (2008) – Snow Cover on the Mountains: Still White and Pure? *Mountain Research and Development*, 28, 3-4, Aug-Nov-2008, pp. 222-225.
- Polesello S., Comi M., Guzzella L., Marinoni A., Pecci M., Roscioli C., Smiraglia C., Tartari G., Valsecchi S. e Vuillermoz E. (2007). - Chemical Composition of Fresh Snow in the Himalaya and Karakoram. In R. Baudo, G. Tartari, E. Vuillermoz, (Eds) *Mountains: Witnesses of Global Changes – Research in the Himalaya and Karakoram*, Elsevier B.V., Amsterdam, pp. 251 - 262.
- Valt M. (2006). *Neve sulle Alpi Italiane. Inverno 2006 - 2007. Neve e Valanghe*, 61, 14– 25.

Fig. 7  
Grafici 3D della variazione di temperatura, umidità in termini di contenuto in acqua liquida, CE e pH registrate nella stazione di misura di Fontainemore (AO) nel corso della stagione invernale 2006-07.

# INFLUENZA DELL' ESPOSIZIONE SULLE CARATTERISTICHE FISICO-CHIMICHE del MANTO

**Antoine Brulport,  
Gianluca Filippa,  
Margherita Maggioni  
e Michele Freppaz**  
Laboratorio Neve e Suoli Alpini,  
Università degli Studi di Torino

**Massimo Pecci,  
Pinuccio D'Aquila**  
EIM - Ente Italiano della  
Montagna

In ambiente alpino, il manto nevoso è caratterizzato da una grande variabilità spazio-temporale delle proprie caratteristiche fisico-chimiche, legata ad un insieme di parametri ambientali che condizionano la distribuzione e le caratteristiche della neve, come, per esempio, il vento e l'esposizione.

Il presente lavoro ha lo scopo di studiare la variabilità spaziale del manto nevoso "a piccola scala" per valutare l'influenza che le caratteristiche topografiche esercitano sulla sua evoluzione, aspetto spesso trascurato nella valutazione del rischio valanghivo, che può, però, presentarsi estremamente variabile anche a piccola scala.

Una serie di profili stratigrafici e di profili chimici speditivi sono stati effettuati durante la seconda parte dell'inverno 2006/2007 (da febbraio a maggio) in un valone alpino del Monte Rosa in Valle d'Aosta. Sono stati scelti tre siti a quota 2600 m slm posti a circa 50 m di distanza l'uno dall'altro con due differenti pendenze (25° e sul piano) e su tre differenti esposizioni (Nord, Sud e 360°, vale a dire in piano). Lo studio ha permesso di seguire l'evoluzione fisica (in termini di struttura e stabilità) e chimica (concentrazione in ioni, processo di rilascio degli stessi al suolo) del manto nevoso e di valutare, quindi, gli effetti dell'esposizione e della pendenza sulle caratteristiche fisico-chimiche del manto nevoso durante l'inverno. Nel corso dell'inverno, dal punto di vista fisico, il manto nevoso ha mostrato numerose differenze tra i tre siti, con ripercussioni significative sulla sua stabilità e sul regime di rilascio delle specie chimiche. Il manto nevoso del sito in piano presentava caratteristiche simili a quelle rinvenute a Nord nella parte inferiore del profilo, mentre presentava caratteristiche confrontabili col sito a Sud in superficie. Dal punto di vista chimico, il rilascio dei nutrienti è iniziato a fine febbraio a Sud e sul piano, con differenti fenomeni di "ionic pulse" nel corso del disgelo, mentre a Nord si è verificato un unico ionic pulse a fine aprile.

Questo studio dimostra che le caratteristiche fisiche del manto nevoso possono variare in modo estremo in funzione delle condizioni microtopografiche, determinando quindi differenti condizioni di stabilità del manto nevoso alla piccola scala. Le stesse condizioni topografiche determinano un processo di fusione differente nei tre siti, con conseguenze diverse sul "pool" di elementi nutritivi che giungono al suolo dalla fusione della neve.

# NEVOSO



## INTRODUZIONE

Nell'ambito di una tesi di laurea dell'Università di Lione e della École Supérieure Européenne d'Ingénierie de l'Espace Rural, una campagna di profili stratigrafici e chimici del manto nevoso è stata condotta sul massiccio del Monte Rosa al fine di valutare l'influenza dell'esposizione sulle caratteristiche della neve.

Congiuntamente ad un insieme di parametri quali il vento (accumuli, erosione), la topografia (substrato, vegetazione) o le temperature, l'intensità dell'irraggiamento solare determina in parte le caratteristiche della neve.

Tali fattori sono molto variabili in ambiente alpino e determinano quindi una grande variabilità spaziale del manto nevoso, che deve essere tenuta in considerazione, per esempio, nella valutazione del pericolo valanghe o nella stima del contenuto in acqua del manto nevoso (Snow Water Equivalent).

Da sempre, l'esposizione viene presa in considerazione nella preparazione delle gite scialpinistiche da parte dei professionisti della montagna come le Guide Alpine o dal semplice scialpinista.

Ultimamente, i Bollettini Valanghe danno indicazioni sulle esposizioni critiche, però, allo stesso tempo, l'esposizione non è ancora integrata correttamente nelle tecniche di previsione, in quanto molti profili stratigrafici utilizzati per la redazione dei Bollettini vengono realizzati presso i campi neve che si trovano sul piano.

Bisogna quindi capire come traslare le informazioni ottenute sul piano ai pendii diversamente esposti.

In letteratura non sono molti gli studi che evidenziano scientificamente l'influenza dell'esposizione sulla struttura e sull'evoluzione del manto nevoso.

L'influenza dell'esposizione è sempre stata studiata nell'ambito di ricerche sulla variabilità spaziale della neve.

Per esempio, Pielmeier (2003) ha studiato la struttura del manto nevoso a scala regionale e Birkeland et al. (1995) e Kronholm et al. (2004) a piccola scala, a livello di pendio. Tutti hanno evidenziato come le caratteristiche fisiche non siano uniformi alla scala considerata nelle loro ricerche ed hanno cercato di elaborare metodologie per la localizzazione dei pendii più propensi al distacco di valanghe.

Altre ricerche hanno analizzato la variabilità spaziale al fine di capire i processi di fusione del manto nevoso per la valutazione delle risorse idriche, per esempio nelle regioni artiche e sulle Alpi (Anderson et al., 2003; Barber et al., 2002; Bocchiola e Rosso, 2007).

La variabilità spaziale del manto nevoso ha una grande influenza sulla sua stabilità, che quindi può essere molto differente a seconda della scala a cui viene valutata. La stabilità del manto nevoso dipende fortemente dalle caratteristiche fisiche e cristallografiche della neve come per esempio durezza, umidità, tipo e di-

mensione dei cristalli, parametri legati a fattori esterni come temperatura dell'aria, irraggiamento ed attività eolica, che sono a loro volta molto variabili in relazione all'esposizione.

La chimica della neve, disciplina relativamente nuova, permette di monitorare la qualità dell'aria studiando la composizione della neve che è in grado di stoccare le specie chimiche contenute in atmosfera. Ma questa disciplina si interessa, anche, alla neve, considerandola come vettore di nutrienti e inquinanti verso gli ecosistemi alpini (suoli, acquiferi...).

Il pH della neve permette di controllare i depositi acidi, mentre la Conduttività Elettrica dà indicazioni sulle specie chimiche disciolte nel manto nevoso.

Per quanto riguarda le proprietà chimiche della neve, in passato gli studi si sono limitati ad analizzare la ripartizione delle concentrazioni dei nutrienti e degli inquinanti nel tempo e nello spazio sulle Alpi, con il progetto SNOSP dal 1991 al 1993 (Puxbaum e Wagenbach, 1994).

Più di recente, la chimica della neve è stata studiata nei Monti orientali (Nickus et al., 1998), nelle Alpi meridionali (Kuhn et al., 1998) e nelle Alpi occidentali (Filippa et al., submitted). Però le informazioni scientifiche relative all'influenza dell'esposizione sulla struttura e sulla composizione chimica della neve a "piccola scala" sono relativamente scarse.

L'obiettivo di questo studio è la valutazione qualitativa e quantitativa dell'influenza dell'esposizione sulle proprietà fisiche e chimiche della neve, analizzando anche la variabilità spaziale della stabilità del manto nevoso.

## MATERIALI E METODI

Lo studio è stato realizzato in Valle d'Aosta, nell'alta Valle del Lys (AO), a 2600 m s.l.m. presso il rifugio Squinobal Orestes Hütte, nel cuore del massiccio del Monte Rosa.

Sono stati scelti tre siti posti a circa 50 m di distanza l'uno dall'altro con due differenti inclinazioni del pendio (25° e

Fig. 1  
Visione generale dell'aria di studio.



sul piano) e su tre differenti esposizioni (Nord, Sud e 360°) (Fig. 1).

L'evoluzione del manto nevoso è stata monitorata tramite profili stratigrafici periodici, due volte a settimana quando le condizioni meteorologiche lo permettevano. In totale, nell'arco dell'intera stagione invernale, sono stati realizzati 39 profili stratigrafici.

I rilievi del manto nevoso sono stati eseguiti secondo la procedura standard dell'AINEVA (Cagnati, 2004) misurando i seguenti parametri: spessore di ogni strato, forma e dimensione dei cristalli, durezza della neve, densità e temperatura della neve.

I valori di temperatura della neve sono stati misurati ogni 10 cm utilizzando un termometro digitale a contatto (range -50/+ 50°C). Anche la temperatura dell'aria in prossimità della neve è stata registrata al fine di compararla tra i differenti siti. La temperatura dell'aria esercita infatti un'influenza sul gradiente termico e, quindi, sull'evoluzione della struttura del manto nevoso.

