

N. 31 - Luglio 1997
**MONITORAGGIO DEI PARAMETRI
DINAMICI DELLE VALANGHE**
NEVE E CLIMA SUL GENNARGENTU
ASSISTENZA NIVOMETEO AL SESTRIERE
PRECIPITAZIONI SULLE ALPI ORIENTALI
PARETI DI GHIACCIO



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 Ispektorato Dipartimentale delle Foreste
Viale Matteotti 56 - 18100 Imperia
Tel. 0183/20609 - Fax 0183/23548
[Bollettino Nivometeorologico
tel. 010/532049]

REGIONE PIEMONTE

Settore Prevenzione rischio geologico
Rete Nivometrica
Via XX Settembre 88 - 10122 Torino
Tel. 011/3168203
Fax 011/3181709
meteoroidro@regione.piemonte.it
[Bollettino Nivometeorologico tel.
011/3185555 - 0324/481201
0163/27027 - 0171/66323
<http://www.regione.piemonte.it/meteo/boll.shtml>]

**REGIONE AUTONOMA
VALLE D'AOSTA**

Assessorato Agricoltura e Foreste
Ufficio Valanghe
Loc. Amerique 127/A 11020 Quart - AO
Tel. 0165/776301 Fax 0165/776302
[Bollettino Nivometeorologico 0165/776300]

REGIONE LOMBARDIA

Centro Nivometeorologico
Via Milano 18 - 23032 Bormio (So)
Tel. 0342/905030 - Fax 0342/905133
nivometeo@regione.lombardia.it
[Bollettino Nivometeorologico - 5 linee -
NUMERO VERDE 1678/37077
Fax in polling 0342/901521
<http://www.regione.lombardia.it/meteo/>]

PROVINCIA AUTONOMA DI TRENTO

Ufficio Neve e Valanghe
Via Vannetti 39 - 38100 Trento
Tel. 0461/497413 - Fax 0461/987062
serv.preval@provincia.it
[Bollettino Nivometeorologico
NUMERO VERDE 1678/50077
Self-fax 0461/237089
<http://www.provincia.tn.it/meteo/>]

PROVINCIA AUTONOMA DI BOLZANO

Ufficio Idrografico
e Servizio Prevenzione Valanghe
Via Mendola 24 - 39100 Bolzano
Tel. 0471/994100 - Fax 0471/994110
Hydro@provincia.bz.it
[Bollettino Nivometeorologico
0471/270555 in italiano;
0471/271177 in tedesco
<http://www.provincia.bz.it/meteo/>]

REGIONE VENETO

Centro Sperimentale Valanghe
Via Passo Campolongo 122
32020 Arabba (BL)
Tel. 0436/79227 - Fax 0436/79218
csvdi@sunrise.it
[Bollettino Nivometeorologico
NUMERO VERDE 1678/60345
Self-fax 0436/79221 It. Ted. Ingl.
<http://www.sunrise.it/csvdi/>]

**REGIONE AUTONOMA
FRIULI VENEZIA GIULIA**

Ufficio Valanghe
C/o Direzione Regionale delle Foreste
Piazza Belloni 14 - 33100 Udine
Tel. 0432/555750 - Fax 0432/505426
[Bollettino Nivometeorologico
NUMERO VERDE 1678/60377]

Sede A.I.NE.VA.

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

Gli utenti di "NEVE E VALANGHE":

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

Numero unificato
riportante tutti i Bollettini
Nivometeorologici degli
Uffici Valanghe AINEVA
Tel. 0461/230030
Durante la stagione invernale
i Bollettini sono regolarmente
diffusi su Televideo
RAI alle Pag. 490-491

neve e valanghe

Rivista dell'AINEVA - ISSN 1120 - 0642
Aut. Trib. di Rovereto (TN) N° 195/94 NC
del 28/09/1994
Sped in abb. postale Gr. IV - 50%
Abbonamento annuo 1997: L.25.000
da versare sul c/c postale n. 14595383
intestato a: AINEVA
vicolo dell'Adige 18 38100 Trento

Direttore Responsabile
Giovanni PERETTI

Coordiatore redazionale:
Alfredo PRAOLINI

Comitato di redazione:
**Michela MUNARI, Gianluca TOGNONI,
Elena TURRONI, Mauro VALT**
Comitato scientifico editoriale:
**Cristoforo CUGNOD, Giorgio TECILLA,
Vincenzo COCCOLO, Alberto LUCCHETTA,
Paolo STEFANELLI, Giovanni PERETTI,
Roberto PAVAN, Michela MUNARI**

Segreteria di Redazione:
**Vicolo dell'Adige, 18
38100 TRENTO
Tel. 0461/230305
Fax 0461/232225**

Videoimpaginazione e grafica:
**MOTTARELLA STUDIO GRAFICO
Cosio Valtellino (SO)**

Selezioni e impianti:
STUDIO AL di Locatelli - Lecco

Stampa:
**MANFRINI Arti Grafiche
Calliano (TN)**

Referenze fotografiche:

Foto di copertina: Lodovico Mottarella
Francesco Sommariva: 9, 10, 11, 12, 15
Andrea Zannoni: 6-7, 13, 17
Lodovico Mottarella: 1, 3, 4, 36-37, 43, 45,
46-47
Stefano Andrisi: 18-19, 20, 21, 23
Arch. ISMES: 24-25
Marco Cordola: 26, 34
Arch. Regione Piemonte: 27, 35
Ardito Desio: 48
Giuseppe Cola: 48-49, 50, 51, 52 (basso),
53, 54
A. Mariani: 52 (alto)
G. Giorcelli: 52 (in mezzo)

Hanno collaborato a questo numero:

Mauro Valt, Anselmo Cagnati, Elena Barbera,
Giuliano Germani, Alvise Tomaselli, Francesco
Sommariva, Alfredo Praolini, Nadia Braitto,
Gianluca Tognoni, Elena Turroni, Alberto
Lucchetta, Mauro Tollardo, Giorgio Peraldini,
Marco Cordola, Vincenzo Malzone, Giuseppe
Cola, Valerio Paneri, Antonio Galluccio, Betty
Sovilla, Fabrizio Righetti, Alessandro Galluccio,
Paolo Stefanelli, Luciano Lizzero

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

SOMMARIO

LUGLIO 1997 NUMERO 31

PRECIPITAZIONI SULLE ALPI ORIENTALI

**Analisi dei dati raccolti
in oltre 70 anni di
rilevamento**

di Anselmo Cagnati, Alberto
Lucchetta e Mauro Tollardo

SISTEMA DI MONITORAGGIO PER I PARAMETRI DINAMICI DELLE VALANGHE Primi risultati e sviluppi futuri

di Francesco Sommariva, Betty
Sovilla e Alvise Tomaselli

PARETI DI GHIACCIO Dinamica di accumulo e ablazione sulla parete Nord-Ovest del Monte Pasquale

di Giuseppe Cola, Valerio Paneri,
Antonio Galluccio, Fabrizio Righetti
e Alessandro Galluccio

OSSERVAZIONI NIVOMETEO SUL GENNARGENTU Principali caratteristiche geomorfologiche, climatiche e nivologiche

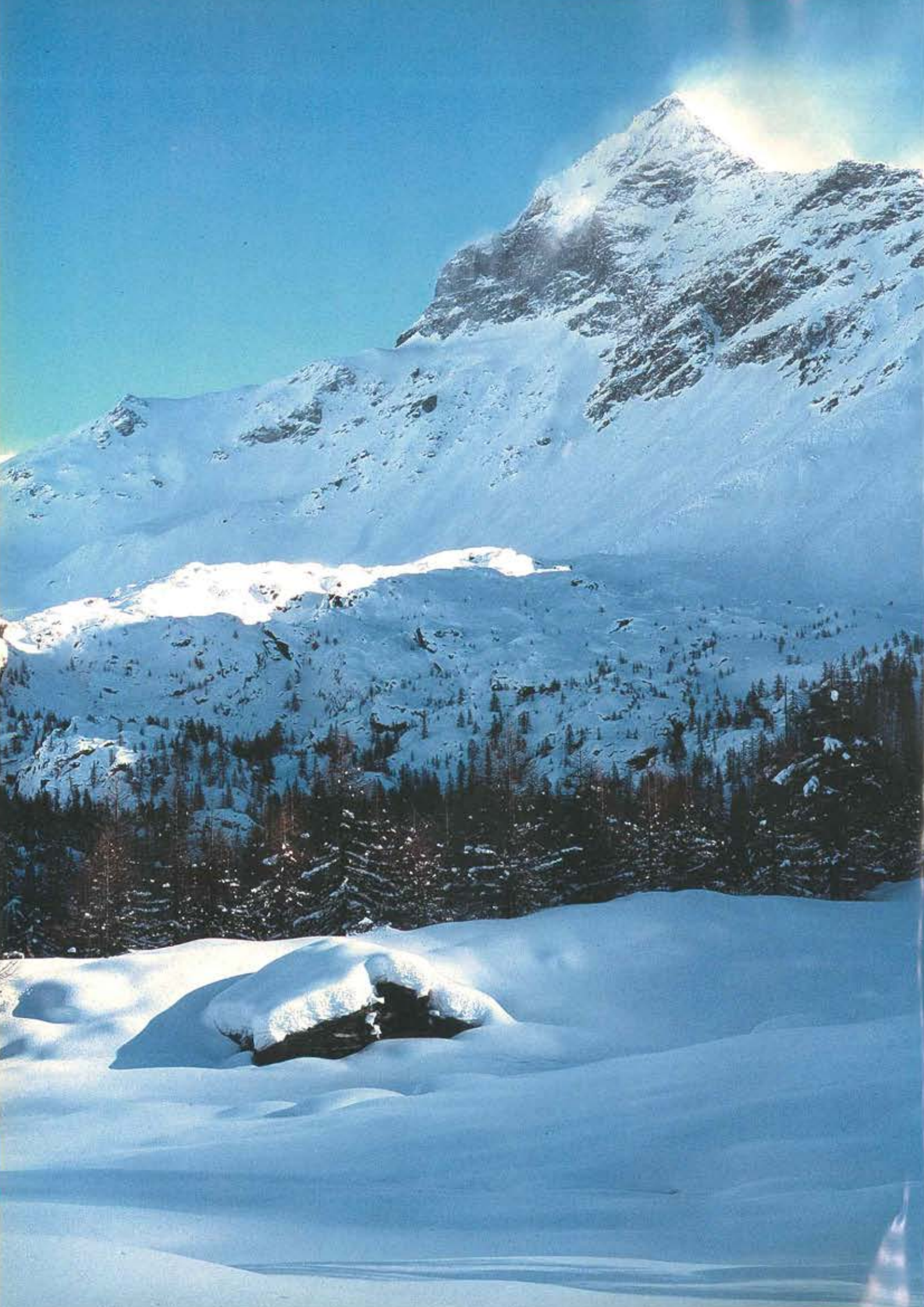
di G. Stefano Andrisi

AINEVA NOTIZIE

LA METEOROLOGIA AI CAMPIONATI MONDIALI DI SCI ALPINO 1997 Sintesi dell'attività di assistenza nivometeorologica al Sestriere

di Elena Turroni, Marco Cordola,
Paolo Bonelli e Renata Pelosini





L'evoluzione tecnologica consente di disporre di dati sempre più completi ed affidabili sullo stato del manto nevoso e sulle situazioni di contorno, nivologiche e meteorologiche, mentre gli attuali strumenti ed algoritmi di calcolo, potenti e sofisticati, permettono di avvicinare, con risultati via via più soddisfacenti, l'analisi dei dati alle situazioni reali.

L'approfondita conoscenza ed il costante miglioramento dell'interpretazione delle situazioni di potenziale rischio, grazie ovviamente alla disponibilità di computer, ma parimenti alla preparazione, sensibilità ed esperienza del personale addetto, paiono dunque orientare ad un ottimistico quadro in merito alla gestione del territorio montano interessato dalla presenza di neve.

Ma è proprio così? Ovviamente ce lo auguriamo, in particolare per l'avvicinarsi della prossima stagione invernale. E' palese a tutti, però, che una esasperata pressione antropica sul territorio e la massificazione di alcuni sport, che sino a pochi anni fa erano praticati solo da pochi esperti, possono determinare variabili incontrollabili e rendere inefficace qualsiasi sistema di avviso di pericolo.

Dovranno quindi stare al passo con le possibilità consentite dalla scienza tanto le disponibilità economiche delle singole Regioni e Province autonome, quanto i supporti normativi.

L'AINEVA opera per rendere sempre più positiva la propria azione di prevenzione, informazione, preparazione e divulgazione a favore di chi, per diversi motivi, si trova a confrontarsi con la realtà legata alla neve ed alla montagna.

In questo senso sono indirizzate le iniziative promosse quest'anno, che vanno dall'affinamento dei Bollettini Nivometeorologici al miglioramento della rivista, dalla promozione e diffusione di documenti scientifici agli interventi didattici e formativi, dalla diffusione di informazioni con sistemi differenziati alla presenza in conclave nazionali ed internazionali.

SCOPO DEL SISTEMA

Quando le valanghe possono interessare strutture ed infrastrutture e comunque minacciare la pubblica incolumità, per ricostruire un indice di rischio, la portata del fenomeno ed eventualmente individuare il criterio di difesa più efficace, è necessario ricostruire il fenomeno di dimensioni estreme e di questo quantificare gli elementi dinamici, cioè le velocità, le altezze del flusso, i tempi di percorrenza, le pressioni e la distanza di arresto.

Solo dalla conoscenza di questi parametri è possibile fare una valutazione dei danni che una valanga può provocare in particolare su un dato manufatto e più in generale nel contesto urbanistico in montagna.

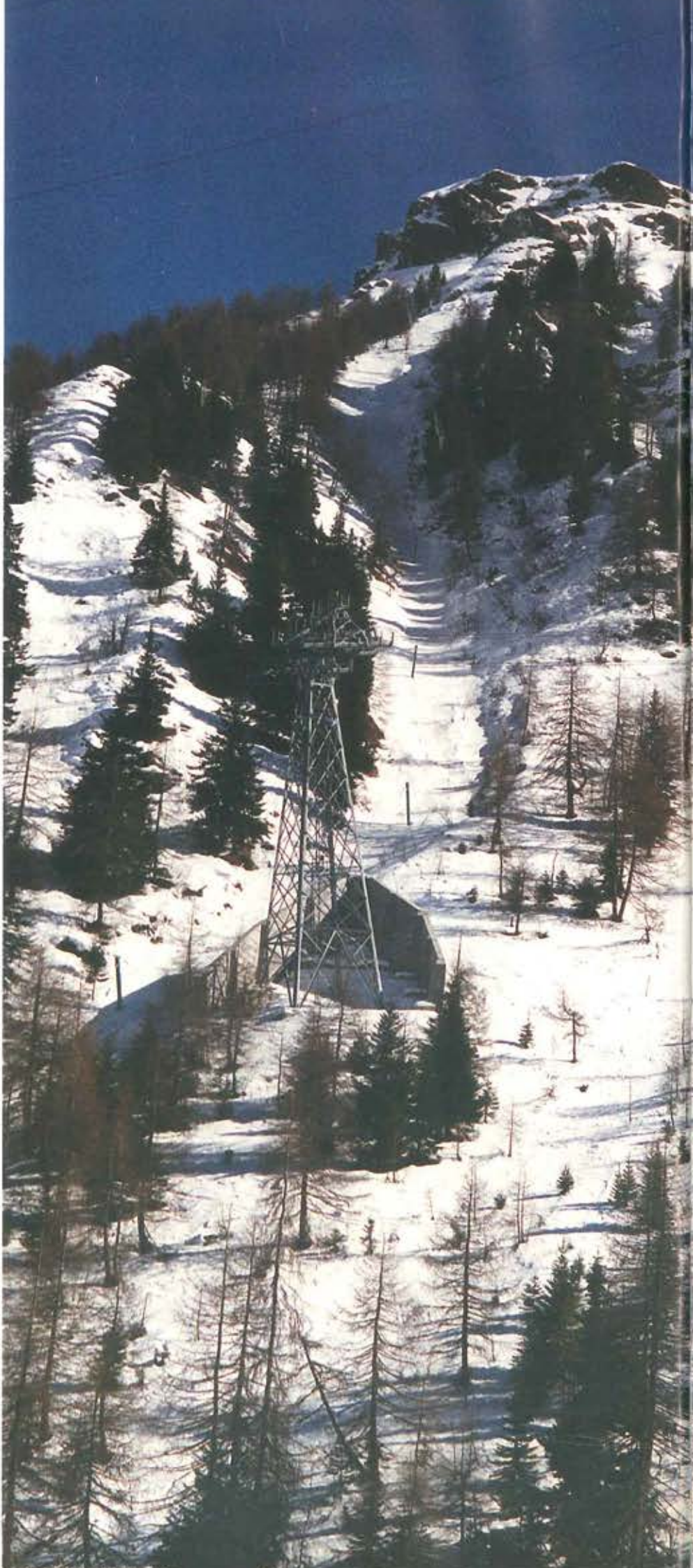
Fondamentale inoltre risulta la conoscenza dei parametri dinamici delle valanghe sia per una corretta applicazione e gestione delle tecniche di distacco artificiale controllato delle valanghe sia per la progettazione delle opere di difesa passiva dalle valanghe.

A dimostrazione dell'importanza di queste conoscenze, a partire dagli anni '50, molti ricercatori si sono cimentati nello studio dinamico al fine di individuare idonee metodologie di approccio, sistemi di calcolo e tecniche di taratura, tali da avvicinare il modello teorico al fenomeno reale.

L'approccio metodologico, che assimila il moto valanghivo alla dinamica dei fluidi, è dovuto al Voellmy (1955) il quale, basandosi sulle equazioni tipiche dei fluidi, ha proposto delle formule di calcolo corrette con opportuni coefficienti, che tengono conto delle caratteristiche fisiche del "materiale" neve.

Negli anni successivi numerosi altri ricercatori fra i quali Schaerer, Salm, Mears, Martinelli, Perla, Mc Clung, hanno sviluppato la ricerca, ma si è trattato sostanzialmente di un lavoro di affinamento e taratura, senza alterare i concetti di fondo.

Con l'evoluzione dell'informatica sono stati inoltre elaborati dei complessi programmi di simulazione numerica del moto valanghivo i quali tuttavia sono di difficile applicazione immediata e necessitano





Nuovi studi sulle valanghe di canalone delle Dolomiti

IL SISTEMA DI MONITORAGGIO PER L'ACQUISIZIONE DEI PARAMETRI DINAMICI DELLE VALANGHE

Primi risultati e sviluppi futuri del sistema realizzato dal Centro Sperimentale Valanghe e Difesa Idrogeologica di Arabba

Francesco Somnavilla, Betty Sovilla
e Alvise Tomaselli
Centro Sperimentale Valanghe
e Difesa Idrogeologica di Arabba (BL)

Le ricerche sull'interpretazione quali-quantitativa dei dinamismi delle valanghe, ormai avviate da un cinquantennio, trovano grossi limiti nella possibilità di realizzare una significativa banca dati dei parametri caratteristici, indispensabile per associare modelli teorici ai fenomeni come realmente si verificano.

Ciò è dovuto alle difficoltà di realizzazione, controllo e gestione di strumenti e sistemi di misurazione efficienti, ma soprattutto alla scarsa frequenza di caduta di valanghe significative lungo i siti monitorati. Allo stato attuale inoltre, su scala internazionale, esistono ben pochi sistemi installati per questi scopi, peraltro caratterizzati da tecnologie e potenzialità differenziate.

Per questi motivi il Centro Sperimentale Valanghe e Difesa Idrogeologica di Arabba ha progettato ed installato un sistema di monitoraggio dei parametri dinamici delle valanghe su un sito sperimentale sufficientemente rappresentativo delle valanghe di canalone che si verificano per lo meno nel contesto territoriale dolomitico.

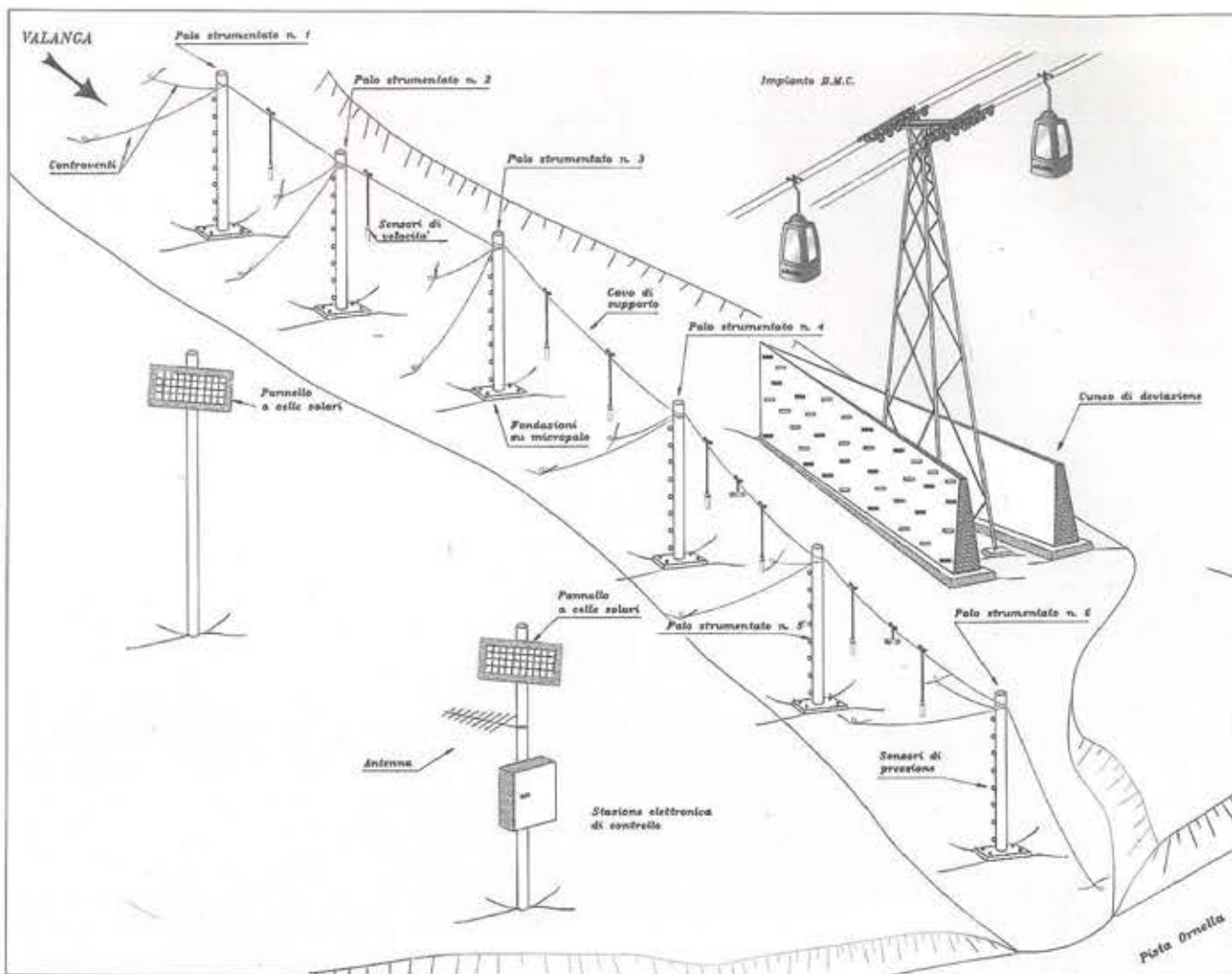


Fig 1

attualmente di un impegnativo e lungo lavoro di taratura. Purtroppo, il problema principale degli studi di dinamica risiede nella validazione dei modelli assunti, ovvero nella elaborazione di metodi di calcolo in grado di rappresentare i dinamismi delle valanghe, nelle specifiche componenti, così come in realtà si verificano.

In tal senso le maggiori perplessità derivano dalla difficoltà di tradurre un fenomeno estremamente complesso in relazioni relativamente semplici mediante l'utilizzo di coefficienti dinamici quali, ad esempio, i classici coefficienti di attrito turbolento (ξ) e di attrito cinetico (μ). Coefficienti che si trovano riportati in letteratura ma con valori indicativi e con grandi intervalli, quindi difficili da definire per specifici siti valanghivi in specifici contesti territoriali.

Per risolvere, almeno in parte, questo problema, non resta quindi che cercare di acquisire valori reali dei parametri dinamici di diversificate valanghe che si verificano lungo

un sito valanghivo ritenuto rappresentativo per un determinato contesto territoriale.

Per conseguire gli obiettivi sopra illustrati, il Centro Sperimentale Valanghe e Difesa Idrogeologica di Arabba ha dato corso, nel 1993, alla realizzazione di un sistema di monitoraggio dei parametri dinamici delle valanghe quali, le velocità, le altezze del flusso e le pressioni al fine di conoscere le pressioni e le velocità e le altezze del flusso reali sviluppate da valanghe originate da differenti condizioni meteonivometriche, anche per consentire la strutturazione e la taratura di un modello matematico in grado di rappresentare il reale comportamento dinamico delle valanghe.

SCELTA DEL SITO

Alla luce di specifiche esigenze ed in considerazione delle motivazioni che hanno determinato gli insuccessi in esperienze analoghe da parte di altri ricercatori, il Centro Sperimentale

le Valanghe e Difesa Idrogeologica di Arabba nel 1993 ha ritenuto significativo ed efficace realizzare il sistema di monitoraggio per la valanga denominata "Pizzac" il cui sito è ubicato lungo il versante occidentale del Monte Pizzac a sud dell'abitato di Arabba in Comune di Livinallongo del Col di Lana (BL). I motivi principali che hanno condotto alla scelta di questo specifico sito sono i seguenti:

1. il sito prescelto è asservito da un sistema di distacco artificiale (C.A.T.E.X) per la difesa del tracciato della cabinovia DMC Arabba-Forcella Europa, mediante il quale, anche in concomitanza di apporti modesti di neve fresca, vengono con successo provocate valanghe;
2. è perfettamente visibile dalla funivia Arabba-Porta Vescovo e ciò consente il controllo visivo e la possibilità, almeno teorica, di filmare i fenomeni provocati;
3. è ubicato vicino alla sede del Centro Sperimentale Valanghe e ciò consente una trasmissione semplificata dei dati rilevati nonché la presen-

za quasi immediata in loco del personale tecnico preposto alla sperimentazione.

DESCRIZIONE DEL SITO VALANGHIVO

Nelle dimensioni estreme la valanga del monte Pizzac monitorata si stacca a quota 2200 m s.l.m. e si arresta a quota 1745 m s.m. nell'alveo del rio Aurona percorrendo una traiettoria di 836 m con una pendenza media di 31°. Le strutture necessarie per il monitoraggio sono state ubicate nel tratto del canale compreso fra il limite superiore della zona di scorrimento e il tratto centrale della zona di accumulo, per una lunghezza complessiva di 418 m.

Caratteristiche della zona di distacco

La zona di distacco è caratterizzata da una pendenza media di circa 40°, assenza di accumulo eolico significativo, orientazione occidentale ed esposizione al sole limitata alle 2-3 ore nel periodo dicembre-gennaio fino a raggiungere le 5-6 ore a fine stagione invernale. La lunghezza reale della zona di distacco è di 170 metri.

La morfologia del terreno è regolare, caratterizzata da cotico erboso nella parte superiore, intercalato con detrito di falda a matrice medio fine; nella parte inferiore prevalgono gli affioramenti rocciosi di origine vulcanica effusiva ad elevato grado di alterazione.

La dimensione massima della superficie del distacco è stimata in 5750 m² a cui corrisponde un volume approssimativo massimo pari a 3450 m³.

La quota massima dell'area di distacco è di 2200 m s.m. la quota minima è di 2080 m s.m..

La zona di distacco è raggiungibile unicamente in estate; in inverno risulta pericolosa per la possibilità di distacchi di valanghe lungo la via di accesso.

Caratteristiche della zona di scorrimento

La zona di scorrimento della valanga presenta una lunghezza reale di

453 m e una sezione tipicamente canaliforme, caratterizzata da alcune variazioni di substrato e pendenza.

In particolare sono distinguibili tre zone.

La zona superiore, compresa fra quota 2080 e 2030 m s.m., è caratterizzata da una sezione incassata con prevalenza di roccia affiorante. La pendenza media di questo tratto è di 36°.

Il tratto medio è invece formato da un canale più aperto con prevalenza di cotico erboso e detrito di falda a matrice media.

La quota inferiore è di 1880 m s.m. e la pendenza media è di 34°.

Lungo il tratto inferiore il canale torna ad approfondirsi presentando un substrato caratterizzato da cotico erboso coperto da detrito di falda a matrice media e grossolana. La pendenza media del tratto sino alla quota inferiore di 1832 m s.m. è di 31°.

I lati del canale sono coperti da cespugli di ontano verde con intercalati sporadici esemplari di larice ed abete rosso.

In condizioni medie di stabilità del manto nevoso la zona di scorrimento è raggiungibile, con facilità, anche in inverno.

Caratteristiche della zona di deposito

A partire da quota 1832 m s.m. incomincia la zona di deiezione e di accumulo che, in condizioni estreme, si sviluppa fino a quota 1745 m s.m. coincidente con l'alveo del torrente Aurona, attraversando a quota 1783 m s.m. la pista di sci Ornella, per una lunghezza complessiva di 213 m.

La zona di accumulo è morfologicamente caratterizzata da due sottozone.

Quella superiore, compresa fra l'inizio dell'accumulo e la pista Ornella, si sviluppa ancora all'interno del canale che in questo tratto ha una pendenza media di 25°, caratterizzato da un substrato grossolano di detrito di falda.

A valle della pista l'accumulo si sviluppa su di un versante aperto formato dal sedime delle piste "Ornella" e "Soura Sass", avente



A pg 6/7: panoramica del sito valanghivo monitorato sul Monte Pizzac.

Fig. 1: schema del sistema di monitoraggio.

