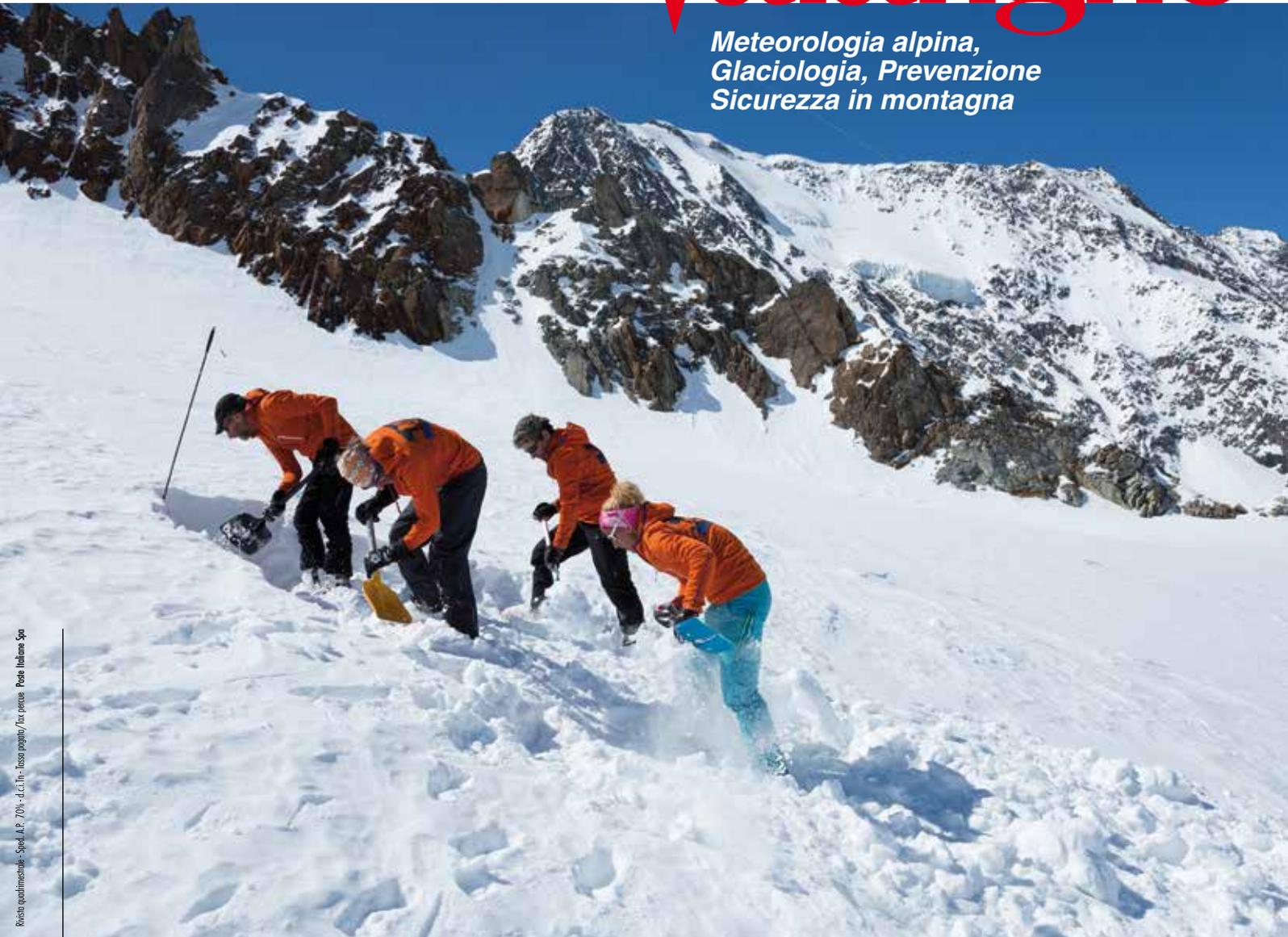


e Neve Valanghe

n° 84 - aprile 2015

*Meteorologia alpina,
Glaciologia, Prevenzione
Sicurezza in montagna*



**Stima della neve fresca dai dati
delle stazioni automatiche**

**Misura delle precipitazioni nevose
mediante i pluviometri**

Sulla tecnica di scavo in valanga

**Comparazione tra Lemons
e punteggi ECT e RB**

3PClim: mutamenti climatici nelle Alpi

**Cumulo nevoso stagionale
sul ghiacciaio dello Stelvio**



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

REGIONE PIEMONTE

ARPA Piemonte
Dipartimento Sistemi Previsionali
Via Pio VII 9 - 10135 Torino
Tel. 011 19681340 - fax 011 19681341
<http://www.arpa.piemonte.it>
e-mail: sistemi.previsionali@arpa.piemonte.it

REGIONE AUTONOMA VALLE D'AOSTA

Assessorato Opere pubbliche, difesa
del suolo e edilizia residenziale pubblica
Direzione assetto idrogeologico dei bilanci montani
Ufficio neve e valanghe
Loc. Amélique 33/A - 11020 Quart (AO)
Tel. 0165 776600/1 - fax 0165 776804
Bollettino Nivometeorologico
Tel. 0165 776300
<http://www.regione.vda.it>
e-mail: u-valanghe@regione.vda.it

REGIONE LOMBARDIA

ARPA Lombardia
Settore Tutela delle Risorse e Rischi Naturali
U.O. Centro Nivometeorologico
Via Monte Confinale 9 - 23032 Bormio (SO)
Tel. 0342 914400 - Fax 0342 905133
Bollettino Nivometeorologico
Risponditore telefonico e
fax on demand 02 69666554
<http://www.arpalombardia.it/meteo>
e-mail: nivometeo@arpalombardia.it

PROVINCIA AUTONOMA DI TRENTO

Servizio prevenzione rischi
Ufficio previsioni e pianificazione
Via Vannetti 41 - 38122 Trento
Tel. 0461 494870 - Fax 0461 238305
Bollettino Nivometeorologico
Tel. 0461 238939
Self-fax 0461 237089
<http://www.meteotrentino.it>
e-mail: ufficio.previsioni@provincia.tn.it

PROVINCIA AUTONOMA DI BOLZANO

Ufficio Idrografico, Servizio Prevenzione
Valanghe e Servizio Meteorologico
Viale Druso, 116 - 39100 Bolzano
Tel. 0471 416140 - Fax 0471 416159
Bollettino Nivometeorologico
Tel. 0471 270555
Tel. 0471 271177 anche self fax
<http://www.provincia.bz.it/valanghe>
e-mail: Hydro@provincia.bz.it

REGIONE DEL VENETO

ARPA-Veneto Centro Valanghe di Arabba
Via Pradat 5 - 32020 Arabba (BL)
Tel. 0436 755711 - Fax 0436 79319
Bollettino Nivometeorologico
Tel. 049 8239399
<http://www.arpa.veneto.it>
e-mail: cva@arpa.veneto.it

REGIONE AUTONOMA FRIULI VENEZIA GIULIA

Direzione centrale risorse rurali, agroalimentari e forestali
Servizio del Corpo forestale regionale
Settore neve e valanghe
Via Sabbadini 31 - 33100 Udine
Tel. 0432 555877 - Fax 0432 485782
Bollettino Nivometeorologico
NUMERO VERDE 800860377 (in voce e self fax)
<http://www.regione.fvg.it/asp/newvalanghe/welcome.asp>
e-mail: neve.valanghe@regione.fvg.it

REGIONE MARCHE

Dipartimento per le Politiche Integrate
di Sicurezza e Protezione Civile
Centro Funzionale Multirischi
per la Meteorologia e l'Idrologia
Via del Colle Ameno, 5 - 60126 Ancona
Tel. 071 8067743 - Fax 071 8067709
<http://protezionecivile.regione.marche.it>
e-mail: centrofunzionale@regione.marche.it

Sede AINEVA

Vicolo dell'Adige, 18
38122 Trento
Tel. 0461 230305 - Fax 0461 232225
<http://www.aineva.it>
e-mail: aineva@aineva.it

Gli utenti di "NEVE E VALANGHE":

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



Periodico associato all'USPI
Unione Stampa Periodica Italiana

Rivista dell'AINEVA - ISSN 1120 - 0642
Aut. Trib. di Rovereto (TN)
N° 195/94NC
del 28/09/1994
Sped in abb. postale Gr. IV - 50%
Abbonamento annuo 2015: Euro 18,00
da versare sul c/c postale n. 14595383
intestato a: AINEVA
Vicolo dell'Adige, 18 - 38122 Trento

Direttore Responsabile

Anselmo CAGNATI
ARPA Veneto
Coordinamento redazionale:
ARPA Lombardia e ARPA Veneto

Comitato di redazione:

Luciano LIZZERO, Maria Cristina PROLA,
Mauro VALT, Giovanna BURELLI,
Elena BARBERA, Walter BEOZZO,
Stefano SOFIA, Alfredo PRAOLINI,
Fabio GHESER

Comitato scientifico editoriale:

Valerio SEGOR,
Alberto TRENTI, Secondo BARBERO,
Francesco SOMMAVILLA,
Daniele MORO, Maurizio FERRETTI,
Michela MUNARI, Giovanni PERETTI

Segreteria di Redazione:

Vicolo dell'Adige, 18
38122 TRENTO
Tel. 0461/230305
Fax 0461/232225

Videoimpaginazione e grafica:

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

Stampa:

LITOTIPOGRAFIA ALCIONE srl
Lavis (TN)

Referenze fotografiche:

Foto di copertina: Claudio Camisasca

Lodovico Mottarella: 11
Roberto Bortoli: 2
ARPA Piemonte: 5, 7, 9, 10, 11
Amerigo Lendvai: 12, 14 tutte, 15, 16, 18,
20 tutte
Claudio Camisasca: 23, 25, 26, 27, 28, 29
Igor Chiambretti: 31, 50, 51, 52, 53
ARPA Veneto: 37, 40, 41
ARPA Lombardia: 43, 44 tutte, 47, 48 tutte,
49 tutte

Hanno collaborato a questo numero:

Serena Mottarella, Stefania Del Barba,
Nadia Preghenella, Monica Rossi,
Igor Chiambretti, Enrico Filafferro.

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

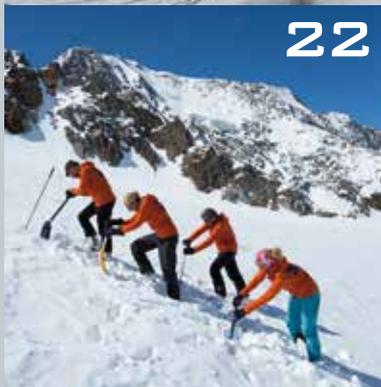
I dati forniti dagli abbonati e dagli inserzionisti
vengono utilizzati esclusivamente per l'invio della
presente pubblicazione (D.Lgs.30.06.2003 n.196).



4



12



22



30



36



42

4 STIMA DELLA NEVE FRESCA DAI DATI DELLE STAZIONI AUTOMATICHE

■ G. Rossi, M. Faletto, M.C. Prola, R. Cremonini

12 MISURA DELLE PRECIPITAZIONI NEVOSE MEDIANTE I PLUVIOMETRI

■ A. Lendvai, R. Ranzi, G. Peretti, F. Berbenni,
A. Praolini, S. Urbani

22 SULLA TECNICA DI SCAVO IN VALANGA

■ A. Panza, G. Perelli Ercolini, D. Rogora

30 COMPARAZIONE TRA LEMONS E PUNTEGGI ECT E RB

■ I. Chiambretti, F. Monti, M. Valt

36 3PCLIM: MUTAMENTI CLIMATICI NELLE ALPI

■ P. Tartarotti

42 CUMULO NEVOSE STAGIONALE SUL GHIACCIAIO DELLO STELVIO

■ A. Praolini, E. Meraldi, F. Berbenni



In attesa della consueta analisi sull'andamento della stagione invernale 2014-2015, che verrà presentata sul numero di agosto, questo numero di Neve e Valanghe contiene una serie di contributi su diverse tematiche che possono interessare una platea molto vasta di lettori, dai tecnici dei servizi valanghe ai soccorritori. La misura della neve fresca, ovvero della quantità di neve caduta in un determinato periodo di tempo (di solito 24 ore) è di fondamentale importanza per la valutazione del pericolo di valanghe. In questi ultimi decenni, accanto alle misure tradizionali con tavoletta da neve ed asta graduata che richiedono l'intervento in campo di un osservatore, sono andati gradualmente diffondendosi sistemi di misura automatici basati su ecometri ad ultrasuoni o pluviometri riscaldati. Entrambi questi sistemi producono una sottostima della neve fresca causata in un caso dai processi di assestamento della neve, nell'altro dai problemi di cattura della precipitazione nevosa dovuti al vento e all'evaporazione. I primi due articoli di questo numero sono dedicati alla presentazione di due diversi sistemi basati su algoritmi da applicare ai dati grezzi nella fase di validazione al fine di minimizzare i deficit di misura.

Il terzo articolo riguarda la proposta di una didattica comune a tutte le scuole del Club Alpino Italiano sulla tecnica di scavo in valanga. Per molto tempo l'attenzione dei soccorritori è stata incentrata principalmente sulla localizzazione dei travolti senza dare adeguata importanza alle procedure di scavo e disseppellimento che costituiscono invece un aspetto cruciale dell'autosoccorso in quanto incidono, in modo talvolta determinante, sul tempo dell'intervento.

Il terzo contributo è di particolare interesse per tutti i previsori che operano nei servizi valanghe regionali e locali. Solo recentemente i test di stabilità, quali l'*Extended Column Test* (ECT) e il *Rutschblock* (RB) sono entrati a far parte delle procedure standard di rilevamento dei dati in campo, ma questi dati sono spesso di difficile utilizzo e, in particolare, non è talvolta evidente come essi possano essere correlati con i rilievi convenzionali quali i profili del manto nevoso. L'articolo presentato riguarda il confronto fra gli indici di stabilità strutturale del manto nevoso desunti dai profili e i punteggi dei test di stabilità e costituisce un valido supporto ai previsori valanghe per l'interpretazione dei dati.

Gli ultimi due articoli riguardano la climatologia alpina: in uno vengono presentati i risultati del progetto europeo 3PClim che si proponeva, come obiettivo principale, il rifacimento dell'atlante climatico del Tirolo nell'area alpina compresa fra il Tirolo austriaco, l'Alto Adige e il Bellunese anche alla luce dei cambiamenti climatici recenti mentre nell'altro vengono presentati i dati di accumulo nevoso stagionale sul ghiacciaio dello Stelvio.

Anselmo Cagnati
Direttore Responsabile

STIMA della NEVE FRESCA dai DATI delle STAZIONI AUTOMATICHE

Definizione di un modello per migliorare la valutazione dell'altezza di neve fresca dalla lettura dei dati delle stazioni automatiche

**Giulia Rossi e
Mattia Faletto**

con la collaborazione di

**Maria Cristina Prola e
Roberto Cremonini**

ARPA Piemonte, Dipartimento

Sistemi Previsionali, Torino

mariacristina.prola@arpa.piemonte.it

Il quantitativo di neve fresca, misura in centimetri della neve caduta nelle ultime 24 ore, HN, è di fondamentale importanza per la valutazione del pericolo valanghe e delle condizioni di stabilità del manto nevoso. Il dato di neve fresca derivato dalle frequenti misure di altezza del manto nevoso effettuate dalle stazioni nivometriche automatiche risulta tendenzialmente sottostimato. Questa sottostima è causata *in primis* dai processi di assestamento del manto nevoso preesistente alla nevicata a causa del peso della nuova neve. Le osservazioni nivologiche manuali effettuate quotidianamente dagli operatori (Modello 1 - AINEVA) sono affette da questa sottostima in modo molto limitato, poiché la misura viene eseguita tramite l'utilizzo di una tavoletta di legno, posta sulla superficie del manto nevoso, che ha funzione di separare il processo di assestamento del manto nevoso dall'accumulo della nevicata.

Lo scopo di questo studio è stato quindi quello di creare un algoritmo di correzione dei valori di neve fresca restituiti dalle stazioni automatiche, utilizzando come riferimento i valori di neve fresca modellizzati da SNOWPACK (Bartelt and Lehning, 2002), modello numerico unidimensionale sviluppato dall'Istituto Federale Svizzero (SLF) che simula l'evoluzione temporale del manto nevoso, tenendo conto dei molti fattori nivometeorologici che lo influenzano



REGIONE PIEMONTE
AZIONE METEOROLOGICA
del CHIOT

INTRODUZIONE

Una delle principali funzioni delle stazioni nivometriche automatiche risiede nell'elevata frequenza temporale di raccolta dei dati relativi all'altezza della neve al suolo, HS, (mediamente ogni 30'), che permette di monitorare quasi in tempo reale l'evoluzione di una precipitazione nevosa. La misura automatica della neve avviene attraverso un sensore ad ultrasuoni, costituito da una coppia di trasduttori ultrasonici in aria che misurano il tempo di percorrenza dell'impulso dalla trasmissione alla ricezione, dopo essere stato riflesso dalla superficie del manto nevoso. Tale valore viene compensato con il dato di temperatura dell'aria, con margine di incertezza di 1,5 cm, tollerato fino a 4 cm. Questo significa che è possibile avere un *range* di misura di 5,5 cm. Nonostante la compensazione, il grafico delle HS riporta oscillazioni anche di 10 cm, in particolare in corrispondenza di brusche variazioni di temperatura che si possono registrare nell'arco diurno nelle giornate di tempo sereno e stabile, ma anche durante i passaggi di fronti con precipitazioni associate (Frigo et al., 2012). Tale misura può risultare alterata anche da fattori, occasionali, quali interferenze dovute ad ostacoli temporanei che interferiscono con la misura del sensore. (Terzago et al., 2012).

La Regione Piemonte è dotata di una rete di stazioni nivometriche automatiche per il monitoraggio degli apporti nevosi e di conseguenza per la valutazione del pericolo valanghe e di altri aspetti in campo idrologico. Data l'importanza di queste attività, è necessario che i dati delle stazioni automatiche siano affidabili e accurati. Ciò non è però sempre possibile: le misurazioni automatiche sono spesso soggette ad errori per varie cause e fattori, legati perlopiù alle condizioni meteorologiche; per esempio, si possono registrare accumuli o riduzioni repentine di neve a causa di forti venti oppure si può verificare una compattazione della neve più o meno accentuata in funzione delle condizioni climatiche (McClung and Schaerer, 1993), la quale influisce sulle misurazioni, renden-

do sottostimata l'altezza di neve fresca. Per questi motivi, si è sviluppato il "Data Quality Control" (DQC), ossia un insieme di sistemi di controllo qualità dei dati ricevuti; essi consistono in tutte quelle procedure operative che saranno effettuate durante il normale funzionamento del sistema di monitoraggio per garantire un corretto funzionamento (Salvati and Brambilla, 2008).

Arpa Piemonte, oltre a tarare periodicamente gli strumenti, affianca alle misurazioni automatiche quelle manuali, effettuate da personale appositamente formato, che forniscono dati nivometeorologici orientati alla "qualità" e distribuzione della neve. I dati delle stazioni automatiche insieme a quelli manuali vengono analizzati da un operatore che effettua controlli giornalieri. Il processo di verifica necessita di migliorie che riducano la componente soggettiva del controllo, adottando processi automatizzati su base di algoritmi matematici. In questo studio si è cercato di creare un modello di correzione dei valori di neve fresca restituiti dalle stazioni automatiche in modo da ridurne la sottostima. Per fare questo si sono utilizzati i dati di neve fresca valorizzati dal modello SNOWPACK (Bartelt and Lehning, 2002).

Il lavoro si basa sul confronto tra i valori restituiti dalle stazioni automatiche e quelli restituiti da SNOWPACK per l'inverno 2013-2014, considerando gli ultimi come veritieri e correggendo i primi in funzione di essi. Utilizzando una regressione lineare si è quindi definito un algoritmo che, utilizzando alcuni parametri noti, corregge la stima di neve fresca ottenuta dalle stazioni automatiche. L'accuratezza del modello è stata poi valutata applicandolo ai valori dell'inverno precedente (2012-2013) e confrontando i valori "corretti" con quelli definiti in SNOWPACK.

MATERIALI E METODI

Arpa Piemonte dispone su suo territorio di competenza di più di 100 stazioni nivometriche automatiche; tra queste ne sono scelte 5, a quote che vanno da 1875 m s.l.m. a 2820 m s.l.m., di cui sono di-

sponibili anche i risultati di SNOWPACK. Le stazioni prese in considerazione sono Limone Piemonte (1875 m s.l.m.), Passo del Moro (2820 m s.l.m.), Bocchetta della Pisse (2410 m s.l.m.), Sestriere-Banchetta (2480 m s.l.m.) e Lago Pilone (2280 m s.l.m.). Per ognuna di esse si sono considerati i valori di HN (altezza della neve fresca) stimati dalle stazioni automatiche e da SNOWPACK, graficati poi insieme per evidenziarne le differenze. Ogni punto rappresenta una coppia di misurazioni: maggiore è la sua distanza dalla bisettrice, maggiore è la differenza tra i due valori considerati (Figg. 1a, 1b, 1c, 1d, 1e). In particolare, siccome in ascissa si hanno le altezze misurate dalle stazioni automatiche e sulle ordinate i valori corrispondenti in SNOWPACK, se i punti sono spostati verso l'asse orizzontale significa che il valore restituito dalla stazione automatica è sovrastimato (Fig. 1d), viceversa se i punti sono spostati più verso l'asse verticale allora le stazioni automatiche hanno sottostimato la grandezza (Fig. 1b, Fig. 1e).

Dai grafici si può notare come in alcuni casi ci siano differenze tra il valore della neve fresca della stazione automatica e quello di SNOWPACK che raggiungono anche 60 cm (Fig. 1a); pertanto si è voluta comprendere la causa di tali diversità. Controllando i dati archiviati nei database di Arpa Piemonte si è potuto vedere che le suddette differenze erano dovute al fatto che l'altezza di neve fresca registrata risultava alterata per motivi di attività eolica forte, la quale creava accumulo o diminuiva lo spessore reale di neve fresca precipitata. Tenendo invece in considerazione questo fenomeno, SNOWPACK restituiva valori elevati più simili a quelli misurati; in questi casi si è deciso quindi di riportare i valori delle stazioni automatiche alla stima iniziale che considerava l'azione eolica, in quanto si è trattato non di errori di misura, ma di un diverso approccio tra SNOWPACK e l'archiviazione dei dati in Yeti.

