

N. 19 luglio 1993

I 40 ANNI DELLA REGA

RISCHIO VALANGHE E DECISIONI

LA NUOVA SCALA DEL PERICOLO DA VALANGHE

PREVISIONE DELLE VALANGHE IN FRANCIA

L'ECCEZIONALE NIVOMETEO DEL 21/22.12.1991

SPERIMENTAZIONI INVERNALI COL SISTEMA BTS

PROPRIETA' MECCANICHE DELLA NEVE

LA CLASSIFICAZIONE INTERNAZIONALE DELLA NEVE



neve e valanghe
Rivista dell'associazione interregionale
di coordinamento e documentazione
per i problemi inerenti
alla neve e alle valanghe
AINEVA

**Indirizzi e numeri telefonici
dei servizi Valanghe A.I.NE.VA.
dell'Arco Alpino Italiano**

REGIONE LIGURIA

Ufficio Valanghe
c/o Ispettorato Dipartimentale delle Foreste
viale Matteotti 56 - 18100 Imperia
Tel. 0183/20609 - Fax 0183/23548
(Bollettino Nivometeorologico
010/532049)

REGIONE PIEMONTE

Settore Prevenzione rischio geologico
Rete Nivometrica
Via XX Settembre 88 - 10122 Torino
Tel. 011/3180940
Fax 011/3181709
(Bollettino Nivometeorologico
011/3185555 - 0324/481201
0163/27027 - 0171/66323
*7351 # Videotel)

REGIONE AUTONOMA

VALLE d'AOSTA
Assessorato Agricoltura e Foreste
Ufficio Valanghe
Aeroporto Regionale - Saint Christophe
11100 Aosta
Tel. 0165/32444 (anche Fax)
(Bollettino Nivometeorologico
0165/31210)

REGIONE LOMBARDIA

Centro Nivometeorologico
Via Milano 18 - 23032 BORMIO (So)
Tel. 0342/905030 - Fax 0342/905133
(Bollettino Nivometeorologico - 5 linee
NUMERO VERDE 1678-37077)

PROVINCIA AUTONOMA DI TRENTO

Ufficio Neve e Valanghe
Via Vannetti 39 - 38100 Trento
Tel. 0461/220133 - Fax 0461/987062
(Bollettino Nivometeorologico
NUMERO VERDE 1678-50077)

PROVINCIA AUTONOMA DI BOLZANO

Ufficio Idrografico
e Servizio Prevenzione Valanghe
Via Mendola 24 - 39100 Bolzano
Tel. 0471/994100 - Fax 0471/994110
(Bollettino nivometeorologico
0471/270555 in italiano;
0471/271177 in tedesco)

REGIONE VENETO

Centro Sperimentale Valanghe
Via Passo Campolongo 122
32020 Arabba (Bl)
Tel. 0436/79227 - Fax 0436/79218
(Bollettino Nivometeorologico
0436/79221 - 79224
*5112 # Videotel)

REGIONE AUTONOMA

FRIULI VENEZIA GIULIA
Ufficio Valanghe
c/o Direzione Regionale delle Foreste
Piazza Belloni 14 - 33100 Udine
tel. 0432/506765 - Fax 0432/505426
(Bollettino Nivometeorologico
NUMERO VERDE 1678-60377)
0432/501029

Segreteria A.I.NE.VA.

Vicolo dell'Adige, 18
38100 TRENTO
Tel. 0461/230305
(anche Fax)

**neve e
valanghe**

Rivista dell'AINEVA - ISSN 1120-0642
Aut. Trib. di Sondrio n. 3056
del 30.10.89
Sped. in abb. postale Gr. IV - 70%
Abbonamento annuo 1993: L. 25.000
da versare sul c/c postale n. 10398238
intestato a: Bonazzi Francesco
Via Buonconsiglio, 11 - 23100 Sondrio

Direttore Responsabile:
Giovanni PERETTI

Coordinamento redazionale:
Alfredo PRAOLINI

Comitato scientifico editoriale:
**Cristoforo CUGNOD,
Mauro GADDO,
Vincenzo COCCOLO,
Alberto LUCHETTA, Franco MUSI,
Giovanni PERETTI, Roberto PAVAN,
Paolo VALENTINI**

Segreteria di Redazione:
**Centro Nivometeorologico
della Regione Lombardia
via Milano 18
23032 BORMIO (So)
Tel. 0342/90.50.30
Telefax 0342/90.51.33**

Impaginazione e grafica:
**MOTTARELLA STUDIO GRAFICO
Cosio Valtellino (So)**

Stampa:
BONAZZI GRAFICA - Sondrio

Referenze fotografiche:

Foto di copertina:

Giovanni Peretti

Centro Valanghe Arabba: 40-41,
42, 43, 44

Serv. Valanghe Bolzano: 48-49, 50-51

Anselmo Cagnati: 28, 29

Meteo France CEN: 32, 34, 35

Marco Cordola: 69

Mario Di Gallo: 16, 18 (basso)

Mauro Guglielmin: 54, 56, 58-59

Werner Munter: 18 (alto)

Edmond Pahaut: 39

Giovanni Peretti: 1, 3, 12-13, 14, 17,

21, 27, 33, 52-53, 60, 61, 62

REGA: 6-7, 8, 11

Hanno collaborato a questo numero:

Gruppo Previsori Valanghe AINEVA,

Commissione Int. Neve e Ghiaccio,

Associazione Int. Idrologia Scientifica,

Flavio Berbenni, R. Bolognesi,

Gabriella Broggi, O. Buser,

Marco Cordola, Walter Good,

Mauro Guglielmin, Jochen Kerkmann,

Bonetti Luigi, Giancarlo Morandi,

Lodovico Mottarella, Werner Munter,

Jean Pierre Navarre, Edmond Pahaut,

Giorgio Peraldini, Giovanni Peretti,

Alfredo Praolini, REGA,

Claudio Tellini, Andrea Vitalini

SOMMARIO

LUGLIO 1993
NUMERO 19

6 REGA 40 ANNI
Storia e prospettive della
Guardia Aerea Svizzera
di Gabriella Broggi

12 AI CONFINI
DELLA CONOSCENZA
Decidere nelle situazioni
a rischio
di Werner Munter

26 LA NUOVA SCALA
UNIFICATA PER LA
CLASSIFICAZIONE DEL
PERICOLO VALANGHE
di Anselmo Cagnati

32 LA PREVISIONE
DELLE VALANGHE
IN FRANCIA
di Edmond Pahaut

40 NEVE A LOCARNO
E TUONI AD AIROLO
La situazione anomala del
21-22 dicembre 1991
di Jochen Kerkmann
e Anselmo Cagnati

52 SPERIMENTAZIONI
INVERNALI SU PERMAFROST
Misurazioni con il
sistema BTS
di Mauro Guglielmin, Claudio
Tellini e
Giovanni Peretti

60 PROPRIETA'
MECCANICHE
DELLA NEVE
di Jean Pierre Navarre

69 A.I.NE.VA. NOTIZIE
a cura di Andrea Vitalini

72 ABSTRACT

73 CLASSIFICAZIONE
INTERNAZIONALE
DELLA NEVE PRESENTE
AL SUOLO
a cura del Gruppo di lavoro
della Commissione Int.
Neve e Ghiaccio





Negli scorsi giorni, sul monte Bernina, abbiamo dovuto registrare l'ennesima, evitabile, sciagura in montagna; tre alpinisti senz'altro non alle prime armi per età e per capacità tecnica sono stati travolti da una valanga. Non è stata una casualità: l'abitudine, la convinzione che la propria esperienza sia sufficiente a risolvere ogni eventuale problema hanno fatto dimenticare le regole fondamentali della montagna innevata.

Un incidente come questo dimostra che c'è ancora molto da fare per rendere più sicure le nostre montagne: dobbiamo certamente continuare nella nostra opera di approfondimento scientifico dei fenomeni legati all'innevamento del nostro territorio, ma è anche necessaria un'opera costante per diffondere a tutti i livelli una piena conoscenza delle norme di sicurezza che devono essere osservate in montagna.

La nostra associazione, in anni di impegno sul fronte della prevenzione delle valanghe ha guadagnato l'autorevolezza necessaria per proporsi come interlocutore privilegiato della sicurezza.

Credo che questo possa essere la nuova frontiera del nostro impegno: portare all'opinione pubblica le nostre conoscenze sulla montagna, questo deve diventare un nostro obiettivo primario, e non può più essere un fatto lasciato al caso ed alle possibilità (anche di bilancio) del momento.

Anche senza che i cittadini riescano a sottoporcela concretamente, questa è senza dubbio la loro richiesta: sta a noi saperli soddisfare.

ing. Giancarlo Morandi
Presidente Aineva

REGA 40

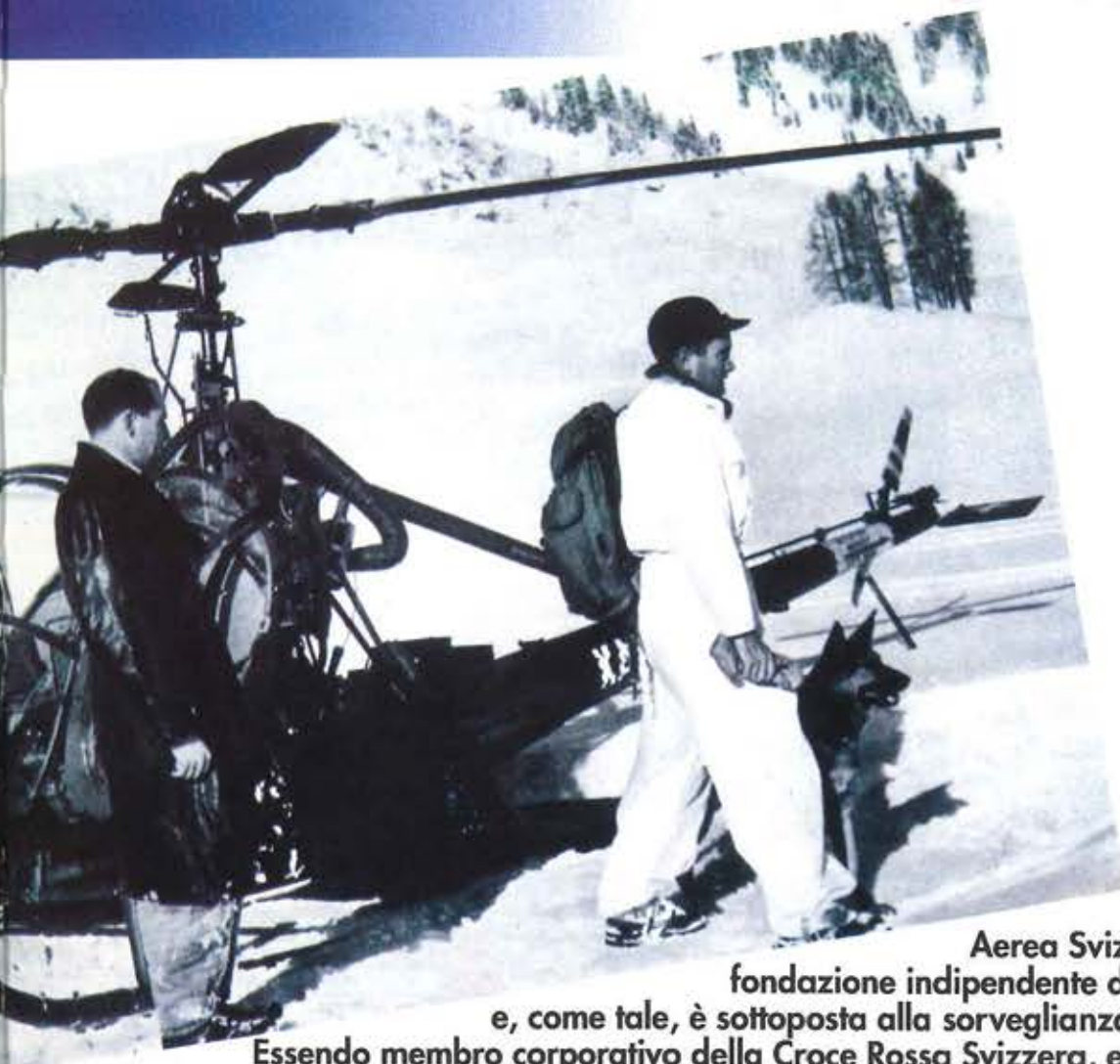
Storia e prospettive della Guardia Aerea Svizzera

di Gabriella Broggi
via al Castagneto 10
6900 Massagno - Svizzera



NNI

01 383 11 11



La Guardia

Aerea Svizzera REGA è una

fondazione indipendente di utilità pubblica

e, come tale, è sottoposta alla sorveglianza federale.

Essendo membro corporativo della Croce Rossa Svizzera, essa opera nel rispetto dei principi umanitari.

Da molti anni, i velivoli della REGA hanno per compito il soccorso in favore di persone in situazioni di emergenza.

Fondata nel 1952, fece le prime esperienze aeree con un elicottero Hiller 360, ma solo nel 1957 la REGA ebbe il suo primo elicottero da salvataggio: un Bell 47 G2 condotto da Hermann Geiger.

Entro il 1995 la REGA sostituirà la sua flotta elicotteri per il salvataggio in montagna, composta da Alouette III SA 319 B e da tre Bolkow 105 C con 15 nuovi Agusta A 109 K2, costruiti su misura per la REGA, dalla ditta italiana.

Il 27 aprile 1952, i soci della Società di salvataggio si riunirono a Twann sul lago di Bienna, per l'assemblea annuale. E qui, il medico dr. Rudolf Bucher lanciò l'idea di staccare il gruppetto dalla Società, incaricandolo della realizzazione di una struttura per il soccorso aereo.

L'assemblea votò il progetto e nacque la Guardia aerea di soccorso, e con lei il salvataggio aereo organizzato.

Il tempo dei pionieri

I promotori della nuova disciplina erano l'albergatore grigionese Fredy Wissel e un suo allievo pilota vallesano, diventato pilota professionista, Hermann Geiger. Le prime operazioni di salvataggio aereo si ebbero poco dopo la fondazione della nuova organizzazione. Nel settembre 1952, i primi paracadutisti di salvataggio erano stati formati in Gran Bretagna, ma il ricorso all'elicottero nel corso di un intervento, nel dicembre dello stesso anno a Davos, fece intravedere nuove possibilità. Il pilota Sepp Bauer, con un elicottero Hiller 360, simile ad una sdraio volante, trasportò una cesta contenente una persona soccorsa sulla neve. L'episodio evidenziò come il futuro del salvataggio aereo sarebbe stato dell'elicottero.

E fu in questa direzione che puntò la Rega quando ebbe il suo primo



Pagg. 6-7: il 22 dicembre 1952, Sepp Bauer svolse la sua prima missione di salvataggio aereo in occasione di un incidente da valanga accaduto a Davos. Utilizzando l'elicottero del tipo Hiller 160 cv riuscì a trasportare una unità cinofila sul deposito della valanga.

La foto a colori rappresenta il nuovo Augusta A-109-K2, costruito su richiesta per la Guardia Aerea Svizzera, sarà in grado di soddisfare le nuove esigenze della Rega.

A lato: personale e velivoli sono pronti all'intervento 24 ore su 24: il 10% degli interventi avviene dopo il tramonto grazie all'intensificatore che rafforza fino a 25.000 volte la luce notturna.



elicottero nel 1957, un Bell 47 G2, offerto dall'Unione svizzera delle cooperative. Il velivolo venne messo a disposizione di Hermann Geiger, per le operazioni di salvataggio nel Vallese.

Un nuovo inizio

Nel 1960, il gruppo dei soccorritori aerei della Società svizzera di salvataggio divenne indipendente. Nel mese di marzo, la Guardia aerea venne distaccata dalla Società e Fritz Bühler la riorganizzò decentralizzando l'attività, ma centralizzando le chiamate d'allarme e la direzione operativa nella centrale d'allarme di Zurigo. Vennero sviluppate e perfezionate le tecniche di salvataggio che valsero alla Rega riconoscimenti nazionali e internazionali. Presto, alle operazioni di salvataggio alpino si affiancarono i voli di rimpatrio di svizzeri ammalati o feriti all'estero. I primi voli di questo tipo avvennero nel 1960, con un Piaggio P 166 preso a noleggio. La buona reputazione della Rega, rimasta indipendente e organizzata e gestita senza mezzi pubblici, si consolidò e, nel 1965, il Consiglio federale la nominò organizzazione ausiliaria della Croce Rossa Svizzera.

L'elicottero rosso

Man mano la Rega si conquistò uno spazio fisso anche in larghi strati della popolazione. L'elicottero della Rega divenne una istituzione, grazie agli interventi rapidi, precisi ed efficienti, possibili con la costituzione di 11 basi aeree distribuite sul territorio nazionale. Allora, il principio di portare la medicina d'urgenza sul posto di una disgrazia sembrò rivoluzionario, e ancora oggi, la sua validità è incontrastata. La Rega nella sua storia ha posato diverse pietre miliari. Nel giugno 1973 si procurò il primo jet ad uso aeroambulanza civile, il Lear Jet 24D "Henri Dunant", ed era

una prima mondiale. Sei mesi più tardi, a novembre, con il Bölkow 105 C mise in circolazione la prima eliambulanza biturbina. La stazione sul tetto della Clinica pediatrica della Clinica universitaria di Zurigo e, a causa dei numerosi trasporti di neonati in incubatrice, venne presto soprannominata "Baby-Heli". L'esperimento, riuscito, dell'uso dell'eliambulanza in caso di incidenti stradali, approvato nel 1975 dal Consiglio di stato del cantone Zurigo rappresentò un ulteriore importante passo per il soccorso aereo.

Dall'associazione alla fondazione

Nel 1979, i membri attivi dell'associazione Guardia aerea svizzera decisero la trasformazione in una fondazione omonima. Fritz Bühler, chiamato anche il "padre della Guardia aerea svizzera di soccorso", venne nominato presidente del nuovo organismo. Dopo la sua morte, nel 1980, il Consiglio di fondazione elesse a nuovo presidente Peter J. Bär. Nel 1981, i delegati della Croce Rossa Svizzera votarono la proposta di accogliere la Rega come membro attivo in seno all'organizzazione umanitaria svizzera. Da allora la Rega è membro corporativo della CRS. Ciò facilita l'organizzazione e il compimento di voli di rimpatrio da tutto il mondo, e in particolare da zone di conflitto e crisi.

LA REGA RINNOVA LA FLOTTA DEGLI ELICOTTERI

L'elicottero di salvataggio Agusta A-109-K2

Entro il 1995, la Guardia Aerea Svizzera di Soccorso Rega sostituisce i suoi vecchi elicotteri di salvataggio del tipo SA-319-B-Alouette III e i tre Boelkow BO-105-CBS con quindici nuovi Agusta A-109-K2. Con ciò, la flotta degli elicotteri sarà di un

solo tipo, a tutto favore dell'economicità del parco velivoli. La flotta monotipo, infatti, consente di unificare le scorte dei pezzi di ricambio, la manutenzione e le infrastrutture, semplifica l'addestramento di meccanici e piloti, e favorisce la loro mobilità all'interno dell'organizzazione.

La Agusta A-109-K2 è costruita su misura per la Rega.

Si tratta di un felice abbinamento fra la nota e collaudata versione per uso civile A-109-C e la variante militare A-109-K, che riesce a soddisfare i requisiti indispensabili alla Rega.

Fra questi troviamo:

- motore biturbina
- capacità di operare in altitudini fino ai 4500 m s/m
- cabina spaziosa (più ampia dell'Alouette)
- peso operativo ridotto (meno di 3.500 kg)
- verricello per due persone con oltre 50 m di cavo
- immissioni foniche inferiori ai valori limite
- spegnimento rapido delle turbine (senza attesa per raffreddamento)

Turbine potenti - Buone prestazioni in altitudine

Per le peculiarità topografiche della Svizzera gran parte delle operazioni si svolgono in zone alpine. Ciò richiede turbine sufficientemente potenti per operare in altitudine. L'Agusta A-109-K2 è dotato di due turbine Arriel 1C2 del produttore francese Turbomeca. Esse sviluppano una potenza massima di 771 cv ciascuna. Ne sono dotati anche i noti e collaudati modelli Dauphin II e Ecureuil. Per l'Agusta A-109-K2 l'altitudine massima per volo stazionario (Hovering ceiling out of ground effect at ISA +20°C and with standard load) fuori dall'effetto suolo, ad una temperatura di 20°C., e con un peso operativo standard di 2700 kg, raggiunge i 12700 piedi (m 3863). Per l'Alouette III il limite si

situava a 9300 piedi o 2831 m, per i BO-105 5300 piedi o 1611 m.

Le turbine Arriel dell'A-109-K2 non richiedono attese, né per l'avvio, né per lo spegnimento, il che rappresenta un vantaggio notevole per i movimenti agli eliporti di ospedali siti in zone densamente popolate e per i pazienti ivi ricoverati.

Navigazione assistita dai satelliti

L'Agusta A-109-K2 della Rega è dotato del sistema di navigazione GPS, Global Positioning System, collegato ad una rete di satelliti americani. Il GPS è in grado di stabilire ogni posizione con un errore di 30 m al massimo.

La carta geografica su schermo

Fa parte dell'attrezzatura per la navigazione anche il Map Display, la carta geografica digitalizzata su schermo. Questo sistema trova qui la sua prima applicazione nell'aeronautica civile. Il Map Display comprende un monitor di 15x15 cm a colori, un computer con una memoria di 200 MB. Vi sono memorizzati il territorio nazionale e le regioni confinanti in scala 1:100 000, 1:500 000 e 1:1.000 000. Inserendo nel GPS i dati della posizione del velivolo, il monitor visualizza immediatamente la posizione sulla carta. Facendo seguire il luogo di destinazione, il monitor visualizza la meta con la rispettiva via aerea da seguire, una banca dati aggiornata costantemente segnala inoltre ostacoli quali fili dell'alta tensione, cavi, fili a sbalzo e via dicendo.

Autopilota digitale

L'A-109-K2 dispone di un autopilota digitale SEXTANT AFCS 95 in grado di controllare il volo. Esso veglia anche sul funzionamento delle turbine. Dal Map Display, oppure direttamente dal Flight-Management-System, rileva le coordinate del luogo

d'intervento. Tutto ciò consente al pilota di concentrarsi sulle condizioni meteorologiche e ambientali e sugli ostacoli aerei.

Radio di bordo dell'ultima generazione

La radio di bordo Ascom dell'A-109-K2 copre una vastissima gamma di frequenze. Ciò assicura i collegamenti con i comandi di polizia, autoambulanze, ospedali, vigili del fuoco e colonne di soccorso del CAS sui 160 MHz. Un ulteriore apparecchio serve per i collegamenti con i controllori aerei sui 120 MHz. Oltre alle fasce menzionate, il sistema di comunicazione copre pure le frequenze sui 460 MHz, che serviranno ad una centrale per la ricerca di persona internazionale in fase di realizzazione.

Sistema di controllo elettronico

Il sistema di controllo elettronico installato sui nuovi elicotteri Agusta della Rega ne aumenta la sicurezza operativa e favorisce una gestione economica. Esso registra in continuità valori quali: durata dei voli, orari dei decolli e atterraggi, numero dei giri dei motori, temperatura del gas di scarico e svariate pressioni. Ogni secondo il monitoraggio annota 24 parametri per turbina e 7 parametri di bordo. In caso di superamento di uno dei valori limite il pilota riceve una segnalazione luminosa. Ogni differenza dai valori prescritti viene rilevata automaticamente. Il copioso volume di dati consente un controllo costante del funzionamento delle turbine, la segnalazione precoce di anomalie funzionali serve a prevenire possibili danni. Il reparto manutenzione aeronautica calcolerà in base ai dati i tempi di revisione senza dover ricorrere allo smontaggio. Inoltre, il monitoraggio consente il controllo dei dati anche a posteriori.

L'equipaggiamento medico progettato dalla Rega

La cabina dell'Agusta A-109-K2 è la più spaziosa di tutti gli elicotteri sin qui utilizzati dalla Rega, può accogliere 6 persone: pilota, medico, soccorritore aereo, un ferito grave o due feriti leggeri e un accompagnatore.

L'attrezzatura medica e il materiale di salvataggio sono stati sviluppati dalla Rega.

L'equipaggiamento comprende fra l'altro una seggiola per il medico contenente: il materiale sanitario minuto, la borsa personale del medico con strumenti di diagnostica e per l'intubazione e le fleboclisi, medicinali, e materiale per medicazioni.

Gli arredi comprendono strutture di fissaggio per le apparecchiature, ripostigli per le scorte sanitarie, lo zaino d'emergenza per i soccorsi in volo e in zone impervie, un elettrocardiografo con monitor e un defibrillatore cardiaco, l'apparecchiatura per la respirazione artificiale, e una per la sorveglianza combinata dell'attività cardiaca, della pressione arteriosa e della temperatura corporea, un pulsoximetro per il controllo della saturazione di ossigeno nel sangue e lo spirometro per il controllo della respirazione.

Verricello con 50 m di cavo

Il nuovo elicottero di salvataggio dispone di un potente argano o verricello di salvataggio, con una capienza massima di 205 kg. Un dispositivo automatico consente di srotolare e riavvolgere il cavo lungo 50 m (Alouette: 25 m) a velocità variabile. La lunghezza del cavo usata viene indicata da un contatore digitale sia nel cockpit, sia sul verricello. Per le operazioni notturne, l'Agusta è stata dotata di un faro del tipo Spectrolab SX-16, con una potenza di 30 mio. di candele.

VALANGHE E IPOTERMIA: UN NUOVO SISTEMA DI RIANIMAZIONE

La Guardia Aerea Svizzera di soccorso Rega ha dotato le basi di montagna di Samedan e Lauterbrunnen nell'Oberland Bernese con una nuova apparecchiatura portatile per la rianimazione di pazienti sofferenti di ipotermia. Presto ne verranno attrezzate tutte le basi di montagna.

L'apparecchio respiratore è sistemato in una valigetta a prova d'urto, produce aria calda senza bisogno di alimentazione elettrica, ed è stato sviluppato dai ricercatori dell'Istituto per la tecnica biomedica del Politecnico e dell'Università di Zurigo, in collaborazione con gli specialisti della Rega. Ai due giovani studenti in ingegneria che hanno costruito l'apparecchio, è stato conferito un premio dell'Istituto per la tecnica biomedica.

Un pericolo da non sottovalutare

L'ipotermia, o abbassamento della temperatura corporea, può essere mortale. In ogni caso rappresenta un ulteriore pericolo per le vittime di valanghe, per persone cadute in un crepaccio o nell'acqua in caso di ghiaccio sottile, ma anche per vittime di incidenti sulle piste, costrette a rimanere immobili in attesa di soccorsi. L'ipotermia si manifesta dapprima con fremiti incontrollati, poi con un'apatia seguita da perdita di coscienza e, nel caso estremo, con l'arresto della respirazione.

Somministrare aria calda

Nell'arco degli ultimi anni le varie organizzazioni di salvataggio hanno sperimentato le tecniche più svariate per riportare al livello normale la temperatura corporea abbassata. Nei casi gravi, i risultati migliori si sono ottenuti attraverso la somministrazione di aria calda mediante respiratore. Possono essere problematici il trasporto e la manipolazione di un paziente con grave ipotermia, in quanto il mescolarsi del sangue periferico più freddo con quello più caldo interno può provocare un collasso cardiovascolare.

Funziona a reazione chimica

Il respiratore, frutto della collaborazione tra i ricercatori universitari e della Rega, non ha bisogno di alimentazione elettrica, ma funziona a reazione chimica, sfruttando l'aria espirata dal paziente. Di uso facile, l'apparecchio funziona anche a temperature estremamente basse. Il contenitore solido, a forma di valigetta, consente persino un lancio dall'elicottero di salvataggio. In tutti i casi, è altamente raccomandabile un rapido e delicato trasporto aereo, sotto sorveglianza medica. Le misure di primo soccorso per un paziente ancora cosciente consistono nel liberarlo da eventuali indumenti bagnati, proteggerlo da un ulteriore abbassamento della temperatura avvolgendolo in coperte o, meglio, con un foglio d'alluminio, e

all'aeroambulanza e all'aereo di linea. E' ben noto che l'umidità dell'aria negli aerei, soprattutto nei voli di lunga durata, diminuisce fortemente causando disagi anche ai passeggeri sani.

Sono, per contro, ancora poco noti gli effetti, e la loro intensità, che subiscono i pazienti durante le diverse fasi del volo. Per conoscere e prevenire meglio le conseguenze è in corso uno studio sui pazienti rimpatriati dall'estero, con monitoraggio sin dalla partenza dall'ospedale straniero. Registrando in continuazione polso, pressione arteriosa, respirazione e saturazione di ossigeno nel sangue, si possono constatare e valutare le varie fasi di stress subite dal paziente, e studiare rimedi adeguati. Un obiettivo che si sono prefissati i ricercatori universitari e quelli del servizio medico della Rega. **G.B.**



somministrargli bevande calde, ma mai alcoliche.

Pazienti e stress aeronautico

La collaborazione tra i tecnici di biomedicina e il servizio medico della Rega è costante. Da circa 3 anni, le due istituzioni hanno iniziato progetti per lo studio degli effetti sui pazienti dei vari tipi di trasporto aereo: dall'eliambulanza

Il nuovo respiratore per combattere l'ipotermia, sviluppato dall'Istituto per la tecnica biomedica dell'Università e del Politecnico di Zurigo con il servizio medico della Rega. La miscela di ossigeno umidificato si scalda per reazione chimica, sfruttando l'aria espirata dal paziente, al quale viene somministrata mediante la maschera d'ossigeno.

Ai Confini dell

Decidere nelle situazioni a rischio

di Werner Munter
Guida Alpina del
Club Alpino Svizzero
Bergführer Seidenweg 52
3012 Berna (Svizzera)

*"E' sicuro che tutto ciò che può finir male,
prima o poi andrà male,
magari già la prossima volta..."
Legge di Murphy*

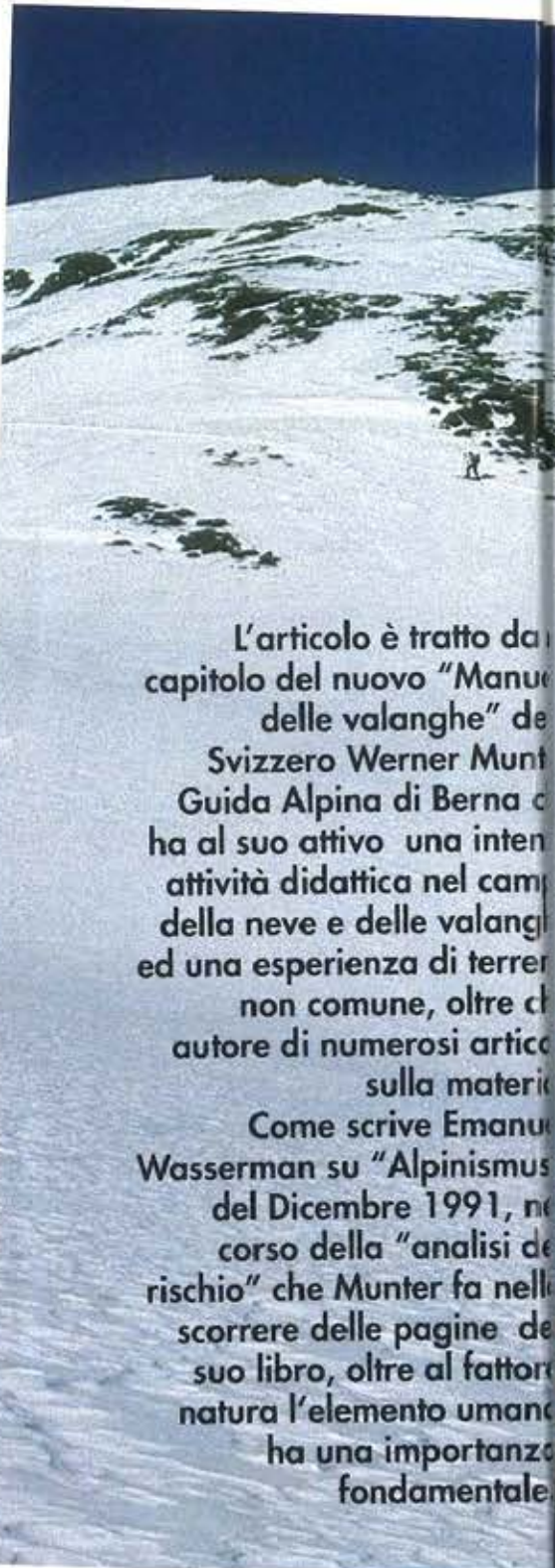
AVVENTURA O TEMERARIETA'?

La bellezza e la sublimità della montagna sono indissociabilmente legate a dei rischi, soprattutto in inverno. Colui che va in montagna si fa carico, coscientemente e liberamente, di un rischio notevole ("accettazione del rischio" nel senso giuridico del termine) per ammirare la bellezza e la natura selvaggia incontaminata. L'alpinismo e le escursioni con gli sci fanno indubbiamente parte degli sport a rischio, così come le discese lungo i fiumi, il parapendio, la speleologia, la vela in mare aperto e gli sport subacquei. La sete di avventura e il gusto del rischio sono i denominatori comuni della nostra esistenza e, senza rischio, non avremmo più nemmeno soddisfazione a vivere la nostra vita stessa: "L'avventura è un po' di vita concentrata" (Ernst Jünger) oppure: "in montagna si imparano più cose in un mese che in tutti gli anni di routine quotidiana" (Jerzy Kukuczka). Nella nostra società civilizzata, questa fondamentale esigenza di avventura e di tensione non può tuttavia essere vissuta senza restrizioni, tanto più che eventuali errori possono coinvolgere terze persone. La giurisprudenza e le compagnie di Assicurazioni distinguono tra rischio "lecito" e "illecito".

Chi oltrepassa il limite del rischio lecito, provocando un danno a terzi, rischia una pena e la riduzione dei rimborsi assicurativi.

L'alpinismo è quindi un'attività potenzialmente pericolosa, che si trova a cavallo tra il gusto del rischio e il bisogno di sicurezza. Dove si colloca questo limite e da chi è definito?

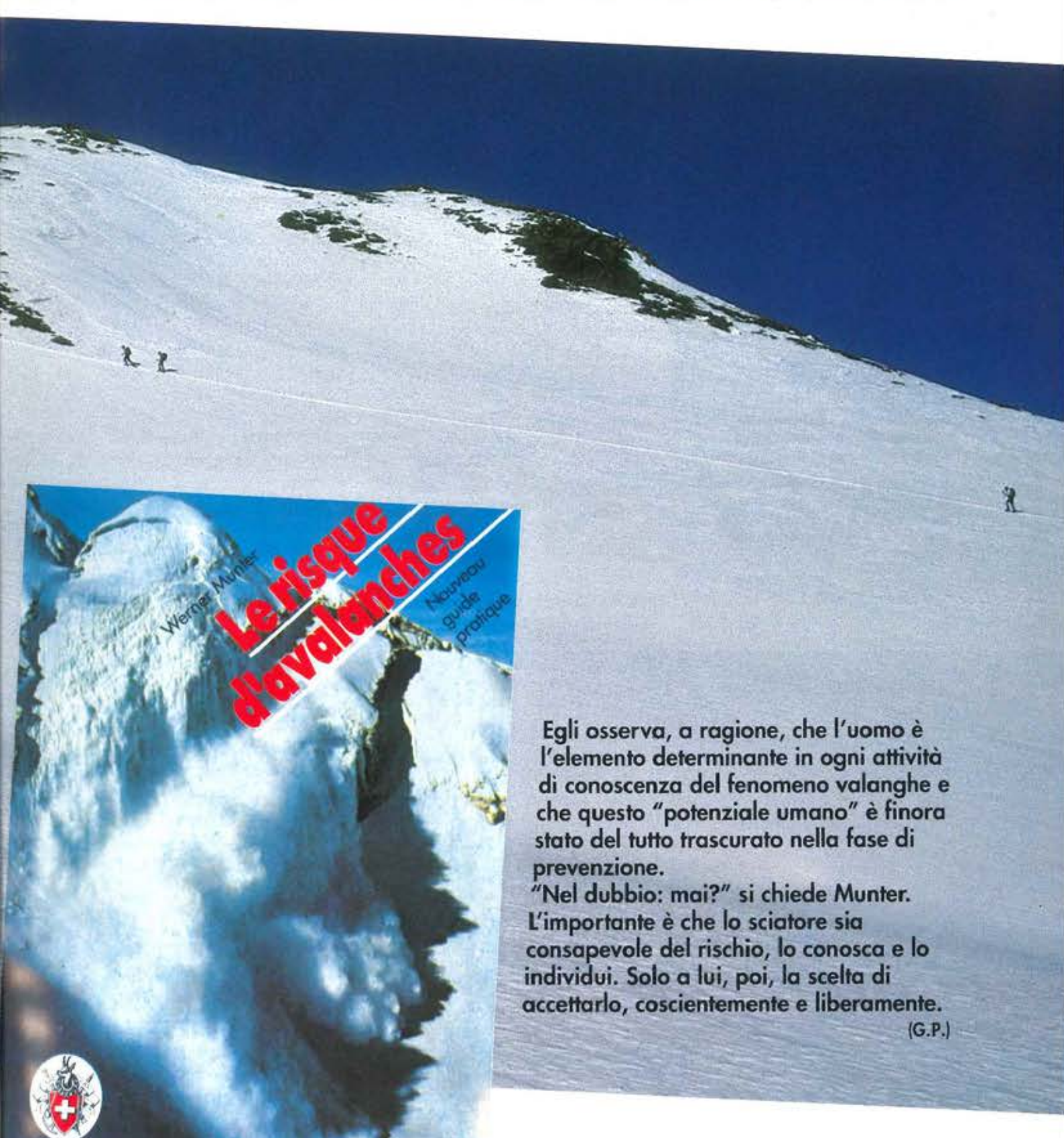
Siccome in alta montagna non esiste il rischio zero, bisogna ricorrere a un consenso politico-sociale che definisca i rischi supplementari nei quali è possibile incorrere (a beneficio dei valori più alti) e determini la soglia del rischio illecito (inammissibile dal punto di vista sociale).



L'articolo è tratto dal capitolo del nuovo "Manuale delle valanghe" del Club Alpino Svizzero Werner Munter. Guida Alpina di Berna che ha al suo attivo una intensa attività didattica nel campo della neve e delle valanghe ed una esperienza di terror non comune, oltre che autore di numerosi articoli sulla materia.

Come scrive Emanuel Wasserman su "Alpinismus" del Dicembre 1991, nel corso della "analisi del rischio" che Munter fa nelle scorrere delle pagine del suo libro, oltre al fattore natura l'elemento umano ha una importanza fondamentale.

la Conoscenza



Werner Munter
**Le risque
d'avalanches**
Nouveau
guide
pratique

Egli osserva, a ragione, che l'uomo è l'elemento determinante in ogni attività di conoscenza del fenomeno valanghe e che questo "potenziale umano" è finora stato del tutto trascurato nella fase di prevenzione.

"Nel dubbio: mai?" si chiede Munter. L'importante è che lo sciatore sia consapevole del rischio, lo conosca e lo individui. Solo a lui, poi, la scelta di accettarlo, coscientemente e liberamente.

(G.P.)



Sopra: piantando il bastoncino da sci nel manto nevoso non è possibile dedurre il grado di resistenza su un pendio ripido.

Sotto: molto spesso gli incidenti da valanga sono dovuti al sovraccarico locale del manto nevoso da parte degli sciatori: di qui la necessità di mantenere delle distanze di sicurezza.



Se il 100% della sicurezza è fuori dalla portata, occorre rispondere alla seguente domanda:

"Qual è il grado di sicurezza sufficiente?"

In montagna il limite del rischio illecito deve essere adattato alla situazione del momento, non potendo essere né definito né quantificato. Come ordine di grandezza si citerà il rischio di decesso durante l'ascensione al monte Cervino, che è pari a 1:300. Questo tasso di rischio si colloca chiaramente all'interno del campo "lecito".

La valutazione dei limiti del rischio in cui si incorre non consente di stabilire una linea di demarcazione chiara e definitiva tra "pericoloso" e "sicuro", ma porta a una "zona grigia elastica", a un ambito di valutazione e interpretazione che dipende dalla particolare situazione.

Anche degli specialisti con lo stesso grado di esperienza, competenza e qualifica possono reagire in modo diverso al problema di sapere se il limite critico sia stato superato o meno. In montagna, i veri problemi decisivi sorgono nelle situazioni che non raccolgono a priori un chiaro consenso da parte degli esperti. Questa situazione di incertezza può essere

caratterizzata nel modo seguente:

- dati e informazioni incomplete
- segnali contraddittori
- relazioni dinamiche complesse
- insicurezza relativa alla valutazione delle variabili in situazioni particolari
- manto nevoso irregolare
- zone pericolose che si rivelano all'improvviso, nel tempo e nello spazio
- situazioni rare e uniche (nessun confronto possibile)
- necessità di ricorrere a un supplemento intuitivo per colmare le lacune del puzzle (più tardi, si constaterà forse che sarebbero stati possibili anche altri supplementi).

In un ambito così delicato e di così vasta portata, il problema relativo alla sicurezza può essere affrontato solo in collaborazione con le organizzazioni di alpinismo e le associazioni professionali interessate. La validità di un tale limite, tra rischio lecito e illecito, non può essere messa in discussione da un gruppo di scienziati o da un esperto, ma può essere verificata solo e unicamente in base alla pratica. Fino ad oggi questo limite, piuttosto vago, è stato più o meno definito dalla pratica corrente. Questa non è soltanto tacitamente accettata dalla società, ma si arriva addirittura ad attribuire meriti di prestigio speciali a coloro che praticano attività sportive a rischio. Inoltre, col passare del tempo, il limite è condizionato storicamente, e viene gradualmente adattato alla misura del progresso della tecnica alpina. Così, un'attività che in passato veniva considerata temeraria, oggi viene tranquillamente praticata a livello di corsi di club.

NEL DUBBIO: MAI? PRENDERE UNA DECISIONE IN CONDIZIONI DI RISCHIO (Decision making under risk)

Il concetto apparentemente evidente: "Nel dubbio rinunciare", non è applicabile a uno sport a rischio, poiché in questo caso

sussiste sempre un dubbio almeno vago. Una breve analisi sulle condizioni di stabilità mostra che, con rischio locale (i gradi di rischio da 0 a 4 - vecchia scala da 0 a 8, n.d.r. - sono presenti durante il 95% del periodo invernale), i due terzi dei pendii ripidi presentano un grado di stabilità medio e che tale stabilità non è al di sopra di ogni sospetto. Siccome non esistono limiti assoluti tra "pericoloso" e "sicuro" e i due terzi dei pendii ripidi si trovano nella zona grigia intermedia, nella maggior parte dei casi si prova una certa sensazione di insicurezza.

E' proprio questo fattore che caratterizza l'avventura. Soprattutto al momento di affrontare delle discese con neve polverosa lungo pendii ripidi e all'ombra, ci troviamo in una situazione di elevata insicurezza. La neve polverosa è particolarmente apprezzata poiché non si è ancora consolidata.

A questo punto si può formulare la domanda tipica degli sport a rischio: "Di che entità devono essere i dubbi affinché lo sciatore decida di fare dietro-front?". La risposta non è semplice. Siccome il manto nevoso non è a rischio solo per qualche giorno d'inverno (pericolo molto debole), saremo sempre soggetti a un grado di incertezza più o meno elevato durante le nostre escursioni con gli sci.