Foto sopra: palo monitorato e particolare sul sensore di pressione.



una pendenza media di 23°. Nella maggior parte dei casi verificatisi, l'accumulo si è arrestato nel tratto superiore, ovvero in corrispondenza della pista "Ornella". La zona di deposito è raggiungibile anche in inverno, in quanto praticamente coincidente o molto vicina alla pista di sci.

TIPOLOGIA DELLE VALANGHE CHE INTERESSANO IL SITO

Le valanghe che si verificano con una maggior frequenza all'interno del sito sono del tipo radente di neve bagnata a fine stagione invernale e di neve asciutta o umida durante l'arco centrale della stagione invernale.

I volumi rilasciati da ciascun evento sono difficilmente determinabili causa l'inaccessibilità della zona di distacco; comunque potenzialmente l'area che può contribuire alla formazione della valanga è di circa 5750 m², e lo spessore che può raggiungere la neve, in relazione anche al fatto che l'area è asservita dal C.A.T.E.X., è variabile tra i 20 cm ed 60 cm.

Il volume al distacco può quindi variare da un minimo di pochi metri cubi ad un valore massimo di circa 3450 m³.

Generalmente la valanga tipica di

dimensioni medio-grandi implica un volume di 1500 - 2000 m³. La distanza di arresto varia a seconda che la valanga si fermi nel tratto terminale del canale e sulla pista Ornella o che attraversi la pista fino a giungere il torrente sottostante. I valori di pressione e velocità registrati dal sistema, durante i tredici eventi verificatisi, possono essere sostanzialmente divisi in due categorie: per velocità medie comprese tra i 2 e i 7 m/s la pressione varia tra le 0.5 e le 3 t/m², per velocità medie comprese tra i 16 e i 27 m/s la pressione varia tra le 6 e le 18 t/m².

CONFIGURAZIONE INIZIALE DEL SITO DI MONITORAGGIO

Originariamente, ossia nel 1993, il sito valanghivo venne monitorato con la seguente strumentazione:

- n. 3 pali in acciaio di altezza pari a 5 metri e strumentati ciascuno con n. 8 sensori di pressione;
- n. 2 pali di sostegno aventi le stesse caratteristiche dei precedenti ma non dotati di sensori di pressione;
- tutti i pali vennero collegati in testa con un cavo d'acciaio sul quale vennero installati: n. 8 sensori a vibrazione in grado di rilevare la velocità del fronte della valanga e n. 3 sensori ad ultrasuoni per la determinazione del flusso valanghivo. Lungo la fune portante venne ammorsato il cavo elettrico che collegava tutti i sensori alla centrale di acquisizione.

Il sistema è stato poi modificato ed integrato nell'estate del '95.

Nelle stagioni 1993-94 e 1994-95 sono stati acquisiti i primi dati reali circa i parametri dinamici che caratterizzano la valanga.

Tuttavia l'attenzione primaria è stata rivolta alla validazione del sistema di monitoraggio allo scopo di individuarne i punti deboli per il successivo intervento di ottimizzazione dell'estate del '95.

Nei primi anni di funzionamento fu data priorità al controllo della funzionalità del sistema e ciò ha comportato la perdita di alcune informazioni importanti relative alle condizioni al contorno di ciascun

evento quali, ad esempio, il bilancio di massa, il volume di neve al distacco e al deposito, etc..

Di conseguenza i valori di pressione e velocità acquisiti, pur interessanti, non sono stati assolutamente sufficienti per definire con precisione il comportamento dinamico della valanga.

CARATTERISTICHE ATTUALI DEL SISTEMA DI MONITORAGGIO

Generalità

Attualmente il sistema di monitoraggio è costituito da un'infrastruttura composta da sei pali d'acciaio, disposti perpendicolarmente al terreno lungo il tratto di scorrimento della valanga, in testa ai quali è tesa una fune pure d'acciaio (vedi figura a pg. 8).

Su ciascun palo sono posti 8 sensori di pressione per un totale di 48 sensori. Sulla fune di collegamento sono ammorsati 8 sensori per il rilevamento del passaggio del fronte della valanga e quindi per la determinazione della velocità dello stesso. La distribuzione spaziale dei sensori, congiuntamente all'alto numero di misure di pressione che il sistema è in grado di rilevare (24.000), permette di seguire l'evoluzione della valanga sia nello spazio che nel tempo.

I cavi elettrici di collegamento sono stati interrati e scendono, parallelamente al percorso della valanga, sino all'unità elettronica di acquisizione, memorizzazione e trasmissione dati.

In corrispondenza della centralina è stato predisposto anche il sistema di alimentazione.

Caratteristiche dell'infrastruttura su cui sono posti gli strumenti di misura

I sei pali strumentati sono composti da un profilato scatolare in acciaio avente sezione rettangolare di 25 x 35 x 1 cm ed altezza pari a 5 m. Alla base del profilato è stata posta una piastra di ancoraggio di 100 x

100 x 1,5 cm, saldata al profilato, rinforzata tramite quattro fazzoletti verticali e forata per l'inserimento dei tirafondi di ancoraggio.

La fondazione dei pali, in cls armato, di dimensioni 120 x 120 x 50 cm, è solidarizzata al terreno mediante n. 4 micropali di diametro 90 mm e lunghi 3 m.

L'estremità superiore di ogni palo è fissata mediante utilizzo di due controventi in fune d'acciaio $\varnothing$ 16 mm, ciascuno ancorato mediante un tirante di diametro 90 mm e lunghezza 4 m. Ogni palo risulta quindi essere incastrato alla base e vincolato in sommità; la struttura è quindi iperstatica.

Strumenti per la misura di pressione

La pressione dinamica esercitata dalla massa nevosa è rilevata da sensori installati sulla parte frontale di ciascun palo. Su ciascun palo, disposto perpendicolarmente al terreno, sono stati posti otto sensori ad una distanza approssimativa di 60 cm., per un numero complessivo di 48 sensori di pressione (foto pg. 9). I sensori sono di tipo meccanico dotati di trasduttore resistivo; tali trasduttori, se pur meno precisi e più difficili da tarare se confrontati con i tradizionali trasduttori a membrana, presentano comunque i seguenti vantaggi:

- uscita in tensione con consumo costante di 0.5 mA
- resistenza meccanica elevata
- insensibilità alle basse temperature
- assenza di parti elettroniche a bordo
- costo ridotto

La dimensione della superficie anteriore di contatto, per ciascun sensore, è di 78.5 cm², corrispondente ad un diametro di 0.10 m; le molle di reazione prevedono il fondo corsa di circa 200 kg a cui corrisponde un valore massimo di pressione pari a 250 kPa (25 t/m²). La taratura di alcuni sensori, scelti a campione, consente di associare a ciascuna misura di pressione un errore pari al 10%.

Il sistema è in grado di registrare, per ciascun sensore, una misura ogni 238 msec per un numero massimo di 500 misure corrispon-



denti a circa due minuti di registrazione; il numero totale dei dati in output per ciascun evento è pari a 24.000.

Strumenti per la misura della velocità

La velocità del fronte della valanga è ottenuta mediante determinazione del passaggio della massa nevosa in punti di rilevamento posti a distanze note, e ciò consente non la determinazione della velocità istantanea bensì la velocità media nel tratto compreso tra due sensori consecutivi. Oltre ai sei punti corrispondenti ai pali monitorati esistono otto sensori di velocità sospesi sulla fune aerea (fig. 1 e foto pg. 12). I rilevatori di passaggio sono

Pagina a fronte: periferica di acquisizione e trasmissione dei dati.

Sopra: evento valanghivo del 4 gennaio 1997, palo n° 6 immerso nel deposito della valanga.

costituiti da un'asta di alluminio sospesa alla fune alla quale è stato fissato un trasduttore di movimento del tipo a vibrazione. Sull'asta sono state praticate apposite giunzioni al fine di favorire la rottura in caso di eccessivo sforzo di taglio, per evitare danni al sistema. La scelta del trasduttore di vibrazione anziché di un sensore inclinometrico è stata dettata dal fatto che il primo è insensibile alle variazioni lente di inclinazione causate dal vento o dal trascinamento dell'asta dovuto al movimento lento della neve al suolo in cui l'estremità inferiore dell'asta potrebbe essere immersa.

Misura dell'altezza del flusso

L'altezza del flusso è determinabile in corrispondenza a ciascuno dei sei pali monitorati in relazione al numero di celle di pressione interessate dal fenomeno; essendo le celle posizionate ad una distanza di 60 cm si può risalire all'altezza del flusso commettendo comunque un errore al massimo uguale alla distanza tra due sensori successivi. Inizialmente furono installati tre sensori di altezza flusso ad ultrasuoni che purtroppo si sono rivelati poco pratici per il tipo di impiego specifico in quanto la parte superiore del flusso, caratterizzato spesso da emulsione di aria e cristalli di neve, non riusciva ad essere captata.

Misura delle condizioni al contorno

All'interno dell'area di distacco, allo scopo di determinare l'altezza della neve prima e dopo la partenza della valanga, sono state posizionate tre paline graduate alte 3.6 m fuori terra ed ancorate al terreno mediante tre tiranti.

I tre indicatori di altezza neve sono posizionati rispettivamente a quota 2180, 2150 e 2130 m s.m. e riportano una scala graduata gialloverde che permette di determinare, anche a distanza e in zone di sicurezza, l'altezza neve con una precisione di 20 cm.

Congiuntamente alle misure di cui sopra dovrebbero essere eseguite

una serie di osservazioni allo scopo di determinare il volume della valanga al distacco, il volume del deposito e il bilancio di massa lungo il percorso eseguite contemporaneamente a delle prove penetrometriche atte ad individuare le principali caratteristiche della neve.

Acquisizione, elaborazione e trasmissione dati

L'unità di acquisizione dati è composta da 1 CPU ISET 35 (foto pg 10) che gestisce i segnali provenienti dai misuratori di pressione e dai sensori di velocità; la capacità di memoria dell'unità è rappresentata dalle seguenti caratteristiche:

- ROM programma 64KB
- RAM del sistema 64KB
- RAM dati non volatile 128 KB
- Memory Card esterna 512 KB

Questa dotazione consente di memorizzare circa 30.000 misure analogiche a 8 bit, che corrispondono a circa 120 secondi per 56 canali.

Lo scarico dei dati è effettuato prioritariamente via radio, esiste comunque la possibilità di esportare manualmente la memory card o di trasferire tutte le misure ad un computer portatile.

Il sistema di alimentazione è fotovoltaico, dotato di tre pannelli per una potenza complessiva di 200 watt.

Le batterie tampone hanno una capacità complessiva di 300 Ah.

TARATURA DEI SENSORI DI PRESSIONE

Allo scopo di verificare la consistenza dei dati di pressione registrati dal sistema di monitoraggio a seguito di un evento valanghivo, sono state eseguite delle prove di carico su di ciascun sensore.

Ciascun sensore è stato sottoposto ad un valore di carico crescente con un incremento di 20 kg, dal valore di 20 kg (2.5 t/m^2) al valore di 120 kg (15.3 t/m^2).

La corrispondenza tra carico applicato in kg e il valore stesso espresso in t/m^2 è stata ottenuta con una



semplice proporzione rapportando l'area del sensore di pressione su cui si considera uniformemente distribuito il carico (78.54 cm^2) all'area di 1 m^2 . Essendo la neve disomogenea, con ogni probabilità la forza d'impatto esercitata da questa su piccole superfici non sarà certamente coincidente con la pressione esercitata su superfici di più grandi dimensioni e di conseguenza la relazione di proporzionalità utilizzata non sarà la soluzione ideale; d'altronde la non conoscenza del fenomeno reale ha indotto a considerare, almeno in prima approssimazione, questo tipo

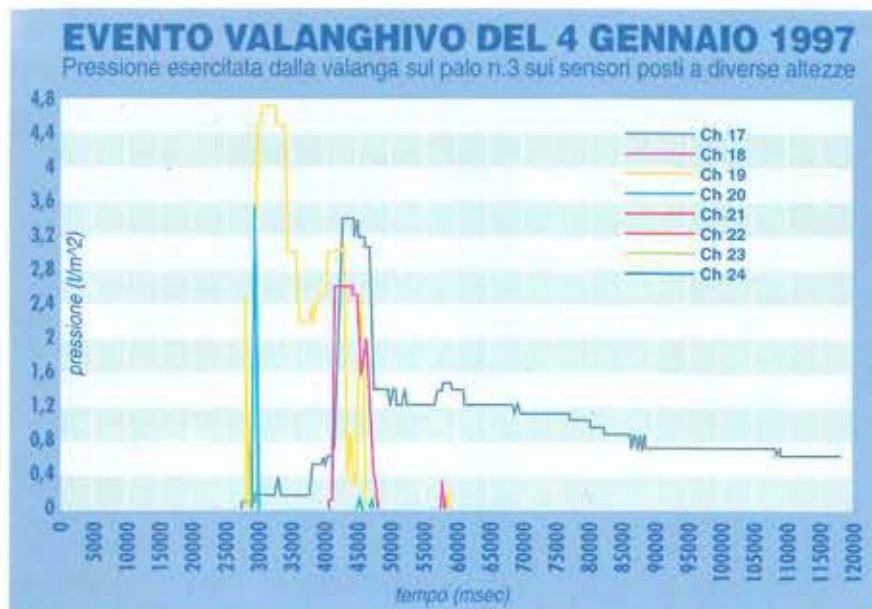


Fig 2

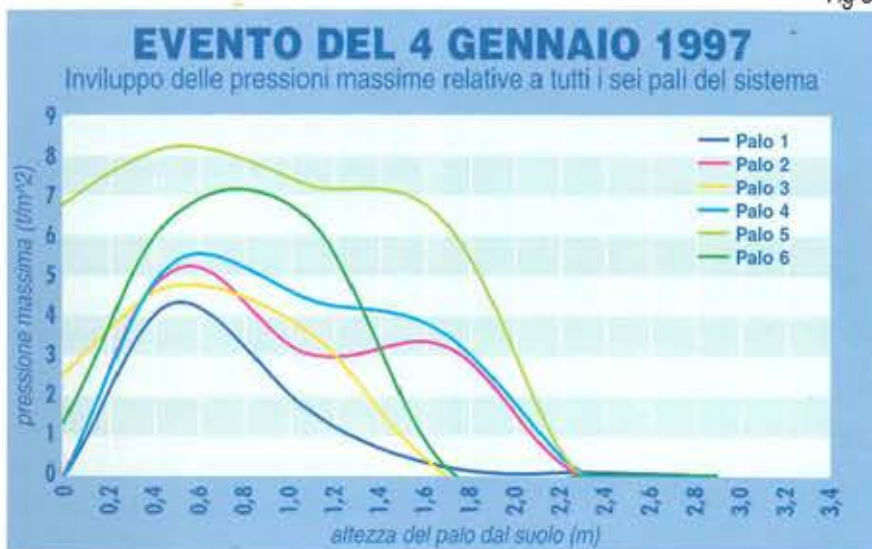


Fig 3

di distribuzione. Su ciascun sensore sono state eseguite un numero di prove variabile tra 2 e 3 (in alcuni casi 4) e l'applicazione ripetuta dello stesso carico sullo stesso sensore ha prodotto risposte talvolta notevolmente differenti. Pur non avendone la certezza, tale comportamento sembra imputabile alla velocità con cui i sensori di pressione vengono caricati e a qualche forma di attrito interno attribuibile ad un caricamento non sempre perfettamente perpendicolare del carico. D'altronde il comportamento della neve all'impatto non sarà sicuramente perpendicolare ad uniforme cosicché ipotetici errori nel posizionamento del carico al momento della taratura danno un'idea più corretta del comportamento reale dello strumento.

Errore medio associato a ciascuna misura

Per ciascun sensore ogni prova di carico è stata ripetuta generalmente tre volte e i tre valori di risposta del sistema sono stati quasi sempre differenti.

E' risultato opportuno, di conseguenza, caratterizzare il valore della risposta del sistema attraverso il valore medio delle risposte e l'errore intrinseco nelle singole misure attraverso la deviazione standard dalla media.

Per ciascuna serie di misure è stato quindi determinato un valore percentuale di errore rispetto al valore teorico corretto, notevolmente variabile a seconda del sensore considerato, con il quale è stata poi calcolata l'equazione di regressione lineare ai minimi quadrati pesati che

lega il carico applicato reale con la risposta del sistema.

Complessivamente l'errore massimo relativo ad una misura di pressione è pari al 10% del valore del carico misurato.

EVENTI REGISTRATI

Il sistema di monitoraggio del Monte Pizac è in funzione dal 1993 e in questo periodo sono stati registrati 14 eventi valanghivi di cui 12 nelle stagioni 1993-94 e 1994-95 nelle quali il sistema possedeva la configurazione ridotta (solo tre pali monitorati per un numero complessivo di 24 sensori di pressione), e 2 relativi alle stagioni 1995-96 e 1996-97 con il sistema di monitoraggio già completamente sviluppato (6 pali monitorati per un numero complessivo di 48 sensori di pressione).

Di questi 14 eventi solo 4 possono essere ritenuti sufficientemente significativi in quanto hanno interessato tutto il sito valanghivo esercitando pressioni e sviluppando velocità di notevole interesse al fine dello studio della dinamica delle valanghe. In particolare vengono riportati di seguito alcuni risultati relativi ad un evento significativo.



Pagina a fronte: sensore ad asta per la misura della velocità.

Sopra: il canale monitorato visto dal basso.



Fig 4



Fig 5



Fig 6

Evento del 4 gennaio 1997

Condizioni di distacco

L'evento esaminato si è verificato il giorno 4 gennaio 1997 alle ore 6.45, per cause naturali, come valanga di superficie a lastroni soffici di neve moderatamente umida, in seguito ad apporti di neve fresca nelle precedenti 36 ore di 35 cm di spessore. La massa nevosa staccatasi presentava in effetti uno spessore analogo a quello della neve fresca ed una densità di 100 kg/m^3 . Il distacco non ha interessato l'intera superficie di distacco del sito valanghivo bensì, per quanto si è potuto constatare, una porzione localizzata nel settore centrale ed inferiore valutata in circa 2715 m^2 e quindi per un volume pari a 950 m^3 .

Analisi dei parametri dinamici della valanga: pressione

Il sistema è in grado di rilevare per ciascun sensore un valore di pressione ogni 238 m/sec per un numero massimo di 500 misure. Il grafico di figura 2 che definisce la tipologia di output delle misure relative ai sensori del palo n. 3 ubicato a quota 1940 m s.m., si presta ad un'analisi interessante del comportamento della valanga in una determinata sezione. Generalmente i sensori più vicini al terreno sono sepolti nella neve e, di conseguenza, non risentono direttamente dell'impatto della valanga bensì vengono caricati più lentamente a causa del peso e dell'assestamento della neve che li ricopre. Sempre il grafico evidenzia questo tipo di comportamento relativamente al sensore più vicino al terreno (Ch 17 - canale di trasmissione n. 17) per il quale è marcata la particolare configurazione a gradini dovuta al progressivo assestamento della neve causato dal carico nivostatico. Viceversa per i sensori più alti (in questo caso il sensore n.20 - il quarto partendo dal terreno posto ad un'altezza di 2.2m) viene evidenziato l'istante di impatto della valanga in modo più diretto ed impulsivo. Leggermente differente ma molto significativa al fine della determinazione dell'altezza della

neve al suolo prima dell'evento valanghivo, la situazione del secondo sensore partendo dal basso (Ch. 18) che indica un apparente ritardo nell'applicazione del carico.

In realtà questo sensore era posto leggermente al di sotto del manto nevoso preesistente di una quantità piccola tale per cui non ha risentito dell'assestamento nivostatico dovuto al passaggio della valanga, fino all'istante in cui la valanga stessa nel suo progredire ha liberato la superficie del sensore.

L'analisi di questo grafico consente quindi di stimare, al di là del valore assunto dalle pressioni, anche una serie di condizioni al contorno quali: l'altezza della neve al suolo e l'altezza raggiunta dalla valanga nel suo progredire. Disegnando l'involuppo delle pressioni massime registrate da ciascun palo (fig.3) ed eliminando la parte inerente al carico nivostatico viene evidenziata una distribuzione delle sollecitazioni a campana con un massimo in corrispondenza del sensore immediatamente successivo a quello di contatto con il terreno, quindi a circa 60 cm dalla superficie del terreno o, se presente, dal manto nevoso.

Analisi dei parametri dinamici della valanga: velocità

Gli otto sensori di velocità di cui dispone il sistema sono in grado di rilevare la velocità del fronte della valanga segnalandone l'istante di passaggio, se poi, in aggiunta ai sensori di velocità, si considera l'istante di impatto sui pali monitorati allora si è in grado di individuare ben 14 valori di velocità.

In figura n.4 sono individuabili le velocità relative ai 6 pali, confermate dai sensori di velocità che hanno fornito valori analoghi; la coerenza tra i valori forniti tra le due diverse tipologie di rilevamento consente di validare entrambi i sistemi di misura. La correlazione che lega il tempo con la distanza percorsa dalla valanga è riportata nella figura n. 5 ed evidenzia come la valanga abbia subito un'accelerazione immediatamente a valle della zona di distacco, abbia mantenuto



Fig 7

velocità costante lungo tutta la zona di scorrimento ed infine abbia decelerato immediatamente a ridosso del palo n.5, ove nella realtà è stato individuato l'inizio della zona di accumulo che si è protratta fin oltre il palo n.6.

Sviluppo del profilo della valanga lungo il percorso

La ricostruzione dell'altezza raggiunta dalla valanga in base al numero di sensori sollecitati in funzione del tempo, permette di risalire al profilo geometrico della massa in movimento (fig.6) e quindi permette di visualizzare le modifiche nel tempo e nello spazio subite dal corpo della valanga.

In particolare si può notare un aumento, anche se ridotto, dell'altezza del corpo con valori massimi raggiunti in corrispondenza dei pali n.4 e n.5.

Si può inoltre notare un progressivo allungamento temporale del corpo della valanga il che non implica necessariamente un aumento di volume in quanto la sezione trasversale del canale e la velocità non sono costanti lungo il percorso. Il tentativo di ricostruzione dei volumi transitati ha messo in evidenza la necessità di rilevare con la maggior precisione possibile l'estensione trasversale dell'area occupata dalla valanga, in quanto, pur avendo planimetrato ciascuna sezione in corrispondenza ai pali, è altamente improbabile che per le sezioni più grandi, a parità di altezza della neve in corrispondenza del palo, tutta la sezione venga riempita. Il volume al deposito è stato stimato in circa 1000 m³, e di conseguen-



Sopra: misure della densità del deposito della valanga.

za il fatto che il volume al distacco corrisponda all'incirca al volume depositato esclude teoricamente la possibilità della raccolta di neve da parte della valanga lungo la zona di scorrimento.

In realtà, nel dinamismo generale del fenomeno, stante il tipo di valanga, è ragionevole ritenere che anche lungo lo scorrimento vi sia stata una raccolta di neve bilanciata da un'uguale perdita di massa.

PROBLEMI RELATIVI ALL'OTTIMIZZAZIONE DELLA GESTIONE E DELLA STRUMENTAZIONE

Perché un evento valanghivo possa essere considerato significativo ai fini dello studio della dinamica delle valanghe deve essere caratterizzato da una buona serie di dati di pressione e velocità ma anche da una serie di informazioni sulle condizioni al contorno quali: il bilancio di massa lungo il percorso, il volume di neve al distacco, il volume del deposito e le caratteristiche della neve in punti strategici. Purtroppo il difficile accesso, almeno alla parte alta del sito, immediatamente dopo un evento valanghivo a causa del pericolo di ulteriori distacchi, preclude la possibilità di raccogliere molte informazioni fondamentali per la completezza dello studio.

Inoltre i fenomeni valanghivi interessanti si verificano durante o immediatamente dopo una precipitazione e quindi in condizioni meteorologiche difficili, caratterizzate da scarsa visibilità, tali da non consentire anche la sola visione a distanza del sito.

Gli eventi a disposizione sono di conseguenza ancora incompleti, tuttavia è prevista già a breve termine l'ottimizzazione del sistema al fine di raccogliere tutte le informazioni possibili.

Uno dei principali problemi che si incontrano nella gestione di un sito di monitoraggio è rappresentato dal numero di eventi che si verificano nell'arco della stagione invernale, generalmente molto ridotto.

Il fatto che il sistema di monitoraggio

gestito dal Centro sia asservito da un sistema di distacco artificiale, dovrebbe assicurare un congruo numero di eventi; in realtà ciò avviene solo in parte in quanto il C.A.T.E.X., essendo di proprietà della società che gestisce il comprensorio sciistico, è utilizzato con finalità diverse. In particolare la Società concessionaria degli impianti opera il distacco artificiale solo qualora sussistano le condizioni di intervento previste dal piano operativo (PIDA) e tendenzialmente in orari esterni al periodo di apertura di piste ed impianti. Di conseguenza l'impossibilità pratica di assistere direttamente agli eventi preclude la possibilità di avere molte informazioni importanti sulla dinamica dell'evento.

Accanto ai problemi legati alla gestione del sistema esistono una serie di problemi di tipo tecnico legati alla tipologia del sistema. In particolare alcuni problemi si sono manifestati nella determinazione dell'istante di passaggio della valanga in corrispondenza delle aste di velocità che in taluni casi è stato anticipato (fig. 7); questi scompensi sono da attribuirsi probabilmente, o alle vibrazioni del cavo aereo su cui sono appesi i sensori, che in alcuni casi particolari sono sufficienti ad innescare il segnale di passaggio, o all'effetto "soffio" che in alcuni casi può precedere il fronte denso della valanga.

Esemplificativo il caso riportato in figura ove i sensori di velocità n. 1 e n. 7 hanno fornito un output sicuramente sbagliato; fortunatamente il grande numero di punti di rilevamento della velocità a disposizione consente di poter eliminare le informazioni errate e di avere comunque una buona caratterizzazione dell'evento.

Altro problema, questa volta legato alla determinazione della pressione, è dato dal fatto che le superfici di impatto dei sensori di pressione sono piccole rispetto le dimensioni della valanga ed influenzate dal supporto fornito dal palo su cui sono applicate.

Studi autorevoli (SCHAERER-McCLUNG 1985) hanno dimostrato che le pressioni su strutture di piccole dimensioni vengono incre-

mentate rispetto ai valori reali di impatto in quanto la grandezza tipica della particella della valanga può eccedere la grandezza del sensore; si pensa quindi di inserire all'interno del sito monitorato una struttura cuneiforme di dimensioni sufficientemente grandi in modo da individuare la correlazione tra la pressione e la superficie di impatto.

SVILUPPI FUTURI DEL SISTEMA

Le nuove esigenze tecnico-scientifiche sorte nel periodo di sperimentazione hanno indotto ad affrontare nell'immediato futuro le seguenti migliorie:

- Installazione di due telecamere sul versante opposto al sito valanghivo in grado di registrare l'evento e di rilevare le condizioni del sito al distacco e lungo il tracciato immediatamente dopo la valanga. Delle due telecamere una sarà dotata di zoom elettrico, l'altra di zoom elettrico e brandeggio motorizzato ed entrambe saranno collegate a videoregistratori.

Verrà comunque garantita la visione costante del sito su monitor presso la sede del CSVDI.

- Dei sensori di altezza del flusso saranno posti lateralmente ai sei pali strumentati e permetteranno una misura di tipo meccanico tramite contatto con la massa nevosa in movimento. Saranno costituiti da una serie di microinterruttori posti ad intervalli di circa cinque centimetri lungo l'asse del palo.

- Introduzione nel sito di una struttura di piccole dimensioni (superficie di impatto di circa 1 m^2) di forma intercambiabile (inizialmente a forma di cuneo), che verrà fissata al terzo palo monitorato e permetterà di studiare la pressione dinamica della valanga su di una superficie predeterminata. Verrà inoltre installata una piccola telecamera, che rileverà l'andamento delle linee di flusso attorno all'ostacolo durante l'evento e l'entità e la forma del deposito immediatamente dopo il fenomeno valanghivo.

- Sostituzione dell'attuale sistema di alimentazione di tipo fotovoltaico con l'allacciamento alla linea elettrica locale.

CONCLUSIONI

Da quanto sopra illustrato appare evidente che il lavoro di monitoraggio dei parametri dinamici delle valanghe è un'attività complessa e non priva di incognite. E' un'attività che offre momenti di certezza e di entusiasmo alternati a momenti di dubbio e di perplessità. E' comunque un'attività affascinante, ma richiede una programmazione a lungo termine e la disponibilità di risorse economiche e soprattutto umane.



BIBLIOGRAFIA

BUSER O., FRUTIGER H., (1980), "Observed maximum run-out distance of snow avalanche and the determination of the friction coefficients m and x ", *Journal of Glaciology*, Vol 26, No. 94, p. 121-30.

BAKKEFJ S., CHENG T., DOMAAS U., LIED K., PERLA R., SCHILDROP B. (1981), "On the computation of parameters that model snow avalanche motion", *Canadian Geotechnical Journal* 18, p. 121-130.

CHENG T., McCLUNG D.M., PERLA R. (1980), "A two parameter model of snow avalanche motion", *Journal of Glaciology*, Vol 26, No.94, p. 197-207.

MARCO O. (1994), "Instrumentation d'un site avalancheux", *Etudes - Equipements pour l'eau et l'environnement* n. 16, rapport de Cemagref.

MARTINELLI M., LANG T.E., MEARS A.I. (1980), "Calculations of avalanche friction coefficients from field data", *Journal of Glaciology*, Vol 26, No.94, p. 109-119.

McCLUNG D.M., SCHAEFER P.A. (1985), "Characteristics of flowing snow and avalanche impact pressures", *Annals of Glaciology* 6, pag 9-14.

McCLUNG D.M., MEARS A.I., "Dryflowing avalanche run-up and run-out" (1995), *Journal of Glaciology*, Vol.41, No. 138, p. 359-370.

NOREM H., KVISTERFY T., EVENSEN B.

D. (1985), "Measurement of avalanche speeds and forces: instrumentation and preliminary results of the Ryggfjonn project", *Annals of Glaciology* 6, pag 19-22.