Apportando quindi queste correzioni, si è studiata la serie di dati relativa alla stagione invernale 2013-2014 tramite il

supporto del software *R Cran* (R, 2010). Innanzitutto, si sono presi in considerazione alcuni fattori che si ipotizzava inizialmente influissero sui valori registrati di neve fresca: la temperatura massima,

minima e media dell'aria, la temperatura superficiale della neve, l'altezza di neve fresca cumulata in uno, due, tre e quattro giorni. Successivamente si è valutata l'importanza relativa di questi parametri:

per farlo è stata definita la correlazione tra essi e l'altezza di neve fresca. Come si può notare in Fig. 2, si è ottenuta una correlazione significativa con i seguenti parametri: AirT (temperatura media dell'aria),

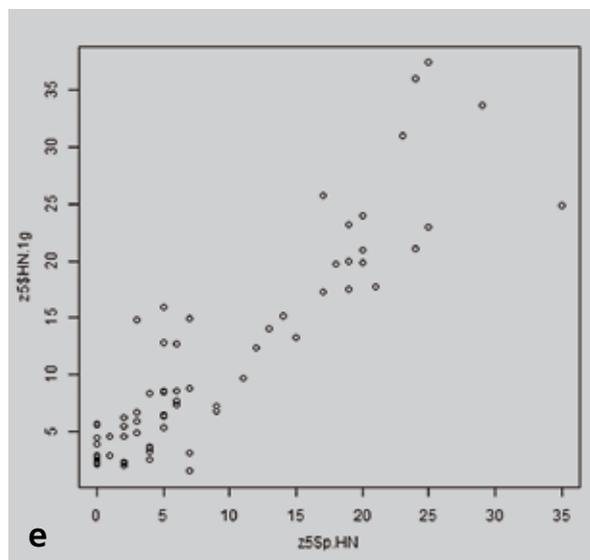
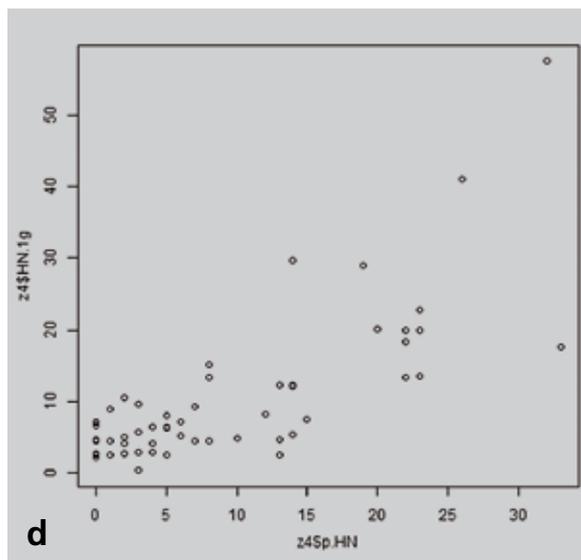
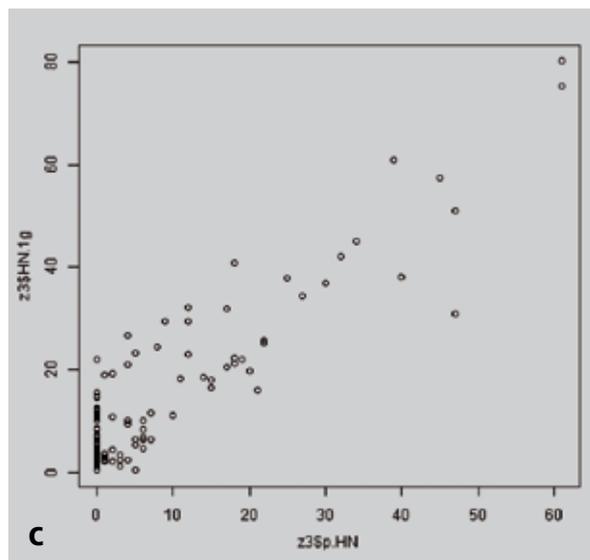
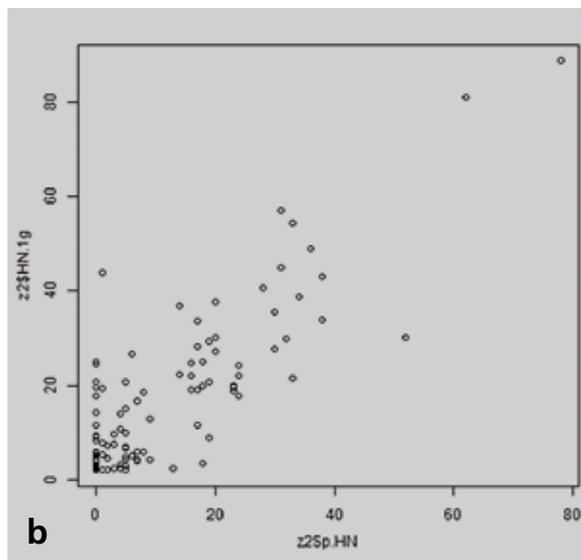
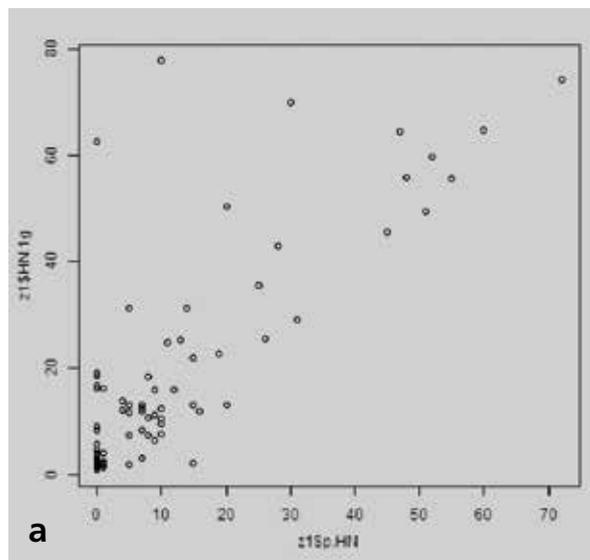


Fig. 1 - Valori di HN misurati dalle stazioni automatiche (in ascissa) e stimati da SNOWPACK (in ordinata):
a) Limone Piemonte,
b) Passo del Moro,
c) Bocchetta della Pisse,
d) Lago Pilone.



Tmax (temperatura massima giornaliera), HN, HN2g, HN3g, HN4g (altezza di neve cumulata in 1, 2, 3 e 4 giorni). Considerando queste variabili, si sono voluti effettuare ulteriori test statistici per individuare con maggiore precisione l'importanza relativa dei singoli fattori: col pacchetto "relaimpo" (U. Groemping and M. Lehrkamp, 2013), si sono effettuati calcoli delle relative importanze secondo 4 metodi:

1- **lmg**: rappresenta il contributo pesato dei regressori a R^2

2- **last**: rappresenta il contributo di ogni variabile se considerata per ultima
 3- **first**: è il contributo di ogni variabile se considerata per prima

4- **pratt**: indica il contributo del regressore proporzionalmente alla relativa correlazione col parametro di riferimento.

In Fig. 8 si possono osservare i risultati ottenuti con ciascun test: in R si sono effettuati i 4 test statistici. Il risultato è simile sia che si analizzino le singole stazioni separatamente che nell'insieme. A titolo

di esempio si riportano i grafici dei test che raggruppano tutte le stazioni (Fig. 3). Come si può notare i test indicano che le variabili più significative sono HN, HN2g e HN3g, ossia l'altezza di neve di uno, due e tre giorni; fa eccezione l'ultimo test che riporta risultati differenti, ma essendo in letteratura definito come il meno affidabile si è deciso di trascurarlo.

Si è scelto quindi di procedere con regressione lineare semplice e poi multipla per definire un modello col quale correggere le altezze di neve misurate dalle stazioni automatiche.

IL MODELLO

Lo scopo del modello definito è la correzione dei valori elaborati dalle stazioni automatiche in modo da avvicinarli ai valori reali, considerando rappresentativi quelli di SNOWPACK, con un margine di errore accettabile. Per fare ciò si è iniziato dal modello più semplice: la regressione lineare semplice, stimando il valore atteso dell'altezza di neve fresca dati i valori misurati dalla stazione automatica. L'equazione rappresentativa è dunque la seguente:

$$HN_{reale} = \alpha + \beta \cdot HN_1$$

Dove HN_1 è il valore misurato dalla stazione automatica relativo alla neve fresca di un giorno, ed i coefficienti α e β sono gli

Fig. 2 - Correlazioni dell'altezza di neve fresca con altri parametri.

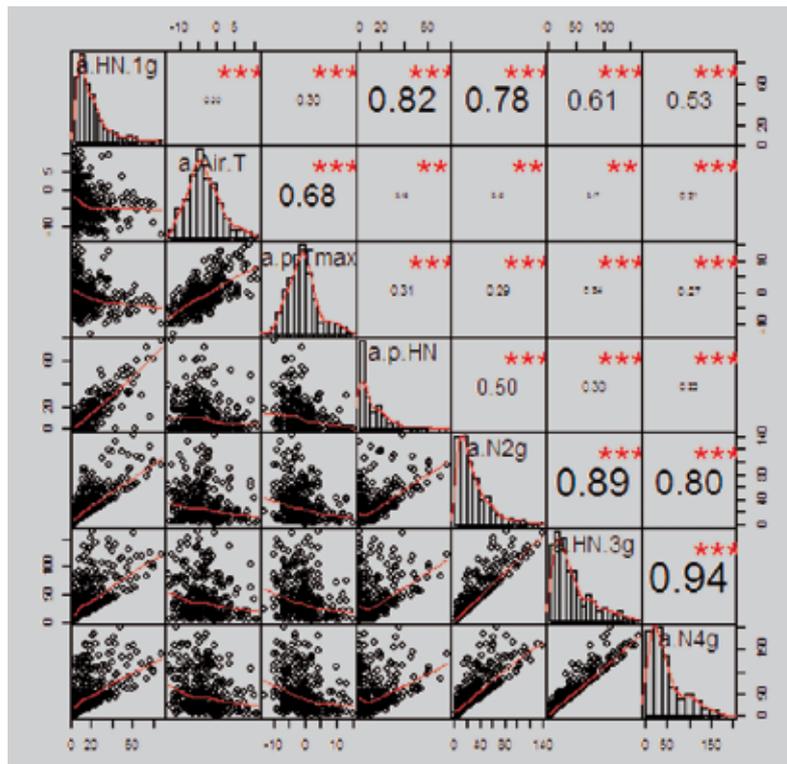
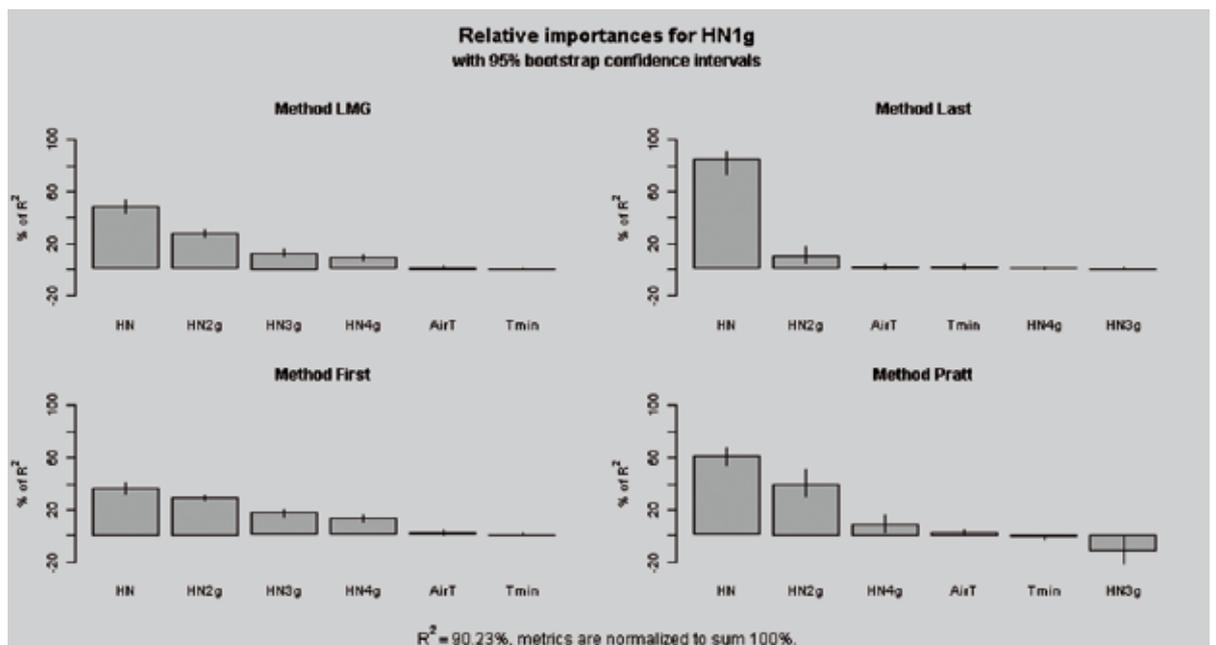


Fig. 3 - Importanza relativa dei parametri considerati.





stimatori del modello da ricercare. Svolgendo la regressione in R, considerando in un'unica volta tutti i valori di tutte le stazioni per avere una base più ampia, si sono ottenuti i seguenti risultati:

$\alpha = 6,11$
 $\beta = 0,938$
 $R^2 = 0,76$

Il risultato non è molto soddisfacente, in quanto il valore di R^2 è piuttosto basso ed i residui massimo e minimo sono 36 ([cm]) e -25 ([cm]), cioè abbastanza elevati; si è dunque deciso di procedere con la regressione lineare multipla, ossia di aggiungere le altre variabili oltre ad HN1. In questo caso si ha:

$$HN_{reale} = \alpha + \beta \cdot HN1 + \gamma \cdot HN2 + \delta \cdot HN3$$

Questa volta gli stimatori da definire sono 4, e si hanno due variabili in più: HN2 (altezza di neve fresca cumulata in 2 giorni) e HN3 (altezza di neve fresca cumulata in 3 giorni). In questo modo il modello dovrebbe essere più preciso, in quanto il valore finale della variabile HNreale è stimato tenendo conto dell'influenza di 3 parametri anziché di uno solo. I risultati

sono i seguenti:

$\alpha = 1,25$
 $\beta = 0,685$
 $\gamma = 0,251$
 $\delta = 0,007$
 $R^2 = 0,9$

Si può notare come il valore di R^2 sia ora di 0,9 ed i residui massimo e minimo siano scesi rispettivamente a 14 ([cm]) e -21 ([cm]); dunque l'affidabilità del modello è accresciuta notevolmente. Pertanto tra la regressione lineare semplice e quella multipla, è più accurata e adatta la seconda. Per completezza si è voluto poi valutare un modello di regressione con legame quadratico tra la variabile HNreale e le altre, per comprendere se in tal modo i dati erano meglio rappresentati. In questo caso la relazione, considerando una sola variabile, è del tipo:

$$HN_{reale} = \alpha + \beta \cdot HN1 + \gamma \cdot (HN1)^2$$

I risultati, come nel caso dove si considerano tutte e tre le variabili (HN1, HN2, HN3), indicano valori residui e di R^2 praticamente identici alle regressioni precedentemente illustrate. Ciò significa che i

termini quadratici non forniscono apporti positivi al risultato finale; pertanto, a parità di "prestazione" si sceglie il modello con meno complessità (ossia quello senza legami quadratici) e quindi con ridotti oneri di calcolo. Non si è proceduto con regressioni di grado superiore, in quanto quasi sempre l'interpretazione dell'equazione di regressione è tanto più attendibile e generale quanto più la curva è semplice, come quelle di primo o di secondo grado. Regressioni di ordine superiore sono quasi sempre legate alle variazioni casuali; sono effetti delle situazioni specifiche del campione raccolto e solo molto raramente esprimono relazioni reali, non accidentali, tra le variabili (Soliani, 2005).

VALUTAZIONE DEL MODELLO

Il modello è stato successivamente verificato: per fare ciò si sono applicati i coefficienti di regressione ai dati relativi all'inverno dell'anno 2012-2013, precedente a quello su cui si è costruito il modello. Si è applicato il modello ai dati delle stazioni automatiche dell'inverno precedente, escludendo chiaramente i giorni in

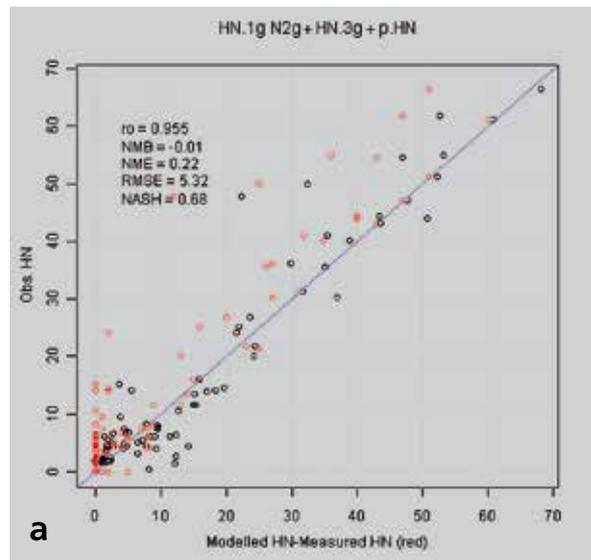
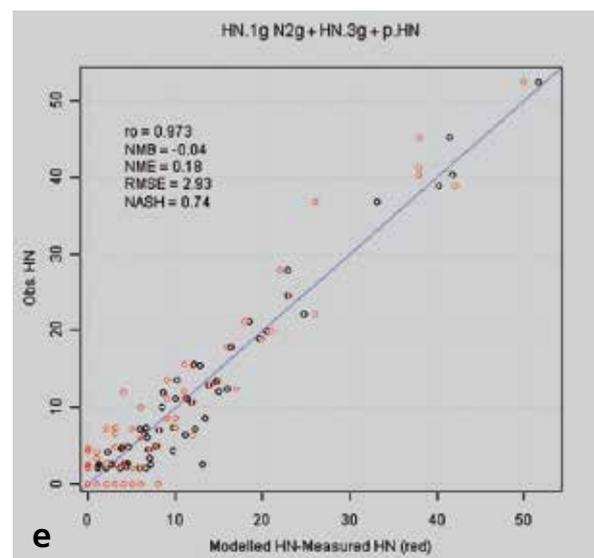
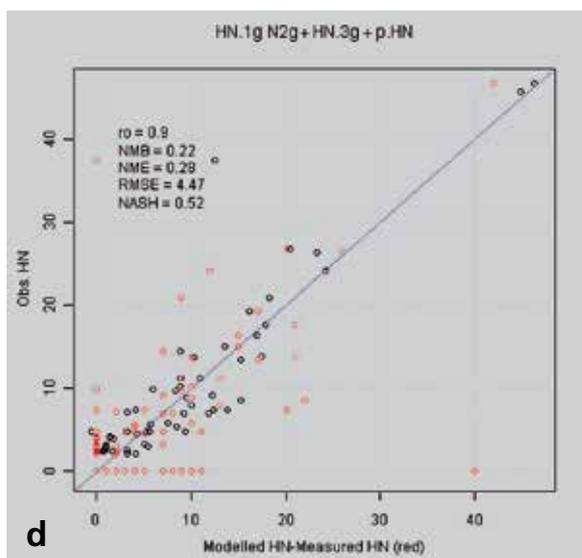
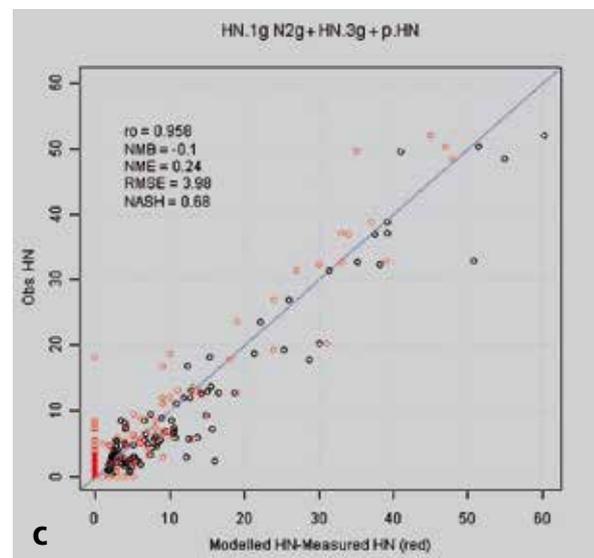
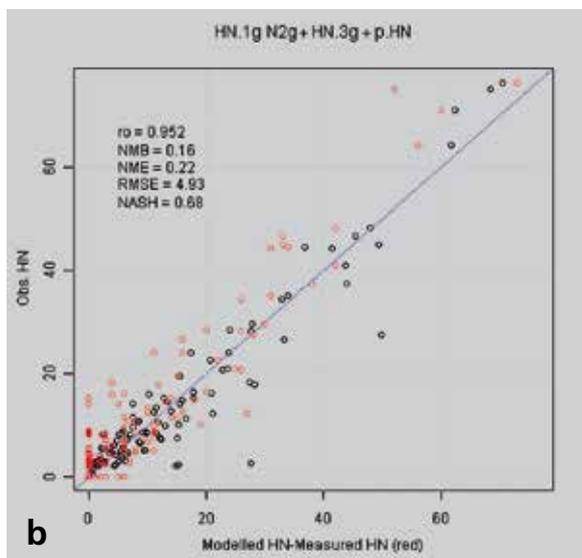


Fig. 4- Modello applicato alle diverse stazioni:
 a) Limone Piemonte,
 b) Passo del Moro,
 c) Bocchetta della Pisse,
 d) Lago Pilone.



cui non è nevicato: al valore dell'altezza di neve fresca cumulata di un giorno si è applicata la "correzione", legata ai parametri di altezza di neve fresca cumulata di 1, 2 e 3 giorni misurata dalle stazioni

automatiche. Ottenuti i dati corretti, essi sono stati confrontati con i valori di SNOWPACK, per valutare la qualità della correzione apportata e quale margine di errore è ancora possibile. Il procedimento

è stato effettuato sia sulle singole stazioni che sull'insieme di tutti i dati di tutte le stazioni unitamente.