Per la valutazione delle dimensioni e della forma dei cristalli è stata utilizzata una lente di ingrandimento 8x munita di reticolo con dimensione di 1/10 di mm. La densità è stata misurata per ogni strato con un cilindro carotatore da 0.5 l e un dinamometro a molla da 500 g. Gli indici di durezza degli strati sono stati determinati con il test della mano (hand test).

Tutti i dati sono stati riportati facendo riferimento alla classificazione internazionale "The International Classification for Seasonal Snow on the Ground" della International Commission on Snow and Ice (Colbeck et al., 1990) e archiviati con il software YETI per generare dei grafici completi facilmente leggibili, riproducibili e comparabili.

A partire da questi dati è stato calcolato il contenuto in acqua del manto nevoso (Snow Water Equivalent).

La stabilità del manto nevoso è stata valutata per ogni profilo stratigrafico, utilizzando il test di compressione sviluppato



dai Servizi Valanghe canadesi negli anni Settanta e approfondito da Jamieson e Jonhston (1997), che sono riusciti a correlare i risultati di questo test con quelli di altri test già in uso (del blocco di slittamento e della pala).

Il test di compressione (conosciuto anche come test della colonna) consiste nell'isolare nel manto nevoso una colonna di neve con dimensioni di 30 x 30 cm x  $H_{neve}$  (Fig. 2).

Si appoggia, poi, la pala di piatto sulla colonna e si applicano successivamente diverse serie di 10 colpi sulla pala. Ogni serie si differenzia dalla precedente in quanto la forza applicata viene di serie in

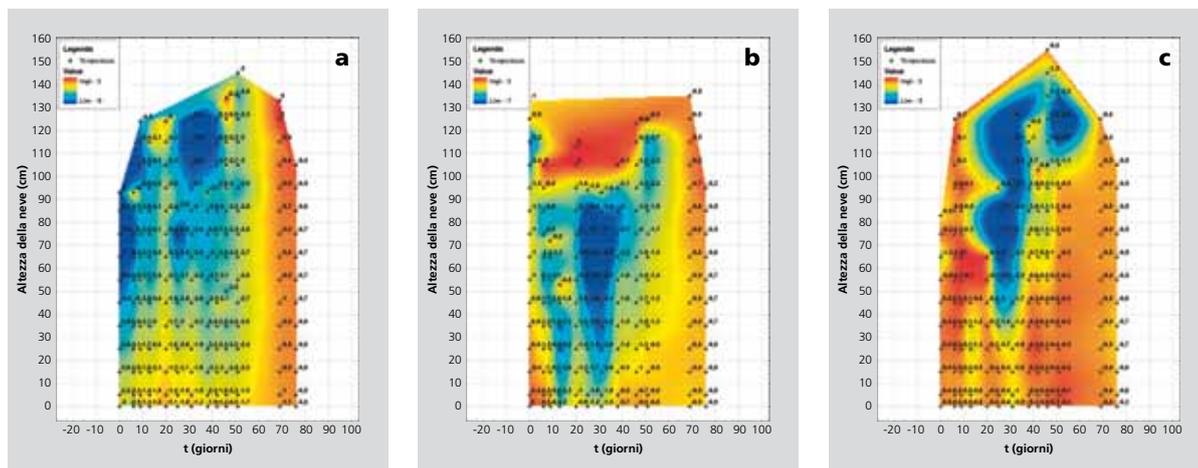
serie aumentata (Cagnati, 2004).

La compressione esercitata sulla colonna di neve genera anche una forza di taglio parallela al pendio ed eventualmente una frattura in corrispondenza di un potenziale strato debole. In caso di rottura, si annotano il numero di colpi eseguiti fino alla rottura, lo spessore del distacco ed il tipo o l'origine dello stesso (presenza di cristalli a calice, neve umida, presenza di crosta, neve ventata,...).

Per quanto riguarda la chimica della neve, ogni settimana è stato realizzato un profilo chimico del manto nevoso. In totale, nell'arco dell'intera stagione invernale,

*Fig. 2*  
Isolamento nel manto nevoso di una colonna per la realizzazione del test di compressione.

Fig. 3  
Evoluzione della temperatura della neve nel sito a Nord (a), sul piano (b) e a Sud (c).



sono stati realizzati 24 profili chimici. Il prelievo è stato effettuato indossando guanti di laboratorio monouso e sterili. La neve è stata raccolta carotando orizzontalmente ogni 10 cm con il contenitore stesso, da 500 ml e in PVC. I contenitori erano stati precedentemente lavati e preparati con acqua distillata (4 lavaggi) e ultrapura (1 lavaggio) in laboratorio. Per le misure di pH e Conducibilità Elettrica, i campioni prelevati sono stati analizzati il giorno successivo al prelievo per permettere alla neve di fondere totalmente e di raggiungere una temperatura di circa 20° C (temperatura standard di taratura degli strumenti). Per la determinazione del pH della neve è stato utilizzato un pHmetro pH 340i, mentre per la Conducibilità Elettrica un Tetracon 325. Gli strumenti sono inclusi in un kit leggero trasportabile che permette quindi il loro utilizzo direttamente in campo, kit messo a punto dall'Ente Italiano della Montagna per la realizzazione di profili chimici specifici (Pecci et al., 2006). In alcuni casi, per ragioni logistiche, i campioni sono stati conservati in laboratorio in un freezer a -15 °C ed analizzati successivamente.

I dati forniti dai rilievi in campo sono stati elaborati da differenti software al fine di ottenere i grafici mostrati nelle figure. Per determinare se le differenze tra i siti fossero significative o meno, ci si è avvalsi del software di analisi statistica SPSS. Una prima e grezza analisi dei dati ci ha condotto ad esaminare il profilo separato

in una parte composta dagli strati superficiali ed in una composta dagli strati basali. Al fine di inquadrare le condizioni generali, viene presentato l'andamento meteorologico dell'inverno realizzato sulla base dei dati delle stazioni nivometeorologiche automatiche della rete della Regione Valle d'Aosta, già parzialmente elaborati nel Rendiconto Nivometeorologico 2007-2008, redatto dall'Ufficio Neve e Valanghe della Regione in collaborazione con il Laboratorio Neve e Suoli Alpini dell'Università di Torino. In quanto situate a meno di un chilometro in linea d'aria dal sito di studio, sono stati utili, per una visione generale delle condizioni meteorologiche della stagione nell'area di studio, i dati della stazione nivometeorologica automatica della Regione Valle d'Aosta posta nei pressi del Lago Gabiet (2400 m slm) e della stazione del Comando Truppe Alpine - Servizio Meteomont - localizzata nei pressi dell'Istituto Scientifico A. Mosso (2901 m slm). Inoltre, un data-logger per la misura della temperatura e dell'umidità dell'aria è stato installato ad hoc nei pressi del sito di studio, presso il Rifugio Squinobal Orestes Hütte.

## QUADRO METEOROLOGICO DELL'INVERNO 2007-2008

Dopo le prime nevicate dei mesi di novembre (50 cm) e dicembre (80 cm), l'anno 2008 inizia con significative precipitazioni sull'intera Valle d'Aosta (70 cm accumulati tra il 3 e il 6 gennaio, 100 cm nei giorni 11 e 12 gennaio).

Al contrario, la seconda parte del mese, influenzata dalla presenza di un anticiclone sull'Atlantico, è caratterizzata dall'assenza di precipitazioni e da temperature anormalmente elevate con medie giornaliere dell'aria superiori a +1 °C a 2400 m slm tra il 19 e il 21 gennaio 2008. Anche il mese di febbraio risulta poco nevoso e, a partire dal 21, condizioni meteorologiche primaverili si instaurano sotto l'influenza di un'alta pressione posizionata sull'Europa centrale. Tale configurazione si traduce in temperature positive durante il giorno e in un gelo notturno poco pronunciato fino a 2400 m slm. È così che il 26 febbraio, durante un profilo nivologico nei siti di studio, viene rilevata una temperatura dell'aria di +8 °C e a La Thuile, il 23 febbraio, viene osservata una vipera, fatto insolito ed esemplificativo delle condizioni meteorologiche di questo insolito periodo invernale. Dal 3 marzo, la rotazione delle correnti da Ovest favorisce il ritorno di condizioni più tipicamente invernali. Questo mese vede il passaggio di alcune perturbazioni accompagnate da deboli precipitazioni sul massiccio del Monte Rosa. Il manto nevoso è fortemente rimaneggiato da un'intensa attività eolica e le temperature dell'aria risultano pari o inferiori alla media stagionale. La fine del mese vede il ritorno di un anticiclone sull'Atlantico accompagnato da giornate soleggiate e da un rialzo delle temperature medie giornaliere. Il primo aprile, l'anticiclone determina la discesa di un sistema depressionario

dalla Francia verso il Mediterraneo che porta aria umida e vento, ma senza precipitazioni sul sito di studio. Dal 4 aprile una depressione centrata sul Mare del Nord porta una netta diminuzione delle temperature, particolarmente sensibile in montagna. Tra il giorno 8 e il 10, una serie di perturbazioni attraversano il territorio valdostano portando nevicate frequenti, anche a bassa quota, ma non particolarmente intense.

A partire dal 10 aprile, una vasta depressione determina un flusso di correnti atlantiche umide che portano nuove nevicate (30 cm). Dopo una breve pausa, una depressione centrata sui Balcani porta un fronte umido verso le Alpi, tipica situazione che genera precipitazioni consistenti. Si registrano 30 cm di neve fresca tra il 17 e il 19 aprile, prima che una nuova perturbazione deponga 50 cm di neve fresca i giorni 20 e 21 aprile.