NOREM H., KRISTENSEN K., TRONSTAD K., (1986), "The Ryggfjonn project. Avalanche data from the winter 1984-85", *NGI Report n. 58120-08*.

NOREM H., KRISTENSEN K., TRONSTAD K., (1987), "The Ryggfjonn project. Avalanche data from the winter 1985-86", *NGI Report n. 58120-10*.

NOREM H., KRISTENSEN K., TRONSTAD K., (1988), "The Ryggfjonn project. Avalanche data from the winter 1986-87", *NGI Report n. 58120-11*.

NOREM H., KRISTENSEN K., TRONSTAD K., (1988), "The Ryggfjonn project. Avalanche data from the winter 1987-88", *NGI Report n. 58120-13*.

NOREM H., KRISTENSEN K., TRONSTAD K., (1989), "The Ryggfjonn project. Avalanche data from the winter 1988-89", *NGI Report n. 58120-15*.

NOREM H., KRISTENSEN K., TRONSTAD K., (1991), "The Ryggfjonn project. Avalanche data from the winter 1989-90", *NGI Report n. 58120-21*.

SANDERSEN F., KRISTENSEN K., (1996), "The Ryggfjonn project. Avalanche data from the winter 1991-92, 1992-93, 1993-94", *NGI Report n. 58120-31*.



GENNA

Le principali caratteristiche geomorfologiche, climatiche e nivologiche delle più alte cime della Sardegna

G. Stefano Andrissi,
Via S. Giovanni, 410 - 09127 Gagliari

La necessità di più approfonditi studi sugli aspetti climatici e nivologici delle più alte montagne della Sardegna si è rivelata di primaria importanza in quanto, negli ultimi anni, hanno avuto un forte sviluppo le attività turistiche legate all'ambiente montano. In particolare l'aumento delle presenze ha riguardato i fruitori della montagna nella sua veste "invernale", grazie soprattutto al rinnovamento degli impianti di risalita, esistenti dal 1972 e danneggiati da una valanga nel 1984, ubicati sui versanti di una delle più alte cime, il monte Bruncu Spina di 1828 metri. Purtroppo questa "riscoperta", non è stata integrata da una campagna di studio sulle caratteristiche fisico-ambientali delle più alte cime dell'isola.

Nelle pagine seguenti sono evidenziate alcune delle caratteristiche relative agli aspetti climatici e nivologici, ricavate sia dai pochi dati disponibili nella letteratura, sia dall'analisi della morfologia dei luoghi che dalle informazioni raccolte presso i frequentatori abituali. Viene inoltre descritto il più grande evento valanghivo verificatosi a memoria d'uomo su queste montagne.



RGENTU



INQUADRAMENTO GEOGRAFICO

Il Gennargentu è situato nella porzione centro-orientale della Sardegna, interamente nella provincia di Nuoro, e ne costituisce il massiccio montuoso più elevato. Le cime più alte raggiungono i 1834 metri nella punta Lamarmora ed i 1828 metri nel già citato monte Bruncu Spina. Queste due elevazioni delimitano rispettivamente il settore meridionale e quello settentrionale di un allineamento, con orientazione NE-SW, di altre cime aventi quote prossime ai 1800 metri. Questo allineamento, interrotto dal valico detto Arcu e Gennargentu alla quota di 1650 metri, è contornato da numerose altre cime quali il monte Spada di 1595 metri, il Bruncu Allasu di 1701 metri e la punta Erba Irdes di 1699 metri. Numerose strade raggiungono quote elevate ed in particolare quelle per le località S'Arena nel comune di Desulo e per il Bruncu Spina nel comune di Fonni, consentono di giungere in auto oltre i 1500 metri. Gli impianti di risalita raggiungono i 1600 metri di quota a S'Arena e toccano i 1820 metri sul Bruncu Spina.



CARATTERISTICHE GEOMORFOLOGICHE

In linea di massima le caratteristiche geomorfologiche delle cime del settore più elevato del Gennargentu non differiscono da quelle tipiche dei rilievi costituiti da rocce di origine molto antica quali scisti e graniti paleozoici che per una serie di movimenti verticali recenti, terziario superiore, sono stati parzialmente ringiovaniti. Il paesaggio si presenta così privo di vette isolate, dai versanti particolarmente acclivi, anche le cime prima descritte risultano essere piccole elevazioni emergenti rispetto alle linee medie di cresta che altro non sono se non i

resti di antiche superfici di spianamento parzialmente rielaborate dall'erosione. Nel complesso si ha una morfologia simile a quella della media montagna appenninica, caratterizzata dal prevalere di pendenze dolci e ben raccordate tra loro, molto diversa da quella di tipo alpino della vicina Corsica.

Le particolari caratteristiche climatiche, (almeno per la Sardegna), fanno sì che siano molto attivi i processi crioclastici che hanno dato luogo, tra l'altro, alla formazione di alcuni piccoli argini detritici di nevaio, come pure è stata rilevata la presenza di suoli strutturati e di lembi di soliflusso. L'indagine sul terreno,



seguita alla interpretazione delle fotografie aeree, ha consentito inoltre l'individuazione di quello che sembra essere un rock glacier, ormai inattivo, ma molto importante ai fini dell'analisi paleoclimatica della zona.

Nelle valli è presente una sporadica copertura vegetale ad alto fusto fino alla quota di 1400 metri circa, costituita prevalentemente da *Quercus pubescens* (Roverella) e da *Quercus ilex* (Leccio). Lungo le piccole incisioni, nelle quali trovano il loro naturale deflusso le acque provenienti dalle numerose sorgenti o dalla fusione delle nevi, è presente spesso una copertura composta quasi esclusivamente dall'*Alnus glutinosa* (Ontano) che in alcuni casi si spinge oltre i 1600 metri. Non va dimenticata la presenza di esemplari plurisecolari di *Taxus baccata* (Tasso) e di *Ilex aquifolium* (Agrifoglio), relitti delle coperture arboree presenti in periodi con clima più freddo dell'attuale. Oltre il limite della vegetazione arborea è presente la cosiddetta "gariga", vegetazione caratterizzata da uno sviluppo prevalente in senso orizzontale, ben evidente nel diffuso *Juniperus nana* (Ginepro nano), dovuta all'azione combinata del

clima rigido ma anche allo sfruttamento intenso di queste zone per il pascolo estivo.

Sono ancora abbastanza diffuse specie quali la *Gentiana lutea*, la *Digitalis purpurea* ed il *Prunus prostrata*; quest'ultimo è presente fino in Himalaya.

CENNI SULLE CARATTERISTICHE CLIMATICHE E NIVOLOGICHE

La descrizione dei principali aspetti climatici relativi alle cime delle montagne della Sardegna non è stata ricavata dall'analisi di una serie storica di osservazioni eseguite presso una rete di stazioni di rilevamento in quanto, purtroppo, sul Gennargentu non ne sono state installate alle quote eccedenti i 1050 metri. Pertanto i dati che seguono sono il frutto di una elaborazione effettuata:

- sui dati disponibili per le tre stazioni più prossime ovvero: Fonni a 992 m, Genna Silana a 1010 m e Desulo a 895 m, opportunamente corretti in funzione del dislivello esistente tra queste stazioni e le cime;
- su una serie di osservazioni

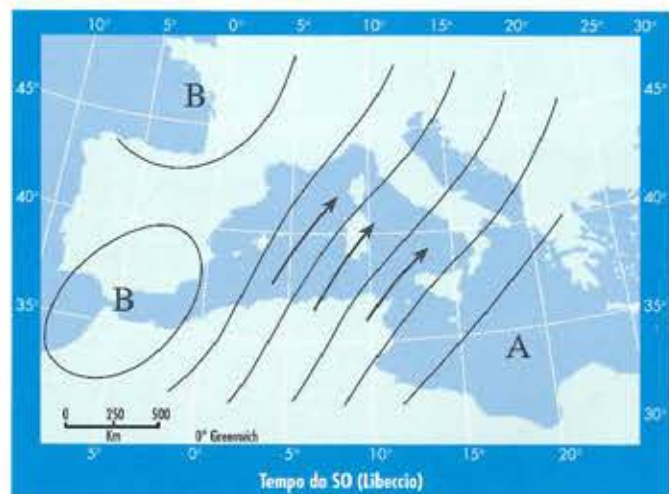
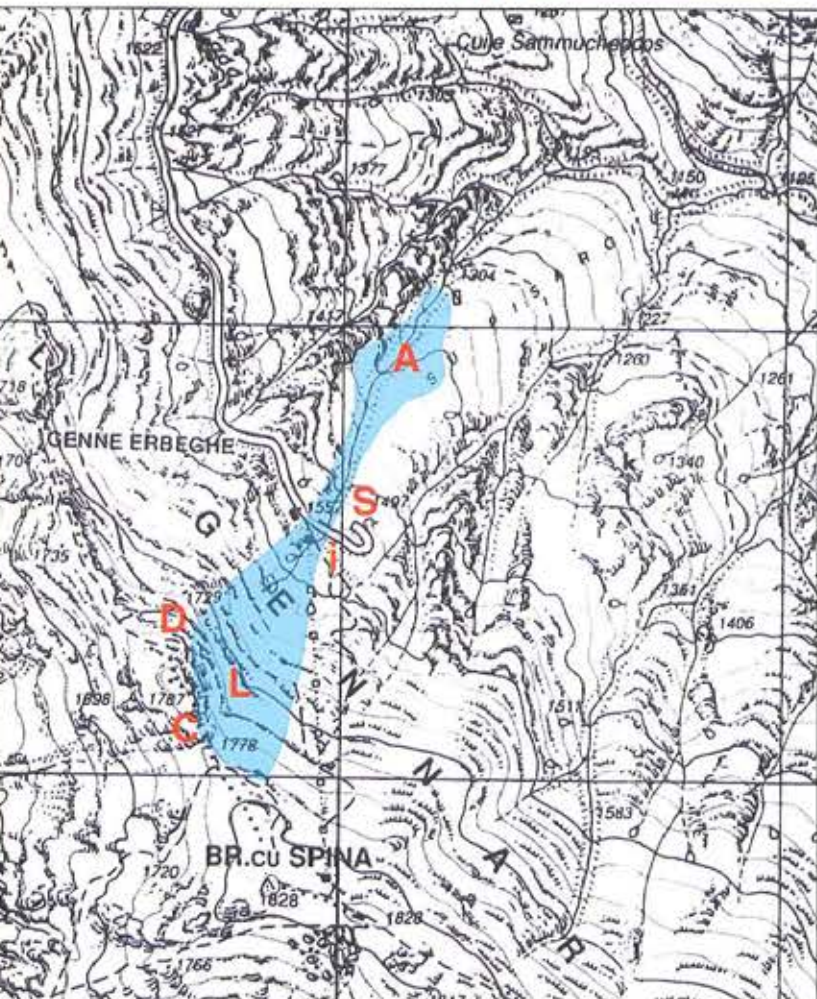
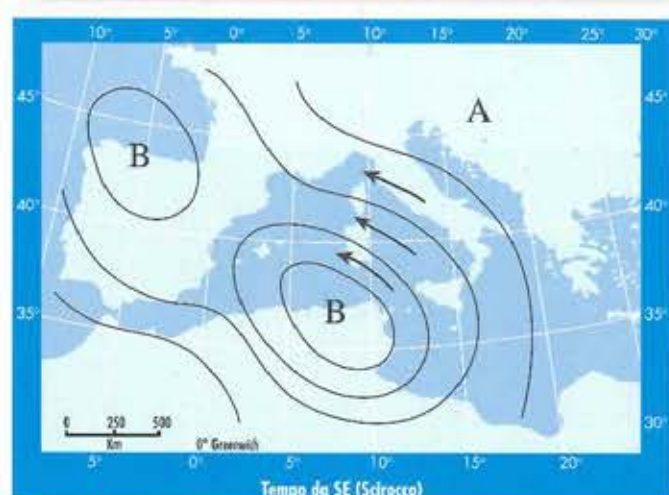
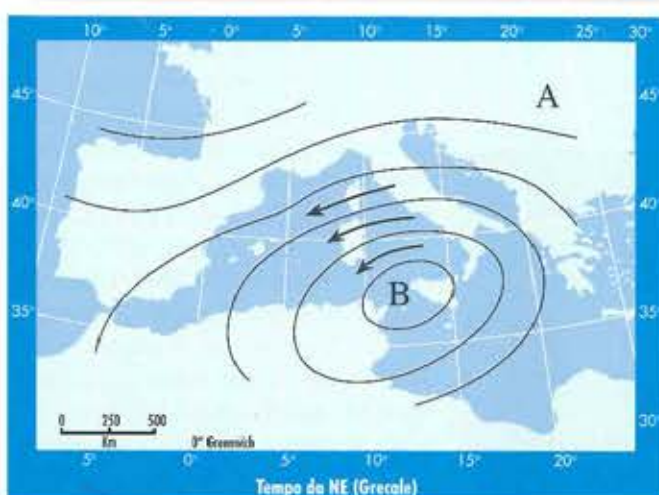
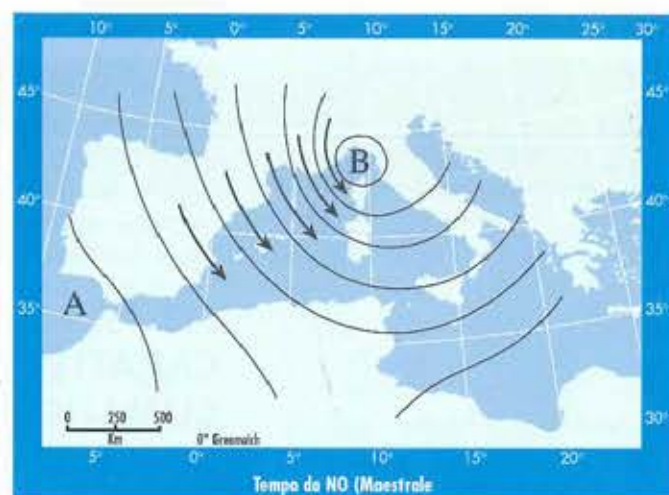
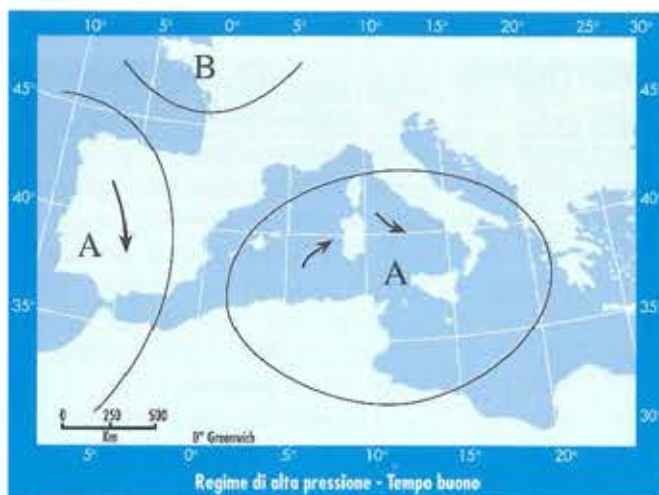
effettuate dall'autore sul monte Bruncu Spina;

- sulle testimonianze fornite dalle poche persone stabilmente presenti nelle aree considerate.

In linea di massima si può affermare che, sulle cime delle montagne sarde, è possibile distinguere due "grandi periodi", uno caldo ed uno freddo, collegati tra loro da stagioni intermedie da intendere più che altro come un prolungamento delle caratteristiche invernali nella stagione primaverile, fino ai primi di maggio, ed una abbreviazione del periodo caldo nella stagione autunnale. L'influenza dell'altitudine sui valori medi delle temperature comporta quindi un accorciamento del lungo periodo caldo tipico del clima mediterraneo a queste latitudini che, in pianura, fa sì che vengano superati frequentemente i 20° C anche nel mese di ottobre, mentre oltre i 1500 metri le minime possono già assumere valori negativi. Trascurando le caratteristiche del "periodo caldo", nel quale le temperature massime possono superare i 30° C, le minime sono prossime o poco inferiori ai 10° C così che l'escursione termica può superare i 20° C e non di rado si verificano temporali dovuti all'azione orografica, vediamo quali sono gli aspetti principali della "stagione fredda" che, generalmente, si protrae dalla seconda metà di novembre alla fine del mese di aprile.

Per quanto riguarda le temperature si può osservare come i valori medi delle minime giornaliere subiscano un costante calo da -1° C in novembre, a -3° C in dicembre, fino ai -4° C in gennaio ed in febbraio; da quest'ultimo mese si avvia un lento ma costante aumento che riporta il valore medio a -1° C in aprile. Non disponendo di registrazioni continue nel lungo periodo, non è dato sapere se i minimi assoluti siano inferiori al valore di -14° C registrato in più occasioni in gennaio ed in febbraio. Le temperature massime giornaliere si attestano su valori medi di 4-5° C nei periodi iniziali e finali della "stagione fredda" e sono prossime a 0°/-1° C nei mesi centrali. I valori massimi assoluti possono raggiungere i 12° C nei





Carte dei tipi di tempo (tratte da "L'ambiente naturale in Sardegna" ed. Carlo Delfino):

- regime di alta pressione sinonimo di bel tempo e forti escursioni termiche;
- correnti da Nord-Ovest determinano precipitazioni nevose sui rilievi e forte trasporto eolico (autunno-inverno);
- correnti da Nord-Est portano temperature sotto la media e precipitazioni nevose anche a quote basse;
- correnti da Sud-Est danno luogo a persistenti precipitazioni caratterizzate dalla presenza di "sabbia del deserto" e forte rialzo dello zero termico;
- correnti da Sud-Ovest caratterizzate dall'afflusso di aria calda e umida danno luogo a nuvolosità cumuliforme, precipitazioni abbondanti, rialzo dello zero termico e scioglimento della neve.

A fianco: rilevamento cartografico dell'evento valanghivo verificatosi nell'inverno 1984 e che ha interessato la stazione a valle dell'impianto di risalita.

mesi di gennaio e febbraio ed i 18°C in aprile. Le temperature medie, riferite alla quota di 1700 metri, si possono stimare intorno agli 0° C nei mesi di dicembre e marzo ed intorno ai -2° C in gennaio ed in febbraio.

E' importante osservare due aspetti entrambi relativi alle temperature: il primo riguarda il frequente passaggio dei valori al di sopra ed al di sotto dello zero, con l'alternarsi del giorno e della notte; il secondo è individuabile negli aumenti o nelle diminuzioni che si possono verificare in modo repentino in relazione alla provenienza ed alla tipologia delle masse d'aria che investono il rilievo. La collocazione della Sardegna nel bacino del Mediterraneo fa sì che questa, nel periodo invernale, sia attraversata da perturbazioni prevalentemente di tipo atlantico che, come è noto, determinano dapprima un richiamo di aria temperata da latitudini meridionali, alla quale fa seguito, un afflusso dai quadranti settentrionali che provoca una rapida diminuzione della temperatura. In particolare i mesi di novembre, dicembre, febbraio e marzo sono caratterizzati dai valori medi di precipitazione più elevati, circa 150-200 mm, ed in questo andamento stagionale non si discostano dalle restanti località della Sardegna. Il mese di gennaio è spesso caratterizzato da una scarsità di nuvolosità e di precipitazioni in quanto si instaura su questa area del Mediterraneo un regime di tipo anticiclonico che protegge la Sardegna dal succedersi delle perturbazioni atlantiche.

Nel periodo considerato da questa analisi (novembre/aprile) i giorni con cielo molto nuvoloso o coperto sono risultati circa il doppio di quelli con cielo sereno. E' da notare che sulle cime si verificano frequenti addensamenti di cumuli che, producendo un effetto simile a quello della nebbia, riducono la visibilità a valori non superiori a poche decine di metri. Da questo fenomeno hanno origine i suggestivi depositi di galaverna sui pali installati sulle cime che, in alcuni casi, possono dare luogo ad una "bandiera" lunga più di un metro. Naturalmente questo fenomeno perde totalmente

la sua suggestività per gli addetti all'impianto di risalita che sono costretti a liberare la fune da concrezioni del diametro di dieci e più centimetri.

Le precipitazioni nevose si verificano spesso in presenza di venti moderati o forti, così che risulta abbastanza difficile quantificarne l'intensità nelle 24 ore. In tale intervallo temporale i valori massimi misurati non superano i 50 centimetri, mentre i valori più frequenti sono compresi tra 20 e 30 centimetri. L'osservazione della neve fresca ha permesso di stabilire che i cristalli con forme ben definite e regolari, quali quelle dendritiche o a piastre esagonali, sono da considerarsi un evento eccezionale mentre la norma è costituita da cristalli irregolari, neve pallottolare, grandine e sferette di ghiaccio; più rari sono aghi e colonne.

Le caratteristiche prima descritte sono in accordo con i valori di massa volumica rilevati per la neve fresca, oscillanti tra i 150 ed i 270 Kg/mc, mentre per quanto riguarda le rilevazioni compiute negli strati depositi in precedenza si registra spesso un valore superiore ai 400 Kg/mc. Nel mese di marzo si raggiungono normalmente i valori medi più elevati dell'altezza della neve al suolo che, alla quota di 1700 metri, varia tra gli 80 ed i 120 centimetri; negli ultimi dieci anni il valore massimo misurato è di circa 180 centimetri. Va sottolineato che il frequente oscillare della temperatura sopra e sotto lo zero, determina da un lato un rapido assestamento della copertura nevosa presente sui versanti, fattore positivo, ma provoca anche, insieme all'azione del vento, la formazione di una crosta avente funzione di strato di scorrimento per i depositi successivi con relativo aumento del pericolo di eventi valanghivi. A tale proposito è utile ricordare che le valanghe, se pure non frequentemente, si verificano anche sul Gennargentu e se un tempo al fenomeno era da attribuire poca importanza per via delle scarsissime presenze invernali, oggi, per l'incolumità dei numerosi frequentatori presenti nei giorni di maggiore innevamento, va attribuita la massima attenzione.

Nell'inverno 1984 si verificò una valanga che investì parzialmente la stazione a valle dell'impianto di risalita e distrusse completamente il piccolo fabbricato ospitante il generatore di corrente (cartina a lato). Fortunatamente la strada di accesso era ostruita per le abbondanti nevicate dei giorni precedenti, così che l'area era disabitata. La ricerca della causa del distacco può essere fatta partendo dalla considerazione che ad un periodo di scarse precipitazioni, nel quale si poté formare una spessa crosta da fusione-rigelo, seguirono alcuni giorni caratterizzati da intense precipitazioni nevose e da temperature intorno a 0° C che trovarono, probabilmente, nella crosta sottostante la superficie preferenziale di slittamento. Altri eventi valanghivi di minore entità che si sono potuti registrare, sono da attribuirsi al distacco di piccoli lastroni nei versanti sottovento.

CONCLUSIONI

L'evento del 1984 deve essere considerato un "avvertimento" da prendere in considerazione affinché, tramite indagini più approfondite dal punto di vista meteorologico e nivologico, sia possibile attuare le misure idonee a garantire la sicurezza dei frequentatori invernali delle montagne della Sardegna che, come si è visto, pur non raggiungendo altezze elevate come quelle della vicina Corsica, presentano caratteristiche di "vere montagne", poco note ai più che della Sardegna conoscono la sola immagine estiva.



Campionati Mondiali di Sci Alpino Sestriere 1997

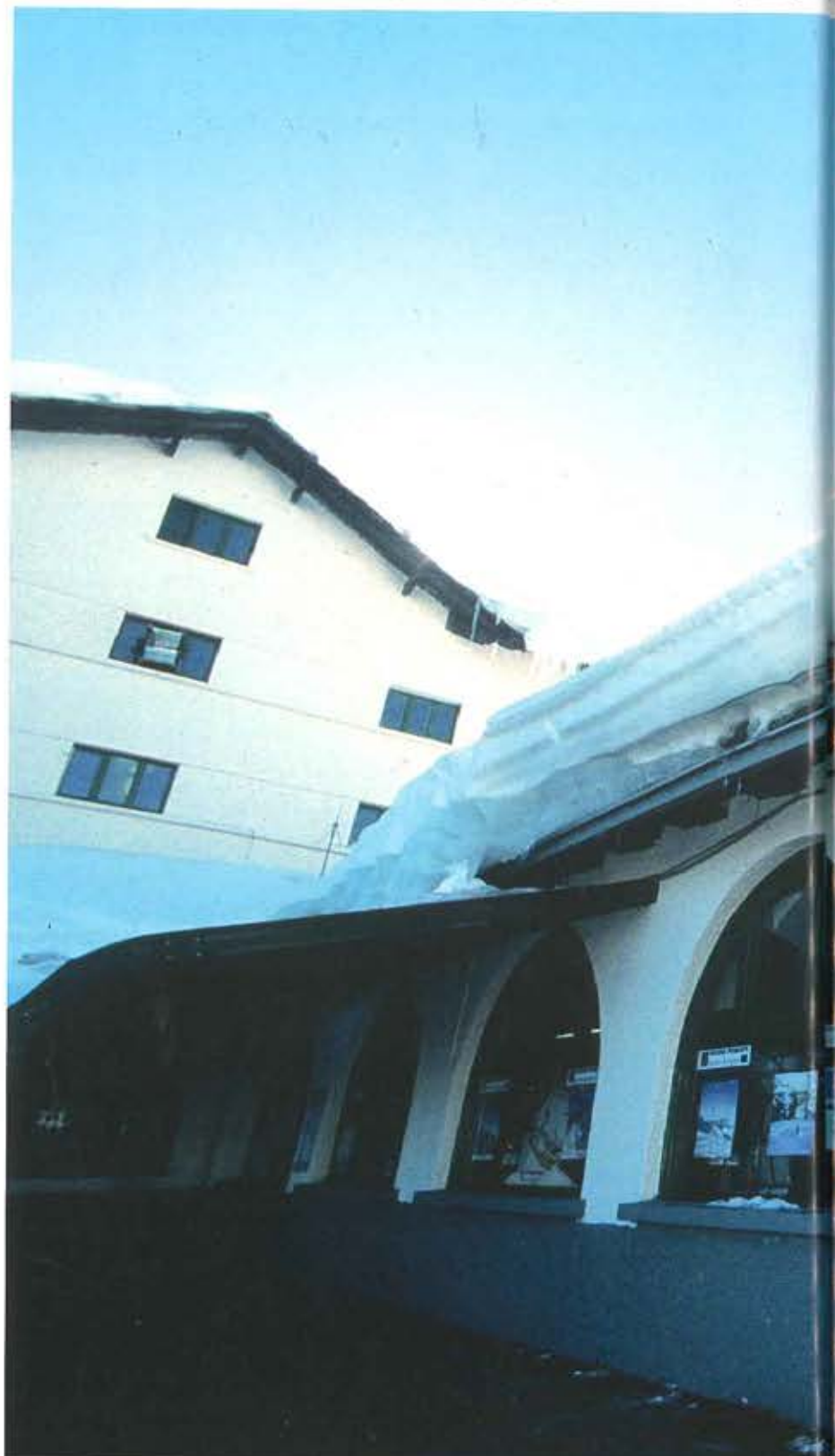
LA METE

Sintesi dell'attività di assistenza nivometeorologica

Elena Turrani e Marco Cordola
Regione Piemonte,
Sett. Prevenzione Rischio Geologico,
Meteorologico e Sismico - Torino

Paolo Bonelli
ENEL/DSR/CRAM - Milano
Renata Pelosini
ISMES s.p.a. - Seriate (BG)

Per garantire un'adeguata assistenza nivometeorologica ai Campionati Mondiali di Sci il Settore regionale per la Prevenzione del Rischio Geologico Meteorologico e Sismico ha allestito ed organizzato un'apposita Sala operativa al Sestriere. Alla Sala Meteo confluivano i dati meteorologici elaborati dai modelli numerici di previsione ad area limitata, le immagini del satellite Meteosat e i dati di monitoraggio rilevati nell'area di svolgimento delle gare e venivano emessi, a orari prestabiliti, bollettini di informazione sulla situazione nivometeorologica e sulla previsione a breve e a lungo termine. In particolare la previsione meteorologica è stata fornita da meteorologi dell'ENEL/CRAM con la consulenza dell'ISMES s.p.a., mentre le informazioni sulle condizioni della neve sono state curate dal Settore regionale. In tale campo la Regione opera da tempo attraverso la gestione e l'organizzazione delle reti di rilevamento nivometrico, manuale e automatica, costituite complessivamente da circa 80 stazioni distribuite su tutto l'arco alpino piemontese.