Nei grafici riportati sono rappresentati in rosso i dati non corretti (cioè sem-

plicemente i dati restituiti dalle stazioni automatiche), in nero quelli corretti, ossia quelli ottenuti dopo l'applicazione del modello, la linea blu indica invece la regressione. In Fig. 4 (a, b, c, d, e) sono rappresentati i risultati per le singole stazioni, rispettivamente Limone Piemonte, Passo del Moro, Bocchetta della Pisse, Banchetta e Lago Pilone; in Fig. 5 invece sono rappresentati in un solo grafico i dati di tutte le stazioni.

Come si può notare i dati corretti in tutti i casi si spostano chiaramente verso la linea di regressione, ossia le correzioni tendono effettivamente a far coincidere il dato registrato dalle stazioni automatiche con quello derivato da SNOWPACK. Per quanto riguarda la precisione e l'affidabilità del modello, esso presenta nelle varie stazioni un errore residuo (NME) compreso tra 18% e 28% per una media di circa il 22%, come ottenuto nel caso in cui sono stati uniti tutti i dati; infine si ha un valore di R^2 pari a 0,95, che quindi indica una proporzione tra la variabilità dei dati e la correttezza del modello statistico utilizzato abbastanza buona.

Il modello è stato poi applicato agli stessi dati, ma considerando solo gli eventi caratterizzati da una precipitazione nevosa superiore ai 3 cm: infatti studi passati hanno messo in luce che la variabilità delle misure di spessore del manto nevoso è caratterizzata da un range di 3 cm, imputabile alla precisione dello strumento (Frigo et al., 2012). Per questo motivo, escludendo eventi con precipitazioni minori di 3 cm, si è cercato di eliminare l'errore strumentale; i risultati sono comunque molto simili, con un R^2 pari a 0,96 ed un errore residuo del 20%.

CONCLUSIONI

Lo scopo del lavoro svolto è stato quello di fornire un supporto alla validazione dei dati provenienti dalle stazioni automatiche, tramite la creazione di un modello che corregga l'altezza di neve fresca registrata, in funzione della neve cumulata in uno, due e tre giorni consecutivi.

Per costruire il modello si è analizzato l'inverno 2013-2014. Sono stati presi i dati

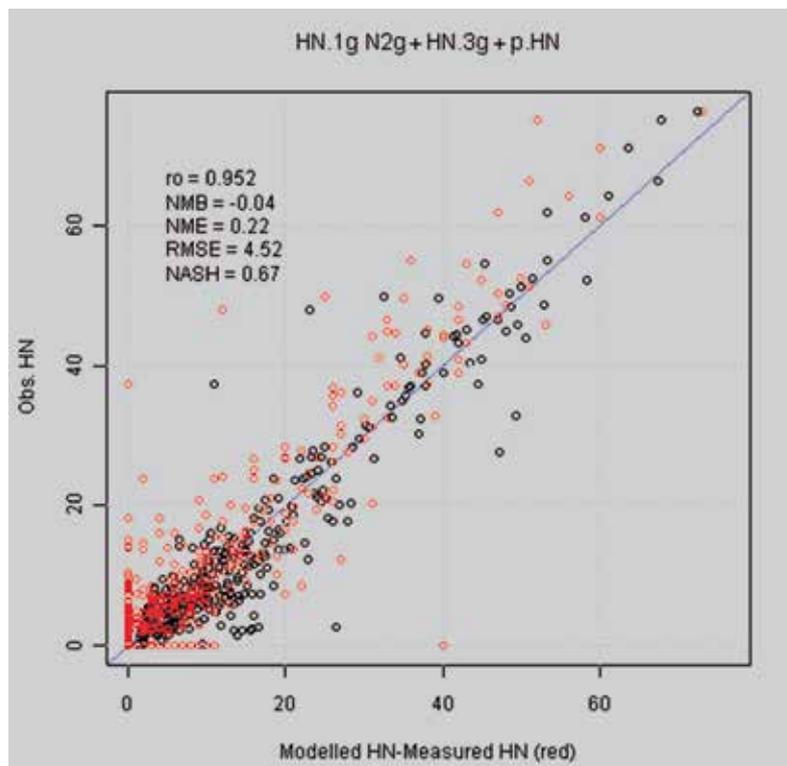


Fig. 5 - Modello applicato all'insieme delle stazioni.

delle stazioni automatiche e confrontati con quelli del programma SNOWPACK, considerandoli reali; si è elaborata una regressione lineare che rappresentasse i dati disponibili. Il modello che è stato definito, presenta un R^2 pari a 0,9 e residui massimi e minimi di 14 e -21; esso è stato quindi testato sull'inverno precedente, 2012-2013, applicandolo ai dati delle stazioni automatiche e valutando poi i valori ottenuti con quelli reali. Ciò che si è ottenuto è che il modello, considerando una media su tutte le stazioni, presenta un errore residuo pari a circa il 22% (o 20% non considerando gli eventi di precipitazione minori di 3 cm): è pertanto un buon risultato che migliora di molto i valori restituiti dalle stazioni automatiche, che senza l'applicazione del modello presentano valori che si discostano da quelli reali anche dell'80-90%.

La correzione apportata dal modello fornisce sicuramente un miglioramento nella stima del valore di neve fresca misurato dalle stazioni automatiche. Grazie all'utilizzo delle informazioni di SNOWPACK (molto complesse e dettagliate) si è potuto ottenere uno strumento semplice con un miglioramento della qualità dei dati.

Il modello elaborato è sicuramente un buon inizio. E' auspicabile un ulteriore

affinamento del modello, magari individuando ulteriori parametri che permettano di perfezionare la correzione.



Bibliografia

- Bartelt P., Lehning M. (2002) - A physical SNOWPACK model for the Swiss avalanche warning. WSL, Swiss Federal Institute for Snow and Avalanche Research, SLF, Davos, Svizzera.
- Frigo B., Prola M.C., Faletto M. (2012). Valutazione della stabilità del manto nevoso: linee guida per la raccolta e l'interpretazione dei dati, Regione Autonoma Valle d'Aosta.
- Goemping U., Lehrkamp M. (2013) - Relative importance of regressors in linear models. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria.
- McClung D., Schaerer P. (1993) - Manuale delle Valanghe. Zanichelli
- R Development Core Team. (2010) - R: A Language and Environment for Statistical Computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria.
- Salvati M., Brambilla E. (2008) - Data quality control procedures in Alpine meteorological services. FORALPS Technical Report. Università degli studi di Trento, Dipartimento di Ingegneria Civile e Ambientale, Trento
- Soliani L. (2001) - Fondamenti di statistica applicata all'analisi e alla gestione dell'ambiente. <http://www.chierici.biz/biblio/statistica%20ambientale.pdf>
- Terzago S., Prola M.C., Frantianni S., Cremonini R., Barbero S. (2012) - Validazione di misure nivometriche automatiche. Neve e Valanghe, n° 75 Aprile 2012. Aineva.

MISURA delle PRECIPITAZIONI NEVOSE MEDIANTE i PLUVIOMETRI

Stima degli errori sistematici e correzione delle serie storiche

**Amerigo Lendvai,
Roberto Ranzi**

Università degli Studi di Brescia,
DICATAM, Brescia
a.lendvai@studenti.unibs.it

**Giovanni Peretti,
Flavio Berbenni,
Alfredo Praolini,
Stefano Urbani**

ARPA Lombardia,
Centro Nivometeorologico,
Bormio (SO)

La misura delle precipitazioni mediante i pluviometri è normalmente affetta da una serie di errori sistematici che conducono ad una sottostima del reale volume d'acqua che cade al suolo e che tendono ad amplificarsi notevolmente quando la precipitazione avviene sotto forma di neve. In generale il vento, che induce una perturbazione della traiettoria di caduta delle gocce d'acqua o dei fiocchi di neve attorno alla bocca del pluviometro, è la causa principale, ma ad esso si aggiunge, con l'utilizzo di pluviografi a bascula, l'evaporazione indotta dall'apparato riscaldante. In alta Valtellina e alta Valcamonica, dal confronto effettuato con le misure manuali di equivalente in acqua (SWE) della neve fresca effettuate presso i campi neve, i pluviometri manuali e i pluviografi meccanici ed elettronici riscaldati e senza schermo anti-vento mostrano sottostime tra il 15% e il 66%. I pluviometri totalizzatori elettronici a pesata dotati di schermo anti-vento restituiscono invece misure in buon accordo con quelle di incremento di SWE del manto nevoso sugli *snow pillow* a cui sono affiancati presso alcune stazioni innovative. Per ricostruire le serie storiche dei dati pluviometrici affetti da errori di misura delle precipitazioni nevose si propone l'applicazione di un semplice modello che applica un fattore correttivo in funzione delle temperature di transizione di fase della precipitazione. Queste ultime sono state stimate da analisi statistiche delle osservazioni presso alcuni campi neve. La più consueta correzione in funzione della velocità del vento sarebbe meno immediata, per la scarsa disponibilità di tali dati. L'applicazione della correzione a risoluzione giornaliera renderebbe necessario correggere le precipitazioni totali annue del 5-37%, al crescere della quota sul livello del mare e dell'esposizione al vento.



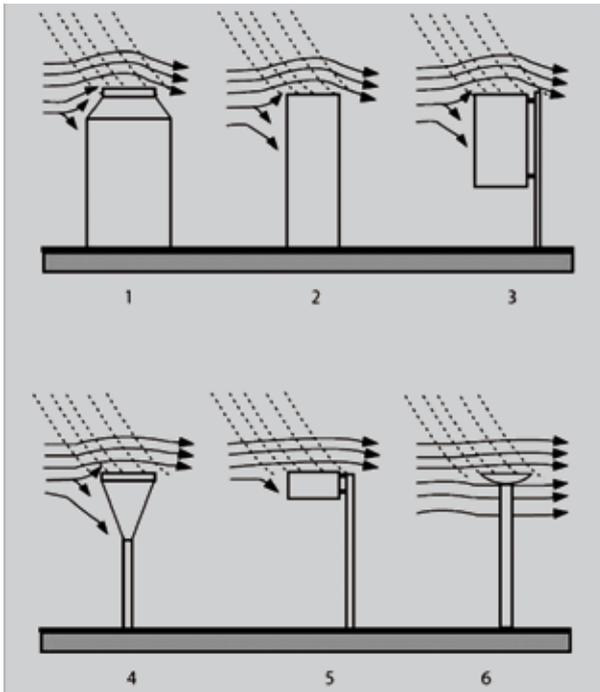


Fig. 1 - Interazione tra vento e pluviometro. Le linee di flusso del vento (linee continue) deviano e, in prossimità della bocca, disturbano le traiettorie delle particelle meteoriche (linee tratteggiate). La forma del pluviometro incide su questo fenomeno. In ordine da 1 a 6 sono riportati esempi di forma via via meno influenzanti il campo di flusso del vento. (Fonte: WMO).



Fig. 2 - Pluviografo elettronico riscaldato CAE PMB2 presso la stazione di Aprica Magnolta (SO).

Fig. 3 - Pluviometro manuale di Pantano d'Avio (BS) posto all'interno di una cabina riscaldata SIAP. Si vedono: al centro il contenitore graduato che raccoglie la precipitazione all'interno di un secchio, a sinistra l'apparato riscaldante con il termostato impostato su 4 °C.



INTRODUZIONE

La precipitazione è una delle variabili fondamentali nel monitoraggio nivologico, idrologico e meteorologico. La pianificazione e la gestione della risorsa idrica e l'efficacia delle attività di prevenzione del rischio idrogeologico si basano sulla disponibilità di dati di precipitazione accurati e precisi. Tuttavia, la misura delle precipitazioni mediante i pluviometri è normalmente affetta da una serie di errori sistematici, che conducono ad una sottostima della reale grandezza. In generale, il vento ne è la causa principale, a causa dell'azione di disturbo aerodinamico indotta dal pluviometro sulle traiettorie delle gocce di pioggia e dei fiocchi di neve (Fig.1). Finché la precipitazione è in fase liquida, si perviene ad una sottostima generalmente inferiore al 15% (Sevruk, 1987). Gli errori di misura tendono però ad amplificarsi notevolmente qualora la precipitazione sia in forma solida: in questo caso si può arrivare anche al 100%. All'effetto del vento si aggiunge, in questo caso e con l'utilizzo di pluviometri a bascula, l'evaporazione indotta dall'apparato riscaldante, necessario per poter misurare la precipitazione nevosa con tale tipo di strumento. Proprio questo, tra quelli automatici, è oggi il più diffuso al mondo (Nitu & Wong, 2010) e troppo spesso utilizzato anche in zone dove le precipitazioni sono nevose per gran parte dell'anno; questo nonostante sia ben nota la sua scarsa affidabilità in tali condizioni (Sevruk, 1983). Gli errori di misura si manifestano in modo particolarmente eclatante sulla catena montuosa delle Alpi, dove i valori di precipitazione sono sottostimati diffusamente e in modo crescente salendo di quota sul livello del mare. Proprio alle quote più elevate, dove le precipitazioni sono spesso più abbondanti, i venti sono più sostenuti e costanti e la neve è la forma prevalente di precipitazione, così che risultano massime le difficoltà di misurarne correttamente la quantità. La crescente automazione delle misure idrometeorologiche pone nuove sfide in tale ambito, ma stimola anche nuovi, e forse decisivi, sviluppi tecnologici.

Nel presente studio si sono analizzate alcune serie storiche di dati di stazioni nivometeorologiche installate in ambiente montano in Lombardia, in particolare nei territori dell'alta Valtellina e alta Valcamonica, al fine di stimare gli errori di misura della precipitazione solida mediante i pluviometri. A tale scopo si sono confrontate le misure di precipitazione giornaliera registrate dai diversi tipi di pluviometri installati presso le stazioni meteorologiche, con le misure giornaliere di equivalente in acqua della neve fresca effettuate manualmente presso i campi neve, o in automatico da *snow pillow*. In collaborazione con il Centro Nivometeorologico di ARPA Lombardia di Bormio (SO), che gestisce la rete di rilevamento nivologico manuale e una parte della rete di stazioni nivometeorologiche automatiche della Lombardia, sono stati raccolti ed elaborati i dati di interesse, nonché esaminati e visitati i siti di rilevamento selezionati. Questo studio, oltre a richiamare l'attenzione sulle suddette difficoltà nella misura delle precipitazioni nevose mediante i pluviometri, vuole anche proporre una soluzione operativa per la correzione degli errori sistematici. Pertanto, si è calibrato un modello di correzione che possa consentire di ricostruire (con risoluzione giornaliera) le serie storiche pluviometriche affette da errori sistematici di misura.

STIMA DEGLI ERRORI DI MISURA

La Regione Lombardia dispone di una fitta rete di monitoraggio idro-nivo-meteorologico. Parte di essa è stata ereditata negli anni Novanta dal Compartimento di Parma dell'ex-SIMN (Servizio Idrografico e Mareografico Nazionale). Essa era composta per la quasi totalità da strumenti di tipo manuale o meccanico, in particolare i pluviografi meccanici erano, generalmente, di produzione della SIAP (Fig. 3, Fig. 7). Con il trasferimento dallo Stato alle Regioni delle competenze del monitoraggio ambientale è iniziata anche la diffusione di sistemi di rilevamento automatici con sistemi di registrazione

digitali. In tale ambito hanno trovato larga diffusione, in molte regioni, i pluviografi elettronici CAE, principalmente il modello PMB2 (Fig. 2). Per ognuno dei siti elencati in Tab. 1, selezionati tra quelli attivi nel territorio dell'alta Valtellina e dell'alta Valcamonica, si sono confrontate le misure giornaliere di equivalente in acqua della neve fresca (SWE), effettuate presso i campi neve, con le altezze di precipitazione registrate, nel periodo corrispondente, al pluviometro affiancato o nelle immediate vicinanze del corrispondente campo neve (Fig. 4). Si considera come attendibile la misura di equivalente in acqua della neve fresca perché è rappresentativa della precipitazione effettivamente avvenuta e può essere utilizzata per correggere i dati di precipitazione

nevosa ottenuti mediante i pluviometri (Sevruk, 1983, 1986).

Dai dati stagionali dei campi neve si sono selezionati i soli eventi meteorici per i quali fossero disponibili le misure di densità e altezza della neve fresca e, per questi, si è calcolato l'equivalente in acqua (SWE), espresso in millimetri, secondo la formula:

$$SWE = \frac{\rho \cdot H_N}{100} \left(mm = \frac{kg}{m^3} \right)$$

dove la densità ρ è espressa in $\frac{kg}{m^3}$ e l'altezza della neve fresca H_N è espressa in centimetri.

Si sono scartati gli eventi per i quali si è registrata pioggia mista a neve (in questo caso la procedura AINEVA prevede di annotare il dato con codice 8xx) e gli eventi

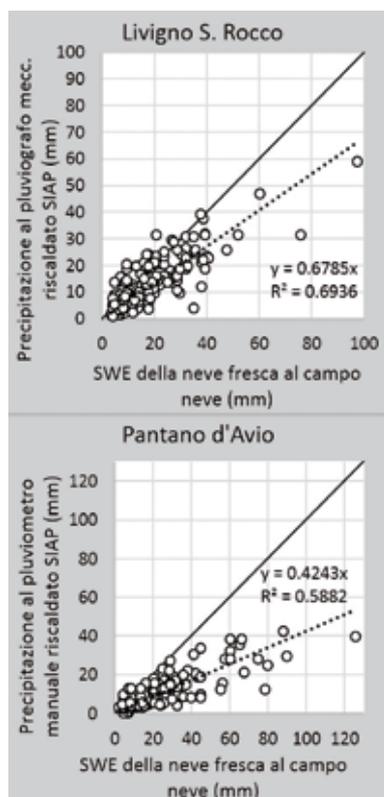
per i quali la misura di SWE e/o la misura di precipitazione al pluviometro fossero catalogate come assenti, incomplete o non attendibili. Le misure di SWE della neve fresca sono effettuate tra le 8 e le 10 del mattino con tavoletta nivometrica in legno con asta graduata, carotatore manuale e dinamometro (Fig. 13). I pluviometri considerati sono del tipo: pluviometro manuale con bocca da 1000 cm² con fusione della neve raccolta al momento della misura (P1), pluviometro manuale in cabina riscaldata di marca SIAP (P2), pluviografo meccanico a bascula SIAP o Salmoiraghi in cabina riscaldata SIAP (P3), pluviografo elettronico a bascula riscaldato modello CAE PMB2 (P4).

Parallelamente alla rete di monitoraggio gestita da ARPA Lombardia, A2A dispone

	Strumenti	Quota (m s.l.m.)	Distanza (m)	Numero misure	Cumulata SWE (mm)	Cumulata P (mm)	Scarto cumulate (%)
S. Caterina Valfurva	SWE-P3	1740	590	75	865.8	649.4	-25.0
	SWE-P4			28	359.4	176.8	-50.8
Livigno S. Rocco	SWE-P3	1865	0	241	3641.3	2662.0	-26.9
Cancano	SWE-P3	1950	120	301	5723.3	2352.8	-58.9
	SWE-P4			73	1579.4	534.8	-66.1
Aprica	SWE-P1	1180	0	66	1451.7	911.9	-37.2
Aprica - Magnolta	SWE-P4	1865/1950	740	38	744.1	631.0	-15.2
Lago d'Arno	SWE-P2	1830	0	163	3429.0	2597.3	-24.3
Pantano d'Avio	SWE-P2	2390	20	176	3956.5	1908.8	-51.8
Lago d'Avio	SWE-P1	1902	0	12	219.6	176.4	-19.7

© AINEVA

Tab. 1 - Risultati dei confronti tra le misure giornaliere di SWE della neve fresca effettuate presso alcuni campi neve e le altezze giornaliere di precipitazione registrate ai pluviometri delle stazioni meteorologiche adiacenti. Abbreviazioni degli strumenti: SWE = misura manuale dell'equivalente in acqua della neve fresca con tavoletta e carotatore; P1 = pluviometro manuale da 1000 cm² con fusione della neve raccolta al momento della misura; P2 = pluviometro manuale in cabina riscaldata SIAP; P3 = pluviografo meccanico SIAP o Salmoiraghi in cabina riscaldata SIAP; P4 = pluviografo elettronico riscaldato CAE PMB2.



Da sinistra a destra: Fig. 4 - Esempi di confronto delle altezze di precipitazione giornaliere al pluviometro con i corrispondenti SWE della neve fresca giornaliera al campo neve manuale.

Fig. 5 - Stazione nivometeorologica di Val Cancano (SO), dotata di snow pillow e pluviometro totalizzatore a pesata Geonor T200B (cfr. Valgoi, 2011).

Tab. 2 - Risultati dei confronti tra le misure giornaliere di SWE effettuate in automatico dagli snow pillow (SP) e le altezze giornaliere di precipitazione registrate ai pluviometri totalizzatori elettronici a pesata (PT) installati presso le stazioni nivometeorologiche di A2A.

	Quota (m s.l.m.)	Strumenti	Numero Misure	Anni	Cumulata SWE (mm)	Cumulata P (mm)	Scarto cumulate (%)
Eita	1950	SP-PT	195	2008-2014	2405.4	2554.3	6.2
Malghera	1995	SP-PT	164	2008-2014	1835.0	1805.7	-1.6
Val Cancano	2190	SP-PT	254	2008-2014	2112.7	2294.3	8.6

© AINEVA

Fig. 6 - Esempio di confronto delle altezze di precipitazione giornaliera al pluviometro totalizzatore a pesata con i corrispondenti incrementi di SWE del manto nevoso sullo snow pillow.