La fine di aprile e l'inizio di maggio vedono il ritorno di giornate soleggiate e l'aumento generale delle temperature su tutta la regione. Il tempo rimane stabile fino al giorno 8 maggio, grazie alla presenza di un potente anticiclone posizionato sulla Danimarca.

Dal 10 maggio, l'instabilità atmosferica aumenta nettamente sulla Valle d'Aosta e su tutte le Alpi occidentali; il passaggio di numerose perturbazioni portano 20 giorni di pioggia, che purtroppo daranno luogo a fenomeni alluvionali in Piemonte e Valle d'Aosta tra il 29 e il 31 maggio.

La neve nel sito di studio è rimasta al suolo fino ad inizio giugno, ma per lo studio in oggetto i rilievi sono terminati il 9 maggio.

## RISULTATI E DISCUSSIONE

### Struttura del manto nevoso

#### Temperatura

Dall'analisi dei dati raccolti, si è notato come l'esposizione intervenga in modo diretto sulla temperatura della neve, modificando quella degli strati superficiali e, quindi, influenzando indirettamente il

valore del gradiente termico (Figura 3). Per quanto riguarda gli strati superficiali (si considerano i primi 30 cm) si è generalmente osservato un riscaldamento nel sito esposto a Sud e sul piano e un raffreddamento nel sito esposto a Nord. Durante i periodi freddi l'influenza della temperatura dell'aria può risentirsi fino a un metro di profondità nel manto nevoso, che comunque mantiene il suo potere isolante sul substrato.

Questa intrusione di freddo, più marcata a Sud e sul piano, dovuta probabilmente alla presenza di cristalli di tipo 3 con maggiore densità e conducibilità termica, genera l'instaurarsi di gradienti termici locali forti ed eventualmente la formazione di sottili strati di cristalli sfaccettati (che possono indebolire e destabilizzare il manto nevoso).

In media, le temperature basali dell'intera stagione sono risultate differenti nei tre siti:  $-0,4\text{ }^{\circ}\text{C}$  a Sud,  $-0,8\text{ }^{\circ}\text{C}$  sul piano e  $-1,5\text{ }^{\circ}\text{C}$  a Nord. Questo fatto si può spiegare chiamando in causa una maggiore e mi-

gliore efficienza del flusso geotermico, che risulta più intenso a Sud e sul piano. Infatti, d'estate, questi suoli immagazzinano più calore e quindi ne rilasciano, a parità di flusso geotermico in maggiore quantità d'inverno, riscaldando la base del manto nevoso. I differenti valori di temperatura basale definiranno gradienti termici e quindi metamorfismi differenti nei tre siti. L'isotermia è stata osservata a Sud dal primo profilo (26 febbraio 2008), a causa delle anomali condizioni meteorologiche riscontrate nel mese di febbraio e tipiche, invece, della stagione primaverile, mentre le condizioni tipicamente invernali di marzo hanno instaurato, temporaneamente, condizioni favorevoli alla crescita cinetica da gradiente di temperatura. L'isotermia precoce può avere conseguenze sui processi di fusione e sul ciclo di rilascio dei nutrienti. In corrispondenza del sito in piano, l'isotermia è stata raggiunta a fine aprile 2008, 15 giorni prima rispetto al sito a Nord, dove si è instaurata ad inizio maggio.



*Fig.4  
Colonna di ghiaccio:  
si noti la dimensione  
notevole.*

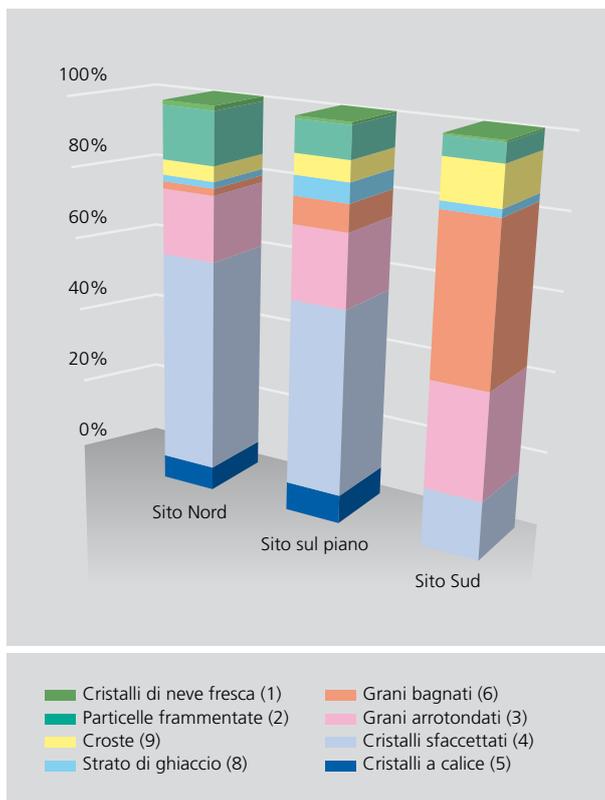


Fig. 5  
Composizione  
cristallografica media  
del manto nevoso nei  
tre siti.

### Caratteristiche cristallografiche

Nel sito a Nord, in tutti i profili nivologici realizzati è stato rilevato uno strato basale di 20-30 cm caratterizzato da cristalli a calice (tipo 5). Anche sul piano, in tutti i profili, era presente uno strato basale di 30-50 cm formatosi in seguito a metamorfismo da gradiente medio ed elevato: cristalli a calice e sfaccettati (tipo 5 e 4). Il maggior spessore dello strato basale sul piano, rispetto al sito a Nord, può essere legato al fatto che la temperatura della neve fosse più vicina agli 0 °C, migliorando così l'efficienza dei processi di metamorfismo da gradiente di temperatura (costruttivo). Nel sito a Sud, la base del manto nevoso era inizialmente

costituita da grani arrotondati (tipo 3), che si sono trasformati rapidamente in grani da fusione e rigelo (policristalli di tipo 6). Tale trasformazione potrebbe essere conseguenza delle elevate temperature del 14 marzo 2008, che hanno umidificato il manto nevoso; l'acqua di fusione ha percolato fino alla base del manto nevoso prima di rigelare, legando i cristalli tra di loro. Durante questo episodio sono state osservate colonne di ghiaccio di notevoli dimensioni (Figura 4). Sono state, anche, rilevate croste di ghiaccio vicine alla base del manto nevoso, contrariamente a quanto osservato nel sito a Nord e sul piano, dove la fusione non è mai stata abbastanza intensa da raggiungere la base del manto nevoso.

In superficie il manto nevoso nei tre siti si è mostrato molto variabile, con presenza di croste da vento, neve fresca, croste da fusione e rigelo, etc.: nessun sito è stato caratterizzato da un unico tipo di neve. In diverse occasioni, erano presenti però, al momento dei tre rilievi nivologici nella medesima data, un sottile strato di Firn Spiegel nel sito a Sud e di brina di superficie in quello a Nord. Inoltre, si è osservato che la neve fresca (tipo 1) e le particelle parzialmente frammentate (tipo 2) si sono conservate più a lungo a Nord e che numerose croste sono state ritrovate a Sud e sul piano, conseguenza di più cicli di fusione/ rigelo. Le caratteristiche del manto nevoso sui tre differenti siti (in particolare quelle suddette) sono strettamente legate all'esposizione.

La Figura 5 riassume la composizione me-

dia del manto nevoso nei tre siti di studio.

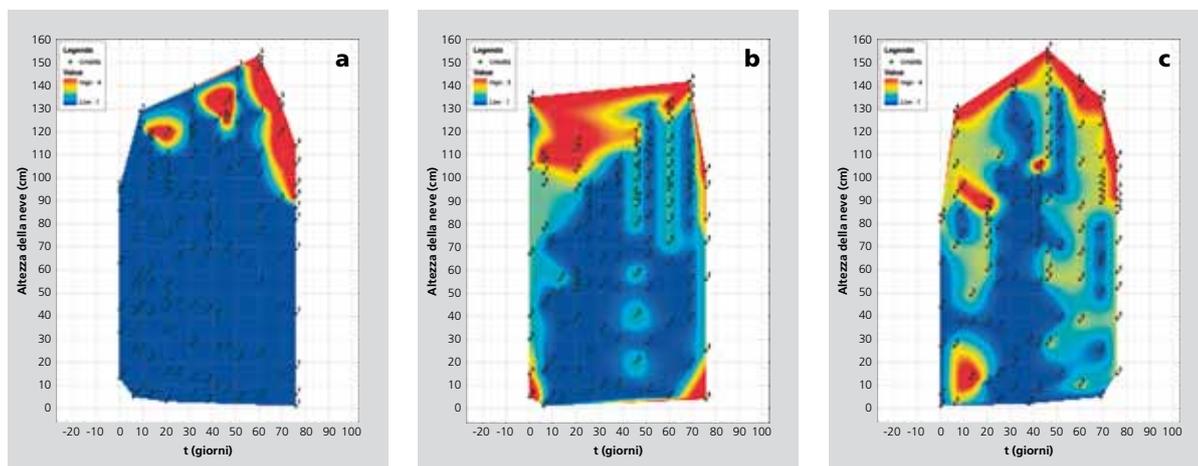
### Umidità e durezza della neve

Nel sito a Nord è stata rilevata presenza di acqua liquida limitatamente alla superficie del manto in corrispondenza di due episodi di rialzi termici anomali e a fine stagione, con l'avvento di temperature positive dell'aria. Nel sito sul piano la situazione è rimasta immutata per tutta la stagione, tranne che in corrispondenza degli stessi due episodi di rialzi termici, quando l'umidità è aumentata anche più in profondità, raggiungendo la base del manto nevoso, con presenza di acqua mescolata a neve, rilevata durante il primo e l'ultimo profilo della stagione. In corrispondenza di tali periodi, a Sud, negli strati basali è stata rilevata la presenza di neve umida, ma mai neve mista ad acqua, come invece nel sito in piano. Probabilmente, la pendenza del sito a Sud ha permesso all'acqua di migrare verso il piano, dove invece è ristagnata prima di infiltrarsi nel suolo, senza mai riscontrare uno strato basale di ghiaccio.