OROLOGIA





Fig 1

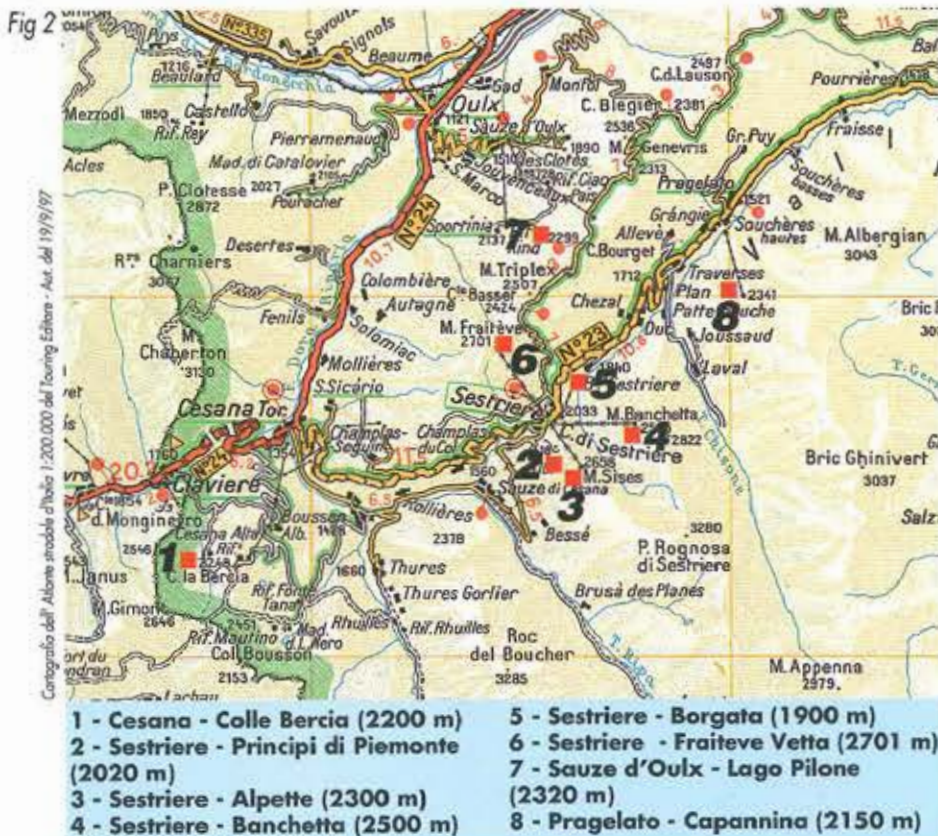


Fig 2

LA RETE METEOROLOGICA E NIVOMETRICA

Per ottenere un completo monitoraggio dei parametri meteorologici locali maggiormente rilevanti per la previsione, la Regione Piemonte ha installato, per il periodo di svolgimento della manifestazione sportiva, sei nuove centraline meteorologiche automatiche nella zona di Sestriere, che si sono aggiunte a quelle già esistenti in Alta Valle Susa (fig. 1 e 2). Le centraline hanno misurato e trasmesso via radio alla Sala Meteo del Sestriere dati semiorari relativi all'altezza e temperatura della neve, alla quantità delle precipitazioni, alla temperatura e umidità dell'aria, alla velocità e direzione vento, alla pressione atmosferica e alla radiazione solare. L'assistenza tecnica è stata fornita dalla C.A.E. s.r.l. di Bologna, ditta installatrice e responsabile della manutenzione delle stazioni meteorologiche della Regione Piemonte, che ha predisposto un sistema di acquisizione dati in tempo reale su chiamata radio diretta dalla Sala Meteo alle 6 stazioni installate nella zona del

Fig. 1: Stazione nivometeorologica automatica della rete regionale.

Fig. 2: Ubicazione delle stazioni meteonivometriche automatiche durante i Campionati Mondiali

Fig. 3: Rilevamento di dati

nivometrici: analisi della forma e della dimensione dei cristalli di neve con lente d'ingrandimento e piastrina cristallografica.

Fig. 4: Principali flussi informativi per l'elaborazione delle previsioni meteorologiche.

Sestriere per l'occasione. Presso la Sala era inoltre possibile accedere, tramite un collegamento su linea telefonica commutata, ai dati relativi a tutte le stazioni meteo presenti sul territorio piemontese, archiviati su un server Open VMS Alpha collocato presso il CSI Piemonte a Torino. Il CSI Piemonte ha curato la parte dei servizi informatici per la gestione e la trasmissione dei dati, oltre al monitoraggio continuativo, attraverso il sistema di elaborazione MARTE (Meteorological Real Time and Environmental data processing) della C.A.E., dei fenomeni meteorologici durante lo svolgimento della manifestazione. L'attività di rilevamento di dati nivologici manuali è stata invece affidata a tecnici qualificati del Consorzio Forestale Alta Valle Susa di Oulx e del Parco Naturale della Val Tronca, già collaboratori della Regione per l'attività della rete di rilevamento nivometrico, che hanno effettuato, quotidianamente e



Fig 3 in orari diversi, analisi e prove nel manto nevoso, utili sia per fornire indicazioni sulle caratteristiche fisiche della neve sulle piste di gara, sia per una valutazione areale del pericolo di valanghe (fig. 3). In particolare sono state eseguite prove penetrometriche e stratigrafiche atte a valutare, lungo una sezione del manto nevoso, per i diversi strati, i seguenti parametri: spessore, durezza, forma e dimensione dei cristalli, umidità, temperatura e densità. Con queste informazioni veniva elaborato il profilo stratigrafico della neve (fig 20), che permette di valutare indirettamente il grado di consolidamento del manto nevoso.

LA PREVISIONE METEOROLOGICA

L'assistenza meteorologica continuativa per l'intero periodo dei Campionati Mondiali di Sci è stata fornita dallo Sportello Meteorologico ISMES - ENEL, costituitosi nel 1993 dalla collaborazione di ENEL CRAM ed ISMES. La collaborazione fra le due società valorizza il patrimonio scientifico e di meteorologia operativa di ENEL CRAM, e le esperienze di società di servizi e di interfaccia con il mercato esterno di ISMES. Per l'acquisizione dei dati previsionali la Sala Meteo era collegata telematicamente al Sistema Informativo Meteorologico del Centro Ricerca Ambiente e Materiali dell'ENEL di Cologno Monzese (MI). Nell'ufficio meteo del Sestriere l'attività è stata svolta da due meteorologi ed un tecnico informatico presenti dalle 6 del mattino fino alle 20. I meteorologi si sono preparati sulla meteorologia del Sestriere studiando alcune serie di dati pregressi riferite agli inverni precedenti, inoltre l'ufficio meteo ha iniziato la sua attività alcune settimane prima dell'inizio dei Campionati. La figura 4 mostra il flusso dei dati e i centri coinvolti in Italia e all'estero. Essi sono:

- il Centro Europeo di Reading in Inghilterra (ECMWF), che trasmette i

risultati del suo modello di previsione globale;

- la rete internazionale delle stazioni di osservazione coordinata dall'Organizzazione Meteorologica Mondiale (WMO);
- il Servizio Meteorologico dell'Aeronautica Militare (SMA) che è l'unico ente preposto in Italia per la distribuzione dei dati ECMWF e WMO;
- il Sistema Informativo Meteorologico dell'ENEL-CRAM che elabora le uscite dei modelli e gestisce un suo modello a scala più piccola;
- la Regione Piemonte che gestisce la rete di stazioni meteo sul territorio piemontese;
- lo Sportello Meteorologico ISMES-ENEL, sede di Seriate, che ha messo a punto le schede delle previsioni e le associate procedure di emissione.

I dati osservati, distribuiti su una vasta area e disponibili ogni 3 ore, hanno permesso di effettuare una descrizione della situazione in atto, di comprendere le relazioni tra la circolazione a grande scala e i fenomeni locali, e di monitorare alcune situazioni particolari effettuando un'azione di nowcasting. Di particolare importanza si sono rivelati i radiosondaggi sulle stazioni situate in Francia, che hanno permesso di identificare le caratteristiche della massa d'aria che, a causa della circolazione prevalente

ASSISTENZA METEO AL SESTRIERE: PRINCIPALI FLUSSI INFORMATIVI

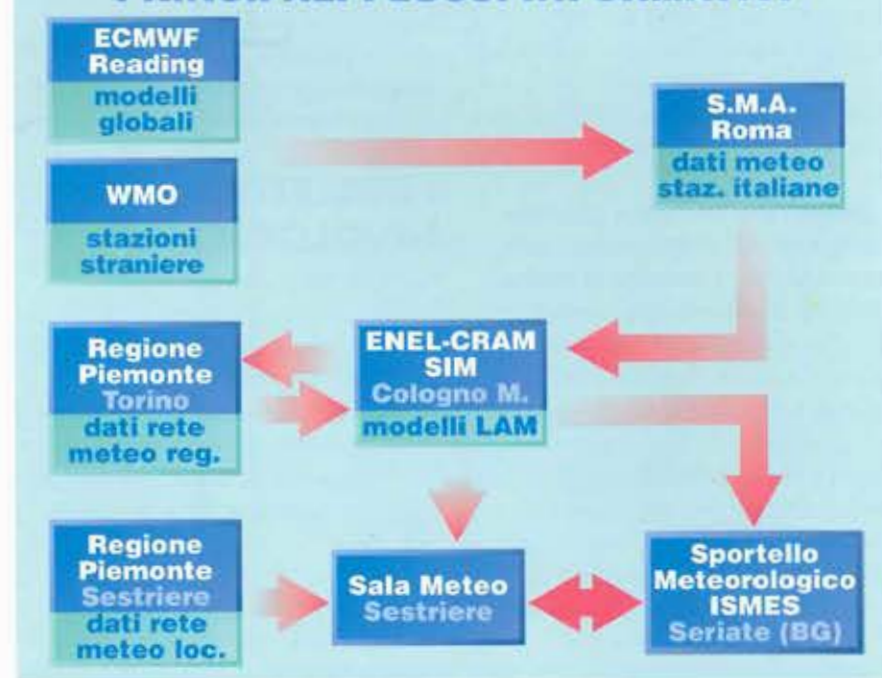


Fig 4

occidentale di quel periodo, avrebbe interessato la zona di Sestriere nelle ore seguenti.

I dati di previsione utilizzati per la formulazione dei bollettini di previsione sul sito di Sestriere si basano sui modelli meteorologici (ECMWF, modello ad area limitata MEPHYSTO operativo presso l'ENEL-CRAM, modello BOLAM del CNR-FISBAT) e su

post-elaborazioni successive dei loro risultati diretti, fondamentali per effettuare una previsione oltre le 6-12 ore.

Un apposito software di post-processing elaborava i valori previsti dai modelli sui punti griglia situati geograficamente nella zona intorno a Sestriere, formulando una previsione oggettiva sul sito. Questa previsione veniva poi verificata e modificata ulteriormente dal meteorologo in base a considerazioni soggettive.

I BOLLETTINI METEOROLOGICI

Le previsioni meteorologiche emesse dalla sala operativa della Regione Piemonte nel periodo dei campionati si articolano in quattro tipologie diverse:

- Bollettino testuale giornaliero con informazioni meteorologiche a lungo termine fino ai 5 giorni successivi

(fig. 5) contenente sia una descrizione generale dell'evoluzione meteorologica a grande scala che una previsione degli effetti più locali. Il testo era disponibile verso le ore 13, sia in lingua italiana che inglese. Base principale per la formulazione di tale previsione sono stati i campi previsti da ECMWF.

- Bollettino testuale giornaliero con informazioni meteorologiche a medio termine fino ai 2 giorni successivi

(fig. 6) contenente una descrizione generale dell'evoluzione meteorologica ma soprattutto una previsione dei parametri più locali, come ad esempio la visibilità. Il dettaglio delle informazioni, maggiore del bollettino a 5 giorni, si basava sull'uso massiccio dei modelli LAM. Il testo era disponibile verso le ore 10, sia in lingua italiana che inglese.

- **Scheda informativa divulgativa per le 18 ore successive** (fig. 7 - Previsione grafica dello stato del cielo, del vento a due quote, delle precipitazioni e della temperatura), con informazioni ogni 6 ore. Per l'intero periodo dei campionati sono stati emessi quattro bollettini al giorno (alle ore 7, 10, 13, 19 locali). I dati di previsione di base per la compilazione delle schede provenivano dal post-processing oggettivo dei campi previsti dai modelli con l'intervento del meteorologo.

- **Scheda informativa tecnica per le 18-24 ore successive** (fig. 8 - Stato di copertura del cielo - altezza e tipo di nubi per classi -, precipitazioni e carattere delle stesse - temperatura e vento a due diverse quote, temperatura superficiale della neve, altezza dell'isoterma di 0° C, altezza dell'isoterma di -10° C, umidità, umidità relativa alla quota di partenza delle gare veloci), con informazioni ogni 6 ore (emissione alle ore 7, 10, 13, 19 locali).

I bollettini testuali e le schede a contenuto grafico, che erano state progettate principalmente per i mass media ed il grande pubblico, si sono rivelate di interesse anche per l'organizzazione sia per l'orario di emissione (il primo bollettino in assoluto del giorno era la scheda informativa divulgativa, emessa alle ore 7 locali) che per il periodo di previsione più lungo contenuto nel bollettino testuale. La scheda tecnica era rivolta principalmente alle squadre e ai responsabili tecnici dell'organizzazione.

I BOLLETTINI NIVOLOGICI

Alla previsione meteorologica, fornita agli organizzatori e al pubblico secondo le modalità sopra descritte, è stato affiancato un quadro descrittivo delle condizioni d'innervamento, delle caratteristiche fisiche superficiali del manto nevoso e del pericolo di valanghe sulla viabilità d'accesso al Colle del Sestriere.

Ogni giorno alle ore 9.30 e alle 13.00, dalla Sala Meteo sono stati emessi bollettini di informazione sulle

caratteristiche del manto nevoso sulle piste di gara, e bollettini nivologici per la prevenzione del pericolo di valanghe relativi alla zona del Sestriere.

- Principalmente per i tecnici preparatori delle scialine è stato elaborato il **Bollettino di analisi del manto nevoso su pista** (fig. 9) riportante, oltre all'altezza della neve al suolo e della neve fresca alle quote di 2000 e 2500 m, una dettagliata tabella sulle caratteristiche superficiali e strutturali della neve, analizzate in tre punti di rilevamento posti a diverse quote sulle piste di gara. In particolare le misure sono state effettuate in punti prossimi alla partenza e all'arrivo delle piste, e, per lo slalom gigante e la discesa libera, anche in un punto intermedio localizzato presso pianori o cambi di pendenza dove è particolarmente importante la scorrevolezza degli sci.

Su specifica richiesta degli esperti del settore, sono stati quindi forniti i parametri fisici più importanti utilizzati per la preparazione degli attrezzi: la temperatura della neve superficiale e dell'aria, l'umidità relativa dell'aria e la forma e la dimensione dei cristalli di neve. Dato fondamentale, viste le rapide mutazioni nel tempo della materia neve, risulta anche l'evoluzione della neve superficiale; a tale scopo è stata fornita la tendenza delle trasformazioni del manto nevoso in relazione alle condizioni meteorologiche previste.

- Per il grande pubblico affluito in Valle di Susa durante la manifestazione sportiva è stato predisposto il **Bollettino Nivologico Locale**

(fig. 10) contenente informazioni sul pericolo di valanghe sui pendii innevati al di fuori delle piste battute e sulle vie di accesso al Colle del Sestriere, sulle condizioni d'innervamento nel comprensorio sciistico e sulle caratteristiche superficiali del manto nevoso. A completamento del bollettino è stata riportata una tabella di sintesi con i dati meteonivometrici rilevati dalle 8 stazioni automatiche della rete regionale, presenti nelle Valli Susa e Chisone, connesse in tempo reale con la Sala Meteo allestita al Sestriere.

Previsioni meteorologiche a lungo termine
emesse in data 2-2-1997 alle ore 13



LUNEDÌ

Un sistema frontale di origine atlantica transita sull'Europa centrale interessando marginalmente l'arco alpino occidentale. Un impulso freddo, separatosi dal sistema principale, interesserà il Golfo Ligure per spostarsi rapidamente verso SE.

Nelle prime ore del mattino si avrà nuvolosità residua di tipo alto. Nel corso della giornata aumento della nuvolosità nei livelli più bassi. Possibilità di deboli nevicate di breve durata, con riduzione della visibilità.

Venti deboli dai settori occidentali con possibile rotazione da SE alle quote più basse. Temperature massime in diminuzione. Zero termico intorno a 1700 - 1600 metri.

MARTEDÌ

Un'area anticiclonica atlantica si espande verso l'Europa determinando deboli correnti dai settori settentrionali.

Cielo generalmente sereno. Venti deboli da NW. Temperature in sensibile rialzo. Zero termico intorno a 2000 metri.

MERCOLEDÌ

Un successivo sistema frontale in transito sull'Europa centrale, interesserà solo marginalmente l'arco alpino occidentale.

Cielo poco nuvoloso, con passaggi nuvolosi medio alti. Venti deboli dai settori occidentali.

Temperature in leggero aumento. Zero termico intorno a 2000 - 2200 metri.

GIOVEDÌ

Riprende l'espansione dell'area anticiclonica sull'Europa occidentale, con correnti da NW sulle Alpi. Condizioni di cielo generalmente serene.

Venti deboli da NW. Temperature in lieve aumento. Zero termico intorno a 2200 metri.



DIS: 268.0000, via Italia 1, 20121, Cologno M. (MI), Italia
Tel. +39 031 224577 Fax +39 031 224578 Email: info@regione.pi.it

DIS: 268.0000, via Italia 1, 20121, Cologno M. (MI), Italia
Tel. +39 031 224577 Fax +39 031 224578 Email: info@regione.pi.it

Fig 5



Previsioni meteorologiche a medio termine
emesse in data 11-2-1997 alle ore 10
Meteorological forecast for the next 2 days
issued on 11-2-1997 10 a.m.

MARTEDÌ

Un fronte freddo intenso sulle correnti da Ovest interessa le Alpi occidentali nel corso della mattinata. Dal pomeriggio una debole ripresa anticiclonica tende a mutare le correnti da Nord Ovest. Continua l'apporto di aria umida atlantica e ridosso delle Alpi. Cielo sereno nella prima ora del mattino, diminuzione della nuvolosità nelle ore centrali della giornata. Dalla serata ulteriore aumento della nuvolosità alle quote medio-alte. Venti deboli da Ovest, Nord-Ovest a tutte le quote. Temperature massime in diminuzione. Zero termico intorno a 1900 metri con tendenza al rialzo.

VENERDÌ

A cold front entered in the W currents affects the Western Alps during the morning. In the afternoon, a mild renewal of the anticyclone will turn the flow from NW. The currents will continue to bring moist Atlantic air towards the Alps.

The sky will be cloudy early in the morning. Decrease of cloudiness during the central hours of the day. Further increase of high-medium cloudiness during the night. Light WNW winds at all levels. Decrease of maximum temperature. Freezing level at about 1900 metres, increasing.

MERCOLEDÌ

La parte calda di un sistema frontale in transito sull'Europa interessa l'Italia settentrionale, determinando un aumento di temperatura alle quote più alte. Correnti da Ovest continuano l'apporto di aria umida atlantica sulle Alpi.

Cielo nuvoloso nelle prime ore del mattino con tendenza a divenire irregolarmente nuvoloso. Dalla serata ulteriore graduale aumento della nuvolosità dovuto all'avvicinarsi di un fronte freddo da Ovest. Temperature minime in lieve aumento. Rialzo temporaneo dello zero termico fino a 2400 metri.

VENERDÌ

A warm front, moving over Europe, affects Northern Italy, causing an increase of temperature at high altitude. Western currents will continue to bring moist Atlantic air towards the Alps. Cloudy sky early in the morning and irregularly cloudy after. From the night the cloudiness will gradually increase due to a cold front approaching from West.

Slight increase of minimum temperature. Freezing level will temporarily rise up to 2400 metres.



DIS: 268.0000, via Italia 1, 20121, Cologno M. (MI), Italia
Tel. +39 031 224577 Fax +39 031 224578 Email: info@regione.pi.it

DIS: 268.0000, via Italia 1, 20121, Cologno M. (MI), Italia
Tel. +39 031 224577 Fax +39 031 224578 Email: info@regione.pi.it

Fig 6

Previsioni meteorologiche
emesse 13-2-1997 alle ore 19



giovedì 13 febbraio 1997



Temperatura: -2° C
Quota dello zero termico: 1400 m

Coperta, precipitazioni di debole intensità, nevicate al di sopra di 1000 m, temperature in sensibile diminuzione, venti al suolo forti provenienti da ovest, venti in quota forti provenienti da nord-ovest.



venerdì 14 febbraio 1997



Temperatura: -4° C
Quota dello zero termico: 1400 m

Coperta, precipitazioni di debole intensità, nevicate al di sopra di 1000 m, temperature in sensibile diminuzione, venti al suolo forti provenienti da ovest, venti in quota forti provenienti da nord-ovest.

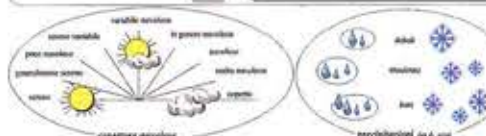


venerdì 14 febbraio 1997



Temperatura: -3° C
Quota dello zero termico: 1700 m

Cielo da nuvoloso a molto nuvoloso, temperature in sensibile diminuzione, venti al suolo forti provenienti da ovest, venti in quota forti provenienti da ovest, nord-ovest.



DIS: 268.0000, via Italia 1, 20121, Cologno M. (MI), Italia
Tel. +39 031 224577 Fax +39 031 224578 Email: info@regione.pi.it

DIS: 268.0000, via Italia 1, 20121, Cologno M. (MI), Italia
Tel. +39 031 224577 Fax +39 031 224578 Email: info@regione.pi.it

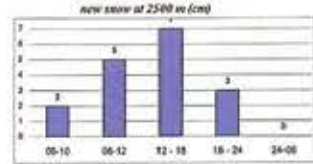
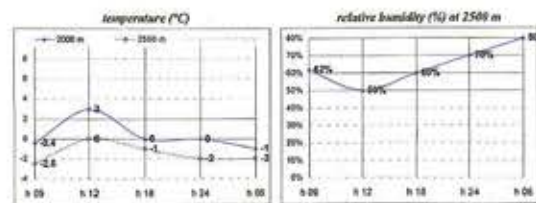
Fig 7



Meteorological data for today
issued on 14-2-1997 10 a.m.

	h 09	h 12	h 18	h 24	h 06
Cloudiness (eighths)	5	4	6	6	6
Cloud type	cirrostratus				
Cloud height	medium-high				
0°C height (metres)	1900	2000	2000	2200	
-10 °C height (metres)	3900	4200	4100	4200	
Snow (°C) 2500m	-7	-5	-8	-11	-11

Wind (m/s)	h 09	h 12	h 18	h 24	h 06
2000 m dir	calm	WNW	WNNW	WNNW	WNNW
2000 m lat		5	4	4	5
2500 m dir		WNW	NW	NW	NW
2500 m lat		11	7	9	9



Next report will be issued at 13 a.m.

DIS: 268.0000, via Italia 1, 20121, Cologno M. (MI), Italia
Tel. +39 031 224577 Fax +39 031 224578 Email: info@regione.pi.it

DIS: 268.0000, via Italia 1, 20121, Cologno M. (MI), Italia
Tel. +39 031 224577 Fax +39 031 224578 Email: info@regione.pi.it

Fig 8

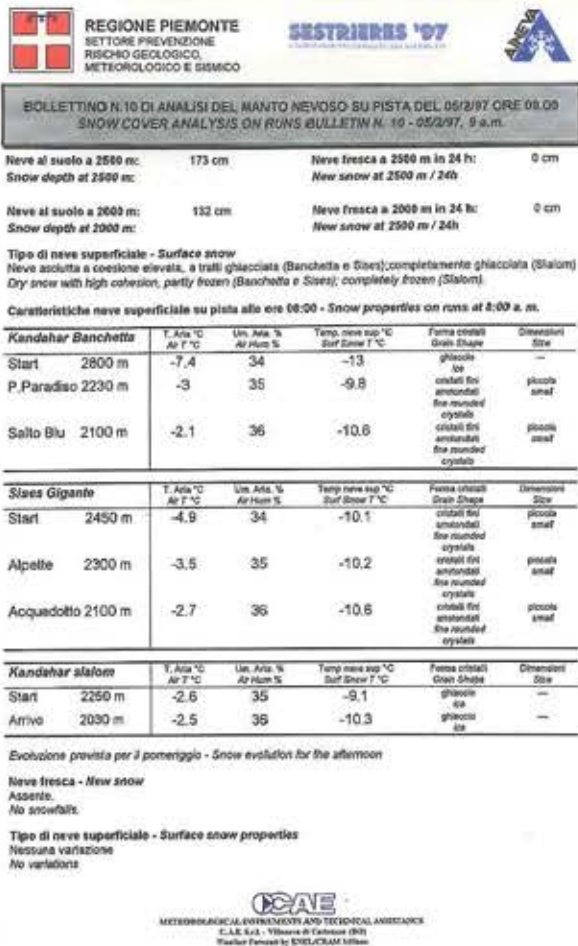


Fig 9

Fig. 5: Bollettino di previsione meteo a lungo termine (5 giorni).

Fig. 6: Bollettino di previsione meteo a medio termine (2 giorni).

Fig. 7: Scheda informativa divulgativa.

Fig. 8: Scheda informativa tecnica.

Fig. 9: Bollettino di analisi del manto nevoso su pista.

Fig. 10: Bollettino Nivologico Locale.

Fig. 11: Bollettino di analisi della durezza della neve in pista.

Fig.12: Analisi ECMWF del campo di geopotenziale (dam, isolinee ogni 2) e temperatura (gradi centigradi, isolinee ogni 2.5° C) del 5/2/97 alle ore 18UTC.

Fig. 13: Andamento della temperatura misurata dalle stazioni locali (Banchetta, Sestriere Colle, Alpette, Borgata) per il periodo 5-6/2/97.



Fig 10

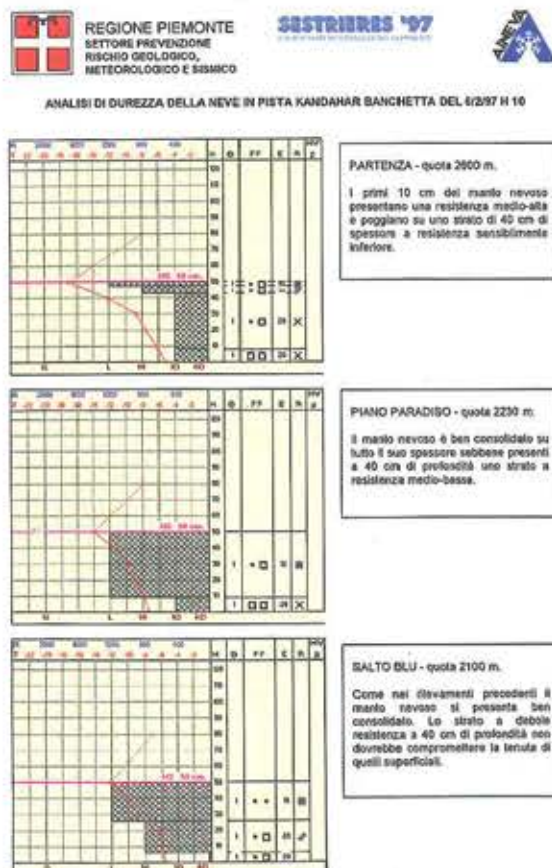


Fig 11

La diffusione dei bollettini alle diverse categorie di utenti (addetti alla sicurezza, tecnici sportivi e pubblico) è avvenuta attraverso l'affissione su bacheche appositamente predisposte nei punti del comprensorio di maggiore affluenza, via fax e per via telematica.

- Strettamente rivolti ai tecnici impegnati nella preparazione delle piste di gara sono stati i **Bollettini di analisi della durezza della neve in pista** (fig 11) emessi ogni due giorni e occasionalmente su richiesta degli organizzatori. Si tratta di profili stratigrafici della parte più superficiale del manto nevoso, ottenuti tramite il test empirico della mano, usato in nivologia per la determinazione della coesione degli strati nevosi. I rilievi effettuati a diverse quote lungo le piste di gara hanno permesso di determinare la durezza della neve strato per strato e conseguentemente di valutare lo stato di preparazione delle piste e la loro tenuta al passaggio degli sciatori.

L'ANDAMENTO METEOROLOGICO DURANTE I CAMPIONATI

Le condizioni del tempo sono state generalmente favorevoli allo svolgimento del programma di gare previsto. Durante il periodo dei campionati si sono verificate solo sporadiche nevicate di debole intensità accompagnate da forte vento, dovute al passaggio di veloci perturbazioni provenienti da Ovest. La sera del 5, tra le due manches di slalom femminile, un fronte freddo ha determinato una breve tempesta di neve con forti raffiche di vento. Nei giorni del 13 e 14 si sono avute nevicate più continue e consistenti, ma sempre inferiori a 10 cm in 12 ore; in questi giorni le nevicate ed il vento forte hanno causato una riduzione della visibilità tale da obbligare al rinvio delle gare. Per quanto riguarda la temperatura si sono avute grandi escursioni nelle giornate caratterizzate da calma di vento: le temperature massime sono salite di diversi gradi sopra gli zero gradi, mentre le



Fig 12

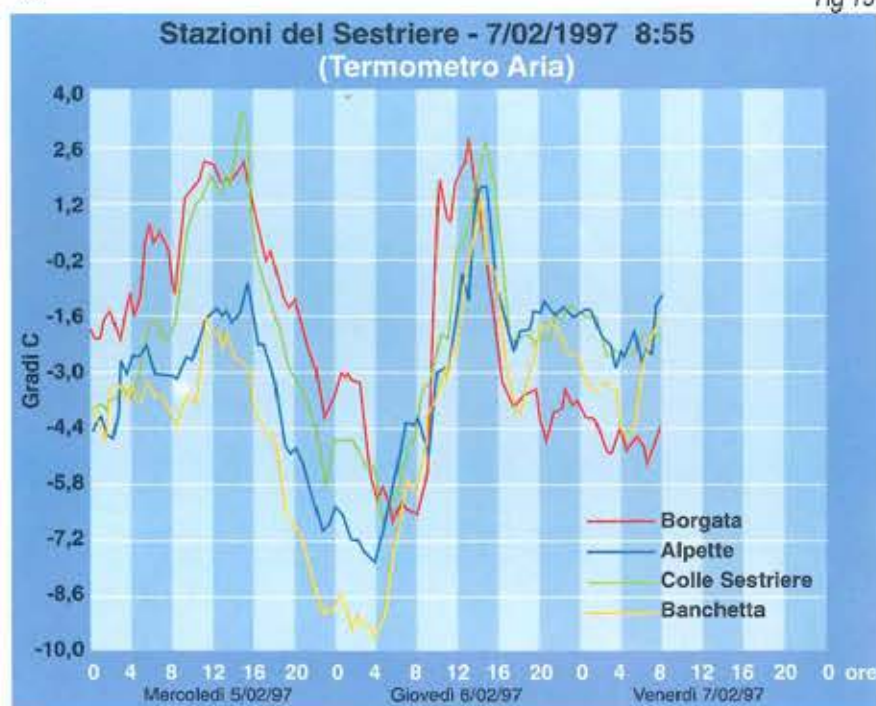


Fig 13

minime hanno sempre garantito il ricongelamento della neve sulle piste.