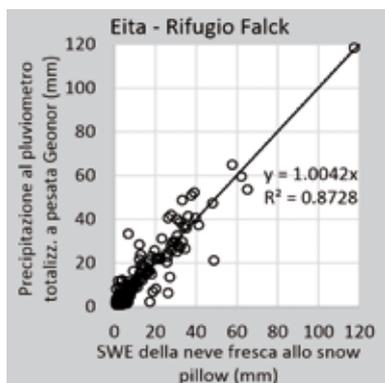


Fig. 7 - Stazione di Cancano dove sono affiancati un pluviografo elettronico riscaldato CAE PMB2 (cerchio verde) e un pluviografo meccanico riscaldato SIAP (cerchio rosso). Le misure di questi sono state confrontate con quelle manuali di SWE della neve fresca del vicino campo neve.

di una propria rete di stazioni di recente installazione per il monitoraggio idrologico nell'ambito della gestione degli impianti idroelettrici dell'alta Valtellina. Alcune di queste sono dotate di snow pillow e pluviometro totalizzatore elettronico a pesata. In Errore: sorgente del riferimento non trovata sono riportati i confronti tra le precipitazioni cumulate giornaliere misurate ai pluviometri totalizzatori a pesata Geonor T200B e i rispettivi snow pillow (modello STS ATM/N; cfr. Valgoi, 2011). In entrambi i casi è stata calcolato l'incremento sulle 24 ore vincolato ai valori superiori a 0.5mm per evitare scarti relativi troppo elevati (Godison et al., 1998; Sevruk, 1996). Si è considerato inoltre il vincolo di temperatura media giornaliera inferiore a 0°C in

modo da escludere la maggior parte dei possibili eventi di pioggia mista a neve. I dati giornalieri così ricavati sono poi stati ulteriormente selezionati scartando i giorni in cui risultava mancante o incoerente uno dei due dati.

Per quanto riguarda i siti dotati di pluviografi riscaldati o pluviometri manuali, la sottostima della precipitazione nevosa è sistematica e varia dal 15% al 66%; in particolare i siti esposti al vento (Cancano e Pantano d'Avio) sono quelli che presentano sottostime più consistenti, maggiori al 50%, mentre in quelli riparati dal vento lo scarto è più contenuto, attorno al 25%. In particolare si può ipotizzare che il vento partecipi per circa la metà alle rilevanti sottostime registrate a Cancano dal pluviografo meccanico SIAP (Fig. 7) e a Pantano d'Avio dal pluviometro manuale in cabina riscaldata SIAP (Fig. 3) data anche l'assenza di schermi anti-vento; infatti lo stesso tipo di strumento installato in stazioni molto meno esposte al vento mostra sottostime pressoché dimezzate. Per la maggior parte dei siti, la totale mancanza di dati anemometrici, rende difficile fare considerazioni più precise riguardo l'influenza eolica. Presso Cancano, S. Caterina Valfurva e Aprica Magnolta sono invece disponibili, anche se per un periodo limitato e con qualche lacuna, anche i dati anemometrici. I risultati dell'analisi di tali dati sono coerenti riguardo l'influenza del vento sugli errori di misura dei pluviografi meccanici SIAP, che a S. Caterina Valfurva risultano pressoché dimezzati rispetto a Cancano, dove la stazione è sensibilmente più esposta al vento. Meno significativi e in parte apparentemente contraddittori sono invece i risultati per i pluviografi elettronici CAE PMB2. Infatti a S. Caterina Valfurva gli errori sono consistenti nonostante le velocità del vento risultino più basse anche di quelle rilevate presso Aprica Magnolta, dove lo stesso strumento mostra gli er-

rori più contenuti, solo del 15%, tra tutti quelli esaminati, come mostrato nella Errore: sorgente del riferimento non trovata. Questa discrepanza tra due strumenti simili può essere motivata dal fatto che, essendo il pluviografo elettronico di Aprica Magnolta riscaldato solamente dalla fine del 2012, le misure considerate per il confronto sono per la maggior parte della stagione 2013-14, durante la quale sono state registrate eccezionali anomalie termiche nel Nord Italia, fino a 4°C oltre la media (ArcIS, 2014). Infatti, presso Aprica Magnolta, la temperatura media dei giorni presi in esame per la stagione 2013-14 è stata di -1.7°C; le rimanenti misure provengono dalla stagione 2012-13 e nei rispettivi giorni la temperatura media è stata di -3.7°C. Considerando solo i dati dalla stagione 2012-13 lo scarto sulla cumulata risulta del -29.3%. Per S. Caterina Valfurva, dove lo stesso strumento mostra una sottostima di quasi il 50%, le misure considerate sono degli anni dal 2005 al 2010, con temperatura media più bassa, pari a -4.0°C. Questo, insieme al fatto che le precipitazioni sono qui mediamente più deboli rispetto ad Aprica, per il carattere endoalpino del regime pluviometrico, può giustificare la differente prestazione dello strumento, meno accurato con temperature più basse e intensità di precipitazione inferiori. Infatti a S. Caterina, il pluviografo meccanico SIAP presenta sottostime inferiori al pluviografo elettronico CAE PMB2, presumibilmente, a causa della differenza che lo strumento riscaldante ha nei due strumenti, date le pressoché identiche condizioni per le altre variabili. Per quanto riguarda le stazioni nivometeorologiche automatiche dotate di snow pillow e pluviometro totalizzatore elettronico a pesata, si evidenzia un'ottima corrispondenza tra gli incrementi giornalieri di pioggia registrati dal pluviometro con gli incrementi giornalieri di equivalente in acqua del manto nevoso (SWE) misurati

dal cuscinetto (Tabella 2).

Tuttavia dovrebbe evidenziarsi comunque una sottostima delle misure rispetto agli *snow-pillow*, in quanto i siti presi in considerazione non sono totalmente protetti dal vento e il pluviometro a pesata Geonor T200B, dotato di schermo Alter, ha mostrato di sottostimare le precipitazioni nevose del 5-10% già per velocità del vento di 1-2 m/s, in base a dati di letteratura (Rasmussen, 2014; Colli et al., 2014; Goodison et al., 1998). E' quindi realistico supporre una sottostima nella misura di SWE da parte dello *snow pillow*, molto probabilmente a causa dei noti problemi che la coesione interna del manto nevoso può causare. Purtroppo queste stazioni non sono dotate di anemometro, quindi non è stato possibile risolvere alcune incertezze.

I risultati ottenuti sono generalmente coerenti con quanto ricavato da altri studi simili, svolti sempre nel contesto delle Alpi (Sevruk, 1983; Ranzi et al., 1999; Zweifel & Sevruk, 2002; Savina et al., 2011; Cugerone et al., 2012).

MODELLO DI RICOSTRUZIONE DEI DATI PLUVIOMETRICI

Il modello scelto per la correzione delle misure pluviometriche, si basa sull'applicazione di un fattore di correzione alla misura di precipitazione in funzione della sola temperatura media giornaliera (Ranzi et al., 1999; Eccel & Ranzi, 2012). In particolare si ha:

$$P_c = (1 + \alpha_s C_s) P$$

ossia, la precipitazione giornaliera misurata P è corretta con un fattore C_s in funzione della temperatura media giornaliera T_m tramite il fattore α_s ; esso varia linearmente tra 0 e 1 tra la temperatura di soglia superiore della precipitazione liquida T_h (*higher threshold*) e la temperatura di soglia inferiore della precipitazione solida T_l (*lower threshold*) (Fig. 9).

Teoricamente, in questo modo, si incrementano le misure delle precipitazioni nevose, restano invariate le misure di

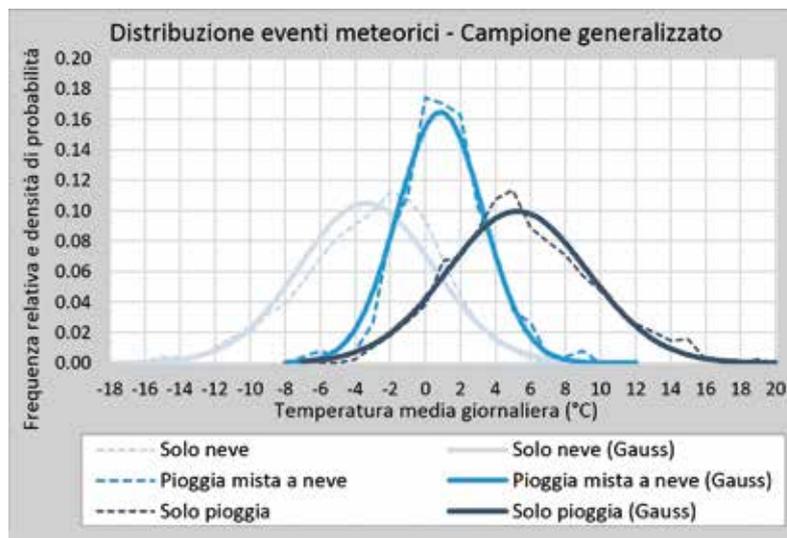


Fig. 8 - Distribuzione di densità di probabilità degli eventi meteorici in funzione della temperatura media giornaliera per il campione generalizzato dato dall'unione dei campioni delle singole stazioni.

precipitazioni nella sola fase liquida e si correggono parzialmente gli eventi di pioggia mista a neve, in modo lineare al variare della temperatura media giornaliera. La scelta di questo modello è stata fatta tenendo conto principalmente del fatto che la temperatura dell'aria è una grandezza facilmente disponibile a scala giornaliera. I dati della velocità del vento sarebbero molto utili per una correzione più accurata, ma la loro scarsa disponibilità avrebbe fatto perdere rappresentatività ai campioni considerati. La natura del territorio in esame, tipicamente alpino, non consente nemmeno facili collegamenti o interpolazioni con i dati di stazioni vicine, in quanto il vento, in particolare, è influenzato in modo estremamente complesso dall'orografia.

Per la determinazione delle temperature di transizione tra precipitazione liquida e nevosa si è svolta un'analisi statistica sui dati rilevati presso i campi neve. La procedura di rilevamento AINEVA consente di separare gli eventi meteorici in: eventi di sola pioggia, eventi di sola neve e eventi di pioggia mista a neve. Data la disponibilità di campioni con numerosità elevata per ogni tipo di evento e, quasi sempre anche per ogni singola stazione, si è potuta svolgere un'elaborazione statistica che si ritiene rappresentativa. Suddividendo i campioni delle tre variabili suddette in classi di temperatura di 1°C, si è potuto osservare che essi sono ben approssimabili con la distribuzione normale (di Gauss). Si sono presi in considerazione

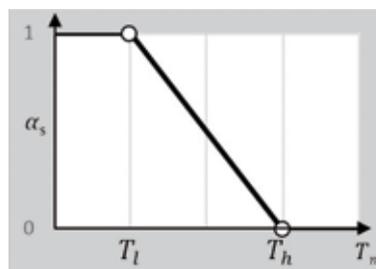


Fig. 9 - Variazione del fattore α_s in funzione della temperatura media giornaliera.

dapprima i campioni delle tre tipologie di eventi meteorici selezionati per ogni singola stazione; in seguito, per ottenere un risultato generalizzato, si sono uniti i campioni delle singole stazioni. L'analisi del campione generalizzato (Fig. 8) ha condotto all'individuazione delle seguenti soglie:

- il 90% degli eventi di sola neve si verifica in giorni con temperatura media al di sotto di 1,5 °C
- il 90% degli eventi di sola pioggia si verifica in giorni con temperatura media al di sopra di 0,1 °C
- il 90% degli eventi di pioggia mista a neve si verifica in giorni con temperatura media compresa tra -3,1 °C e 4,8 °C.

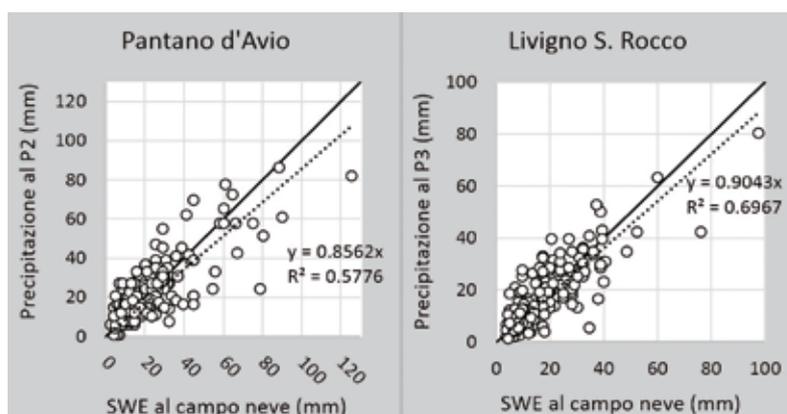
Il numero di eventi di pioggia mista a neve è significativamente inferiore al numero di eventi di sola pioggia o sola neve (264 contro 1284 e 2780 rispettivamente). Pertanto è lecito dare più importanza alle temperature di soglia individuate per la sola pioggia e la sola neve rispetto a quelle degli eventi di pioggia mista a neve. Si è comunque tenuto conto del fatto che questi ultimi abbiano distribuzione di densità di probabilità centrata in 1 °C



Tab. 3 - Il coefficiente correttivo C_s è stato tarato per ogni sito di misura minimizzando la somma degli scarti quadratici sulle singole misure, oppure annullando lo scarto tra le cumulate. Successivamente si è scelto un valore intermedio tenendo conto anche che il coefficiente angolare della retta interpolante rimanesse inferiore all'unità. Abbreviazioni degli strumenti come da Tab. 1.

	Quota (m s.l.m.)	Distanza (m)	Strumenti	Numero misure	C_s	Scarto cumulate corrette (%)
S. Caterina Valfurva	1740	590	SWE-P3	75	0.3	-3.6
			SWE-P4	28	0.8	-11.8
Livigno - S. Rocco	1865	0	SWE-P3	241	0.35	-2.6
Cancano	1950	120	SWE-P3	301	1.15	-17.0
			SWE-P4	73	1.5	-17.7
Aprica	1180	0	SWE-P1	66	0.6	-4.7
Aprica - Magnolta	1865/1950	740	SWE-P4	38	0.11	-6.1
Lago d'Arno	1830	0	SWE-P2	163	0.25	-6.9
Pantano d'Avio	2390	20	SWE-P2	176	1.05	-2.3
Lago d'Avio	1902	0	SWE-P1	12	0.2	-3.6

Fig. 10 - Esempi di risultati dell'applicazione del modello di correzione ai medesimi campioni utilizzati in Tab. 1 per la stima degli errori di misura.



Tab. 4 - Precipitazioni medie annue prima e dopo l'applicazione del modello correttivo ai dati di precipitazione giornaliera di alcune delle stazioni considerate in questo studio.

	N anni	C_s	P_m (mm)	$P_{m,c}$ (mm)	ΔP
S. Caterina Valfurva	40	0.3	860.3	923.6	7.4 %
Cancano	23	1.15	788.3	1055.5	33.9 %
Pantano d'Avio	3	1.05	1417.3	1897.0	33.8 %
Lago d'Avio	12	0.2	1263.3	1324.8	4.9 %

e, pertanto, si sono scelte le temperature di soglia del modello in modo simmetrico rispetto a tale valore. In particolare si sono selezionate le temperature di soglia $T_h = 2^\circ\text{C}$ e $T_l = 0^\circ\text{C}$. Ciò risulta coerente con i valori scelti da Ranzi et al. (1999) e Eccel et al. (2012) per l'applicazione del medesimo modello, in base ad un'analisi degli eventi meteorici, per i campi neve di Malga Bissina e Pinzolo-Prà Rodont (TN). Il fattore correttivo è stato tarato per ogni sito di misura minimizzando la somma degli scarti quadratici sulle singole misure, oppure annullando lo scarto tra le cumulate. In particolare, il valore di C_s è stato calibrato secondo quest'ultima condizione risulta sempre maggiore.

Tra i due estremi così individuati si è scelto un valore intermedio tenendo conto anche che il coefficiente angolare della retta interpolante i punti delle singole misure rimanesse inferiore all'unità. Si è applicato il modello correttivo descritto e tarato secondo quanto riportato sopra a quattro serie di dati di precipitazione: Pantano d'Avio, Lago d'Avio, S. Caterina Valfurva e Cancano.

Gli anni considerati sono in particolare: Pantano d'Avio: 1990, 1994, 1996; Lago d'Avio: 1987-94, 1996, 2002, 2003, 2005; S. Caterina Valfurva: 1968-70, 1972-76, 1978-84, 1986, 1988-92, 1994-97, 1999-2007, 2009, 2012-13; Cancano: 1979-86; 1988-89; 1997; 2002-13. Un esempio degli effetti della correzione sulle medie mensili e sulle cumulate annue è riportato in Fig. 11. Per la stazione di Cancano si sono confrontati i risultati dell'applicazione del modello correttivo con i dati della stazione di Valcancano, distante circa due chilometri e 250 metri più in alto della prima, ma dotata di pluviometro totalizzatore a pesata, ritenuto più affidabile nella misura della precipitazione nevosa. Per gli anni 2009-2013 i dati medi di precipitazione mostrano differenze sostanziali sia sulle cumulate annue, sia su quelle mensili, non giustificabili solo con la diversa esposizione e la differenza di quota.

I dati corretti mostrano ottima aderen-

za sulla cumulata media annua; a scala mensile la variabilità è maggiore, affetta probabilmente anche da una sovracorrezione nei mesi invernali, ma viene correttamente ricostruito il regime pluviometrico con il massimo in novembre. I risultati ottenuti per questa e le altre stazioni possono essere confrontati in Fig. 12 con quanto riportato sull'attuale carta Regionale delle precipitazioni medie annue della Lombardia (2003), di cui si riporta l'estratto per la zona di interesse. Per compensare la nota sottostima di tali quantità nelle porzioni montane del territorio (cfr. Grossi et al., 2012), la Regione Lombardia nel Programma di Tutela e Uso delle Acque - PTUA (2006) ha utilizzato, e suggerisce di utilizzare per altri studi idrologici, una procedura di integrazione della componente nivale della precipitazione che, in sintesi, consiste nell'applicare alle medie annue rilevate ai pluviometri una frazione di precipitazione variabile in base ai diversi bacini idrografici e alla sola porzione di bacino al di sopra dello zero termico medio invernale.

In Fig. 12 si è riportato anche il dato di precipitazione media del pluviometro totalizzatore storico del Rifugio Mandrone (TN). Dai dati pubblicati sugli Annali Idrologici del Compartimento di Parma dell'ex-SIMN si è calcolata una cumulata media annua di 1973mm sull'anno idrologico in base ai dati disponibili nel periodo compreso tra il 1924 e il 1973. Nei medesimi periodi, partendo dai dati giornalieri, il pluviometro manuale di Lago d'Avio mostra una media di 1240 mm. Anche se il confronto non è rigoroso quanto quello effettuato per Cancano, non essendoci la coincidenza temporale, né la disponibilità di strumenti ugualmente evoluti, può comunque considerarsi coerente la ricostruzione effettuata sui dati di Pantano d'Avio, che porta ad una media annua intorno ai 1900 mm, per i tre anni considerati (1990, 1994, 1996).

CONCLUSIONI

In questo studio si è preso in considerazione il territorio dell'alta Valtellina e dell'alta Valcamonica, dove il monito-

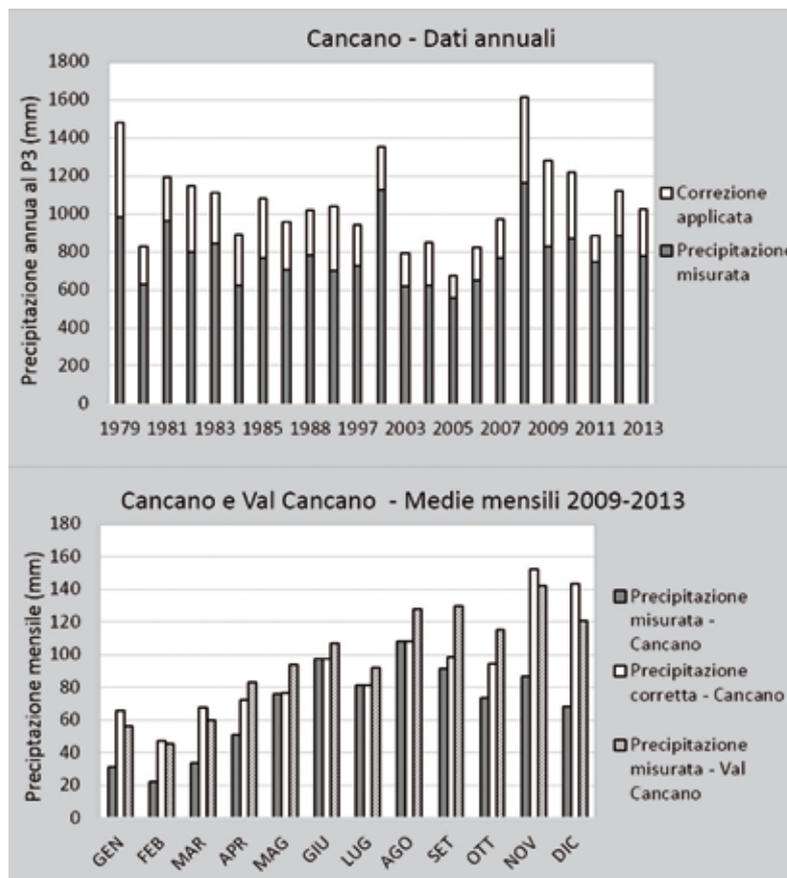


Fig. 11 - Risultati della dell'applicazione del modello correttivo ai dati di precipitazione rilevati presso Cancano dal pluviografo meccanico riscaldato SIAP. Sopra le cumulate annuali e in basso il confronto delle medie mensili sul periodo 2009-2013 con i dati della stazione di Val Cancano dotata di pluviometro totalizzatore a pesata (PT).