Negli strati superficiali, nei siti a Sud e sul piano, l'umidità è risultata molto più elevata che nel sito a Nord, soprattutto dopo il 10 aprile 2008, quando si sono instaurate condizioni meteorologiche decisamente primaverili (Figura 6).

Per quanto riguarda la durezza della neve, misurata con il "Test della mano", le principali differenze osservate si ritrovano alla base del manto nevoso, dove i cristalli a calice nei siti a Nord e sul piano hanno evidenziato una resistenza molto bassa (valori pari a 1 e 2), mentre nel sito a Sud,

Fig. 6  
Evoluzione dell'umidità  
della neve nel sito a  
Nord (a), sul piano (b) e  
a Sud (c).



in seguito al rigelo dell'acqua, la resistenza si manteneva elevata (valori compresi tra 5 e 6) su quasi un metro di spessore. Negli strati superficiali la resistenza è risultata bassa in corrispondenza di tutti e tre i siti, ma per motivi differenti.

Nel sito a Nord la resistenza era bassa per la presenza di neve fresca o neve ventata, mentre in quello a Sud e sul piano la bassa resistenza era legata ai processi di riscaldamento, dovuto ad irraggiamento solare.

## STABILITÀ DEL MANTO NEVOSO

Non si sono osservate grandi differenze in merito all'indice di stabilità, tranne in primavera inoltrata, quando la stabilità è risultata minore a Sud. Si ipotizza che lo strato superficiale fosse meno stabile a Sud, in quanto l'alto contenuto in acqua liquida diminuiva la coesione tra i grani. Seppur non sia stata riscontrata una grande diversità nei valori dell'indice di stabilità tra i tre siti, è però interessante notare la differenza significativa nello spessore di neve coinvolto nel distacco: nel sito a Nord in media è stato di 56 cm con un massimo di 120 cm, mentre nel sito a Sud di soli 18 cm. Nell'analizzare la struttura del manto nevoso durante il test di compressione (Jamieson, e Johnston, 1997), si sono identificati 4 tipi di manto (Figura 7) tra i 10 descritti da McClung e Schaerer (1996). Nel sito a Nord il profilo del riquadro C mostrato in Figura 7 rappresenta più del 50% dei casi: è favorito dalla conservazione di neve asciutta negli strati superficiali a debole coesione (neve fresca o soffiata). Il profilo del riquadro A

descrive i distacchi dovuti alla presenza di cristalli a calice alla base di un manto nevoso relativamente coeso (38% dei casi). Una pressione meccanica di sufficiente intensità (passaggio di uno sciatore) può provocare uno sprofondamento/crollo dell'intero manto nevoso (Figura 8). Nel sito a Sud il caso più frequente è stato il distacco di uno strato di neve umida (profilo del riquadro D in Figura 7), perché favorito dall'intenso irraggiamento solare, con il 64% dei casi; inoltre, anche il profilo del riquadro C rappresenta una frazione importante (36%) dei casi ed è favorito dalla formazione di numerose croste da fusione/rigelo che fungono da piano di slittamento per gli strati superficiali. La variabilità di questi risultati evidenzia una grande differenziazione nell'evoluzione dei fenomeni valanghivi alla scala naturale.

## CARATTERISTICHE CHIMICHE

### Profili di pH

Dai grafici di Figura 9 si osserva come all'inizio del mese di marzo il pH medio diminuisca nel sito a Nord e sul piano (0,5 in 10 giorni) mentre aumenti in quello a Sud. L'aumento del pH a Sud è probabilmente imputabile al processo di fusione che ha determinato il rilascio preferenziale di alcune specie chimiche acide su altre (*Preferential Elution*, Kuhn et al., 1998). Nei siti a Nord e sul piano è possibile ipotizzare che l'abbassamento del pH sia legato alle basse temperature dei giorni 3, 4 e 5 marzo 2008, che favoriscono la ritenzione dell'anidride carbonica, perché

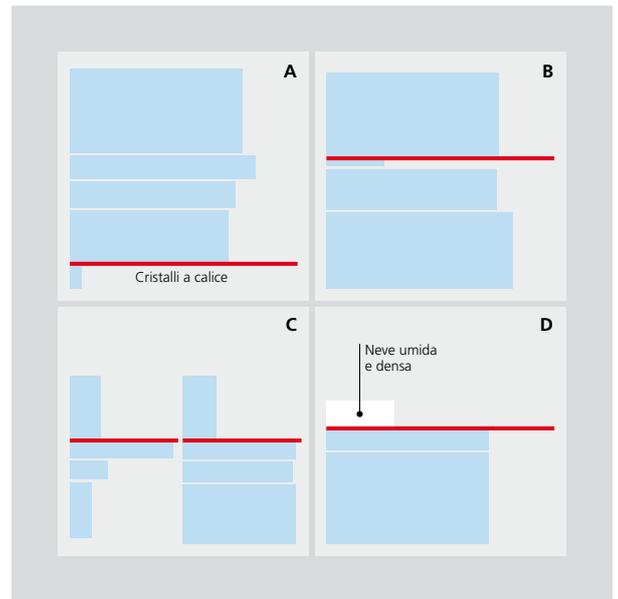


Fig. 7  
Differenti tipi di struttura del manto nevoso rilevati nei profili nivologici.

Fig. 8  
Test di compressione: esempio di rottura alla base del manto avvenuta il 4 marzo 2008.

meno volatile (Pecci et al., 2006).

Dopo quest'episodio, il pH medio aumenta in ogni sito (in modo più rapido a Nord e sul piano), anche se una nevicata tardiva apporta un strato di neve più acido in superficie (20 cm). L'aumento del pH in prossimità della base del manto nevoso è legato a scambi di soluti ed alla concomitanza di neutralizzazione tra man-

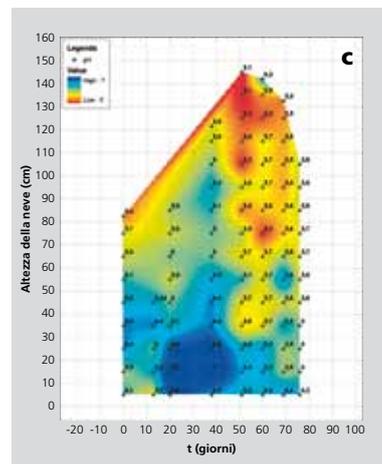
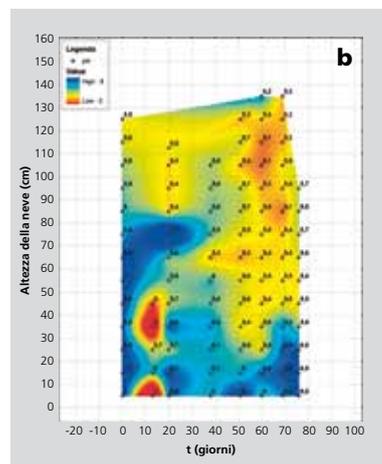
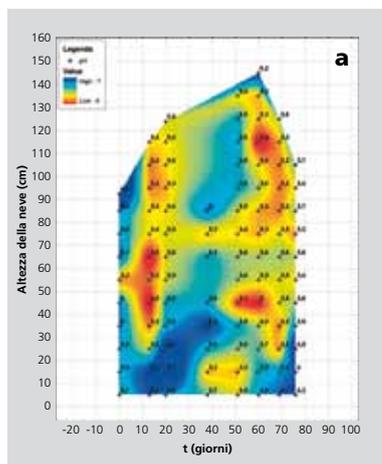
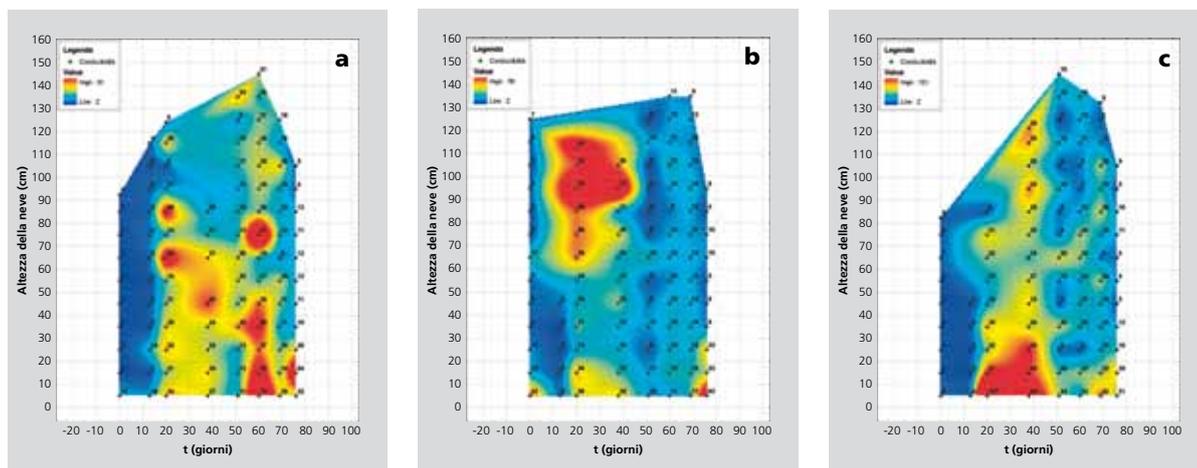


Fig. 9  
Evoluzione del pH della neve nel sito a Nord (a), sul piano (b) e a Sud (c).