Quello che fa dietro-front al minimo dubbio non compie ascensioni in alta montagna, mentre colui che continua la sua escursione nonostante i molti dubbi non è altro che uno sciocco.

A partire da questo dilemma, è possibile definire alcune misure sensate, in funzione del grado di importanza dei dubbi:

1. Con dubbi minimi, si devono rispettare almeno quelle misure atte a non pregiudicare la stabilità del manto nevoso.

2. In presenza di segnali di pericolo (per esempio cumuli di neve fresca), si girerà intorno alla zona sospetta.

3. In caso di segnali d'allarme evidenti si farà dietro-front o si sceglierà un itinerario più sicuro (pendenza inferiore ai 30°).

Sul terreno ci si trova spesso davanti al problema di prendere delle decisioni (sì/no) sulla base di informazioni incomplete, segnali contraddittori e magari anche pressati dal tempo. E' nella natura delle cose che una somma di simili fattori porti prima o poi a prendere delle decisioni sbagliate. Ogni tipo di attività alpina invernale è fondamentalmente caratterizzata dall'incertezza e dall'ambiguità, quindi da un rischio:

- se si incontrano solo segnali positivi, il pericolo è molto limitato
- se i segnali positivi sono più numerosi dei segnali negativi, il pericolo è limitato
- se i segnali positivi e quelli negativi si bilanciano, il pericolo è moderato=medio=normale
- se i segnali negativi sono più numerosi di quelli positivi, il pericolo è elevato (situazione critica)
- se si incontrano soltanto segnali negativi, il pericolo è molto elevato.

Le situazioni evidenti nel corso delle quali si incontrano solo segnali positivi o negativi sono molto rare e rappresentano al massimo una frequenza del 10% sull'intera stagione invernale (circa 20 giorni su 180).

Per 160 giorni su 180, la situazione non è chiara ed è quindi caratterizzata da un grado di incertezza più o meno elevato.

"Il campo dello studio delle valanghe è impreciso e di difficile valutazione quantitativa... mentre quantificare i fattori è una scienza; è un'arte riuscire a combinare in modo quasi intuitivo tutte le molte

variabili in un sistema di previsione della stabilità della neve. Anche in questa epoca di modelli computerizzati di previsione valanghe, di trasmissioni via satellite di dati meteo e nivologici, vi è ancora una componente di "artigianato": che si tratti dell'addetto alle piste che decide di aprire una pista al pubblico o dello sciatore fuoripista che si chiede se attraversare un determinato pendio, tutti devono prendere delle decisioni, talvolta anche di vita o di morte...". Armstrong & Williams, "THE AVALANCHE BOOK", Colorado 1986.

LACUNE IMPORTANTI

Benché la valanga sia un processo fisico che si svolge secondo le leggi della natura, ancora oggi le reali condizioni di tensione di un pendio a rischio precedentemente alla rottura non sono misurabili, così come non si conosce ancora il meccanismo di distacco. Questa è la ragione per cui non si possono calcolare la capacità di carico e il carico di rottura di un manto nevoso su un pendio ripido.

Fino a quando la scienza non riuscirà a prevedere il rischio di distacco di lastroni di neve con la necessaria precisione, noi sciatori dovremo sempre essere in grado di valutare il pericolo, spesso improvvisamente nel tempo e nello spazio, in modo del tutto autonomo e sotto la nostra responsabilità. A tal fine, possiamo contare soltanto sulle nostre facoltà mentali. In pratica, bisogna porsi il problema di sapere in che modo noi alpinisti possiamo valutare la capacità di carico di un pendio usando dei mezzi primitivi (se non ve ne sono altri), visto che la scienza non è ancora in grado di farlo. Il nostro compito consiste dunque nel ridurre a semplici alternative il gran numero di variabili e le loro possibilità di combinazione

pressoché illimitate servendosi di regole semplici che, nella maggior parte dei casi, permettono di prendere la giusta decisione (sì/no).

La scienza della valutazione qualitativa del pendio isolato e della decisione da prendere in situazioni di incertezza muove solo ora i primi passi.

Nell'ambito di queste discipline, manca fino ad oggi una visione d'insieme critica relativa allo "stato delle conoscenze". Poiché i limiti delle possibilità di conoscenza tecnico-scientifica solo di rado sono stati esaminati in modo chiaro, sussistono sempre delle false speranze. I normali calcoli di un ingegnere, relativi ai materiali da costruzione (statici), non sono applicabili alla nivologia, poiché la neve non è affatto un materiale omogeneo. E' proprio qui che vanno cercati i limiti della comprensione razionale e della percezione sensoriale. Che si voglia o no, dobbiamo accettare il fatto che non possiamo dominare la natura in questo campo.

Colui che pretende il contrario è un imbroglione o un ciarlatano. Alcuni anni orsono, alcuni esperti in sicurezza mi hanno rimproverato di non rispettare il fattore di sicurezza 1.5 in uso nel campo della nivologia. Nella realtà e per motivi pratici, considero perfettamente ammissibile un fattore leggermente più basso. Mi rendo conto del fatto che nel percorrere un pendio con resistenza limite (grado di carico: flessione) noi non possiamo avere la stessa sicurezza che si ha nell'attraversare un ponte costruito secondo le norme SIA.

D'altra parte, non riesco proprio a comprendere l'opportunità delle norme di sicurezza nell'ambito di uno sport a rischio.

Gli esperimenti pratici compiuti nell'ambito del progetto MISTA hanno sufficientemente dimostrato che non è possibile chiedere



garanzie di sicurezza troppo elevate da un manto nevoso in pieno inverno e con stabilità media. Ecco perché è preferibile orientarsi verso ciò che si può realmente raggiungere e non verso quello che sarebbe auspicabile. Come Guide Alpine, noi non ci atteniamo certo alle norme di sicurezza in vigore nel campo dell'ingegneria, ma non perché siamo degli scavezzaccolli o degli ignoranti, ma per il semplice fatto che queste norme di sicurezza non sono adattabili a quel particolare "materiale da costruzione che è la neve". Per ogni materiale, il fattore di sicurezza dipende in effetti dalla

dispersione dei suoi valori di resistenza.

Ad esempio, questo fattore è pari a 1.6 per l'acciaio e a 3.0 per il legno. Poiché la dispersione è più elevata per la neve che non per il legno, il fattore di sicurezza dovrebbe essere proporzionalmente più elevato. Un manto nevoso a media stabilità non soddisfa però queste esigenze; ciò significa che nel caso si applicassero le norme di sicurezza tecniche, non si potrebbero compiere escursioni con gli sci in presenza di "pericolo locale moderato di distacco di lastroni di neve". La pratica dello sci al di fuori

delle zone e degli itinerari segnalati fa dunque parte degli sport a rischio, in quanto le norme di sicurezza valide nella vita di tutti i giorni non sono applicabili al terreno che si percorre con gli sci. Da un lato l'escursionista, o lo sciatore fuoripista, accetta liberamente questo rischio, mentre dall'altro egli deve rinunciare alle discese nella neve polverosa sui pendii ripidi in pieno inverno, limitando la propria attività sportiva alla neve friabile. Il fattore di sicurezza 1.5 non è fondato scientificamente, ma rappresenta invece un valore qualsiasi.

Per la neve esso dovrebbe essere molto più elevato: "quale valore debba avere per la neve, ancora non lo si è stabilito" (Bruno Salm, IFENA).

Nell'ambito della scienza applicata che è la meteorologia, si può almeno descrivere con chiarezza lo stato attuale mentre il grado di esattezza della previsione può essere verificato da tutti consultando il cielo; non è questo il caso della nivologia. E' anche per questo motivo che le lacune della conoscenza e le errate previsioni non sono così evidenti in nivologia.

Perfino una distribuzione statistica di cui si abbia una buona conoscenza non consente di trarre delle conclusioni per il caso isolato successivo. E' quindi abbastanza semplice stabilire una previsione regionale per un gran numero di pendii con l'aiuto di dati statistici e ricorrendo a valori sperimentali (in genere, non c'è nessuno che controlli le previsioni). E' però molto più difficile riuscire a valutare un pendio isolato in maniera attendibile e quindi prendere una decisione sì/no (spesso pressati dal tempo) che, nel caso di risposta affermativa (sì=passare) viene sempre verificata e qualche volta brutalmente smentita.

In nivologia, tutti i pronostici di rischio sono in principio delle



Ogni sciatore dovrebbe acquisire una sua sensibilità ed un suo rapporto "personale" con l'elemento neve: nella foto, allievi in esercitazione.

previsioni a breve termine ed è nella logica stessa della previsione che questa possa essere verificata solo successivamente (ex post). Un pronostico di questo tipo può essere verificato solo mediante l'azione: solo dopo aver fatto un'esperienza si diventa un po' più avveduti. L'attendibilità di un pronostico per un pendio isolato (passare o non passare) può essere verificata soltanto attraversando il pendio in questione.

"Una delle proprietà più sorprendenti e importanti della teoria delle probabilità è il fatto che essa riesca a spiegare in che modo degli eventi, in sé incostanti e imprevedibili, siano caratterizzati da un comportamento medio stabile quando vengono osservati in numero elevato".

Di solito l'alpinista si trova ad affrontare dei casi unici che sono "incostanti e imprevedibili". E' proprio in questo genere di situazioni uniche che il computer non è di alcun aiuto, poiché può essere programmato solo per poter confrontare tra di loro dei casi simili. Sfortunatamente queste conclusioni tratte per analogia non sono attendibili, in quanto

condizioni analoghe non provocano necessariamente gli stessi fenomeni valanghivi. La "nivologia high-tech computerizzata in locali climatizzati" non è stata di nessun aiuto all'alpinista, e dunque non bisogna cercare una soluzione solo da quella parte, e questo per delle ragioni fondamentali legate alla teoria della conoscenza. In qualità di alpinisti, occorre cercare di formulare e risolvere da sé i problemi.

Colui che si espone alle forze imprevedibili della natura deve essere in grado di prendere una decisione sul posto in piena autonomia e sotto la propria responsabilità. Laddove le nostre capacità di ragionamento razionale non bastano, occorre affidarsi all'intuizione.

Questa non sostituisce il concetto di razionalità, ma lo presuppone e lo completa. Al pari di qualsiasi altro fattore umano, l'intuizione può essere stimolata e sviluppata. Questo costituisce il punto di partenza per la scienza delle valanghe della prossima generazione.

Qualche volta sembra che noi agiamo come se cercassimo di leggere nel libro della natura, e che a tal fine misuriamo le diverse lettere e formuliamo delle ipotesi riguardo alla funzione dei vari

caratteri, mentre il significato nel suo insieme continua a rimanere stranamente oscuro. Infatti non è che si riesca a comprendere meglio una poesia osservando le lettere con una lente d'ingrandimento. D'altra parte, può succedere che non si possa trovare la soluzione del problema con l'ausilio di formule statistiche ed equazioni matematiche, ma a partire dall'osservazione di campioni sparsi e dalle strutture dei cristalli di brina che si formano sulla finestra.

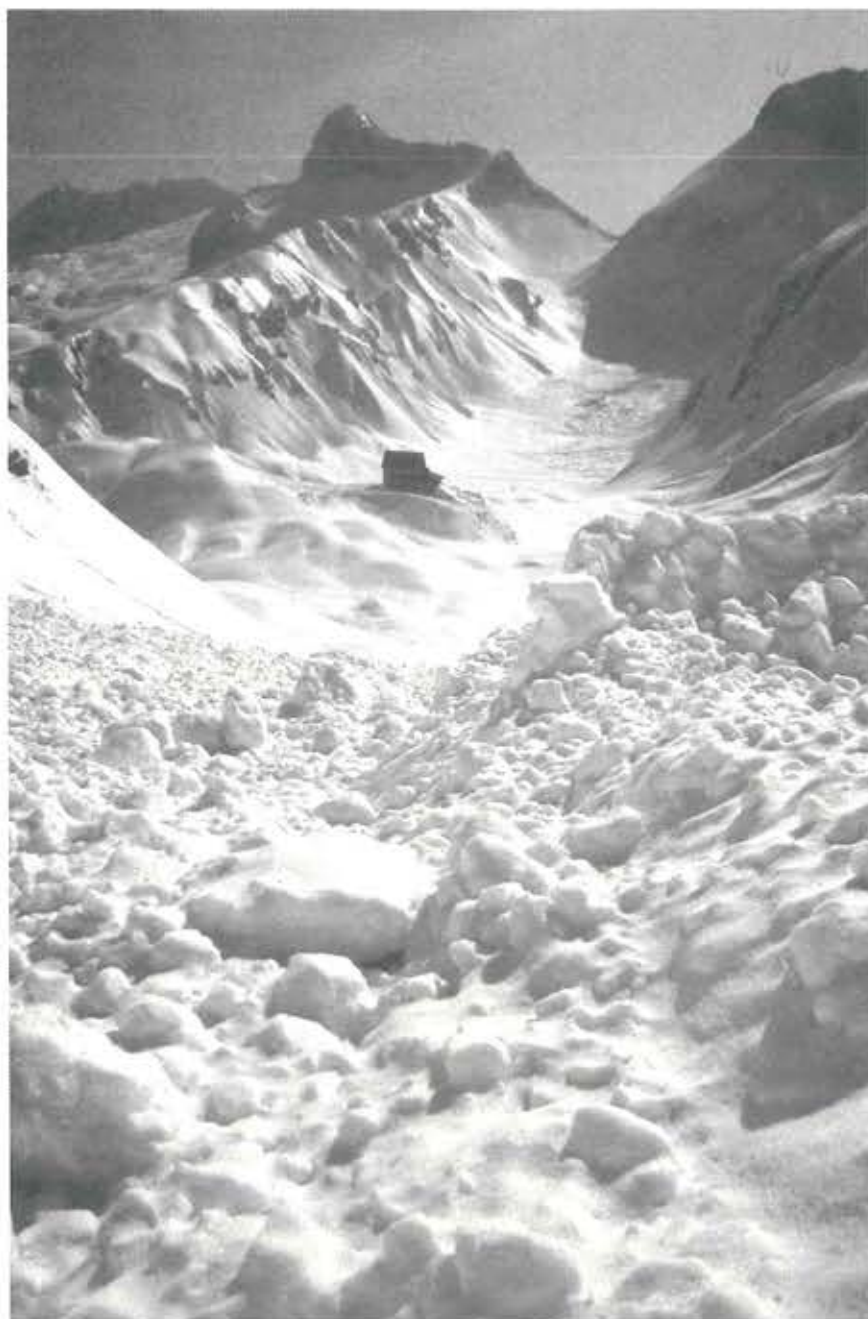
OTTIMIZZAZIONE DELLA SICUREZZA E DEL RISCHIO RESIDUO INEVITABILE

Siccome l'alpinista accetta coscientemente e liberamente un rischio più o meno elevato, non si può parlare di massimizzazione della sicurezza allorché si tratta di determinare il rischio "lecito", in quanto tendere alla sicurezza massima vorrebbe dire rinunciare alle escursioni in alta montagna. Il limite definito viene accettato dall'alpinista solo se, oltre ai punti di vista puramente statistici e mirati a massimizzare la sicurezza, vengono presi in esame anche dei punti di vista turistici, nel senso di un ambito di gioco accettabile. Occorre pertanto trovare un equilibrio tra esigenze apparentemente contraddittorie: da un lato "la maggior sicurezza possibile" e dall'altro "la libertà d'azione la più ampia possibile". Tale equilibrio o compromesso tra esigenze opposte si chiama "ottimizzazione".

Nel corso degli anni questo principio è stato applicato nella pratica attraverso "prove ed errori" successivi. Sembra inoltre evidente che il limite non viene considerato allo stesso modo da tutti gli alpinisti. Colui che sfrutta una lunga esperienza e possiede una approfondita conoscenza nivologica può "rischiare" delle escursioni che sono "inaccessibili" per il principiante. Allo stesso



Canali ed avvallamenti innevati sono sempre più attraenti delle dorsali e delle creste e purtroppo, spesso, presentano un manto nevoso con un grado di instabilità più elevato.



modo, un comportamento adeguato sul terreno consente di spostare questo limite critico e di ridurre in modo efficace la probabilità di distacco, ad esempio adattando l'entità del gruppo alla situazione del momento, scegliendo l'itinerario e la traccia ottimali e adottando delle misure atte a non pregiudicare la stabilità del manto nevoso.

Tuttavia, anche dopo una valutazione minuziosa della situazione a regola d'arte (formula 3x3) e in seguito all'adozione di un comportamento corretto sulla neve, sussiste sempre un rischio residuo inevitabile:

"Il rischio che sussiste anche dopo aver preso tutte le misure di precauzione del caso si chiama rischio residuo.

Questo viene certamente limitato da una maggiore conoscenza ed esperienza, ma non sarà mai eliminato del tutto... Di

conseguenza, quando si utilizza il termine "sicuro", questo può designare solamente una situazione che nasconde in sé un rischio trascurabile, ma tuttavia esistente. Occorre quindi definire una misura di sicurezza, di rischio residuo, che possa essere accettata all'unanimità".

Bruno Salm, IFENA

Rischi residui simili possono trasformarsi in incidenti al 100%.

LA LEGGE DI MURPHY

La legge di Murphy è valida per tutti gli aspetti della vita, quindi anche per l'alpinismo. In breve, questa legge afferma che tutto ciò che deve finir male, prima o poi finisce male sicuramente.

Esprimendoci in maniera più formale, ciò equivale a dire:

rischio residuo minimo x un gran numero di volte =

catastrofe sicura.

Dunque, se un piccolo sbaglio o errore viene ripetuto abbastanza

frequentemente, presto o tardi esso si trasformerà in catastrofe. L'unica cosa di cui si è sicuri con il rischio residuo è che prima o poi l'incidente si verifica. Più spesso si decide di accettare il rischio minimo, più probabile sarà la catastrofe. Questo spiega perché anche delle guide di montagna molto esperte di tanto in tanto rimangano vittime di valanghe. Siccome in montagna non esiste il rischio zero, durante la loro vita le guide sono costrette ad accettare dei piccoli rischi. Questi rischi, molto ridotti in sé (trascurabili), si sommano con il passare del tempo fino a trasformarsi in incidenti che presto o tardi colpiranno qualcuno. Nessuno purtroppo è al sicuro.

La legge di Murphy consente di affermare che l'incidente avverrà sicuramente, presto o tardi, ma senza dire né quando né dove. Il destino è insondabile e conoscerlo sarebbe uno svantaggio per la nostra esistenza. Che la vita nasconda in sé il rischio di morte (rischio che può essere maggiore in alta montagna rispetto

alla vita di tutti i giorni), è ciò che la rende interessante e avventurosa e dunque degna di essere vissuta. La tragica possibilità di diventare "colpevoli pur essendo innocenti" è il pegno che si deve pagare per soddisfare la nostra sete di libertà. Alcuni prima o poi pagano questo pegno, in nome di tutti gli altri. Il rischio residuo sembra essere costituito da questa piccola particella di libertà che permette al destino di intromettersi sempre e ovunque nella vita dell'"Homo faber", attraverso le leggi della natura.

L'IMPREVEDIBILITÀ DELLE FORZE ELEMENTARI DELLA NATURA

Le valanghe sono catastrofi naturali al pari delle tempeste, le inondazioni, le frane, gli smottamenti di terreno e i

terremoti. La scienza non può prevedere né il luogo né il momento esatto in cui tali eventi si verificano. E' sempre più facile prevedere un'eclisse di sole mille anni in anticipo e con una precisione quasi assoluta che non valutare la portanza, il carico di rottura di un pendio ripido innevato. La scienza attuale è dunque in grado di calcolare soltanto le probabilità che si verifichi un evento catastrofico; sapere quando e dove esso avverrà rimane tuttora un problema senza risposta. Ognuno può valutare da solo la validità di questi pronostici di probabilità. Ecco due esempi:

- "la probabilità che la nebbia si diradi è del 40%" (dedotto da una previsione meteo)

- "nella regione di Santa-Cruz è previsto un forte terremoto nei prossimi trent'anni con una probabilità del 30%" (tratto da una previsione geosismica). Poiché tali previsioni possono essere verificate soltanto a posteriori (anticipazione retrospettiva), la loro validità relativamente alla decisione da prendere è molto relativa; inoltre, la previsione che la nebbia si diraderà con una probabilità del 40% è così prossima al risultato aleatorio (si dirada/non si dirada: 50/50) da non essere affatto utilizzabile.

Per quanto riguarda la valutazione del rischio valanghe, l'intelligenza umana è chiaramente limitata.

Il tempo e le valanghe sono fenomeni soggetti alle leggi della natura.

Questi stati parzialmente caotici si sottraggono alle tradizionali analisi delle scienze esatte.

Forse la ricerca sul caos ci consentirà di acquisire nuove conoscenze in questo campo. Nella valutazione del rischio di valanghe occorre stabilire, ponderare e tener conto di decine di fattori e le loro reciproche interazioni. Per ogni situazione la

considerazione dei fattori è diversa, poiché non esistono casi identici, ma tutt'al più casi simili. In una certa misura, la valutazione del rischio di valanghe si identifica sia con la ricerca di prove in campo giuridico, che è sempre soggetto a un grado di incertezza più o meno elevato che provoca di tanto in tanto degli errori giudiziari, sia con l'accertamento di una diagnosi medica. Anche in questo campo si riscontrano infatti diagnosi errate a causa della complessità della materia, sebbene il medico operi a regola d'arte ed abbia effettuato le necessarie analisi in piena coscienza e secondo gli insegnamenti più recenti della ricerca. Poiché nemmeno in questo campo esistono casi identici (pazienti), la ponderazione e il porre in relazione tra di loro i vari parametri avvengono ogni volta in modo diverso e gli errori non sono sempre esclusi, anche nell'era dei computer e dei sistemi intelligenti. Ci troviamo qui nel campo della casistica, nel cui ambito le statistiche e le norme riescono a chiarire solo limitatamente il caso isolato e dove l'intuizione e il feeling rimangono fattori insostituibili. Questo "sapere silenzioso" (Polanyi), gli insegnamenti che dobbiamo all'intuizione e all'esperienza, non sono codificabili numericamente. Forse impareremo qualcosa in più dalla "fuzzy logic" (logica confusa), il pensiero indefinito.

Lo studio pratico delle valanghe si colloca da qualche parte nel campo d'interazione tra la scienza (statistica) e l'esperienza (casistica). E' comprensibile che una conoscenza delle valanghe che si basi essenzialmente su dati empirici talvolta comporti inevitabilmente errate valutazioni. Ciò accade soprattutto in quei casi in cui delle influenze microclimatiche provocano delle irregolarità del manto nevoso su

una superficie molto ristretta; queste irregolarità non sono d'altra parte visibili dall'esterno e sono rivelabili solo con l'aiuto di numerose analisi nivologiche che richiedono molto tempo.

"Il problema centrale del rischio di valanghe è la difficoltà di riconoscerlo... Gli esperti ammettono che non è possibile stabilire nemmeno dei pronostici esatti. Le qualità di "fiuto" e di "esperienza" che non sono spiegabili nella pratica sembrano essere le doti principali per il riconoscimento del pericolo di valanghe. Il "fiuto" o l'istinto per le valanghe" non sono proprietà individuali ereditate, bensì il risultato dell'esperienza. I notevoli fattori di incertezza e l'imponderabile durante la valutazione del rischio fanno delle valanghe il fattore di rischio più insidioso per lo sci alpino. E' per questo motivo che le valanghe annullano regolarmente i pronostici più sicuri redatti dagli esperti più competenti. Le valanghe non tengono conto né dei pronostici né del grado di competenza di una persona. L'uomo è certamente in grado di calcolare e pilotare dei voli nello spazio con una grande precisione, ma non di rappresentare dei processi quotidiani della natura piuttosto complessi mediante formule fisiche o matematiche, né di prevederli. Il distacco di una valanga dipende da un gran numero di fattori che, per la maggior parte, non sono né misurabili né calcolabili e le cui interazioni non sono valutabili con precisione". Josef Pichler, giudice a Graz

Un incidente da valanga è sempre preceduto da un'errata valutazione che si può spiegare a cose fatte (ex post) per cause meteorologiche, nivologiche o topografiche. Tuttavia l'interpretazione ex post non può

essere assimilata alla previsione ex ante; in seguito a un'esperienza si diventa sempre un po' più furbi.

In 25 anni di intensi studi di quel materiale complesso che è la neve non sono mai riuscito a valutare un qualsiasi pendio ripido in modo completamente affidabile, cioè senza avere un rischio residuo importante; non conosco nessuno che sia riuscito a ottenere questo risultato! Fuori, sul terreno, la scienza e l'erudizione fondono come la neve al sole di primavera e alla fine tutti cucinano con l'acqua, anche se qualcuno la chiama H₂O.

Tutti quelli che, agendo a posteriori e da una stanza climatizzata, si occupano del problema della valutazione di un incidente da valanga, dovrebbero tener presente l'imprevedibilità delle forze elementari della natura alle quali siamo esposti in alta montagna, considerando:

- la quantità dei fenomeni
- i segnali spesso contraddittori o addirittura mancanti
- le informazioni di solito incomplete
- le interazioni sovente imprecise tra i diversi parametri
- la variazione della stabilità del manto nevoso (spesso su una piccola superficie)
- i modesti progressi della ricerca relativamente alla valutazione della portanza di un pendio isolato
- il fatto che ogni valutazione del rischio valanghe è riconducibile ad un pronostico con una sua stessa probabilità d'errore
- il fatto che anche gli esperti fanno regolarmente degli errori in questo campo.

Sarebbe pertanto auspicabile usare la massima prudenza riguardo alla valutazione delle capacità di prevedere il rischio di valanghe. Di fronte alla complessità della natura, le capacità dell'ingegno umano sono talvolta davvero molto limitate!

TREDICI ERRORI FATALI TRATTI DAI COMUNI PREGIUDIZI

"Qualsiasi tipo di ignoranza è pericolosa, e la maggior parte degli errori viene pagata a caro prezzo. E può parlare di fortuna colui che, durante la sua vita, ha nutrito un errore nella sua testa senza mai essere stato punito".

Arthur Schopenhauer

"Che le valanghe non scendano con un grande freddo e che la neve fresca si assesti dopo tre giorni sono insulsaggini ereditate dai nostri antenati", così affermava già nel 1916 Mathias Zdarsky, pioniere dello sci e fondatore della scienza delle valanghe. Tuttavia, questi pregiudizi che soddisfano i desideri dell'uomo nella misura in cui esprimono delle relazioni estremamente semplificate, sono molto duri a morire, tanto più che essi quasi sempre contengono una piccola parte di verità. Secondo le circostanze, nel contesto della montagna queste semi-verità possono rivelarsi più pericolose del fatto stesso di non sapere, poiché esse modificano la visione della realtà ("si vede solo ciò che si conosce"). Appare quindi utile stabilire un elenco dei pregiudizi correnti e confrontarli con gli insegnamenti pratici. Questo tipo di paragone costituisce in un certo modo un'introduzione allo studio delle valanghe che dovrebbe rivelare qualche nuovo aspetto anche alle "vecchie volpi".

Errore 1: Le valanghe sono eventi imprevedibili

Si può parlare di caso o di forza

maggiore soltanto per le valanghe che si staccano spontaneamente, cioè senza l'intervento dell'uomo. Tra i rischi oggettivi della montagna si possono quindi annoverare solo le valanghe spontanee.

Queste sono fortunatamente degli eventi rari, che hanno per di più una "percentuale di riuscita" molto bassa.

Queste valanghe, che si verificano perlopiù nella fase di forte pericolo (cioè "in presenza di elevato rischio locale di scorrimento di lastroni di neve" o con "rischio di valanghe in generale"), nella maggior parte dei casi possono essere evitate consultando il bollettino valanghe e restandosene tranquillamente a casa propria o in un rifugio di montagna sicuro durante quei giorni a rischio; in caso di neve primaverile, è sufficiente partire la mattina presto (se non addirittura la notte se necessario) per portarsi fuori in tempo dalla zona a

rischio.

Molto spesso gli incidenti da valanga non si verificano spontaneamente, ma è l'uomo che li provoca. Lo sciatore è quasi sempre la causa del distacco del "suo" lastrone di neve, a seguito del sovraccarico locale del manto nevoso debole e fragile. In questo caso non si parla più allora di rischio oggettivo, ma causale, in quanto l'incidente all'origine del rischio è provocato dall'uomo. Qui la "percentuale di riuscita" della valanga è molto più elevata rispetto agli incidenti legati al caso.

Errore 2: Non esiste rischio di valanghe con freddo intenso

Questo è un errore condiviso particolarmente dagli abitanti delle regioni alpine. Una simile errata convinzione proviene probabilmente da un'epoca in cui le escursioni su sci di norma

venivano effettuate soltanto con la neve primaverile, per quante se ne facessero allora. Ovviamente, se il manto nevoso è bagnato, la regola "caldo=pericolo/freddo=sicuro" è corretta.

Al contrario, la sua applicazione a un manto nevoso asciutto in pieno inverno è del tutto falsa!

I lastroni di neve asciutta (la forma più comune di valanga provocata da uno sciatore) si possono staccare anche alle temperature più



basse.

Inoltre, il freddo conserva un rischio momentaneo per lungo tempo, non potendo essere ridotte le tensioni all'interno del manto nevoso. In questo caso, un riscaldamento del clima graduale ma non eccessivo si ripercuote in maniera positiva sul manto nevoso.

Errore 3: Non vi sono pericoli in presenza di uno strato di neve sottile

All'origine di questo errore vi è con ogni probabilità una grande confusione tra neve fresca e neve vecchia. La neve fresca costituisce sempre un importante fattore di rischio.

Quando si ha una forte nevicata, la neve si assesta abbastanza rapidamente grazie all'azione del suo peso.

In genere un manto nevoso di neve vecchia di elevato spessore presenta un grado di consolidamento superiore a uno strato di neve sottile. Inoltre, nei periodi di bel tempo prolungato (bello e freddo), un manto nevoso di spessore limitato si trasforma rapidamente in brina di profondità a seguito dell'irraggiamento, formando così un fondo a scarsa resistenza per le nevicate successive.

Questo è il motivo per cui lo sciatore provoca un numero di valanghe nettamente più elevato nel corso di inverni freddi e con scarsità di precipitazioni nevose che non durante un inverno mite e caratterizzato da abbondanti nevicate. Per le stesse ragioni, le regioni a clima freddo e con scarse precipitazioni nevose (per es. l'Engadina) presentano un potenziale di rischio più elevato rispetto alle regioni temperate e ricche di neve come il Ticino. Un manto nevoso sottile da cui sporgono ciuffi d'erba e

spuntoni di roccia può indurre nello sciatore una falsa sensazione di sicurezza.

Ovviamente, non tutti i manti nevosi di spessore limitato sono pericolosi, ma lo spessore non fornisce comunque nessuna indicazione riguardo alla stabilità della neve.

Errore 4: Gli alberi proteggono dalle valanghe e quindi non vi è alcun pericolo al di sotto del limite del bosco

Fin dai tempi della scuola, o più tardi con la lettura del "Guglielmo Tell" di Schiller, abbiamo imparato che il bosco protegge dalle valanghe.

E' vero che questi boschi di protezione riparano gli abitati dalle grosse valanghe, ma sfortunatamente non proteggono lo sciatore dai lastroni di neve.

Il bosco crea la stessa falsa sensazione di sicurezza di un manto nevoso sottile.

L'azione di riparo del bosco risiede nel fatto che una parte di neve viene trattenuta dai rami e quindi cade al suolo mano a mano che il clima si riscalda. Il manto nevoso formatosi nei boschi fitti di picee è del tutto diverso dal manto tipico di un terreno aperto. Il distacco di valanghe in un bosco è quindi un evento abbastanza raro e solitamente di modesta entità. Per lo sciatore questi distacchi rappresentano però già un pericolo notevole (per es. distacco di valanghe nelle radure e nei canaloni).

Dunque l'effetto di protezione si ha soltanto nel bosco fitto di picee: un luogo non certo ideale per praticare lo sci.

Un bosco appena un po' più rado si presta invece alla pratica dello sci, ma allo stesso tempo non fornisce più un'efficace protezione allo sciatore. In altre parole: se i tronchi sono distanziati o se le fronde degli alberi sono

così diradate da lasciare intravedere ampie porzioni di cielo e permettono di girare con facilità intorno al tronco, allora è certo che questo bosco non offre protezione contro i lastroni di neve. A tale riguardo, bisognerebbe aver visto almeno una volta con quale facilità un lastrone di neve si infila all'interno di un bosco. I cespugli e i rovi sono elementi che favoriscono la formazione di valanghe, in quanto contribuiscono ad accelerare la formazione di brina di profondità.

Errore 5: Le tracce di sci e di animali garantiscono sicurezza

Anche questa convinzione apparentemente plausibile non regge a un'analisi approfondita. Infatti, una valanga che si stacca da un pendio a rischio non è necessariamente provocata dal primo sciatore (si conoscono casi in cui è il decimo sciatore che passa a provocare il distacco). Questo è il motivo per cui le azioni da "kamikaze" non sono molto efficaci ai fini di testare il manto nevoso. Spesso inoltre non si conoscono le condizioni che sussistevano al momento in cui è stata lasciata la traccia. Con la neve di primavera ad esempio, i pendii possono essere percorsi in tutta sicurezza al mattino dopo una notte molto fredda, almeno fino a quando la crosta in superficie non cede sotto il peso dello sciatore; soltanto qualche ora più tardi gli stessi pendii possono diventare molto pericolosi. Allo stesso modo, succede di poter sciare in tutta sicurezza e con grande divertimento nella neve polverosa lungo i pendii più ripidi, magari subito dopo una nevicata senza vento; poco tempo dopo lo stesso pendio

diventa pericoloso, in quanto i fenomeni di assestamento e di fusione della neve possono portare alla formazione di lastroni mortali. L'assestamento della neve fresca senza un legame simultaneo con il vecchio strato di neve accresce ulteriormente il rischio.

Dunque, una qualsiasi traccia lasciata su un pendio non è mai una garanzia di sicurezza! Una situazione ben diversa si verifica quando le tracce sono molto numerose e percorrono il pendio in tutte le direzioni e se non vi è neve vergine su cui sciare; in tal caso si può concludere che il pendio è stabile. I pendii che vengono percorsi frequentemente e con regolarità presentano infatti un manto nevoso stabilizzato.

Le tracce di camoscio sono ancora meno affidabili delle tracce di sci. A parte il fatto che è molto difficile seguire queste tracce con gli sci, bisogna poi considerare che un camoscio pesa all'incirca la metà di uno sciatore di peso medio e che il suo passaggio carica il manto nevoso in modo del tutto diverso rispetto all'escursionista. Il bilancio della valanga catastrofica verificatasi in Austria nel gennaio 1951 elencava 178 capi di bestiame e 209 animali selvatici travolti.

Errore 6: Le asperità del terreno ancorano il manto nevoso

Questo è vero tutt'al più per le nevicate sul terreno nudo, ad esempio per le prime nevicate all'inizio dell'inverno.

Le irregolarità, le asperità e gli appigli del terreno, così come i blocchi di rocce, gli avvallamenti dei sentieri, i gradini di roccia, eccetera riescono a neutralizzare soltanto le valanghe di fondo. La

valanga che solitamente travolge lo sciatore è invece una valanga di superficie, in cui uno strato di neve superficiale scivola sopra uno strato di neve vecchia. Le prime nevicate riescono generalmente a livellare il terreno. Mano a mano che le precipitazioni nevose si susseguono, si assiste alla formazione di superfici omogenee di scorrimento sempre più ampie, su cui i lastroni di neve non incontrano nessun ostacolo. In questo caso, nemmeno i blocchi di roccia che sporgono dal manto nevoso riescono a contrastare il processo di scorrimento.

Al contrario, le valanghe di fondo di neve umida scivolano spesso direttamente sull'erba. E' solo in questo caso che il tipo d'erba (lunga o falciata) gioca un ruolo importante ai fini dello scorrimento del manto nevoso.

Errore 7: Un pendio di piccole dimensioni non presenta alcun pericolo

La maggior parte degli sciatori sottovaluta di molto il volume e il peso della massa nevosa, quando invece è stato ampiamente dimostrato che anche dei lastroni di neve di grandezza limitata possono essere mortali. Una lastra di neve di 20 x 30 x 0,35 metri pesa dalle 20 alle 40 tonnellate a seconda del tipo di neve, ed una lastra di tali dimensioni è più che sufficiente per seppellire completamente uno sciatore. Questo spiega il detto del montanaro: "basta una gerla piena di neve a toglierti la vita".

Errore 8: Dopo 2 o 3 giorni la neve fresca si è assestata e il manto nevoso è stabile

Il manto nevoso può essersi effettivamente stabilizzato in superficie, ma solo in misura tale da non provocare il distacco

spontaneo.

L'assestamento della neve provoca innanzitutto il consolidamento tra i cristalli. La neve fresca è legata e da questo momento può formare delle lastre di neve, contrariamente alla neve a debole coesione. La fusione tra gli strati, (resistenza di base) che determina la stabilità del manto nevoso, è un processo che richiede solitamente molto più tempo rispetto alla creazione di legami tra i cristalli all'interno dello stesso strato. E' infatti del tutto possibile che la neve fresca si sia ben assestata, ma che non sia ancora sufficientemente legata allo strato di neve sottostante. Questa situazione induce nello sciatore una falsa sensazione di sicurezza: la neve tiene bene e gli sci affondano poco.

Un manto nevoso di questo tipo sopporta grandi carichi su terreno piano e poco inclinato; su un pendio ripido invece (inclinazione superiore ai 30°) la trasformazione della componente verticale del carico in una risultante parallela al pendio (in direzione del pendio), può provocare una rottura per taglio e di conseguenza la spaccatura e lo scorrimento del lastrone di neve.

Per fare un confronto: due mattoni sovrapposti in orizzontale possono sopportare elevati carichi verticali; se invece li mettiamo su un piano inclinato, l'uno scivolerà subito sull'altro, poiché la resistenza all'attrito tra gli strati, che non ha alcuna importanza in posizione orizzontale, viene superata. Questa resistenza non è altro

che la resistenza di base (resistenza di base al taglio). Sui pendii ripidi questa è la

componente determinante della resistenza. Il grado di assestamento della neve fresca (per esempio ai due terzi dell'altezza iniziale) e la profondità di penetrazione degli sci non costituiscono dunque misure della stabilità del manto nevoso.

L'assestamento della neve fresca senza legame simultaneo con lo strato di neve vecchia accresce il rischio di valanghe.

In caso di brina di superficie coperta di neve, spesso bisogna attendere diverse settimane affinché il processo di legame tra neve fresca e neve vecchia si sia completato. In questo caso si parla di manto nevoso poco o mal consolidato (struttura debole del manto nevoso) e di situazione "insidiosa", poiché può durare molto a lungo e non è visibile.

Errore 9: I lastroni di neve sono duri e rimbombano quando li si percorre

Qui la fonte dell'errore sta probabilmente nella denominazione impropria "lastra" di neve. Il termine lastra in effetti fa pensare a una superficie dura. Invece, gran parte dei lastroni di neve che travolgono lo sciatore non sono duri ma sono costituiti da neve soffice. Dire "un lastrone di neve soffice" è dunque una "contradictio in adjecto".

I lastroni di neve soffice sono delle "trappole" caratterizzate da un meccanismo di scatto particolarmente sensibile: questo significa che per provocare il loro distacco sono sufficienti tensioni molto più deboli che non quelle necessarie a causare il distacco di un lastrone di neve dura. Quando, con gli sci ai piedi, si sprofonda fino al ginocchio in un lastrone di neve

molto soffice (penetra il pugno), è molto facile confondere fatalmente questa neve con la neve polverosa e inoffensiva. In questo caso è essenziale che lo sciatore riesca a distinguere la neve polverosa a debole coesione dalla neve polverosa i cui cristalli presentano dei legami:

La prima provoca delle valanghe di neve mobile o polverulenta piuttosto leggere, mentre la neve polverosa del secondo tipo è all'origine dei pericolosi lastroni di neve soffice che si staccano al minimo disturbo. Il test della pala permette di distinguere tra i due stati della neve polverosa: la neve è legata quando un blocco di neve non si disintegra sulla pala a seguito di piccole scosse. Il tipico rumore sordo "vuum" che si sente mentre si percorrono certi pendii permette di concludere che la neve è legata; anche la neve soffiata presenta dei cristalli che hanno dei legami tra loro.

Errore 10: I "vuum" sono dei segnali che denotano un buon grado di assestamento della neve

E' lo stesso che dire che il primo tuono annuncia la fine del temporale! Questo rumore sordo, accompagnato da un brusco moto di assestamento del manto nevoso, e le crepe che compaiono sulla neve sono invece indicazioni affidabili della fragilità del manto nevoso, dei veri e propri segnali d'allarme.

Praticamente tutti i casi di distacco di un lastrone di neve sono preceduti dal "vuum", che è per così dire la "musica d'accompagnamento" della rottura degli strati portanti.

Ognuno di questi rumori segnala un processo di indebolimento del manto nevoso già molto fragile. Il "vuum" dovrebbe entrarci nelle orecchie e rimanerci: la natura non potrebbe fornirci un segno più

evidente di questo!

Il "vuum" è forse addirittura il segnale necessario e sufficiente cercato nell'imminenza del pericolo. Esso può essere di intensità talmente debole da poter essere percepito solo facendo molta attenzione, tendendo l'orecchio allo spasimo. Se ad essere fragile è soltanto uno strato sottile di superficie, si udirà allora un fischio sordo più chiaro che ha lo stesso significato.

I "vuum" ci possono avvertire di un pericolo solo quando noi lasciamo la nostra traccia sulla neve. Nelle vecchie tracce indurite, il sensore naturale è ormai da tempo disattivato. Amundsen aveva già segnalato questo fenomeno durante la sua spedizione al Polo Sud nel 1911, definendolo una sorta di "rombo" all'interno della neve "che provocava il panico nei cani e nei conducenti".

Errore 11: Su questo pendio ripido non si sono mai verificate valanghe ed è quindi assolutamente sicuro

Fondamentalmente non esiste nessun pendio ripido sicuro dal punto di vista delle valanghe. Tutti i pendii ripidi, senza eccezione, devono essere considerati a potenziale rischio di valanghe partendo da un grado di inclinazione di 30° (la parte più ripida del pendio è determinante); questo significa che, a seconda delle condizioni meteo e nivologiche, uno sciatore può provocare il distacco di lastroni di neve. Sono le condizioni presenti al momento ad avere un ruolo determinante. Pertanto, a seguito di condizioni meteo e nivologiche straordinarie, ci si dovrà aspettare delle valanghe di natura altrettanto

straordinaria. A titolo d'esempio, l'8 marzo 1991 sette giovani persero la vita a seguito del distacco di una valanga dal Gran San Bernardo. I canonici del posto consideravano tale pendio assolutamente sicuro ("mai a memoria d'uomo..."). Tuttavia, il luogo dove si è verificata la tragedia è chiamato "Combe des morts" (conca dei morti), forse a segnalare che l'uomo ha memoria piuttosto corta.