Il tempo sinottico ed i fenomeni locali

Il giorno di inizio ufficiale dei campionati, il 2 Febbraio, un promontorio anticiclonico, anche se in attenuazione rispetto ai giorni precedenti, interessa l'Europa occidentale determinando deboli correnti da Nord-Ovest sulle regioni Alpine. Una saccatura accompagnata da aria fredda in quota è posizionata sulle Isole Britanniche e, nel corso del giorno successivo, si sposta verso Est transitando sulla Francia. Il pomeriggio del 3 la circolazione da Nord-Ovest ruota

temporaneamente da Sud-Ovest a causa dell'approfondirsi della saccatura. Il transito di questo sistema sulle Alpi occidentali è piuttosto rapido ed è seguito dalla ripresa di una debole circolazione settentrionale anticiclonica dovuta all'espandersi sulla Francia di un promontorio allungato in direzione Est-Ovest. La presenza di questa struttura anticiclonica determina un sensibile aumento della temperatura in quota. Il flusso da Nord-Ovest permane per la giornata successiva, mentre sul Nord Europa sono presenti forti correnti occidentali sulle quali si inserisce un fronte freddo che risulta posizionato sulle Isole Britanniche il giorno 5 alle 00 UTC. Nel corso della giornata del 5 il

Aggiornamento emesso il 5/2/97 ore 18:30

Previsioni per la serata di mercoledì 5 febbraio 1997

Il passaggio di un fronte freddo sulle Alpi occidentali determina condizioni di cielo coperto con nuvolosità medio alta e venti forti con velocità di circa 30 Km/h con raffiche fino a 40 Km/h.

Deboli precipitazioni dovute a condizioni di turbolenza. Successive schiarite senza diminuzione della velocità del vento. Forte diminuzione della temperatura fino a -7°, -8°C.

Dalle prime ore del mattino generale miglioramento del tempo. Vento da Nord moderato (circa 20 Km/h)

Fig 14

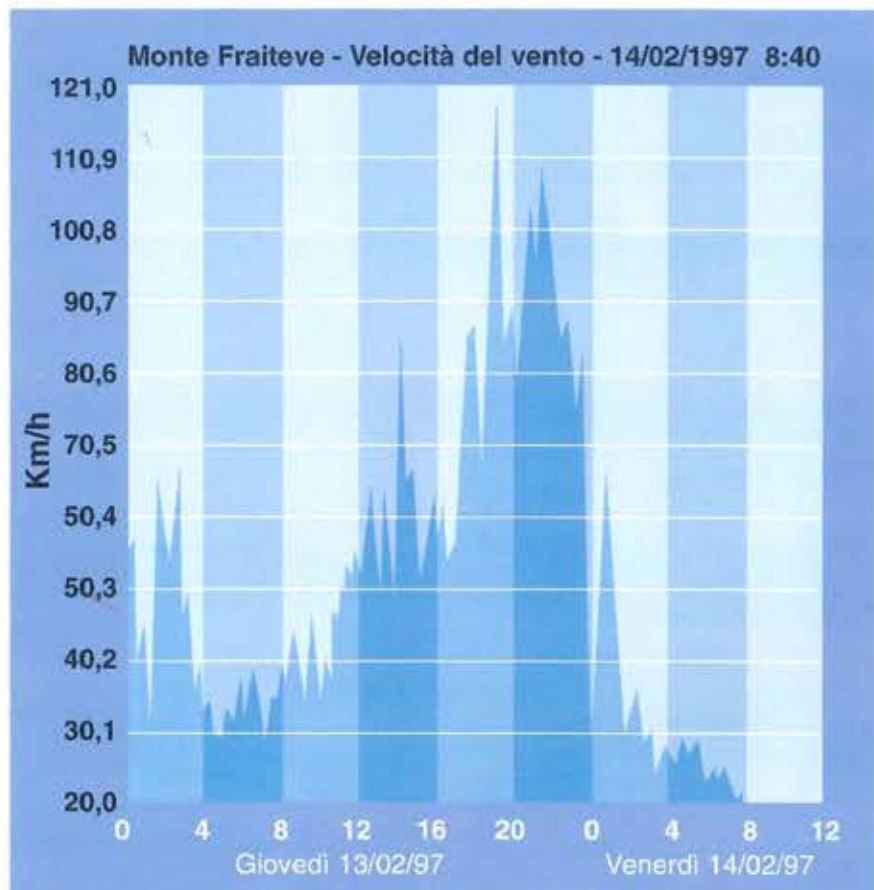


Fig 15

Fig. 14: Aggiornamento della previsione per la cabina di partenza emesso alle ore 18.30 del 5/2/97, tra le due manches dello slalom femminile, in corrispondenza dei fenomeni associati al passaggio del fronte freddo.

Fig. 15: Andamento della velocità del vento misurato dalla stazione di M. Fraiteve durante la giornata del 13/2/97.

Fig. 16: Totale stagionale (novembre-maggio) di precipitazione nevosa nel periodo 1983/84-1996/97 rilevata al Colle del Sestriere.

Fig. 17: Numero di giorni con precipitazione nevosa nel periodo 1983/84-1996/97 al Colle del Sestriere.

fronte freddo si sposta verso Sud-Est investendo la Francia. Correnti da Ovest di origine ciclonica sono presenti sulle Alpi occidentali dove si rileva un abbassamento di temperatura alle quote medio-alte. Alle ore 18 il fronte si trova immediatamente a ridosso delle Alpi occidentali (Fig. 12) sulle quali transita rapidamente nella serata (diminuzione della temperatura in quota di circa 10 gradi in 12 ore). Il passaggio del fronte determina un calo della pressione al suolo rilevata anche dalle stazioni sinottiche francesi e da quelle italiane presenti in Piemonte. Viene anche registrato un calo della temperatura in tutte le stazioni locali (Fig. 13) ed un temporaneo aumento dell'umidità relativa. Intorno alle ore 19, si è registrato anche un

aumento locale del vento e deboli precipitazioni nevose. Dal radiosondaggio della stazione di Lione già a mezzogiorno del 5 si osserva la presenza di un'intensa circolazione da Ovest a tutte le quote e di uno strato fortemente umido da 1500 a 3500 metri. Nelle prime ore della mattina del 6 le correnti sulle Alpi occidentali tornano ad essere settentrionali a causa del progressivo estendersi dell'anticiclone atlantico dalla Spagna verso l'Europa centrale. I giorni dal 6 al 9 sono caratterizzati dall'affermarsi e dal progressivo rafforzarsi dell'area di alta pressione sull'Europa centro-occidentale. La temperatura in quota aumenta di una decina di gradi a causa della subsidenza dell'anticiclone. Anche le stazioni in loco misurano un aumento della temperatura, in particolare nei valori minimi ed una diminuzione dell'umidità relativa che si mantiene mediamente sul 25%. I venti risultano molto deboli con brezze pomeridiane. I fronti freddi che durante questo periodo transitano sull'Europa del Nord non interessano neppure marginalmente le Alpi occidentali. A partire dal giorno 10 l'anticiclone si ritira verso Sud continuando ad interessare il Mediterraneo occidentale. Sull'Europa si instaurano correnti perturbate occidentali che vanno intensificandosi. Nella notte tra il 10 e l'11 il passaggio di un fronte freddo a Nord delle Alpi influenza marginalmente le regioni Nord-occidentali italiane portando condizioni di cielo nuvoloso per tutta la giornata dell'11. Le stazioni misurano un consistente aumento dell'umidità relativa (60% l'11 alle ore 8 UTC fino all'80% nella serata) e della velocità del vento. Nei giorni successivi permangono le correnti occidentali atlantiche che apportano aria umida a ridosso delle Alpi. Le stazioni rilevano un ciclo diurno nell'umidità relativa (attorno al 75% di notte ed al 40% di giorno) legato al ciclo termico. La giornata del 12 è caratterizzata da una nuova temporanea espansione dell'anticiclone che ruota le correnti occidentali da Nord Ovest, in corrispondenza di questa espansione le stazioni in loco rilevano un

anomalo massimo relativo di temperatura intorno alle 3 del mattino. Ad Ovest della Francia è presente una saccatura con un fronte freddo associato, che si avvicina alle regioni alpine durante la giornata del 13. Le Alpi occidentali continuano ad essere interessate da correnti da Ovest, Nord-Ovest, ma l'avvicinarsi del fronte freddo è rilevato dalle stazioni locali con una generale diminuzione delle temperature ed un aumento della velocità del vento (con valori massimi fino ai 60 km/h nella stazione di Alpette e fino ad 120 in quella di Monte Fraiteve, vedi Fig. 15). La temperatura massima nella stazione di Sestriere non sale oltre gli 0° C mentre l'umidità relativa rimane elevata per tutta la giornata. Nella notte tra il 13 ed il 14 il fronte freddo transita sulle Alpi Occidentali determinando una ulteriore diminuzione delle temperature (-7 gradi alle 00 UTC a Sestriere). Durante gli ultimi giorni dei campionati il vento è accompagnato da passaggi nuvolosi a quote medio-alte e da nevischio a carattere intermittente e turbolento. Le intense correnti da Nord-Ovest mostrano effetti di interazione con l'arco alpino che risultano visibili fino a 500 hPa; la stazione meteorologica di Torino Buon Pastore misura valori di pressione in calo pressoché continuo dall'11 al 15, per effetto di perdita di massa nella zona sottovento ai rilievi. Nel corso della giornata del 14 si ha una leggera attenuazione dell'intensità delle correnti Nord-Occidentali e di conseguenza del vento misurato nelle stazioni in loco (si mantiene intorno ai 30 km/h nella stazione di Alpette). Il cielo si mantiene coperto per tutta la giornata anche se l'attenuazione del vento aumenta l'escursione diurna della temperatura. L'ultimo giorno di gare una saccatura con asse sulla Spagna forza correnti da Ovest ancora piuttosto intense, anche se il vento locale risulta decisamente attenuato. La temperatura in quota subisce una sensibile diminuzione. A metà giornata le correnti da occidentali cicloniche diventano settentrionali anticicloniche a causa del rapido passaggio di un'onda saccatura-

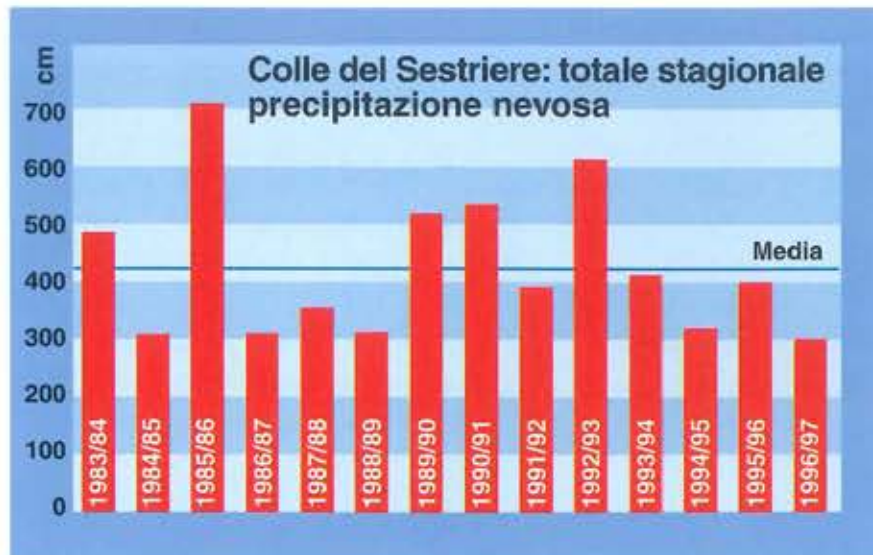


Fig 16



Fig 17

promontorio sulle Alpi. Anche l'intensità del vento misurata dalle stazioni presenti nella zona diminuisce, sia per l'attenuazione della circolazione sinottica che per l'effetto di schermatura da parte di rilievi posti più a Nord, tipico effetto riscontrabile nella zona nel caso di circolazione settentrionale.

LA NIVOLOGIA DEL SESTRIERE

Dal 1983 la Regione Piemonte rileva, nell'ambito della rete nivometrica manuale, i dati meteonivometrici al Colle del Sestriere con finalità di monitoraggio delle precipitazioni nevose e di prevenzione del rischio valanghe. Per le 13 stagioni comprese tra il 1983/84 e il 1995/96 sono stati effettuati rilevamenti a cura del Comune nel periodo novembre-maggio. Nell'anno 1996, l'installazione di 6 centraline meteorologiche automatiche, di supporto all'attività

di previsione nivometeorologica durante i Campionati Mondiali di Sci, ha permesso di sostituire il rilevamento manuale con quello automatico. La nuova stazione è posta nei pressi dell'hotel Principi di Piemonte, alla quota di 2020 metri. Dall'unione delle due serie (14 anni di dati) emergono le elaborazioni riportate nelle figure 16, 17 e 18. Tra il 1983/84 e il 1995/96 nel periodo novembre-aprile la media di precipitazione nevosa è stata di 438 cm con 42 giorni nevosi; l'anno più nevoso è stato il 1985/86 con 712 cm di neve fresca in 54 giorni (massimo apporto in aprile con 327 cm), mentre quello più povero di neve è stato il 1988/89 con 307 cm in soli 24 giorni di precipitazione. Dai grafici e dalla tabella emerge la singolarità della stagione 1996/97, in cui il valore totale di neve fresca da novembre ad aprile è notevolmente al di sotto della media del periodo di riferimento ed è

Colle del Sestriere	ANNO	NOV.	DIC.	GEN.	FEB.	MAR.	APR.	MA.	NOV-GEN	FEB-APR	NOV-APR
	1983-84	•	88	73	102	164	51	•	161	317	478
	1984-85	•	36	83	46	136	13	•	119	195	314
	1985-86	•	41	117	182	45	327	•	158	554	712
	1986-87	•	45	82	95	27	61	•	127	183	310
	1987-88	•	60	63	64	96	60	•	123	220	343
	1988-89	•	31	4	42	47	183	•	35	272	307
	1989-90	•	51	27	116	69	252	•	78	437	515
	1990-91	•	74	93	53	154	111	47	167	318	532
	1991-92	25	43	141	33	19	127	•	209	179	388
	1992-93	•	79	3	26	193	282	35	82	501	618
	1993-94	•	55	116	191	3	68	3	171	262	436
	1994-95	•	16	99	86	30	108	•	115	224	339
	1995-96	•	98	135	96	50	24	•	233	170	403
media (83-84/95-96)		25	55	80	87	79	128	28	137	295	438
1996-97		132	103	50	18	0	0	•	285	18	303

Fig 18 • dati non rilevati

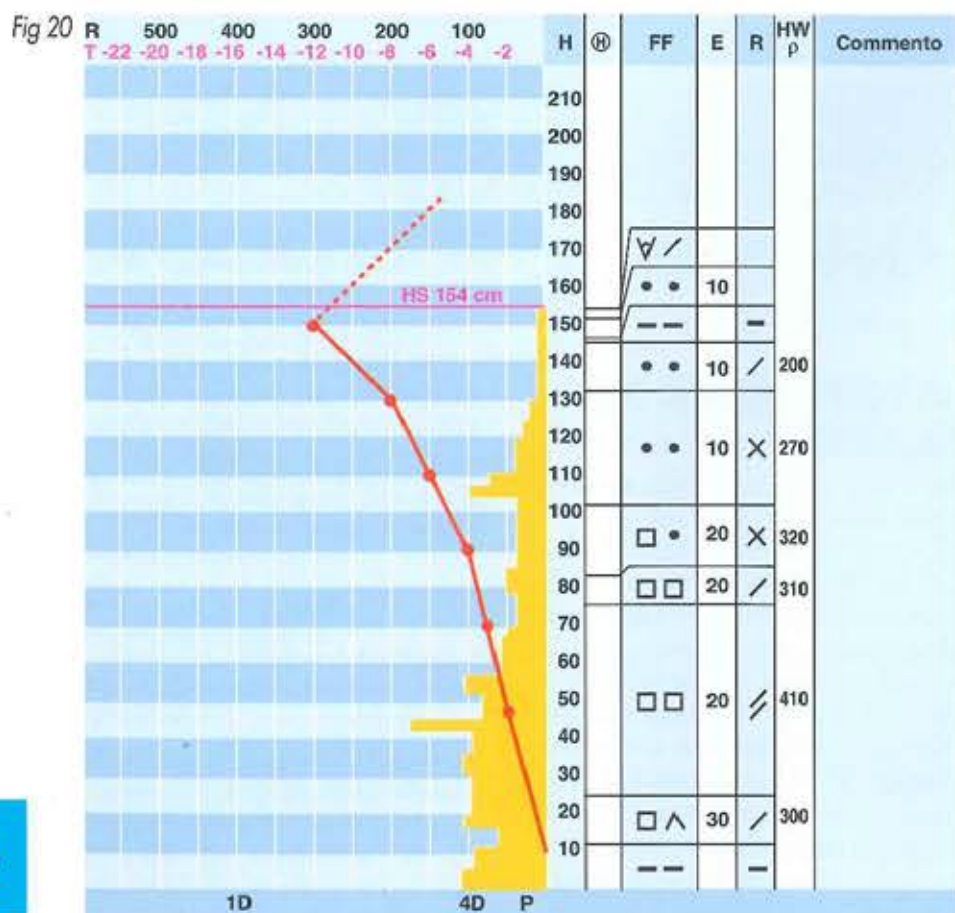
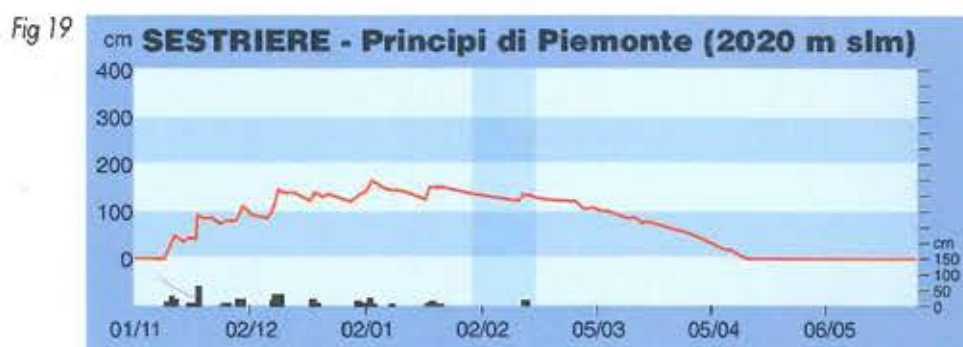


Fig 21

anche il minore della serie con 303 cm in 21 giorni nevosi.

Questo apporto, inoltre, è stato registrato quasi interamente nei primi tre mesi della stagione (285 cm tra novembre, dicembre e gennaio), come risulta dalla tabella della distribuzione mensile delle precipitazioni, mentre da febbraio in avanti gli apporti sono stati minimi (soltanto 18 cm nel mese di febbraio).

Tali dati della stagione più recente contrastano con quelli statistici secondo i quali al Sestriere nevica di più a fine stagione (mediamente 295 cm nei mesi primaverili contro i 137 in quelli invernali) ed in particolare nel mese di aprile (128 cm) che è anche il mese in cui si raggiunge mediamente la massima altezza di neve al suolo.

Per contro gli apporti invernali del 1996 risultano nettamente al di sopra della media e in assoluto i più elevati degli ultimi 14 anni. In particolare emerge l'anomalia positiva dei mesi novembre e dicembre. Tuttavia la scarsità di dati relativi al mese di novembre per le stagioni precedenti non permette di quantificare statisticamente tale anomalia. La particolarità della stagione 1996/97 è così doppiamente evidenziata, per la presenza di valori estremi rispetto alla serie di riferimento, rappresentati da massimi apporti nel trimestre novembre-gennaio e minimi apporti, quasi inesistenti, da febbraio a maggio.

L'EVOLUZIONE DEL MANTO NEVOSO DURANTE I CAMPIONATI

A fine gennaio il manto nevoso si presentava di elevato spessore e moderatamente consolidato nei suoi strati interni.

L'evoluzione degli strati superficiali (analizzata per fornire dati di riferimento ai preparatori delle scioline degli sci) è stata complessivamente modesta nella prima settimana, dal 2 al 7 di febbraio, a causa dell'assenza di precipitazioni e per il mantenimento di temperature relativamente miti, con modeste escursioni termiche.

Nella prima parte della manifesta-

zione, quindi, la neve si è mantenuta per lo più asciutta e a debole coesione, con la formazione di sottili croste da vento in quota, per una debole attività di trasporto eolico; dal giorno 8, viceversa, un marcato rialzo termico ha determinato una certa umidificazione superficiale del manto nevoso sui versanti più soleggiati durante il giorno ed uno scarso rigelo notturno.

Nei giorni dal 9 al 12 si registrano al Colle temperature quasi costantemente superiori a 0° C, che determinano una progressiva umidificazione della neve al di sotto dei 2200-2300 m di quota, con una diminuzione della durezza degli strati più superficiali che rischia di compromettere la tenuta della pista nello svolgimento delle gare veloci.

Tuttavia, le analisi di durezza degli strati superficiali effettuate sulle piste di gara (fig. 20) dimostrano che il consolidamento della neve sulle piste, soprattutto grazie alla continua opera di battitura effettuata dall'Organizzazione, è giunto ad un livello sufficientemente avanzato e stabile. Dal Giovedì 13 l'instaurarsi di tempo perturbato, con un apporto nevoso complessivo di 20 - 30 cm ca., riporta il manto nevoso a condizioni tipicamente invernali, con la formazione di importanti accumuli di neve soffiata dai venti occidentali che accompagnano la perturbazione. Per quanto concerne la struttura del manto nevoso al di fuori delle piste battute, questa è stata continuamente monitorata, sia attraverso l'esecuzione di prove penetrometriche e di analisi stratigrafiche (fig. 22) sia attraverso la valutazione diretta della stabilità (fig. 21).

I risultati di queste prove sono stati sempre confortanti per valutare il grado di consolidamento dei singoli strati ed il grado di coesione che li teneva uniti: queste condizioni si sono mantenute stazionarie per tutto il periodo di svolgimento dei Mondiali, determinando tutt'al più la possibilità di piccole valanghe dai versanti più ripidi e soleggiati, ma senza mai determinare situazioni di rischio per la viabilità d'accesso al Colle o di controindicazioni per la pratica dello sci fuoripista.



Fig. 22

Fig. 18: Totale mensile e stagionale di neve fresca (novembre-maggio) nel periodo 1983/84-1996/97 rilevata al Colle del Sestriere.

Fig. 19: Altezza della neve al suolo e quantità giornaliera di neve fresca registrate nel periodo novembre '96 -maggio '97 alla stazione di Sestriere, Principi di Piemonte.

Fig. 20: Stratigrafia del manto nevoso rilevata il 4/2/97 a Sestriere in loc. Vallonas (2110 m).

Fig. 21: Test del blocco di scivolamento effettuato in località Monte Sises (2300 m).

Fig. 22: Rilevamento di dati nivometeorologici: misura della densità della neve con tuba carotatore e dinamometro.

PRECIPITAZIONI SULLE ALPI ORIENTALI

**Analisi dei dati raccolti in oltre
70 anni di rilevamento da tre
osservatori climatologici**

Anselmo CAGNATI,
Alberto LUCCHETTA e
Mauro TOLLARDO
del Centro Sperimentale
Valanghe e Difesa Idrogeologica
della Regione del Veneto
Arabba di Livinallongo - (BL)







Dal punto di vista climatico la regione alpina rappresenta un insieme di varie realtà molto differenti tra loro, ciascuna caratterizzata da fattori su grande scala, come la latitudine o la presenza di mari relativamente caldi a poche centinaia di chilometri, e rese uniche, a livello di microclima, da un gran numero di altri elementi come l'orografia delle vallate o l'esposizione rispetto ai raggi solari.

La distribuzione della precipitazione in un territorio così particolare per la ricchezza di differenti microclimi non può che essere complessa, e l'orografia ne è un fattore fondamentale. Infatti le Prealpi rappresentano il primo ostacolo alle correnti calde ed umide meridionali tipiche nelle situazioni di tempo perturbato, con conseguente sollevamento forzato e precipitazione. Ne consegue l'elevato valore di precipitazione annua rispetto al settore più settentrionale.

La presenza della valle del Piave, superato il primo settore prealpino, con una vasta regione posta a 300/400 m di quota con orientazione da est nord-est a ovest sud-ovest, determina un calo della pluviometria (per l'assenza del sollevamento) che tende nuovamente ad aumentare se ci si inoltra, verso nord, nel secondo "fronte" prealpino. L'effetto della sollevazione

delle correnti calde meridionali tende ad esaurire il proprio effetto man mano che si prosegue verso settentrione, ritrovando valori medi di precipitazione relativamente bassi. Tuttavia questo quadro è reso più complesso da altri fattori locali, in parte legati all'orografia, come la conformazione, l'orientazione e l'ampiezza delle vallate. Nel presente lavoro si è cercato di individuare delle caratteristiche comuni nelle banche dati di alcune stazioni di rilevamento della precipitazione poste nel settore prealpino ed alpino, sottolineando in modo particolare le tendenze complessive nel periodo analizzato (circa settanta anni) sia per quanto riguarda il dato annuo che per i valori stagionali. Dopo una prima presentazione delle stazioni scelte e dell'andamento pluviometrico, verranno forniti i parametri statistici calcolati sull'intera serie storica.

sti-
che
comuni
nelle banche
dati di alcune
stazioni di rilevamento della precipitazione
poste nel settore prealpino ed alpino, sottolineando in modo particolare le tendenze complessive nel periodo analizzato (circa settanta anni) sia per quanto riguarda il dato annuo che per i valori stagionali. Dopo una prima presentazione delle stazioni scelte e dell'andamento pluviometrico, verranno forniti i parametri statistici calcolati sull'intera serie storica.

SCELTA DELLE STAZIONI

Il primo passo per lo studio della pluviometria della zona in considerazione è stata l'individuazione di stazioni meteorologiche che disponessero di una serie storica sufficientemente lunga e completa da prestarsi a delle considerazioni statistiche. Un fattore discriminante ulteriore è stata l'esigenza di rappresentare in modo abbastanza completo le diverse realtà climatiche presenti nel territorio in esame: le Prealpi, con cime che raggiungono i 1200/1600 m, la valle del Piave e il settore delle Dolomiti, con montagne che superano i 3000 m di quota.

Con i criteri sopra citati e considerato l'esiguo numero di stazioni a

disposizione, sono state scelte le stazioni di: Arabba di Livinallongo, Auronzo di Cadore e Arsìe.

Le prime due sono rappresentative del settore alpino e denotano delle caratteristiche climatiche differenti: Arabba si trova nella parte più settentrionale della valle del Cordevole ad una quota di 1600 m mentre Auronzo di Cadore si estende lungo l'omonimo lago a 864 m sul livello del

mare.

Arsìe rappresenta il limite occidentale della Valbelluna situato nelle vicinanze del lago di Corlo a 314 m sul livello del mare.

La serie storica di Arabba inizia nel 1925 e si protrae fino ai giorni nostri; è da notare tuttavia che i dati fino al 1993 sono stati rilevati dal Magistrato alle Acque di Venezia (stazione posta nel fondovalle ad una quota di 1621 m), mentre il periodo che va dal 1994 ai giorni nostri deriva da una centralina automatica della Regione Veneto.



Fig 1

C.S.I.M. di Teolo (PD), posta ad una quota superiore (1630 m), sul versante esposto a sud. Disponendo di un periodo di 3 anni di funzionamento simultaneo si è potuto confrontare i dati provenienti dalle due stazioni, valutando le discrepanze in ciascun mese.

Analogamente al caso di Arabba la serie storica di Auronzo di Cadore consta di due periodi: il primo inizia nel 1923 e termina nel 1993 con i rilevamenti effettuati dal Magistrato alle Acque di Venezia, mentre dal 1994 al 1996 i dati derivano da una centralina automatica della Regione Veneto-C.S.I.M. di Teolo (PD). La quota di entrambe le stazioni è di 864 m. Anche in questo caso è stato possibile confrontare i dati attraverso un periodo di funzionamento simultaneo di 5 anni.

Infine la serie storica di Arsìe (Magistato alle Acque di Venezia dal 1926 al 1994) comprende dal 1995 in poi i dati rilevati dall'E.N.E.L.. In questo caso, non disponendo di periodi di funzionamento simultaneo, non è stato possibile stimare eventuali discrepanze nelle registrazioni.

ELABORAZIONE DEI DATI

Nella tabella (fig 2) sono riportati i valori medi decennali e relativi all'intero periodo di osservazione delle tre stazioni in considerazione. (Si noti che la stagione invernale comprende il mese di dicembre dell'anno precedente).

RAPPRESENTAZIONE GRAFICA

Le figure da 4 a 9 riportano l'andamento delle medie decennali delle precipitazioni sia per quanto riguarda il cumulo annuo sia per l'apporto stagionale.

Nel primo caso (fig.4, 6 e 8) risulta evidente l'andamento comune, con dei massimi corrispondenti ai periodi 1927-1936 e 1957-1966, mentre in ciascuna stazione le medie degli ultimi tre decenni si pongono decisamente sotto o nei pressi dei valori di riferimento. Lo scarto tra le medie 1937-1966 e 1967-1996

risulta di 124 mm e 144 mm nelle stazioni di Arabba e Auronzo rispettivamente, mentre ad Arsìe si attesta a 51 mm (vedi fig. 3). I grafici relativi alle varie stagioni, consentono di mettere in luce la ripartizione della precipitazione in funzione delle stagioni e, talvolta, di evidenziare tendenze differenti in diversi periodi dell'anno.

Gli inverni dell'ultimo decennio forniscono una media del cumulo stagionale molto bassa, facendo registrare, al contrario del decennio precedente, i minimi assoluti negli osservatori di Arabba ed Auronzo (110 mm e 119 mm rispettivamente) nel periodo in considerazione, con uno scarto rispetto alla media di 50 mm circa nelle tre stazioni (fig. 2, 5, 7 e 9).