Fig. 10  
Evoluzione della  
Conducibilità Elettrica  
della neve nel sito a  
Nord (a), sul piano (b) e  
a Sud (c).



to nevoso e substrato. Durante il mese d'Aprile, il pH si abbassa generalmente, in accordo con quanto osservato in molti studi di chimica del manto nevoso (ad esempio Kuhn et al., 1998). Questo fenomeno (noto come "spring deposition", secondo Maupetit et al., 1995; Kuhn et al., 1998) è riconducibile alla transizione tra le stabili condizioni atmosferiche invernali e quelle primaverili, caratterizzate invece da moti convettivi che determinano il trasporto di masse d'aria dalla pianura (quindi ricche di soluti) alla testata delle valli alpine, causando un'incremento nella deposizione di specie chimiche sul manto nevoso. L'ipotesi è ulteriormente confermata dal fatto che in tale periodo le precipitazioni siano state determinate da masse d'aria provenienti da Sud-Est (Pianura Padana), sicuramente caratterizzate da pH più acidi a causa delle attività antropiche. A fine stagione il pH medio inizia ad aumentare, inizialmente nel sito a Sud (15 aprile 2008), quindi in quello sul piano (24 aprile 2008) ed infine in quello a Nord (2 maggio 2008), in coincidenza con il processo di fusione incipiente. L'incremento del pH durante la fusione è imputabile ancora al fenomeno di eluzione preferenziale. Alcuni studi mostrano infatti che le specie chimiche acidificanti ( $\text{NO}_3^-$ ,  $\text{SO}_4^{2-}$ ) vengono rilasciate per prime, causando un innalzamento del pH nel manto nevoso (Kuhn et al., 1998). Si nota, anche, che per l'intero periodo le variazioni di pH hanno rispettato una gerarchia spazio-temporale, secondo la quale i processi procedevano da Sud verso Nord e verso il piano.

### Profili di Conducibilità Elettrica

Si osserva dai grafici di Figura 10 come l'intero manto nevoso sia caratterizzato da basse CE e come tali valori vadano decrescendo fino al giorno 8 marzo 2008. Tali andamenti, confermati anche dai pattern del pH, permettono di identificare lo *ionic pulse* all'interno dei manti nevosi dei tre siti indagati, con un effetto meno pronunciato in quello a Nord.

Le temperature dell'aria relativamente elevate di fine febbraio 2008 hanno determinato uno *ionic pulse* anticipato rispetto a quanto accade di norma a queste quote. In questo caso i suoli gelati possono rimanere tali in superficie e i nutrienti rilasciati dalla fusione possono andare incontro a ruscellamento e non essere trattiene dal suolo, con una perdita netta di nutrienti e potenziali effetti acidificanti sulle acque di superficie (Williams e Tonnessen, 2000). Considerando i due ultimi inverni, si nota una tendenza che vede l'alternanza di periodi relativamente caldi (ad esempio il 19 gennaio 2007 con  $20^\circ\text{C}$  a Torino) ad altri più freddi.

Queste situazioni potranno ripetersi più frequentemente rispetto al passato, con conseguenze ancora parzialmente sconosciute ma con un sicuro effetto sul ciclo biogeochimico dei nutrienti nei fragili ecosistemi alpini.

I grafici, inoltre, mostrano un incremento della conducibilità che riflette un apporto chimico nei giorni precedenti il 2 aprile 2008. È interessante notare come nel sito sul piano l'incremento si osservi in superficie, mentre in quelli a Sud e a

Nord appena sotto la superficie. Dai profili stratigrafici si rileva che nei siti a Nord e a Sud gli strati superficiali sono composti da neve ventata che probabilmente si è sovrapposta agli strati interessati da deposizione. Sempre all'inizio di aprile si osserva, anche, un'interessante ripartizione delle specie chimiche lungo i profili.

Nel sito a Sud la CE massima si ritrova alla base del manto nevoso, inducendo a ritenere, quindi, che le specie chimiche siano state eluite fino alla base del manto, a causa del processo di fusione.

Nel sito sul piano, invece, le specie si sono accumulate in superficie, senza evidenze di eluzione verso la base del manto, mentre in quello a Nord sono equamente distribuite lungo il profilo. Un nuovo *ionic pulse* è riscontrabile nei giorni intorno al 10 aprile 2008 e coincidente con temperature dell'aria relativamente elevate. Tale fenomeno è responsabile del rilascio della quasi totalità della specie chimiche nei manti nevosi dei siti a Sud e sul piano, dove la CE media diminuisce di più di 20  $\mu\text{S}/\text{cm}$  in pochi giorni, mentre la diminuzione è molto più limitata in quello a Nord (5  $\mu\text{S}/\text{cm}$ ), ad indicare un rilascio molto inferiore rispetto agli altri due.

Il grafico dell'evoluzione della Conducibilità Elettrica nel sito a Nord, ritenuta l'esposizione più adatta per studiare le deposizioni chimiche, essendo quella in cui il processo di fusione avviene più lentamente, dimostra che le precipitazioni di aprile 2008 hanno arricchito di specie chimiche il manto nevoso per effetto di "spring deposition". Nei siti a Sud e sul

piano questo fenomeno è meno visibile, poiché la neve appena depositata va incontro quasi immediatamente al processo di fusione e gli ioni vengono quindi velocemente allontanati verso la base del profilo e progressivamente rilasciati al suolo.

Alla fine dell'inverno (24 aprile 2008) si osserva un forte *ionic pulse* nel sito a Nord, mentre a Sud e sul piano avviene il rilascio delle ultime specie ancora presenti nella neve. Analogamente a quanto osservato per il pH, la CE diventa nuovamente confrontabile sui tre siti.

## CONCLUSIONI

Questo studio dimostra la grande influenza dell'esposizione sulle proprietà, sia fisiche che chimiche, del manto nevoso. L'esposizione agisce direttamente (conservazione della neve fresca, fusione e rigelo) e indirettamente (formazione di cristalli a calice e croste in profondità) sulla struttura del manto nevoso. Le osservazioni svolte sul campo, supportate da analisi statistiche, hanno dimostrato come gli strati basali di un sito localizzato in un'area in piano siano paragonabili a

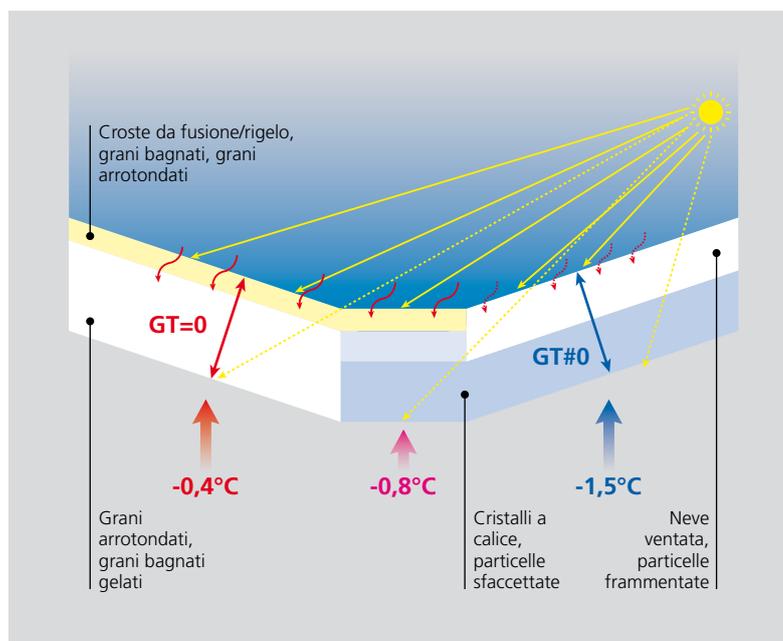


Fig. 11  
Schema riassuntivo dei principali fenomeni fisici che influiscono sulla struttura del manto nevoso in funzione dell'esposizione.

quelli di un sito esposto a Nord, mentre i suoi strati più superficiali sono simili a quelli di un sito esposto a Sud (Figura 11). Questi risultati preliminari, supportati da ulteriori studi in condizioni geografiche e climatiche diverse, potrebbero risultare molto utile ad estendere le caratteristiche del manto nevoso rilevate durante i profili nivologici effettuati nei campi neve in piano ai versanti circostanti.

I risultati di questo studio confermano la validità della metodologia di valutazione della stabilità del manto nevoso attualmente utilizzata dai servizi valanghe dell'arco alpino, in quanto la realizzazione di profili nivologici nei classici campi neve in piano permette di ottenere una visione abbastanza soddisfacente della struttura del manto nevoso presente anche sui versanti.