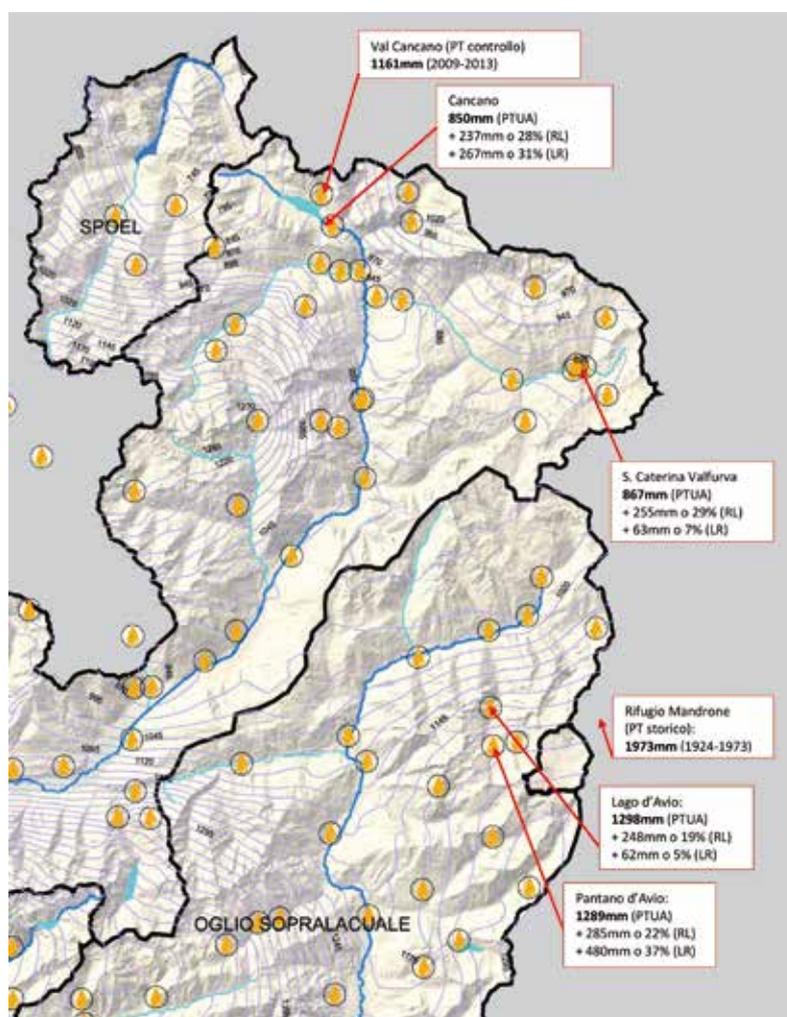


Fig. 12 - Estratto della Carta regionale delle precipitazioni medie annue della Lombardia, elaborata nel 2003 per il Programma di Tutela e Uso delle Acque - PTUA. Sono evidenziate le stazioni per le quali si è effettuata, a titolo di esempio, la correzione dei dati tramite il modello descritto in questo studio. Si confrontano le medie calcolate da Regione Lombardia per il PTUA, su finestre temporali variabili, con le correzioni suggerite dalla stessa Regione Lombardia (RL) e le correzioni suggerite in base all'applicazione del modello Lendvai-Ranzi (LR) presentato in questo studio. Si riportano anche i dati di due pluviometri totalizzatori (PT) per un ulteriore confronto.

Da sinistra:
Fig. 13 - Strumenti
manuali di misura
della densità del manto
nevoso: carotatori e
dinamometro.

Fig. 14 - Campo neve di
S. Caterina Valfurva.



Fig. 15 - Campo
neve di Cancano.



raggio nivometeorologico è effettuato ufficialmente da ARPA Lombardia. Per quanto riguarda la misura delle precipitazioni in alta quota, la rete di rilevamento è attualmente equipaggiata perlopiù da pluviografi meccanici e elettronici a bascula, solo alcuni dei quali risultano dotati di strumento riscaldatore per la fusione della neve; restano ancora in uso alcuni pluviometri manuali. Non risulta installato, da parte di ARPA Lombardia, alcun pluviometro totalizzatore tradizionale o a pesata, tipologia di strumento che si è da tempo rivelato adatto alla misura duale, anche automatica, della precipitazione liquida e solida. Nella stagione invernale sono attivi diversi campi neve per il rilievo manuale delle grandezze di interesse nivologico. Confrontando i dati di equivalente in acqua (SWE) delle neve fresca effettuate presso i campi neve con le altezze di precipitazione misurate

dai pluviometri presenti nelle immediate vicinanze, si è potuto stimare l'errore di misura della precipitazione nevosa che affligge tali strumenti. Per i pluviografi riscaldati e i pluviometri manuali risulta una sistematica sottostima che varia, da stazione a stazione, tra il 15% e il 66%; si è anche riscontrato che i siti esposti al vento sono quelli che presentano sottostime più consistenti, superiori al 50%, mentre in quelli riparati dal vento lo scarto è più contenuto, attorno al 25%. La scarsità di dati anemometrici ha permesso di precisare meglio l'influenza del vento solo in contesti spazio-temporali molto ristretti, con risultati non ancora definitivi. In alta Valtellina è attiva anche una rete di monitoraggio di proprietà di A2A, utilizzata nel contesto della gestione degli impianti idroelettrici. In particolare dal 2008 sono installate tre stazioni in alta quota dotate di trasduttore di pressione

(*snow pillow*), per la misura istantanea dell'equivalente in acqua (SWE) del manto nevoso al suolo, e di pluviometro totalizzatore elettronico a pesata con schermo anti-vento. Effettuando, per ogni stazione, un confronto analogo tra le misure di questi strumenti, si è potuta evidenziare un'ottima corrispondenza tra di esse, che conferma una certa affidabilità dei pluviometri totalizzatori elettronici a pesata nella misura della precipitazione nevosa. Tuttavia bisogna segnalare che è probabile che anche gli *snow pillow* tendano a sottostimare lo SWE del manto nevoso quando questo sia soggetto a significativa coesione interna, tale da creare un 'effetto ponte' che impedisce una lettura corretta del suo peso. In generale i risultati ottenuti sono coerenti con quanto ricavato da altri studi simili, svolti sempre nel contesto delle Alpi e confermano la grande variabilità dei valori

di sottostima riscontrata nelle misure di precipitazione nevosa mediante pluviografi riscaldati e pluviometri manuali, sia al variare delle condizioni del sito di misura, sia al variare del modello dello strumento. Per tentare di far fronte alla necessità di correggere le serie storiche di dati pluviometrici affetti da errori sistematici di misura si è proposto un modello semplice, perché prende in considerazione la sola temperatura media giornaliera come parametro di variazione del fattore correttivo da applicare, ma allo stesso tempo ampiamente applicabile, dato che la temperatura dell'aria è spesso l'unica

variabile disponibile presso molte stazioni storiche. Il modello applica un fattore correttivo costante alle misure giornaliere di eventi meteorici di sola neve, lascia invariate le misure degli eventi di sola pioggia e applica una variazione lineare all'interno dell'intervallo di temperatura nel quale si verificano gli eventi di pioggia mista a neve. Si è applicato, a titolo di esempio, il modello proposto alle serie storiche di pluviometria di quattro stazioni, con diversi risultati in termini di impatto sulle medie mensili e annue, che risultano incrementate tra il 5% e il 37% in modo crescente con la quota sul livello del mare

e con l'esposizione al vento. Tali risultati sono stati confrontati con quanto riportato sulla Carta regionale delle precipitazioni medie annue della Lombardia, attuale riferimento ufficiale in tale ambito, e con alcuni interessanti dati storici del SIMN.

RINGRAZIAMENTI

Si ringraziano per la collaborazione mostrata ai fini di questo studio: ARPA Lombardia, in particolare il Centro Nivometeorologico di Bormio (SO) e il Servizio Idrografico di Milano; A2A S.p.A., in particolare gli Uffici di Grosio (SO) per aver fornito i dati delle loro stazioni.

Bibliografia

- Bocchiola D., Rosso R. (2007). The distribution of daily snow water equivalent in the central Italian Alps, «Advances in Water Resources», 30, pp. 135-147.
- Cagnati A. (2003). Strumenti di misura e metodi di osservazione nivometeorologici, AINEVA, Trento.
- Chvíla B., Ondras M., Sevruk B. (2002). The wind-induced loss of precipitation measurement of small time intervals as recorded in the field, WMO.
- Chvíla B., Sevruk B., Ondras M. (2005). Intercomparison on measurement of recording gauges in Slovakia, WMO.
- Colli M., Lanza L.G., Rasmussen R., Thériault J.M. (2014). A CFD evaluation of wind induced errors in solid precipitation measurements, «Proceedings of WMO Technical Conference on meteorological and environmental instruments and methods of observations, St. Petersburg, Russian Federation», WMO.
- Cugerone K., Allamano P., Salandin A., Barbero S. (2012). Stima della precipitazione in siti di alta quota, «Neve e Valanghe», 77, pp. 36-43.
- Duchon C.E., Cole J.A., Rasmussen R. (2008). Measuring heavy snowfall using five different windshields and vibrating-wire precipitation gauges, 65th Eastern Snow Conference Fairlee (Lake Morey).
- Eccel E., Cau P., Ranzi R. (2012). Data reconstruction and homogenization for reducing uncertainties in high-resolution climate analysis in Alpine regions, «Theoretical and Applied Climatology», 110, pp. 345-358.
- Goodison B.E., Louie P.Y.T., Yang D. (1998). WMO solid precipitation measurement intercomparison - Final report, WMO.
- Grossi G., Caronna P., Ranzi R. (2012). Bilancio di massa del ghiacciaio del Mandrone nel clima attuale e in quello prevedibile, «L'Acqua», 1, pp. 47-60.
- Grossi G., Caronna P., Ranzi R. (2013). Hydrologic vulnerability to climate change of the Mandrone glacier (Adamello-Presanella group, Italian Alps), «Advances in Water Resources», 55, pp. 190-203.
- Gruppo di Lavoro Archivio Climatologico Italia centro-Settentrionale (ArCIS) (2014). Il clima nell'inverno 2013-2014: le eccezionali anomalie climatiche del Centro-Nord Italia, «Neve e Valanghe», 81, pp. 4-9.
- Janetti E., Bocchiola D., Rosso R. (2008). Clima e risorsa idrica nivale sull'Adamello, «Neve e Valanghe», 63.
- Jonas T., Marty C., Magnusson J. (2009). Estimating the snow water equivalent from snow depth measurements in the Swiss Alps, «Journal of Hydrology», 378, pp. 161-167.
- Nitu R. (2013). Cold as SPICE: Determining the best way to measure snowfall, «Meteorological Technology International», 8, pp. 148-150.
- Nitu R., et al. (2012). WMO Intercomparison of Instruments and methods for the measurement of Solid Precipitation and Snow on the Ground: Organization of the formal experiment, WMO.
- Nitu R., Wong K. (2010). CIMO survey on national summaries of methods and instruments for solid precipitation measurement at automatic weather stations, WMO.
- Ranzi R., Grossi G., Bacchi B. (1999). Ten years of monitoring areal snowpack in the Southern Alps using NOAA-AVHRR imagery, ground measurements and hydrological data, «Hydrological Processes», 13, pp. 2079-2095.
- Ranzi R., Grossi G., Gitti A., Taschner S. (2010). Energy and mass balance of the Mandrone Glacier, «Geografia Fisica e Dinamica Quaternaria», 33, pp. 45-60.
- Rasmussen R., Landolt S., Baker B., Kochendorfer J., Collins B., Colli M., Lanza L., Thériault J. (2014). Examination of the Performance of Single Alter Shielded and Unshielded Snowgauges Using Observations from the Marshall Field Site during the SPICE WMO Field Program and Numerical Model Simulations, WMO.
- Savina M., Schöpfi B., Molnar P., Burlando P., Sevruk B. (2012). Comparison of a tipping-bucket and electronic weighing precipitation gage for snowfall, «Atmospheric Research», 103, pp. 45-51.
- Sevruk B. (1996). Adjustment of tipping-bucket precipitation gauge measurements, «Atmospheric Research», 42, pp. 237-246.
- Sevruk B. (1986). Conversion of Snowfall Depths to Water Equivalents in the Swiss Alps, «Zürcher Geographische Schriften», 23, ETH Zürich, pp. 13-23.
- Sevruk B. (1983). Correction of measured precipitation in the Alps using the water equivalent of new snow, «Nordic Hydrology», 1, pp. 49-58.
- Sevruk B., Hertig J.A., Spiess R. (1989). Wind field deformation above precipitation gauge orifices, IAHS.
- Sevruk B., Kleem S. (1989). Catalogue of national standard precipitation gauges, WMO.
- Sevruk B., Michaelis J. (2002). WMO questionnaire on recording precipitation gauges, WMO.
- Sevruk B. (1987). Point precipitation measurements: why are they not corrected?, «Water for the Future: Hydrology in Perspective», IAHS, pp. 477-486.
- Sevruk B. (1992). Snow Cover Measurements and Areal Assessment of Precipitation and Soil Moisture, WMO.
- Sevruk, B. (1972). Evaporation losses from storage gauges, «Distribution of precipitation in mountainous areas», pp. 96-102, WMO.
- Smith C.D. (2010). Correcting the wind bias in snowfall measurements made with a Geonor T-200B precipitation gauge and alter wind shield, 15th Symposium on Meteorological Observation and Instrumentation, American Meteorological Society.
- Valgoi P. (2011). Cuscinetto per la misura della densità della neve (snow pillow), «Neve e Valanghe», 72, pp. 48-53.
- Valt M., Cagnati A., Corso T. (2006). Stima dell'equivalente in acqua della neve, «Neve e Valanghe», 59, pp. 24-33.
- Valt M., Moro M. (2009). Average snowcover density values in Eastern Alps mountain, «Geophysical Research Abstracts of EGU General Assembly held in Vienna», European Geosciences Union.
- Zweifel A., Sevruk B. (2002). Comparative accuracy of solid precipitation measurement using heated recording gauges in the Alps, Workshop on Determination of Solid Precipitation in Cold Climate Regions, Fairbanks.

sulla TECNICA diSCAVO in VALANGA

Per una didattica comune in tutte le scuole del Club Alpino Italiano

**Angelo Panza,
Gianni Perelli Ercolini**

CAI, Commissione Nazionale
Scuole di Alpinismo e Scialpinismo -
Scuola Centrale Scialpinismo

Davide Rogora

CAI, Servizio Valanghe Italiano -
Centro Studi Materiali e Tecniche,
Raggruppamento Lombardo
daviderogora@iol.it

La valanga è democratica. Si sa, non bada a distinzioni di genere, né tantomeno all'attrezzo da diporto che si predilige. Chiunque si muove in ambiente innevato: ciaspolatore, sciatore o scalatore che sia può essere interessato al percorso di addestramento utile a fronteggiare una situazione di emergenza. In questo articolo si espone lo stato dell'arte, riguardo alle procedure di scavo e disseppellimento applicabile alle scuole del Club Alpino Italiano e/o eventualmente agli ambiti affini che operano nel settore. La Scuola Centrale di Scialpinismo (SCSA) e il Servizio Valanghe Italiano (SVI), in collaborazione con il raggruppamento lombardo del Centro Studi Materiali e Tecniche (CSMT), eseguendo prove comparative sul campo hanno individuato la soluzione ideale in funzione del praticante utilizzatore della tecnica. Nelle scuole del Club essi possono essere funzionalmente raggruppati in tre categorie: Principianti, Evoluti e Istruttori. Le caratteristiche di efficienza, velocità e flessibilità per l'apprendimento progressivo, individuate nel metodo del "convogliatore della neve a V" sviluppato da Manuel Genswein, sono state declinate sull'esigenza didattica dei corsi proposti nel Club, dagli aspetti essenziali fino a quelli particolari.

A partire dalla tecnica base (per Principianti), si apprende successivamente come far fronte alle situazioni speciali (per gruppi sportivi Evoluti) e infine come agire nella circostanza in cui numerosi operatori addestrati siano disponibili, cioè corsi guidati da Istruttori/Accompagnatori, ottenendo un modello tecnico e didattico completo da adottare nelle scuole del Club Alpino Italiano.



INTRODUZIONE

Il tempo impiegato nel disseppellimento del travolto in valanga è una frazione molto rilevante dell'intera operazione di autosoccorso. Negli insegnamenti delle Scuole del CAI (Calderoli e Panza, 2002) (CNSASA, 2004) la diffusione delle tecniche più adatte a ridurre i tempi di intervento e salvaguardare l'incolumità della vittima (Calderoli, 2005) hanno sempre ricevuto adeguata attenzione. Ad oggi le accresciute funzionalità e la semplicità d'uso degli ARTVA digitali, consentono la localizzazione dei sepolti con relativa rapidità, specie nel caso di scenari non complessi, come ad esempio nel caso in cui si sia in presenza di un solo travolto. Pertanto si è ritenuto utile con questo scritto mettere in evidenza lo studio dettagliato delle procedure di scavo.

Per procedura di scavo nell' autosoccorso si vuole qui intendere l'insieme delle azioni necessarie a raggiungere, nel minor tempo possibile, il sepolto, liberarne le vie aeree e procedere al completo disseppellimento per intraprendere le azioni di primo soccorso praticabili da un team sportivo.

La Scuola Centrale di Scialpinismo (SCSA) e il Servizio Valanghe Italiano (SVI), in collaborazione con il raggruppamento lombardo del Centro Studi Materiali e Tecniche (CSMT) hanno affrontato il tema inizialmente alla ricerca della "migliore" strategia di scavo. Successivamente attingendo dalle pubblicazioni esistenti ed eseguendo prove comparative sul campo (Test Report CMST-TR13-001, 2013) (Test Report SVI-TR14-002, 2014) (Test Report CSMT-TR14-001, 2014) è emerso come la soluzione ideale fosse da ricercare in funzione del target degli utilizzatori cui

la medesima era destinata, piuttosto che in senso assoluto.

IDENTIFICAZIONE DEL PRATICANTE

Nelle scuole del Club, a prescindere dall'attrezzo o dall'attività svolta, tutto l'insieme dei praticanti può essere funzionalmente rappresentato da tre categorie principali: quella dei Principianti, che si avvicinano alle discipline con curiosità ed entusiasmo per apprendere le nozioni di base; quella che ricomprende a svariati livelli di capacità gli Evoluti, che praticano in autonomia e consapevolezza le tecniche preferite; e gli Istruttori, che pur rientrando senz'altro nel gruppo precedente, sono anche al servizio degli altri per la diffusione del "saper fare" in montagna. È questo, il perimetro del tipo di praticante sportivo cui si riferisce il risultato dello studio.

Ciascuna delle categorie identificate manifesta caratteristiche, esigenze e aspettative specifiche, così come obbligazioni e responsabilità cui si è chiamati ad obbedire e rispondere.

Il Principiante vorrà apprendere l'indispensabile, imparare velocemente ricevendo istruzioni chiare e l'entusiasmo del debuttante sarà l'unica caratteristica a distinguerlo. Le aspettative di un Evoluto saranno più mirate e risponderanno all'esigenza di essere pronti e preparati agli imprevisti e alla ricerca dell'efficacia nell'azione per sé e "il pari" più prossimo; verosimilmente associate a determinazione, impegno, ed elevata disponibilità per l'auto-addestramento. L'Istruttore (o Accompagnatore) necessita invece di acquisire un protocollo di intervento efficace certamente per sé, ma soprattutto

to pensato per "l'affidato" e/o il gruppo guidato; oltre a impegno e risolutezza, dovrà, pertanto, essere incline alla diligenza e all'esercizio specifico, ripetuto periodicamente.

LA TECNICA SCELTA

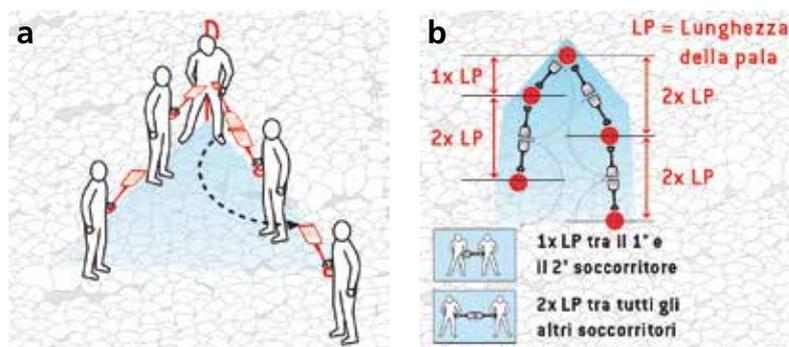
Le sperimentazioni e i confronti effettuati hanno indicato che il punto di equilibrio fra efficienza, velocità e flessibilità per l'apprendimento progressivo, dagli aspetti essenziali fino a quelli particolari, si individua nel metodo del "convogliatore della neve a V", ideato, sviluppato e proposto dallo specialista svizzero Manuel Genswein.

"Il metodo genera un efficiente trasporto della neve consentendo un accesso veloce e nel contempo creando uno spazio di lavoro ampio a sufficienza per l'azione simultanea di più soccorritori. L'importanza dell'efficienza operativa è stata accerata analizzando l'ergonomia e gli aspetti motivazionali. Il confronto con scavi non coordinati dimostra che l'importanza (riduzione del tempo di seppellimento) di un approccio strategico al procedimento di scavo aumenta proporzionalmente alla profondità di seppellimento. Il «convogliatore della neve a V» è un metodo sistematico, di facile insegnamento, per il disseppellimento di soggetti sepolti. Soccorritori poco esperti applicano il metodo attenendosi strettamente alle disposizioni, viceversa soccorritori più professionalizzati possono adattare il metodo a qualunque situazione di soccorso mediante micro gestione all'interno della «V» (Genswein and Eide, 2008a).