Un andamento analogo viene rilevato anche nella stagione primaverile con un deficit di 50 mm circa. Si noti il valore molto elevato per il periodo 1927-1936 in ciascun osservatorio, in particolare

Valore medio del cumulo annuo e stagionale

in mm

		anno	inverno	primavera	estate	autunno
ARABBA	1927-1936	1207	152	325	358	365
	1937-1946	1119	140	279	412	291
	1947-1956	1138	197	263	392	290
	1957-1966	1213	177	260	391	380
	1967-1976	1016	135	260	354	270
	1977-1986	1092	200	314	328	251
	1987-1996	991	110	208	373	296
AURONZO	1927-1936	1292	151	371	358	409
	1937-1946	1088	128	258	411	292
	1947-1956	1222	212	271	388	353
	1957-1966	1348	192	271	439	438
	1967-1976	1066	146	286	337	300
	1977-1986	1070	214	268	340	253
	1987-1996	1089	119	228	374	366
ARSÌE	1927-1936	1600	255	536	349	450
	1937-1946	1226	171	316	359	384
	1947-1956	1293	216	333	354	385
	1957-1966	1539	270	364	383	516
	1967-1976	1315	230	337	373	378
	1977-1986	1363	352	377	291	349
	1987-1996	1225	177	305	361	377
ARSÌE	1926-1996	1366	239	369	352	406

Fig 2

MEDIE TRENTENNALI

(in mm)

	anno	inverno	primavera	estate	autunno
ARABBA					
media 1927-1966	1157	171	267	398	320
media 1967-1996	1033	148	261	352	273
differenza	124	23	6	46	48
AURONZO					
media 1927-1966	1219	177	267	413	361
media 1967-1996	1075	160	260	350	306
differenza	144	17	6	62	55
ARSÌE					
media 1927-1966	1353	219	338	366	428
media 1967-1996	1301	258	340	342	368
differenza	51	-34	-2	24	60

Pagina a fronte: sede del Centro Sperimentale Valanghe e Difesa Idrogeologica di Arabba.

Fig.1: ubicazione delle stazioni pluviometriche scelte per lo studio sui dati di precipitazione.

Fig 3

Fig 4

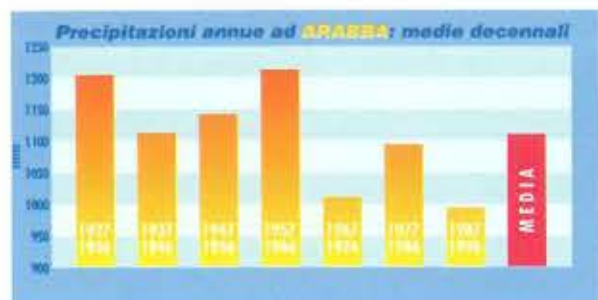


Fig 5



Fig 6

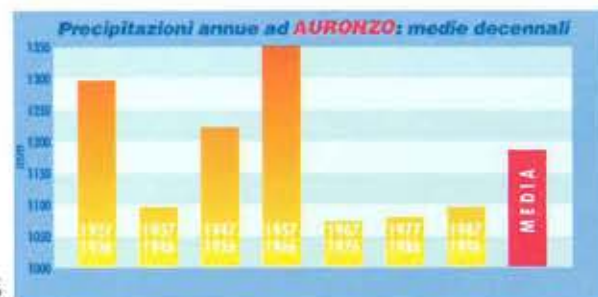


Fig 7



Fig 8



Fig 9



ad Arsie (536 mm).

L'estate mostra un valore inferiore ai valori di riferimento nella decade 1977-1986 mentre nell'ultima il dato rientra sostanzialmente nella media.

Infine spicca nei grafici relativi alla stagione autunnale il valore molto elevato del decennio 1957-1966 (fig. 2, 5, 7 e 9).

I valori della deviazione standard calcolata sulle medie decennali indicano che la stagione autunnale e primaverile nelle stazioni di Arabba ed Auronzo denotano un carattere di variabilità molto più accentuata rispetto all'inverno e all'estate, mentre ad Arsie tale caratteristica è da attribuire alla primavera ed inverno rispettivamente.

Gli scarti comuni maggiori si riscontrano nella stagione estiva ed autunnale mentre è da notare che la stagione invernale registra valori medi opposti in segno tra Arabba-Auronzo e Arsie.

SCARTI CUMULATI NORMALIZZATI

Con la rappresentazione fornita sopra, attraverso le medie decennali, non è spesso possibile intuire le reali tendenze che agiscono nella serie dei dati. Questo perché spesso all'interno di una serie storica agiscono tendenze o periodicità non confrontabili con un intervallo di tempo di dieci anni e nascosti dall'arbitraria scelta degli anni su cui la media è stata eseguita.

Per avere quindi una visione più particolareggiata è utile rappresentare l'andamento pluviometrico annuo e stagionale attraverso gli scarti cumulati normalizzati (vedi fig. da 11 a 17).

La pendenza positiva (risp. negativa) della curva in un punto nel grafico indica un valore di precipitazione maggiore (risp. minore) rispetto alla media in quell'anno mentre l'ordinata del punto è proporzionale agli scarti cumulati fino all'anno in considerazione.

I grafici relativi al cumulo annuo (fig. 11, 13 e 15) evidenziano periodi comuni nell'andamento nei tre osservatori: una tendenza crescente

della curva fino alla fine degli anni trenta, di seguito una diminuzione fino al 1949, che si protrae fino alla metà degli anni cinquanta nella stazione di Arsìe. I massimi successivi vengono raggiunti tra il 1966 e il 1968, di seguito la curva decresce, tranne in un intervallo nella seconda metà degli anni settanta, fino ai giorni nostri.

I grafici sembrano sottolineare la presenza di ciclicità (si veda pure la media mobile a nove termini nei grafici nelle figure 18, 23 e 28). Di seguito esporremo i risultati della ricerca di componenti periodiche nelle serie storiche in esame. Gli andamenti stagionali denotano molte analogie tra le stazioni, in modo particolare nella stagione primaverile che presenta un massimo comune nel 1937 e un lento decremento fino ai nostri giorni.

RICERCA DELLE TENDENZE: CUMULO ANNUO

Come passo successivo si è cercato nelle serie storiche a nostra disposizione la presenza di trend significativi e, attraverso il metodo della regressione lineare, abbiamo stimato i valori della pendenza e dell'intercetta della retta interpolatrice; tuttavia, come si nota anche dai grafici, sembra che una curva polinomiale di grado maggiore spesso descriva meglio la distribuzione dei dati.

I grafici, oltre alla linea di tendenza, riportano anche la media mobile condotta su nove termini, spesso utile strumento per intuire l'andamento dei dati in periodi pluriannuali. I parametri calcolati relativi alla pendenza, intercetta e coefficiente di correlazione lineare (tra parentesi il livello di confidenza) per ciascuna stazione sono riportati nella figura 17 (vedi inoltre fig. 18, 23 e 28). La tendenza comune nel cumulo annuo è negativa, con una pendenza di -3.6 mm/anno per le stazioni di Arabba e Auronzo e di -2.9 mm/anno per Arsìe. Tali valori forniscono un calo in 71 anni di rispettivamente 256 mm, 256 mm e 206 mm, pari al 23%, 22% e 15% rispettivamente.



Fig 10



Fig 11



Fig 12



Fig 13



Fig 14



Fig 15

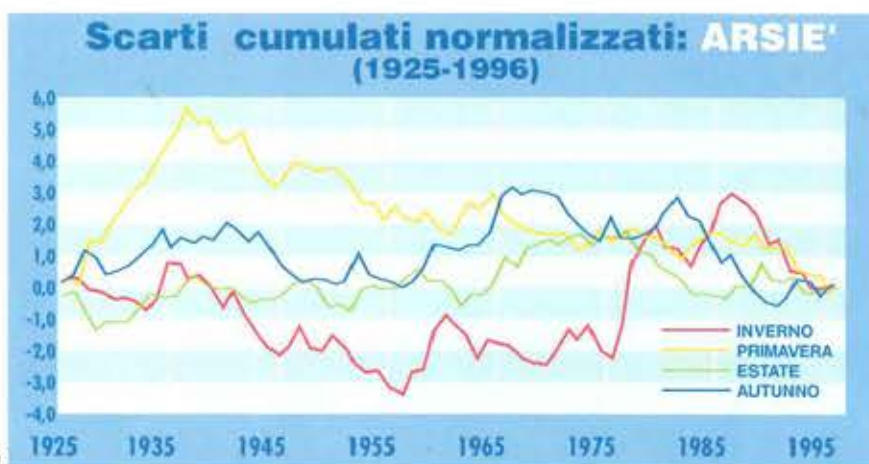


Fig 16

CUMULO DELLE PRECIPITAZIONI ANNUE (in mm)

Stazione	pendenza mm/anno	intercetta mm	r
Arabba 1925-1996	-3,6	8136,9	-0,38 (1%)
Auronzo 1923-1996	-3,6	8190,1	-0,34 (1%)
Arsiè 1926-1996	-2,9	7115,9	-0,24 (5%)

Fig 17

Come risulta evidente dai grafici, i dati denotano un andamento più complesso rispetto alla linearità; in particolare l'analisi della media mobile (vedi fig. 18, 23 e 28) suggerisce la presenza di periodicità in ciascuna serie storica. Attraverso la trasformata di Fourier veloce (FFT) abbiamo calcolato tali componenti verificando la presenza di termini comuni alle tre stazioni. I risultati sono stati esposti nelle figure 33, 34 e 35 (pg 46) che rappresentano l'andamento della densità spettrale in funzione della frequenza. Il raffronto delle componenti delle tre stazioni suggerisce la presenza di periodi comuni di 2/3 anni (probabilmente derivanti dalla Quasi Biennial Oscillation) e di 14/15 anni.

RICERCA DELLE TENDENZE: CUMULO STAGIONALE

Al fine di capire come il calo osservato nelle precipitazioni su base annua si ripartisca nei vari periodi dell'anno si sono cercati i trend a livello stagionale (inverno corrisponde ai mesi di dicembre, gennaio e febbraio).

Tendenze (negative) significative sono state rilevate nella stagione primaverile ed autunnale nella serie storica di Arabba, mentre nel caso di Auronzo ed Arsiè vi è evidenza di un calo nella sola stagione primaverile.

I valori riscontrati per la pendenza, l'intercetta e del coefficiente di correlazione (tra parentesi il livello di confidenza) sono esposti nella figura 36 (pg 47).

Il calo, calcolato nel periodo 1926-1996 (71 anni) risulta di:

- 1) Arabba stagione primaverile: -92 mm (-33%)
- 2) Arabba stagione autunnale: -99 mm (-32%)
- 3) Auronzo stagione primaverile: -114 mm (-40%)
- 4) Arsiè stagione primaverile: -149 mm (-40%)

I grafici relativi alle altre stagioni sembrano evidenziare una tendenza negativa (vedi media mobile) che però non risulta significativa (con livello di confidenza del 5%).

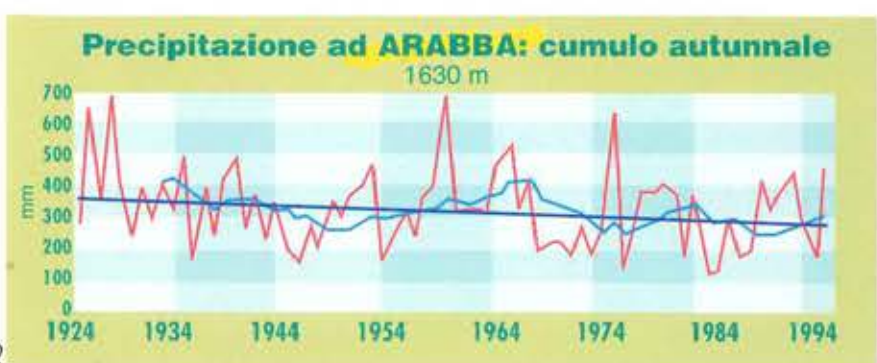
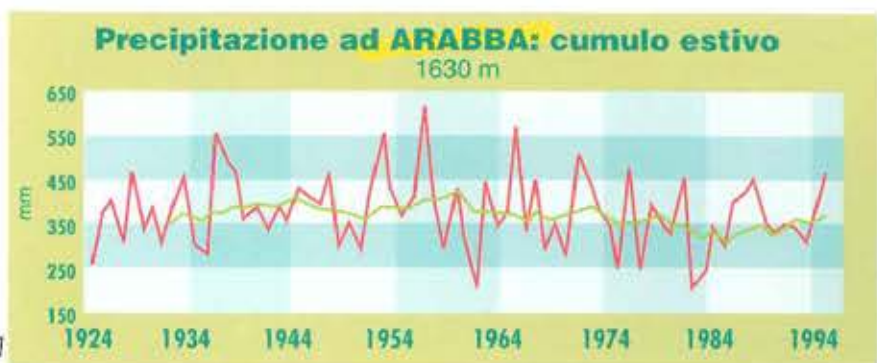
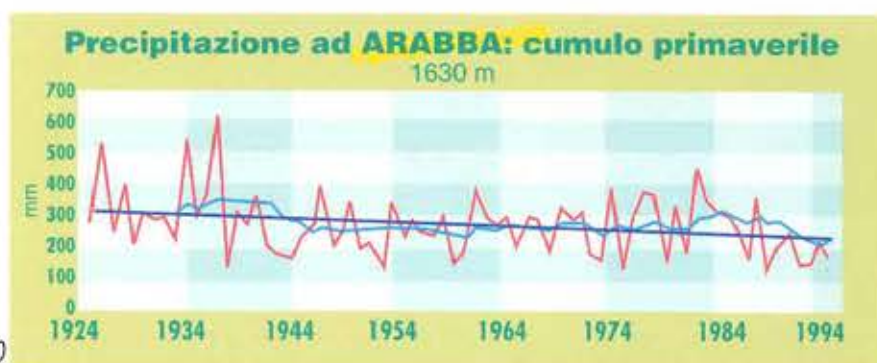
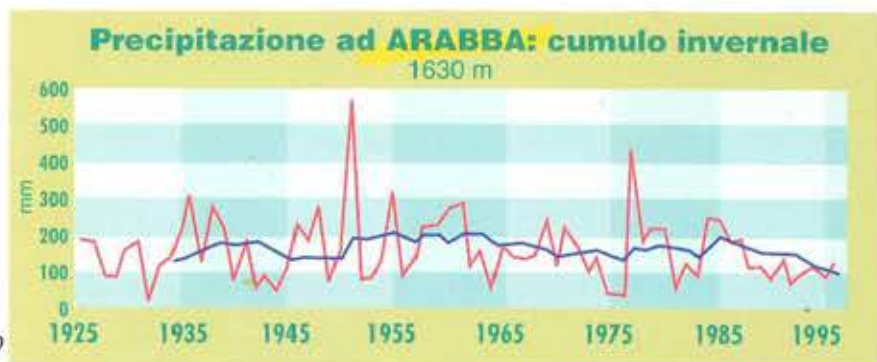
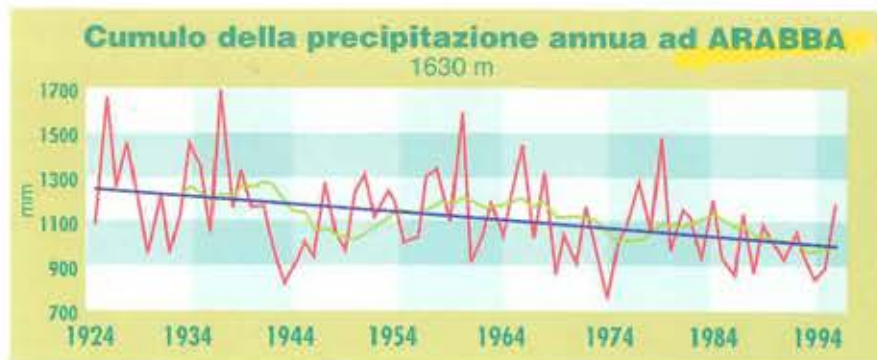


Fig 23



Fig 24



Fig 25

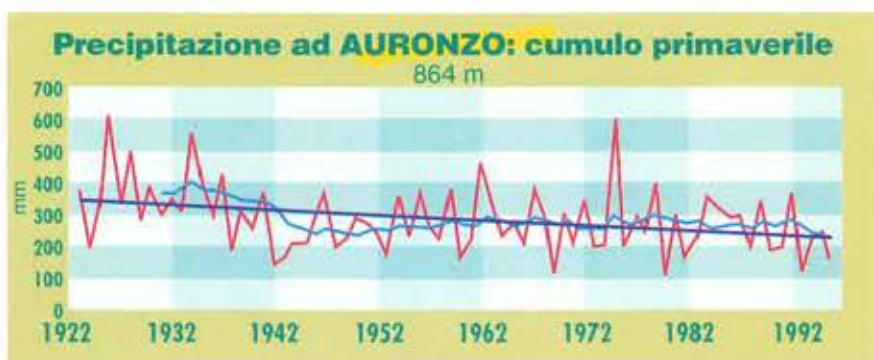


Fig 26



Fig 27



Cumulo della precipitazione annua ad ARSIE'

314 m

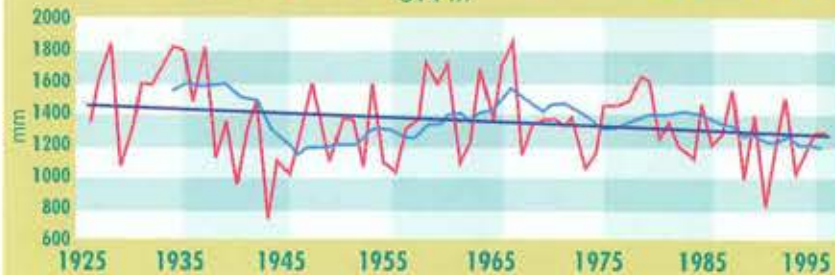


Fig 28

Precipitazione ad ARSIE': cumulo invernale

314 m



Fig 29

Precipitazione ad ARSIE': cumulo primaverile

314 m

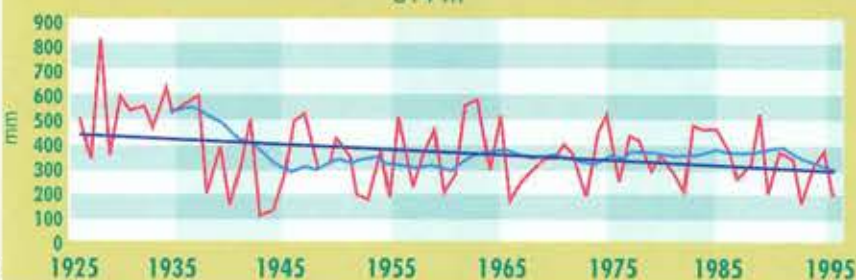


Fig 30

Precipitazione ad ARSIE': cumulo estivo

314 m

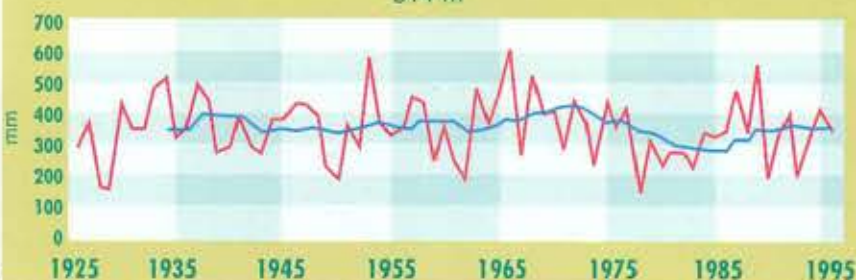


Fig 31

Precipitazione ad ARSIE': cumulo autunnale

314 m



Fig 32



Precipitazione ad **ARABBA**: cumulo annuo

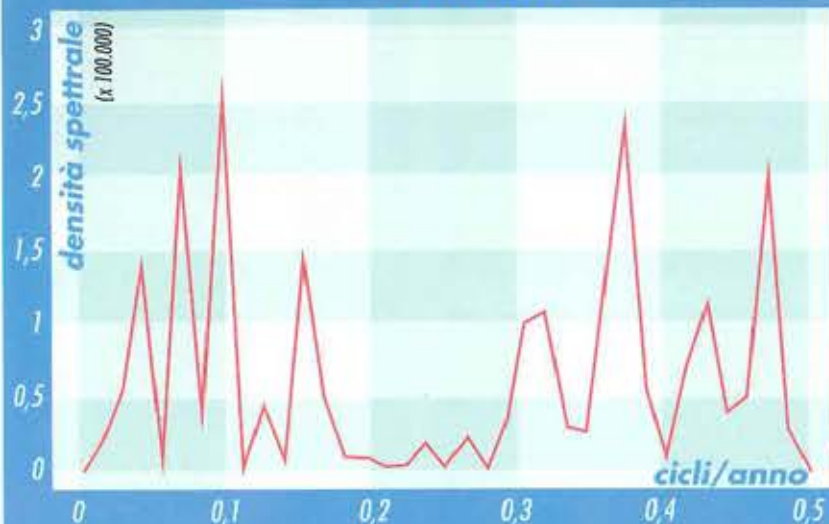


Fig 33

Precipitazione ad **AURONZO**: cumulo annuo

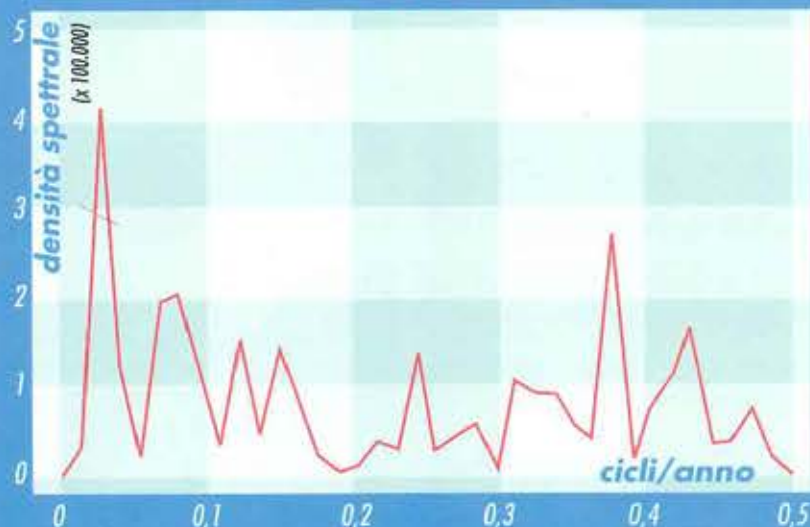


Fig 34

Precipitazione ad **ARSIE'**: cumulo annuo

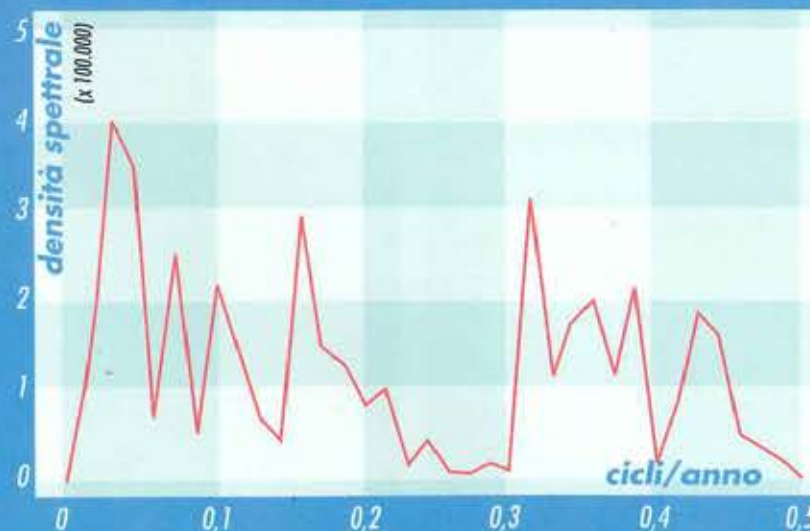


Fig 35

CORRELAZIONE TRA LE STAZIONI

Come ultima analisi si è presa in considerazione la possibile presenza di correlazione tra le serie storiche dei tre osservatori. I risultati sono stati esposti in figura 37 ed evidenziano una correlazione altamente significativa tra tutte le serie storiche.

CONCLUSIONI

L'analisi delle serie storiche degli osservatori climatologici di Arabba, Auronzo e Arsie' oltre ad evidenziare una stretta correlazione nei dati annui ha messo in luce una tendenza significativa alla diminuzione degli apporti di precipitazione annua.

Tale diminuzione sembra concentrarsi nella stagione primaverile e, nel caso di Arabba, anche nella stagione autunnale.

La distribuzione dei dati sembra essere descritta meglio da curve polinomiali di grado maggiore a uno e l'analisi spettrale mette in luce la presenza di componenti periodiche comuni.



Cumulo stagione primaverile e autunnale delle precipitazioni (in mm)

ARABBA 1925-1996	pendenza mm/anno	intercetta mm	r
Primavera	-1,3	2739,4	-0,27 (5%)
Autunno	-1,4	2986,6	-0,21 (5%)

Cumulo stagione primaverile delle precipitazioni (in mm)

AURONZO 1923-1996	pendenza mm/anno	intercetta mm	r
Primavera	-1,6	3420,8	-0,33 (1%)

Cumulo stagione primaverile delle precipitazioni (in mm)

ARSIÉ 1926-1996	pendenza mm/anno	intercetta mm	r
Primavera	-2,1	4425,6	-0,30 (5%)

Fig 36

Fig 37

COEFFICIENTE DI CORRELAZIONE

(tra parentesi il livello di confidenza)

	Arabba	Auronzo	Arsiè
Arabba	/	0,85 (1%)	0,63 (1%)
Auronzo	0,85 (1%)	/	0,61 (1%)
Arsiè	0,63 (1%)	0,61 (1%)	/



Dinamica di accumulo e ablazione delle

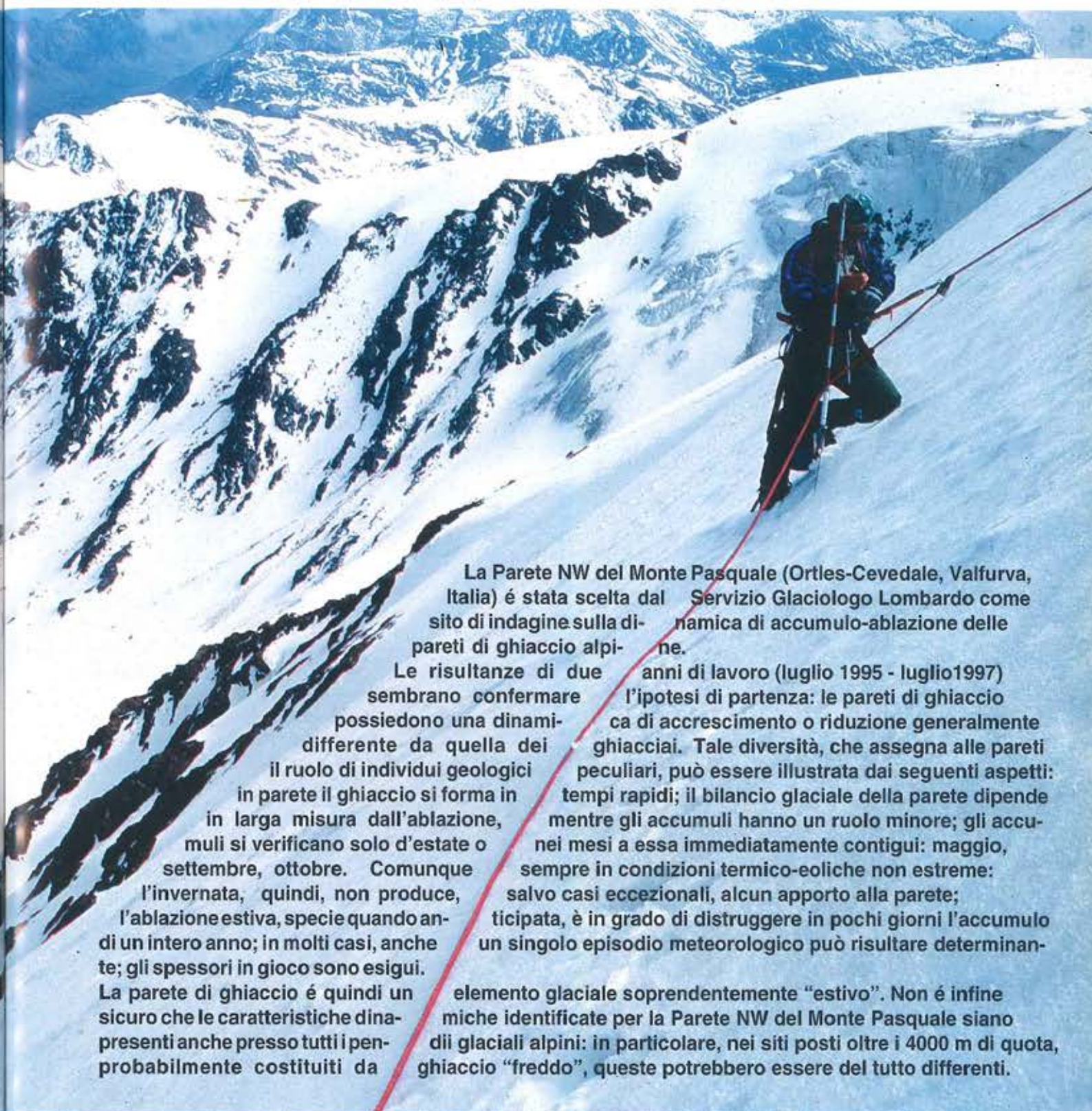
PARETI DI

**Le nuove
acquisizioni
scaturite dallo
studio e dalle
osservazioni
effettuate sulla
parete Nord-Ovest
del Monte Pasquale**

Giuseppe Cola , Valerio Paneri ,
Antonio C. Galluccio,
Fabrizio Righetti, Alessandro Galluccio
del Servizio Glaciologico Lombardo
Milano



GHIACCIO



La Parete NW del Monte Pasquale (Ortles-Cevedale, Valfurva, Italia) è stata scelta dal Servizio Glaciologo Lombardo come sito di indagine sulla dinamica di accumulo-ablazione delle pareti di ghiaccio alpine.