Esistono naturalmente dei versanti, definiti "pendii estremi", sui quali si possono osservare fenomeni valanghivi più frequenti rispetto ad altri. Qui il termine "estremo" viene applicato alla configurazione del terreno che favorisce la formazione delle valanghe: la pendenza, l'esposizione, la forma delle conche e la vicinanza di creste. Vogliamo segnalare un altro errore affine a quello sopracitato:

"Su questo pendio si è verificato un incidente da valanga nell'anno xy e quindi questo pendio è pericoloso in ogni caso". Nemmeno i pendii estremi (vedi sopra) sono pericolosi per tutto l'inverno, ma solo in alcuni giorni e in condizioni particolari. In questo caso, l'incidente può essere avvenuto nell'unico giorno a rischio dell'inverno. Si tratta pertanto di conoscere i periodi di possibile distacco valanghivo, onde evitare di percorrere certi pendii in quei giorni a rischio, pendii che possono essere perfettamente praticabili per il resto della stagione.

Errore 12: Occorre aspettarsi valanghe solo con il brutto tempo: oggi è bello e dunque la situazione è sicura

L'errata convinzione che il rischio di valanghe cessi subito

dopo una nevicata, ogni inverno miete numerose vittime tra gli sciatori. Molte valanghe si generano naturalmente durante le nevicate: la maggior parte delle valanghe catastrofiche e quelle che provocano gravi danni scendono spontaneamente durante le intense precipitazioni, spesso durante una tempesta di neve e nella nebbia, oppure durante la notte.

Rimangono quindi le "trappole" che necessitano di una tensione supplementare per staccarsi, ad esempio il peso di uno sciatore. Queste trappole sono paragonabili a delle bombe a scoppio ritardato che, a seconda delle condizioni meteorologiche, conservano tutta la loro carica esplosiva per giorni o addirittura settimane, e anche con il bel tempo.

Il primo giorno di bel tempo dopo un periodo di precipitazioni è particolarmente pericoloso! In questo caso occorre essere molto prudenti e si consiglia di lasciare i magnifici pendii innevati ai "drogati di adrenalina". I cosiddetti pendii "vergini" il più delle volte nascondono già una potenziale valanga.

L'altro importante fattore che contribuisce ad aumentare il rischio di valanga (a parte la neve fresca accompagnata dal vento) è l'improvviso e importante aumento della temperatura (caldo, pioggia, föhn) che può ridurre di molto la resistenza della neve. Questo fatto provoca il distacco spontaneo di numerose valanghe, soprattutto su terreno roccioso. Tuttavia, anche con il bel tempo si può avere il distacco di valanghe che scendono lungo i pendii in successione, fino a ricoprire delle porzioni di terreno pianeggiante. Se per di più il primo giorno di bel tempo è accompagnato anche da un notevole aumento della temperatura (fatto che si verifica

spesso in primavera), ci si dovrà aspettare un'attività valanghiva molto intensa, in quanto i due fattori interagiscono.

Errore 13: Piantando il bastoncino da sci nel manto nevoso se ne può dedurre il grado di resistenza

Sfortunatamente questo errore fatale è ancora molto diffuso e lo si trova segnalato anche nelle guide più recenti. Il fatto di conficcare il bastoncino da sci nel manto nevoso fornisce un profilo penetrometrico estremamente semplificato che indica solo in modo grossolano il grado di durezza dei diversi strati. La consistenza degli stessi non dipende però minimamente dal processo di consolidamento degli strati (=resistenza di base); vedere a tale riguardo l'esempio dei mattoni citato nell'errore 8.

Il bastoncino da sci non ci fornisce dunque nessuna indicazione circa la componente di resistenza determinante del manto nevoso su un pendio ripido, ma tutt'al più solo qualche dato relativo alla resistenza verticale di uno strato di neve orizzontale, un'informazione di scarso interesse per lo sciatore. Lo stesso giudizio vale per il profilo penetrometrico "scientifico".

In nivologia, il pregiudizio più duro a morire è senz'altro quello di credere che sia possibile valutare la stabilità del manto nevoso considerando un solo profilo di neve. "Pertanto è più facile spezzare un nucleo atomico che eliminare un pregiudizio" (A. Einstein). "Esperto, fai attenzione! La valanga non sa che tu sei esperto..." (André Roch)

(W.M.)

LA NUOVA SCALA UNIFICATA

per la
classificazione
del pericolo da
valanghe

A partire dagli anni 80 tutti i servizi valanghe hanno iniziato ad utilizzare indici numerici graduati in apposite scale per la definizione del pericolo da valanghe nei bollettini di previsione. Nei vari paesi sono state proposte e impiegate soluzioni diverse e ciò ha portato, sul solo arco alpino, all'utilizzo di 4 scale diverse con gravi difficoltà di interpretazione e confronto delle informazioni nivometeorologiche soprattutto per gli scialpinisti che spesso si muovono da un paese all'altro. Dopo anni di discussioni e trattative, nel 6° incontro internazionale dei servizi di previsione valanghe tenutosi a Wilbad Kreuth in Baviera dal 21 al 23 Aprile 1993, è stato finalmente raggiunto un accordo fra i rappresentanti di Austria, Francia, Germania, Italia, Spagna e Svizzera, per l'adozione di una scala unificata. La nuova scala è composta da 5 gradi di pericolo e risponde soprattutto alle esigenze di omogeneità e confrontabilità dell'informazione nivometeorologica dei frequentatori della montagna con finalità turistiche.

di Anselmo Cagnati
Centro Sperimentale Valanghe -
32020 Arabba BL



NECESSITA' DI UNA SCALA UNIFICATA

L'utilizzo di indici numerici o di appellativi per la definizione del pericolo da valanghe nei bollettini di previsione è una prassi ormai consolidata e seguita da tutti i servizi di previsione valanghe. La scala di pericolo è infatti uno strumento di supporto al previsore per identificare in modo univoco una determinata situazione valanghiva ed è anche un aiuto per l'utente per l'interpretazione corretta della stessa.

Nel corso degli anni 80 tutti i paesi dove esistono dei servizi di previsione valanghe, hanno affrontato il problema della scala, proponendo diverse soluzioni. Ciò ha portato, sul solo arco alpino, all'impiego di almeno 4 scale con un numero di indici variabile da 5 a 8 e impostate su basi concettuali diverse.

Ciò, ovviamente, ha determinato la non confrontabilità dei bollettini dei vari paesi con difficoltà interpretative specialmente da parte dei frequentatori della montagna per finalità turistiche (sci alpinisti, escursionisti ecc.) che frequentemente passano da un paese all'altro.



Questo problema era già entrato nel 1983 fra le tematiche discusse nelle periodiche riunioni dei rappresentanti dei servizi di previsione valanghe dell'arco alpino ma, per vari motivi per lo più connessi con la diversità delle situazioni locali (climatiche, giuridiche ecc.), non aveva trovato fino ad oggi soluzione. La situazione si era tuttavia aggravata in questi ultimi anni in seguito al grande sviluppo dello sci alpinismo che è diventata un'attività molto popolare e senza confini amministrativi. Le richieste delle organizzazioni alpinistiche di avere un'informazione omogenea e confrontabile sono divenute sempre più insistenti e pressanti e hanno giocato un ruolo fondamentale nel processo di unificazione. A titolo di esempio si riportano, in box, due significative mozioni pervenute ai responsabili dei servizi di previsione valanghe.

Fig.1 - Esempio di situazione con pericolo 1 (debole): il manto nevoso è in generale ben consolidato e stabile; sono da aspettarsi solo piccoli scaricamenti spontanei su pendii estremamente ripidi.

Fig.2 - Esempio di situazione con pericolo 4 (forte): il manto nevoso è debolmente consolidato sulla maggior parte dei pendii ripidi; il distacco di valanghe è probabile già con un debole sovraccarico (singoli sciatori).



Fig. 1

Aprile 1990 - Mozione presentata dall'organizzazione "Sci alpinismo senza frontiere"

I più qualificati componenti dei Club Alpini dell'arco alpino dal 1982 si riuniscono annualmente, in una località delle Alpi, in una manifestazione chiamata Sci alpinismo senza frontiere, che ha lo scopo di riunire idealmente tutti gli sci alpinisti delle Alpi nello scambio di

esperienze e di conoscenze, sia tecniche che geografiche, e nel superamento di ogni confine politico. Essi, quali rappresentanti di tutti gli sci alpinisti dell'arco alpino, diretti utenti ed utilizzatori delle informazioni nivometeorologiche, dopo approfondite analisi e discussioni sull'argomento inerente le informazioni nivometeorologiche stesse e le relative interpretazioni e constatato che nei vari paesi dell'arco alpino esistono

differenti metodologie di elaborazione dei messaggi di informazione sul tempo e sulla neve ed esistono differenti scale di rischio ad essi relative, chiedono che ...Le scale di rischio ed i relativi gradi di pericolo, essenziali per l'interpretazione dei bollettini stessi ai fini di una corretta utilizzazione, siano uniformemente strutturate in modo analogo su tutto l'arco alpino e chiaramente interpretabili.

DEFINIZIONI E BASI CONCETTUALI DELLA SCALA

Nel corso del 6° incontro internazionale del Gruppo di lavoro dei servizi di previsione valanghe tenutosi a Wildbad Kreuth (Baviera) dal 21 al 23 Aprile 1993, è stato finalmente raggiunto un accordo fra i vari paesi su una scala unificata ed è stato proposto un testo in lingua tedesca.

La discussione, alla quale hanno partecipato i rappresentanti di Austria, Francia, Germania, Italia, Spagna e Svizzera, ha portato alla definizione di un testo comune che riguarda le seguenti sezioni:

- **grado di pericolo;**
- **stabilità del manto nevoso;**
- **probabilità di distacco di valanghe**

Il 13 Maggio 1993 si è successivamente riunito a Trento il Gruppo di lavoro dei previsori AINEVA che, sulla base del testo in lingua tedesca e delle osservazioni pervenute da esperti in materia, ha proposto la corrispondente versione in italiano che è stata successivamente perfezionata nel corso dell'estate

(il testo definitivo è riportato in tab. 1)*.

Vediamo ora alcune definizioni e basi concettuali della scala.

La scala di rischio diventa scala di pericolo

Ecco alcune definizioni tratte da "Il Nuovo Zingarelli":

rischio: possibilità di conseguenze dannose o negative in seguito a circostanze non sempre prevedibili

pericolo: circostanze, situazioni o complesso di situazioni che possono provocare un grave danno.

Si è preferito, nella versione in lingua italiana, il termine **pericolo** per dare un'idea di oggettività della situazione valanghiva. Il rischio dipende anche dal comportamento delle persone (fattore umano). Un esempio: uno sciatore alpinista che attraversa un pendio ripido poco consolidato diverse volte rischia molto di più di uno che l'attraversa una sola volta (il pericolo però rimane sempre lo stesso!).

Gradazione del pericolo

La scala si compone di **5 gradi** di pericolo crescente individuati con indici numerici da 1 a 5. I diversi indici sono contraddistinti con altrettante definizioni che danno

Aprile 1993 - Lettera del Presidente della CISA ai rappresentanti dei Servizi di previsione valanghe dell'arco alpino

Signore e Signori, da molti anni la CISA si sforza di migliorare e ottimizzare non solo i metodi di soccorso per gli alpinisti e gli escursionisti infortunati ma anche l'informazione volta a prevenire ed evitare gli incidenti in montagna. In questo contesto, il Gruppo di lavoro della CISA si è riunito a Bormio dal 26 al 28 febbraio 1993 ed ha elaborato delle proposte la portata delle quali riguarda soprattutto le regioni alpine. Mi permetto di sottoporre alla vostra attenzione, per la discussione, le quattro proposte principali:

1 - Uniformizzazione (semplificazione) sul piano internazionale della scala di pericolo da valanghe. Siamo dell'avviso che gli sci alpinisti che oltrepassano le frontiere possano riferirsi, sul piano internazionale, alla stessa scala concernente i pericoli da valanghe...



Fig. 2

un'idea crescente del pericolo:

- 1 debole**
- 2 moderato**
- 3 marcato**
- 4 forte**
- 5 molto forte.**

Un grado estremo (senza indici numerici o definizioni) può essere usato nei bollettini per indicare situazioni eccezionali, catastrofiche dal punto di vista valanghivo (si dirà allora semplicemente: pericolo estremo). Due sono gli elementi essenziali che hanno dettato questa scelta:

- il pericolo nullo non esiste (quando c'è neve al suolo);
- il grado mediano della scala (3 marcato) non rappresenta il pericolo medio, bensì un pericolo superiore.

Ciò implica, evidentemente, la non linearità della scala.

Stabilità del manto nevoso

Dal punto di vista fisico non è corretto utilizzare una scala della stabilità in quanto un pendio nevoso o è stabile o non lo è (non ci possono essere situazioni intermedie).

Nella scala di pericolo unificata viene pertanto utilizzata una **scala del consolidamento** del manto nevoso con le seguenti definizioni:

- **ben consolidato**
- **moderatamente consolidato**
- **da moderatamente a debolmente consolidato**
- **debolmente consolidato**

solamente nei gradi di pericolo estremi (1 e 5) si parla di manto nevoso stabile e manto nevoso instabile rispettivamente.

Siccome il pericolo da valanghe non è presente indistintamente su tutto il territorio, la scala utilizza il concetto di **pendii ripidi** per dare una localizzazione del pericolo secondo i seguenti criteri di estensione:

pochissimi pendii ripidi / alcuni pendii ripidi / molti pendii ripidi

/ maggior parte dei pendii ripidi

Ecco, a puro titolo indicativo, alcuni riferimenti:

pochissimi pendii ripidi meno del 5%

alcuni pendii ripidi dal 5 al 25%
molti pendii ripidi dal 25 al 50%
maggior parte dei.....più del 50%

Ma cosa si intende per pendii ripidi?

pendii ripidi: pendii con inclinazioni pari o superiori a 30°;
pendii ripidi estremi: pendii con caratteristiche sfavorevoli per quel che concerne l'inclinazione, la forma del terreno, la vicinanza alle creste e la rugosità del suolo.

Probabilità di distacco di valanghe

Per i due gradi estremi (1 e 5) non viene fatta alcuna distinzione nei riguardi dei tipi di distacchi (provocati o spontanei) mentre per i tre gradi intermedi (2,3 e 4) una prima frase indica l'entità del **sovraccarico** necessario per provocare distacchi, mentre una seconda frase descrive la situazione nei riguardi dei **distacchi spontanei** (con particolare riferimento al numero e alle dimensioni delle valanghe). Il sovraccarico viene così definito:

- **debole**
- **forte**

con i seguenti riferimenti:
sovraccarico debole: singolo sciatore, escursionista senza sci;
sovraccarico forte: gruppo compatto di sciatori, mezzo battipista, uso di esplosivo.

Per quanto riguarda i distacchi spontanei, vengono utilizzate le seguenti definizioni:

piccole valanghe (scaricamenti) /
singole grandi valanghe /
valanghe di media grandezza /
molte grandi valanghe.

Colori di riferimento

Ciascun grado di pericolo è contraddistinto da un colore per agevolare un impiego di tipo

grafico della scala. I colori scelti sono i seguenti:

- 1 verde**
- 2 giallo**
- 3 ocra**
- 4 arancio**
- 5 rosso**

NOTA: i commenti e i riferimenti numerici sopra riportati sono stati estrapolati dalle discussioni fra gli esperti dei vari paesi per la definizione della scala; essi pertanto non sono ufficiali ma puramente indicativi e da utilizzarsi per una miglior comprensione dei contenuti della scala.

TEMPI DI ATTUAZIONE E SVILUPPI FUTURI

Tutti i rappresentanti dei paesi presenti alla riunione di Wildbach Kreut si sono impegnati a garantire l'utilizzo della scala unificata nei bollettini di previsione a partire dalla stagione invernale 1993-94.

Nel corso dell'estate 93 ci sono stati ulteriori incontri dove è stata discussa, a livello internazionale, anche l'importante questione delle conseguenze e misure considerando i diversi ambiti nei quali il pericolo di valanghe può manifestarsi e precisamente:

- ambito delle attività turistiche su manto nevoso vergine (sci alpinismo, escursionismo ecc.);
- ambito delle vie di comunicazione, piste da sci e impianti di risalita;
- ambito degli insediamenti (centri abitati).

Siccome tra i vari paesi esistono delle diversità anche importanti nei riguardi degli aspetti giuridici legati alla responsabilità la stesura e pubblicizzazione della sezione "conseguenze e misure" è stata lasciata, per il momento, libera e facoltativa.

Ulteriori piccoli aggiustamenti, non nei concetti ma nei termini, potranno essere ancora apportati prima dell'inizio della stagione invernale 1993-94.

SCALA UNIFICATA DEL PERICOLO DA VALANGHE

(valida dalla stagione invernale 1993-94 in Austria, Francia, Germania, Italia, Spagna e Svizzera)

SCALA DEL PERICOLO	STABILITA' DEL MANTO NEVOSO	PROBABILITA' DI DISTACCO DI VALANGHE
1 DEBOLE	Il manto nevoso è in generale ben consolidato e stabile	Il distacco è possibile solo con un forte sovraccarico** su pochissimi pendii ripidi estremi. Sono possibili solo piccole valanghe spontanee (cosiddetti scaricamenti)
2 MODERATO	Il manto nevoso è moderatamente consolidato su alcuni pendii ripidi*, per il resto è ben consolidato	Il distacco è probabile con un forte sovraccarico** soprattutto sui pendii ripidi indicati. Non sono da aspettarsi grandi valanghe spontanee
3 MARCATO	Il manto nevoso presenta un consolidamento da debole a moderato su molti pendii ripidi*	Il distacco è probabile con un debole sovraccarico** soprattutto sui pendii ripidi indicati. In alcune situazioni sono possibili valanghe spontanee di media grandezza e, in singoli casi, anche grandi valanghe
4 FORTE	Il manto nevoso è debolmente consolidato sulla maggior parte dei pendii ripidi*	Il distacco è probabile già con un debole sovraccarico** sulla maggior parte dei pendii ripidi. In alcune situazioni sono da aspettarsi molte valanghe spontanee di media grandezza e, talvolta, anche grandi valanghe
5 MOLTO FORTE	Il manto nevoso è in generale debolmente consolidato e per lo più instabile	Sono da aspettarsi numerose grandi valanghe spontanee, anche su terreno moderatamente ripido

*Nel bollettino vengono descritti in modo più dettagliato (quota, esposizione, forma del terreno ecc.).

** Sovraccarico - forte: es. gruppo compatto di sciatori, mezzo battipista, uso di esplosivo
- debole: es. singolo sciatore, escursionista senza sci

Definizioni: - pendii ripidi: pendii con inclinazione superiore a c.a. 30°

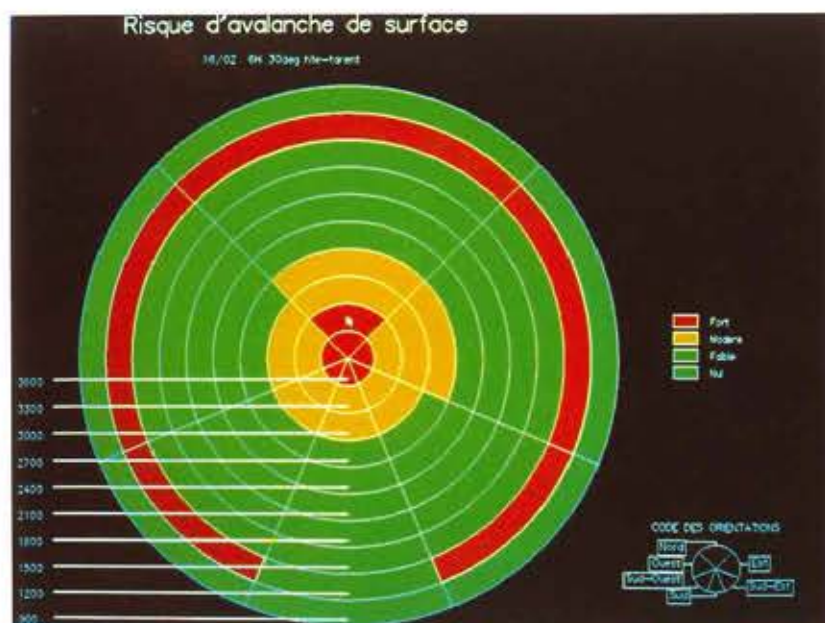
- pendii ripidi estremi: pendii con caratteristiche sfavorevoli per quel che concerne l'inclinazione, la forma del terreno, la vicinanza alle creste e la rugosità del suolo

- spontaneo: senza l'intervento dell'uomo

- esposizione: punto cardinale verso il quale è rivolto il pendio

LA PREVISIONE DELLE VALANGHE IN FRANCIA

di Edmond Pahaut, del Centre
d'Etude de la Neige
1441 rue de La Piscine
38406 St. Martin D'Heres cedex
(Francia)



Analisi del rischio di valanghe di superficie per mezzo di Mépra, partendo dalle simulazioni Safran/Crocus. Rappresentazione simbolica per fasce di altezza di 300 metri su 6 esposizioni su pendio di 30°.

L'utente della montagna oggi trova del tutto naturale poter contare su un servizio previsioni preciso e attendibile, ma non bisogna scordare che questo è il risultato di una lunga evoluzione. Gli strumenti messi in campo, i procedimenti e le tecniche utilizzate nel corso di 20 inverni mostrano il cammino percorso dal 1970 dal Servizio di Previsione Valanghe.



CENTRE NATIONAL
DE RECHERCHES
MÉTÉOROLOGIQUES
Centre d'Etudes de la Neige



Il servizio di previsione valanghe francese (PRA) - Prévision du Risque d'Avalanche - venne istituito durante il 1970, in seguito alle catastrofiche valanghe del febbraio di quell'anno. Nel suo rapporto la commissione interministeriale, attivata allo scopo di migliorare la sicurezza nei comuni di montagna e nelle stazioni di sport invernali, eseguì un inventario delle misure che dovevano essere adottate per garantire la diffusione dei bollettini di rischio valanghe.

Nell'occasione venne posto l'accento sulla necessità di un sistema che potesse consentire al servizio meteo francese "...di disporre di una grande quantità di informazioni dettagliate, elaborarle presso un centro specializzato e trasmettere i dati scientifici a personale addestrato alla loro interpretazione...". L'organizzazione prevista fu strutturata secondo lo schema seguente:

**Osservare e misurare -
Trasmettere - Elaborare,
analizzare, prevedere -
Divulgare - Adattare**

In questo contesto il Centro di Nivologia (CEN), in collaborazione con i servizi di previsione della stazione meteo di Saint-Martin-d'Hères per le Alpi del Nord, di Marignane per le Alpi del Sud e di Tolosa per i Pirenei, venne allora incaricato di occuparsi dell'elaborazione dei bollettini di previsione del rischio valanghe.

OSSERVARE E MISURARE

La rete nivometeorologica fu attivata all'inizio della stagione invernale 1970/1971 con il concorso degli enti locali, dei comuni e delle stazioni sciistiche. Dapprima l'iniziativa riguardò soltanto le Alpi del Nord. Partendo dalla decina di stazioni di osservazione create in occasione dei giochi olimpici invernali di Grenoble, la rete "Alpi



- Le stazioni automatiche "Nivose". Queste stazioni di misurazione sono state concepite per la rilevazione di un certo numero di parametri nivometeorologici in zone di alta montagna non coperte dalla tradizionale rete di misurazione. Completamente autonome, le stazioni sono provviste di un sistema di segnalazione e trasmissione dei dati tramite il satellite Argos e trasmettono le informazioni utili per la previsione del rischio di valanghe e per il modello

del Nord" si sviluppò fino a contare circa 25 stazioni ripartite nei tre dipartimenti. I primi osservatori, i "pisteurs" (addetti alla manutenzione delle piste), gli agenti CRS e i gendarmi di montagna vennero addestrati nel mese di novembre. Le prime attività di rilevamento iniziarono nel dicembre 1970.

A partire dall'inverno 1971-1972, la rete di osservazione si estese alle Alpi del Sud e ai Pirenei, mentre in Corsica e nel dipartimento del Cantal le prime stazioni vennero create soltanto nel 1976-1977. Nonostante i problemi di finanziamento, nel corso di questi 20 anni lo sviluppo della rete nivometeorologica fu spettacolare: le 25 stazioni del 1970 passarono a 60 nel 1975, 90 nel 1980, 110 nel 1985 e quasi 130 nel 1991.

Gli inverni si susseguirono e i rilevamenti giornalieri, effettuati dalle 8 alle 13, e le operazioni di sondaggio penetrometrico guadagnarono in qualità e

Safran: altezza della neve al suolo (misurazioni a ultrasuoni), temperatura aria, vento, umidità, ecc.

- La struttura del manto nevoso costituisce uno degli elementi essenziali da prendere in considerazione nella valutazione del rischio valanghe. Il manto nevoso è costituito da diversi strati.

Qui si possono distinguere chiaramente degli strati di neve composta da grani grossi (la parte in chiaro) e strati formati da grani fini (parte più scura).

regolarità.

Attualmente, presso alcune stazioni viene eseguito un terzo rilevamento alle 17.00 mentre fra gli obiettivi degli anni '90 vi è quello di supportare le misurazioni tradizionali con nuovi rilevamenti resi possibili dal lancio sul mercato di nuovi sensori, tra i quali ad esempio la misurazione del tenore della neve in acqua liquida.

TRASMETTERE

Il principio della trasmissione dei rilevamenti giornalieri si basa su un contatto diretto tra l'osservatore e la stazione meteo incaricata dell'operazione. Le cose però non sono sempre andate così. Negli anni '70, ad esempio, le procedure erano molto diversificate. Gli osservatori CRS o PGHM si affidavano a collegamenti radio per comunicare con i propri gruppi, i quali provvedevano a ritrasmettere le informazioni verso la stazione meteo dipartimentale.

Gli osservatori in servizio sulle piste registrano i loro messaggi in codice su segreterie telefoniche in alcune fasce orarie ben definite. Questi messaggi vengono poi decodificati presso i centri di nivologia.

Certi osservatori, ancora collegati a un centralino manuale, beneficiano comunque di una priorità "valanghe".

Non deve quindi sorprendere se in questo caso i dati dei rilevamenti a volte giungono con un po' di ritardo.

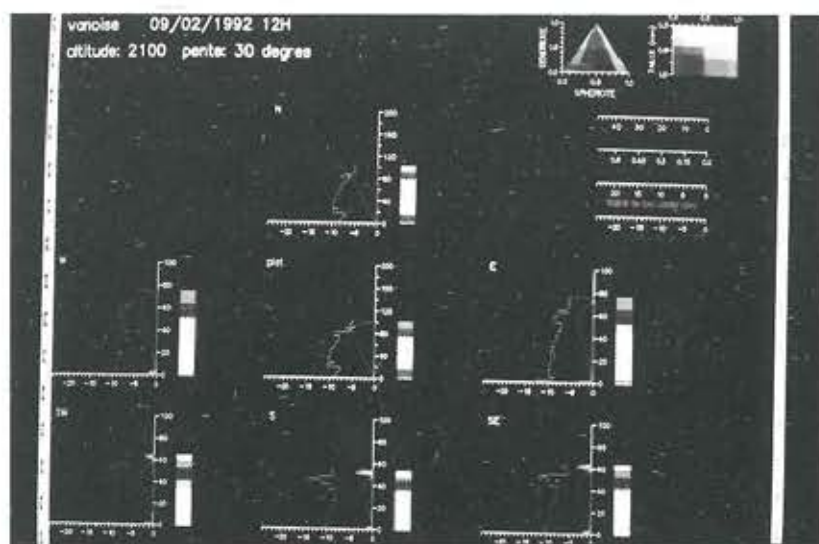
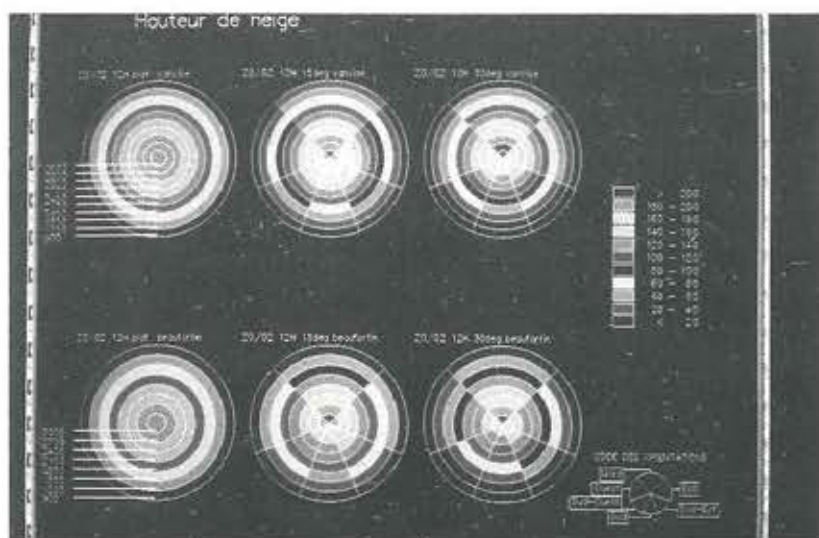
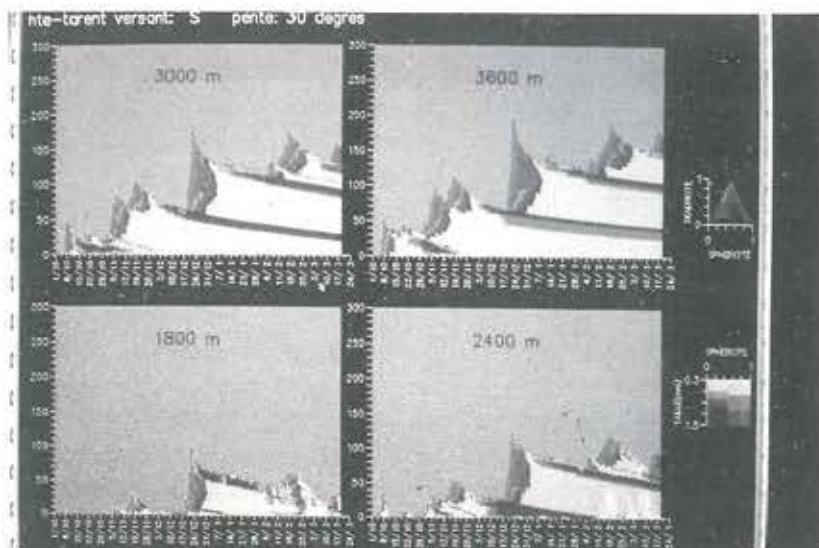
Il sistema di trasmissione a mezzo posta dei dati relativi ai sondaggi penetrometrici, in vigore da 20 anni, sta scomparendo a favore della trasmissione telefax. Sono inoltre in programma collegamenti da computer a computer tra le stazioni nivometeorologiche computerizzate e le stazioni meteo dipartimentali.

ELABORARE, ANALIZZARE, PREVEDERE

Fino al 1983 tutte le informazioni provenienti dalla rete nivometeorologica venivano inviate al centro nivologico per essere analizzate. Le informazioni venivano elaborate

"manualmente", sia in forma di tabelle di parametri elaborati o meno, sia in forma di grafici che riportavano l'evoluzione dei principali parametri raccolti in ognuna delle stazioni della rete. Nel corso dell'inverno 1970-71, il centro di nivologia trasmetteva un solo tipo di bollettino, tre volte alla settimana e valevole per l'insieme delle Alpi del Nord.

Sulle Alpi Meridionali la trasmissione dei bollettini ha inizio soltanto a partire dal 1972, mentre per i Pirenei veniva trasmesso solo un "bollettino di previsione del rischio atmosferico e di valanghe" che segnalava le condizioni meteorologiche suscettibili di provocare il distacco di valanghe. Tra il 1975 e il 1978 i bollettini nivometeorologici assumono una cadenza



Alto: Scelta possibile tra massiccio, esposizione, altitudine. Codice colore: il verde rappresenta la neve fresca, le sfumature blu la neve in trasformazione sotto gradiente (facce piate, gobbe), le tinte calde che tendono al rosso la neve trasformata sotto gradiente molto basso (granuli fini di forma arrotondata), o umidificata (granuli rotondi). Si notino nel grafico i 3 significativi aumenti del manto nevoso dovuti alle nevicate di novembre, alla neve caduta dal 20 al 22 dicembre 1991 e alle nevicate verificatesi in occasione dei giochi, dal 10 al 17 febbraio 1992.

Centro: Valori di altezza della neve al suolo calcolati su 2 massicci tra i 900 e i 3.600 metri di altezza per fasce di 300 metri (piano orizzontale, pendii di 15° e 30°).

Basso: Profili stratigrafici calcolati in base alla scelta del massiccio, del pendio (piano orizzontale, 15°, 30°) e dell'altitudine. Il calcolo viene eseguito su 6 esposizioni. Sulla parte sinistra dei grafici sono rappresentati la temperatura, la massa specifica ed il tenore in acqua liquida; sulla parte destra è rappresentata la stratigrafia con lo stesso codice colore del grafico di cui sopra.

I MODELLI

Crocus

Crocus è un modello numerico che, partendo dai dati puramente meteorologici (vento, temperatura, quantità o natura delle precipitazioni, nuvolosità), è in grado di simulare l'evoluzione del manto nevoso in termini di crescita, assestamento, densità, profilo di temperatura, tenore d'acqua liquida, stratigrafia e metamorfismo. Si tratta dunque di uno strumento di grande efficacia che consente, parallelamente alle misurazioni che con esso possono essere effettuate, di ottenere una buona rappresentazione del manto nevoso in un punto definito. Per essere pienamente operativo e riuscire a fornire ai previsori di valanghe informazioni attendibili sullo stato del manto nevoso in diversi punti, il sistema doveva essere concepito in modo da fornire in modo automatico tutte le necessarie variabili meteorologiche.

Safran

Questo è il compito di Safran (sistema di analisi che fornisce informazioni di tipo atmosferico riguardanti la neve): Safran utilizza le uscite di modelli del servizio centrale di previsioni meteo, i dati forniti dalla rete nivometeorologica e quelli provenienti dalle stazioni automatiche per calcolare una serie di parametri meteorologici su pendii tipo definiti in un dato massiccio per esposizione, inclinazione e altitudine, in una fascia di 300 metri.

Mepra

Mepra è un sistema intelligente di supporto alla previsione del rischio valanghe che combina i risultati di studi statistici con dati provenienti dalle simulazioni Crocus. Mepra è in grado di analizzare la stabilità di un profilo del manto nevoso, simulato o osservato, consentendo di ottenere una scala di rischio valanghe caratterizzata da tre livelli (rischio debole, moderato, forte) e precisando inoltre se il rischio di rottura interessa tutto il manto nevoso o solo una parte di esso.

giornaliera per Alpi e Pirenei, mentre quelli relativi alle Alpi diventano competenza dei dipartimenti. I bollettini riguardanti i Pirenei sono invece tuttora regionali, ad eccezione dei Pirenei Orientali, dove sono dipartimentali dal 1987.

Le informazioni contenute nei bollettini, ancora molto sommarie all'inizio degli anni '70, divennero più descrittive e precise, affinandosi alle probabilità di rischio del massiccio preso in esame e differenziando i rischi "naturali" (valanghe spontanee, n.d.r.) da quelli "accidentali" (valanghe provocate n.d.r.). La scala di rischio adottata a partire dal 1981 si basa su questa differenziazione nonché su una selezione di situazioni nivologiche tipo. L'utilizzo della scala nei bollettini meteo suscitò subito reazioni o favorevoli o molto critiche.

Recentemente tra i paesi alpini (più la Spagna) è stata concordata una scala di rischio unificata a 5 gradi.

All'inizio degli anni '80, a seguito dell'incremento del numero delle stazioni di osservazione crebbe anche il volume dei dati da elaborare, mentre si ridusse il tempo dedicato all'analisi per gli esperti in previsioni di valanghe, che nei determinati giorni erano incaricati di stilare i nove bollettini giornalieri per Alpi, Pirenei, Corsica e Cantal.

L'introduzione dell'informatica, avvenuta nel 1983, consentì l'elaborazione in forma sintetica di circa 3.000 dati giornalieri, risparmiò agli operatori le noiose operazioni di tracciamento, grazie all'accesso a immagini complete, e infine migliorò le possibilità di analisi del manto nevoso.

La fase di "dipartimentalizzazione" avviata nel 1987 segna una nuova tappa nella storia del servizio di previsioni. A partire da questa data, la parte operativa viene infatti affidata alle stazioni meteo dipartimentali specializzate di

montagna. Così oggi le stazioni di Chamonix, Bourg-Saint-Maurice, Saint-Martin-d'Hères, Briançon, Nizza, Perpignano, Tolosa, Aurillac e Ajaccio assicurano l'assistenza nivologica per il loro dipartimento o zona di competenza. Questa assistenza decentralizzata facilita i contatti con i responsabili locali e gli interventi sul terreno, oltre a consentire nello stesso tempo agli operatori di esaminare in modo più preciso il carattere specifico di un certo massiccio.

DIVULGARE

L'accesso ai bollettini nivometeorologici (che dall'inverno 1991-92 vengono chiamati bollettini "neve e valanghe") è di grande facilità: una telefonata e la ricerca sul 3615 Météo sono ormai delle operazioni banali. Nel corso dell'inverno 1989-90 le segreterie dei dipartimenti hanno registrato quasi 400.000 chiamate.

Questo ovviamente in passato non accadeva. All'inizio degli anni '70, i bollettini meteo erano ancora a carattere "confidenziale". Registrati su segreterie "riservate" o diffusi telefonicamente, i bollettini erano inviati esclusivamente ai servizi della Protezione Civile e a un certo numero di destinatari ufficiali: stazioni sciistiche, esercito, gendarmeria, ecc. Bisognerà aspettare l'inverno 1973-74 perché il servizio informazioni venga reso pubblico nel dipartimento dell'Isère. Ed è solo nel 1978 che le segreterie telefoniche dipartimentali vengono standardizzate e rese accessibili all'insieme degli utenti.

Inoltre, a partire dal 1976, le norme emanate dalle autorità dipartimentali raccomandano di "fare in modo che le informazioni al pubblico mediante affissione siano il più possibile complete e siano visibili nei luoghi di passaggio o di raggruppamento degli sciatori, come le aziende di

soggiorno, le scuole di sci e gli impianti di risalita".

La sola eccezione alla regola di "riservatezza" applicata per molti anni riguarda gli avvisi di forte rischio di valanga, che vengono trasmessi tramite comunicato stampa e quindi beneficiano di una più ampia diffusione.

ADATTARE

Dal giorno della sua entrata in servizio, nel 1970, è stato stabilito con precisione che il servizio previsioni valanghe si basa anche sull'esistenza presso ogni stazione di un esperto locale che conosca alla perfezione i luoghi e che, sfruttando la sua formazione nivologica ed esperienza, ha il compito di migliorare le informazioni generali che gli vengono inviate relativamente alla sua area di competenza o comune. La funzione di "esperto locale" non

ha avuto un facile sviluppo, e tuttavia a partire dal 1980 i servizi di soccorso su pista di alcune stazioni di sci di La Plagne e più recentemente Tignes, Val-d'Isère, Les Arcs e l'Alpe-d'Huez, sono passati dalla fase di "adattamento" alla fase di "previsione locale".

L'utilizzo dell'informatica consente la gestione dei dati nivometeorologici riguardanti il comprensorio sciistico della stazione. Un bollettino di previsioni locali, definito in base a questi dati, informa gli sciatori sui rischi di valanga che possono riguardare una certa area. La creazione di archivi contenenti dati su eventi valanghivi osservati nel corso di alcuni inverni può portare, mediante un approccio statistico, alla creazione di un modello di supporto all'attività di previsione locale del rischio valanghe.

Come si evolverà nel corso degli

anni '90 il servizio di previsione del rischio valanghe?

Se il decennio 1980-1990 è stato caratterizzato dall'informatizzazione, gli anni '90 sono e saranno caratterizzati dalla creazione di modelli.

I compiti dell'esperto in previsioni di valanghe (previsore) verranno profondamente modificati grazie all'utilizzo, dopo una necessaria fase di verifica, dei risultati dei modelli in fase di sviluppo, come ad esempio quelli determinati "Safran", "Crocus" e "Mepre". Partendo dall'invio automatico dei dati meteo del modello di evoluzione del manto nevoso e giungendo ai risultati dell'analisi di rischio tramite il modello esperto, passando attraverso la possibilità di eseguire numerose simulazioni in punti con altitudine ed esposizione molto diversi, questi modelli costituiscono degli efficaci strumenti di cui potranno servirsi i futuri esperti in previsioni.

LE PREVISIONI DURANTE I GIOCHI OLIMPICI INVERNALI DI ALBERTVILLE

Durante la fase di preparazione e di svolgimento dei giochi francesi di Albertville, dal 27 gennaio al 24 febbraio 1992, al servizio Météo-France è stato affidato, dal Comitato dei Giochi Olimpici (COJO), il compito di fornire previsioni particolareggiate relative ai massicci del Beaufortin, della Vanoise, della Haute-Tarentaise e ad alcune strade di accesso alle stazioni dove si svolgevano le gare.

La disponibilità di una serie di informazioni più dettagliate ha così permesso di completare il quadro delle previsioni diffuse attraverso il bollettino meteo della Savoia e valevole per l'intera regione montuosa del dipartimento. Il servizio Previsioni Valanghe (PRA) aveva

la sua sede presso il centro meteorologico di Albertville (CMA) e si avvaleva di uno staff costituito da 12 persone che lavoravano in 5 stazioni e garantivano un servizio 24 ore su 24.

Nel corso della giornata, tre stazioni di previsione provvedevano a raccogliere e ad elaborare i dati provenienti dalle stazioni nivometeorologiche, oltre a quelli derivanti dall'interpretazione dei risultati di modelli nivologici e dall'elaborazione dei diversi bollettini di previsione rischio valanghe.

Una stazione di lavoro notturna ha assicurato una continua sorveglianza delle condizioni nivometeorologiche, in modo da consentire di far fronte con

rapidità ad ogni problema e di diffondere tempestivamente eventuali aggiornamenti dei bollettini diffusi in giornata.

L'équipe del PRA si avvaleva delle previsioni meteo elaborate dal servizio meteorologico di Albertville e dei dati raccolti dal servizio nivometeorologico. I dati di base (valutazioni e sondaggi) venivano inoltre diffusi dal servizio nivometeorologico attivo presso le stazioni sciistiche.

Le squadre di soccorso su pista hanno permesso inoltre l'effettuazione di una terza rilevazione alle 17, ora locale. Gli esperti del PRA hanno inoltre potuto contare sui dati forniti dalla rete di stazioni automatizzate: le stazioni Nivöes, in funzione ormai

da lungo tempo, e di stazioni installate appositamente per i giochi olimpici. Parametri come vento, temperatura, umidità e, in alcuni casi, altezza della neve al suolo, sono disponibili 24 ore su 24 presso una ventina di stazioni sparse tra i 1.600 e i 3.200 metri d'altitudine all'interno dell'area dei giochi olimpici e nei dintorni.

Rilevazioni "sul campo" sono state effettuate tutti i giorni da un addetto al centro meteorologico di Albertville con l'appoggio del servizio di soccorso su pista allo scopo di confermare la validità di certe rilevazioni, colmare eventuali lacune

nell'osservazione di qualche pendio innevato appartenente all'area considerata, ed, infine, verificare alcuni risultati ottenuti dai modelli presi in esame.

In questo modo, sono state eseguite diverse misurazioni: sondaggi tradizionali e profili; valutazione delle condizioni del manto nevoso nei settori a rischio di valanghe nei pressi delle vie di comunicazione; misurazioni effettuate negli strati superficiali del manto nevoso allo scopo di valutare la qualità della neve, la sua densità, la percentuale di acqua liquida, ecc.