## Bibliografia

- Anderton, S.P., White, S.M. e Alvera, B. (2003). Evaluation of spatial variability in snow water equivalent for a high mountain catchment. *Hydrological Processes*, 18(3), 435-453.
- Barber, D.G., Iacozza, J. e Walker, A.E. (2003). Estimation of snow water equivalent using microwave radiometry over Arctic first-year sea ice. *Hydrological Processes*, 17(17), 3503-3517.
- Birkeland, K.W., Hansen, K.J. and Brown, R.L. (1995). The spatial variability of snow resistance on potential avalanche slopes. *Journal of Glaciology*, 41(137), 183-190.
- Bocchiola, D. e Rosso, R. (2007). The distribution of daily snow water equivalent in the central Italian Alps. *Advances in Water Resources*, 30(1), 135-147.
- Cagnati (2004). Strumenti di misura e metodi di osservazione nivometeorologici. AINEVA. 133 pp.
- Colbeck, S.C., Akitaya, E., Armstrong, R., Gubler, H., Lafeuille, J., Lied, K., McClung, D. e Morris, E. (1990). The international classification for seasonal snow on the ground. Wallingford, Oxon, International Association of Scientific Hydrology. International Commission on Snow and Ice.
- Filippa G., Freppaz M., Williams M.W., Zanini E. (submitted). Major Element Chemistry in Alpine Snowpacks of the Western Alps (Vallee d'Aosta). *Water, Air and Soil Pollution*, submitted.
- Jamieson, B. e Johnston, C. (1997). The compression test for snow stability. *Proceedings of the 1996 Int. Snow Sci. Workshop, Banff, Canada*, 118-125.
- Kronholm, K. (2004). Spatial variability of snow mechanical properties with regard to avalanche formation. Ph.D. Dissertation, Department of Geography, University of Zurich. 187 pp.
- Kuhn, M., Haslhofer, J., Nickus, U. e Schellander, H. (1998). Seasonal development of ion concentration in a high alpine snowpack. *Atmospheric Environment*, 32, 4041-4051.
- McClung, D. e Schaerer, P. (1996). *Manuale delle valanghe*, Zanichelli
- Maupetit, F., Wagenbach, D., Weddeling, P. e Delmas, R. (1995). Seasonal fluxes of major ions to a high altitude cold alpine glacier. *Atmospheric Environment*, 29, 1-9.
- Nickus, U., Kuhn, M., Novo, A. e Rossi, G.C. (1998). Major element chemistry in alpine snow along a north-south transect in the Eastern Alps. *Atmospheric Environment*, 32(23), 4053-4060.
- Pecci, M., D'Aquila, P., Valt, M., Cagnati, A., Corso, T., Crepez, A., Crepez, G., Gabrieli, J., Praolini, A., Meraldi, E., Berbenni, F., Freppaz, M., Dellavedova, P., Filippa, G. (2006). *Profilo chimico-ambientale del manto nevoso*. *Neve e Valanghe*, 58.
- Pielmeier, C. (2003). *Textural and mechanical variabilità di mountain snowpacks*. Ph.D. Dissertation, University of Bern. 127 pp.
- Puxbaum, H. e Wagenbach, D. (1994). High Alpine Precipitation Chemistry. In: Borrel P.M. et al., *Proceedings of the EUROTRAC Symposium 94*, eds: 597-605.
- Ufficio Neve Valanghe, Regione autonoma Valle d'Aosta, *Rendiconto Nivometeorologico 2007-2008*.
- Williams, M.W. e Tonnessen, K.A. (2000). Critical loads for inorganic nitrogen deposition in the Colorado Front Range, USA. *Ecological Applications* 10 (6), 1648-1665.



## SITO INTERNET AVALANCHE FIRST RESPONSE TRAINING

<http://access.jibc.bc.ca/avalancheFirstResponse/index.htm>

Questo che vi segnaliamo è uno dei più avanzati siti internet, in lingua inglese o francese, dedicati all'acquisizione on-line di nozioni base utili a muoversi, in sicurezza, in terreno valanghivo e ad intraprendere l'autosoccorso in caso d'incidente. Non può e non deve essere considerato un sostituto dei normali corsi teorico-pratici dedicati al tema della sicurezza in montagna. Esso è infatti un utile complemento a questi ultimi.

Il corso fa parte del sito del Canadian Avalanche Centre [<http://www.avalanche.ca/>].

La navigazione nel sito necessita di una connessione veloce (sono presenti filmati, animazioni, test online).

Trattandosi di un sito canadese, alcune delle tematiche trattate non sono strettamente attinenti all'ambiente alpino europeo.

Il corso è strutturato in sette capitoli: introduzione; preparazione dell'escursione; riduzione del rischio durante l'escursione; autosoccorso; autosoccorso operato dai compagni; post-soccorso; considerazioni finali; glossario.

Particolarmente interessanti sono gli undici esercizi interattivi di selezione del tracciato e di valutazione della micro-morfologia del terreno (traccia, microtraccia e trappole morfologiche), suddivisi per gradi di difficoltà crescente.

**Igor Chiambretti**

Responsabile tecnico AINEVA

## SITO INTERNET BEACON REVIEW

<http://beaconreviews.com/transceivers/>

Si tratta di uno dei più aggiornati e completi siti internet, in lingua inglese, dedicati agli apparecchi di ricerca in valanga ed alle tecniche di autosoccorso, creato e gestito da Steve Achelis, comandante delle squadre di ricerca e soccorso dello Sceriffo della Contea di Salt Lake (USA) [Salt Lake County Sheriff's Search and Rescue Team]. Il sito merita sicuramente una visita e permette agli utenti, sia principianti sia esperti, di approfondire l'argomento ARVA e tecniche di soccorso in valanga.

Alcuni degli argomenti trattati:

<http://beaconreviews.com/transceivers/Frequency.asp>

Pagina dedicata al tema delle frequenze di trasmissione degli ARVA, test di portata, analisi comparata degli spettri di emissione, segnali spuri.

<http://beaconreviews.com/transceivers/Battery.asp>

Pagina dedicata alle batterie ed al consumo delle batterie a seconda dei vari modelli.

<http://beaconreviews.com/transceivers/TestDetails.asp>

Pagina dedicata ai test di comparazione tra i vari modelli di ARVA.

<http://beaconreviews.com/transceivers/CCP.asp>

Pagina dedicata alla qualità del segnale ARVA, rumore di fondo, e problematiche connesse all'uso dei nuovi modelli a tre antenne.

<http://beaconreviews.com/transceivers/Interference.asp>

Pagina dedicata alle interferenze tra ARVA e telefoni cellulari od altri apparecchi elettronici (GPS, lettori MP3, radio etc.).

<http://beaconreviews.com/transceivers/Specifications.asp>

Pagina dedicata alla recensione di ciascun modello in commercio.

<http://beaconreviews.com/transceivers/Searching.asp>

Pagina dedicata alle tecniche di soccorso in valanga con ARVA.

<http://beaconreviews.com/transceivers/MultipleBurials.asp>

Pagina dedicata alle tecniche di ricerca con ARVA in caso di seppellimento multiplo. Interessanti sono i commenti sulle strategie di ricerca in funzione del modello di ARVA posseduto.

<http://beaconreviews.com/transceivers/RangeTestResults.asp>

Pagina dedicata ai test di portata (trasmissione e ricezione).

<http://beaconreviews.com/transceivers/Antennas.asp>

Pagina dedicata alle tipologie di antenna utilizzata (mono, bi, tri-antenna) e relative caratteristiche.

<http://beaconreviews.com/transceivers/Spikes.asp>

Pagina dedicata al concetto di punto di massimo segnale e ai seppellimenti profondi (falsi massimi).

E naturalmente molto altro ancora: tecniche di sondaggio, tecniche di scavo di soccorso, RECCO, tecniche di ricerca, manuali degli ARVA etc.

**Igor Chiambretti**

Responsabile tecnico AINEVA

## PORTE APERTE

UN EVENTO ORGANIZZATO DA ARPA PIEMONTE – EDIZIONE 2009

Dopo la positiva esperienza dello scorso anno l'ARPA Piemonte, in collaborazione con il "Museo A come Ambiente", ha organizzato dal 2 marzo al 2 aprile 2009 la manifestazione Porte Aperte che consiste nell'ospitare presso gli uffici dell'ARPA scolaresche, cittadini ed associazioni ci-

vice con visite dedicate.

L'obiettivo è quello di offrire agli ospiti in visita un quadro generale delle attività delle diverse strutture dell'Agenzia. In particolare nelle 5 giornate dedicate all'Area Previsione e Monitoraggio Ambientale (19-24-26-31 marzo e 2 aprile) si è cercato di valorizzare gli aspetti relativi alla previsione ed al monitoraggio dei dati ambientali puntando su una serie di brevi interventi che hanno visto coinvolti numerosi dipendenti della struttura.

La visita, della durata di due ore, è iniziata con una presentazione delle attività dell'ARPA in generale e, con il supporto di un video, sono state illustrate le attività dell'Area. Terminata la presentazione delle attività, le classi e i cittadini sono stati divisi in tre gruppi: la suddivisione delle classi è stata effettuata con l'aiuto degli insegnanti, mentre per i cittadini si è cercato di creare gruppi omogenei dove fossero rappresentate le diverse fasce d'età, in particolare per ottenere un più alto livello di interattività nella parte dedicata alla meteorologia. I gruppi, composti di 6-7 persone, hanno affrontato in rotazione simultanea i seguenti argomenti: le Previsioni del Tempo, gli Strumenti di Monitoraggio e la Nivologia.

Per quanto riguarda la nivologia l'obiettivo della presentazione è stato quello di illustrare le attività del nivologo nella comprensione delle caratteristiche e della evoluzione del manto nevoso, a partire dai rilievi sul campo che consentono di raccogliere dati ed informazioni, fino alla redazione del bollettino valanghe che rappresenta la sintesi dell'interpretazione delle informazioni rilevate.

Sono inoltre stati mostrati gli strumenti utilizzati per l'analisi del manto nevoso, illustrate le stazioni nivo-meteorologiche di alta quota con la relativa dotazione sensoristica e accennate le tecniche e gli strumenti utilizzati per la ricerca ed il soccorso di dispersi travolti dalle valanghe.

L'iniziativa Porte Aperte è stata accolta con entusiasmo sia dalle scuole sia dai cittadini, non solo in relazione alle attività dell'Area Previsione e Monitoraggio Ambientale.

Molti visitatori hanno annotato tra i suggerimenti la richiesta di estendere l'apertura al pubblico a periodi più lunghi.