Le risultanze di due anni di lavoro (luglio 1995 - luglio 1997) sembrano confermare l'ipotesi di partenza: le pareti di ghiaccio possiedono una dinamica di accrescimento o riduzione generalmente differente da quella dei ghiacciai. Tale diversità, che assegna alle pareti peculiari, può essere illustrata dai seguenti aspetti: il ruolo di individui geologici in parete il ghiaccio si forma in tempi rapidi; il bilancio glaciale della parete dipende in larga misura dall'ablazione, mentre gli accumuli hanno un ruolo minore; gli accumuli si verificano solo d'estate o settembre, ottobre. Comunque nei mesi a essa immediatamente contigui: maggio, l'invernata, quindi, non produce, sempre in condizioni termico-eoliche non estreme; l'ablazione estiva, specie quando and salvo casi eccezionali, alcun apporto alla parete; un intero anno; in molti casi, anche anticipata, è in grado di distruggere in pochi giorni l'accumulo; te; gli spessori in gioco sono esigui. un singolo episodio meteorologico può risultare determinante.

La parete di ghiaccio è quindi un elemento glaciale sorprendentemente "estivo". Non è infine sicuro che le caratteristiche dinamiche identificate per la Parete NW del Monte Pasquale siano dei glaciali alpini: in particolare, nei siti posti oltre i 4000 m di quota, ghiaccio "freddo", queste potrebbero essere del tutto differenti.



Pagina precedente: controllo dello spessore del manto nevoso presso le paline 1 e 2 del 14/7/96 e (foto piccola) vista dal rifugio Pizzini il 21/8/41.

Sopra: momenti in parete nel corso delle operazioni di rilevamento

FIG. 1 - Schizzo della Parete NW del Monte Pasquale tratto da una foto eseguita il 27 luglio 1996: situazione della neve residua, del ghiaccio scoperto e ubicazione delle due coppie di paline.
Nella foto sotto è evidenziata la porzione di parete rappresentata nello schizzo.

INTRODUZIONE

I ricercatori del Servizio Glaciologico Lombardo si occupano, da cinque anni, di fornire un contributo allo studio delle complesse dinamiche che regolano il bilancio di accumulo-ablazione delle pareti di ghiaccio alpine. Presupposto a tale interesse, che ha visto finora la pubblicazione di due lavori (1) (2), è stata l'osservazione di un fenomeno inatteso: l'andamento generale delle pareti si è discostato in molte occasioni da quello dei sottostanti ghiacciai, almeno nel XX secolo, periodo per il quale si dispone di sufficiente iconografia. Ad esempio, in fasi di ritiro glaciale complessivo, quale quella relativa agli Anni Trenta sul versante sud-alpino, le pareti si sono conservate se non addirittura accresciute. La deduzione possibile è che le condizioni climatiche che ne determinano il bilancio siano differenti da quelle valide per i settori sub-pianeggianti. Questa ipotesi trova un valido supporto nell'analisi del decennio appena trascorso, compreso tra il 1985 e il 1995, per il quale la documentazione è completa e i dati meteorologici sicuri: in questo periodo, il clima è stato così avverso

al glacialismo da potersi concludere che, se non si invocano dinamiche del tutto particolari e fenomeni di autoconservazione, va considerata quasi miracolosa la persistenza di molti dei pendii ghiacciati alpini, costituiti da spessori di ghiaccio dell'ordine di pochi metri. Nonostante tutto, per fortuna, le grandi vie alpinistiche in ghiaccio e misto esistono ancora, anche se a tutti i praticanti è risultata evidente la sostanziale diversità tra le pareti attuali e quelle, ad esempio, degli Anni Settanta. La ricerca in argomento si presenta ardua; essa è inoltre praticamente impossibile da praticare su vasta scala, per motivi economici, logistici e di risorse umane. Il S.G.L. ha così deciso di concentrare i propri sforzi su un unico pendio glaciale di facile accessibilità e di buona osservabilità da valle, la Parete NW del Monte Pasquale (3552 m, Orles-Cevedale, Valfurva, Lombardia, Italia), senza tuttavia trascurare il monitoraggio a distanza di numerose altre pareti alpine. L'idea di fondo era quella di ottenere dati e osservazioni in loco che consentissero di orientare la ricerca, nella convinzione che, identificati i meccanismi principali della dinamica della copertura glaciale di un

caso puntiforme, fosse possibile "esportare" i modelli ottenuti sull'intera globalità del fenomeno, magari apponendo successivamente gli opportuni correttivi alla miriade di situazioni possibili (esposizione, quota media, situazione orografica-climatica del sito ecc.).

MATERIALI E METODI

Gli Autori del primo contributo in letteratura (Galluccio A. e Righetti F., 1994), definiscono le pareti di ghiaccio come *"quei ripidi settori glacializzati delle montagne, di norma situati nei pressi delle vette o degli apici dei crinali, che sono delimitati in basso da una crepaccia terminale parziale o a tutto spessore e che presentano un profilo regolare, non interrotto da pianori, seracchi o contropendenze"*.

Si intende che l'inclinazione debba essere uguale o superiore ai 40° e non si rinvenivano interruzioni evidenti della regolarità del profilo che possano generare gli accumuli distrettuali tipici dei sub-pianori. La Parete NW del Monte Pasquale coincide in effetti con i requisiti tecnici descritti nel lavoro citato. Inoltre, l'inclinazione non molto elevata della parete (40-50° nel settore sommitale) consente di utilizzare le normali paline ablatometriche e di compiere lo scavo di trincee. A partire dal 9 luglio 1995 sono così iniziati i lavori: 4 paline di alluminio (successivamente portate a 6 nel 1996), dotate di zebratura centimetrica colorata per i controlli a distanza, sono state infisse nel ghiaccio utilizzando una apposita trivella a mano di m. 1.5 di lunghezza; si è provveduto a raccordarle, mediante un sottile cavo di nylon di oltre 300 m di lunghezza, ad un ancoraggio posto in prossimità della vetta: questa misura prudenziale è stata adottata per evitare che, per effetto di una fuoriuscita accidentale, le aste potessero colpire gli alpinisti impegnati nella ascensione della parete.

Sono stati effettuati circa 30 controlli in due anni, costituiti da una decina di sopralluoghi in parete (con la raccolta di profili stratigrafici della neve e del nevato) e da 20 osserva-



Fig 1



zioni a distanza: per questa operazione è stato impiegato un piccolo telescopio di 8 cm di apertura e 100 cm di focale, dotato di ottica con configurazione Schmidt-Cassegrain, che garantisce un potere risolutivo di 1,5 secondi d'arco. Tale metodica, innovativa, consente di percepire come nettamente distinte due linee separate da un intervallo di solo 2 cm, garantendo la lettura del valore di emersione delle paline con un errore di circa 1 cm. Il punto fisso di osservazione è posto a 3 km dalla parete.

SINTESI DEI DATI RACCOLTI

I primi 17 mesi di lavoro (9 luglio 1995-9 novembre 1996)

Il 9 luglio 1995 vengono infisse due coppie di paline nel settore più elevato della parete, la prima a 3490 m di quota, l'altra a 3525 m (paline 1 e 2, 3 e 4, fig. 1). In

questa occasione, si rinviene una copertura di neve esigua ma di spessore abbastanza uniforme, variabile tra i 40 e i 55 cm. Lo strato è costituito da due subunità, di cui quella inferiore è a granulometria più grossolana, indice di un maggior numero di cicli di gelo-disgelo, rispetto allo strato sovrastante più recente. Al contatto neve-ghiaccio viene notato un sottile orizzonte di neve trasformata: in questo punto è attiva la rapida trasformazione della neve in ghiaccio.

Il 6 agosto 1995 la parete si presenta quasi del tutto spoglia di neve: residua una stretta fascia situata presso il suo bordo inferiore. Durante il controllo del 25 agosto si misura l'entità della fusione estiva, ricavabile dal valore di emersione delle paline dal ghiaccio: tra i 38 e i 67 cm.

L'8 settembre il pendio è coperto da 30 cm di neve, che divengono 70 cm il giorno 22. Ai diversi episodi perturbati fa sempre seguito una fase ventosa, con azione deflattiva che



In questa pagina: foto della parete in esame ripresa in diverse epoche, in alto all'inizio del secolo, sopra nel 1960 e sotto nel 1995.



riduce lo spessore dell'accumulo. A fine settembre, la stabilità atmosferica intercorsa permette la compattazione dello strato: il giorno 8 ottobre esso è profondo tra i 20 e i 30 cm. Il rilievo stratigrafico mette in luce due strati, di cui quello superiore è formato da cristalli di piccole dimensioni, tipici prodotti finali del metamorfismo da isoterma, mentre quello più profondo è popolato da cristalli a facce piane che sono indicatori della fase iniziale del metamorfismo da gradiente. Il rialzo termico che si verifica nelle due prime decadi di ottobre riesce probabilmente ad arrestare la metamorfosi da gradiente, instaurando nel manto nevoso una debole fase liquida che contribuisce a "legare" la neve al ghiaccio sottostante. Questa ipotesi viene avvalorata dalla mancata osservazione di valanghe a lastroni (indice di uno strato basale a debole coesione) nel settore più elevato della parete, dove abitualmente si eseguono i rilievi stratigrafici, evento che si sarebbe puntualmente verificato a seguito di successive nevicate, qualora l'evoluzione verso uno strato di cristalli a calice fosse giunta al termine.

Il 10 dicembre 1995, la parete presenta un aspetto cromatico grigio-nerastro. La neve "bianca" è rimasta attaccata al pendio solo nelle zone estreme, superiore e inferiore, e laterali. Il suo spessore medio è di 22 cm: a partire da ottobre non si è quindi verificato alcun incremento. Nell'ambito della porzione centrale scoperta, sono chiaramente visibili le orme impresses nella neve nel corso del controllo dell'8 ottobre. foto Questo rilievo "da campo", di grande importanza, dimostra come la copertura nevosa presente a ottobre si sia trasformata in ghiaccio in soli 60 giorni, o anche meno. Abbiamo così un primo riscontro concreto che avvalorava una delle ipotesi-guida della nostra ricerca: sulle pareti di ghiaccio, il metamorfismo della neve può avere tempi molto brevi, assai più rapidi di quelli che la letteratura indica per i pianori glaciali. Il giorno 10 marzo le "orme di ottobre" sono ancora chiaramente visibili, il che conferma che durante tutto il periodo invernale in parete non si è prodotto alcun accumulo. Il dato è confermato dal valore di emersione delle paline, identico a quello misurato il 10 dicembre.

Gli apporti nevosi riprendono in Aprile. Lo spessore della neve che si deposita non è però uniforme, tendendo a diminuire con l'aumentare della quota. Il 21 aprile, infatti, si misurano 40 cm nel settore sommitale e 55 cm presso le paline più basse.

All'inizio del mese di giugno, tali valori sono rispettivamente di 45 e 80 cm: maggio ha visto il susseguirsi di numerosi episodi perturbati e, in tal senso, questo incremento dell'accumulo va considerato molto modesto, a causa dell'azione demolitrice del vento nelle ore immediatamente successive all'evento meteorico. Il rialzo termico e la maggior durata dell'irraggiamento intaccano successivamente l'esiguo strato di neve residua, nonostante le numerose nevicate che si susseguono anche nel corso del mese di giugno: il 29.6 si misurano soli 20-30 cm, mentre sono visibili alcune valanghe di neve umida che traggono origine da due piccoli affioramenti rocciosi centrali e dalle sponde che delimitano il settore inferiore della parete.

Il 14 luglio è possibile misurare sia la neve residua che l'accrescimento del ghiaccio relativi alla stagione di accumulo 1995-96: presso le paline superiori i valori sono rispettivamente di 14 e 20 cm, mentre più in basso (paline inferiori) sono di 40 e 12 cm. Da questi dati si può dedurre come la neve si accumuli maggiormente alle quote più basse e che la minore copertura nevosa di quelle superiori favorisca in queste



PARETE NW MONTE PASQUALE: ACCUMULO E FUSIONE DEL GHIACCIO DELL'ANNO

(cm)

ACCUMULO

FUSIONE

PALINA	ANNO 1995-1996	ESTATE 1995	ESTATE 1996
1	11	51	21
2	14	n.r	19
3	20	38	36
4	19	67	40
MEDIA	16	52	32

Fig 2

Scheda Rilevazione

Effettuata il: 13 Ottobre 1996

Progressivo giorni: 462

da: Cola G, Galluccio Al, Paneri V.

Misure:

Valori rilevati di emersione

Palina 1	105 cm
Palina 2	105 cm
Palina 3	107 cm
Palina 4	114 cm
Palina 5	0 cm
Palina 6	57 cm

Valori riferiti alla prima misura di emersione

Palina 1	96 cm
Palina 2	97 cm
Palina 3	101 cm
Palina 4	120 cm
Palina 5	
Palina 6	

Osservazioni:

Viene effettuata una stratigrafia della neve su una spessore di 76 cm, presso le paline 1 e 2, che mette in luce 4 strati con caratteristiche differenti. Partendo dal basso, a contatto con il ghiaccio, è presente un sottile strato di 7 cm, dotato di media coesione, quel che rimane della nevicata dei primi giorni d'agosto, composto di cristalli poligranulari di grosse dimensioni (5-10 mm), legati tra di loro con dei ponti di ghiaccio. Le grosse dimensioni dei cristalli lasciano numerosi vuoti tra di essi. Salendo si incontra uno strato di 19 cm, depositato in occasione delle nevicate avvenute nella seconda decade di agosto, caratterizzato da neve molto compatta, con peso specifico di 300 Kg/m³, interessato dal metamorfismo di fusione come il sottostante, ma con cristalli di dimensioni inferiori rispetto ai precedenti. Al di sopra è presente uno strato di 20 cm, depositato a fine agosto, costituito da piccoli cristalli rotondeggianti, fase finale del metamorfismo di isoterma, con peso specifico 290 Kg/m³. Infine uno strato di 30 cm, formato dalla neve caduta a settembre ed a inizio ottobre, composto da cristalli ancora sottoposti al metamorfismo di isoterma, con peso specifico di 170 Kg/m³. Nei pressi della palina 1 vengono effettuate misurazioni della temperatura di aria, neve e ghiaccio a diverse profondità:



Temp. ghiaccio a 130 cm di profondità: -0.3°C

Fig 2 - accumulo in ghiaccio nella stagione 1995/96 e raffronto tra i valori di fusione della Parete NW del Monte Pasquale nelle estati del 1995 e del 1996.

A fianco: esecuzione del profilo stratigrafico della neve in corrispondenza della palina 5.

Fig 3



zone la rapida trasformazione del nevato in ghiaccio. Il rilievo stratigrafico segnala un peso specifico globale di 370 Kg/mc, valori tipici della neve primaverile. Il giorno 27 luglio 1996 (fig. 1) la parete appare del tutto scoperta nel settore sommitale e centrale, mentre la neve occupa solo la parte inferiore. La fase di ablazione viene bruscamente interrotta dalle nevicate che si verificano i giorni 3 e 11-12 agosto: in questo secondo episodio, la neve imbianca le valli sino ai 2200 m di quota. L'entità della fusione estiva risulta così nettamente inferiore rispetto all'annata precedente, in ragione dell'esiguità del periodo in cui la parete si è presentata priva di neve (circa 10 giorni). Presso le paline superiori, essa è di 38 cm di ghiaccio mentre nel settore di quelle più basse è di 20 cm. Come sempre, nella parte alta della parete l'ablazione inizia più precocemente che in quella inferiore a causa del minore spessore degli accumuli. Nel mese di agosto, la Parete NW del Monte Pasquale riceve importanti apporti nevosi: il 24 agosto si misurano 20-30 cm che diventano 58-72 cm il giorno 31. Le precipitazioni sono sempre nevose, sul pendio non si hanno piogge dilavanti.

• Le note di questo paragrafo sono tratte, dopo opportuna revisione, da Ricerche sulla dinamica di accumulo-ablazione della Parete NW del Monte Pasquale, di Cola G., Paneri V., Galluccio A.C., Righetti F.,

Galluccio A. (Servizio Glaciologico Lombardo), Annuario della Sezione Valtellinese del Club Alpino Italiano, p. 172-180, aprile 1997, Sondrio, Italy. Il periodo successivo, per l'intero mese di settembre, vede precipitazioni di scarsa consistenza, più che compensate da un'intensa attività deflattiva: il giorno 30, presso le paline inferiori, viene misurato uno spessore di 62 cm, simile a quello di fine agosto, che risulta di soli 40 cm in corrispondenza delle paline superiori. All'inizio del mese di ottobre si registra la ripresa degli apporti: il giorno 9 le paline basse sono coperte da 74 cm di neve che diventano 59 cm per quelle di quota 3525. Il giorno 13 tutti i caposaldi mostrano uno spessore di 80 cm: il pendio, dopo la fase prevalentemente deflattiva di settembre, è quindi coperto da uno strato uniformemente distribuito. In occasione di quest'ultimo rilievo, si effettua la stratigrafia in un punto dove lo spessore della neve risulta di 76 cm. Partendo dal basso, è visibile un orizzonte di 7 cm, a contatto con il ghiaccio, dotato di media coesione: si tratta del residuo della nevicata dei primi giorni di agosto. E' composto da cristalli poligranulari di grosse dimensioni (5-10 mm) collegati da ponti di ghiaccio e separati da spazi vuoti piuttosto ampi. Al di sopra, si incontra uno strato di 19 cm, depositato in occasione delle nevicate della seconda decade di agosto, caratterizzato da neve molto com-

patto, con peso specifico di 300 Kg/mc, interessato dal metamorfismo di fusione come il sottostante ma contenente cristalli di dimensioni inferiori. Più sopra è presente uno strato di 20 cm, depositato a fine agosto, costituito da piccoli cristalli rotondeggianti, fase finale del metamorfismo di isoterma, con peso specifico di 290 Kg/mc. Per ultimo uno strato di 30 cm, riferibile alle precipitazioni di settembre e soprattutto a quelle dei primi giorni di ottobre, composto da cristalli ancora sottoposti al metamorfismo di isoterma, con peso specifico di 170 Kg/mc. Infine, utilizzando un termometro digitale, si è provveduto a misurare la temperatura del ghiaccio sul fondo di un buco di 130 cm di profondità: il valore riscontrato, di -0,3 °C, sembra suggerire che il ghiaccio della Parete NW del Monte Pasquale sia del tipo "caldo" o "temperato". Nei giorni 24 ottobre e 2 e 9 novembre vengono svolti gli ultimi tre controlli di questa fase del lavoro. Presso le paline superiori lo spessore della neve risulta rispettivamente di 30, 20 e 18 cm, mentre quelle inferiori registrano 60, 55 e 40 cm di spessore. Nonostante le consistenti precipitazioni solide che si sono susseguite nel mese di ottobre, si assiste quindi, soprattutto nel settore superiore della parete, ad una riduzione dello spessore degli accumuli. Il vento, infatti, ne ha asportato buona parte e ha favorito il naturale compattamento. La copertura nevosa è ora costituita principalmente dallo strato basale, formato dalle prime nevicate di agosto, caratterizzato da notevole coesione e quindi difficilmente intaccabile.

GLI ULTIMI CONTROLLI

**(10 novembre 1996
23 marzo 1997)**

A partire dal 10 novembre 1996, e soprattutto nella seconda decade del mese, si verificano precipitazioni abbondantissime, tra le più cospicue del secolo, limitatamente a questo periodo autunnale e all'area geografica in esame. I valori pluviometrici, nelle Alpi Centrali, raggiungono in

alcuni casi anche il 300% della media. Altre importanti nevicate si susseguono dal 20 dicembre sino al 4 gennaio: una fase perturbata memorabile. Eppure, il 12 gennaio 1997 la parete presenta una copertura di soli 30 cm di neve, di entità quindi simile al controllo di inizio-novembre: le grandi nevicate intercorse tra le due misure non hanno quasi lasciato traccia sul pendio. Le successive letture del 9 febbraio e dell' 8 marzo mostrano una ulteriore diminuzione dello spessore della neve. Importante sottolineare come, dopo il 9 gennaio, si sia prodotta una fase siccitosa di durata eccezionale (111 giorni presso la Stazione Meteorologica di S. Antonio di Valfurva). Il giorno 23 marzo viene svolto il primo controllo in parete del nuovo anno. Nella porzione in cui sono situate le paline rinveniamo pochissima neve: gli spessori variano tra i 10 e i 20 cm, mentre l'emersione delle paline dal ghiaccio risulta nettamente inferiore rispetto al sopralluogo del 13 ottobre. Si è quindi avuto, tra le due date, un apprezzabile accrescimento del ghiaccio a spese dello strato di neve, esiguo, di copertura. I valori variano tra i 10 e i 14 cm.

DISCUSSIONE

È utile ripercorrere qui brevemente l'itinerario ideativo che sorregge la nostra ricerca sulle pareti di ghiaccio. In seguito alla osservazione iniziale della dimostrata difformità tra l'andamento delle pareti e quello dei ghiacciai sottostanti nel corso di una stessa fase climatica, lo studio si è incentrato sulla possibilità di dimostrare che era la "qualità" delle precipitazioni a fornire il supporto a questa diversità. Nei contributi precedenti, identificammo nelle precipitazioni a ridosso dell'estate, in quelle autunnali e in quelle della tarda primavera le sole utili all'accumulo di neve sui pendii ghiacciati, mentre assegnammo al regime termico-pluviometrico dell'estate e, secondariamente alla ventosità della fase fredda (deflazione degli accumuli), il ruolo centrale nella fase ablativa ma anche quello principale dell'intero processo di accumulo-ablazione. Ipotizzammo inoltre che i pendii possedessero la capacità di

trasformare la neve in ghiaccio in tempi assai più rapidi di quelli che la letteratura ci consegna per i pianori glaciali. Le conseguenze di tali rilievi erano sorprendenti: in inverno sulle pareti di ghiaccio non accade quasi nulla, esse vivono o muoiono nel periodo caldo; le pareti di ghiaccio tendono ad automantenersi, giovandosi assai più di una limitata ablazione che di accumuli considerevoli, che, tra l'altro, non si verificherebbero in ogni caso; l'intero universo-parete appare come un individuo geologico a sé stante, connotato da equilibri delicatissimi e sovente legati al singolo episodio meteorologico o a un piccolo gruppo di questi. I dati e le osservazioni raccolti in due anni di lavoro sembrano confermare tutte queste ipotesi, anche se rimangono molti dubbi e incertezze. Vediamo in sintesi quelli che appaiono come possibili punti fermi, fin qui acquisiti:

- il ghiaccio in parete si forma in tempi rapidi (giorni, settimane o mesi). Le "orme di ottobre" (1995-96) e il controllo del 23 marzo 1997 dimostrano che la neve della tarda estate-inizio autunno del 1995, nel primo caso, e dell'agosto 1996, nel secondo, si è trasformata in ghiaccio in 60-200 giorni. È inoltre possibile, e anzi molto probabile, che minime nevicate estive, seguite da disgelo parziale e successivo rigelo, costituiscano orizzonti centimetrici di ghiaccio colato in pochi giorni. La genesi di questo ghiaccio nella fase calda

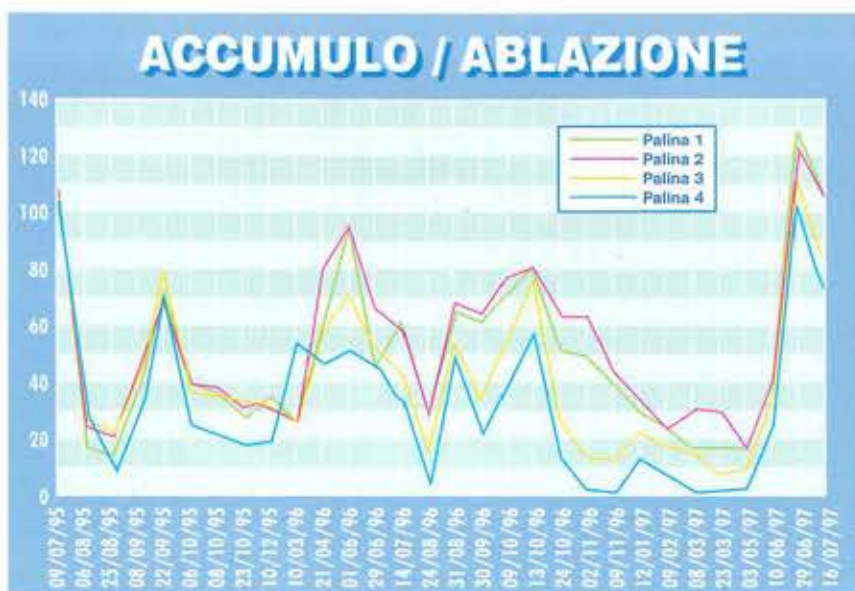


FIG. 4- Grafico indicativo dell'entità globale di accumulo e ablazione del nevato e del ghiaccio nel periodo luglio 1995-ottobre 1997 (4 paline): si nota il plateau relativo all'invernata, attestante l'assenza di accumulo in gran parte della stagione fredda.

Pagina a fianco: versante Nord-Ovest del Monte Pasquale in pieno inverno (12/1/1997).

dell'anno è imputabile ai cicli disgelo-rigelo e a percolazione degli strati nevosi soprastanti, mentre rimane misteriosa per ciò che concerne la stagione fredda. A questo meccanismo "estivo" può spiegare come la formazione del ghiaccio si verifichi più rapidamente in quei settori di parete dove gli spessori nevosi sono minori (nel nostro caso, nelle zone più elevate; qui concomita anche una più celere e marcata fusione).

- il tempo a disposizione della parete per acquisire accumuli che siano utili alla formazione di ghiaccio sono assai ristretti, concentrandosi tra giugno-luglio e ottobre (prime decadi), pur rimanendo aperta la possibilità che la nevicata "buona" possa avvenire anche in altri momenti dell'anno; in questo caso, sembra confermato che la precipitazione debba avvenire con temperatura prossima allo 0 °C, sia poco abbondante e trovi in parete le condizioni nivologiche adatte a sostenerla. I questi due anni di studi, l'invernata, caratterizzata da precipitazioni che solo eccezionalmente avvengono con le modalità viste in precedenza, e dove si eccettui

l'azione deflattiva del vento, è risultata del tutto priva di un ruolo sostanziale nelle dinamiche di accumulo-ablazione, in accordo con la coraggiosa ipotesi di partenza.

- il breve ma devastante periodo estivo di fusione del ghiaccio scoperto si conferma come l'elemento cruciale dell'intero processo. Risulta chiaro che quanto più questo lasso di tempo è ridotto, tanto più il bilancio si porterà verso il pareggio o la positività, e viceversa. La tab. 1 dimostra come il bilancio 1995-96 della parete sia largamente deficitario: a fronte di un accumulo annuale in ghiaccio di 16 cm (valore medio di tre caposaldi) abbiamo una fusione di 52 cm, imputabile a sole 3-4 settimane. L'estate 1996, nettamente più fresca di quella precedente, ha visto dimezzarsi i valori di ablazione. A conferma di questo ruolo fondamentale vengono anche i primi dati dell'annata 1996-97: il ghiaccio nuovo rinvenuto in parete il 23 marzo 1997 (12 cm) è frutto quasi esclusivo della sola neve dell'agosto 1996.

Davvero le pareti sono elementi "estivi": in questo periodo, allargandolo di poco, prima e dopo, avviene tutto, accumulo di qualità e fusione.

- la data di scoprimento della parete dalla neve costituisce un aspetto importante nel bilancio glaciale del pendio, soprattutto per ciò che concerne l'andamento del mese di giugno: con il sole allo Zenit, e quindi con la massima incidenza e potere calorico diretto, questo periodo dell'anno può portare, se secco o caldo, alla precoce elisione della neve di copertura, con conseguente allungamento dell'esposizione e incremento della fusione. In caso contrario, si ha un ritardo, con effetto protettivo e con la definizione di un bilancio positivo. Questo aspetto meteo-climatico, ben indagato da Francou B. (3), vale anche per le fronti glaciali. Siamo convinti che esso costituisca uno dei punti più delicati e più difficilmente indagabili della nostra ricerca: il singolo episodio può essere determinante per un'intera annata.

- i dati citati in tabella dimostrano che davvero le pareti tendono ad

automantenersi. Esse si giovano assai più di una modesta ablazione che di importanti accumuli. Non c'è paragone tra l'entità dei due processi: per accrescersi di mezzo metro di ghiaccio, alle condizioni attuali, la parete impiega dai due ai tre anni. Per dissolvere lo stesso strato, in estate, bastano poche settimane. Inoltre, complici le particolarità orografiche dei pendii, non si verificherebbero in ogni caso accumuli di portata eccezionale; anche l'iconografia suggerisce come una parete di ghiaccio in fase positiva non si accresca più di tanto, risultando in questo ben diversa dai ghiacciai, capaci invece di espandersi enormemente, sino a raggiungere la pianura. Risulta inoltre chiaro che le grandezze in gioco sono modeste: accumulo e ablazione sulle pareti si misurano in centimetri.

- l'ablazione in parete si verifica, oltre che per i già dibattuti fatti termici, con il concorso di altri fattori: la ventosità, capace di dissolvere gli accumuli in modo diretto (asportazione) e di indebolirne la coesione rompendo i legami dendritici tra i cristalli, le valanghe, che comportano la perdita totale dell'accumulo, gli affioramenti rocciosi, che costituiscono, in condizioni climaticamente sfavorevoli, un elemento di moltiplicazione quasi esponenziale del ritmo di riduzione. Infine i crolli di materiale solido o liquido che, creando rigole e canali se dotati di spigolo vivo (massi), o dilavando il pendio nella sua totalità (pioggia), o formando dei solchi di corrivazione (pioggia concentrata), assestano duri colpi al bilancio glaciale della parete.