Le valanghe che hanno interessato le vie di comunicazione sono state classificate in base ad alcune loro caratteristiche: identificazione, tipo (naturale o artificiale), se hanno raggiunto o meno una strada. Questi rilevamenti sono stati effettuati in 6 punti di accesso stradale e quindi trasmessi al centro meteorologico per telefono o fax.

Oltre ad essere di grande interesse ai fini delle previsioni

sulla situazione delle strade, le informazioni così ottenute sono risultate indispensabili per il monitoraggio delle condizioni nivometeorologiche nel corso della notte ed inoltre hanno supplito alla mancanza di dati che normalmente si registra nel periodo di inattività della rete di rilevamento, dalle 5 di sera alle 8 di mattina.

L'attività di raccolta, elaborazione e visualizzazione dell'insieme dei dati, di diverso genere e provenienza, ha reso necessario lo sviluppo di software specifici che consentivano all'utente di accedere ad una serie di immagini complete e sintetiche.

La prima volta i risultati forniti dalla catena "Safran/Crocus/Mépra" sono stati utilizzati in ambito operativo: infatti la loro

concatenazione, che avviene in modo automatico, ha consentito all'esperto meteorologo di avere a disposizione già a metà mattinata i risultati delle rilevazioni effettuate alle 6 del mattino. Un sofisticato programma di immagini ha permesso di visualizzare l'evoluzione dei vari tipi di manto nevoso (massiccio, pendio, altitudine, esposizione). Venivano inoltre messi a

disposizione dell'utente grafici dettagliati e completi di profili stratigrafici, assieme a un'intera gamma di combinazioni altitudine/esposizione.

Nella fase di analisi, simulazioni automatiche hanno consentito di valutare lo stato del manto nevoso e i possibili rischi esistenti. Allo scopo di poter disporre dei risultati Crocus/Mépra in fase di previsione, sono state attivate su base giornaliera simulazioni puntiformi in 5 siti selezionati in base alla loro importanza per la previsione di rischio valanga sulle

vie di comunicazione.

La teleconferenza ha consentito di riunire, tutti i giorni alle ore 11.30, gli esperti in previsioni del centro meteorologico di Albertville e i rappresentanti dei servizi di soccorso su pista di 8 stazioni olimpiche. Uno scambio continuo di informazioni ha così permesso agli esperti di valutare la situazione meteorologica prevista e di confrontare le varie opinioni riguardo alla situazione nivologica di Albertville e a quella di ogni altra area.

Questo tipo di collaborazione ha costituito una vera e propria innovazione nell'ambito dei rapporti che Météo-France ha stabilito con le stazioni di sport invernali. Questo scambio si è rivelato estremamente fruttuoso per tutti i partecipanti ed è stato unanimemente apprezzato.

I Bollettini diffusi

Sono di tre tipi:

- il bollettino **"Neve e valanghe"** della Savoia copriva l'insieme dei massicci del dipartimento; il bollettino, solitamente diffuso dalla stazione di montagna di Bourg Saint Maurice, offriva una breve descrizione dello stato del manto nevoso, una breve previsione meteo, l'evoluzione nivologica che ne derivava e la stima dei rischi.

- I bollettini **"Zonali"** descrivevano le condizioni nivologiche specifiche dei tre massicci dove si svolgevano i giochi; questi bollettini potevano inoltre fornire informazioni più dettagliate e una divisione in settori più mirata dei rischi in funzione dell'altitudine, dell'esposizione e della fascia oraria.

- I bollettini **"Vie di comunicazione"**, molto sintetici, costituivano un prezioso strumento per i responsabili della sicurezza stradale, in quanto riportavano una serie di

informazioni concise sulle condizioni del manto nevoso nelle zone valanghive prese in esame, una valutazione del rischio di interruzioni dovute a valanghe ed infine facevano riferimento ad uno studio precedente relativo all'attività valanghiva osservata nella zona.

Questi bollettini, diffusi quotidianamente tra le 14 e le 17 ora locale, dall'1 al 22 febbraio,

visualizzazione dei dati.

Sono inoltre stati condotti vari studi allo scopo di garantire una maggiore affidabilità delle previsioni riguardanti le vie di comunicazione e a questo riguardo il "Projet JO" è servito da elemento catalizzatore per la messa a punto, la gestione e l'utilizzo dei modelli di supporto all'attività di previsione "Safran-Crocus - Mépra".



potevano essere aggiornati in ogni ora del giorno o della notte. Come si vede, il servizio di assistenza nivologica assicurato da Météo-France durante i giochi di Albertville ha reso necessario l'utilizzo di nuovi strumenti informatici in grado di garantire elevate prestazioni in termini di raccolta, elaborazione e

In ultimo, questa operazione ha offerto al servizio Météo-France l'occasione per stabilire o sviluppare nuovi rapporti di lavoro con i suoi collaboratori abituali o occasionali: i servizi di soccorso su pista, i servizi di sicurezza ("gendarmi di montagna") e il servizio DDE della Savoia. (E.P.)



Neve a Locarno e Tuoni ad Airolo

*La situazione nivometeorologica anomala
del 21/22 dicembre 1991*

di Jochen Kerkmann e
Anselmo Cagnati
del Centro Sperimentale Valanghe
di Arabba (BL)

Dal 17 al 28 dicembre 1991 l'intero arco alpino è stato interessato da un flusso di correnti che ha provocato una situazione prolungata di stau sulle Alpi austriache e svizzere e su un periodo, infatti, in tali paesi si sono verificate forti precipitazioni, mentre sul versante sud-orientale per l'effetto di sbarramento che le Alpi hanno su un flusso da nord-ovest. Nei giorni 21 e 22, però, le precipitazioni si sono estese anche su una gran parte delle Alpi, in un tempo fortemente perturbato con locali temporali invernali. Parallelamente si è verificata l'innalzamento del limite delle nevicate a 1900-2400 m. di quota e ha causato, unitamente al sovraccarico di neve fresca ed all'azione del vento, la produzione di numerose valanghe a lastroni anche di grandi dimensioni. Il particolare andamento del tempo di questi due giorni e la difficoltà di prevedere tale situazione della situazione meteorologica. Perciò sono stati raccolti i dati nivometeorologici della Svizzera e vengono presentati e discussi nei capitoli seguenti. L'analisi dettagliata di tali dati ha mostrato che le precipitazioni provenienti da nord-ovest sono possibili estese precipitazioni in zone ben al di là della portata dei meteorologi. Al contrario, le considerazioni dell'ultimo capitolo indicano che tale estensione è dovuta al freddo da nord-ovest.



ora-occidentali di rara intensità
esta di confine. Durante questo
ono limitate alle zone più

aliene determinando in alcune località
brusco rialzo termico di circa 15°C e ciò ha
rico causato dalla notevole entità di neve
nti dimensioni.
o hanno motivato uno studio più approfondito
a, dell'Austria, della Germania e dell'Italia che
o che nel caso di un fronte caldo molto attivo
principale delle Alpi, fatto poco conosciuto ai
elle precipitazioni è improbabile in caso di un fronte



Fig. 1

Fig. 1 - Esempi di alcuni bollettini emessi dai vari centri nivometeorologici e meteorologici il giorno prima della precipitazione.

Fig. 2 - Foto del satellite Meteosat 4 del 21.12.91, ore 12 UTC - visibile

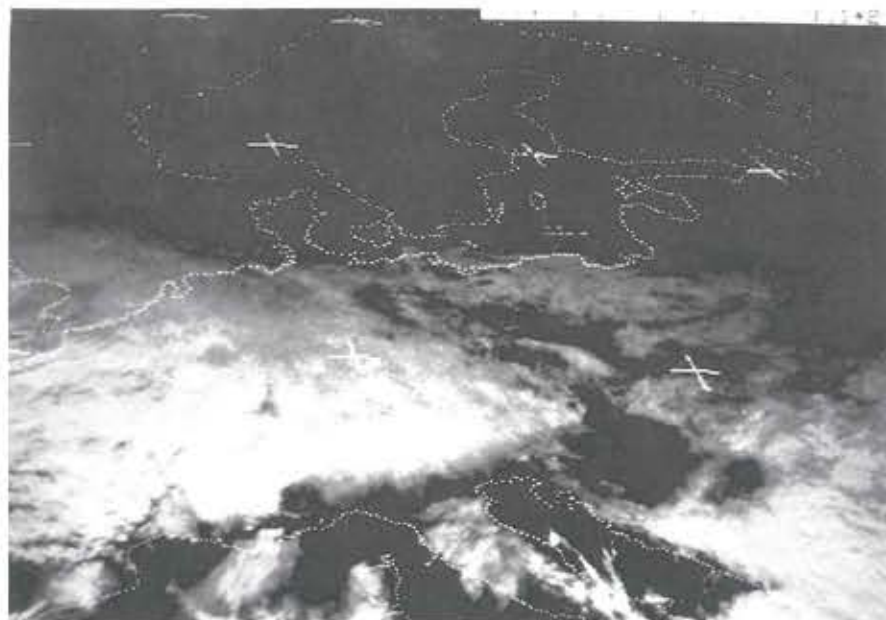


Fig. 2

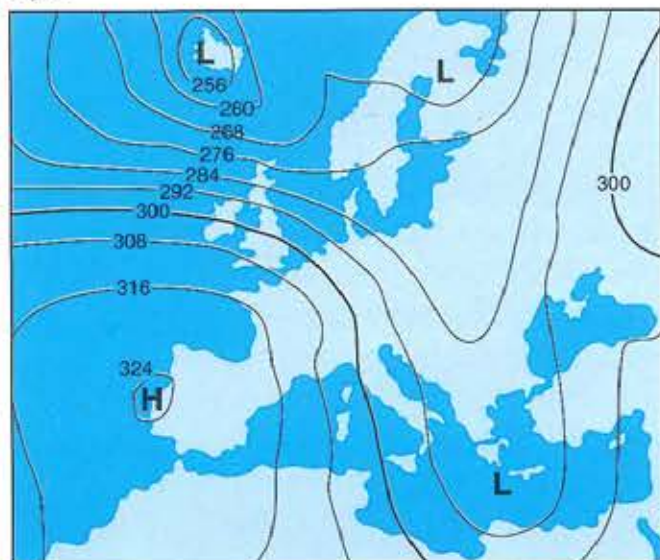


Fig. 3

Fig. 3 - Superficie isobarica di 700 hPa del 22.12.91, ore 12 UTC.

Fig. 4 - Analisi al suolo del 22.12.91, ore 00 UTC.

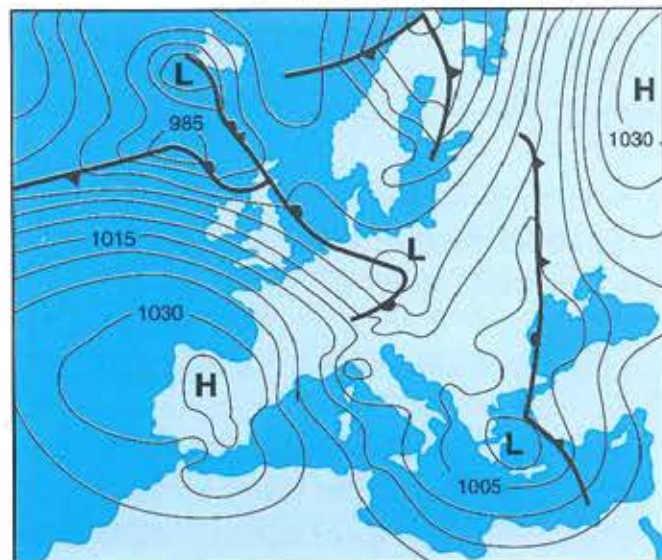


Fig. 4

INTRODUZIONE

Nel 1991, durante il fine settimana prima di Natale, nelle Alpi si è verificata una delle più forti precipitazioni di questo secolo che ha causato severi danni a vie di comunicazione (interruzione della strada e della ferrovia del Gottardo) e che ha portato allo stato di allarme in alcune regioni della Svizzera, dell'Austria e della Germania. Le precipitazioni del 21/22 dicembre sono state particolarmente forti sul versante nordalpino e sulla cresta di confine, ma anche sul versante sud si sono verificati fenomeni intensi, non previsti dai rispettivi centri nivometeorologici.

A Locarno, per esempio, sono caduti 60 mm di precipitazione, inizialmente neve poi pioggia, e la temperatura si è alzata improvvisamente da 0°C a 20°C. In alcune località, p.es. Airolo, le precipitazioni sono state accompagnate da temporali invernali. Complessivamente, nelle zone di confine con Austria e Svizzera sono caduti fra 70 e 200 cm di neve. I forti venti in quota che hanno accompagnato le nevicate hanno causato la radicale redistribuzione della neve fresca con la formazione di grossi accumuli sui versanti sud-orientali. Il pericolo di valanghe, già alto a causa delle abbondanti nevicate,

si è accentuato il 22 dicembre per le piogge successive alle precipitazioni nevose del giorno precedente. Il brusco rialzo termico di circa 15°C ha portato il limite delle nevicate a 1900 m (Alpi orientali) - 2400 m (Alpi occidentali) di quota, determinando una situazione di forte instabilità del manto nevoso, specie fra i 1800 e i 2400 m. Nelle zone settentrionali dell'arco alpino italiano sono state osservate valanghe di grande mole che localmente hanno raggiunto i fondovalle interessando strade, piste da sci ed impianti di risalita. L'incidente più grave si è verificato il 25 dicembre quando uno sci alpinista tedesco è rimasto vittima di una valanga a lastroni in Val Chedul, nella zona dolomitica. Visto l'elevato numero di distacchi naturali, è stato puramente fortuito il fatto che nessun'altra persona sia stata coinvolta in incidenti da valanghe.

Per quanto riguarda il versante a sud delle Alpi, l'aspetto più particolare di questo evento, e più imbarazzante per i previsori, è stato il fatto che le precipitazioni, e in parte anche il rialzo termico, non sono stati previsti dai centri nivometeorologici (Fig. 1), sebbene la situazione meteorologica fosse stata ben simulata dal modello numerico del centro europeo di previsione a Reading (Inghilterra). Probabilmente la rarità del fenomeno ha reso problematica l'interpretazione delle carte meteorologiche. Il centro nivometeorologico di Bormio, per fare un esempio tra tutti, diceva nel suo bollettino del 20 dicembre: "sabato e domenica ampie schiarite alternate a nuvolosità irregolare, più intense in corrispondenza del settore retico della regione; sulle cime più elevate possibilità di deboli nevicate accompagnate da forti venti; temperature in lieve diminuzione." Per tutto il fine settimana, invece, il tempo si è



Fig. 5

(Alto e centro): visto l'elevato numero di distacchi naturali è stato puramente fortuito che si sia riscontrata una sola vittima in questo periodo.

Fig. 5 - Distribuzione della nuvolosità sull'arco alpino centrale (Svizzera) tipica per una situazione di stau da nord-ovest.



Fig. 6



Fig. 7

Fig. 6 - Analisi delle precipitazioni del 21/22 dicembre 1991 sulle Alpi (isoiete ogni 25 mm).

Fig. 7 - Andamento della precipitazione in una stazione a nord della cresta principale delle Alpi (Guetsch, zona del Gottardo) e una a sud (P. Falzarego, Dolomiti). Sono rappresentate le sommatorie orarie e la precipitazione totale.

mantenuto fortemente perturbato e le "ampie schiarite" sono state limitate alla Pianura Padana (vedi foto del satellite, Fig. 2).

SITUAZIONE GENERALE

Le precipitazioni del 21/22 dicembre sono state collegate ad un forte flusso di correnti nord-occidentali in quota che ha interessato l'intero arco alpino dal 17 al 28 dicembre '91 (Figg. 3 e 4). Una tale situazione, associata ad un afflusso di aria fredda polare alternata da aria mite subtropicale, è generalmente ottimale per il verificarsi di forti precipitazioni sul versante nordalpino e sulla cresta di confine. In questo periodo, infatti, una serie di veloci perturbazioni, sia fronti caldi che fronti freddi, hanno attraversato le Alpi da nord-ovest verso sud-est provocando abbondanti precipitazioni sul versante nord che si trovava quasi continuamente in situazione di stau. Sul versante sud, invece, l'effetto di sbarramento che le Alpi hanno su un flusso da nord-ovest ha limitato le precipitazioni alle zone più settentrionali di tale versante.

La figura 7 illustra in modo molto semplice questo effetto di sbarramento con l'indicazione della zona di stau e della zona di föhn. Normalmente le precipitazioni con un flusso da nord-ovest oltrepassano la cresta principale delle Alpi di soli 20-30 Km: per esempio, nella provincia di Bolzano, le precipitazioni arrivano fino alla Val Pusteria e non oltre mentre a sud di questa valle il cielo rimane poco nuvoloso o si registrano, al limite, deboli precipitazioni a carattere di rovescio.

Nel caso studiato, a differenza della situazione standard, le precipitazioni si sono estese su gran parte del versante meridionale delle Alpi arrivando per qualche ora anche a Chiasso. Per quanto se ne sa, negli ultimi anni questo non è mai successo

con un flusso da nord-ovest. Ci sono stati casi simili, come le situazioni del 7-10 febbraio '84 e del 10-16 febbraio '90, entrambi con forti precipitazioni sul versante nordalpino, ma senza registrazione di precipitazioni di rilievo a sud delle Alpi.

Le domande allora sono le seguenti: perché nel caso del 21/22 dicembre '91 si sono verificate precipitazioni sul versante meridionale delle Alpi?

E' possibile prevedere un tale evento "anomalo"?

Per cercare le possibili risposte sono stati analizzati: la distribuzione delle precipitazioni, l'andamento della temperatura e della quota dello zero termico, il profilo verticale del vento, e i risultati vengono presentati nei capitoli seguenti.

PRECIPITAZIONI

Un'analisi delle precipitazioni del 21/22 dicembre sulle Alpi (Fig. 6) evidenzia l'enorme quantità di acqua (neve, pioggia) che è caduta in Svizzera ed in Austria. In 48 ore sono caduti 124 mm a Innsbruck, 134 a Zermatt, 203 a Davos e 235 a Guetsch (zona del Gottardo). Impressionante è anche la vastità della zona con più di 100 mm di precipitazione che comprende tutta la Svizzera centrale, la zona dell'Arlberg, le Alpi dell'Allgäu, della Zillertal, del Salzburg e delle Hohe Tauern. Se la precipitazione fosse caduta tutta come pioggia ci sarebbero state sicuramente alluvioni di grosse dimensioni in Svizzera, ma fortunatamente un'alta percentuale è caduta sotto forma di neve.

Le alluvioni più estese sono state registrate nelle Alpi Bavaresi, dove è piovuto anche a quote elevate e dove si è temuto che la situazione precipitasse fino a quando, il 24 dicembre, l'abbassamento delle temperature ha portato un miglioramento.

Sul versante sudalpino la quantità delle precipitazioni è stata



Fig. 8

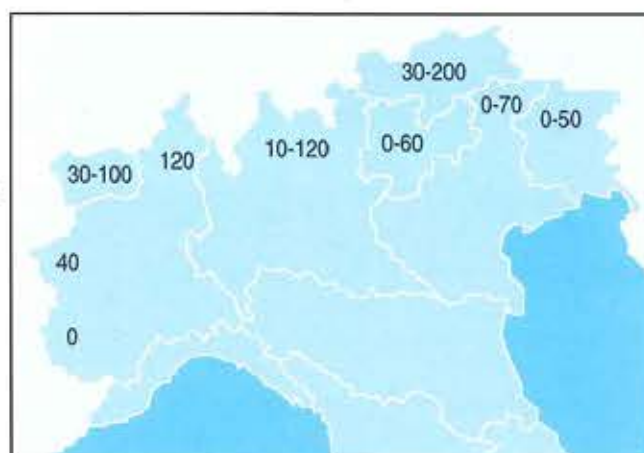


Fig. 9

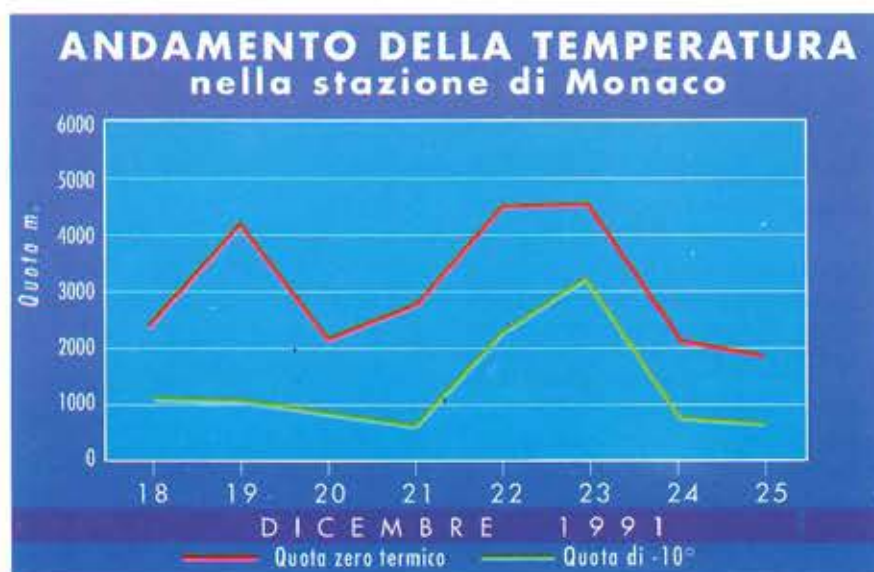


Fig. 10

Fig. 8 - Andamento dell'altezza neve a Formazza (Alpi Pennine orientali).

Fig. 9 - Entità della neve fresca a 2000 m di quota per l'episodio dal 18 al 23 dicembre 1991.

Fig.10 - Variazione della quota dello zero termico a Monaco nella settimana dal 18 al 25 dicembre 1991. Ci sono grosse differenze di neve fresca fra le Prealpi (0-30 cm), le zone di confine (70-200 cm) e le zone intermedie (30-70 cm).

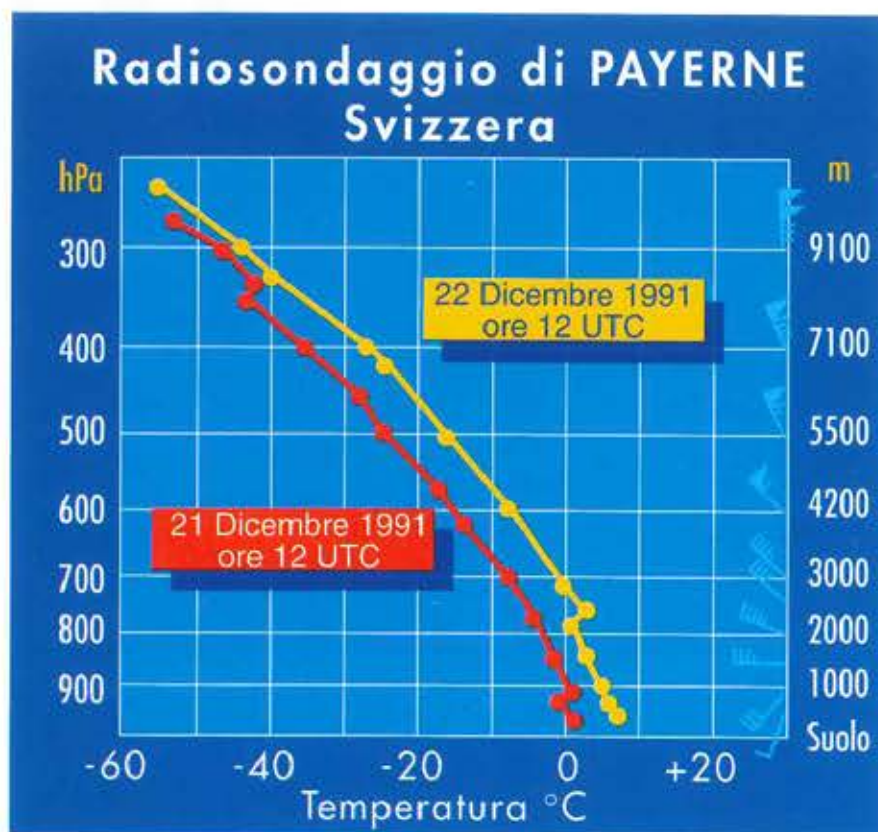


Fig. 11

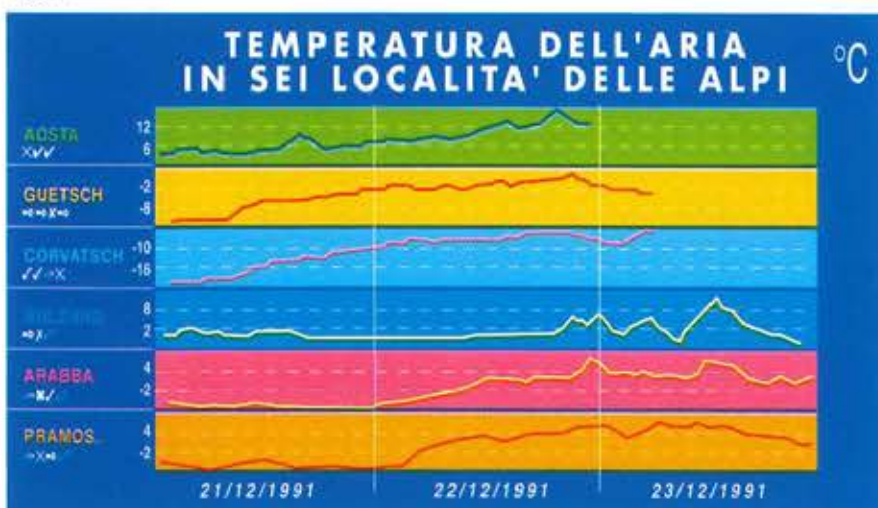


Fig. 12

generalmente minore, ma anche lì ci sono state vaste zone con più di 50 mm. A Locarno, come già anticipato, sono caduti 60 mm, a Bormio 72 cm di neve fresca in meno di 24 ore, nelle Dolomiti fra 50 e 80 mm e a Lienz 44 mm. Nelle Dolomiti è nevicato o piovuto fino alla linea Val Sugana-Fiera di Primiero-Longarone, cioè ben 80 km oltre la cresta di confine, in Ticino addirittura fino in pianura (Chiasso 4 mm). Nelle zone occidentali delle Alpi l'intensità massima delle precipitazioni (circa 10 mm

all'ora) è stata registrata nella notte fra il 21 e 22 (Figg. 7 e 8), mentre andando verso est la maggior parte della precipitazione è caduta domenica 22. Dieci mm all'ora non costituiscono un valore eccezionale, ma la quantità totale di precipitazione può essere notevole se questa si prolunga per molte ore, come in questo caso. La figura 9 mostra l'entità della neve fresca a 2000 m di quota per tutto l'episodio (18-23 dicembre). Come si vede, ci sono grosse differenze fra le zone

Fig. 11 - Profili verticali della temperatura a Payerne (445 m, Svizzera) rilevati con una radiosonda il 21 dicembre (linea marcata) e il 22 dicembre 1991 (linea sottile). A destra sono indicate la direzione e la velocità del vento alle varie quote usando i simboli delle carte sinottiche.

Fig. 12 - Andamento termico in varie località delle Alpi lungo un asse ovest-est dalla Val d'Aosta al Friuli.

Fig. 13 - Andamento del vento in cinque stazioni rappresentative delle Alpi. Tutte le stazioni sono situate sulla sommità di montagne (l'intervallo di campionamento è di 3 ore).

SAENTIS (2500 m)									
	03	06	09	12	15	18	21	24	
20.12.91	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	
21.12.91	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	
22.12.91	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	
23.12.91	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	

ZUGSPITZE (2962 m)									
	03	06	09	12	15	18	21	24	
20.12.91	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	
21.12.91	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	
22.12.91	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	
23.12.91	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	

WENDELSTEIN (1835 m)									
	03	06	09	12	15	18	21	24	
20.12.91	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	
21.12.91	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	
22.12.91	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	
23.12.91	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	

CORVATSCH (3315 m)									
	03	06	09	12	15	18	21	24	
20.12.91	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	
21.12.91	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	
22.12.91	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	
23.12.91	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	

SONNBLICK (3107 m)									
	03	06	09	12	15	18	21	24	
20.12.91	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	
21.12.91	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	
22.12.91	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	
23.12.91	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	



Fig. 13

setentrionali (70-200 cm), la zona prealpina (0-30 cm) e le zone intermedie (30-70 cm).

TEMPERATURA

Venerdì 20 dicembre, il giorno prima dell'episodio analizzato, le temperature sulle Alpi erano basse, sia nelle valli che in quota, con la quota dello zero termico intorno ai 500-800 m. Secondo la classificazione sinottica, si trattava di aria polare che aveva raggiunto la nostra regione al seguito del fronte freddo del 19 dicembre.

Il fronte caldo, arrivato da nord-ovest nel pomeriggio del 21 dicembre, spingeva invece aria molto calda contro la catena alpina causando un forte rialzo termico in tutte le Alpi. Sebbene il fronte caldo fosse venuto da nord-ovest, l'origine dell'aria calda era sull'Atlantico meridionale, a latitudini intorno ai 10-20° N, e l'aria aveva quindi tutte le caratteristiche dell'aria tropicale. Sulle Alpi si è verificato quindi l'incontro di due masse d'aria con caratteristiche molto diverse: da un lato aria secca polare con quota dello zero termico a 500 m, dall'altro aria umida tropicale, un po' raffreddata durante il suo percorso, con quota dello zero termico a 3000 m. Il grafico dell'andamento della temperatura a Monaco (Fig. 10) illustra il forte rialzo della temperatura che ha portato la quota dello zero termico temporaneamente oltre i 3000 m. Come mostra la figura 11, il rialzo termico non è stato limitato solo agli strati bassi dell'atmosfera ma ha riguardato tutta la troposfera fino a 10 km di quota con un aumento di circa 10°C in 24 ore e di 1.5°C in totale. L'aumento della temperatura è stato più marcato nelle zone settentrionali ed occidentali delle Alpi, meno nelle zone meridionali. Sulle cime delle montagne l'aumento è stato graduale e continuo, mentre nelle valli l'aria calda è entrata in modo più brusco verso la fine della precipitazione. A Bolzano, per esempio, durante la precipitazione la temperatura è rimasta a 0°C (Fig. 12), per arrivare a 8°C dopo il cessare della pioggia. Questo è accaduto anche nelle altre valli interessate dal fenomeno del föhn. Con l'aumento della temperatura anche il limite delle nevicate si è alzato notevolmente: inizialmente è nevicato in tutte le località fino in fondovalle, mentre alla fine è piovuto fino a 1900-2400 m di quota. Rimane ancora da dire che il periodo dell'aumento della temperatura si è manifestato in



Fig. 14



Fig. 15

perfetta sovrapposizione al periodo della precipitazione. Quando la temperatura non è più salita, ha anche smesso di nevicare o di piovere.

VENTO

Come già detto, dal 17 al 28 dicembre le correnti in quota da nord-ovest sono state di rara intensità con raffiche fino a 160 km/h (Jungfraujoch, 3500 m). Nell'Alpi si sono contati 11 giorni consecutivi caratterizzati da vento forte o molto forte dai quadranti settentrionali. Forte vento è stato registrato anche in alcune valli interessate dal föhn (150 km/h all'autoporto di Susa il 22 dicembre).

Fig. 14 - Modello concettuale della situazione del 21 dicembre 1991 con indicazione del vento a bassa quota (circa 1000 m), media quota (circa 2000 m) ed alta quota (circa 5000 m).

Fig. 15 - Andamento del vento (direzione, velocità) in una stazione rappresentativa nelle Dolomiti (C. Pradazzo, 2200 m) e dell'altezza neve in una stazione vicina (M.A. Ornella, 2250 m).

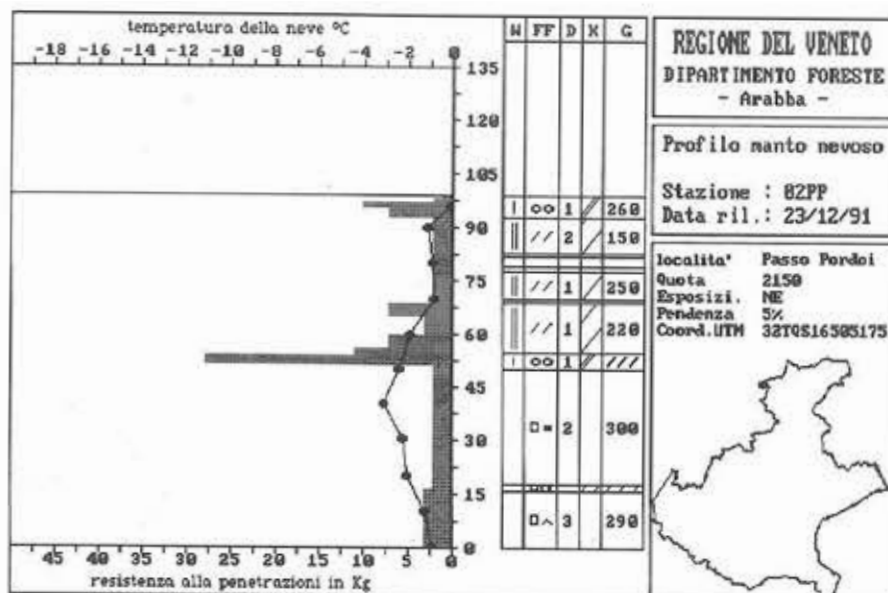


Fig. 16

Per quanto riguarda il 21/22 dicembre, i dati indicano una situazione un po' particolare: a quote oltre i 3000 m (vedi Zugspitze, Corvatsch, Sonnblick (Fig. 13) i venti spiravano decisamente da nord a nord-ovest, mentre a quote più basse (vedi Saentis, Wendelstein) da ovest a sud-ovest. Questo sta ad indicare una rotazione del vento con la quota: sud-ovest a bassa quota, nord-ovest ad alta quota (rotazione in senso orario). Questo giro del vento con la quota è ancora più evidente se misurato con una radiosonda che sale dal suolo fino ad un'altitudine di 20-30 km. Nel grafico del radiosondaggio di Payerne del 21 dicembre (Fig. 14) sono perciò riportate velocità e direzione del vento rilevate durante il moto di ascesa della sonda: 10 nodi da sud al suolo, 35 nodi da ovest a 1500 m (850 hPa), 85 nodi da nord-ovest a 3000 m (700 hPa) e 130 nodi da nord a 9000 m (300hPa). Il cambiamento di direzione del vento con la quota significa generalmente l'imminente arrivo di una perturbazione (regola del vento trasversale). Se il vento ruota in senso orario, ciò significa avvezione di aria calda (arrivo di un fronte caldo), al contrario, se ruota in senso antiorario, ciò significa avvezione di aria fredda

Fig. 16 - Profilo del manto nevoso rilevato sul Passo Pordoi (2150 m, esposizione NE) il 23.12.91.

Fig. 17 - Valanga a lastroni in Val di Fleres (Alto Adige) che ha interessato la strada provinciale.

Fig. 17



(arrivo di un fronte freddo). In tal senso l'ampiezza della rotazione del vento rappresenta una misura diretta dell'intensità della perturbazione che sta per arrivare: più ruota il vento, più marcato sarà l'aumento (abbassamento) della temperatura. Infatti, nel caso del 21 dicembre, il cambiamento di direzione di quasi 180° ha significato una fortissima avvezione di aria calda, un fatto che viene confermato dall'andamento della temperatura discusso nel capitolo precedente. Comunque, non si è trovata solo una rotazione del vento con la quota, ma anche con il trascorrere delle ore. Mentre prima e dopo l'evento i venti a quote intorno ai 2000 m spiravano intensamente da nord-ovest, durante il periodo della precipitazione erano da sud-ovest con intensità molto inferiore (Fig. 15). Questo fatto sembra importante per capire la mancanza dell'effetto föhn a sud

delle Alpi. E' logico che, se i venti non spirano dai quadranti settentrionali a quote basse, non dovrebbe esserci un forte effetto di blocco delle Alpi sul versante nord e quindi neanche un effetto di föhn sul versante sud.

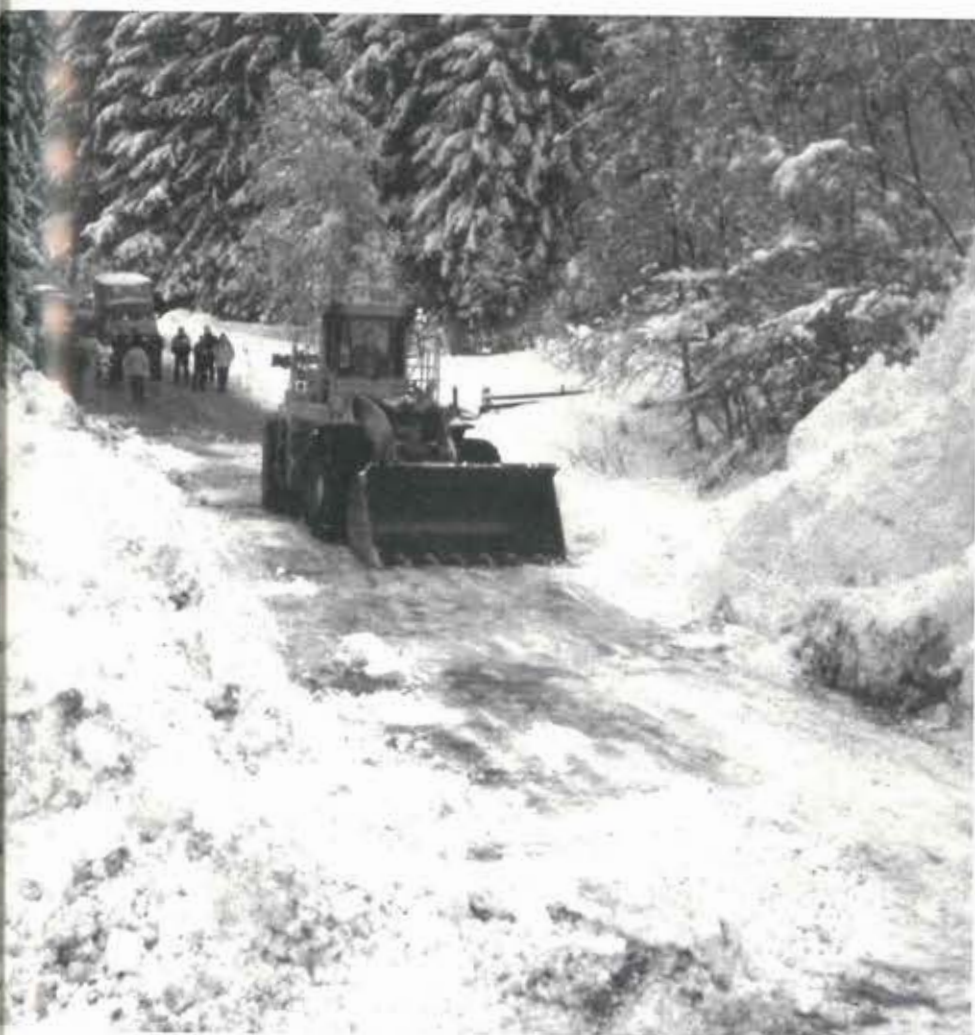
SITUAZIONE VALANGHIVA

La particolare situazione meteorologica del 21/22 dicembre ha determinato, anche sul versante sudalpino, un'intensa attività valanghiva, certamente una delle più significative dell'intera stagione invernale. I fenomeni non hanno raggiunto l'importanza e gli effetti di quelli verificatisi nello stesso periodo a nord delle Alpi, pur tuttavia, specialmente nella parte più settentrionale delle Alpi centro-orientali (Alpi Retiche, Alpi Aurine, Dolomiti settentrionali), dove si sono avute le maggiori precipitazioni, alcune valanghe di

grandi dimensioni hanno interessato strade e piste da sci raggiungendo, in Alto Adige, anche i fondovalle (interruzioni stradali a Selva dei Molini, Riva di Tures, Vallelunga, Val di Fleres, Passo del Giovo; danni alla stazione a monte della sciovio del Monte Chiassetta).

Il profilo del manto nevoso di figura 16, realizzato il 23 dicembre al Passo Pordoi nella zona dolomitica, illustra assai bene la situazione nivologica tipica del periodo. Ad un manto nevoso preesistente, di spessore generalmente ridotto e caratterizzato da basse resistenze per la presenza di strati di grani sfaccettati e brina di fondo, sono andati a sovrapporsi, nel corso della precipitazione, alcuni strati di neve fresca che si è andata via via appesantendo e umidificando con il rialzo termico e la pioggia. Da notare soprattutto i valori di densità eccezionalmente alti per la neve fresca (250 kg/mc) ed in particolare lo strato superficiale che, sotto l'azione della pioggia, ha già subito processi di fusione. L'umidificazione degli strati superficiali e il conseguente aumento della coesione, unitamente all'azione del vento, hanno causato la formazione di lastroni superficiali a moderata coesione. Il grande sovraccarico determinato dagli stessi ha provocato rotture spontanee negli strati deboli interni e basali, producendo valanghe a lastroni anche di rilevanti dimensioni. La maggior parte dei fenomeni valanghivi sono stati osservati tra i 1800 e 2400 m, in una fascia altimetrica dove la neve fresca aveva raggiunto spessori considerevoli (maggiori di 40 cm) e nello stesso tempo aveva risentito, in misura notevole, del riscaldamento determinato dal rialzo termico e dalla pioggia (Figg. 17 e 18).

A quote superiori a 2400 m, dove le precipitazioni sono state esclusivamente nevose, si sono osservate prevalentemente valanghe di neve a debole



coesione di piccole dimensioni. Da segnalare infine due incidenti di sci alpinismo verificatisi nei giorni successivi, ma la cui genesi è strettamente legata all'episodio descritto, uno il giorno 25 in Val Chedul presso il Passo Gardena che ha causato la morte di uno sci alpinista e l'altro il giorno 26 sul versante nord della Cima Vallaccia nel Gruppo dei Monzoni nel quale, fortunatamente, nessuna persona è stata coinvolta. In entrambi i casi le cause sono da ricercarsi nella presenza di lastroni superficiali causati dalle precipitazioni nevose e dal forte vento dei giorni precedenti, poggianti su strati deboli di grani sfaccettati o brina di fondo. Il ritorno del bel tempo dopo l'episodio descritto aveva determinato un parziale consolidamento del manto nevoso tale da bloccare l'attività valanghiva spontanea ma, evidentemente, era rimasta un'instabilità latente tale da causare rotture a causa di sollecitazioni esterne.

CONCLUSIONI

L'evento studiato ha mostrato che sono possibili estese precipitazioni sul versante sudalpino anche quando il flusso in quota è da nord-ovest. Le nevicate e le piogge del 21/22 dicembre 1991 sono state determinate dal passaggio di un fronte caldo molto attivo che ha spinto aria tropicale da nord-ovest contro una massa d'aria con caratteristiche molto diverse (aria polare). Il periodo delle precipitazioni si è manifestato in perfetta sovrapposizione al periodo del rialzo termico ed al periodo in cui i venti a quote medio-basse spiravano da sud-ovest, anziché da nord-ovest. Si è trovata inoltre una forte rotazione della direzione del vento con la quota: nord ad alta quota, sud-ovest a bassa quota. Sono quindi due le possibili cause del mancato effetto föhn a sud delle Alpi:

- 1) la fortissima avvezione di aria



Fig. 18

calda che ha provocato a grande scala (scala sinottica) un forte sollevamento forzato delle masse d'aria cancellando, almeno parzialmente, l'effetto föhn, cioè la subsidenza orografica, sul versante sudalpino.