NOZIONI GENERALI

L'efficienza nello scavo è, tra altri parametri, funzione della pala utilizzata. L'attrezzo ideale deve essere dotato di manico allungabile, impugnatura a "D" (o similare), benna ampia e fabbricato in lega leggera tenace e resistente. Spalare la neve è un esercizio assai faticoso. Solo adottando un ritmo regolare ed evitando sforzi inutili è possibile protrarre l'azione per tutto il tempo necessario. Nell'esecuzione dello scavo si devono

Fig. 1 - Disposizione e distanza dei soccorritori.



inoltre considerare le circostanze in cui si opera:

- dovute al terreno (inclinazione del pendio, profondità di seppellimento, tipo di neve);
- legate al gruppo di soccorritori (numero, manualità dello spalatore, conoscenza del metodo, capacità di lavorare in gruppo).

L'abilità a risolvere situazioni di crescente difficoltà è proporzionale all'esperienza maturata e all'addestramento svolto.

TECNICA DI BASE

Le aspettative di chiarezza, efficacia e rapidità di apprendimento del Principiante, trovano pieno appagamento (Genswein and Eide, 2008b) procedendo con le fasi della tecnica di base.

Individuato il sepolto tramite la sonda (con il metodo del sondaggio a spirale), il gruppo si schiera lungo un'ipotetica V rovesciata, in modo tale che tra il primo soccorritore, al vertice della V, ed il secondo posto su uno dei lati della V (ad es. a destra), risulti una distanza pari alla lunghezza della pala. Il terzo si porrà sull'altro lato (ad es. a sinistra se il secondo era a destra) a una distanza dal primo che deve essere di due pale. La stessa distanza, ovvero due pale, deve essere mantenuta fra tutti gli altri soccorritori (Fig. 1). Queste indicazioni rappresentano le distanze minime da anca ad anca.

Il primo soccorritore inizia lo scavo in prossimità della sonda. Tenendola come riferimento, essa deve apparire via via visibile al procedere delle operazioni di scavo.

La neve non deve essere alzata ma solo spostata "pagaiando" all'interno della V, in modo da farla fuoriuscire per spostamenti successivi fra gli spalatori lungo l'asse centrale dello schieramento. Tutto ciò in analogia a quanto avverrebbe con l'ausilio di un ipotetico nastro trasportatore (Fig. 2a).

Il primo soccorritore scava in profondità seguendo la sonda, mentre gli altri si curano di spostare la neve che si accumula al centro dell'area di scavo, attivando l'ideale nastro trasportatore, oltre a sbancare quel-

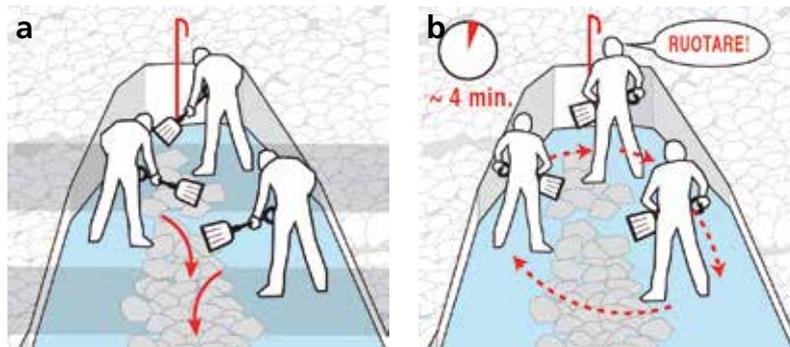


Fig. 2 - Nastro trasportatore e rotazione dei soccorritori.

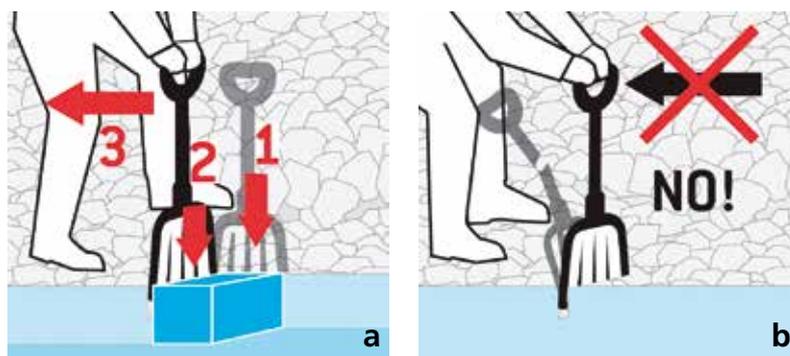


Fig. 3 - Realizzazione dei blocchi in neve compatta.

la necessaria per allargare i fianchi della V e abbassare il piano dell'area di scavo. Quando il soccorritore al vertice della V avverte i primi segnali di stanchezza, in genere dopo circa 2-4 minuti a seconda della consistenza della neve, ordina la rotazione. A questo comando, ogni soccorritore scala di una posizione, ruotando in senso orario.

Il secondo soccorritore si troverà ora sul vertice della V (Fig. 2b).

Con neve compatta e dura bisogna prima tagliare la neve in blocchi, utilizzando la punta della pala. Facendo pressione su di essa con un piede ed evitando di forzare in flessione il distacco del blocco, onde evitare il danneggiamento o la rottura del manico (Fig. 3).



La realizzazione dei blocchi da parte del primo soccorritore avviene muovendosi a semicerchio, con le spalle rivolte alla sonda, per poi procedere ad allontanarli secondo le modalità prima descritte.

Si deve cercare di mantenere anche i lati dello scavo nel modo più verticale possibile, e nel caso di neve dura, essi devono sempre essere incisi utilizzando la pala per formare i blocchi (Fig. 4).

Al procedere dello scavo si verrà a creare uno scivolo, con profondità massima in corrispondenza del travolto da liberare. Al fine di evitare che la neve rimossa ricada all'interno della zona di scavo, l'inclinazione del piano di lavoro (detto angolo di rampa) deve essere inferiore a 26° , rispetto l'orizzontale. Ciò si ottiene dimensionando la lunghezza dello schieramento, la "V", in funzione della profondità di seppellimento (PS).

Su terreni con inclinazione tra 0° e 5° , l'angolo di rampa inferiore a 26° si rispetta con lunghezza della V pari al doppio della profondità di seppellimento ($2 \times PS$).

Su terreni con inclinazioni superiori, la lunghezza della V potrà decrescere fino a essere pari alla profondità di seppellimento ($1 \times PS$) (Fig. 5a).

La larghezza della V, che vincola la disposizione dei soccorritori e incide significativamente sulla quantità di neve da movimentare, deve essere uguale alla profondità di seppellimento, con un limite massimo di 2 metri di apertura (Fig. 5b).

Il numero ottimale dei soccorritori da schierare è pari al rapporto tra la lunghezza della V, in centimetri, diviso per 80 e arrotondato all'unità superiore (Fig. 6).

Ad esempio: in un seppellimento di profondità 1,5 m, su terreno pianeggiante, risulterà:

lunghezza della V = $1,5 \text{ m} \times 2 = 3 \text{ m}$

numero soccorritori = $300:80 = 3,75$

numero ottimale soccorritori = 4

Si noti dunque che la porzione dello schieramento occupata da ciascun individuo, indicata in 80 cm, è il minimo nominale, e che le distanze reali, difformi e variabili, dovranno essere di più, mai di meno.

Raggiunto il contatto visivo del corpo sepolto, il secondo soccorritore allarga lo

Fig. 4 - Realizzazione dei blocchi e incisione dei lati.

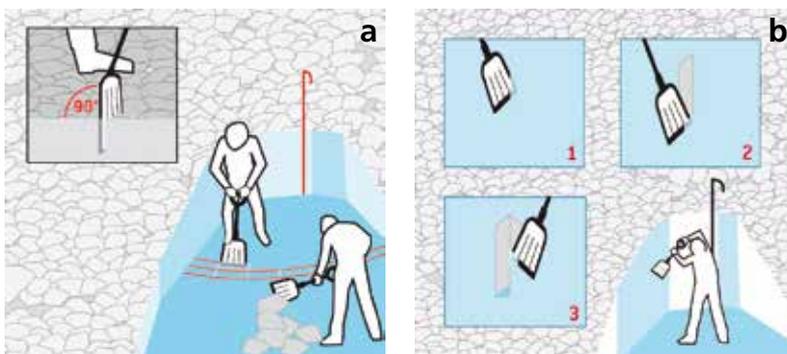
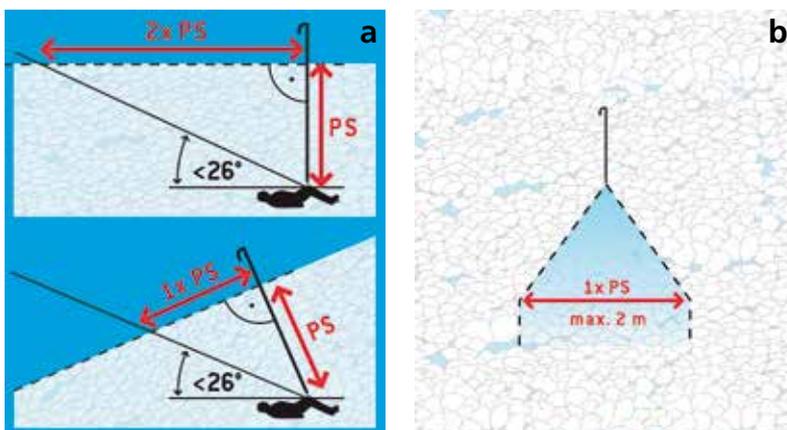


Fig. 5 - Lunghezza e larghezza della V.



scavo in direzione della testa, ponendosi in ginocchio e di fianco al soccorritore di vertice. Entrambi operano con i manici delle pale accorciati. Gli altri soccorritori devono liberare un canale a lato di ciascuno dei due operatori affiancati, in modo da poter evacuare la neve che viene rimossa nel completamento del disseppellimento dell'intera figura.

In questa fase i primi due soccorritori devono procedere con tutte le precauzioni necessarie a non urtare il travolto con la pala. Se possibile, in base alla durezza della neve, è auspicabile tentare di raggiungere e liberare le vie aeree del sepolto con la mano. Essa servirà anche da protezione per evitare l'intrusione di nuova neve.

Nel contempo, gli altri soccorritori provvedono a creare lo spazio sufficiente per

il primo soccorso e l'eventuale successiva medicalizzazione (Fig. 7).

Nei corsi di base, l'acquisizione di competenze elementari quali: l'utilizzo della pala in scavi "a vuoto" per padroneggiare l'ergonomia, le esperienze con pale differenti per operare "il migliore" acquisto individuale e lo scavo in gruppo per esercitare il coordinamento, sarà l'obiettivo specifico della formazione somministrata.

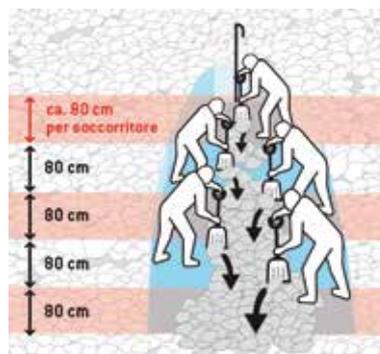


Fig. 6 - Numero di soccorritori.



Fig. 7 - Fase finale del disseppellimento.



Fig. 8 - Numero di soccorritori inferiore a quello necessario.

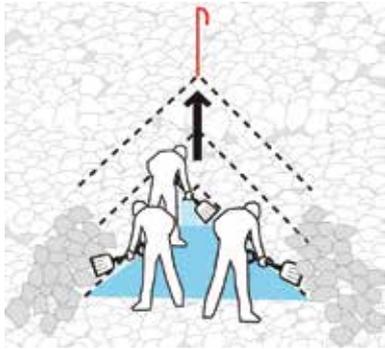


Fig. 9 - Seppellimento poco profondo.



Fig.10 - Coordinatore dello scavo.



Fig.11 - Utilizzo di più sonde per direzionare lo scavo.

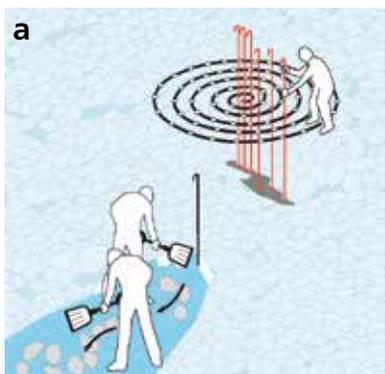
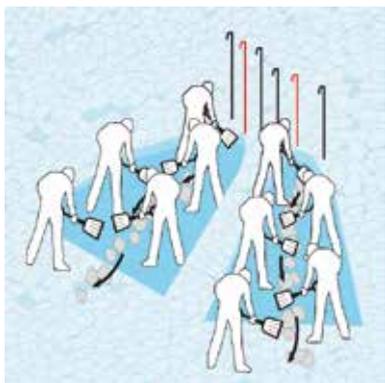


Fig. 12 - Doppio scavo a V.



TECNICA AVANZATA - CASI PARTICOLARI

Lo sciatore alpinista Evoluto ha fatto propria una corretta condotta di prevenzione degli incidenti. Muovendosi su terreno innevato, sarà frequentemente membro di un piccolo gruppo e nel caso di un travolgimento i soccorritori saranno facilmente in numero inferiore a quello ottimale (cfr. regola di cui sopra).

È questo il caso in cui bisogna iniziare lo scavo ad una distanza dalla sonda tale da immaginare la presenza del/i "soccorritore/i mancante/i" proprio nella posizione più avanzata. Essa sarà tanto maggiore quanto più profondamente giace il sepolto. Si procederà avvicinandosi alla sonda, avendo cura di abbassare proporzionalmente il piano di scavo per evitare di rendere la rampa finale troppo ripida (Fig. 8).

Nella circostanza di seppellimento poco profondo (fino a 50-70 cm) si prospetta il caso speciale in cui si procede con due soccorritori in linea, partendo ad una distanza almeno pari alla profondità di seppellimento.

Dopo aver raggiunto la profondità del sepolto, si procede avanzando lo scavo verso la sonda (Fig. 9).

Il piccolo gruppo "superstite", per sopportare lo sforzo prolungato necessario dovrà essere composto da elementi allenati con severi esercizi. È questo il contesto di auto-addestramento o didattica specifica nei corsi specialistici, che contraddistingue la condotta di soggetti Evoluti.

TECNICA AVANZATA - CASO DI GRUPPO

In presenza di gruppi numerosi la strategia di scavo viene modificata per utilizzare al meglio tutte le risorse disponibili, cosa decisamente utile in caso di seppellimenti profondi che comportano scavi di ampie dimensioni e lunghe durate. È questo il protocollo a cui si deve preparare un Istruttore (o Accompagnatore), chiamato purtroppo ad intervenire durante lo svolgimento di un corso, il cui operato deve essere certamente efficace, ma al contempo deve raggiungere anche la massima efficienza.

In questa situazione viene dapprima individuato il coordinatore delle operazioni di scavo che, ponendosi all'esterno della zona di scavo, supervisiona le operazioni fornendo indicazioni utili a migliorare la rapidità di intervento (Fig.10).

Mentre il primo soccorritore procede con il sondaggio, gli altri soccorritori iniziano a scavare, a valle della sonda, nella zona in cui si presuppone sarà sviluppato lo scavo.

Dopo il primo contatto positivo della sonda, il primo soccorritore, usando le altre sonde disponibili, cerca di individuare la posizione del sepolto, in modo da correggere la direzione dello scavo (Fig.11).



Individuata la giacitura del sepolto è opportuno valutare la possibilità di procedere con due scavi indipendenti, tali da minimizzare il tempo necessario per raggiungere la testa del sepolto e liberarne le vie aeree (Fig. 12).

Nel caso di seppellimenti molto profondi, nei quali la sonda non arriva al sepolto (indicati da un alto valore sul display dell'ARTVA), si posiziona la sonda circa 1 m a monte del punto di minima distanza indicata dall'ARTVA (Fig.13) e si prosegue nello scavo in modo da liberare l'area sovrastante il sepolto ovvero il punto di minima distanza indicato sul display dell'ARTVA.

Si potrà ora ripetere l'operazione di localizzazione mediante ARTVA e sondaggio, fino a quando la sonda intercetterà il corpo del sepolto: da questo momento in poi si riprenderà lo scavo sulla sonda, come da tecnica precedentemente illustrata (Fig.14).

Nel caso particolare in cui il corpo del travolto si rivelasse allineato alla direzione di massima pendenza, è opportuno posizionare il vertice della V circa 50-80 cm a lato della sonda più a monte che ha intercettato il corpo del travolto. In questo modo si limiterà il più possibile

lo stazionamento prolungato dei soccorritori al di sopra del medesimo (Fig. 15). La tecnica scelta, e la progressione didattica individuata, consentiranno di stabilire le competenze minime cui i Titolari di vario livello sono invitati ad adeguarsi durante lo svolgimento dei corsi.

CONCLUSIONI

A seguito delle numerose prove effettuate e dei confronti intercorsi con l'ideatore dello scavo a V, Manuel Genswein, che si ringrazia per la preziosa collaborazione, la Scuola Centrale di Scialpinismo e il Servizio Valanghe Italiano ritengono che i metodi illustrati sopra debbano essere adottati come modello tecnico e didattico nelle Scuole del Club Alpino Italiano.

Riferimenti

- Calderoli A. e Panza A., 2002. "Autosoccorso in valanga, proposte di procedure operative". Rivista AINEVA Neve & Valanghe n.47, 2002.
- Calderoli A., 2005. "Soccorso in Valanga. Procedure di Scavo e Raggiungimento del Travolto". Rivista AINEVA Neve & Valanghe n.56, 2005.
- CNSASA, 2004. "I Manuali del Club Alpino Italiano. Vol.13: Sci Alpinismo".
- Genswein M. and Eide R., 2008a. "The V-Shaped Snow Conveyor Belt". ISSW Proceedings 2008. Traduzione integrale dell'articolo in italiano, autorizzata dall'Autore: <http://www.scuolaguidodellatorre.it/documenti/Convogliatore%20a%20V-GensweinEide-ISSW2008.pdf>
- Genswein M. and Eide R., 2008b. "The Efficiency of Companion Rescuers with Minimal Training". ISSW Proceedings 2008.
- Test Report CMST-TR13-001, 2013. "Metodologie di scavo a confronto. Esperimenti e rilievi di campagna".
- Test Report CSMT-TR14-001, 2014. "Metodologie di scavo a confronto. Esperimenti e rilievi di campagna".
- Test Report SVI-TR14-002, 2014. "Metodologie di scavo a confronto. Esperimenti e rilievi di campagna".

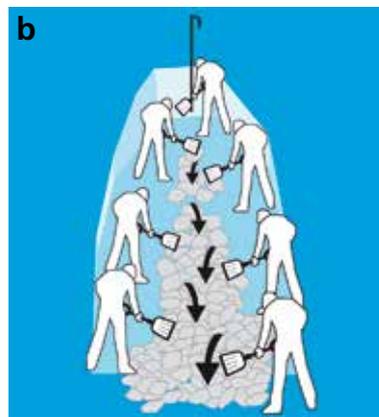
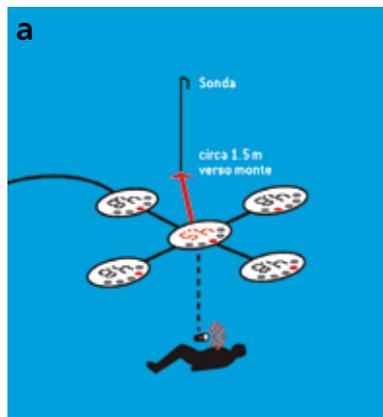


Fig. 13 - Seppellimento profondo - sonda a monte.

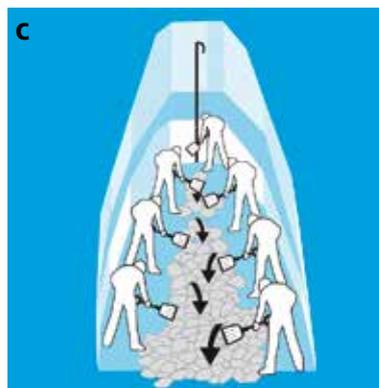
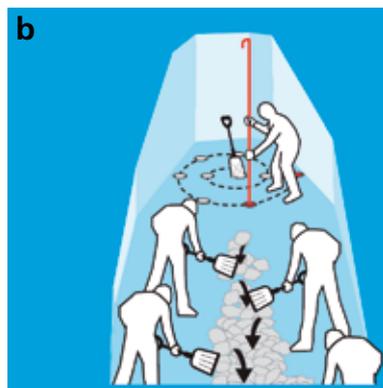
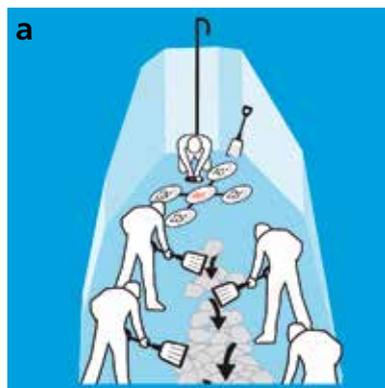


Fig. 14 - La sonda raggiunge il sepolto.



Fig. 15 - Travolto disposto lungo la massima pendenza.