CONCLUSIONI

L'annata in corso (1996-97) si presenta con caratteristiche molto favorevoli per il bilancio della Parete NW del Monte Pasquale. Ciò avviene dopo un sicuro biennio assai negativo e un ipotizzabile, ben più lungo periodo di sofferenza. La prudenza è diobbligo: al momento in cui scriviamo (31 luglio 1997), la pala ghiacciata si mostra immacolata in conseguenza di un mese di giugno record per le abbondanti nevicate e le temperature contenute. Per quanto detto prima, i giochi non

sono ancora fatti, mancando ancora la fase centrale dell'estate, elemento determinante nel bilancio glaciale del pendio.

I risultati e le conferme ottenute stimolano a continuare ed estendere la ricerca: E' in progetto un analogo studio sulla piccola Parete Nord del Pizzo Tresero. Non mancano però i dubbi e le incertezze, al punto che il dibattito tra gli stessi autori del presente lavoro si mantiene vivo e coinvolge ormai anche un buon numero di appassionati. Per esempio, come detto, sfuggono del tutto le modalità di formazione del ghiaccio nel periodo freddo, oppure la possibile interferenza di parametri fisici, quali pendenza e conseguente variazione del coefficiente di attrito tra i cristalli o temperatura media annua, esclusivi della parete. Infine non siamo sicuri che tutte le acquisizioni fin qui raggiunte per la Parete NW del Monte Pasquale, situata ai limiti inferiori dell'alta quota alpina, valgano anche per i pendii dei "4000", dove può anche essere ipotizzata la presenza di "ghiaccio freddo".

La speranza è che altre e superiori competenze riconoscano un interesse specifico all'argomento, in modo da integrare e approfondire il nostro lavoro.

RINGRAZIAMENTI

Si ringraziano Davide Demanti, Luigi Demanti, Maurizio Landi, Guglielmo Confortola, Virgilio Mariani, operatori del SGL e abili alpinisti, il cui indispensabile aiuto ha reso possibile l'esecuzione della ricerca.

Si ringrazia inoltre il Sig. Guido Combi, Direttore dell'Annuario della Sezione Valtellinese del CAI che, ospitando nelle pagine della sua rivista i primi due lavori pubblicati in argomento, ha grandemente contribuito allo sviluppo di questo studio.

BIBLIOGRAFIA

1) Galluccio A., Righetti F. (Servizio Glaciologico Lombardo): La riduzione delle pareti di ghiaccio alpine, un contributo allo studio del fenomeno, Annuario della Sezione Valtellinese del Club Alpino Italiano, p. 151-158, aprile 1994, Sondrio, Italy

2) Cola G., Paneri V., Galluccio A.C., Righetti F., Galluccio A. (Servizio Glaciologico Lombardo), Ricerche sulla dinamica di accumulo-ablazione della Parete NW del Monte Pasquale, Annuario della Sezione Valtellinese del Club Alpino Italiano, p. 172-180, aprile 1997, Sondrio, Italy

3) Francou B., Hautes Montagnes Passion d'exploration, cap. IV-VI, Ed. Masson, 1993, Paris, (traduzione dal francese di Guido Catosta, Milano, 1995)

ALPITEC
Fiera specializzata
per la tecnologia
invernale e della
montagna.
16. - 18. 10. 1997



FIERA BOLZANO
BOLZANO, IN PROV. BOLZANO - TEL. 0471/240011 - FAX 0471/241318
WWW.FIERABOLZANO.IT - E-MAIL: FIERABOLZANO@FIERABOLZANO.IT

*l'***AINEVA** *ad* **Alpitemc**



**ASSOCIAZIONE
INTERREGIONALE
NEVE E VALANGHE**



Neve eTempo sulle Alpi

Con largo anticipo sulla stagione invernale 1997/98 l'AINEVA ritiene importante iniziare la sua opera di informazione e prevenzione sui temi relativi alle problematiche connesse alla frequentazione della montagna innevata partecipando alla Fiera ALPITEC 97 di Bolzano. Per l'occasione, in concomitanza della presentazione delle più innovative tecnologie presentate dalle oltre 80 ditte espositrici, sono stati programmati dei Convegni che vertono sui temi seguenti:

Giovedì 16 - Affidabilità degli impianti a fune e requisiti di sicurezza con particolare considerazione della regolazione programmabile.

Venerdì 17 - Neve in automatico? - Trasformazione di impianti.

Sabato 18 - Viabilità invernale in autostrada.

INCONTRO DEI SERVIZI VALANGHE EUROPEI

Dal 28 al 30 Aprile si è svolto a St. Christoph, in Austria, l'incontro biennale fra i rappresentanti dei servizi valanghe europei.

Per quanto riguarda l'Italia, i rappresentanti dell'AINEVA erano A. Cagnati e R. Zasso (Veneto), C. Oberschmied (Bolzano) e E. Filafarro (Friuli Venezia Giulia).

Di seguito è riportato, secondo un ordine corrispondente ai vari punti trattati, un breve resoconto dei lavori.

Utilizzo dei media

La discussione è prevalentemente incentrata sull'utilizzo del sistema INTERNET. L'Austria propone di realizzare su INTERNET una piattaforma comune con le informazioni relative al pericolo di valanghe. Siccome alcuni paesi manifestano qualche riserva di tipo politico (Francia) viene deciso di effettuare uno studio di fattibilità inizialmente fra i paesi e le regioni di lingua tedesca lasciando naturalmente la possibilità di aderire da subito ad eventuali altri interessati. Allo scopo viene costituito un apposito gruppo ristretto coordinato dall'Austria (Staudinger).

Nuova teoria di Munter: effetti sui servizi valanghe

I paesi di lingua tedesca manifestano la loro preoccupazione per la grande diffusione che sta avendo il metodo di riduzione del rischio proposto da Munter e il conseguente ridimensionamento dell'utilizzo dei bollettini valanghe come mezzo di prevenzione.

Da più parti, e in modo particolare dalla Germania, pervengono numerose critiche alla teoria di Munter.

Viene riconosciuto comunque che il metodo presenta anche elementi di validità che non sono tenuti in debito conto dalla scala europea del

pericolo di valanghe.

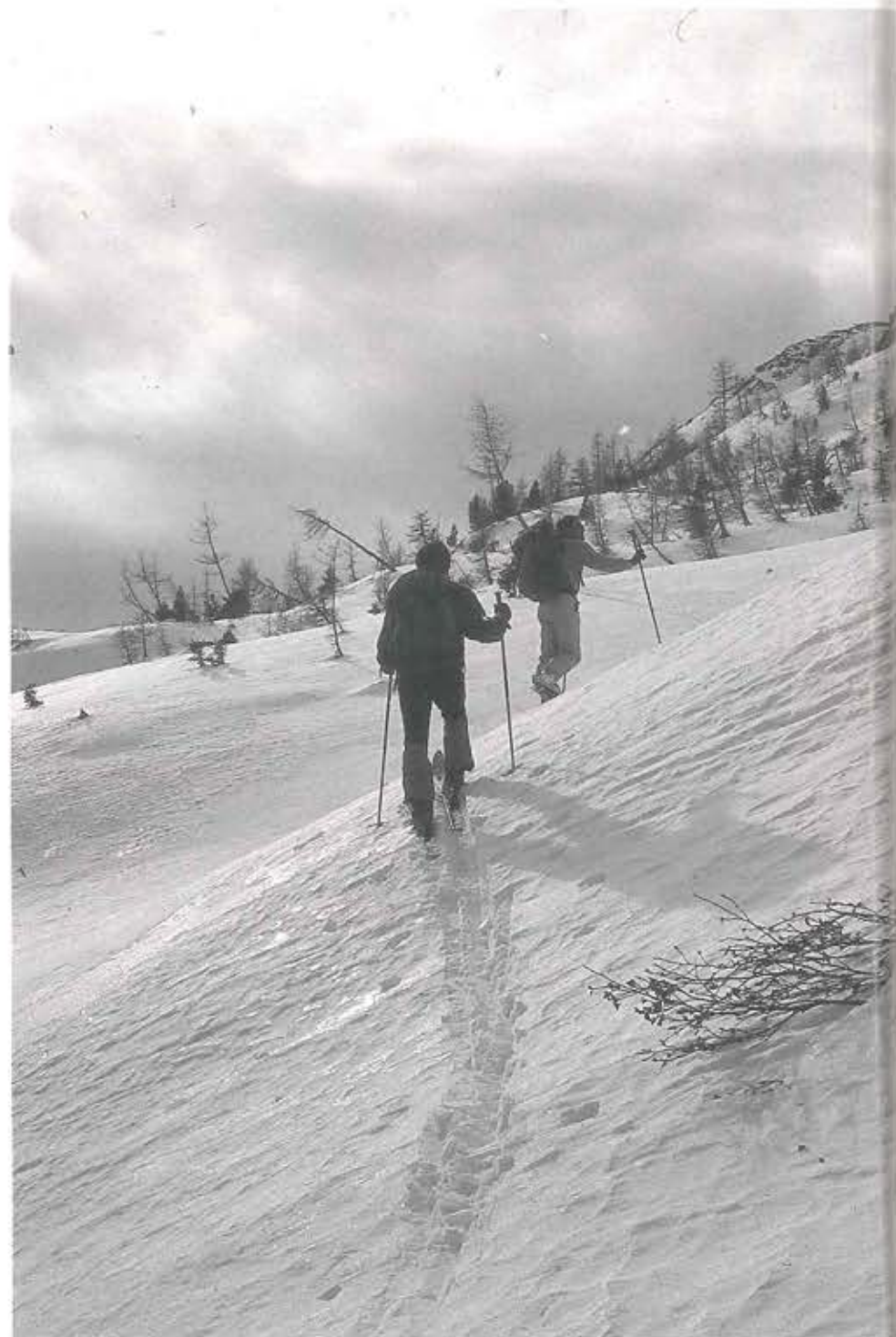
La Svizzera, considerando che Munter è ora anche consulente dell'Istituto di Davos, propone una collaborazione con lo stesso autore per la definizione congiunta di fattori di riduzione dei rischi e regole comuni.

Viene comunque decisa la costituzione di un gruppo di lavoro coordina-

to dalla Germania (Zenka) per valutare la possibilità di apportare alla scala di pericolo delle modifiche che tengano conto della teoria di Munter.

Codificazione delle valanghe osservate: omogenizzazione

In considerazione delle novità che sono state introdotte dalla nuova



scala europea del pericolo di valanghe, la Francia propone di armonizzare il sistema di codifica delle valanghe osservate nel rilievo nivometeorologico giornaliero. Dalla presentazione fatta dai diversi paesi appare infatti chiaramente che esistono delle notevoli diversità. Anche in questo caso viene decisa la costituzione di un gruppo di

che per il futuro, visti gli elevati costi degli apparati, sarà conveniente coinvolgere in misura maggiore i vari soggetti potenzialmente interessati sul modello della soluzione adottata in Tirolo dove l'installazione è a carico del Comune mentre la manutenzione è a cura del servizio valanghe. La ditta VAISALA presenta un nuovo sensore a raggi infrarossi

Viene sollevata dai presenti la questione del manuale per la previsione valanghe locale la cui realizzazione era stata abbozzata nella precedente riunione, ma del quale dopo un certo periodo non si è più saputo niente. Mancando il diretto interessato (Bolognesi) la Svizzera si incarica di chiarire al più presto la questione. Qualora il



lavoro coordinato dalla Francia (Pahaut) con il compito di studiare il problema. Il rappresentante italiano del gruppo di lavoro è Filaferro.

Scambio di esperienze circa le stazioni automatiche

Dai vari paesi viene presentata la situazione circa l'utilizzo delle stazioni automatiche nell'attività dei servizi di previsione valanghe. A parte la continua espansione di queste reti è emerso chiaramente

per la misura della precipitazione nevosa (quantità e tipo).

Attività delle Commissioni Locali Valanghe

Strolz, responsabile del servizio di sicurezza valanghe nel comprensorio sciistico di St. Anton, illustra la situazione nella nota località austriaca sottolineando il fatto che è difficile sostenere un sistema basato sul volontariato quando c'è molto lavoro da fare.

lavoro fosse stato sospeso per qualche motivo il progetto verrebbe temporaneamente accantonato anche perché l'Austria ha nel frattempo emanato delle direttive per il lavoro delle Commissioni Valanghe.

Scala di pericolo: valutazioni ed eventuali piccole variazioni

La Francia presenta una proposta di modifica alla scala relativamente al

grado 2 sostituendo la dicitura "non sono da aspettarsi grandi valanghe spontanee" con "in primavera non sono da escludere distacchi di medie o grandi valanghe spontanee". Questa modifica dovrebbe servire per una maggiore copertura del previsore in caso di situazioni primaverili con aumento considerevole del grado di pericolo nelle ore pomeridiane. Dopo una ampia discussione alla quale partecipano i vari paesi la proposta viene temporaneamente accantonata ma viene comunque costituito un gruppo di lavoro coordinato dalla Francia (Brun) per lo studio del problema.

Presentazione di un modello meteorologico su scala locale

Steinacker, dell'Università di Vienna, presenta il modello meteorologico Wells di origine americana e recentemente adattato per un utilizzo in Europa. La peculiarità del modello, che richiede i dati di input di Reading e una buona rappresentazione geografica locale, è quella che, limitatamente alle previsioni a 24 ore, funziona con dei tempi di elaborazione ragionevoli anche su un normale PC.

Sistemi per la previsione locale delle valanghe

Moser presenta un modello per la previsione valanghe derivante da una combinazione fra l'approccio statistico classico e le conoscenze degli esperti (Fuzzy Logic).

Regionalizzazione dei bollettini

L'Austria introduce il problema della regionalizzazione dei bollettini valanghe, quindi viene presentato ciò che è stato fatto o che è in progetto di fare nei vari paesi per dare all'utente un maggiore dettaglio dell'informazione. Appare comunque evidente che la regionalizzazione dell'informazione richiede più Commissioni Valanghe, un'espansione delle reti di stazioni

automatiche e soprattutto più personale esperto da dedicare alla previsione.

A riguardo l'Italia propone un utilizzo delle Guide Alpine nella fase di raccolta e verifica delle informazioni come già avviene in alcune Regioni.

Conclusioni

Viene proposto dall'Austria e accettato un metodo di lavoro basato su piccoli gruppi che hanno il compito di studiare i temi individuati in tutti i loro aspetti e di presentare poi i risultati in incontri allargati a tutti i rappresentanti. La Svizzera propone di favorire, quando possibile, l'interscambio dei previsori fra i vari servizi, sulla base dell'esperienza di Oberschmied che ha lavorato per un inverno a Davos. Per la prossima riunione viene suggerito di tenere in considerazione le richieste che pervengono dai nuovi paesi che sono entrati nel gruppo (Slovacchia, Scozia, Slovenia, Norvegia, Islanda). Il prossimo incontro si terrà nel 1999 con la presidenza della Francia.

Anselmo Cagnati

PRESENTATO UN CATALOGO NAZIONALE DI SOFTWARE PER L'AMBIENTE E IL TERRITORIO

"Software & Ambiente" è un catalogo che rappresenta uno strumento di informazione scientifica mirato a favorire l'applicazione dell'informatica all'analisi e alla soluzione dei problemi di controllo, pianificazione e risanamento dell'ambiente e del territorio. Esso fornisce la possibilità di ricerche rapide e di spiegazioni esaurienti su 183 programmi - di oltre 80 fornitori - disponibili, a livello nazionale, nei diversi settori ambientali.

Il catalogo è destinato ad ampie categorie di utenti: operatori di enti pubblici (ministeri, regioni, province, comuni, USSL, ecc.), università, istituti di ricerca, industrie, artigiani, servizi, consorzi, liberi professionisti. Il catalogo è stato sviluppato con il programma Multimedia Toolbook e consente la consultazione delle informazioni in modalità ipertestuali. Per ogni programma è disponibile una scheda elettronica standard suddivisa in 5 diverse sezioni (introduttiva, disponibilità del programma, descrizione sintetica, requisiti hardware e software, dati richiesti e risultati ottenibili). Per alcuni programmi esiste inoltre una documentazione aggiuntiva rappresentata da testi, tabelle, grafici, figure ed esempi.

Sono possibili differenti modalità di accesso alle schede: per indice generale alfabetico dei programmi; per settore principale di applicazione (Acqua; Aria e Clima; Suolo; Sistemi biologici e agroforestali; Rifiuti; Rumore; Analisi e monitoraggio; Disinquinamento ed emergenze; GIS; sistemi urbani e territorio; Salute dell'uomo; rischi e protezione; Banche dati; Normative; Strumentazioni e tecnologie; Altro); per scelta (singola o associata) di oltre 40 parole chiavi; per ricerca libera di un testo attraverso tutte le schede; per indici generali dei distributori.

La documentazione aggiuntiva, associata ad oltre metà dei programmi, può essere invece consultata o per indice generale o selezionando i collegamenti (in colore rosso) durante la normale lettura delle diverse pagine elettroniche che costituiscono il catalogo o al termine della consultazione di ciascuna scheda.

Questo catalogo, progettato e finanziato dalla Fondazione Lombardia per l'Ambiente di Milano, è stato realizzato dal Centro di Cultura Scientifica "A. Volta" di Como in collaborazione con il



Tematiche quali il Servizio Meteorologico Regionale (S.M.R.), l'Ingegneria Ambientale e la Struttura Oceanografica Daphne consentono di avvalersi di supporti specialistici in modo coordinato e interdisciplinare.

Il S.M.R., per l'esperienza acquisita in questi anni, per le tecnologie adottate ed i collegamenti scientifici in essere rappresenta un punto di eccellenza. La sua entrata in ARPA consente di sviluppare appieno l'applicazione delle conoscenze meteo-climatologiche alle azioni di prevenzione ambientale con particolare riguardo all'inquinamento atmosferico, alle pratiche agricole compatibili con l'ambiente e alla previsione e prevenzione in campo idrometeorologico e di protezione civile. Il convegno rappresenta, in questo senso, una prima occasione di confronto nel nuovo quadro istituzionale ed operativo in cui si colloca il Servizio Meteorologico Regionale.

Politecnico di Milano (CIRITA). La distribuzione è gratuita a cura della Fondazione Lombardia per l'Ambiente - Foro Buonaparte 12 - 20121 Milano.

L' A.R.P.A. E' DIVENTATA PIENAMENTE OPERATIVA

Il 2 maggio 1996 è diventata pienamente operativa l'Arpa, Agenzia Regionale per la Prevenzione e l'Ambiente.

E' la realizzazione di un impegno assunto nei confronti dei cittadini dopo il referendum abrogativo del 1993.

Con l'istituzione dell'Arpa ha preso vita il progetto di realizzare un unico referente per tutte le questioni in materia ambientale, permettendo così ai cittadini, alle imprese e alle associazioni di attuare un rapporto



più stretto con le Istituzioni operanti nel nostro territorio.

L'articolazione dell'Arpa in sezioni provinciali consente di assolvere su scala locale ai principali compiti assegnati all'Agenzia regionale. La presenza in ARPA di Strutture

PROVINCIA DI TRENTO: NASCE "METEOTRENTINO"

Con specifica deliberazione della Giunta provinciale, a partire dal 20 settembre 1996, l'Ufficio Neve e Valanghe diventa a tutti gli effetti il referente della Provincia Autonoma di Trento anche nel campo della meteorologia, assumendo così la nuova denominazione di Ufficio Neve, Valanghe e Meteorologia. Di fatto la struttura, che si colloca all'interno del Servizio Prevenzione Calamità Pubbliche del Dipartimento per la Protezione Civile, e che vanta un'esperienza nel campo della previsione nivometeorologica di circa 15 anni, già da tempo garantiva, in caso di emergenza, la necessaria assistenza meteo per il territorio di propria competenza. Numerose le iniziative subito avviate dal responsabile dell'Ufficio, l'arch. Giorgio Tecilla, per potenziare ulteriormente la struttura e migliorare complessivamente la qualità del servizio. Fra queste spicca l'accordo con l'Ufficio Idrografico e l'Istituto Agrario di S. Michele all'Adige per la creazione di "Meteotrentino", che in una logica di ottimizzazione dei costi-benefici e con il coinvolgimento di realtà già operanti nel settore, si pone l'obiettivo di soddisfare tutte le esigenze locali in campo di previsione meteo, dalla Protezione Civile, gestione di risorse e territorio fino a quelle legate al turismo e al tempo libero.

Altri importanti contatti sono stati subito allacciati con l'Università di Padova per la formazione e l'aggiornamento del personale attualmente in forza (5 previsori) e con la Regione Veneto (C.S.I.M. di Teolo) per lo scambio dei dati e delle informazioni meteo.

Importanti accordi sono stati stretti anche con l'Autorità di Bacino del fiume Adige che, oltre a mettere subito a disposizione spazi fisici adeguati per la creazione di una

METEO TRENTINO

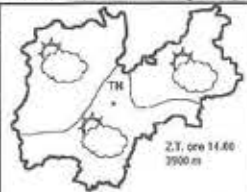
Provincia Autonoma di Trento
Ufficio Neve Valanghe e Meteorologia - Ufficio Idrografico - Istituto Agrario di S. Michele all'Adige

BOLLETTINO METEOROLOGICO VALIDO PER LA PROVINCIA DI TRENTO
emesso VENERDÌ 12 SETTEMBRE 1997 ALLE ORE 13.00
in collaborazione con il C.S.I.M. di Teolo

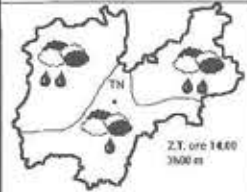
VALORI REGISTRATI: min. della notte (°C), Max di ieri (°C) e pioggia (mm) delle ultime 24 ore:			
	Min.	Max	Pioggia 24h
Trento Sud	14	23	0
Arco	16	25	0
Borgo Valsugana	13	22	0

	Min.	Max	Pioggia 24h
Passo Tonale	8	15	0
Paneggione	9	18	0
Cles	11	25	0

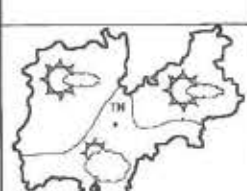
EVOLUZIONE: una rapida perturbazione interesserà domani la nostra regione con piogge diffuse, anche intense. Domenica il tempo migliorerà, ma le temperature resteranno basse, specie in montagna.



PREVISIONI FINO ALLE 24 DI OGGI
Stato del cielo: nuvoloso con temporanee schiarite; molto nuvoloso in serata.
Precipitazioni: isolati piovvaschi più probabili a Nord.
Temperature: in leggero aumento, tra 26 e 28 °C.
Venti: a regime di brezza in valle, moderati sudoccidentali in montagna.
Fenomeni particolari: foschia



PREVISIONI PER SABATO 13:
Stato del cielo: da nuvoloso a coperto; in serata schiarite a partire da Ovest.
Precipitazioni: diffuse deboli o moderate, anche temporalesche, localmente forti a Nord.
Temperature: minime stazionarie, tra 13 e 14 °C; massime in diminuzione, tra 22 e 24 °C.
Venti: deboli o moderati sudoccidentali, in seguito moderati e forti settentrionali.



PREVISIONI PER DOMENICA 14:
Stato del cielo: poco nuvoloso; a Sud nuvoloso con tendenza a schiarite nella giornata.
Precipitazioni: a sud deboli sparse fino alle prime ore del mattino.
Temperature: minime in diminuzione, massime in aumento.
Venti: in valle deboli variabili; in montagna moderati settentrionali.

TENDENZA PER I GIORNI SUCCESSIVI: Lunedì 15: sereno o poco nuvoloso per nubi alte.

EE/GLT **Prossimo bollettino:** Sabato 13 settembre


Numero Verde 167/850077

Centrale Operativa, ha manifestato l'intenzione di contribuire attivamente anche al già avviato potenziamento, mettendo a disposizione un radar meteorologico di prossima installazione.

Gianluca Tognoni

ORTOVOX

SAFETY SYSTEM

La sicurezza in montagna inizia con una buona attrezzatura personale. Seguendo questo importante concetto Ortovox ha studiato la linea Safety System.

Una serie di articoli indispensabili per risolvere ogni tipo di emergenza, in particolare nella ricerca dei travolti da valanga. Il programma comprende:

1. F1 Focus: apparecchio A.R.V.A. monofrequenza 457 KHz con sistema ausiliario di ricerca visiva a 3 led direzionali. Struttura ergonomica con allacciatura di sicurezza; impermeabile e antiurto. Disponibile il "Kit" con auricolare stereo e borsa di contenimento. Peso gr 250.

2. Zaino Stratus: capacità 32 litri, ideale per la gita sci alpinistica. Permette il comodo stivaggio di tutti gli attrezzi del programma Safety System. Leggero e resistente è dotato di un dorso traspirante che consente un'ottima aerazione. Peso gr 900. Disponibili versioni 25 Lt (Cirrus) e 45 Lt (Cumulus).

3. Sonda: in lega Ergal con cavetto d'acciaio di fissaggio. In due misure: 240 cm per autosoccorso e 320 cm per soccorso organizzato. Il disegno conico della punta permette una facile estrazione. Colorazione differenziata dei segmenti.

4. Pala da neve: in policarbonato infrangibile e resistente alle basse temperature. Grande volume di asportazione, manico telescopico anatomico per destri e mancini. Può essere utilizzata come slitta di emergenza.

Desidero ricevere i cataloghi completi. Allego L. 5.000 in francobolli quali rimborso delle spese postali. N.V. ORTOVOX.

Nome Cognome

Indirizzo

Città

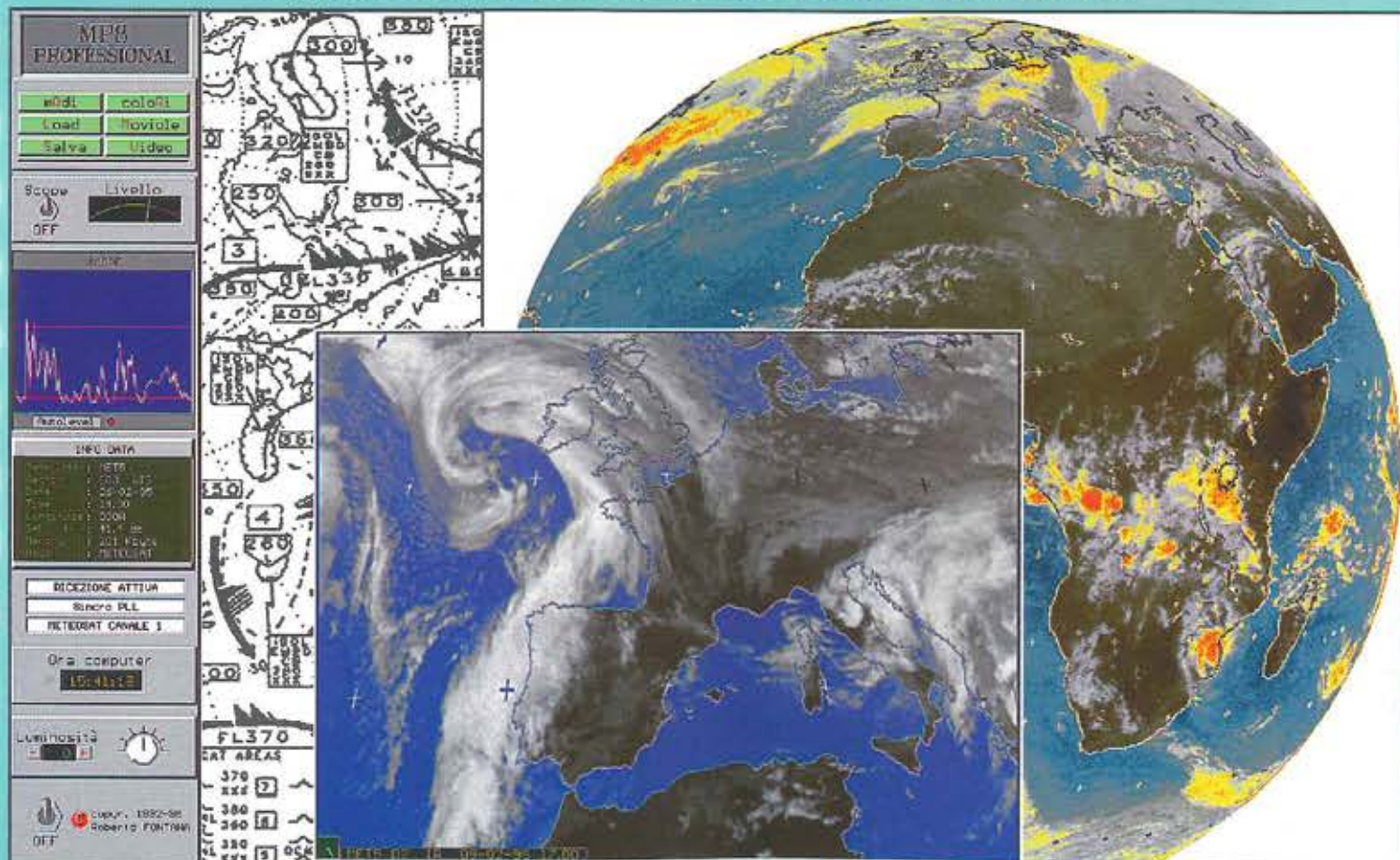
CAP Provincia



Distributore esclusivo per l'Italia:
W.S.E. Wild Sports Equipments
Via Dalla Chiesa, 3
24020 Scanzorosciate (BG)



SISTEMI COMPUTERIZZATI PROFESSIONALI PER GESTIONE IMMAGINI DA SATELLITI METEO SISTEMI DI RICEZIONE E DECODIFICA DI MAPPE FAX METEO





SISTEMI DI MONITORAGGIO NIVOMETEOROLOGICO

CAE SRL (SEDE LEGALE) - VIA CA' DELL'ORBO, 48 - 40050 VILLANOVA DI CASTENASO (BO) - TEL. 051/780539
CAE SRL (UFF. COMMERCIALE) - VIA CA' DELL'ORBO, 34 - 40050 VILLANOVA DI CASTENASO (BO) - TEL. 051/782089
E-MAIL: CAE@CAE.IT

INDIRIZZO INTERNET: [HTTP:// www.affari.com/cae](http://www.affari.com/cae)