2) i venti a quote medio-basse da sud-ovest, sebbene le carte sinottiche indicassero un flusso da nord-ovest.

Quest'ultimo fatto trova una spiegazione nella teoria dei fronti secondo la quale una forte e rapida variazione dei parametri meteorologici può causare una grossa differenza fra il vento geostrofico (il vento teorico

indicato dalle carte sinottiche che soffia parallelo alle isobare) e quello reale, la cui risultante è definita vento ageostrofico. Nel caso studiato la variazione si è manifestata come un forte aumento della temperatura. L'effetto di tutto ciò è stato che la mancanza di vento da nord a quote medio-basse (circa 2000 m) ha impedito il verificarsi dell'effetto föhn sul versante sudalpino (Fig. 19). Concludendo, si può dire che nel caso di un fronte caldo proveniente da nord-ovest sono possibili estese precipitazioni in zone ben al di là della cresta principale delle Alpi, fatto poco

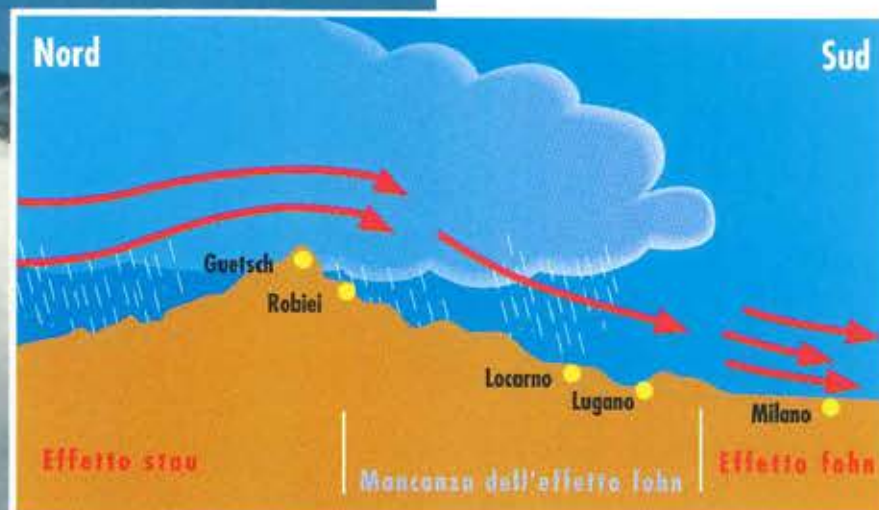
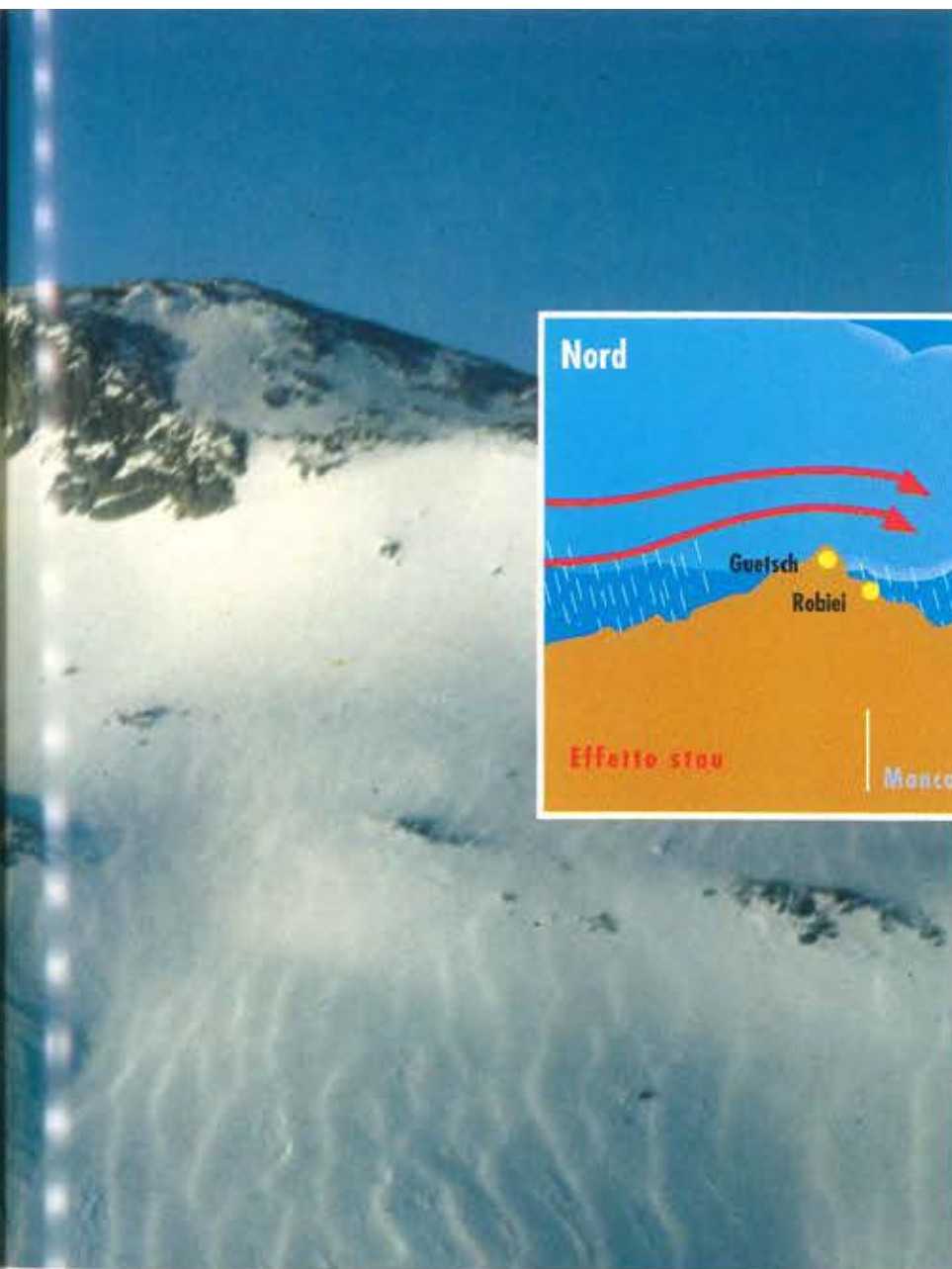


Fig. 19

Fig. 18 - Valanga a lastroni verificatasi il 23.12.91 sul Hintereisgrat in Val Senales (Alto Adige).

Fig. 19 - Sezione NNW-SSE delle Alpi Svizzere con illustrazione della situazione del 21/22 dicembre 1991 che indica la zona di föhn e la zona dove il föhn è mancato.

conosciuto ai meteorologi. Tale estensione delle precipitazioni è invece improbabile in caso di un fronte freddo da nord-ovest, poiché in quel caso, secondo la regola del vento trasversale, i venti a quote medio-basse spirano per forza dai quadranti settentrionali. Queste conclusioni vengono confermate dall'esperienza quotidiana che ha insegnato a chi osserva il tempo in montagna, che la nuvolosità determinata da un fronte caldo da nord-ovest si estende molto di più sul versante sudalpino che quella dovuta ad un fronte freddo. Un previsore deve tener conto di questo fatto e, in caso di un previsto forte rialzo

termico di 10°C o più, deve pensare alla possibilità di estese precipitazioni su vaste zone delle Alpi italiane anche per gli effetti importanti che si possono avere sulla stabilità del manto nevoso, cosa che invece è da escludere in caso di un fronte freddo, quando le precipitazioni sono limitate alle zone più settentrionali dell'arco alpino italiano. Con questo consiglio ai meteorologi si può sperare che in futuro non si ripetano previsioni errate come quella del 20 dicembre 1991. E' evidente, tuttavia, che la rarità del fenomeno renderà sempre difficile una corretta interpretazione delle carte meteorologiche.

SPERIMENTAZIONE PER L'IDENTIFICAZIONE DEI PERIGLI



Durante le stagioni invernali del 1992 e 1993 sono state (bottom temperature of winter snow cover - misurazioni di (Sondrio, Italia settentrionale). Il BTS è una metodologia finalizzata all'individuare e cartografare il permafrost sepolto.

Questa metodologia si basa sul principio che la temperatura alla base del manto nevoso alla base del terreno immagazzinata dal terreno durante l'estate e il flusso di calore terrestre.

In letteratura i valori di temperatura inferiori a -3°C indicano la presenza di permafrost o ghiaccio. I dati suggeriscono una presenza possibile ma non certa.

Nelle aree studiate si è potuto osservare come, in prima analisi, il permafrost interessa prevalentemente solo subordinatamente, altre forme del territorio a quote superiori i 2400 m, quali falde di neve. Detta ricerca fa parte del "Progetto Dinamica Morfologica di Alta Quota" avviato nel 1991 dal Nivometeorologico della Regione Lombardia e con l'Azienda Energetica Municipale di Milano. Lo studio dei Rock Glacier della Vallaccia - sempre nel Livignasco - in un'area sperimentale ove sono installate stazioni automatiche di rilevamento temperature suolo a diverse profondità (da 3 a 10 metri) ed ove è prevista l'installazione di altre apparecchiature sperimentali.

IONI INVERNALI INDIVIDUAZIONE L PERMAFROST

Misurazioni col sistema BTS (bottom temperature of winter snow cover) nell' area del Livignasco, in alta Valtellina

Mauro Guglielmin, Claudio Tellini
dell'Università di Parma,
Viale delle Scienze 78
e Giovanni Peretti del Centro
Nivometeorologico della Regione
Lombardia, Bormio (SO)

eseguite circa 300 misure col sistema denominato BTS
(temperatura alla base del manto nevoso) nel Livignasco
per preliminarmente la presenza di permafrost e/o ghiaccio

ne della stagione invernale riflette la quantità di calore

cio sepolto, mentre temperature comprese tra i -1.7 e i -3°C

temente forme periglaciali attive quali i rock glaciers attivi, e
to, coni poligenici, lobi di geliflusso, eccetera.

l'Università di Parma, in collaborazione con il Centro
che vede, per ora, la sua realizzazione più corposa nello
to stati installati: un piccolo Rifugio-Laboratorio, quattro
oltre) ed una stazione automatica nivometeorologica completa



Negli ultimi anni l'interesse per le problematiche legate alla presenza di ghiaccio sepolto e permafrost nelle aree alpine di alta quota è in continuo aumento data la progressiva intensificazione dell'intervento antropico in queste aree, prevalentemente finalizzato a fini turistici.

Tra le diverse metodologie utilizzabili per l'individuazione del permafrost sporadico o discontinuo il BTS (bottom temperature of snow cover) è una tra le più semplici e rapide da utilizzare.

La presente ricerca costituisce il

primo tentativo italiano di utilizzare questo metodo per meglio definire l'estensione del permafrost discontinuo nelle Alpi italiane e i rapporti tra questo e varie forme d'alta quota, e si inserisce operativamente nei progetti sperimentali di studio sui rock glacier e sui fenomeni glaciali e periglaciali avviati da tempo dall'Università di Parma in collaborazione con il Centro Nivometeorologico della Regione Lombardia e l'Azienda Energetica Municipale di Milano.

FORME PERIGLACIALI E IL PERMAFROST

L'ambiente alpino del Livignasco è caratterizzato attualmente soprattutto dall'azione morfogenetica del gelo e della neve; tra i diversi processi indotti dal gelo nel suolo la formazione del permafrost è uno dei più rilevanti.

Si definisce permafrost un suolo che rimane gelato per almeno due anni consecutivi. Questo tipo di suolo è caratterizzato, in genere, da una certa percentuale di ghiaccio interstiziale e talora da veri e propri corpi o lenti di ghiaccio.

Lo scongelamento della sua porzione superficiale durante i mesi estivi determina la formazione dello "strato attivo" il cui spessore è variabile a seconda del tipo di permafrost e delle condizioni microclimatiche del luogo.

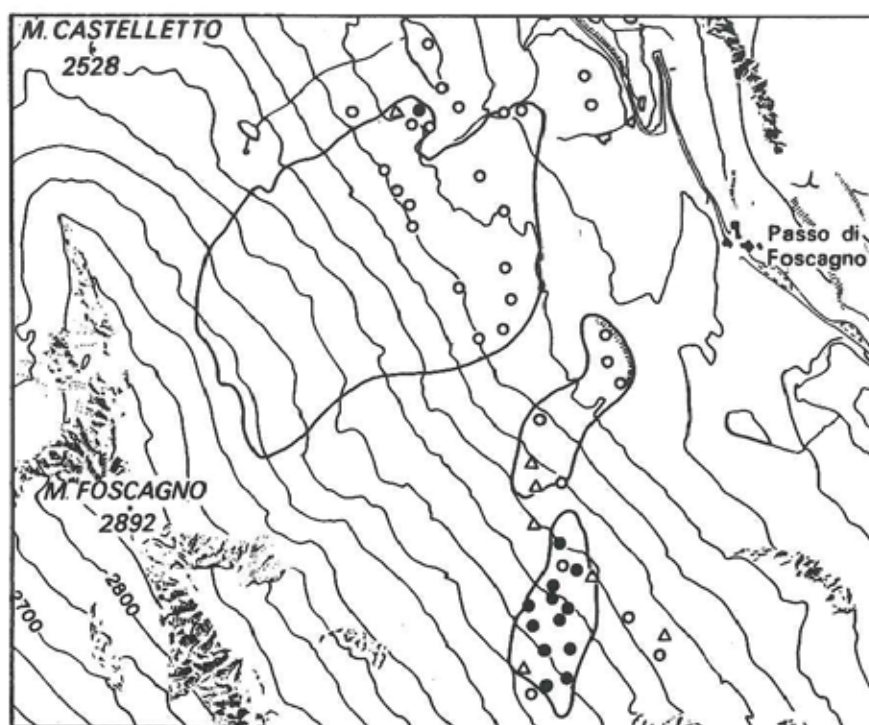
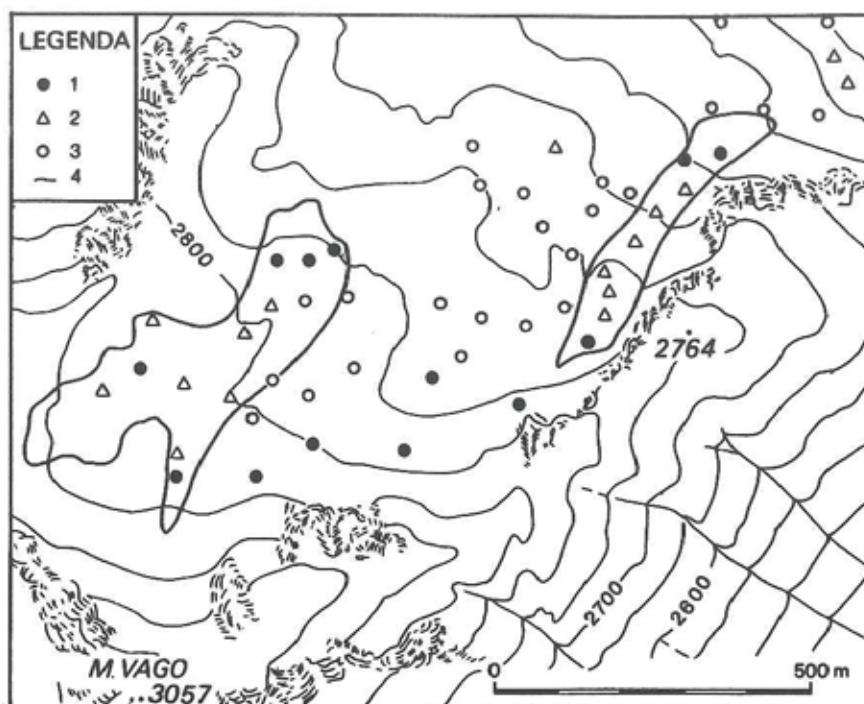
Al permafrost ed al suo contenuto di ghiaccio sono legate molte forme del paesaggio alpino quali i rock glaciers, i lobi di geliflusso e anche altre forme minori come, ad esempio, i suoli poligonali. Il permafrost, per formarsi e conservarsi, necessita di condizioni climatiche particolari con temperature medie annue dell'aria inferiori a -1°C e precipitazioni inferiori a 2500 mm annui.

Il permafrost quindi è un buon indicatore climatico e può essere

utilizzato sia dal punto di vista qualitativo che quantitativo per ricostruire il clima nel passato.

IL METODO BTS (bottom temperature of snow cover)

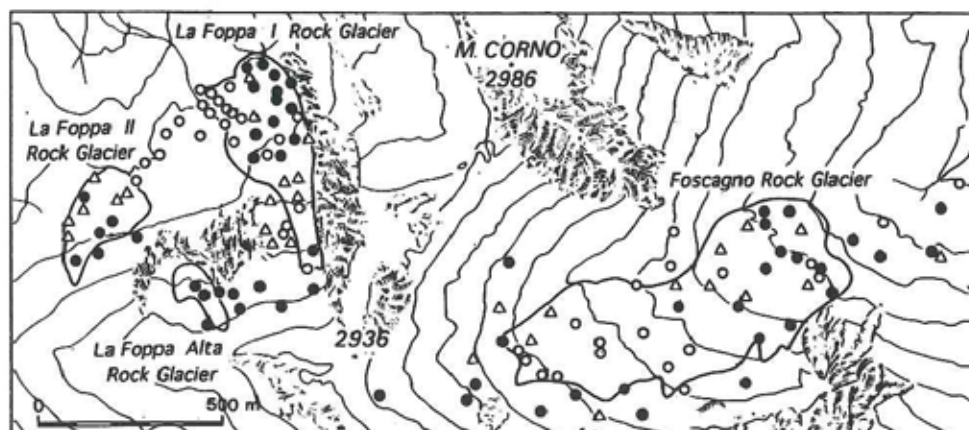
Tra i metodi utilizzati per l'individuazione e la mappatura del permafrost, il BTS o Bottom Temperature of winter Snow cover è uno dei più efficaci. Questa metodologia introdotta negli anni '70 da ricercatori svizzeri, in particolare da Haeberly (1), è basata sul concetto che la copertura nevosa, quando sia sufficientemente consistente, agisca come isolante termico impedendo scambi di calore con l'atmosfera. La temperatura del suolo risulta determinata dal flusso di calore proprio del suolo e risulta profondamente influenzata dall'eventuale presenza di permafrost e dalle sue caratteristiche (contenuto di ghiaccio, spessore e profondità del limite superiore, detto "tavola del permafrost").



Ubicazione delle misure del BTS effettuate durante le campagne primaverili 1992 e 1993 in alcune aree del Livignasco.

Legenda

- 1) $BTS \leq -3^{\circ}C$;
- 2) $-1.7^{\circ}C < BTS < -3^{\circ}C$;
- 3) $BTS \geq -1.7^{\circ}C$;
- 4) limite del Rock Glacier.



IL BTS, quindi, permette di individuare le aree in cui il permafrost è probabile o possibile ed inoltre di calcolare a che profondità si trovi la tavola del permafrost.

Secondo Haeberli e Patzelt (2), infatti, esiste una relazione tra lo spessore dello strato attivo e la temperatura in gradi centigradi rilevata con il metodo BTS così espressa:

$$h_a \text{ (m)} = 6.59 + 0.69 \text{ BTS } (^{\circ}\text{G})$$

Questa relazione è stata ricavata dagli autori confrontando le temperature ottenute con il metodo BTS con lo spessore dello strato attivo determinato, mediante indagini sismiche, su alcuni rock glaciers svizzeri.

AREA DI INDAGINE

A partire dalla seconda metà del mese di Marzo 1992 si sono effettuate le misurazioni BTS in quattro aree del Livignasco, nelle Alpi Centrali lombarde.

Si tratta di aree oggetto di studio già durante le precedenti stagioni estive scelte per la significatività (Guglielmin 3, Guglielmin e Tellini 4) in quanto ricche di fenomeni periglaciali ed in particolare di rock glaciers.

La prima di queste aree è quella del circo de "La Foppa" si estende



La sonda utilizzata per il rilevamento del permafrost è provvista di un termosensore collegato (foto sotto) ad un display digitale che permette la lettura delle temperature rilevate.

per circa 0.8 km² sul versante destro della Val Vallaccia, ad una quota compresa tra i 2550 e i 2900 m, con una esposizione verso i quadranti settentrionali. Si tratta di un circo glaciale in cui si trovano ben cinque rock glaciers e numerose testimonianze dell'ambiente periglaciale, quali suoli strutturati, lobi di geliflusso, nivomorene ed altrettante testimonianze del glacialismo olocenico e tardiglaciale con numerosi depositi morenici. L'area dell'alta Valle di Foscagno è invece una valle con direzione NE-SW con una estensione di circa 3 km² a sud del Passo del Foscagno e delimitata dalla cresta montuosa M. Corno - M. Forcellina - M. Foscagno, avente una quota media attorno ai 2900 m e la sua massima elevazione nella vetta del M. Forcellina (3090 m). Questa valle, modellata dall'azione glaciale, è suddivisibile in due circhi glaciali principali confluenti, il più esteso dei quali contiene un grande rock glacier lungo oltre un chilometro e compreso tra i 2380 e i 2850 m di quota. Si tratta di un rock glacier con morfologia assai articolata, suddiviso in diversi lobi e dai margini difficilmente definibili nella parte apicale e lungo il versante settentrionale del M. Foscagno ove i rapporti con le falde detritiche e depositi morenici non sempre sono chiari. Questo rock glacier presenta una fronte unitaria posta a quota 2500 m, al di sotto della quale è situata la parte ritenuta inattiva, completamente inerbita, che raggiunge i 2380 m. Il versante orientale del M. Corno presenta diverse forme periglaciali (3) tra cui tre rock glaciers complessi, ritenuti quasi del tutto inattivi, caratterizzati da rughe concentriche e forti depressioni imbutiformi. Su questo versante si rinven- gono

anche diversi lobi di geliflusso di dimensioni da decametriche a ettometriche. La terza area di studio è l'area del Pizzo Filone che con i suoi 3133 m è la cima più elevata dell'intero territorio del livignese.

L'area esaminata è situata sul versante nordorientale del massiccio e risulta caratterizzato da quattro circhi glaciali, tre aventi esposizione verso nordest mentre il più settentrionale verso nord.

All'interno di questo circo posto ad una quota compresa tra i 2700 e i 2950 m vi è un rock glacier ritenuto attivo (Pizzo Filone II).

Questo rock glacier sfuma con la parte apicale in depositi morenici della Piccola Età Glaciale.

Il glacialismo recente è documentato sino al 1940 nel circo II ove era situato un ghiacciaio di circa 3 ha con fronte posta a 2830 m estintosi già nel 1955 (Boll. Com. Glac. Ital., 5). Sino al 1935 (I.G.M.) anche nel circo III era segnalato un piccolo ghiacciaio che raggiungeva quota 2810.

L'intera area del Pizzo Filone è caratterizzata poi da numerose microforme periglaciali quali suoli poligonali, block streams e piccoli lobi di geliflusso a partire da quota 2600 m.

Infine l'area del circo del M. Vago comprende un circo glaciale che si estende per circa 1 km², altimetricamente compreso tra i 2600 e i 3050 m della vetta omonima.

Il circo del M. Vago risulta esposto verso NE e sino agli anni '60 ospitava un ghiacciaio (5) di 9.5 ha di estensione.

Attualmente rimangono solo alcuni piccolissimi nevai semipermanenti, posti sulle pendici della vetta.

Geomorfologicamente il circo del M. Vago è caratterizzato dalla presenza di estesi depositi morenici nella sua parte centrale mentre ai due estremi sono

localizzati due rock glacier attivi. Il rock glacier occidentale, che raggiunge i 2680 m di quota con la fronte, presenta la caratteristica morfologia "fluidale" e riflette un'alimentazione in parte differente dall'adiacente morena.

METODOLOGIA DI INDAGINE

Per la rilevazione della temperatura BTS è stata realizzata un'apposita sonda costruita in collaborazione con i tecnici del Centro Nivometeorologico di Bormio della Regione Lombardia. All'interno di questa sonda in grado di raggiungere i 3 metri di lunghezza con l'aggiunta di idonee aste di prolunga è alloggiato un termosensore Pt 100, con una precisione di 0,1°C nell'intervallo di misurazione utilizzato collegato ad un display digitale (vedi foto pag. 56). In taluni casi è stata utilizzata anche una sonda di ferro con una punta conica piena per perforare strati di neve particolarmente duri che avrebbero potuto danneggiare il termosensore. Per ciascun punto di rilevazione è stato misurato lo spessore del manto nevoso e la temperatura in corrispondenza dell'interfaccia suolo-neve. Le misurazioni sono state eseguite in giorni diversi tra la fine di marzo e la fine di aprile del 1992 (Guglielmin e Tellini 6) e durante il mese di marzo del 1993.

Complessivamente nell'area del circo de "La Foppa" (vedi figure pag. 55) sono stati effettuati 71 (34 nel 1992 e 37 nel 1993) punti di misura.

I punti sono ubicati in modo da coprire i diversi elementi morfologici presenti nel circo: così alcuni sono stati posti in corrispondenza di rocce montonate, di falde detritiche e con poligenici, di suoli strutturati, di lobi di geliflusso e di cordoni morenici.

L'attenzione principale è stata

rivolta però ai quattro rock glaciers presenti nell'area, ed in particolar modo ai due di maggiori dimensioni ossia il rock glacier "La Foppa I" di forma lobata lungo oltre 450 m certamente attivo (Lozej A. e Guglielmin M, 7) ed il rock glacier "La Foppa II" ubicato qualche centinaio di metri più ad ovest e di attività incerta.

In corrispondenza del rock glacier "La Foppa I" sono stati ubicati 31 punti di misura in modo da coprire abbastanza uniformemente l'intera superficie del corpo.

Il rock glacier "La Foppa II" ed i lobi di geliflusso immediatamente a monte sono stati investigati da 12 misure.

In corrispondenza dei due rock glaciers più piccoli, posti oltre i 2800 m di quota, sono stati ubicati 5 punti di misura mentre i rimanenti sono distribuiti negli altri tipi di deposito ed in particolare sulla morena di quota 2660 m. Nell'area dell'alta Valle di Foscagno sono state eseguite 71 (18 nel 1992 e 43 nel 1993) misure in modo da comprendere le forme presenti al di sopra dei 2350 m di quota; la maggior parte delle misure (una cinquantina) sono distribuite in corrispondenza del rock glacier del Foscagno.

Delle altre misure, 3 sono ubicate in corrispondenza della parte ritenuta inattiva del rock glacier del Foscagno, una dozzina di misure invece sono localizzate su falde detritiche, coniglioni poligenici e morene. Lungo il versante orientale del M. Corno invece sono state eseguite 49 misure (tutte nel 1993) distribuite in modo tale da caratterizzare i due rock glaciers principali, le falde detritiche, il substrato subaffiorante ed un lago. Nell'area del Pizzo Filone si sono effettuate 28 misurazioni (tutte nel 1993) quasi tutte ubicate in corrispondenza dei rock glaciers o di depositi morenici.

Infine, nell'area del M. Vago sono state realizzate 54 misurazioni

(23 nel 1992 e 31 nel 1993) 23 delle quali in corrispondenza dei rock glaciers occidentale e orientale, le rimanenti sparse a coprire quasi tutta l'area del circo ed interessando vari depositi (falde detritiche, coniglioni poligenici e depositi morenici olocenici).

RISULTATI E DISCUSSIONE

Per ottenere dati affidabili tutte le misurazioni sono state effettuate ove il manto nevoso si presentava di spessore omogeneo, comunque non inferiore a 80 cm in un intorno di almeno 10 m rispetto al punto di misura.

Infatti, misure eseguite con anche più di un metro di coltre nevosa ma con aree adiacenti aventi coperture sottili (20-30 cm) risultano del tutto inattendibili.

I dati ottenuti sono riportati nella figura presentata a pag. 55 e permettono di verificare la distribuzione areale dei valori significativi della presenza di permafrost e/o ghiaccio sepolto considerando come limite superiore il valore di -3°C in accordo con i valori noti in letteratura (1).

La distribuzione dei punti rappresentativi delle misure inferiori a tale limite suggerisce che la presenza di permafrost e/o ghiaccio sepolto sia prevalentemente concentrata nei rock glaciers ritenuti attivi (sulla base di indagini geomorfologiche) e che, all'interno di questi, il permafrost abbia comunque carattere irregolare con tendenza a concentrarsi nelle zone frontali.

Anche in corrispondenza di coniglioni poligenici d'ambiente alpino attivi, specie in quelli in cui l'azione morfogenetica valanghiva è prevalente (M. Vago) si notano valori molto bassi di BTS. Questo dato è estremamente interessante in quanto può confermare il ruolo fondamentale delle valanghe nella formazione e conservazione del permafrost.

Infatti, laddove si formano accumuli di valanga consistenti, tali da isolare il terreno dall'onda termica positiva dei mesi tardoprimaverili e dell'inizio dell'estate, il bilancio termico del suolo diviene fortemente negativo favorendo l'aggradazione o per lo meno la conservazione del permafrost.

Nei depositi morenici indagati, anche in quelli più recenti risalenti



al 1932 (Pizzo Filone II), i valori di BTS sono in genere superiori a -1.7°C evidenziando l'assenza del permafrost.

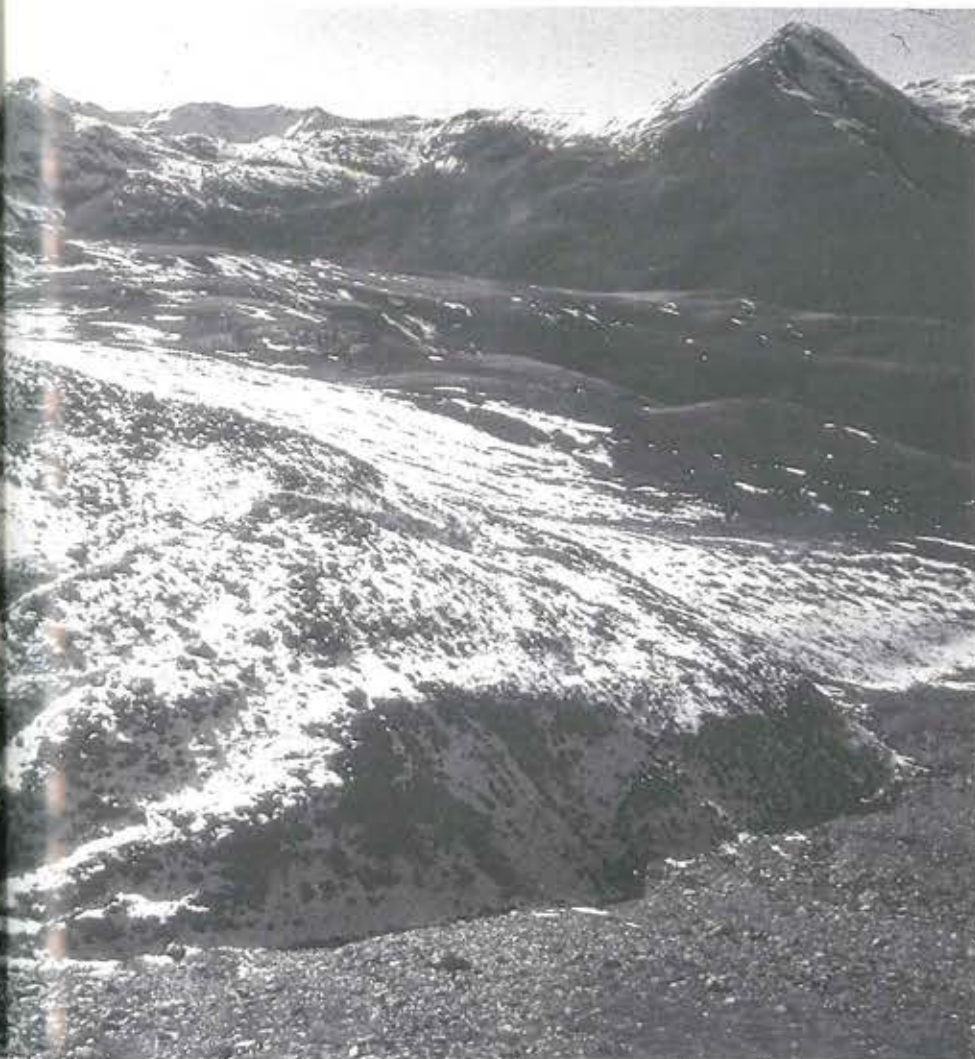
Questo fatto dimostra come nelle zone glacializzate o di recente deglacializzazione il permafrost non ha potuto svilupparsi in quanto la temperatura alla base dei ghiacciai temperati alpini si mantiene prossima o superiore a 0°C .

Molto interessanti sono stati

anche alcuni valori di BTS inferiori a -3°C trovati in corrispondenza di rock glaciers ritenuti inattivi e posti a quote piuttosto basse (2350-2400 m) e su versanti abbastanza esposti (M. Corno orientale e Valle di Foscagno). Queste evidenze rappresentano verosimilmente corpi di permafrost relitto non più in equilibrio con il clima attuale in quanto a queste quote la temperatura media annua dell'aria è superiore a -1°C .

RINGRAZIAMENTI

Si ringraziano sentitamente l'Ing. Gianangelo Bonfigli e l'Ing. Luigi Bossi dell'Azienda Energetica Milanese per l'indispensabile supporto logistico fornito.



BIBLIOGRAFIA

- (1) HAEBERLI W. (1973) "Die basis temperatur der winterlichen Schneedecke als möglicher, indikator für die verbreitung von permafrost in den alpen; Zeit. Gletscherkunde und Glazialgeologie, B. IX (1-2), pp. 221-227.
- (2) HAEBERLI W. and PATZELT (1983) "Permafrostkartierung in gebiet der Hochebenkar Blockgletscher, Oberburgl, ötztal; Zeit. Für Gletscher. und Glazial., 18, 2, pp. 127-150.
- (3) GUGLIELMIN M. (1991) "I rock glacier del Passo del Foscagno (Alta Valtellina, Sondrio)", Natura Bresciana, 26, pp.35-47.
- (4) GUGLIELMIN M. e TELLINI C. (1992) "I rock glaciers del Livignasco (Alta Valtellina, SO)", Riv. Geogr. Ital, 94,4.
- (5) Comitato Glaciologico Italiano-C.N.R. (1959-1962) "Catasto dei ghiacciai Italiani anno fisico 1957-1958", Vol. III, Torino.
- (6) GUGLIELMIN M. & TELLINI C. (1993) "First example of permafrost mapping with BTS in the Italian Alps (Livigno, Sondrio, Italy) ". Acta Naturalia, 29, 1/2, 39-46.
- (7) LOZEJ A. e GUGLIELMIN M. (1992) "Prospezioni geoelettriche sul rock glacier de "La Foppa", Livigno, Sondrio (Italia)". Boll. Ass. Min. Subalpina, Torino, 4, 1992.

CONCLUSIONI

Il risultato di questa prima esperienza italiana nell'applicazione del metodo BTS è stato molto positivo ed apre nuove prospettive per lo studio delle relazioni tra la distribuzione spaziale e temporale del manto nevoso, le sue caratteristiche fisiche ed il regime termico del suolo. Altrettanto interessanti prospettive

di ricerca sono gli effetti della presenza e delle variazioni del permafrost nel manto nevoso specie nella sua parte basale. Ci si augura quindi di poter sviluppare queste tematiche di ricerca anche grazie al rifugio-laboratorio sperimentale di alta quota installato dall'Assessorato all'Energia e Protezione Civile della Regione Lombardia in località La Foppa.

PROPRIETÀ MECCANICHE della NEVE

Jean Pierre Navarre
Centre d'Etude de la Neige
1441 rue de la Piscine
38406 St. Martin d'Heres cedex (Francia)

Lo studio delle proprietà meccaniche della neve è alla base di molti problemi: stabilità del manto nevoso, spostamenti di veicoli su strade o di sciatori, trasporto eolico della neve, distacchi artificiali, dinamica delle valanghe, eccetera. Qui non si vogliono certo affrontare tutti questi aspetti, ma semplicemente dimostrare in che modo è possibile definire e quantificare il comportamento meccanico della neve quando è soggetta a sollecitazioni e/o deformazioni. Questo è alla base dei processi di deformazione lenta o rottura del manto nevoso. Riguardo alle deformazioni senza rotture apparenti (scorrimento, reptazione,



assestamento), l'articolo cercherà di definire le leggi reologiche che governano sollecitazioni, deformazioni e tempo, sulla base di modelli visco-elasto-plastici e tenendo conto del modo di sollecitazione e del tipo di neve. Per quanto riguarda le rotture brusche e le deformazioni con rottura, si tenterà invece di stabilire i criteri di rottura o la resistenza limite (alla compressione, alla trazione o al taglio) a seconda del tipo di neve; verranno poi analizzate le condizioni meccaniche di stabilità/instabilità del manto nevoso in funzione della sua composizione stratigrafica e delle condizioni topografiche riscontrate (linee potenziali di scorrimento o di rottura).

DIVERSITÀ DEI TIPI DI NEVE

Il manto nevoso è costituito da vari strati che corrispondono alle nevicate successive e che hanno caratteristiche meccaniche spesso molto diverse. Questo è il risultato dei metamorfismi cui sono soggetti i cristalli di neve durante la loro

formazione e poi, quando la neve si è depositata, per tutto l'inverno a seconda delle condizioni meteorologiche. La neve depositata, solitamente considerata come un gruppo mobile di cristalli più o meno legati tra di loro, è un miscuglio

caratterizzato da 2 o 3 fasi: solida (ghiaccio), gassosa (aria satura di vapore acqueo) ed eventualmente liquida (acqua), che possono essere presenti in percentuali molto diverse. Il termine "neve" può quindi coprire una gamma completa di



materiali che vanno da una struttura molto leggera e fragile a una simile al ghiaccio, passando al limite per l'acqua liquida.

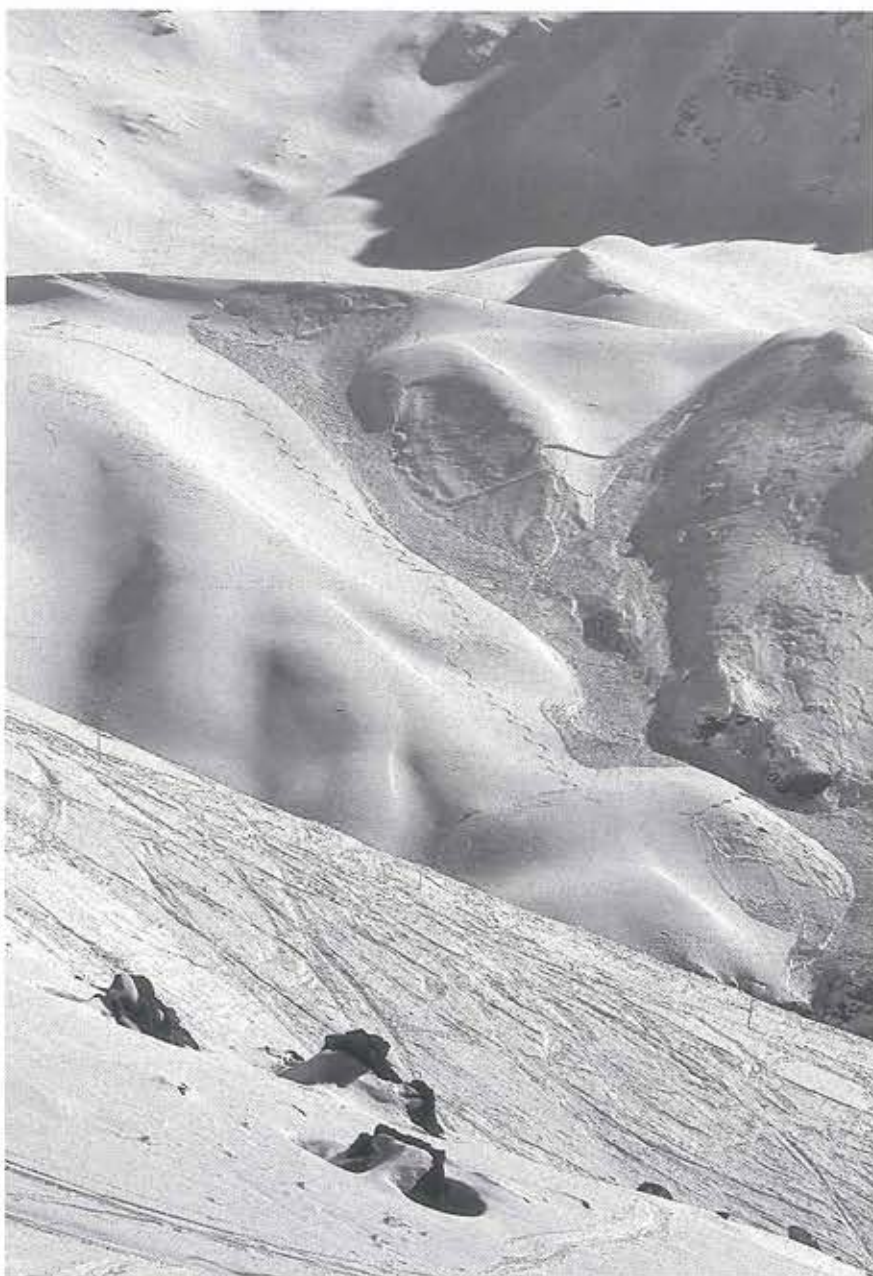
- Neve appena caduta, fredda e leggera (densità prossima a 0,06) costituita da stelle raggruppate in una struttura molto porosa, a debole resistenza (coesione per feltratura) il cui assestamento è in parte dovuto a microcedimenti causati dalla rottura fragile dei dendriti (ramificazioni). In certe condizioni, la neve appena caduta può presentarsi in forma di "polvere" leggera senza coesione.

- Neve trasformata gradualmente attraverso l'assestamento e il metamorfismo a basso gradiente e all'interno della quale i cristalli si trasformano lentamente in particelle riconoscibili e quindi in granuli fini più o meno legati tra di loro; questa neve presenta un maggior grado di coesione e delle proprietà visco-elasto-plastiche.

- Se la neve è soggetta a metamorfismo a medio (o elevato) gradiente, essa con il tempo si trasforma in un materiale costituito da granuli a facce piane (o cristalli a calice) a debole coesione; questa neve forma una struttura fragile che diventa instabile alla minima deformazione.

- Con il riscaldarsi dell'atmosfera, soprattutto in primavera, la neve diventa umida e inizia gradualmente a fondersi. In questo caso, si ha un materiale più o meno bagnato, con proprietà simili a quelle di una "pasta" viscoplastica; il grado di coesione (per capillarità) e la viscosità dipendono in questo caso dal tenore di acqua liquida. Lo stadio ultimo di questo tipo di evoluzione sarebbe uno strato completamente impregnato d'acqua.

Ma diversamente da un terreno, questa acqua liquida non deriva da un'aggiunta in una struttura



solida ma, al contrario, dal processo di fusione e dunque da una variazione di questa struttura.