COMPARAZIONE tra gli **INDICI**, **d'INSTABILITÀ** **STRUTTURALE** (*Lemons*) ed i **PUNTEGGI** dei **TEST** di **STABILITÀ ECTeRB**

Igor Chiambretti
AINEVA, Trento
igor.chiambretti@aineva.it

Fabiano Monti
WSL, Istituto Neve e Valanghe SLF,
Davos, Svizzera

Mauro Valt
ARPAV-DRST, Servizio Neve e
Valanghe, Arabba (BL)

Quasi tutti i servizi di previsione valanghe possiedono una rete tradizionale di campi neve ove giornalmente o settimanalmente vengono eseguite misure o osservazioni sul manto nevoso (prove penetrometriche, analisi stratigrafiche, test di stabilità). La prova penetrometrica e l'analisi stratigrafica sono dati classificati a media entropia mentre i test di stabilità sono a bassa entropia e richiedono l'interpretazione di un previsore valanghe. Negli ultimi anni, sono stati sviluppati molti metodi per l'analisi dei profili e per una valutazione, più oggettiva, della stabilità del manto nevoso identificando i livelli critici, le loro caratteristiche e proprietà. Nel periodo tra il 2010 ed il 2013, diversi uffici regionali afferenti ad AINEVA hanno raccolto una banca dati di centinaia di profili del manto nevoso ciascuno accompagnato da test di stabilità (ECT e/o RB) eseguiti a fianco. Un campione di questa banca dati è stato analizzato utilizzando il metodo delle variabili critiche trovando correlazioni interessanti tra i livelli critici (indici d'instabilità strutturale o *lemons*, forma dei grani, spessore del livello e le sue proprietà) ed i risultati dei test di stabilità. Sono qui discussi i risultati preliminari di questo progetto di ricerca i quali mostrano come i valori più elevati degli indici d'instabilità strutturale e dei punteggi dei test di stabilità sono individuabili in livelli critici sviluppati con metamorfismi di gradiente medio o elevato. Correlazioni meno buone sono state individuate per i livelli critici composti da neve fresca (PP o DF) o da vari tipi di croste o interfacce lisce tra strati. Infine, l'intera banca dati è stata analizzata per comparare l'efficacia del test di stabilità ECT *versus* l'RB nell'individuare il principale livello critico e per trovare correlazioni tra i gradini di carico, le caratteristiche e profondità del piano di frattura, la qualità del piano di taglio e le caratteristiche del livello critico.



INTRODUZIONE

Le osservazioni nel manto nevoso consentono di delinearne la complessa struttura stratificata mano a mano che ogni nevicata si depona sotto forma di uno strato che si lega, in qualche maniera, con la precedente superficie del manto. I processi metamorfici, che si sviluppano durante la stagione invernale, cambiano nel tempo le caratteristiche di quegli strati spesso sviluppando nuovi strati e tipologie di grani. La nucleazione di un cedimento (crescita della cricca) entro il manto nevoso e la propagazione della frattura (con possibile distacco di una valanga) sono controllate da diversi parametri collegati alle proprietà meccaniche di ogni strato.

La nucleazione di un cedimento (crescita della cricca) avviene quando una sollecitazione meccanica (stress) supera, localmente, la resistenza del livello o dell'interfaccia tra strati più deboli. L'espansione di tale cricca (cedimento locale) lungo il livello o l'interfaccia tra strati sviluppa una frattura che può propagarsi, con meccanismi differenti, al resto del manto nevoso e che può evolvere in un cedimento catastrofico (valanga) quando la resistenza alla frattura viene superata. Secondo McCammon e Sharaf (2005), le osservazioni sul manto nevoso focalizzate sulla valutazione della stabilità dovrebbero registrare i seguenti parametri: struttura del manto nevoso (stratificazione), nucleazione della frattura (resistenza meccanica) e propagazione della frattura (tenacità). L'esecuzione di un profilo stratigrafico e degli associati test di stabilità (*rutschblock* – RB – Föhn, 1987 e del test della colonna estesa – ECT – Simenhois and Birkeland, 2006) consente questo tipo di osservazioni. I potenziali livelli critici sono identificati e descritti (posizione,

forma dei grani, dimensione, durezza della neve), il test di stabilità evidenzia il livello fragile (punteggio del test, tipologia della frattura o del distacco o tipo del piano di taglio – *sensu van Herwijnen e Jamieson, 2004*). Se tutte le osservazioni vengono eseguite correttamente, si possono ricavare gli indici d'instabilità strutturale basati sulle «threshold sum» come i *lemons* o le *yellow flags* (Jamieson e Schweizer, 2005; McCammon e Schweizer, 2002).

Schweizer, McCammon e Jamieson (2006) suggeriscono che le *threshold sum* (TSA – corrispondenti alla stratificazione dell'elemento staccato), i punteggi dei test di stabilità (corrispondenti alla nucleazione del cedimento) e la tipologia di distacco dei test di stabilità (corrispondente alla propagazione della frattura) sono tre variabili che possono essere utilizzate come predittori della stabilità di un pendio innevato.

Moner et alii (2008) hanno applicato il metodo *threshold sum approach* (TSA) alle tipologie di manto nevoso e di livelli critici più frequenti sui pendii dei Pirenei. Essi hanno considerato anche quali livelli instabili anche quelli formati da cristalli di precipitazione (PP e DF).

Monti (2008) e Monti et alii (2009) hanno applicato il TSA anche sulle Alpi italiane.

Monti et alii (2012) hanno proposto un approccio al TSA collegato alle tipologie di strato piuttosto che alle superfici di separazione tra strati, creando un nuovo metodo di rappresentazione grafica.

Monti e Schweizer (2013) hanno ulteriormente raffinato il TSA, trasformando ciascuna variabile in un indice adimensionale, standardizzato entro il singolo profilo del manto nevoso (*relative threshold sum approach* – RTA). Questo metodo consente, considerando le differenze relative ed i valori, di meglio identificare l'ubicazione dei potenziali livelli più instabili con minori errori legati alle misure ed alla loro soggettività.

DATI

Nel presente lavoro, abbiamo utilizzato due banche dati distinte, raccolte da diversi uffici regionali afferenti ad AINEVA, ciascuna composta da profili del manto nevoso accompagnati dall'esecuzione a fianco di test

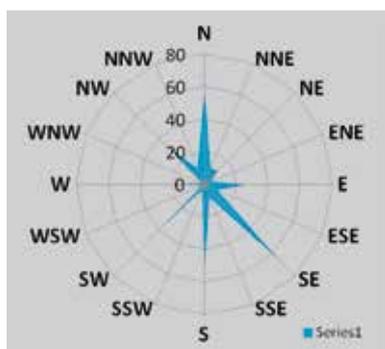
di stabilità (ECT e/o RB). I profili della prima banca dati sono stati eseguiti da numerosi osservatori nivologici durante le loro quotidiane attività per gli uffici previsionali della Regione Autonoma Valle d'Aosta, della Regione Lombardia, della Provincia Autonoma di Bolzano e Regione Autonoma Friuli Venezia Giulia. Sfortunatamente nella banca dati non sono disponibili dati circa l'esecuzione del profilo su pendii già testati dagli sciatori (assenza di valanghe provocate) o su pendii ove recentemente si è avuta attività valanghiva (spontanea o provocata). Complessivamente, questa prima banca dati conteneva 652 test di stabilità eseguiti vicino al profilo (ECT o RB). Tali dati sono stati raccolti nel periodo 2010-2013. Sfortunatamente, non tutti i profili presentavano complete informazioni sulla struttura ed alcuni mostravano scarso dettaglio e poca accuratezza nell'esecuzione.

La seconda banca dati conteneva 40 profili ciascuno caratterizzato da test di stabilità eseguiti vicino al profilo (ECT ed RB) e come per il primo caso, anche per questo gruppo non sono disponibili dati circa l'esecuzione del profilo su manto nevoso stabile od instabile. Su questa banca dati è stata eseguita un'analisi del TSA (secondo Moner et alii, 2008) e del RTA (seguendo Monti et alii, 2012).

METODI

Per le osservazioni del manto nevoso sono stati applicati i metodi standard (Cagnati, 2003; CAA, 2002; Greene, 2004). La quota alla quale sono stati eseguiti i profili varia tra 1550 m e 3490 m s.l.m. con una quota media di 2447 m s.l.m. per la prima banca dati e tra 1600 m e 2300 m s.l.m. con una quota media di 2200 m s.l.m. per la seconda. I profili sono stati effettuati sia su pendii in ombra (NO, NNO e N) sia soleggiati (E, ESE, SE, SSE e S) per la prima banca dati (Fig. 1), ove più frequentemente il manto nevoso può essere trovato meno stabile ed ove un gran numero degli incidenti in valanga avviene (Valt e Pivot, 2013) e su pendii in ombra (NO, NNO e N) per la seconda banca dati. I test di stabilità (RB e ECT) sono sempre stati eseguiti accanto al profilo del manto nevoso.

Fig. 1 - Distribuzione dell'esposizione dei versanti dei siti di esecuzione dei rilievi registrati nella prima banca dati.



Il test del *rutschblock* (RB – Föhn, 1987) viene realizzato su un blocco del manto nevoso isolato (2,0 m trasversali al pendio x 1,50 m lungo pendio) e sovraccaricato per cicli successivi da uno sciatore sino all'eventuale cedimento del livello fragile. I punteggi del test o cicli di carico (RB# da 1 a 7) sono registrati assieme al tipo di distacco: blocco intero – W; parte del blocco – P; margine del blocco – E (*sensu* Schweizer, 2002). Il test della colonna estesa (Extended Column Test ECT – Simenhois e Birkeland, 2006) viene realizzato su un blocco del manto nevoso isolato (90 cm trasversali al pendio x 30 cm lungo pendio) e sovraccaricato su un angolo, per cicli successivi, battendo su una pala da neve sino all'eventuale nucleazione della frattura e propagazione attraverso il resto della colonna. I punteggi del test o cicli di carico (ECT# da 1 a 31) sono registrati assieme al tipo di distacco: la frattura si propaga attraverso l'intera colonna durante l'isolamento del blocco – V; propagazione della frattura attraverso l'intera colonna al colpo # o #+1 – P; nucleazione della frattura osservata al colpo # ma mancata propagazione della frattura attraverso l'intera colonna al colpo # o #+1 – N; nessuna frattura osservata durante il test – X (*sensu* CAA, 2002). Per ciascun test di stabilità è stata registrata anche la tipologia del piano di taglio (Q1, Q2, Q3 – Johnson e Birkeland, 1998) ed il tipo di frattura: collasso improvviso – SC; planare improvviso – SP; compressione progressiva PC; planare resistente RP; frattura non planare B; assenza di frattura – X (Jamieson, 1999; van Herwijnen e Jamieson, 2002, 2004).

Per la prima banca dati, la prestazione dei predittori è stata valutata attraverso vari punteggi categorici statistici (Wilkis, 1995; Jamieson, Schweizer, Haegeli and Campbell, 2006). Poiché non è stato possibile valutare la prestazione di ciascun test di stabilità comparando il grado di stabilità del manto nevoso (previsto dal test) con la stabilità osservata (attività valanghiva o pendii testati con gli sci), abbiamo confrontato la prestazione relativa dei due test in base ai risultati comparabili. I punteggi dei test di stabilità (#) sono stati suddivisi in stabili ed instabili come segue (secondo Winkler e Schweizer,

2008, Schweizer e Jamieson, 2010):

Successivamente, i test RB sono stati comparati con la propria tipologia di distacco ed i punteggi dei test (#) sono stati suddivisi in stabili ed instabili (Tab. 2a) ed anche i test ECT sono stati comparati con la propria tipologia di frattura ed i punteggi dei test (#) sono stati suddivisi in stabili ed instabili come segue (Tab. 2b):

Per la seconda banca dati, l'indice RTA basato sulla somma di sei variabili correlate per ciascun strato (dimensione dei grani, differenza di dimensione dei grani tra strati adiacenti, differenza in durezza tra strati adiacenti, durezza dello strato, forma dei grani, profondità dello strato fragile) derivate dal TSA. Il valore relativo per ciascuna variabile è il valore misurato per quello strato meno il valore medio lungo il profilo diviso la deviazione standard del valore. Questo valore relativo è quindi riscalato ad un indice compreso tra 0 ed 1 e gli strati potenzialmente instabili mostrano un valore di 1 o superiore ad una soglia (0,95, 0,90, etc.) che può essere fissata in base alle condizioni locali del manto nevoso. Diminuendo la soglia, aumentano il numero degli strati considerati instabili in un profilo.

RISULTATI

Risultati della prima banca dati

Per i punteggi ≤ 3 , i test RB mostrano una pressoché uguale suddivisione tra i tre tipi di distacco: blocco intero – W; parte del blocco – P; margine del blocco – E. Per i punteggi = 5 o 6, i test RB mostrano una leggera prevalenza del distacco del margine del blocco – E su parte del blocco – P, mentre pochissimi test sono registrati come distacco del blocco intero – W. Per i punteggi = 7, i test RB mostrano, com'è ovvio, solo assenza di frattura – X (Fig. 2).

Per i punteggi = 0, i test ECT mostrano pressoché solo la tipologia di distacco: la frattura si propaga attraverso l'intera colonna durante l'isolamento del blocco – V e solo pochi casi nucleazione della frattura ma mancata propagazione della frattura attraverso l'intera colonna – N. Per i punteggi = da 1 a 6, i test ECT mostrano una forte prevalenza della tipologia di distacco: propagazione della frattura attraverso

Tipo di test e punteggio (#)	Piuttosto Instabili	Piuttosto Stabili
RB#	≤ 3	> 4
ECT#	≤ 12	> 13

© AINEVA

Tipo di test e punteggio (#)	Tipo di distacco	
	Piuttosto Instabili	Piuttosto Stabili
RB#	W	P; E; X
ECT#	V; P	N; X

© AINEVA

Tipo di test e punteggio (#)	Caratteri della frattura	
	Piuttosto Instabili	Piuttosto Stabili
ECT#	SC; SP	PC; RP; B

© AINEVA

Tab. 1 - Probabilità d'individuazione (POD) per il Relative threshold sum approach.

Tab. 2a e 2b - Classificazione dei punteggi dei test (#) in stabili ed instabili in base alla tipologia di distacco o al carattere della frattura.

Fig. 2 - Punteggi dei test RB versus tipologia distacco.

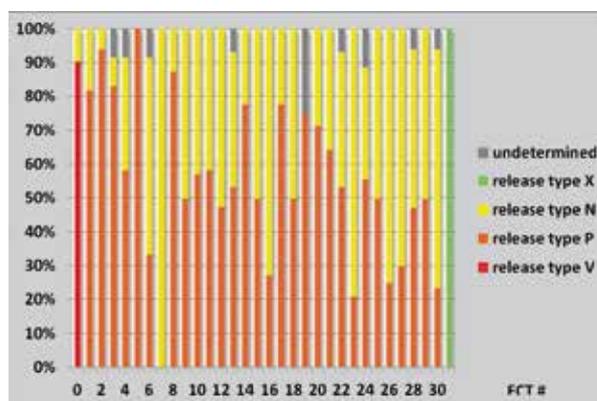
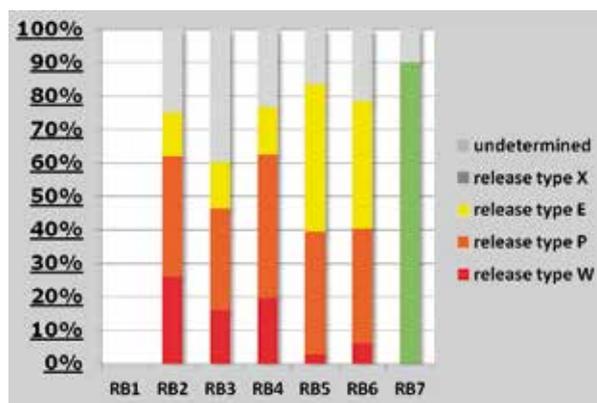
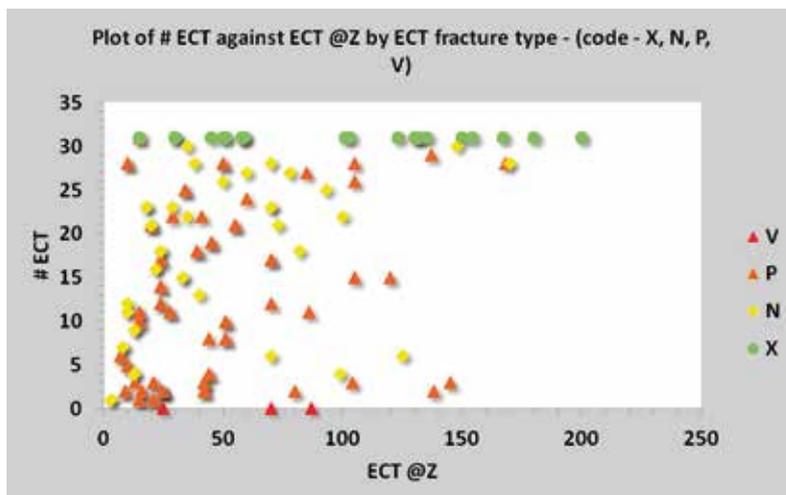


Fig. 3 - Punteggi dei test ECT versus tipologia distacco.

l'intera colonna al colpo # o #+1 – P; ed in minor numero del tipo la frattura si propaga attraverso l'intera colonna durante l'isolamento del blocco – V; e solo pochi casi di nucleazione della frattura osservata al colpo # ma mancata propagazione della frattura attraverso l'intera colonna al colpo # o #+1 – N. Per i punteggi = da 7 a 24, i test ECT mostrano due tipologia di distacco: propagazione della frattura attraverso l'intera colonna al colpo # o #+1 – P; ed il tipo nucleazione della frattura osservata al colpo n ma mancata propagazione della frattura attraverso l'intera colonna al colpo # o #+1 – N.

Fig. 4 - Punteggi dei test ECT versus profondità dello strato debole suddivisi per tipologia di frattura.



Tab. 3 - Tabella di contingenza comparante i risultati degli ECT con gli RB per test di stabilità adiacenti.

N=a+b+c+d=652		RB Rutschblock Test	
		Stabile	Instabile
ECT Extended Column Test	Stabile	a - Corretto stabile	b - Mancati (falsi stabili)
		422	79
	Instabile	c - Falsi allarmi (falsi instabili)	d - Centrati (corretti instabili)
		75	76
		64,72%	12,12%
		11,50%	11,66%

© AINEVA

Tab. 4 - Tabella di analisi di contingenza comparante i risultati degli ECT con gli RB per test di stabilità adiacenti.

	EQUATION	RB vs ECT	RB vs release type	ECT vs release type	Ect vs fracture type
Probability of correct detection	PCD	0,76	0,81	0,78	0,72
Unweighted average accuracy	UAA	0,67	0,68	0,71	0,50
Sensitivity	POD	0,49	0,52	0,52	0,50
False alarm rate	FAR	0,15	0,16	0,10	0,20
True skill score	TSS	0,34	0,36	0,42	0,30
Specificity	PON	0,85	0,84	0,90	0,80
Critical success index	CSI	0,73	0,79	0,74	0,82
Bias	B	1,01	0,91	1,12	0,98
Heidke and Kuipers skill score	KSS	0,75	0,81	0,62	0,72
Odds ratio	OR	5,63	5,44	9,62	4,10
False alarm ratio	FAR	0,16	0,07	0,20	0,18
Probability of false detection	POFD	0,51	0,48	0,48	0,50
Heicke skill score	HSS	0,34	0,28	0,46	0,30
Peirce skill score	PSS	0,34	0,36	0,42	0,30
Clayton skill score	CSS	0,35	0,24	0,51	0,29
Gilbert skill score	GSS	0,21	0,16	0,29	0,18
Odds ratio skill score	Q	0,70	0,69	0,80	0,61

© AINEVA

Per i punteggi = da 25 a 30, i test ECT mostrano la prevalenza della tipologia di distacco: nucleazione della frattura osservata al colpo n ma mancata propagazione della frattura attraverso l'intera colonna al colpo # o #+1 - N; ed in minor numero del tipo propagazione della frattura attraverso l'intera colonna al colpo # o #+1 - P. Per i

punteggi = 31, i test ECT mostrano, com'è ovvio, solo assenza di frattura - X (Fig. 3). Plottando i punteggi dei test ECT e la profondità dello strato fragile è possibile vedere che la frattura si propaga attraverso l'intera colonna durante l'isolamento del blocco (tipo di distacco V) se il livello fragile è a profondità < 50 cm dalla superficie del

manto nevoso. Di norma, la propagazione della frattura attraverso l'intera colonna allo stesso colpo (#) o al colpo successivo (#+1 - tipo di distacco P) se il livello fragile è a profondità < 70 cm dalla superficie del manto nevoso. La nucleazione della frattura osservata allo stesso colpo (#) ma la mancata propagazione della frattura attraverso l'intera colonna al colpo (#) o al successivo (#+1 - tipo di distacco N) non mostra nessun legame diretto con la profondità del livello fragile (Fig. 4).

Seguendo il metodo di Wilkis (1995) abbiamo valutato la prestazione relativa dei test di stabilità applicando le definizioni utilizzate nella tabella di contingenza (Tab. 3), e calcolata utilizzando le formule mostrate nella Tab. 4.

La probabilità d'individuazione corretta (PCD - anche conosciuta come precisione complessiva) per entrambe i test è abbastanza elevata (0,76) ma poiché la banca dati risulta sbilanciata (422 stabili / 76 instabili) la precisione media non ponderata (UAA = 0,67) fornisce una stima molto più imparziale.

La probabilità d'individuazione corretta (PCD) risulta leggermente migliore, considerando il tipo di distacco, per il test RB (0,81) rispetto al test ECT (0,78) ma la precisione media non ponderata (UAA) mostra un rapporto differente (RB=0,68; ECT=0,71). La probabilità d'individuazione corretta (PCD) per il test ECT, considerando il tipo di distacco, è di 0,72 e la precisione media non ponderata (UAA) è 0,50.

La probabilità di falso allarme (POFD) mostra un valore medio (0,51) per entrambe i test, leggermente più basso se si considera il tipo di distacco, 0,48 per entrambe i test RB ed ECT.

La sensibilità (probabilità d'individuazione POD) per entrambe i test è media (0,49) e risulta leggermente superiore alla media (0,52) per entrambe i tipi di test considerando il tipo di distacco, mentre la specificità è molto elevata (probabilità di evento nullo - PON - 0,85) per entrambe i tipi di test ed è ancora leggermente più elevata considerando il tipo di distacco (RB=0,84; ECT=0,90) o più elevata (0,80) considerando il tipo di frattura dell'ECT.

Risultati della seconda banca dati

La prima elaborazione svolta sulla seconda banca dati è stata la TSA per verificare se i livelli critici identificati fossero in correlazione con i test di stabilità eseguiti o no (ECT). I primi risultati non sono stati incoraggianti sia per i livelli fragili individuati ($POD=0,32$ su 38 livelli) sia per la propagazione della frattura ($POD=0,36$ su 88 strati).