**Elena Turroni**

ARPA Piemonte

Area Previsione e Monitoraggio Ambientale

## CORSO AINEVA LIVELLO 2 - MODULO A "OSSERVATORE NIVOLOGICO"

PER COMPONENTI COMMISSIONI  
LOCALI VALANGHE DEL PIEMONTE

Nell'ambito delle iniziative di supporto alle Commissioni Locali Valanghe, previste dal Regolamento Regionale del 7 giugno 2004, n.7/R, l'Area Previsionale e Monitoraggio Ambientale di ARPA Piemonte ha organizzato nella primavera 2009, su iniziativa del Settore Idraulica Forestale e Tutela del Territorio dell'Assessorato Sviluppo della Montagna e Foreste della Regione Piemonte ([idroaificaforestale1418@regione.piemonte.it](mailto:idroaificaforestale1418@regione.piemonte.it)) e del Servizio Protezione Civile della Provincia di Torino, un corso di livello 2, modulo A per "Osservatore Nivologico", rivolto a personale tecnico del Soccorso Alpino e Speleologico Piemontese di prossimo inserimento nelle Commissioni Locali Valanghe nominate dalle Comunità Montane. L'esigenza di integrare le Commissioni Locali Valanghe con personale dotato di adeguate conoscenze in campo nivologico è emersa durante la gestione dell'emergenza valanghe legata alle intense precipitazioni nevose del 14-17 Dicembre 2008.

Il corso si è tenuto ad Ala di Stura (TO) dal 30 marzo al 3 aprile 2009 ed ha coinvolto 23 tecnici; la formazione pratica sul terreno si è svolta nel comprensorio sciistico di Ala di Stura in loc. Karfen, con il supporto logistico della società di gestione degli impianti di risalita.

Il corso si è strutturato per contenuti e durata secondo gli standard previsti per i corsi professionali AINEVA; le materie di carattere meteorologico e nivologico sono state integrate da nozioni di carattere procedurale e giuridico sulla responsabilità legata alle attività di prevenzione locale dei rischi valanghivi, proprie delle Commissioni Locali Valanghe.

**Marco Cordola**  
*Direttore del Corso*

## CORSO 2a AINEVA PER SAGF e ASPIRANTI GUIDE ALPINE AL PASSO ROLLE

Fuori della normale programmazione dei corsi AINEVA si è tenuto al Passo Rolle dal 16 al 20 marzo 2009 un corso riservato a due particolari categorie di professionisti della montagna quali sono gli specialisti del Soccorso Alpino della Guardia di

Finanza facenti capo alla Scuola Alpina di Predazzo e gli aspiranti Guide Alpine consorziate in un collegio interregionale.

La peculiare necessità di operatori presentatisi nel corso dell'ultima stagione invernale, a detta di molti la più nevosa degli ultimi 30 anni, ha creato l'esigenza di provvedere alla formazione di ben 48 specialisti della montagna appartenenti alle succitate categorie.

Notevole è stato lo sforzo profuso da AINEVA per garantire come sempre un l'ottimo livello di preparazione richiesto da queste categorie.

Il corso, che rientra nel programma formativo del modulo 2a, è stato per l'occasione ampliato ed esteso con una parte dedicata allo spostamento in sicurezza sul terreno e alla necessità di valutare localmente la stabilità del manto nevoso.

La parte pratica quindi, oltre alla normale esecuzione delle prove stratigrafiche sul manto nevoso, prevedeva escursioni sul terreno innevato con attrezzatura da scialpinismo e pelli di foca, al fine di valutare in loco sia la scelta dei percorsi più idonei per quanto riguarda la sicurezza dagli incidenti da valanga, sia la stabilità di singoli pendii ritenuti pericolosi.

Il notevole numero di corsisti presenti ha

indotto gli organizzatori ad avvalersi delle strutture messe gentilmente a disposizione dalla Scuola Alpina della Guardia di Finanza di Predazzo (Caserma Colbricon di Passo Rolle) dove i corsisti hanno potuto alloggiare e seguire le lezioni in aule propriamente attrezzate.

Inutile dire inoltre che la scelta della località sia stata più che appropriata vista l'enorme quantità di neve presente in loco e le ideali condizioni del manto nevoso che hanno permesso di porre i corsisti di fronte alle numerose forme di cristalli, ideali per una approfondita e completa formazione. Per garantire un'adeguata assistenza a tutti i corsisti durante le prove sul terreno, visto il cospicuo numero di partecipanti, sono stati mobilitati ben 10 istruttori AINEVA inviati dai vari Uffici Valanghe delle strutture Regionali e Provinciali dell'intero Nord-Est.

L'imponente scenario Dolomitico ha fatto infine da corollario all'intera operazione, permettendo ai partecipanti di operare all'interno di uno tra gli scenari paesaggistici più suggestivi dell'Arco alpino.

**Daniele Moro**  
*Direttore del Corso*



# ABSTRACT

## **AVALANCHE RISK, HUMAN FACTOR AND HEURISTIC TRAPS**

*A. Cagnati and I. Chiambretti*

Any kind of activity taking place in a snow-covered mountain environment is subject to the risk of avalanche release and consequently the risk of burial.

Worldwide statistic figures emphasize a significant difference as for the rate of accidents among those who practice recreational activities on snow and professionals, despite that in the last decades science has made major achievements in the knowledge of physical parameters of avalanches (snow science, avalanche dynamics, meteorological and morpho-

gical factors) and that ski-mountaineering/backcountry skiing courses organized by CAI, the Italian alpine club, are generally focused on accident prevention (evaluation of stability, avalanche release dynamics, setting up and leading an excursion). It has in fact been ascertained that most of the accidents take place because of human error, but scientists still have not managed to properly understand the decision-making dynamics and the factors affecting it. Some authors (see References) have shown that expert people, though being subject to higher risks, are able to develop their own decision-making process, therefore reducing human errors, particularly heuristic traps.

## **Integrated management system for the regional avalanche databank THE NEW AVALANCHE REGISTER IN VALLE D'AOSTA**

*S. Lunardi, M. Freppaz, A. Debernardi and V. Segor*

Starting from mid-1990s the Autonomous Region of Valle d'Aosta has been developing S.I.T.R., a regional territorial information system, whose implementation by the various Services of the Regional Administration has led, mainly in the last five years, to widespread digitalization of the archives containing territorial data.

In this framework the digitalized Avalanche Database was set up, which led to

the enhancement of a sector of S.I.T.R., S.I.G., the Geological Information System, which originally only included landslides and hydrogeological phenomena.

Once all data has been entered, a demanding task, the new digital Avalanche Database will allow for better management of the large amount of data gathered by the several technicians who have worked at the centre for about forty years, since when the Snow and Avalanche Office was created.

Being integrated within an already existing information system, the database will allow technicians to carry out important and immediate territorial analyses, therefore enabling integrated land planning and management (floods, landsli-



des, earthquakes and avalanches). It will also be possible for technicians to display all related cartographic information using the Regional Technical Map on a 1:10.000 scale or colour orthophotographs as a background. Data can be consulted by selecting graphical elements or interrogating the associated database.

The Avalanche Database digitalization, which is still underway, offers scientists the possibility to reconstruct and achieve a very important territory planning tool, but mainly steadily and more easily update the large amount of information gathered in winter seasons by both technicians from the Snow and Avalanche office and all the other operators who are actively involved in the area (e.g. Valle d'Aosta foresters, financial police, snow observers, mountain guides). The development of the new information system, other than representing the achievement of a result pursued for many years, should be seen as a first step toward the creation of a very useful instrument to the service of the Snow and Avalanche office, based on steady and dynamic updating of the avalanche phenomena taking place every year.

### SPATIAL VARIABILITY OF ALBEDO ON THE GLACIERS OF UPPER VAL DE LA MARE (ORTLES-CEVEDALE GROUP)

*L. Carturan, F. Cossi and G. Dalla Fontana*

In the framework of a research project on the cryosphere and the hydrologic effects of the climatic changes in high altitude watersheds, a study on the spatial variability of the albedo on glaciers was carried out. The survey campaign took place during the summers of 2007 and 2008 on two glaciers in Val de la Mare (Ortles-Cevedale group, Trentino).

Albedo defines the quantity of short-wave radiation which is absorbed by surface and is therefore crucial in the energy and mass-balance of glaciers. Parameterizations usually found in scientific literature often aim at describing the spatial and temporal variability of snow albedo, while the ice albedo is often considered as a constant, or parameterized in a more essential way, for example relating it to elevation. The surveys carried out in Val de la Mare show a high variability of glacier ice albedo, which is mostly related to the superficial debris cover. On the basis of these observations, we investigated the possibility to use ground-based photogra-

phic surveys as a faster method for simple and reliable evaluations of albedo. The results obtained confirm that this method allows to fully seize the spatial variability of ice albedo on glaciers.

### ENVIRONMENTAL QUALITY OF SNOW "IN TRENCH"

#### Results of the 3-year activity of gathering of expeditious chemical-environmental data

*G. Kappenberger, M. Freppaz, P. Dellavedova and G. Filippa*

As a rule, a "trench" is used by people needing to defend themselves from enemies. But snow experts and lovers alike think it is the snow itself that defends itself (and us, too) from an enemy called anthropic pollution, though it is true that snow in trench offers us the opportunity to know it better. After three years of observations, experimental measurements, tests and technical-scientific debates, started in winter 2005-06, the informal work team made up of researchers from EIM, ARPA of Veneto (CVA of Arabba) and of Lombardy (Centro Nivometeo di Bormio) and Università di Torino (DIVAPRA – Alpine snow and land laboratory) has finally completed its research. Over 700 measurements of pH and conductivity were carried out that provide a "photography" of the state of the environmental quality of the Alps and Apennines, though being extremely simplified and localized. All that has led to considering snow "in trench", an environmental framework that needs to be analyzed in depth and kept under control, of which the preliminary results from the annual steps of the experimental research work have already been published (Pecci et al., 2007; Pecci et al., 2008; Pecci, 2009).