- A seconda delle variazioni climatiche nel corso dell'inverno (o del giorno), certi strati del manto nevoso possono essere soggetti a cicli di fusione-rigelo più o meno importanti. La neve rigelata apparirà allora sotto forma di aggregati assimilabili a scorie, sarà caratterizzata da un buon grado di resistenza (coesione per rigelo) e formerà degli strati poco deformabili. A volte il processo di rigelo può anche portare alla formazione di uno strato di ghiaccio (ad esempio a seguito di pioggia).

- Occorre qui citare due tipi di neve che risultano dalle condizioni meteo riscontrate durante la nevicata e che hanno importanti conseguenze riguardo alla potenziale instabilità del manto nevoso.

* Strato di neve formatosi in condizioni di forte vento: si tratta di una neve densa già al momento della sua caduta (densità da 0,3 a 0,6), costituita da granuli fini legati assieme tramite un processo definito sinterizzazione, e che forma dei lastroni da vento molto poco deformabili e soggetti a rottura fragile;

* neve fresca di tipo pallottolare, formata da granuli sferici gelati e privi di coesione e che, quando è ricoperta da altri strati, costituisce il più delle volte un piano di scorrimento privilegiato all'interno del manto nevoso. Simili conseguenze si possono avere anche con la brina di superficie. Questa breve descrizione dà un'idea della variabilità del materiale neve a livello meccanico, perlomeno quando ci si riferisce a uno strato di neve omogeneo. Il manto nevoso è infatti costituito dalla sovrapposizione di nevicate successive e quindi da strati di spessore variabile e più o meno

legati tra di loro. Le proprietà meccaniche del manto nevoso dipendono allora da quelle tipiche dei diversi strati che lo compongono, e soprattutto dalle caratteristiche delle "superfici interstrato", che spesso costituiscono piani di scorrimento preferenziali per il distacco di valanghe. Ciò è di particolare importanza ai fini della determinazione di criteri di rottura e dell'analisi dell'instabilità dei pendii innevati.

Nell'ambito della meccanica della neve (deformazione, rottura) per l'analisi di ogni strato vanno presi in considerazione diversi parametri (densità, diametro e forma dei granuli, legami intergranulari, temperatura, tenore d'acqua liquida), così come il profilo di alcuni di questi parametri all'interno del manto. E' altresì necessario tener conto delle fasi di evoluzione precedenti e successive, poiché le variazioni delle proprietà meccaniche possono avvenire con rapidità nel corso di una stessa giornata, sotto l'influenza delle condizioni meteorologiche.

Il manto nevoso è quindi caratterizzato da metamorfismo, eterogeneità e stratificazione, oltre ad essere soggetto a processi di deformazione lenta (reptazione, scorrimento) in funzione della topografia, che possono comportare variazioni nella distribuzione delle sollecitazioni.

APPROCCI MULTIPLI E DIFFICOLTÀ NELLO STUDIO DELLA NEVE

Dal punto di vista meccanico, la neve è un materiale complesso caratterizzato da comportamento e configurazione diversi. L'intenzione di occuparsi sia dei problemi in sito legati al manto nevoso che dei comportamenti reologici di vari tipi di neve conferma che nel corso degli anni la meccanica della neve è stata trattata utilizzando vari metodi. Malgrado sia un materiale

eterogeneo e poroso, la neve è assimilabile su scala macroscopica a una sostanza compatta. Questo è il motivo per cui si è deciso di adottare metodi legati alla meccanica dei terreni per cercare di affrontare i problemi di stabilità o di rottura su pendio. E' in questo quadro che vengono definiti alcuni valori di resistenza limite (alla compressione, alla trazione e soprattutto al taglio), per diversi tipi di neve e "interstrati". Queste misurazioni vengono effettuate sul terreno con l'aiuto di telaietti di taglio, scissometri adattati, sonde penetrometriche, ecc., e/o per mezzo di test in camera frigorifera (telaietto, pressa triassiale, centrifugazione). Ma come vedremo in seguito, i valori di resistenza misurati variano in funzione della velocità di sollecitazione e questo per la specificità (metamorfismo) della neve e la capacità di ricomposizione e riconsolidamento della sua struttura nel corso del processo di deformazione. Sempre per assimilazione con le sostanze compatte, sono stati utilizzati dei modelli reologici visco-elastici e visco-elasto-plastici tradizionali (modelli di Maxwell, Burger, Bingham), o ancora delle leggi derivate dalla glaciologia, onde riuscire ad interpretare alcuni test di deformazione con carico o velocità di deformazione costanti e soprattutto per definire alcuni parametri di viscosità. I risultati ottenuti variano però di molto in funzione dei modi operativi, delle velocità di sollecitazione e dei tipi di neve. Infatti le leggi e i parametri così stabiliti sono in generale applicabili solo per condizioni simili a quelle utilizzate per la loro definizione. Considerando delle deformazioni senza rottura, a bassa velocità o sotto carico limitato, sono stati definiti e quantificati dei moduli di elasticità e di viscosità (a breve e lungo termine) con diversi tipi di neve. Queste misurazioni vengono generalmente eseguite in camera

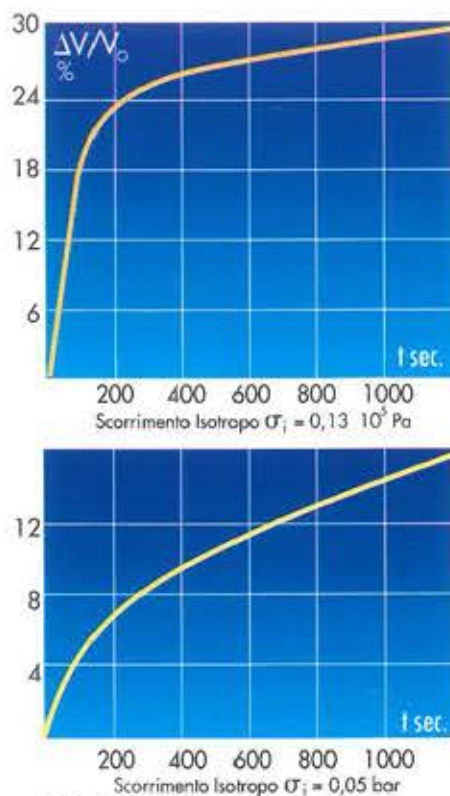


Fig. 1a

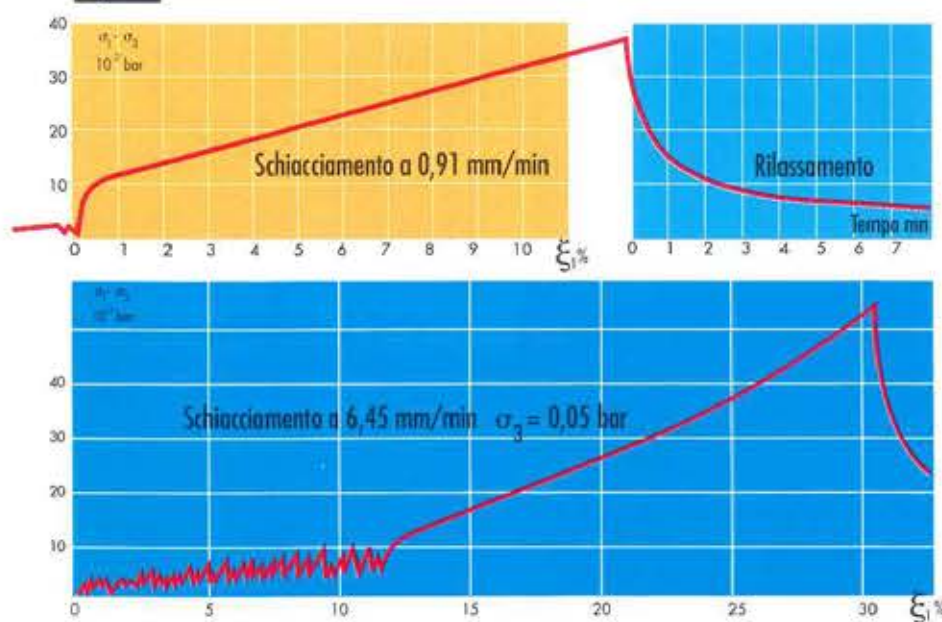


Fig. 2

frigorifera (con vari modi di sollecitazione e controllo delle velocità), anche se si possono effettuare sul terreno registrando l'assessamento degli strati sotto i carichi di neve e la reptazione della neve su un pendio (spostamenti relativi di indicatori), oppure servendosi di strumenti adattati alla neve (scissometro a motore). L'interpretazione dei risultati di misurazione rimane comunque un compito spesso delicato, poiché nel corso di una

misurazione o test si possono avere notevoli deformazioni e importanti variazioni della morfologia della neve. Questi primi studi delle proprietà meccaniche della neve si fondavano su principi puramente meccanici e considerando la neve come una sostanza compatta. La migliore conoscenza che oggi si ha di questo materiale consente di analizzarne, o piuttosto interpretarne, i comportamenti meccanici sulla base di concetti

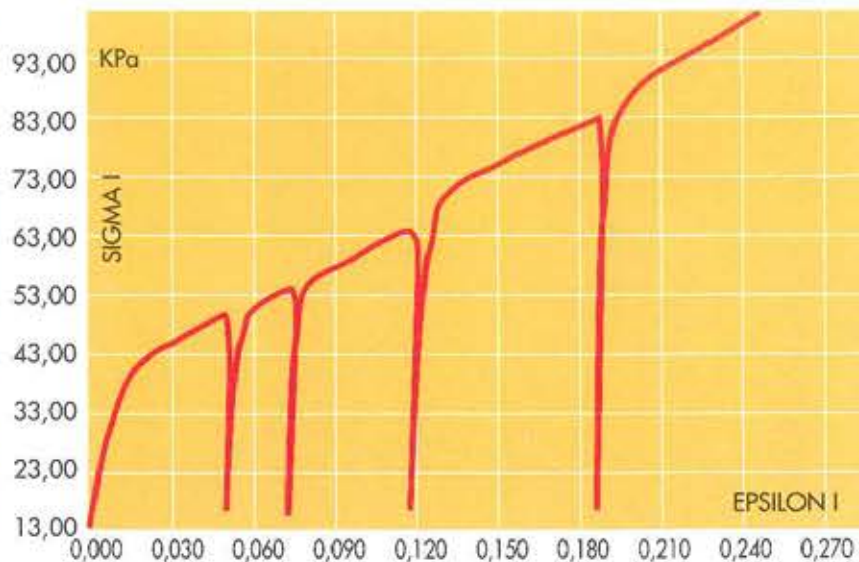


Fig. 1b

Fig. 1a: Scorrimento isotropo.

Fig. 1b: Evoluzione della sollecitazione assiale σ in funzione della deformazione assiale ϵ_1 in caso di cicli di carico-scarico.

Fig. 2: Compressione a velocità costante.

termodinamici, sempre tenendo conto della struttura porosa e discontinua della neve. Questo significa eseguire un'analisi dei legami intergranulari considerando soprattutto le eventuali deformazioni o consolidamenti della struttura in funzione delle velocità di sollecitazione e delle variazioni di energia (riscaldamento sotto l'effetto delle sollecitazioni e dissipazione di energia nella struttura). Gli studi sulla neve a granuli fini sono generalmente più numerosi, indubbiamente per motivi pratici: la neve fresca è delicata e di difficile manipolazione, mentre la neve umida (a 0°C) comporta dei problemi legati al controllo degli scambi di energia e al tenore d'acqua liquida. Vi è infatti la tendenza a studiare separatamente ogni tipo di neve e ad interpretare i risultati come indicativi di una variazione continua dei parametri meccanici. Per quanto riguarda l'utilizzo di modelli e metodi sofisticati per il calcolo della stabilità dei pendii innevati (come per la meccanica del suolo), vi sono dei problemi di ordine pratico da affrontare:

- complessità della topografia da esaminare;
- densità molto bassa dei punti di misurazione sul terreno, specialmente nelle aree sensibili;
- sproporzione tra l'importanza dei problemi da affrontare (pendio o massiccio montagnoso) e le

dimensioni della struttura dove si verificano i fenomeni di rottura o deformazione iniziali.

A questo bisogna aggiungere il comportamento visco-plastico della neve in base a leggi non lineari molto complesse.

Tutto ciò spiega perché i fenomeni di deformazione lenta o rottura del manto nevoso vengano affrontati separatamente nella realtà e che la stabilità venga di solito analizzata secondo metodi di tipo statico (p.e. resistenza limite in base al criterio di Mohr Coulomb), benché i criteri di rottura non siano altro che la "condizione limite" delle leggi di deformazione.

DEFORMAZIONI SENZA ROTTURE APPARENTI

Si tratta di processi di deformazione della neve senza brusche rotture apparenti (su scala macroscopica) nel caso di basse velocità di deformazione o deboli sollecitazioni. Il comportamento meccanico della neve viene allora definito attraverso leggi reologiche che governano le relazioni tra il tempo, le sollecitazioni e le deformazioni (e i loro derivati). Concepite innanzitutto allo scopo di definire delle leggi di assestamento o di scorrimento, i test di compressione sono tra i più frequentemente utilizzati. Allo scopo di illustrare i diversi comportamenti della neve, di seguito vengono descritte alcune curve caratteristiche di deformazione e sollecitazione registrate nel corso di alcuni test di compressione con carico e velocità di deformazione costanti.

a) Prove con carico costante

La Figura 1 descrive l'evoluzione nel tempo della deformazione volumetrica e cerca di spiegare perché gli autori abbiano cercato di basarsi su leggi visco-elastiche (modello di Kelvin o di Burger) o visco-elasto-plastiche, anche se gran parte del processo di deformazione è irreversibile. Sulla

base di questi modelli, è stato possibile definire le caratteristiche di elasticità e viscosità della neve essenzialmente in funzione della densità.

La notevole deformazione che si ha nella fase a breve termine è dovuta a una deformazione dei legami più deboli, nonché a una ricomposizione della struttura per questo stato di sollecitazione. Questa graduale evoluzione verso una sorta d'omogeneità a livello dei contatti intergranulari potrebbe essere analizzata in termini di distribuzione statistica di densità di legami. L'iniziale diminuzione delle velocità di deformazione non può essere dovuta a limitate variazioni di densità. Al contrario, alcune analisi eseguite con telaio a lamelle sottili danno come risultato un sensibile aumento del numero dei legami intergranulari nelle zone del campione, contigue alle aree sottoposte a sollecitazioni.

A lungo termine, il calo delle velocità di deformazione deriva invece perlopiù dal processo di consolidamento del materiale dovuto all'aumento della densità (la viscosità è una funzione esponenziale della densità). Quando è soggetta a cicli di carico-scarico, la neve assume un comportamento analogo a quello di un corpo visco-elasto-plastico sottoposto a indurimento, anche se caratterizzato da un campo di elasticità limitato.

b) Prove di compressione con velocità di deformazione costante

Il comportamento meccanico (Fig. 2) di uno stesso campione di neve dipende innanzitutto dalle velocità di sollecitazione (o di spostamento del carico utilizzato per il test di compressione):

- con velocità molto basse (da meno di 1 a 3 mm/min per il carico) non c'è rottura; il campione viene compresso con regolarità in modo da garantire un

comportamento viscoso;

- con velocità molto elevate (da 10 a 20 mm/min circa) la rottura del campione avviene molto rapidamente;

- con velocità medie, il campione viene compresso irregolarmente, con variazioni a dente di sega, della sollecitazione principale, che corrispondono alle fratture successive dei legami e ai processi di ricomposizione della struttura.

Simili risultati si ottengono per quanto riguarda il taglio; alle basse velocità si possono osservare delle variazioni nella velocità di deformazione senza però che vi sia discontinuità nel materiale: questo infatti si "rigenera" con il passare del tempo. Ovviamente questi diversi comportamenti variano a seconda del tipo di neve, anche se dipendono sempre dalla capacità degli aggregati granulari di deformarsi localmente senza influire troppo sulla struttura adiacente.

I test di compressione a velocità variabile permettono di verificare in continuo l'importanza della velocità. Si può così vedere (Fig. 3) che indipendentemente dal livello di deformazione raggiunto, una variazione della velocità di deformazione per una fase di scorrimento stabilita provoca il passaggio a uno stato di sollecitazione specifico alla nuova velocità. Questo dimostra che, per quanto riguarda la viscosità, la neve si comporta alla stregua di un materiale fluidificante. Come si è appena visto, la neve ha un comportamento complesso in cui entrano in gioco numerosi parametri. Da qui le difficoltà nello stabilire delle leggi generali, tanto più che nella natura le modifiche di struttura a seguito di deformazioni e sollecitazioni si associano a quelle legate ai metamorfismi (fusione, consolidamento per sinterizzazione, ecc.). Ovviamente sono stati eseguiti

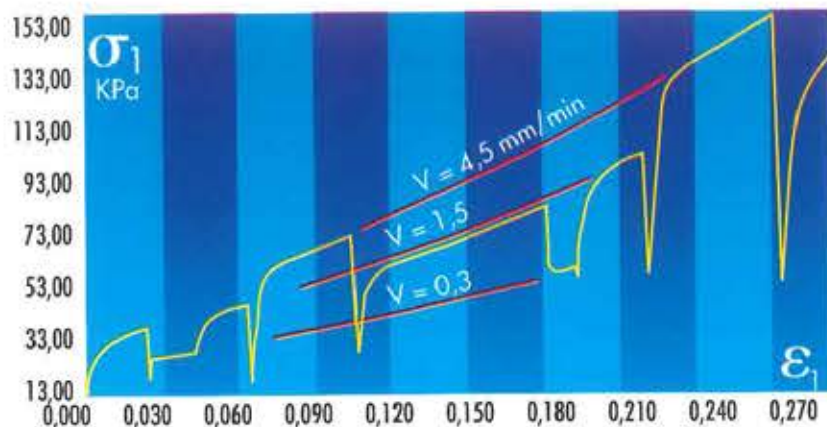


Fig. 3a

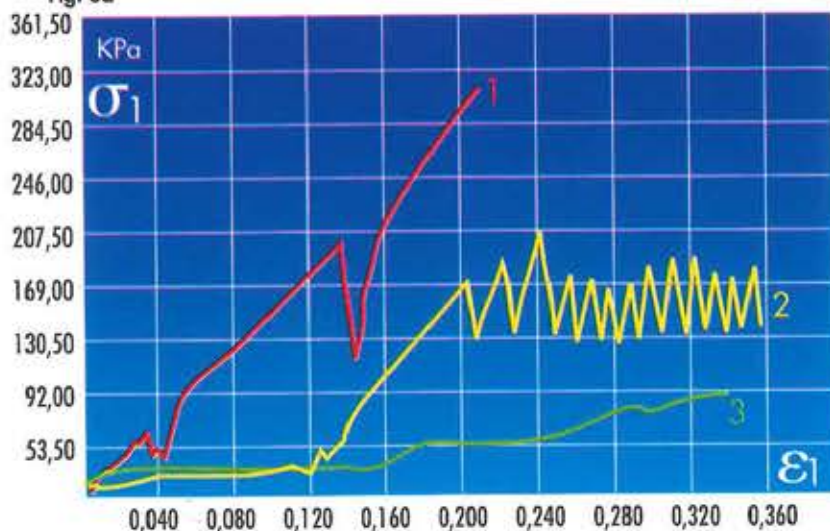


Fig. 3c

degli studi che si basano su calcoli di energia libera e di dissipazione delle sollecitazioni, ma questi portano alla formulazione di leggi o criteri di rottura difficilmente applicabili che richiedono la conoscenza dei parametri relativi alla struttura e al tipo di sollecitazioni. Infine, è soltanto per alcuni casi ben definiti (neve omogenea, sollecitazioni e geometria semplici), che i comportamenti meccanici della neve possono essere simulati attraverso leggi. Queste leggi, che vengono dedotte dagli esperimenti, non riguardano tutti i tipi di neve e solo raramente fanno riferimento ai parametri morfologici della neve analizzata; ad eccezione della densità e forma dei cristalli.

c) Leggi reologiche

Non è il caso di ricordare tutte le leggi reologiche, ma si possono semplicemente citarne alcune a titolo indicativo:

- deformazione ξ con sollecitazione costante σ :

$$\xi = \sigma / E + A (1 - \exp(-t/t')) + \sigma / \eta * t$$
dove E e A: moduli d'elasticità
 η : viscosità
 t' : parametro d'elasticità ritardata
I parametri E, A, t' e η variano in funzione di temperatura, tipo di neve e densità.

$$= B * \sigma * t^s$$
dove s # da 0,5 a 1
B varia in funzione del tipo di neve, della densità e della temperatura ($\exp(-Q/RT)$);

- deformazione continua (a lungo termine) a velocità costante:
Se $\dot{\xi}$ o σ è basso
($\dot{\xi} \# 10^{-4} s^{-1}$)

$$\dot{\xi} = \sigma / \eta \text{ e } \eta = \eta_0 \exp(a + b T)$$

Se $\dot{\xi}$ o σ è più elevato
($\dot{\xi} \# 10^{-4} s^{-1}$)

$$\dot{\xi} = C * \sinh(\sigma / \sigma_0)$$

$$\dot{\xi} = K * \sigma^n \text{ con } n \# 2 \text{ a } 4$$

In ogni caso, le "costanti" che

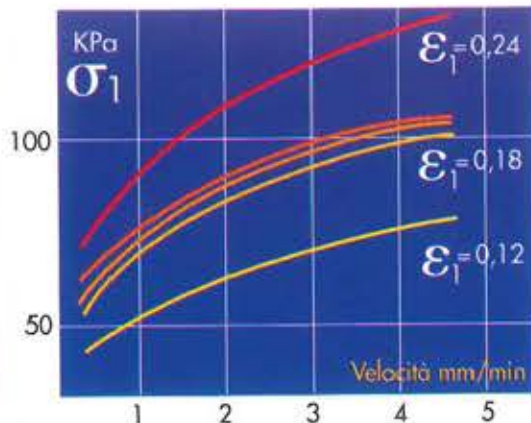


Fig. 3b

Fig. 3a: Evoluzione della sollecitazione assiale σ_1 in funzione della deformazione assiale

Fig. 3b: Variazione della sollecitazione σ_1 in funzione della velocità di deformazione per un medesimo stato di deformazione velocità

Fig. 3c: Vari comportamenti per una medesima velocità di schiacciamento (30 mm/min) in funzione di σ_3 .
Curva 1: $\sigma_3 = 30$ KPa;
curva 2: $\sigma_3 = 15$ KPa;
curva 3: $\sigma_3 = 10$ KPa

intervengono in queste leggi variano in funzione delle caratteristiche della neve e delle condizioni di misurazione. Per terminare l'argomento, si citerà la formula incrementale di una legge proposta dall'Institut de Mécanique di Grenoble e dal centro di nivologia CEN. Questa legge, che si basa su prove triassiali, era stata verificata per altri tipi di sollecitazione e poi utilizzata nell'ambito di un modello bidimensionale ad elementi finiti allo scopo di simulare un manto nevoso su un pendio sperimentale (Fig. 4).

Formule delle deformazioni:

$$d\xi = M d\sigma + d\xi_0$$

compreso, per la parte elastica, un modulo di elasticità M che dipende dal valore di sollecitazione medio σ_m :

$$E = a \sigma_m^2 + b$$

e un coefficiente di Poisson

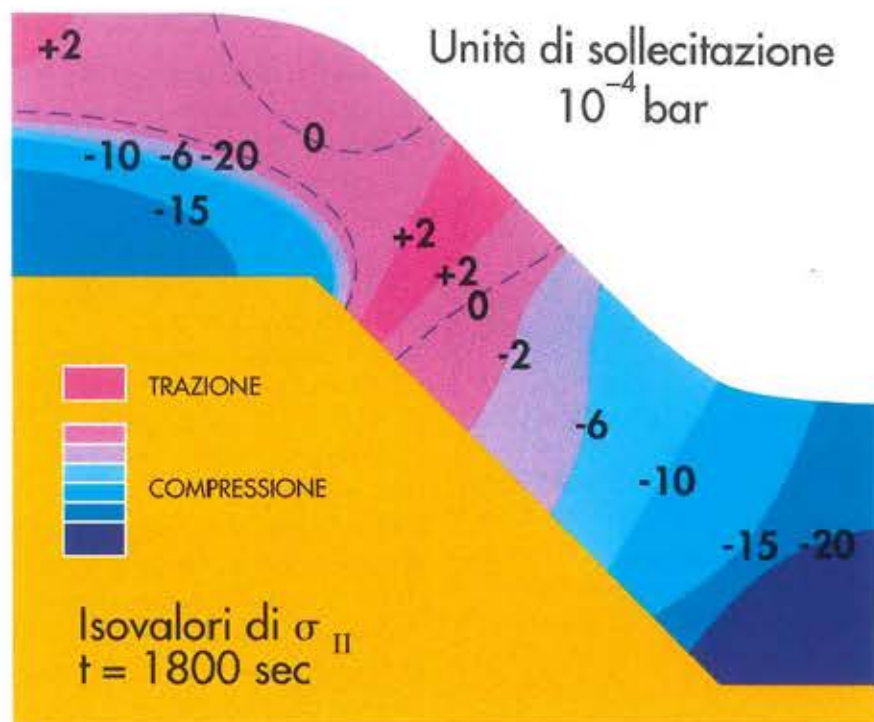


Fig. 4: Simulazione matematica delle sollecitazioni nel manto nevoso depositato su un pendio sperimentale, evidenziando l'area di trazione marginale e l'area a sollecitazione nulla.

Fig. 5a: Resistenza limite alla trazione (David. M. Mc Clung).

Fig. 5: Resistenza limite alla trazione: misurazioni centro di nivologia.

Fig. 4

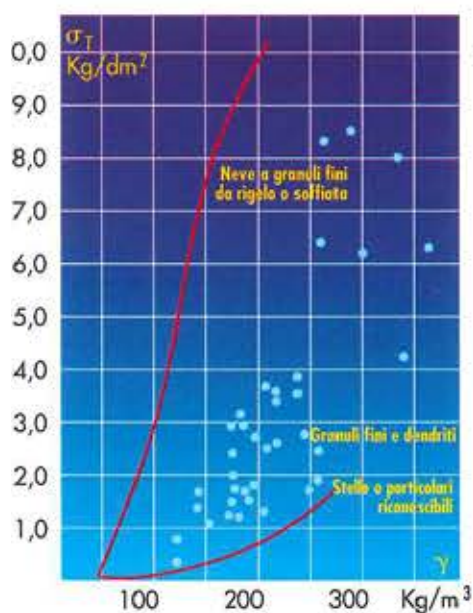


Fig. 5a

prossimo a 0,05;
per la deformazione viscosa $d\xi_v$,
una funzione di scorrimento
elementare:

$$\xi(t) = \frac{H_0}{A \cdot (t-t_0) + B} * + C * (t-t_0) * \sigma$$

dove: $A = f(\xi, \sigma)$ e $B = f(\xi)$
e un coefficiente viscoso di
Poisson pari a $\neq 0,2$.

RESISTENZE LIMITE E CRITERI DI ROTTURA

Quando si parla di materiali per ingegneria civile, i fenomeni di rottura possono apparire alquanto

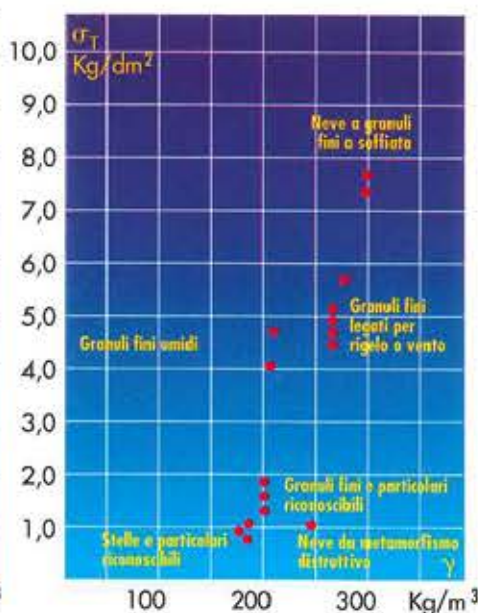


Fig. 5b

arbitrari, in quanto riflettono condizioni di calo delle prestazioni. La rottura può comportare una frattura totale o parziale, può essere di tipo fragile (rottura brusca senza deformazione preliminare) o duttile (provocata da notevole deformazione) oppure corrispondere a un incremento della velocità di deformazione. Riguardo al criterio di rottura, esso può essere definito in funzione di leggi reologiche, in termini di energia o più semplicemente sulla base di massimi valori di

sollecitazione (a partire da criteri che dissociano l'effetto delle sollecitazioni volumetriche, ad esempio il criterio di Mohr-Coulomb). La resistenza limite può allora essere definita come il massimo valore di sollecitazione raggiunto durante un processo di deformazione a una data velocità.

a) Rotture in condizioni di sollecitazione uniassiale, in compressione

Nel corso di test di deformazione ad alta velocità su un campione di neve, si ottengono delle rotture distruttive con una evoluzione della sollecitazione definita da una curva picco-piano più o meno marcata. Con una velocità sufficientemente elevata si ottiene una resistenza limite alla compressione, indipendentemente dalla velocità. Sono state proposte varie formule legate alla resistenza alla compressione della neve in funzione del tipo di rottura, di neve e della velocità di compressione iniziale. Da notare che per la neve soffiata o del tipo a cristalli a calice, la rottura avviene senza una significativa deformazione preliminare.

b) Rotture in condizioni di sollecitazione uniassiale, in trazione (Fig. 5)

Il comportamento meccanico della neve, quando sottoposta a trazione e, la sua resistenza limite, che riflette la coesione intergranulare, dipendono sempre dalla velocità di deformazione, anche se in percentuale minore. Dunque, a bassa velocità la rottura si produrrà in seguito a uno stato di deformazione definito in un tipo di neve viscoplastico (a 0°C). Ma contrariamente alla compressione, si avrà necessariamente una rottura e non si potrà più parlare di consolidamento dovuto a densificazione.

c) Resistenza al taglio

Le misurazioni della resistenza al taglio possono essere eseguite attraverso dei test di compressione uniassiale o triassiale: la rottura del campione avviene secondo un piano (inclinato di circa 45°) sul quale viene raggiunta questa resistenza limite.

Ma in generale questa resistenza viene determinata (soprattutto sul terreno) attraverso dei test di taglio piano (telaietto di taglio, scissometro o taglio di blocchi) facendo riferimento al criterio di Mohr.

La resistenza al taglio viene allora definita dalla seguente relazione:

$$\tau_h = C + f(\sigma_n) \cdot \tan \varnothing$$

dove C rappresenta la coesione
 $\varnothing$ è l'angolo d'attrito interno
 σ_n è la sollecitazione normale

Questa assimilazione della neve al suolo (curva intrinseca, angolo d'attrito interno) è senz'altro una teoria molto interessante, anche se può portare a interpretazioni confuse con certi tipi di neve (ad esempio neve facilmente comprimibile). Infatti la resistenza limite misurata corrisponde alla coesione C e dipende dalla coesione intergranulare.

Così come per i test di compressione, il comportamento della neve è sensibile alle velocità di sollecitazione, salvo che alle alte velocità (caso di taglio manuale): rottura duttile a bassa velocità, rottura fragile ad alta velocità. Ovviamente occorre distinguere a seconda del tipo di neve: la neve consolidata per sinterizzazione o che ha subito metamorfismo da gradiente non è molto caratterizzata da deformazioni preliminari.

CRITERI DI ROTTURA DEL MANTO NEVOSO

Lo studio della stabilità del manto nevoso su un pendio può avvenire secondo approcci diversi, in base al grado di complessità che si cercherà di approfondire: approccio statico o dinamico, problema a due dimensioni (pendio innevato uniforme o con variazioni di inclinazione, ecc.). Un primo tipo d'approccio, il più semplice, è l'approccio statico, che si basa sulle ipotesi di Rankine (massiccio indefinito con inclinazione uniforme i , linea di scorrimento parallela al pendio, ecc.). In questo caso, la possibilità di rottura a una profondità z del manto nevoso è governata dalla formula seguente:

$$\tau_z = \int_0^z \rho_z dz \cos(i) \sin(i) \leq \tau_h \text{ o } > C$$

dove τ_h : resistenza al taglio alla profondità z

τ_z : sollecitazione di taglio alla profondità z

ρ_z : densità della neve alla profondità z

Occorre notare che molto spesso la resistenza al taglio viene assimilata alla coesione C misurata sul terreno.

Per una neve omogenea (densità e coesione costanti) l'altezza massima H accettabile senza rottura sarebbe uguale a:

$$H \# \frac{C}{\rho \sin(i) \cos(i)}$$

Come si vede, ciò potrebbe portare ad avere una notevole altezza della neve se l'intero strato fosse costituito da neve omogenea e a buon grado di coesione; così nel caso di neve a granuli fini, con densità di 250 kg/m³ e coesione 5 kPa (o 500 kg/m³) e per un'inclinazione di 45°, teoricamente si potrebbe avere:

$$H \# 500 / (250 \times 0,5) \# 4 \text{ m}$$

Ma, in generale, la presenza di strati a debole coesione (p.e. neve pallottolare o a superfici piane) o di discontinuità tra strati ("interstrati" a debole coesione) contribuiscono spesso a rendere fragile il manto nevoso. Infatti il problema della stabilità del manto nevoso è più complesso, in quanto in funzione della topografia del terreno e delle variazioni d'inclinazione, le linee di scorrimento potenziali saranno diverse secondo le zone e la distribuzione delle sollecitazioni: zone del manto nevoso soggette a trazione o compressione, equilibrio di spinta o di appoggio. Inoltre, poiché la neve è un materiale più o meno viscoso, gli strati saranno soggetti, a seconda del terreno e delle condizioni meteorologiche, a processi di deformazione lenta che provocheranno delle variazioni di distribuzione delle sollecitazioni: certe zone saranno così soggette a notevoli sollecitazioni di tensione (ad esempio al di sotto di zone di rottura di pendio). D'altra parte, come già visto, i vari strati possono non avere le stesse capacità di deformazione e ricomposizione della loro struttura: un lastrone di neve è rigido, al contrario di altri tipi di neve. Nel caso di riscaldamento atmosferico, questo potrebbe indurre delle deformazioni non omogenee dei vari strati, e quindi variazioni nella distribuzione delle sollecitazioni (p.e. perdita d'appoggio inferiore).

a cura di Andrea Vitalini

IL PROGETTO NX-LOG

Obiettivi

Il progetto NX-LOG ha come obiettivo la creazione di un nuovo sistema che sia di aiuto nel prendere le decisioni nell'ambito della prevenzione locale delle valanghe. Questo dovrà essere in grado di fornire quotidianamente e in tempo reale una precisa localizzazione dei rischi per un settore definito. A questo scopo, dovrà definire delle diagnosi di stabilità per ogni parte di questo settore. Il progetto risponde a un'esigenza concreta dei vari responsabili della prevenzione valanghe, i quali sono regolarmente tenuti a prendere delle decisioni che l'importanza e irreversibilità rendono a volte particolarmente delicate (allarmi, evacuazioni, distacchi artificiali).

Realizzazione

Attualmente vengono utilizzati due metodi per cercare di risolvere il problema della valutazione locale del rischio valanghe:

- il ragionamento per analogia. Questo si basa sul principio "stesse cause, stessi effetti" e si svolge secondo la seguente sequenza:

1. descrizione della situazione nivometeorologica attuale (input)
2. definizione di situazioni passate simili
3. accertamento dei rischi in occasione di situazioni passate simili
4. definizione dei rischi attuali (output)

I sistemi esistenti eseguono le fasi 1, 2, 3, lasciando all'uomo l'incarico di provvedere alla fase 4.

Il primo di questi sistemi, e verosimilmente oggi il più efficace, è il sistema NXD (Buser, 1983, 89), (Buser, Butler, Good, 1986), (Buser, Good, 1984).

- Il ragionamento deduttivo

Questo procede per concatenazione di deduzioni logiche:

1. descrizione della situazione nivometeorologica attuale (input)
2. deduzione dei rischi attuali (output)

L'unico sistema che a tutt'oggi sia stato realizzato applicando questo procedimento tipico dell'intelligenza artificiale è il sistema AVALOG (Bolognesi, 1991).

"L'idea chiave" del progetto NX-LOG è costituita dall'associazione di questi due metodi complementari in un solo modello. In pratica questo progetto, che dovrebbe essere portato a termine nel 1995, sarà condotto da un'equipe di tre ricercatori dell'Institut Fédéral pour l'Etude de la Neige et des Avalanches di Davos (R. Bolognesi, O. Buser, W. Good). A questa equipe verrà fornito il supporto sul campo da parte di addetti alle piste e previsori locali: diverse stazioni sciistiche europee hanno infatti deciso di aderire al progetto, soprattutto collaborando alla stesura del capitolato d'oneri ed effettuando i vari test di verifica necessari. In totale, oltre 15 persone (teorici e/o esperti) lavorano al progetto NX-LOG.

Prospettive

La combinazione dei due tipi di ragionamento (analogico e

deduttivo) lascia intravedere possibilità di sviluppo molto interessanti. In particolare, sembra che si possa riuscire a dotare il sistema di una certa capacità di apprendimento automatico.

In effetti, nella misura in cui NX-LOG sarà in grado di concatenare delle deduzioni a partire dalle analogie che definirà, esso dovrebbe anche riuscire a generare valutazioni sempre più affidabili con l'aumentare delle sue capacità: tutto questo senza il minimo intervento da parte dell'uomo.

Il sistema potrà così costruirsi da sé la propria esperienza (un'esperienza ovviamente di tipo "locale" che non si può trasmettere), iniziando ad "imparare".

(R. Bolognesi, O. Buser, W. Good)



CORSO D'AGGIORNAMENTO PER RILEVATORI NIVO-METEOROLOGICI DI CUNEO E TORINO

Si è svolto nei giorni 24 e 25 di Febbraio u.s. a Demonte (CN) in Valle Stura, presso la sala consigliare messa gentilmente a disposizione dal Comune, l'annuale incontro d'aggiornamento per i rilevatori

della rete nivometrica della Regione Piemonte, operanti sul territorio delle Province di Cuneo e di Torino; l'incontro è stato organizzato con la collaborazione dell'Ufficio Studi e Programmazione dell'Amministrazione Provinciale di Cuneo.

Argomento principale dell'incontro è stata la trattazione dei principi di meteorologia alpina, esposti con professionalità e chiarezza dal Dott. J. Kerkmann, meteorologo consulente presso il Centro Sperimentale Valanghe della Regione Veneto; sono stati inoltre illustrati i fattori che regolano il metamorfismo della neve ed i metodi di valutazione della stabilità del manto nevoso. Le previste esercitazioni sul terreno presso il Colle della Maddalena non si sono potute svolgere per la pressoché totale assenza di neve nel periodo, immediatamente seguito dalle abbondanti nevicate d'inizio marzo.

(Marco Cordola)

IN PIEMONTE SERATE DIVULGATIVE SULLA SICUREZZA IN MONTAGNA PER GLI SCIALPINISTI

Nei mesi di Marzo e Aprile, funzionari del Servizio Meteorografico e Reti di Monitoraggio della Regione Piemonte, responsabili dell'elaborazione dei messaggi di previsione nivo-meteorologica per la regione, hanno condotto incontri informativi sulla sicurezza in montagna presso le sedi S.U.C.A.I. e U.G.E.T. di Torino, e quelle C.A.I. di Asti ed Alessandria.

Durante gli incontri sono stati illustrati i metodi di acquisizione

dei dati meteonivometrici attraverso le reti di rilevamento automatico e manuale gestite dal Servizio, le procedure di elaborazione dei dati ed i fattori nivo-meteorologici che vengono presi in considerazione per la redazione del messaggio previsionale sul pericolo di valanghe.

Gli aspetti legati al comportamento in sicurezza in ambiente innevato sono stati analizzati attraverso il commento di un video, realizzato dalla Regione Veneto, illustrante la dinamica di incidenti da valanga realmente verificatisi.

Gli incontri si inseriscono nell'ambito dell'azione sviluppata dall'A.I.NE.VA. di diffusione nell'ambiente scialpinistico di una conoscenza sempre più ampia ed approfondita dell'esistenza e del significato dei messaggi di previsione nivo-meteorologica, finalizzata alla prevenzione degli incidenti da valanga.

(Marco Cordola)

6° INCONTRO DEL GRUPPO DI LAVORO INTERNAZIONALE DEI SERVIZI DI PREVISIONE VALANGHE

Dal 21 al 23 Aprile 1993 si è tenuto a Wildbad Kreuth, in Baviera, il periodico incontro del Gruppo di lavoro internazionale dei servizi di previsione valanghe. Hanno partecipato ai lavori i rappresentanti di Austria, Francia, Germania, Italia, Spagna e Svizzera. Per l'Italia, su incarico dell'AINEVA, erano presenti Anselmo Cagnati e Jochen Kerkmann del Centro Sperimentale valanghe di Arabba e Cristoph Oberschmied del Servizio di prevenzione valanghe della

Provincia di Bolzano.

Il tema centrale dei lavori è stato ancora una volta l'unificazione della scala di pericolo da valanghe e un apposito gruppo ristretto si è concentrato su questo importante obiettivo ottenendo uno storico risultato del quale si parlerà più diffusamente in un'altra parte della rivista.

Nelle diverse sessioni nelle quali si è articolato l'incontro sono state trattate tuttavia altri temi molto importanti quali la verifica dei bollettini di previsione, l'elaborazione dei dati, la diffusione delle informazioni e la modellistica di supporto alla previsione.

La consapevolezza che gran parte dell'attività dei servizi di previsione valanghe è orientata alla pratica delle attività del tempo libero (soprattutto lo sci nelle varie specialità) è ormai un dato di fatto. Per questo motivo, su invito del Gruppo di lavoro, Martin Schori della CISA e Michael Larcher dell'OeAV, hanno presentato le aspettative del mondo alpinistico che sono un'informazione differenziata a seconda degli utilizzatori, l'unificazione della scala di pericolo, la necessità di un resoconto settimanale sulla situazione nivometeo, la continuità del servizio anche oltre il periodo tradizionale, l'accesso dei bollettini di previsione anche dall'estero e la disponibilità di un bollettino in lingua inglese. Paul Föhn, dell'Istituto di Davos, ha presentato un interessante sistema per la verifica della previsione (in termine di grado di pericolo, quota ed esposizione) che tiene conto di una serie di elementi quali l'attività degli sciatori fuori dalle piste battute, il

distacco artificiale di valanghe, l'attività valanghiva spontanea, i dati sul manto nevoso (profili) e i risultati delle prove con il blocco di slittamento.

Anselmo Cagnati, del Centro Valanghe di Arabba, ha presentato alcuni esempi di informazione nivometeo differenziata (Bollettino di analisi nivometeorologica, diffusione delle informazioni via calcolatore) facendo il punto sulla situazione esistente in Italia nel campo della diffusione delle informazioni. Eric Brun, del CEN di Grenoble, ha fatto una panoramica sull'impiego dei modelli a supporto della previsione nei vari paesi; il risultato di questa indagine ha mostrato che il ricorso alla modellistica, anche nel campo operativo, è sempre più frequente e diffuso ovunque e che i modelli che incontrano i maggiori favori sono quelli analogici (es. prossimo vicino). E' tuttavia emerso molto chiaramente che, per la complessità dei processi che determinano una situazione valanghiva e per il grande numero delle variabili in gioco, molto resta ancora da fare in questo campo.

Jochen Kerkmann, del Centro Valanghe di Arabba, ha presentato una serie di programmi al calcolatore impiegati dai servizi valanghe italiani per l'archiviazione, elaborazione e presentazione dei dati (Marte, Alfameteo ecc.) riscuotendo l'interesse dei partecipanti a conferma che l'Italia, in questo particolare settore, è notevolmente avanzata.

L'incontro si è infine concluso discutendo la connotazione giuridica del Gruppo di lavoro e in particolare sono stati valutati gli

aspetti positivi (possibilità di finanziamenti) e negativi (maggiore burocratizzazione) di un eventuale riconoscimento da parte della CEE. La Svizzera è stata inoltre proposta per il coordinamento del gruppo ed ha accettato l'incarico con l'impegno di organizzare il prossimo incontro nella primavera del 1985. Anche a nome dell'AINEVA sento l'esigenza di rivolgere un plauso particolare a Eckhard Deisenhofer e Bernhard Zenke del Servizio valanghe bavarese, non solo per la perfetta organizzazione dell'incontro, ma anche per la preziosa opera di mediazione svolta in precedenza e che ha consentito l'avvicinamento delle posizioni dei vari paesi sulla importante questione della scala di pericolo portando allo storico risultato di una scala unificata.

(Anselmo Cagnati)

NASCE "IL BOLLETTINO METEOINFORMA" TRIMESTRALE DELLA REGIONE PIEMONTE

Da quest'anno il Servizio Prevenzione Meteoidrografica e Reti di Monitoraggio del Settore Geologico della Regione Piemonte realizzerà un Bollettino di informazione sull'andamento meteorologico regionale rivolto a tutti gli appassionati di meteorologia e nivologia. Il Bollettino Meteoinforma contiene la descrizione della situazione meteorologica generale dei tre mesi considerati, con particolare riferimento ai fenomeni di precipitazione e di temperatura; dà le indicazioni generali relative alla circolazione delle masse d'aria nell'area europeo-atlantica

ed illustra gli episodi meteorologici caratteristici della stagione.

Per i fenomeni più interessanti riporta il quadro della circolazione sinottica, la fotografia da satellite ed i grafici relativi all'andamento dei parametri significativi.

Fornisce, inoltre, informazioni sintetiche sul tempo a Torino ed in montagna ed il quadro generale della situazione termopluviometrica nel territorio regionale.

I dati di base provengono dalle stazioni automatiche della rete meteorologica della Regione Piemonte; le carte meteorologiche sono tratte dall'Europaischer Wetterbericht.

Meteoinforma esce ogni tre mesi e viene diffuso gratuitamente a tutti gli interessati.

Chi desiderasse riceverlo può farne richiesta al Servizio Meteoidrografico presso il CSI Piemonte - C.so Unione Sovietica 216 - 10134 - Torino tel. (011) 31.80.940 fax. (011) 31.81.709

specificando la professione e la società o l'ente di appartenenza.

Meteoinforma



Regione Piemonte

Bollettino meteorologico della Regione Piemonte
 Anno 1 - Numero 1 - Inverno 1982 - 1983

La Regione Piemonte dal 1967 dispone di una rete di stazioni automatiche per il monitoraggio meteorologico. Le 90 stazioni attualmente attive rilevano dati di pressione atmosferica, temperatura, umidità, precipitazioni, radiazione solare, velocità e direzione del vento. I dati vengono acquisiti in tempo reale nella Rete Regionale Reti Naturali alla presenza del CSI Piemonte dove vengono costantemente controllati ed elaborati.

Attualmente la richiesta di informazioni meteorologiche è in forte e progressivo aumento e proviene da operatori di diversi settori: concepisti di benefici, USLA, comuni, comunità montane, studi professionali, ecc.

Al fine di rendere più facilmente disponibili le informazioni raccolte, l'Assessorato alla Difesa del Suolo e Governo delle Risorse Idriche ha realizzato Meteoinforma, un periodico trimestrale che si rivolge a chiunque sia interessato per motivi di studio o di lavoro alla meteorologia regionale. Meteoinforma contiene le descrizioni della situazione meteorologica generale dei tre mesi considerati, con particolare riferimento ai fenomeni di precipitazione e di temperatura; dà le indicazioni generali relative alla circolazione delle masse d'aria nell'area europeo-atlantica ed illustra gli episodi meteorologici caratteristici della stagione. Per i fenomeni più interessanti riporta il quadro della circolazione sinottica, la fotografia da satellite ed i grafici relativi all'andamento dei parametri significativi. Fornisce, inoltre, informazioni sintetiche sul tempo a Torino e in montagna ed il quadro generale della situazione termopluviometrica nel territorio regionale.

Questo numero rappresenta un primo tentativo di ampia informazione sull'argomento ed è suscettibile di cambiamenti e miglioramenti su indicazione dei lettori.

L'ASSESSORE
Prof. Massimo Gatto

1. La rete meteorologica regionale

2. Situazione meteorologica

3. Parametri meteorologici

4. Precipitazioni e temperatura

5. Il tempo a Torino

6. Il tempo in montagna

7. Eventi particolari

Meteoinforma è supplemento a "Quaderno della Giunta regionale del Piemonte" n. 1 del 1983 - Bimestrale - Registrazione Tribunale di Torino n. 4184 del 5.5.80 - Spediziona in abbonamento postale Gruppo NTD - Direttore responsabile: Roberto Sasso

Responsabile del supplemento: Stefano Basso

Hanno collaborato a questo numero: Claudio Marchisio e Elena Turcato

Si ringrazia Jochen Kerkmann per la collaborazione e la rilettura critica

Spediziona in abbonamento postale

ABSTRACT

REGA, 40 YEARS, THE HISTORY AND PROSPECTS OF THE SWISS AIR GUARD

by Gabriella Broggi

The Swiss Air Guard (REGA) is an independent organization for common welfare which is subject to Federal surveillance. Being a member of the Swiss Red Cross, it operates in the respect for humanitarian principles. In all its years of activity, REGA with its airplanes has rescued a number of people, saving them from dangerous situations. Founded in 1952, the REGA rescue service carried out its first air rescue operations using a Hiller 360 helicopter, but it was only in 1957 that the organization bought its first rescue helicopter: a Bell 47 G2 model, which was piloted by Hermann Geiger. Within 1995, REGA will have updated its helicopter fleet for mountain rescue, replacing its Alouette III SA 319 B and the three Bolkow 105 C models with 15 new Agusta A 109 K2 helicopters, which have been customized by the Italian company to meet REGA's specific requirements.

TO THE LIMITS OF KNOWLEDGE

by Werner Munter

The article is extracted from a chapter of the new "Avalanche Manual" written by Werner Munter, a Swiss guide from Bern who has carried out an intense didactic activity within the snow and avalanche field and who boasts remarkable on-site experience. Munter is also the author of a number of articles on snow and avalanches. As Emanuel Wasserman has explained in the December 1991 issue of "Alpinismus", Munter in his "risk analysis", besides taking into account nature, also recognizes that man is a fundamental factor. Munter rightly observes that man is the central element of all the activities aimed at studying the avalanche phenomenon and that this "human potential" has been so far totally ignored in the prevention phase. "In case of doubt, to go or not to go?", Munter asks to himself in his study. First of all, the skier should be aware of the risk, he should know and recognize it. At this point, he is the only responsible for taking it, consciously and freely.

THE NEW UNIFIED SCALE FOR AVALANCHE DANGER CLASSIFICATION

From the 80's all the avalanche services have started using numerical indexes graduated in proper scales in order to define the avalanche danger in the forecast bulletins. Different countries have proposed and adopted various solutions, and this has led to, just in the

alpine countries, the use of four different scales with serious problems for the interpretation and confrontation of the nivometeorological informations, especially for ski tourists who frequently travel from one country to another. After years of debates and negotiations, on the occasion of the 6th international meeting of the avalanche forecast services held in Wildbad Kreuth in Bavaria from 21st to 23rd April 1993, the participating countries Austria, France, Germany, Italy, Spain and Switzerland have finally achieved and agreement on the adoption of a unified scale. The new scale is composed of five degrees of danger and it meets the needs of homogeneity and confrontability of the nivometeorological informations for touristic purposes.

FRANCE - AVALANCHE FORECAST

by Edmond Pahaut

Today, for mountain hikers and skiers it is a natural thing to have available an accurate and reliable avalanche forecast service; yet, they should realize that this is the result of a long and steady evolution. The various instruments implemented and the procedures and techniques adopted in 20 years of activity illustrate the achievements carried out since 1970.

SNOW AT LOCARNO AND THUNDERS IN AIROLO

In dicembre 1991, from the 17th to 28th, the entire alpine region has been affected by a very strong northwesterly flow which caused a severe orographical blocking-situation in the Austrian and Swiss Alps. During this period, in fact, strong precipitations have been recorded in large areas of these countries, whereas in the Italian Alps, due to the above mentioned blocking effect, rain and snowfall has been limited to the most northern areas.

On the 21st and 22nd, however, the strong precipitations extended unexpectedly far on the southern alpine slope leading to extreme weather conditions in certain places. At the same time, a sudden rise in temperature of about 15° C brought rainfall up to a height of 1900-2400 m, and this led to, together with the strong winds and the additional load of the freshly fallen snow, the generation of numerous slab avalanches of considerable dimensions. The unusual weather conditions of these two days and the difficulties in forecasting this event motivated a more detailed study of the meteorological situation. Therefore a large number of data from various alpine countries has been collected and analysed in order to find possible physical explanations for the unusual phenomena. The results show that in case of a strong warm front approaching from north-west strong precipitations are likely to occur on the

northern slope of the Alps but also in regions far south of the main alpine crest, a fact not well known to many meteorologists. On the contrary, the considerations of the last chapter indicate that such an extension is unlikely to occur in case of a cold front.

WINTER TESTING FOR PERMAFROST IDENTIFICATION

by Mauro Guglielmin, Claudio Tellini and Giovanni Peretti

During the winter of the 1992 and 1993, almost 300 BTS (bottom temperature of winter snow cover) measurements were carried out, in Livigno region (Sondrio, Northern Italy). The BTS is a method to map the occurrence of permafrost or buried ice. This method is based on the fact that the surface's temperature of the ground beneath the snow cover at the end of the winter season reflects the amount of heat stored by the ground during the summertime and the Earth heat flow. According to the previous literature values of BTS below -3°C point out the occurrence of permafrost or buried ice, while, temperatures ranging between -1,7 and -3°C suggest a possible but not certain presence. The measurements carried out in the study area have revealed that the presence of permafrost is concentrated in periglacial active forms, and secondly in other types of landforms which scree slope, polygenic talus cones, gelifluxion lobes, etc.

MECHANICAL PROPERTIES OF SNOW

by Jean Pierre Navarre

This study on the mechanical properties of snow will cover the major problems which are of our interest here, namely: snowcover stability, snowdrift, avalanche remote triggering, avalanche dynamics, etc.

Obviously, the present article cannot deal with all these various subjects, but it will simply try to define and quantify the mechanical behaviour of snowcover when subject to stress and/or deformation, which is the main factor for the snowcover slow deformation or fracture.

As regards deformation with no obvious failure (sliding, creep, settlement), the article endeavours to define those rheological laws which govern the interaction between stress, deformation and time, basing on viscous-elastic-plastic models, while taking into account the type of stress and snow.

With respect to sharp failure and deformation with failure, the failure criteria or the ultimate strength (compressive, tensile or shear strength) will be determined according to the type of snow. The mechanical conditions of the snowcover stability/instability will also be analyzed considering its stratification and topographical conditions (potential path or failure lines).

Classificazione
internazionale
della neve
stagionale
presente
al suolo



Redatto da:

Gruppo di lavoro per la classificazione della neve:

Dott. S. Colbeck (responsabile),
USA CRREL 72 Lyme Rd.
Hanover NH 03755-1290 USA

Dott. E. Akitaya
Institute of Low Temperature Science
Hokkaido University Sapporo,
Giappone 060

Dott. J. Lafeuille
Centre d'Etudes de la Neige BP 44
38402 St. Martin d'Heres Francia

Dott. D. McClung
NRCC 3650 Westbrook Mall
Vancouver BC V6S 2L2 Canada

Dott. R. Armstrong
World Data Center CIRES
Campus Box 449 University of Colorado Boulder
CO 80309 USA

Dott. H. Gubler
Eidg. Inst. ffr Schnee-und
Lawinenforschung, CH-7260
Weissfluhjoch/Davos, Svizzera

Dott. K. Lied
Norges Geotekniske Inst. P.O. Box 40
Tasen Oslo 8 Norvegia

Dott.ssa E. Morris
British Antarctic Survey High Cross,
Madingley Road, Cambridge CB3 0ET
Inghilterra

Pubblicato da:

The International Commission on
Snow and Ice (Commissione Interna-
zionale Neve e Ghiaccio)

della

International Association of Scientific
Hydrology (Associazione Internazio-
nale Idrologia Scientifica)

e copubblicato dalla:

International Glaciological Society

Traduzione italiana:

Gruppo di lavoro dei Previsori
dell'A.I.NE.VA.

Prefazione alla traduzione italiana

La traduzione in italiano della pubblicazione "The International Classification for Seasonal Snow on the Ground", curata dal Gruppo di Lavoro Previsori dell'A.I.Ne.VA., s'inserisce tra le iniziative che l'Associazione ha intrapreso ormai da diversi anni per fornire agli addetti ai lavori o a chi semplicemente nutre interesse per la materia, una possibilità di aggiornamento su temi di base per lo studio delle caratteristiche fisiche della neve.

L'autorità scientifica del testo è sottolineata dall'importanza a livello internazionale che rivestono nel campo dell'idrologia e della glaciologia i due organismi scientifici che ne hanno curato la pubblicazione. la chiarezza dei concetti in essa espressi ed il rigore metodologico con cui la classificazione è stata creata ne permetteranno sicuramente una facile e proficua applicazione anche in Italia.

**Il Coordinatore A.I.NE.VA.
(Dott. Vincenzo Cocco)**

Prefazione

Nel 1985 l'International Commission on Snow and ICE (ICSI), Commissione Internazionale su Neve e Ghiaccio, istituì un team di lavoro per la classificazione della neve, con l'obiettivo di aggiornare la classificazione precedente "Snow on the ground", ormai datata. Dopo parecchi anni di discussioni sulle diverse esigenze, il gruppo di lavoro, che si avvaleva della collaborazione di numerosi studiosi di tutto il mondo, giunse all'elaborazione di un sistema di classificazione oggi approvato in gran parte del mondo. Dopo un lungo e complesso periodo di raccolta e sintesi dei dati forniti dai vari Paesi e studiosi, abbiamo avuto la fortuna di vedere pubblicato questo documento grazie all'opera del World Data Center A for Glaciology e del CRREL.

Da parte dell'ICSI, vorrei innanzi tutto ringraziare il Dott. S. Colbeck, responsabile del team di lavoro, il quale ha

profuso il massimo impegno nell'organizzare ed aggiornare il lavoro dell'ICSI e che ha reso possibile la pubblicazione del presente studio tramite il CRREL, e così pure gli altri membri del gruppo di lavoro: Dott. E. Akitaya, Dott. R. Armstrong, Dott. H. Gubler, Dott. J. Lafeuille, Dott. K. Lied, Dott. D. McClung e la Dott.ssa E. Morris per il prezioso contributo da loro dato a questo importante lavoro.

**V.M. Kotlyakov
Presidente dell'ICSI**

Ringraziamenti

Probabilmente non è possibile offrire un sistema di classificazione che possa pienamente soddisfare i vari utenti in tutto il mondo, eppure, dopo molti anni di lavoro noi siamo riusciti ad elaborare un metodo che rappresenta un importante passo in avanti. Speriamo dunque con questo di essere riusciti a rispondere alle esigenze di gran parte degli utenti, mettendo a loro disposizione un sistema veramente efficace. Voglio ringraziare tutti coloro che hanno collaborato alla ricerca di un metodo che non si basa solo sulla morfologia ma che tiene conto anche dei principali fenomeni fisici così come noi li conosciamo.

Tra i membri del gruppo, vorrei ringraziare in particolare il Dott. H. Gubler per aver provveduto alla prima stesura del documento, e quindi gli altri membri per le loro osservazioni relative alle molte stesure successive. Il lavoro riporta pure i nomi e gli indirizzi dei membri del gruppo di lavoro, in modo da offrire la possibilità di contattarli per avere ulteriori informazioni. Molte sono le persone all'esterno del nostro gruppo che ci hanno fornito il loro appoggio morale, oltre a preziosi suggerimenti. Tra questi occorre citare il Dott. J. Montagne e il Dott. S. Custer, i quali originariamente avrebbero dovuto far parte del gruppo. Anche lo staff dell'Istituto Federale Svizzero per lo studio della neve e delle valanghe ha mostrato grande interesse per il nostro progetto ed ha contribuito in molti modi. Molte altre persone hanno collaborato, offrendo preziosi suggerimenti mirati a migliorare il sistema da noi elaborato, oppure riportando osservazioni su come il nuovo metodo influirà sulle loro ricerche. Eric Brun ha tradotto il dizionario in francese mentre Stig Jonason lo ha tradotto in svedese. Il presente studio è stato pubblicato e diffuso grazie ai fondi dell'International Standardization messi a disposizione dal CRREL. I miei ringraziamenti vanno anche al Dott. R. Armstrong per aver reso possibile tutto questo tramite il World Data Center A for Glaciology di Boulder (Colorado) e a D. Cate per aver curato l'edizione dello studio presso il CRREL.

**Samuel C. Colbeck
Presidente**

Classificazione internazionale della neve stagionale presente al suolo

S. Colbeck, E. Akitaya, R. Armstrong, H. Gubler, J. Lafeuille, K. Lied, D. McClung e E. Morris

Introduzione

Nel 1954, l'International Commission of Snow and Ice (Commissione Internazionale Neve e Ghiaccio) pubblicò uno studio relativo alla classificazione della neve al suolo (documento tecnico No. 31, Associate Committee on Soil and Snow Mechanics, National Research Council, Ottawa, Canada). Questo studio è stato in seguito ampiamente utilizzato come standard per descrivere le principali caratteristiche della neve stagionale ed inoltre viene spesso citato in quei lavori che richiedono un linguaggio in termini comuni. Più recentemente sono stati elaborati ed impiegati altri sistemi, questo grazie, in parte, alle maggiori conoscenze riguardo alla formazione dei cristalli di neve e alla trasformazione dei metodi di osservazione. Poiché le procedure impiegate erano molto diverse da Paese a Paese, si rendevano assolutamente indispensabili un consolidamento e aggiornamento dei dati prima di procedere alla pubblicazione di un metodo che potesse essere accettato su scala mondiale.

Nel 1985 venne istituita una nuova Commissione di studio che aveva il compito di aggiornare la classificazione internazionale esistente con i risultati delle ultime ricerche, cercando di adattare le nuove indicazioni ai diversi metodi più o meno simili oggi in uso nei vari Paesi. In particolare, la commissione ha cercato di soddisfare le esigenze dei vari gruppi di utenti che lavorano sulla neve stagionale: sicurezza inerente il rischio di valanghe, idrologia della neve, telerilevamento di dati relativi al manto nevoso stagionale, meccanica della neve, ricerca sulle proprietà fisiche della neve, compreso il metamorfismo.

Un'importante caratteristica dello studio sta nel fatto che la classificazione è stata elaborata come una struttura di base che può essere ampliata o ridotta a piacere, a seconda delle esigenze di qualsiasi gruppo, dagli scienziati agli sciatori. Inoltre, il presente lavoro è stato pensato in modo che molte osservazioni possano essere fatte sia con l'ausilio di semplici strumenti che con mezzi visivi.

Poiché i due metodi sono fondamentalmente paralleli, le misurazioni e le osservazioni visive possono essere integrate allo scopo di ottenere il grado di precisione richiesto per qualsiasi tipo di lavoro.

La classificazione morfologica delle forme dei grani è stata completata con un lavoro di classificazione basata sui processi di formazione, che contiene alcune osservazioni sui fenomeni fisici coinvolti. Nel corso di varie discussioni è stato deciso che gli utenti possono essere suddivisi in due gruppi, un gruppo che classifica unicamente in base a criteri morfologici ed un secondo gruppo che si serve sempre di considerazioni orientate ai processi di formazione della neve.

Si è inoltre cercato di stabilire un metodo di classificazione esclusivamente morfologica e più strutturata, a forma d'albero, ma finora tutti i tentativi in questo senso sono clamorosamente falliti. Inoltre, la maggior parte degli utenti non sembra accettare questi tentativi. La richiesta di utilizzare i parametri provenienti dalle analisi automatiche della tessitura non è stata accettata a causa della mancanza di una serie di definizioni di parametri standard inconfondibili.

Il materiale è stato distribuito in due sezioni e in varie appendici. Sono stati poi definiti simboli alfanumerici e grafici allo scopo di consentire una semplice descrizione dei vari tipi di neve. I simboli alfanumerici contenuti nella classificazione dei grani di neve sono diversi da quelli utilizzati nel lavoro del 1954. Sono stati aggiunti alcuni simboli grafici, in modo da adattare la presente classificazione all'uso pratico. Vengono usate due simbologie alfanumeriche parallele. La prima suddivide semplicemente la classificazione in a, b, c, ... mentre l'altra utilizza le iniziali dei termini inglesi, p.e. "dh", che sta per "depth hoar" (brina di profondità). Si possono utilizzare entrambi i metodi, dal momento che essi sono equivalenti.

Il paragrafo 1, relativo alla neve al suolo, descrive le precipitazioni solide, intese come particelle di neve depositate da poco. Per quanto riguarda la classificazione della neve in caduta, ci si può servire dei metodi internazionalmente riconosciuti ogniquale volta siano necessari maggiori dettagli. Il paragrafo 1 tratta, inoltre, le caratteristiche fondamentali che determinano le proprietà fisiche di una massa di neve e che aiutano a distinguere un tipo di neve dall'altro. Questo paragrafo tratta punti come: la neve caduta da poco, i depositi in superficie, la brina e la galaverna. Il paragrafo 2 illustra invece le altre misurazioni eseguite sul manto nevoso, tra cui le caratteristiche di superficie. Le appendici comprendono una lista di simboli (A), un

riepilogo delle definizioni dei termini (B), un dizionario dei termini multilingue (C), un esempio di rappresentazione grafica di un profilo del manto nevoso (D), ed infine una serie di fotografie che sono di valido aiuto agli utenti per classificare la neve (E).

I. Caratteristiche della neve al suolo

Un manto nevoso è generalmente costituito da strati di diversi tipi di neve, ognuno dei quali caratterizzato da un grado di omogeneità maggiore o minore nell'ambito dei suoi limiti. Questo paragrafo illustra la classificazione della neve per ognuno degli strati. Dei casi di eterogenità si verificano invariabilmente su larga scala e si possono avere anche all'interno dei singoli strati per varie cause, tra cui presenza di canali verticali, azione del vento, oppure disturbi provocati dalla neve che cade dagli alberi. Queste caratteristiche possono essere prese in esame classificando separatamente i tipi di grani all'interno delle aree dove esistono i disturbi ed inoltre facendo una descrizione della portata e della forma del disturbo. Vengono inoltre descritti tre tipi di corpi di ghiaccio comunemente presenti nel manto nevoso: strati orizzontali, canali verticali e ghiaccio basale.

La neve è molto porosa e talvolta contiene acqua in forma liquida. In genere quindi la neve può essere considerata come una miscela di ghiaccio, aria e acqua. Il ghiaccio è presente in forma di cristalli e grani di solito legati assieme in modo da formare una tessitura caratterizzata da un certo grado di resistenza. Le proprietà fisiche di una massa di neve, come quelle di molti altri materiali, dipendono dalla dimensione dei grani, dalla temperatura e dalle quantità relative dei suoi componenti. Le principali distinzioni tra i vari tipi di neve al suolo si basano sulle caratteristiche fisiche. La tabella 1 riporta gli standard proposti nello studio. I termini utilizzati in questa tabella sono definiti nell'Appendice B.

Tab. 1: Caratteristiche fisiche primarie della neve al suolo

<i>Proprietà</i>	<i>Unità di misura</i>	<i>Simbolo</i>
Densità	kg/m ³	ρ
Forma del grano	(vedi tab. 2)	F
Dimensione dei grani, massima estensione	mm	E
Contenuto in acqua liquida	% per volume (tab. 4)	θ
Impurità	% per il peso	J
Resistenza (alla compressione, trazione al taglio)	Pa	Σ
Indice di durezza	a seconda dello strumento	R
Temperatura della neve	°C	T

Densità

Simbolo generale: ρ

La densità è definita dalla massa dell'unità di volume.

La massa viene normalmente definita pesando la neve corrispondente a un volume conosciuto. Talvolta vengono misurate a parte la densità totale e la densità secca o del ghiaccio.

Forma dei grani

Simbolo generale: F

La classificazione morfologica dei grani riportata nella tabella 2 (inclusa in forma di pieghevole in appendice al presente studio) è completata da una classificazione basata sul processo di formazione, oltre che da alcune osservazioni relative ai principali fenomeni fisici coinvolti. Questa rappresentazione, fianco a fianco, dei due tipi di classificazione dovrebbe essere di aiuto ai vari gruppi di utenti nel realizzare una classificazione più affidabile ed una più semplice interpretazione fisica delle loro osservazioni.

Per la classificazione della forma dei grani, i numeri dall'1 al 9 vengono usati per definire i grani di base, mentre le lettere a, b, ecc. vengono utilizzate per indicare le sottoclassificazioni corrispondenti. E' inoltre prevista una serie alternativa di lettere (p.e. dh o mf) per coloro che preferiscono adottare una simbologia che rimandi al corrispondente termine inglese. I due gruppi di simboli sono comunque equivalenti. Se si ha a che fare con miscugli di grani, allora le percentuali dei vari tipi di grani possono essere espresse in decimi, ad esempio 8F2aE0.5 e 2F1cE1.0, dove il primo numero è la frazione, Fxx indica la forma e Exx indica la dimensione dei grani. I simboli grafici dei vari tipi di grani possono essere separati da virgole oppure, nel caso sia possibile identificare una transizione metamorfica tra i vari tipi, per mezzo di frecce che indicano la direzione di transizione.

Altri termini possono essere utilizzati allo scopo di perfezionare la descrizione dei grani. Esempi di questi vengono raggruppati più sotto ed inoltre si possono trovare nell'Appendice E, che contiene le fotografie:

- Aspetto generale: pieno, cavo, spezzettato, abraso, parzialmente sciolto, arrotondato, spigoloso;

- Superficie dei grani: facce arrotondate, a gradini o striate, ricoperte di brina;
- Legami tra i grani: legati, non legati, dimensioni del legame, a grappoli, indice di coordinazione (numero dei legami per granulo), tessitura orientata, disposizione in colonne.

Dimensione dei grani

Simbolo generale: *E*

La dimensione dei grani di una massa nevosa più o meno omogenea è data dalla dimensione media dei suoi grani caratteristici. Nel caso vi sia una mescolanza di diversi tipi di grani di dimensioni diverse, è possibile definire singolarmente le varie categorie. La dimensione di un granulo o di una particella è data dalla misura in millimetri della sua maggior estensione.

A seconda delle applicazioni sono possibili anche altre definizioni, ma queste devono essere fissate con chiarezza. Un semplice metodo adatto per le misurazioni sul terreno consiste nel collocare un campione dei grani su di una tavoletta graduata in millimetri. La dimensione dei grani viene determinata confrontando le dimensioni del granulo con la spaziatura delle righe sulla tavoletta. I risultati così ottenuti possono essere diversi da quelli ottenuti tramite vagliatura o stereologia. Alcuni utenti saranno quindi costretti a specificare l'estensione o la distribuzione delle dimensioni dei grani.

La dimensione dei grani della neve al suolo viene espressa in millimetri oppure per mezzo dei termini riportati nella tabella 3. Una dimensione di 1 mm viene classificata come E1.0.

Tab. 3: Dimensione dei grani

<i>Termine</i>	<i>Dimensione (mm)</i>
Molto piccola	< 0,2
Piccola	0,2-0,5
Media	0,5-1,0
Grande	1,0-2,0
Molto grande	2,0-5,0
Estrema	> 5,0

Contenuto in acqua liquida

Simbolo generale: *θ*

I valori di misurazione del contenuto in acqua liquida, o umidità, vengono espressi come una percentuale del volume, il che solitamente richiede la misurazione a parte della densità. Oggi sono in uso diversi metodi per la misurazione sul terreno del contenuto in acqua liquida: calorimetria a caldo (fusione) e a freddo (rigelo), diluizione e misurazioni dielettriche.

La tabella 4 riporta una classificazione generale del contenuto in acqua liquida.

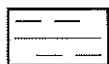
L'acqua liquida diventa fluida solo se viene superato il contenuto d'acqua capillare. Questo valore rappresenta il 3% circa del volume e dipende molto dalla tessitura della neve, dalla dimensione dei grani e dalla forma dei grani. L'acqua capillare è l'acqua che può essere trattenuta dalle forze di superficie contro la forza di gravità.

Impurità

Simbolo generale: *J*

Questo sottoparagrafo è stato incluso nella nostra classificazione appositamente per quei casi in cui il genere e la quantità di impurità vanno ad influire sulle caratteristiche fisiche della neve. In questi casi è consigliabile descrivere dettagliatamente il tipo di impurità, oltre a calcolarne il peso in percentuale. Tra le impurità più comuni vi sono polvere, sabbia, materiali organici e solubili. Quantità molto limitate di impurità non influiscono di molto sulle proprietà fisiche della neve, ma sono di notevole interesse idrologico ed ambientale. Queste quantità vengono solitamente fornite in parti per milione secondo il peso (p.e. gli acidi).

Il simbolo grafico delle impurità è:



Tab. 4: Contenuto in acqua liquida

<i>Termine</i>	<i>Note</i>	<i>Gamma di θ appross.</i>	<i>Simbolo grafico</i>
Asciutta	La T è solitamente inferiore a 0°C, ma si può avere neve asciutta fino a 0°C. I grani di neve separati hanno scarsa tendenza ad unirsi quando vengono pressati come per fare una palla di neve	0%	
Umida	T=0°C. L'acqua non è visibile nemmeno con ingrandimento 10x. Quando viene leggermente schiacciata, la neve ha una netta tendenza a restare unita	< 3%	
Bagnata	T=0°C. L'acqua è riconoscibile con ingrandimento 10x tramite il suo menisco tra i grani di neve contigui; non è comunque possibile estrarre l'acqua schiacciando moderatamente la neve tra le mani (regime pendolare)	3-8%	
Molto bagnata	T=0°C. L'acqua si può estrarre premendo moderatamente la neve; vi è però ancora una certa quantità d'aria all'interno dei pori (regime funiforme)	8-15%	
Fradicia	T=0°C. La neve è impregnata d'acqua e contiene una quantità d'aria relativamente limitata	> 15%	

Resistenza della neve

Simbolo generale: Σ

La resistenza della neve dipende dallo stato di sollecitazione (per compressione, trazione o taglio), dalla velocità di sollecitazione, dalla deformazione e dalla velocità di deformazione. Inoltre, la resistenza dipende anche dal volume del campione, poiché la neve non è omogenea. Affinché le misurazioni siano significative, è indispensabile tener conto di tutti questi parametri. Inoltre, i tipi di resistenza devono essere precisati, come duttile, per frattura fragile o la massima resistenza a basse velocità di deformazione.

La deformazione è adimensionale. Le unità di misura sono s^{-1} (velocità di deformazione), Pa (sollecitazione) e $Pa \cdot s^{-1}$ (velocità di sollecitazione).

Durezza della neve

Simbolo generale: R

I valori di misurazione della durezza sono soggettivi ed offrono un valore indicativo che dipende dallo strumento; questo deve quindi essere specificato. Uno strumento ampiamente approvato è la sonda a percussione svizzera (angolo della punta del cono: 60° , diametro di base: 40 mm; peso del tubo: 10 N/m; peso del martello: 10 N). La durezza viene misurata in newton e può essere classificata come indicato nella tabella 5, che considera sia la sonda a percussione svizzera che il test della mano comunemente utilizzato. In quest'ultimo test, oggetti di varie dimensioni vengono spinti delicatamente nella neve applicando una forza di penetrazione di circa 50 N, cosa che viene facilmente eseguita con una mano.

Tab. 5: Durezza della neve al suolo

<i>Termine</i>	<i>Sonda a percussione (N)</i>	<i>Ordine di grandezza della forza (Pa)</i>	<i>Test della mano</i>	<i>Simbolo</i>	<i>Simbolo grafico</i>
Molto bassa	0-20	$0-10^3$	pugno	R1	
Bassa	20-150	10^3-10^4	4 dita	R2	
Media	150-500	10^4-10^5	1 dito	R3	
Alta	500-1000	10^5-10^6	matita	R4	
Molto alta	> 1000	> 10^6	lama coltello	R5	
Ghiaccio				R6	

Temperatura della neve

Simbolo generale: T

La temperatura della neve deve essere fornita in $^\circ C$. A volte può essere consigliabile registrare altre temperature collegate; questi sono i simboli suggeriti delle temperature più comuni:

Temperatura	T
Temperatura dell'aria a 1,5 metri	T_a
Temperatura della superficie nevosa	T_s
Temperatura del terreno	T_g
Temperatura del manto nevoso all'altezza H (m)	
sopra il terreno	$TH0.5$
o sotto la superficie	$TH-0.5$

Spessore degli strati

Simbolo generale: L

Conoscere lo spessore degli strati nevosi è solitamente un'informazione di primaria importanza e, nel caso di strati di forma lenticolare, anche la sua dimensione laterale.

Il diametro e la spaziatura fra le strutture colonnari sono fattori essenziali per la descrizione degli strati. Per maggiore comodità è consentito l'utilizzo dei centimetri al posto del sistema SI di unità per la misurazione di grandezze come lo spessore e la profondità.

II. Altre misurazioni sulla neve al suolo

Il profilo di un manto nevoso può essere descritto classificando la neve presente in ogni strato, compresa la superficie, come specificato nella Sezione I. La tabella 6 riporta alcune delle misurazioni principali.

Inoltre, dovrebbero essere fornite le ubicazioni dei limiti degli strati relativi all'interfaccia neve/terreno.

L'ubicazione viene generalmente definita in base alla sua distanza verticale dalla superficie del terreno; nel caso in cui sia difficile utilizzare il terreno come punto di riferimento, viene considerata la superficie del manto nevoso.

Questo dovrebbe essere indicato utilizzando valori di coordinata negativi.

Per tutte le misurazioni verticali si dovrebbero utilizzare i simboli H, HS e HN, indipendentemente dal fatto che le misurazioni siano state o meno effettuate in un punto dove la superficie nevosa è orizzontale o inclinata. Talvolta è preferibile ricorrere alle misurazioni verticali, anche quando la neve giace su un pendio. Tuttavia, se le misurazioni eseguite sono perpendicolari ad una superficie nevosa inclinata, questo dovrebbe essere indicato utilizzando i corrispondenti simboli D, DS e DN.

Tab. 6: Misurazioni del manto nevoso

<i>Termine</i>	<i>Dimens.</i>	<i>Simb.</i>
Coordinate verticali (misurate a partire dal terreno)	cm	<i>H</i>
Altezza totale manto nevoso	cm	<i>HS</i>
Altezza della neve fresca caduta in un giorno	cm	<i>HN</i>
Misurazioni corrispondenti a quelle di qui sopra ma eseguite perpendicolarmente ad un manto nevoso inclinato	cm	<i>D</i> <i>DS</i> <i>DN</i>
Inclinazione di uno strato di neve o del terreno	gradi	Ψ
Esposizione di un pendio innevato	gradi	<i>AS</i>
Rugosità superficiale		<i>S</i>
Penetrabilità degli strati di neve in superficie		<i>P</i>
Equivalente in acqua del manto nevoso	mm	<i>HSW</i>
Equivalente in acqua di uno strato di neve	mm	<i>HW</i>
Equivalente in acqua di uno strato di neve fresca	mm	<i>HNW</i>
Rapporto area innevata/area totale	decimi	<i>Q</i>
Età del deposito nevoso	ore, giorni, anni	<i>A</i>

Rugosità superficiale

Simbolo generale: *S*

Questo sottoparagrafo non tratta la rugosità dovuta alla natura granulare della neve, ma la rugosità della superficie nevosa causata da vento, pioggia, evaporazione o fusioni irregolari. La profondità media delle irregolarità, che viene misurata in millimetri, può essere associata al relativo simbolo, ad esempio *Sc15*. Anche la lunghezza d'onda e l'esposizione possono essere elementi d'interesse. La tabella 7 riporta i vari tipi di rugosità.

Tab. 7: Rugosità superficiale

<i>Termine</i>	<i>Simbolo</i>	<i>Simbolo grafico</i>
Liscia	<i>Sa</i>	
Ondulata	<i>Sb</i>	
Solchi concavi	<i>Sc</i>	
Solchi convessi	<i>Sd</i>	
Solchi irregolari	<i>Se</i>	

Penetrabilità (Capacità della superficie nevosa di sopportare compressioni)**Simbolo generale:** *P*

A volte può rivelarsi necessario avere un'indicazione approssimativa della capacità del manto nevoso di sopportare in modo soddisfacente un certo carico. A questo scopo può essere utile conoscere la profondità di penetrazione in millimetri di alcuni oggetti, ad esempio uno sci o un piede. A questo riguardo vengono suggeriti i simboli seguenti:

- Profondità della traccia dello sci (sciatore su uno sci): *PS*
- Profondità dell'impronta (persona che poggia su un piede solo): *PP*
- Profondità di penetrazione di una sonda a percussione svizzera (il primo elemento entra con il proprio peso): *PR*

Equivalente in acqua**Simbolo generale:** *HW*

Per equivalente in acqua si intende l'altezza dell'acqua formata da una massa nevosa completamente fusa, misurata in millimetri su una corrispondente superficie orizzontale.

Esposizione**Simbolo generale:** *AS*

Collocazione del pendio rispetto ai punti cardinali, si esprime con l'angolo azimutale in due cifre, p.e. 09 per l'est, 18 per il sud, 27 per l'ovest o 36 per il nord.

Appendice A: Lista dei simboli

<i>Simbolo</i>	<i>Descrizione</i>	<i>Unità</i>
<i>A</i>	Età del deposito di neve (ore, giorni, anni)	h, d, y
<i>AS</i>	Esposizione del pendio innevato (gradi)	deg
<i>D</i>	Coordinata perpendicolare al pendio	cm, m
<i>DN</i>	Spessore della neve fresca perpendicolare al pendio	cm, m
<i>DS</i>	Spessore della neve perpendicolare al pendio	cm, m
<i>E</i>	Dimensione dei grani	mm
<i>F</i>	Forma dei grani	
<i>F1a...F9e</i>	Classificazione delle forme dei grani	
<i>H</i>	Coordinata verticale dal terreno	cm, m
<i>HN</i>	Altezza della neve fresca (giornaliera)	cm, m
<i>HNW</i>	Equivalente in acqua dello strato di neve fresca	mm
<i>HS</i>	Profondità totale del manto nevoso	cm, m
<i>HSW</i>	Equivalente in acqua del manto nevoso	mm
<i>HW</i>	Equivalente in acqua di uno strato	mm
<i>J</i>	Impurità	%, ppm (entrambi in peso)
<i>L</i>	Spessore di uno strato	mm, cm, m
<i>P</i>	Penetrabilità	mm
<i>PP</i>	Profondità dell'impronta	mm
<i>PR</i>	Profondità di penetrazione della sonda a percussione	mm
<i>PS</i>	Profondità di penetrazione della traccia di uno sci	mm
<i>Q</i>	Superficie innevata (decimi)	tenths
<i>R</i>	Indice della durezza	N
<i>R1...R6</i>	Classificazione della durezza	
<i>S</i>	Rugosità della superficie nevosa	mm
<i>Sa...Se</i>	Classificazione della rugosità superficiale	
<i>T</i>	Temperatura della neve	°C
<i>Ta</i>	Temperatura dell'aria	°C
<i>Tg</i>	Temperatura del terreno	°C
<i>TH</i>	Temperatura manto nevoso ad altezza H (m) (cioè TH0.5 indica la temperatura della neve a 0,5 metri di altezza dal terreno)	°C
<i>Ts</i>	Temperatura della superficie nevosa	°C
<i>Ψ</i>	Inclinazione (gradi)	deg
<i>ε</i>	Deformazione	
<i>θ</i>	Contenuto in acqua liquida	% (in volume)
<i>ρ</i>	Densità	kg/m ³
<i>σ</i>	Sollecitazione	Pa
<i>Σ</i>	Resistenza	Pa

Appendice B: Definizioni

Abraso:	Arrotondato meccanicamente mediante interazione con altre particelle nello strato di saltazione
Acqua liquida:	Tutta l'acqua allo stato liquido; a volte anche chiamata acqua allo stato libero.
Calorimetria:	Metodo per determinare la quantità di calore necessaria a gelare il contenuto in acqua liquida o a fondere parte di ghiaccio presente nella neve; viene utilizzata per determinare il contenuto in acqua liquida
Classificazione in base ai processi:	Classificazione che tiene conto dei più importanti processi fisici responsabili della forma dei grani.
Classificazione morfologica:	Classificazione della forma dei singoli grani.
Colonne verticali:	Colonne verticali di ghiaccio formate da acqua di percolazione.
Contenuto di liquido capillare:	Il contenuto di liquido trattenuto per mezzo della capillarità contro la forza di gravità.
Cristallo:	Solido i cui atomi o molecole presentano una disposizione regolarmente ripetuta che può esprimersi all'esterno attraverso facce piane
Crosta:	Strato duro e solitamente sottile costituito da uno o più tipi di grani nel suo spessore oppure da materiale uniforme e ben legato
Crosta da sole:	Uno strato duro e sottile formato da cristalli rigelati a seguito di fusione superficiale.
Densità:	Massa dell'unità di volume
Dimensione:	Le dimensioni massime di un granulo o di una particella, misurate in millimetri.
Durezza:	La resistenza alla penetrazione di un oggetto nella neve.
Esposizione:	L'esposizione del terreno così come indicata dalla collocazione del pendio rispetto ai punti cardinali
Firnspiegel:	Lastra di ghiaccio sottile e trasparente che si forma sulla neve per assorbimento della luce solare nelle giornate limpide e fredde; dà come effetto una riflessione lucente e speculare del sole.
Forma in equilibrio:	La forma (solitamente arrotondata) che si ha in seguito a nessuna o a lenta crescita.
Forme di crescita cinetica:	Forme sfaccettate causate da una rapida crescita.
Ghiaccio:	Cristalli di ghiaccio legati tra di loro, con pori isolati ed una densità superiore a circa 830 kg/m ³ .
Grano, particella:	La più piccola sottounità caratteristica nella tessitura della neve riconoscibile con una lente d'ingrandimento tascabile (es. 10 x); può essere costituita da uno o più cristalli di ghiaccio.
Legame dei grani:	Interconnessione tra i grani, di solito a forma di collo e stretta.
Metodo della diluizione:	Metodo per determinare il contenuto in acqua liquida della neve basato sulla riduzione di concentrazione quando la neve viene aggiunta ad una soluzione acquosa.
Neve fradicia:	Neve inzuppata d'acqua e che quindi presenta una resistenza molto bassa.
Penetrabilità:	La profondità di penetrazione di un oggetto nel manto nevoso.
Precipitazione solida:	I vari tipi di particelle di acqua solida che si sviluppano nell'atmosfera e cadono verso la terra, ad esempio i cristalli di neve o i grani di ghiaccio, comprese le particelle depositatesi da poco e che non hanno subito mutazioni percettibili in seguito al deposito sul terreno; nel caso esistano chiare differenze morfologiche tra le particelle in caduta e quelle depositate, il termine si riferisce alla precipitazione ancora nell'aria.
Regime funicolare:	Condizione di elevato contenuto in acqua liquida nella quale il liquido è presente in percorsi continui; i legami da granulo a granulo sono deboli.
Regime pendolare:	La condizione di basso contenuto di acqua liquida dove l'aria è presente in percorsi continui; i legami tra grano e grano danno resistenza.
Rugosità superficiale:	La forma e la profondità media delle irregolarità presenti sulla superficie della neve.
Sfaccettatura:	Faccia del cristallo o superficie piana di un cristallo; manifestazione esterna di un ordine interno.
Sinterizzazione:	Il processo di formazione dei legami nella neve.
Stato della neve:	La neve caratterizzata da proprietà come: contenuto in acqua liquida, temperatura, impurità e durezza.
Strato:	Uno strato di neve diverso almeno in un aspetto dagli strati superiori e inferiori.
Strato di ghiaccio:	Grani di neve che si sono gelati insieme per formare una massa dura che può ancora essere permeabile.
Striatura:	Gradini di crescita facilmente riconoscibili sulle facce o superfici dei cristalli.
Strumenti dielettrici:	Strumenti che sfruttano le proprietà dielettriche della neve per stabilire il contenuto in acqua liquida attraverso le misurazioni della capacità e della densità.
Struttura:	Stratificazione o stratigrafia della neve, solitamente osservata in buche scavate nella neve.
Superficie specifica:	La superficie per la massa unitaria di un campione di neve.
Tessitura:	La relazione intergranulare; la dimensione; la forma e la disposizione dei grani osservati con una lente d'ingrandimento tascabile.
Tipo di neve:	La neve è caratterizzata secondo tessitura e densità.