### INFLUENCE OF ASPECT ON THE SNOWCOVER PHYSICAL-CHEMICAL CHARACTERISTICS

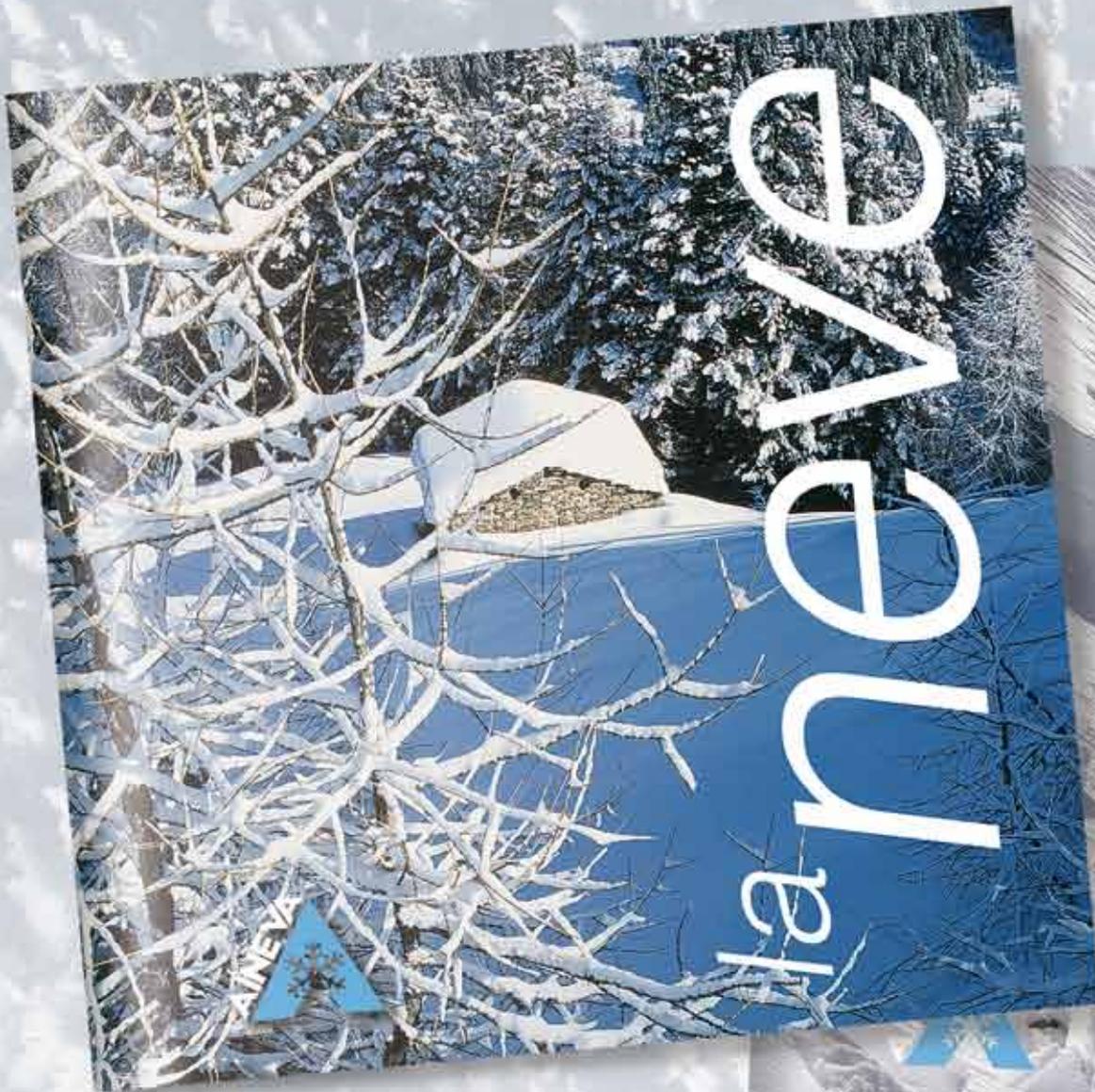
*A. Brulport, G. Filippa, M. Maggioni, M. Freppaz, M. Pecci, P. D'Aquila*

In alpine ecosystems, snowpacks are characterized by both spatial and temporal variability at the same site, as a function of meteorological factors, such as wind and aspect. This study aims to study the spatial variability of the seasonal snowpack on a small scale to evaluate the influence of the micro-topography on the snow cover evolution. This factor is usually neglected while evaluating the



avalanche risk, which however could be extremely variable on the small scale. Several snowpack profiles were dug during the second half of winter 2006/2007 (from February to May) in an alpine valley closed to the Monte Rosa Massif in north-western Italy. Three sites were chosen at an altitude of 2600 m asl, 50 m far from each other with different slope angles (25° and 0°) and different aspects (North, South and 360°). For each profile, grain size and type, snow density, hardness and humidity were measured, as well as pH and Electrical Conductivity at 10 cm vertical increments within the snowpack. The resulting data allowed us to track the physical (snow structure and stability) and chemical properties (storage and release of solutes) over time and to evaluate the effect of the aspect and the slope angle on the physical and chemical properties of snow. During the winter season, the structure and composition of snow displayed

significant differences among sites, with consequences on the snow stability. The snowpack at the flat site was comparable to the north-facing site (25°) in the lower part of the profile, while it was similar to the south-facing site (25°) in the upper part the profile. From the chemical point of view, the nutrient release started at the end of February at the south-facing site and flat site and occurred with different ionic pulses throughout the winter. On the contrary, at the north-facing site the release occurred with a unique ionic pulse at the end of April. This study shows that the physical properties of snowpack can vary broadly as a function of micro-topography, determining different stability conditions that are usually neglected while forecasting the avalanche risk. The same topographic conditions play a role in the process of solute release, with different consequences in the nutrient input from snowmelt to alpine soils.



## LA NEVE

### Che cos'è la neve?

Un libretto a fumetti che descrive la neve dal suo formarsi nell'atmosfera al suo complesso evolversi al suolo. Adatto anche ai bambini, è la rielaborazione di un'analoga opera francese, apprezzata per la semplicità di presentazione unita alla ricchezza di contenuti scientifici.

- *A ciascuno la propria neve*
- *Neve*
- *La neve al suolo*
- *Alcune proprietà sorprendenti della neve*
- *Il controllo del manto nevoso e la previsione delle valanghe*
- *La neve all'Equatore*
- *I paesi della neve*
- *I capricci della neve*
- *La neve artificiale*

## LE VALANGHE

### Che cos'è una valanga?

Sfogliando i diversi dizionari ed enciclopedie che abbiamo in casa possiamo trovare le più svariate definizioni di valanga e slavina con descrizioni più o meno complete ed ampie. Nel dizionario dei più piccoli, unico tra i tanti, si ipotizza che una valanga possa essere provocata anche da una persona o, in questo caso, da un personaggio dei fumetti ... chi non ricorda le valanghe a forma di palla di neve su Topolino? Gli Uffici valanghe italiani hanno concordato di utilizzare un termine unico: quando si parla di una massa di neve in movimento lungo un pendio, piccola o grande che sia, si parla di valanga.

- *Che cos'è una valanga*
- *La neve*
- *La stabilità del manto nevoso*
- *La classificazione delle valanghe*
- *La tipologia delle valanghe*
- *Le valanghe nel tempo*
- *Gli incidenti da valanga*
- *Quando "cadono" le valanghe?*
- *La prevenzione*
- *La cartografia*
- *Le opere di protezione*
- *Il distacco artificiale*
- *Le commissioni locali valanghe*
- *Le zone non controllate*
- *La curva della sopravvivenza*
- *L'autosoccorso ed il soccorso organizzato*
- *Il bollettino nivometeorologico*
- *Le prove empiriche di stabilità*

# le PUBBLICAZIONI AINEVA



## I BOLLETTINI VALANGHE AINEVA

### Guida all'interpretazione

Utile agli scialpinisti e a quanti vivono e operano nell'ambito della montagna innevata, contiene una spiegazione della scala di pericolo e informazioni sulla base informativa e sulle metodologie adottate per la formulazione della previsione. Offre un approfondimento sull'utilità e sui limiti territoriali e temporali dei bollettini ed è corredata da un glossario dei termini nivometeorologici.

- Cos'è il bollettino nivometeorologico o bollettino valanghe
- La scala europea del pericolo valanghe
- L'utenza
- Differenze fra i bollettini
- Base informativa
- Metodo per la valutazione del pericolo di valanghe
- Utilità e limiti dei bollettini
- Validità nel tempo
- Validità sul territorio
- Il bollettino AINEVA per le Alpi

Ogni opuscolo è distribuito gratuitamente dall'AINEVA e può essere richiesto inviando 2,00 euro in francobolli per le spese postali al seguente indirizzo:



**AINEVA**

Vicolo dell'Adige, 18  
38100 TRENTO

Per richieste cumulative di più pubblicazioni valgono le seguenti tariffe postali:

- La Neve + Le Valanghe € 2,20
- La Neve + La Guida € 2,00
- Le Valanghe + La Guida € 2,00
- La Neve + Le Valanghe + La Guida € 2,20

# UOMINI & TECNOLOGIE PER IL MONITORAGGIO AMBIENTALE



Raccogliere dati dal territorio in modo costante e preciso. Trasmetterli in tempo reale. Elaborarli con potenti software. Archivarli con efficacia e sicurezza. È questo che fa un sistema di monitoraggio efficiente, necessario per la sicurezza di tutti. **È questo che fanno i sistemi CAE, anche nelle condizioni più critiche.**

 **CAE**  
monitoring your world.

**SISTEMI E SOLUZIONI PER IL MONITORAGGIO IDROMETEOROLOGICO**