APPENDICE C: LISTA MULTILINGUE DEI TERMINI

Inglese	Italiano	Tedesco	Francese	Svedese	Russo
abraded	abraso	abgeschliffen	abrasé	avslipad	корродированный
air	aria	Luft	air	luft	воздух, воздушный
airborne	nell'aria	in der Luft schwebend	dans l'air	luftburen	с воздуха (наблюдения)
alphanumeric	alfanumerico	alphanumerisch	alphanumérique	alfanumerisk	аналогоцифровой
atom	atomo	Atom	atome	atom	атом
avalanche safety	sicurezza dalle le valanghe	Lawinensicherheit	securité contre les avalanches	lavinssäkerhet	лавинная защищенность, безопасность
bond size	dimensione dei legami	Bindungsdurchmesser	taille des ponts	bindningsstorlek	размер контакта, связи
bonded	legato	gebunden	soudés	bunden	связанный
brittle	fragile	spröd	fragile	spröd	хрупкий, ломкий
broken	spezzato	zerbrochen	brisé	bruten	сломанный, разрушенный
classification	classificazione	Klassifikation	classification	Klassificering	классификация
clustered	a grappoli	in Gruppen	en grappes	samlad	аггрегированный
coarse	grassolano	grob	gros	grov	грубый, необработанный; крупнозернистый
column	colonna	Saule	colonne	pelare	колонка; столбик (снежинка)
compressive	in compressione	unter Druck	en compression	kompressiv	сжимающий
concave furrows	solchi concavi	konkave Furchen	sillons concaves	konkava färor	вогнутые формы микрорельефа (бороздки)
convex furrows	solchi convessi	konvexe Furchen	sillons convexes	konvexa färor	выпуклые формы микрорельефа
coordination number	numero di coordinazione	Koordinationszahl	nombre de coordination	koordinationsstal	координационное число
crust	crosta	Kruste	croûte	skorpa, skare	корка
crystal	cristallo	Kristall	cristal	kristall	кристалл, кристаллический
cup	calice	Becher	gobelet	bägar	кубок, бокал
decompose	decomporre	spalten, zerfallen	décomposer	sönderdela	распадаться
degree	grado	Grad	degré	grad	степень, градус
density	densità	Dichte	densité	densitet	плотность
depth hoar	brina di profondità	Tiefenreif	givre de profondeur	rinnsnö	глубинная изморзь
droplet	gocciolina	Tropfen	gouttelette	liten droppe	капля
dry	secco	trocken	sec/sèche	torr	сухой
ductile	dutile	duktil	ductile	tänjbar	пластичный, вязкий
evaporation	evaporazione	Verdampfen	évaporation	avdunstning	испарение
facet	sfaccettature	Facette	facette	fasett	грань
faceted	sfaccettato	facettiert	à facette	fasetterad	гранный, огранный

<i>Inglese</i>	<i>Italiano</i>	<i>Tedesco</i>	<i>Francese</i>	<i>Svedese</i>	<i>Russo</i>
featherlike	neve polverosa	federförmig	poudreuse	fjäderformig	перьевидный
fine	fine	fein	fin	fin	мелкий, мелкозернистый
finger	dito	Finger	doigt	finger	палец
fist	pugno	Faust	poing	näve	кулак
footprint	orma	Fussabdruck	empreinte	fotavtryck	отпечаток подошвы
fragmented	frammentato	zerbrochen	fragmenté	fragmenterad	фрагментарный
funicular regime	regime funicolare	zusammenhängende Wasserverteilung	régime funiculaire	funikulär regim	струйный (фрунккулярный) режим
glazed	vetroso	blank	vitreux	glaserad	обледенелый
grain shape	forma dei grani	Kornform	forme des grains	kornform	форма зерен
grain size	dimensione dei grani	Korngrösse	taille des grains	kornstorlek	размер зерен
graphical	grafico	graphisch	graphique	grafisk	графический
grapel	neve pallottolare	Graupel	neige roulée	snöhagel	снежная крупа
ground	terreno	Boden	sol	mark	грунт
hail	grandine	Hagel	grêle	hagel	град
hand lens	lente d'ingrandimento	Handlupe	loupe	lupp	лупа
hand test	test della mano	Handtest	test manuel	handtest	измерения, сделанные вручную
hardness	durezza	Härte	durété	hårdhet	твердость
hexagonal	esagonale	sechseckig	hexagonal	hexagonal	гексагональный, шестиугольный
hollow	cavo	hohl	creux	ihålig	полый
homogeneous	omogeneo	homogen	homogène	homogen	гомогенный, однородный
horizontal	orizzontale	horizontal	horizontal	horisontell	горизонтальный
ice	ghiaccio	Eis	glace	is	лед
ice pellet	sferetta di ghiaccio	Eiskügelchen	sphérule de glace	småhagel	ледяная крупа
impurity	impurità	Verunreinigung	impurété	förorening	примесь, включения
inclination	inclinazione	Neigung	inclinaison	lutning	наклон
inclined	inclinato	geneigt	incliné	lutande	наклонный
instrument	strumento	Instrument	instrument	instrument	прибор, инструментальный
intergranular	intergranulare	intergranular	intergranulaire	intergranulär	межзеренный
irregular	irregolare	unregelmässig	irrégulier	oregelbunden	неправильный, неравномерный
isotropic	isotropo	isotrop	isotrope	isotrop	изотропный
kinetic growth	crecita cinetica	geordnetes Kristallwachstum	croissance cinétique	kinetisk tillväxt	кинетический рост
knife blade	lama di coltello	Messerklinge	lame de couteau	knivblad	лезвие ножа
laminar	laminare	geschichtet	laminaire	laminär	ламинарный
layering	stratigrafia	Schichtung	stratigraphie	lagring, skiktning	слоистость

<i>Inglese</i>	<i>Italiano</i>	<i>Tedesco</i>	<i>Francese</i>	<i>Svedese</i>	<i>Russo</i>
low	basso	gering	bas	låg	низкий
medium	medio	mittel	moyen	intermediär	умеренный, средний
melted	fuso	geschmolzen	fondus	smält	талый
melting	fondente	schmelzend	fondant	smältande	таяние
mixed forms	forme mescolate	gemischte Formen	formes mélangées	blandade former	смешанные формы
mixture	mistura	Mischung	mixture	blandningar	смеси
moist	umido	feucht	humide	fuktig	сырой, влажный
needle	ago	Nadel	aiguille	nål	игла
new snow	neve fresca	Neuschnee	neige fraîche	långsö	свежевыпавший снег
pencil	matita	Bleistift	crayon	penna, blyertspenna	карандаш
pendular regime	regime pendolare	unzusammenhängende Wasserverteilung	régime pendulaire	pendulär regim	капиллярный (маятниковый) режим
penetrability	penetrabilità	Durchdringbarkeit	pénétrabilité	penetrerbarhet	проницаемость (механическая)
permeability	permeabilità	Durchlässigkeit	perméabilité	permeabilitet	проницаемость
perpendicular	perpendicolare	rechtwinklig	perpendiculaire	vinkelrät	перпендикулярный, отвесный
planar	piano	eben	plan	plan	плоский
plate	piatto	Platte	plat	platta	пластинка
prismatic	prismatico	prismatisch	prismatique	prismatisk	призматический
rain	pioggia	Regen	pluie	regn	дождь
random furrows	solchi irregolari	unregelmässige Furchen	sillons désordonnés	slumpmässiga fåror	беспорядочный микрорельеф
rime	brina	Reif	givre	dimfrost	иней, изморозь
rimed	brinato	bereift	givre	frostbelagd	покрытый инеем
roughness	rugosità	Rauheit	rugosité	grovhet	шероховатость, неровность
rounded	arrotondato	gerundet	arrondi	avrundad	округлый
seasonal snow cover	manto nevoso stagionale	Saisonschneedecke	manteau neigeux	säsongmässigt snötäcke	сезонный снежный покров
shear	taglio	Scherung	cisaillment	skjuvning, skjuva	сдвиг, срез
sixfold	sestuplo	sechszählig	sextuple	sextalig	шестикратный
ski track	traccia di sci	Skispur	trace de ski	skidspår	лыжня
slope	pendio	Hang	pente	sluttning	склон
slush	neve fradicia	Matsch	trempe	slask	талый снег, слякоть, шуга
smooth	liscio	glatt	lisse	jämn	гладкий, ровный
snow	neve	Schnee	neige	snö	снег
snow-covered area	superficie innevata	schneebedeckte Fläche	surface enneigée	snötäckt område	заснеженная территория
snow deposit	deposito di neve	Schneeablagerung	dépôt de neige	snöavlagring	отложенный снег (твердые осадки)
snow hydrology	idrologia nivale	Schnee Hydrologie	hydrologie nivale	snöhydrologi	гидрология снега
snow mechanics	meccanica della neve	Schneemechanik	mecanique de la neige	snömekanik	механика снега
snow metamorphism	metamorfismo della neve	Schneenumwandlung	metamorphisme de la neige	snömetamorfos	метаморфизм снега

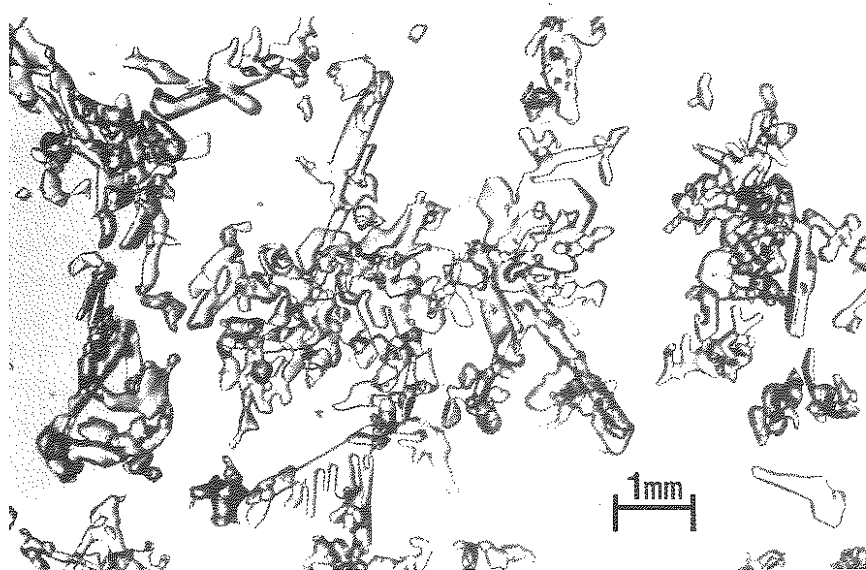
<i>Inglese</i>	<i>Italiano</i>	<i>Tedesco</i>	<i>Francese</i>	<i>Svedese</i>	<i>Russo</i>
snow physics	fisica della neve	Schneephysik	physique de la neige	snöfysik	физика снега
solid	solido	Voll(-körper)	solide	fast kropp	твердый
solid precipitation	precipitazione solida	fester Niederschlag	précipitation solide	fast nederbord	твердые осадки
spatial	spaziale	räumlich	spatial	rumslig	пространственный
stellar	a stella	Stern	en étoile	stjärnformig	звездчатый
strain	deformazione	Deformation	déformation	deformation	деформация
strain rate	velocità di deformazione	Deformationsrate	vitesse de déformation	deformationshastighet	скорость деформации
stratification	stratificazione	Schichtung	stratification	stratifiering, skiktning	стратификация
strength	resistenza	Festigkeit	résistance	hållfasthet	прочность
stress	sollecitazione	Spannung	contrainte	spänning	напряжение, давление
stress rate	velocità di sollecitazione	Spannungsrate	vitesse de mise en contrainte	spänningshastighet	скорость нагружения
striated	striato	stufig, gestreift	strié	räfflad	бороздчатый, покрытый штриховкой
subunit	sottunità	Untereinheit	sous unité	underenhet	подраздел
sun	sole	Sonne	soleil	sol	солнце
supercooled	sopraffuso	unterkühlt	surfondu	underkyld	переохлажденный
surface	superficie	Oberfläche	surface	yta	поверхность
surface deposit	deposito in superficie	Oberflächenablagerung	dépôt en surface	ytavlagring	поверхностное отложение, поверхностные осадки
surface hoar	brina di superficie	Oberflächenreif	givre en surface	rimfrost	поверхностная изморозь, иней
Swiss rammsonde	sonda a percussione	Rammsonde	sonde de battage	stötsond, rammsond	швейцарский пенетрометр, зонд
temperature	temperatura	Temperatur	température	temperatur	температура
tensile	sotto tensione	unter Zug	sous/de tension	tensil	растяжимый, на растяжение, на разрыв (применительно к прочностным испытаниям)
transformation	trasformazione	Umwandlung	transformation	omvandling	превращение, преобразование
water	acqua	Wasser	eau	vatten	вода, водный
wavy	ondulato	wellig	ondulé	vågig	волнистый
wet	bagnato	nass	mouillé, humide	våt	влажный
wind	vento	Wind	vent	vind	ветер
with steps	a gradini	stufig	avec des stries, en escalier	stegformad	позатпно

Appendice D:

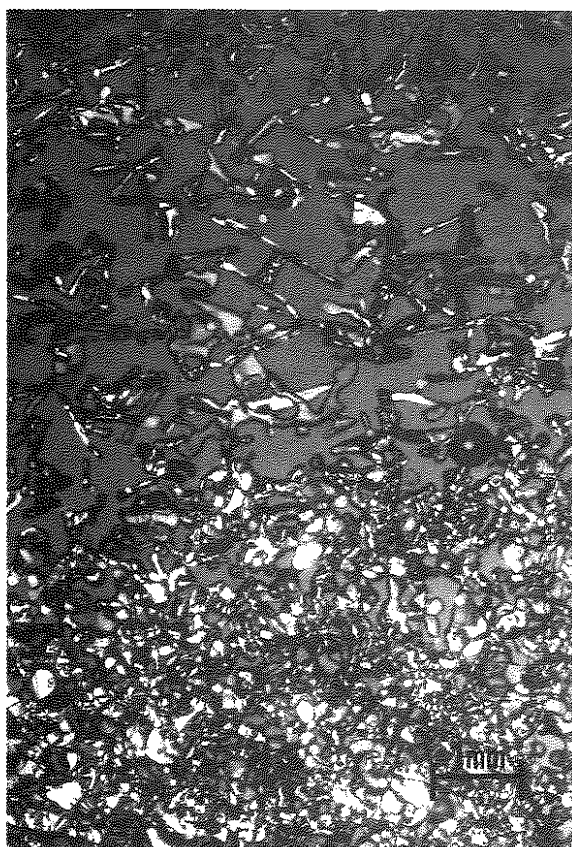
Esempio di un tabulato per la rappresentazione del profilo del manto nevoso

SNOW COVER PROFILE		Observer <i>Meister</i> Date <i>23 Feb 1989</i> Time <i>9:00:00</i>	Remarks <i>Wind loaded slope</i> Number <i>1</i>					
Location <i>Totalhorn</i>		Air Temperature <i>-5.0</i>						
H.A.S.L. <i>2500</i>		Co-ordinates <i>781500/190200</i>		Cloudiness <i>Cu, Al lens 5/8</i>				
Aspect <i>N</i>		Slope <i>40</i>		Precipitation <i>None</i>				
HS <i>193cm</i> HSW <i>535mm</i> P <i>177 kg/m³</i> R <i>88 N</i>		Wind <i>SE 5 m/s</i>						
T 20 18 16 14 12 10 8 6 4 2	R 1000 900 800 700 600 500 400 300 200 100	H	θ	F	E	R	HW p	Comments
[Grid with snow cover profile line]		210						
		200						
		190		/	1-1.5	X		
		180		•	1-2		28 147	slide plane
		170					39 205	
		160		•	.5-1	/		
		150					41 215	slide plane
		140		V	2-3	/		
		130		□	1-2		51 268	
		120						
		110					56 294	
		100						
		90		□	1-1.5	X		
		80						
		70						
		60		□			320 326	
		50			1	//		
		40						
		30						
		20		^	1-3	/		
		10						

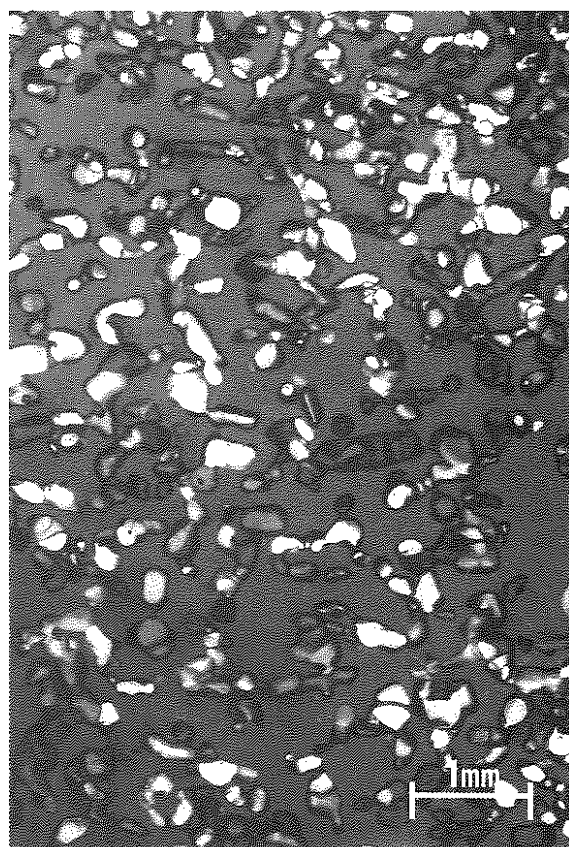
Appendice E: Fotografie di varie forme di grani



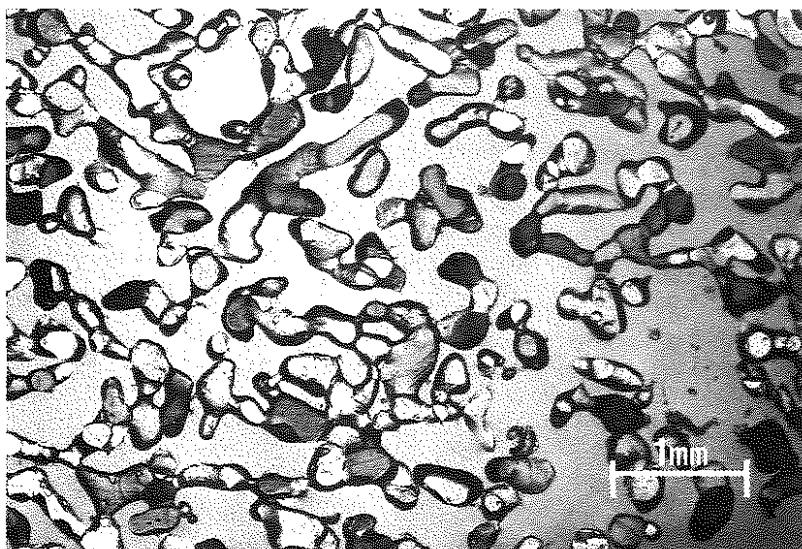
Classe 2dc, particelle di precipitazione parzialmente decomposte. Foto E. Akitaya.



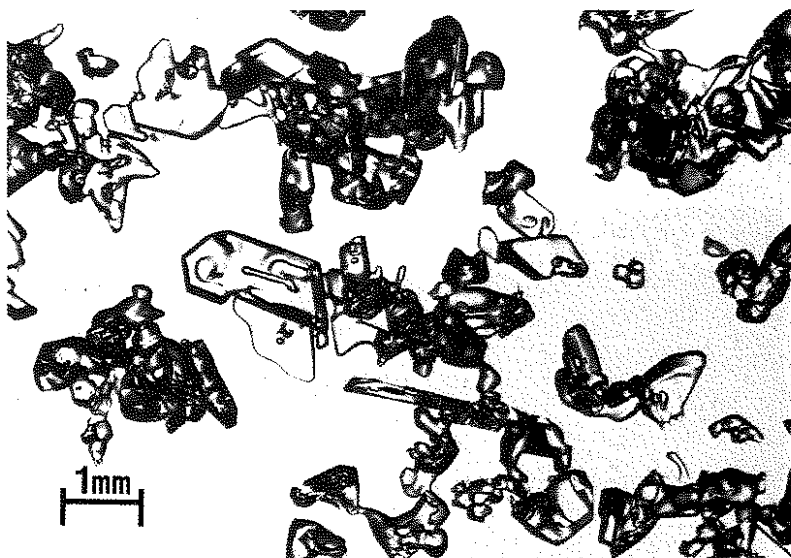
Classe 2bk e 9wc, particelle estremamente spezzettate (in alto) e crosta da vento (in basso). Foto E. Akitaya.



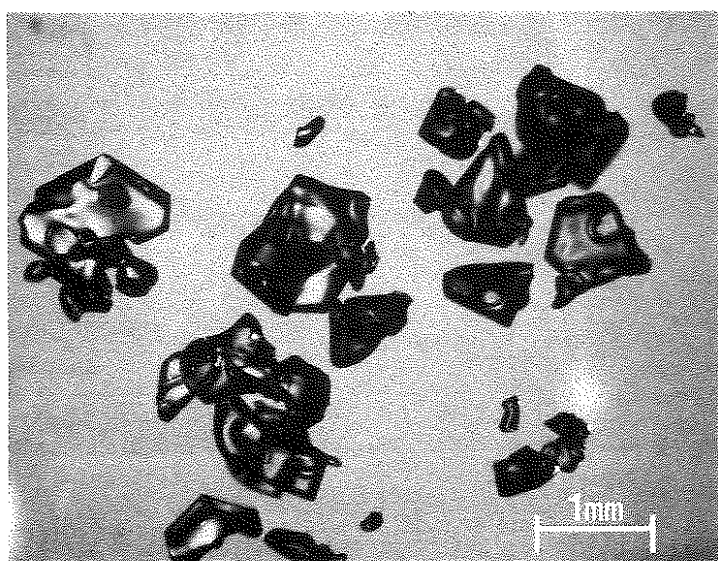
Classe 3sr, particelle piccole arrotondate. Foto E. Akitaya.



Classe 3lr, particelle grandi arrotondate. Foto E. Akitaya

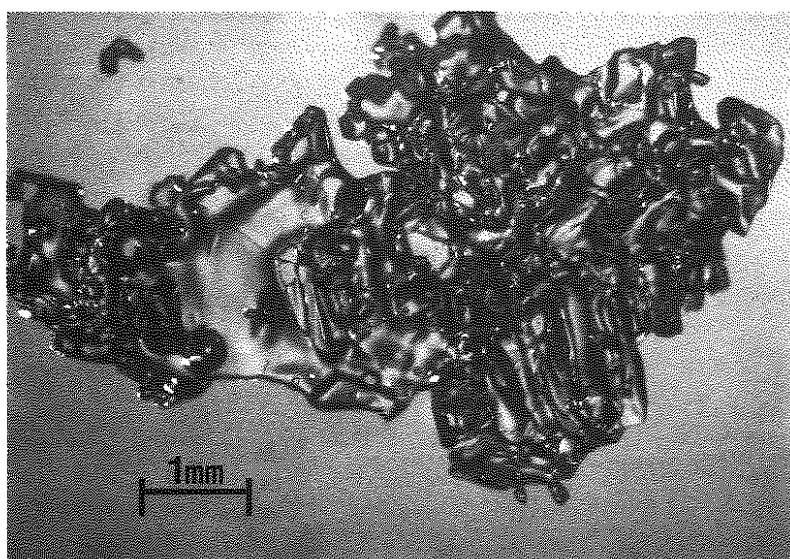
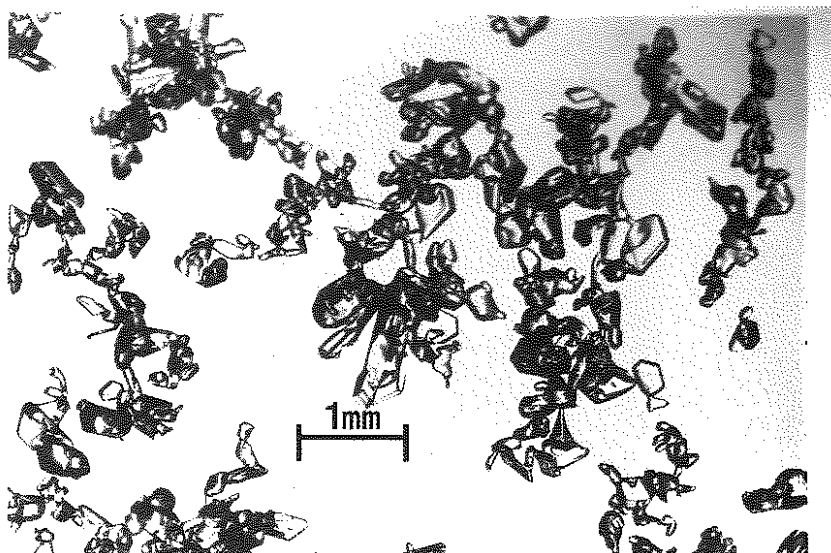


Classe 3mx, particelle arrotondate con sfaccettature in fase di crescita. Foto E. Akitaya.



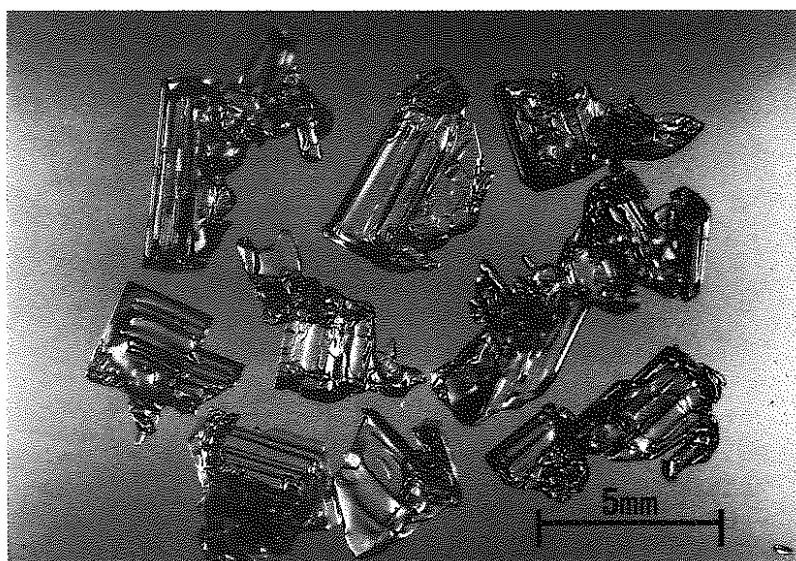
Classe 4fa, particelle solide sfaccettate. Foto E. Akitaya.

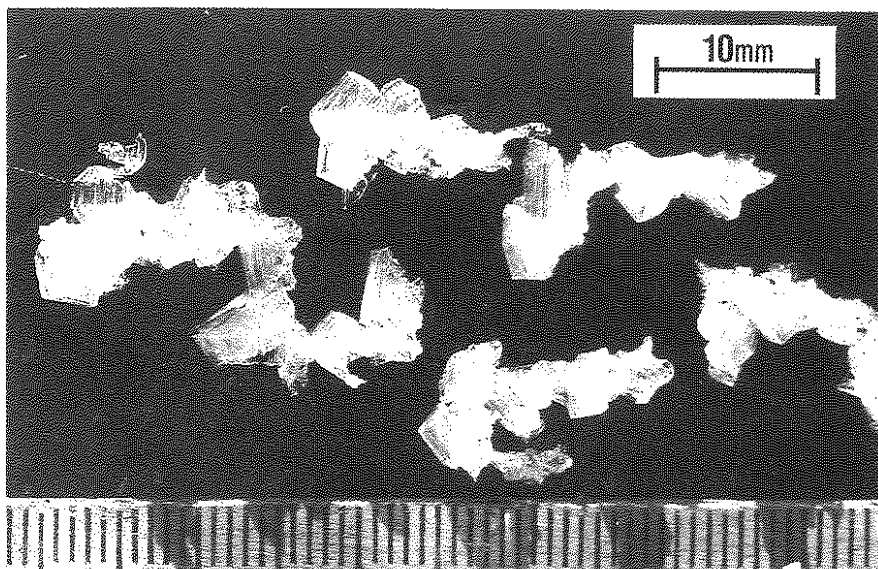
*Classe 4sf, particelle piccole sfaccettate in uno strato superficiale.
Foto E. Akitaya.*



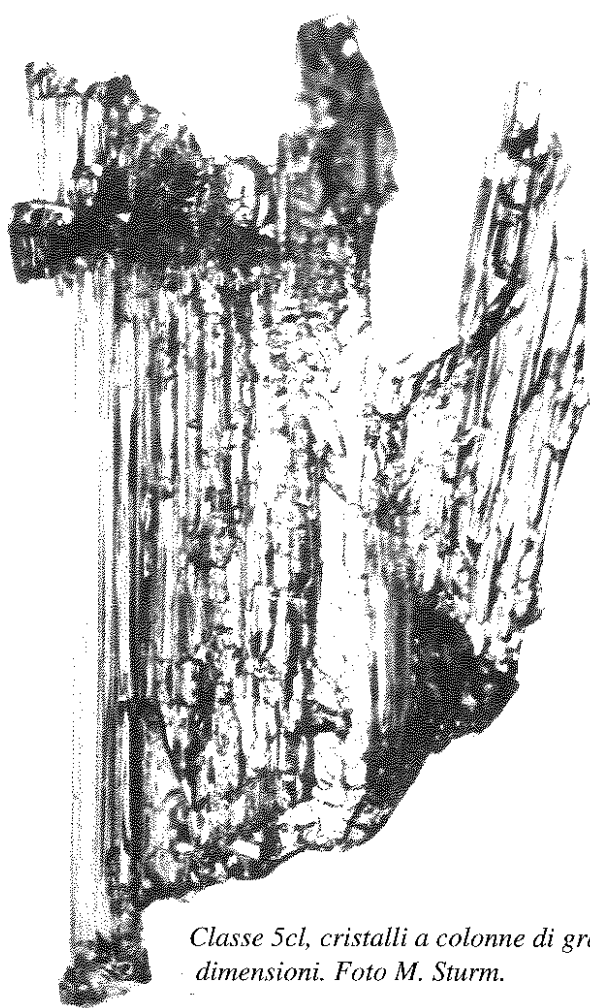
*Classe 4mx, particelle sfaccettate ;
con arrotondamento recente (in
questo esempio brina di superficie
sepolta, 7sh) Foto E. Akitaya.*

*Classe 5cp, cristalli striati, a for-
ma di calice. Foto K. Izumi.*

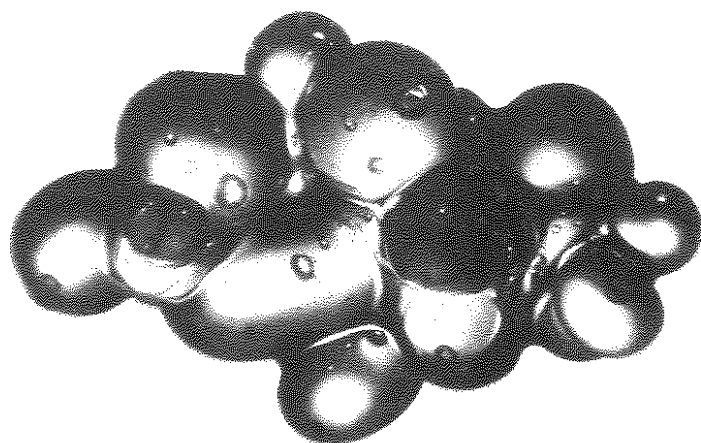




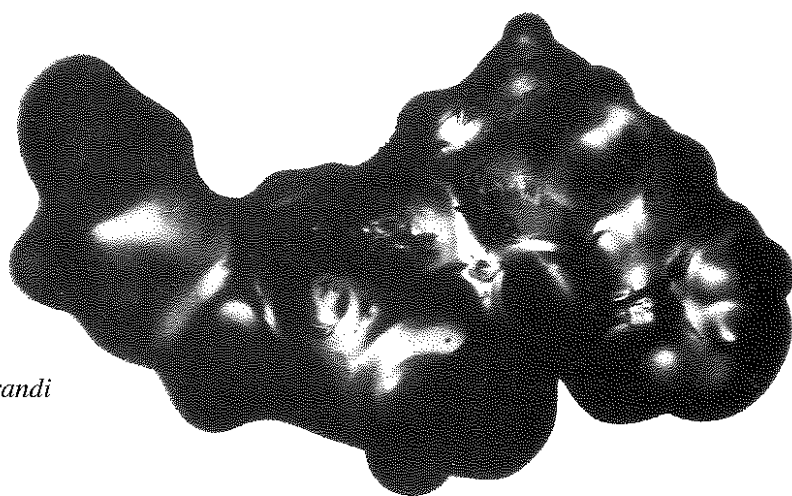
Classe 5dh, cristalli a calice disposti in colonne. Foto E. Akitaya.



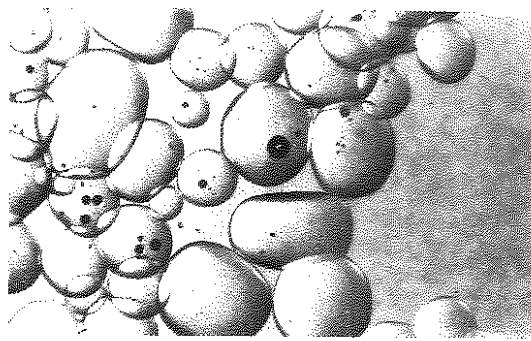
Classe 5cl, cristalli a colonne di grandi dimensioni. Foto M. Sturm.



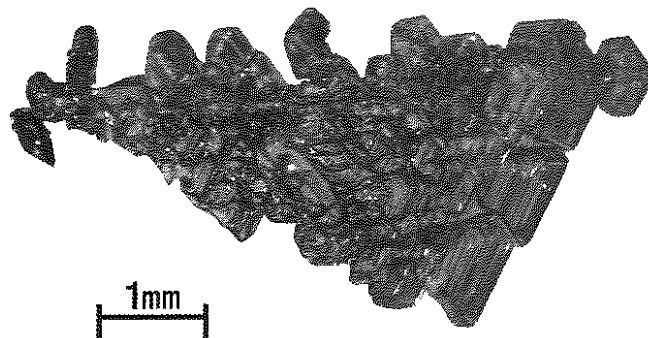
Classe 6cl, singoli cristalli a grappoli a basso contenuto liquido. Foto S. Colbeck.



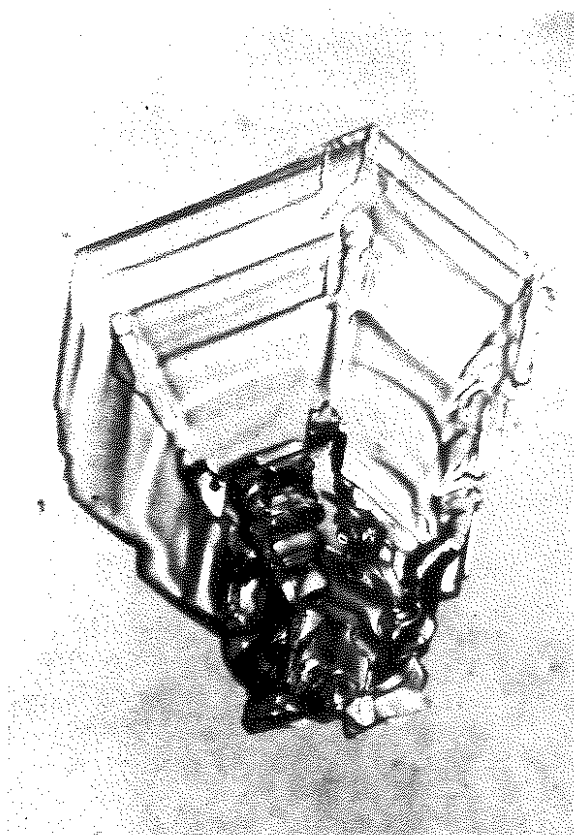
Classe 6mf, particella policristallina formata in seguito a cicli di fusione e rigelo. Foto S. Colbeck.



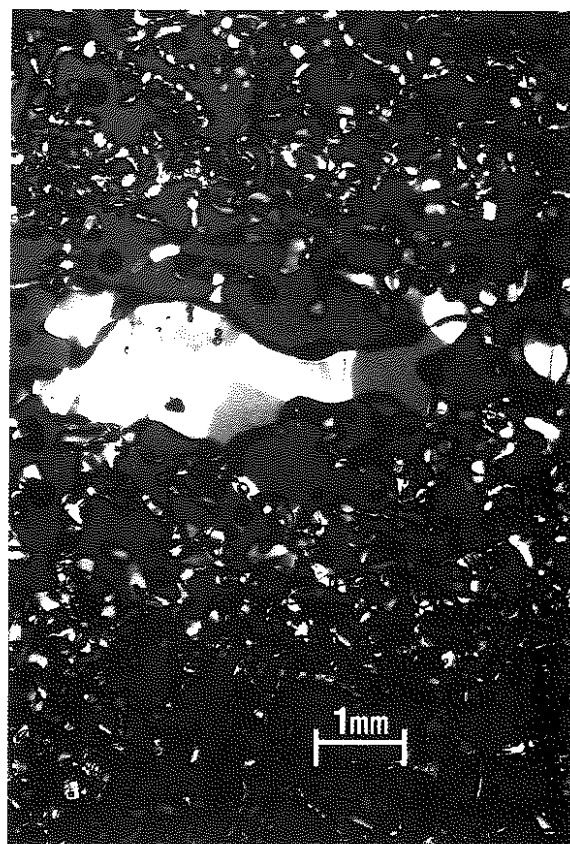
Classe 6sl, neve fradicia. Foto S. Colbeck.



Classe 7ch, brina di cavità. Foto S. Colbeck.



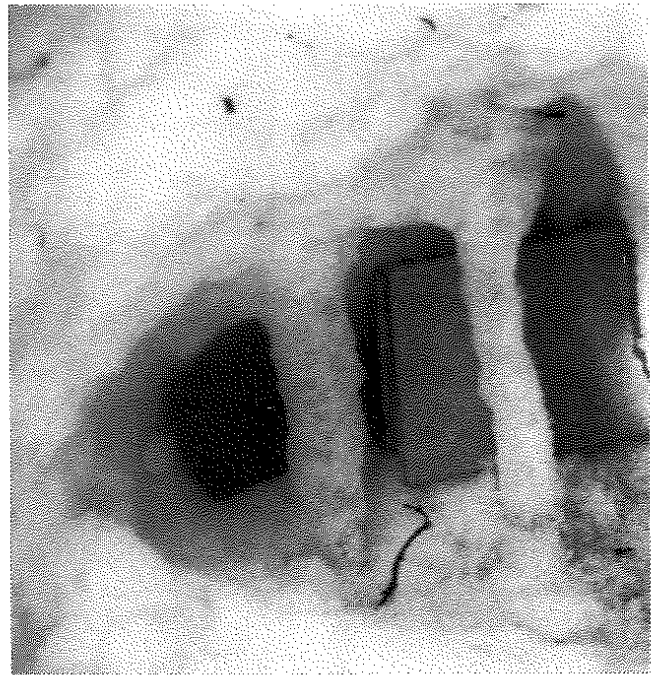
Classe 7sh, brina di superficie. Foto E. Akitaya



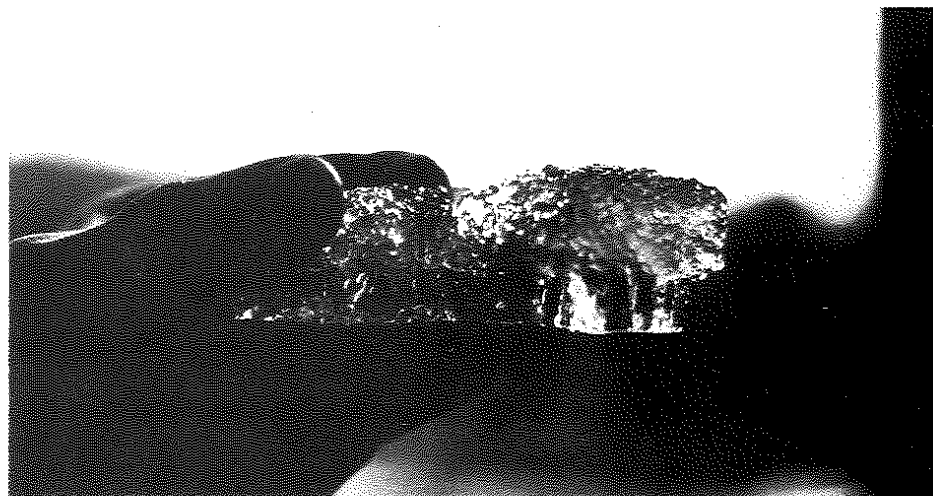
Classe 8il, strato di ghiaccio orizzontale (in questo esempio nella neve secca, 3sr). Foto E. Akitaya.



*Classe 8ic e 8il, corpi di ghiaccio verticali e orizzontali.
Foto P. Marsh.*



Classe 8ic, corpi di ghiaccio verticali. Foto P. Marsh.



Classe 8bi, strato di ghiaccio di fondo. Foto S. Custer.

Foto di copertina:
Classe 9sc, crosta da sole- firn spiegel. Foto E. Wengi.



Regione autonoma Friuli Venezia Giulia - Regione Veneto
Provincia autonoma di Trento - Provincia autonoma di Bolzano - Regione Lombardia
Regione autonoma Valle d'Aosta - Regione Piemonte - Regione Liguria