La seconda elaborazione svolta sulla stessa banca dati è stata la RTA con risultati leggermente migliori: $POD(1)=0,42$; $POD(0,95)=0,47$; $POD(0,90)=0,48$; $POD(0,80)=0,69$ su 38 livelli fragili individuati e $POD(1)=0,46$; $POD(0,95)=0,50$; $POD(0,90)=0,50$; $POD(0,80)=0,75$ su 88 livelli fragili con propagazione della frattura (Fig. 5).

CONCLUSIONI

Nonostante la consistenza, il campione di popolazione analizzato con la prima banca dati non è sufficientemente ampio (nello spazio e nel tempo) per rappresentare adeguatamente la complessità delle aree dell'Italia.

L'analisi delle relazioni tra i due test di stabilità è complicata da un'elevata variabilità del manto nevoso (se comparato ad altre nazioni) e dalla necessità per alcuni tecnici di acquisire maggiore precisione nell'esecuzione dei test e nella registrazione dei dati. Comunque, questi primi dati suggeriscono che il test ECT potrebbe diventare, dopo un periodo di sperimentazione e di miglioramento delle tecniche di esecuzione dei rilevatori, un eccellente e veloce strumento di ausilio per i previsori valido quanto il test RB. L'analisi effettuata sulla seconda banca dati mostra migliori risultati dell'RTA rispetto alla TSA. L'RTA può essere un buon metodo per eliminare gli errori di misura legati alla soggettività del rilevatore o a leggere differenze nelle metodologie di esecuzione adottate dagli uffici regionali di previsione.

L'analisi della banca dati delle Alpi italiane, secondo Moner et alii (2008), ha migliorato le prestazioni di entrambe i metodi RTA e TSA. Questi risultati indicano come specifici TSA e RTA dovrebbero venir messi a punto per ogni area climatica (Alpi meridionali verso Alpi settentrionali, Pirenei, Urali, ecc.).

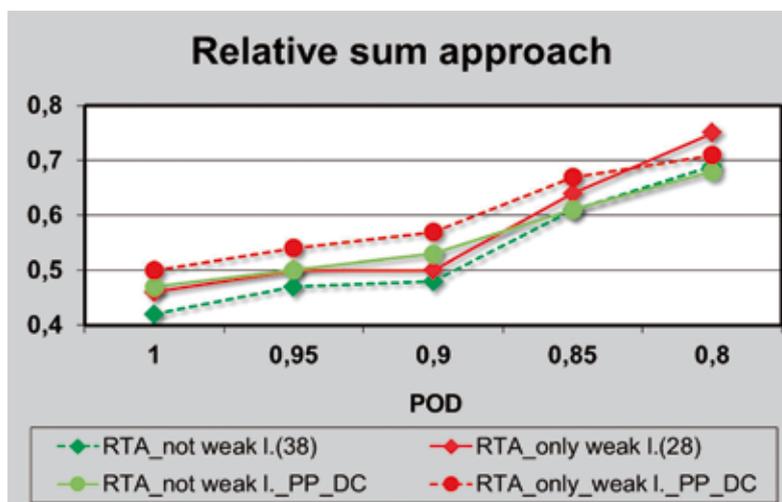


Fig. 5 - POD punteggi dei test ECT versus profondità dello strato debole suddivisi per tipologia di frattura.

Bibliografia

- CAA, 2002, Observation guidelines and recording standards for weather, snowpack and avalanches: Canadian Avalanche Association (CAA), Revelstoke BC, Canada, 78 pp.
- Cagnati, A., 2003, Strumenti di misura e metodi di osservazione nivometeorologici – manuale per i rilevatori dei Servizi di previsione valanghe: AINEVA, [Trento], Italy, 133 pp.
- Föhn, P.M.B., 1987, The Rutschblock as a practical tool for slope stability evaluation: Symposium at Davos 1986 - Avalanche Formation, Movement and Effects, IAHS Publ., 162, International Association of Hydrological Sciences, Wallingford, Oxfordshire, U.K.: 223-228.
- Greene, E. (Editor), 2004, Snow, weather and avalanches - Observational guidelines for avalanche programs in the United States: American Avalanche Association (AAA), Pagosa Springs CO, U.S.A., 136 pp.
- Jamieson, J.B., 1999, The compression test - after 25 years: The Avalanche Review, 18(1): 10-12.
- Jamieson, J.B. and Schweizer, J., 2005, Using a checklist to assess manual snow profiles: Avalanche News, 72: 57-61.
- Jamieson, J.B., Schweizer, J., Haegeli, P., and Campbell, A., 2006, Can stability tests help recreationists assess the local avalanche danger?: Proceedings ISSW 2006, International Snow Science Workshop, Telluride CO, U.S.A., 1-6 October 2006: pag. 1-10.
- Johnson, J.B., and Birkeland, K.W., 1998, Effectively using and interpreting stability tests: International Snow Science Workshop, Sunriver, OR, U.S.A., 5 pp.
- McCammon, I., and Sharaf, 2005, Integrating strength, energy, and structure into stability decisions: The Avalanche Review, 23(3), February, pag. 18-19.
- McCammon, I. and Schweizer, J., 2002, A field method for identifying structural weaknesses in the snowpack. In: J.R. Stevens (Editor), Proceedings ISSW 2002. International Snow Science Workshop, Penticton BC, Canada, 29 September-4 October 2002: 477-481.
- Monti, F., 2008, Modello SNOWPACK: verifica in area Dolomitica e applicazione al sistema di previsione valanghe: BSC Thesis, Università dell'Insubria, Como, 226 pp.
- Monti, F., Cagnati, A., Fierz, C., Lehning, M., Valt, M., Pozzi, A., 2009, Validation of the SNOWPACK model in the Dolomites. In: Schweizer, J., van Herwijnen, A. (Eds.), International Snow Science Workshop ISSW, Davos, Switzerland, 27th September-2nd October 2009. Swiss Federal Institute for Forest, Snow and Landscape Research WSL, pp. 313-317.
- Monti, F., Cagnati, A., Valt, M., Schweizer, J., 2012, A new method for visualizing snow stability profile: Cold Regions Science and Technology, Volume 78, pag. 64-72.
- Schweizer, J., 2002, The Rutschblock test – procedure and application in Switzerland: The Avalanche Review, 20(5): 1, pag. 14-15.
- Schweizer, J., and Jamieson, J.B., 2007, A threshold sum approach to stability evaluation of manual snow profiles: Cold Reg. Sci. Technol., 47(1-2), pag. 50-59.
- Schweizer, J. and Jamieson, J.B., 2010, Snowpack tests for assessing snow-slope instability: Annals of Glaciology, 51(54), pag. 187-194.
- Schweizer, J., McCammon, I., and Jamieson, J.B., 2006, Snow slope stability evaluation using concepts of fracture mechanics: Proceedings ISSW 2006, International Snow Science Workshop, Telluride CO, U.S.A., 1-6 October 2006: pag. 211-218.
- Schweizer, J., McCammon, I., and Jamieson, J.B., 2008, Snowpack observations and fracture concepts for skier-triggering of dry-snow slab avalanches: Cold Reg. Sci. Technol., 51(2-3), pag. 112-121.
- Simenhois, R. and Birkeland K.W., 2006, The extended column test - A field test for fracture initiation and propagation. In: Gleason J.A. (Editor), Proceedings ISSW 2006, International Snow Science Workshop, Telluride CO, U.S.A., 1-6 October 2006: pag. 79-85.
- Simenhois, R. and Birkeland K.W., 2007, An upgrade on the extended column test - New recording standards and additional data analyses: The Avalanche Review, 26(2).
- van Herwijnen, A. and Jamieson B., 2002, Interpreting fracture character in stability tests: International Snow Science Workshop, Penticton, B.C., Canada, 7 pp..
- van Herwijnen, A. and Jamieson B., 2004, More results on fracture characterization in compression tests: Avalanche News, 68, pag. 38-41.
- van Herwijnen, A. and Jamieson B., 2007, Fracture character in compression tests: Cold Reg. Sci. Technol. 47(1-2), pag. 60-68.
- Winkler, K., and Schweizer, J., 2008, Comparison of different snow stability tests including the extended column test: Proceedings ISSW 2008, International Snow Science Workshop, Whistler, B.C., Canada, 21-27 September 2008, pag. 393-400.
- Wilks, D.S., 1995, Statistical methods in the atmospheric sciences: an introduction. Vol. 59, International Geophysics, Academic Press, San Diego CA, U.S.A., 467 pp.

3PCLIM MUTAMENTI CLIMATICI NELLE ALPI

Dati, situazione e prospettive
del clima nell'area alpina fra
Tirolo, Alto Adige e Bellunese

Philipp Tartarotti

Provincia Autonoma di Bolzano -
Alto Adige, Ripartizione
Protezione antincendi e civile,
Servizio Meteorologico -
Ufficio Idrografico, Bolzano
Philipp.Tartarotti@provincia.bz.it

La grande area che va dal Tirolo all'Alto Adige e al Veneto settentrionale presenta una densità di reti di stazioni meteorologiche tra le più alte al mondo, ma, rispetto a molte regioni circostanti, nessuna analisi climatologica attuale delle misurazioni e nessuna sinottica delle trasformazioni climatologiche su scala regionale. L'ultima climatologia del Tirolo e delle aree circostanti risale al 1975 con dati compresi fra il 1931 e il 1960. Ma alla luce dei cambiamenti climatici molte conclusioni di quel lavoro non sono riportabili ai nostri giorni. È nato quindi tre anni fa il progetto Interreg IV Italia-Austria "3PClim" (dove le tre P stanno per passato, presente e prospettive), con l'obiettivo di condurre un lavoro climatologico completo e uniforme che soddisfi le attuali richieste dell'area con Tirolo, Alto Adige e Bellunese, anche grazie ai nuovi metodi di telerilevamento (satelliti, radar, rilevazione dei fulmini) che aprono la via a nuove possibilità di elaborazioni climatologiche. Inoltre sono stati analizzati i cambiamenti climatici nelle prossime decadi. Il progetto, a cui hanno partecipato il Servizio meteo provinciale e gli omologhi di Innsbruck e Arabba, ha elaborato una sorta di atlante del clima con i dati dal 1981 al 2010 e sviluppato prospettive climatiche dal 2026 al 2055 e oltre.



RACCOLTA DATI

In una prima fase del progetto si è proceduto alla raccolta di dati meteorologici sul territorio dell'area alpina. La densità di stazioni è alta in relazione a dati di temperatura e precipitazione. Già per le misurazioni relative alla neve si va incontro a dei limiti mentre la disponibilità di dati sui restanti parametri è piuttosto ridotta. Allo scopo di ottenere una qualità dati eccellente e uniforme, i dati raccolti e parzialmente anche digitalizzati per la prima volta, sono stati sottoposti a un controllo graduale della qualità.

FLUTTUAZIONI E TREND CLIMATICI TRA L'ARLBERG E LE DOLOMITI

Per l'indagine si è fatto ricorso a valori giornalieri omogeneizzati delle temperature, minime e massime, e delle precipitazioni. Il grafico di Fig. 1 mostra l'andamento della temperatura media annua nelle quattro sub-regioni sud-ovest, sud-est, nord-ovest, nord-est.

Il trend è da considerarsi comune alle diverse regioni e alle diverse altitudini, interessando un'area che si estende dal margine alpino settentrionale del Tirolo, oltre la cresta alpina di confine, fino al Veneto. Fino al 1980 prevalgono le flut-

tuazioni di durata approssimativamente decennale con un innalzamento della temperatura di circa 0,1 °C per decade. Questo valore corrisponde essenzialmente al riscaldamento globale. A partire dagli anni Ottanta, la tendenza al riscaldamento aumenta nettamente; nell'ultimo ventennio del secolo l'incremento si aggira tra 0,6 – 1,0 °C (pari a 0,3 – 0,5 °C per decade). Dal 1998 il trend si è leggermente smorzato. Questo effetto "plateau", noto come hiatus, si osserva anche a livello globale (IPCC 2014). Le ragioni del rallentamento sono ancora controverse; in ogni caso pare che a incidere siano le fluttuazioni climatiche di origine naturale associate a una modifica delle correnti marine. Lo scostamento tipico del valore annuo di una stazione dalla media regionale si aggiornerà attorno ai 2 °C.

Accanto all'andamento storico delle temperature si è esaminato anche lo sviluppo delle precipitazioni, visualizzato nella Fig. 2.

Le precipitazioni che ricadono sull'arco alpino sono causate principalmente da sistemi meteorologici a grande scala (fronti), oltre che da eventi convettivi a piccola scala nella stagione calda.

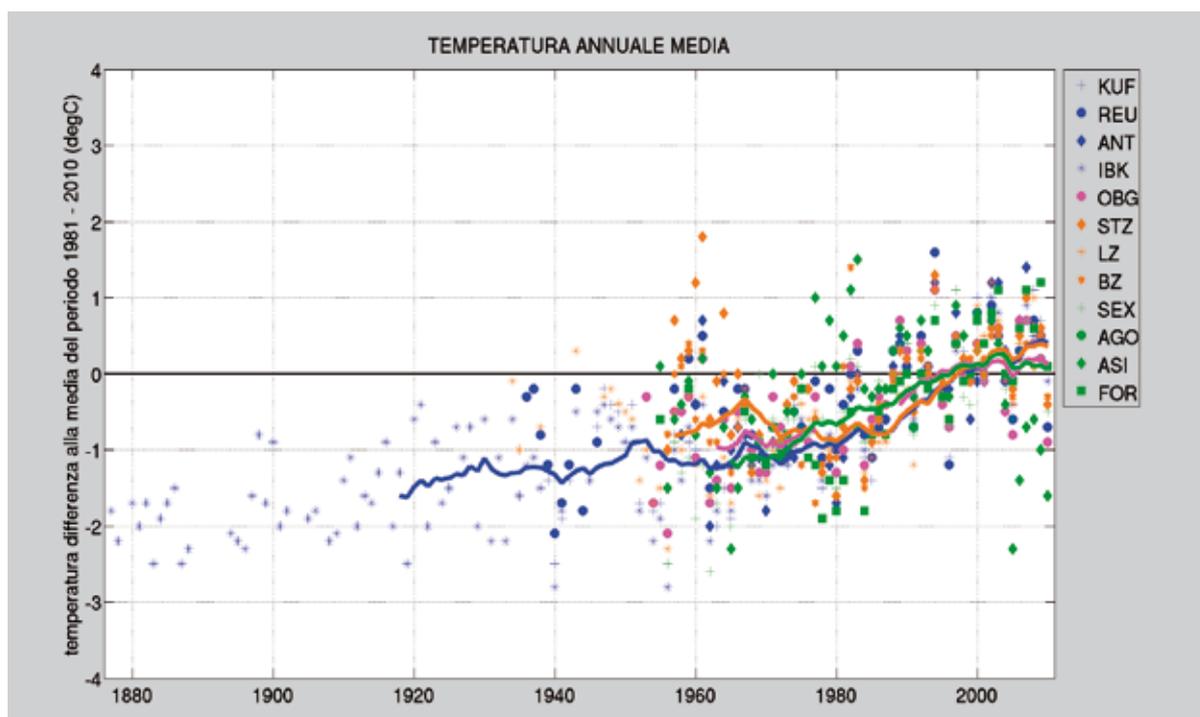
Diversamente da quanto visto per le temperature, per le precipitazioni non si evidenziano tendenze di sorta.

IL CLIMA NELL'AREA DEL PROGETTO

Per descrivere il clima recente dell'area alpina, sono state create diverse mappe climatiche. Come esempio viene riportata la somma media delle precipitazioni annue, mostrata in Fig. 3.

Con l'innalzamento delle masse d'aria umida lungo le catene montuose sono generate precipitazioni di Stau nettamente più intense sul versante montano esposto al vento, soprattutto sul margine alpino, lasciando l'aria più secca sul lato sottovento (Föhn), specie nelle vallate intralpine. Le Alpi calcaree settentrionali ricevono dunque elevate precipitazioni dalle correnti nordoccidentali, proprio come le Alpi meridionali le ricevono dalle correnti meridionali. L'esempio più drastico è dato dal dislivello improvviso che si incontra fra le Alpi dell'Allgäu (2800 m circa), dove si registrano le cumulate medie annue più alte della regione, e la valle dell'alto Inn (circa 700 mm). Sulle Dolomiti il passaggio è molto più morbido. La valle più asciutta della regione, inserita nel cuore delle Alpi, è la Val Venosta (530 mm). Lungo la cresta alpina di confine le precipitazioni variano notevolmente fra gli Alti Tauri, che ricevono molte precipitazioni sia da nord che da sud, e le Alpi Venoste di Levante, più secche.

Fig. 1 - Scostamento della temperatura media annua dalla singola media climatica nell'intervallo 1981 - 2010. I valori delle singole stazioni sono contrassegnati da simboli specificati nella legenda, mentre i colori rappresentano le subregioni (nordoccidentale in azzurro, sudoccidentale in arancio, sudorientale in verde e alpina d'alta quota in magenta). Le linee continue mostrano la media mobile sull'arco di 11 anni. Stazioni: KUF: Kufstein, REU: Reutte, ANT: St. Anton; IBK: Innsbruck; OBG: Obergurgl; STZ: Vipiteno, LZ: Lienz, BZ: Bolzano; SEX: Sesto, AGO: Agordo, ASI: Asiago, FOR: Fortogna.



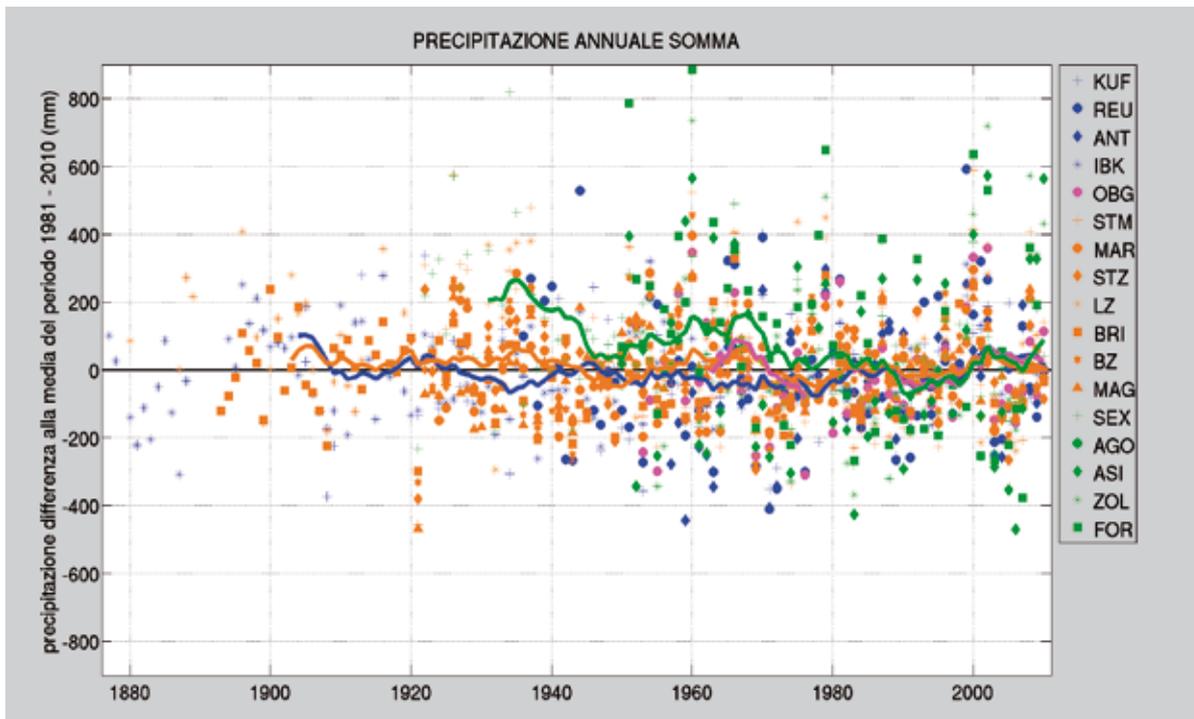


Fig. 2 - Scostamento della somma delle precipitazioni annue dalla singola media climatica nell'intervallo 1981 - 2010. I valori delle singole stazioni sono contrassegnati da simboli specificati nella legenda, mentre i colori rappresentano le subregioni (nordoccidentale in azzurro, sudoccidentale in arancio, sudorientale in verde e alpina d'alta quota in magenta). Le linee continue mostrano la media mobile sull'arco di 11 anni. Stazioni: KUF: Kufstein, REU: Reutte, ANT: St. Anton, IBK: Innsbruck; OBG: Oberurgli; STM: S. Martino in Passiria, MAR: Monte Maria, STZ: Vipiteno, LZ: Lienz, BRI: Bressanone, BZ: Bolzano, MAG: S. Maddalena di Casies; SEX: Sesto, AGO: Agordo, ASI: Asiago, ZOL: Campo di Zoldo, FOR: Fortogna.

La cumulata media annua è di 1300 mm nella media areale dell'intera regione di indagine.

GHIACCIAI: INDICATORI DEI CAMBIAMENTI CLIMATICI

I ghiacciai montani sono indicatori sensibili dei cambiamenti climatici: risentono, in particolare, delle variazioni termiche nella stagione del disgelo e delle precipitazioni in forma nevosa.

Nelle tre regioni del Tirolo, Alto Adige e Dolomiti, l'area complessivamente coperta dai ghiacciai montani è di 411,57 km². La distribuzione e dimensione dei ghiacciai presenti nelle tre regioni riflettono le condizioni climatiche esistenti in zona e la topografia dei rilievi montani: nelle zone soggette a forti precipitazioni invernali, i ghiacciai tendono a raggiungere dimensioni maggiori, spingendosi anche più a valle e localizzandosi ad altitudini minori rispetto alle aree con precipitazioni invernali meno copiose (Abermann et al., 2011). Le diverse tipologie di ghiacciai risentono variamente dei cambiamenti climatici. I piccoli ghiacciai di circo formati in zone all'ombra e a notevoli altitudini subiscono attualmente meno cambiamenti rispetto ai grandi ghiacciai vallivi.

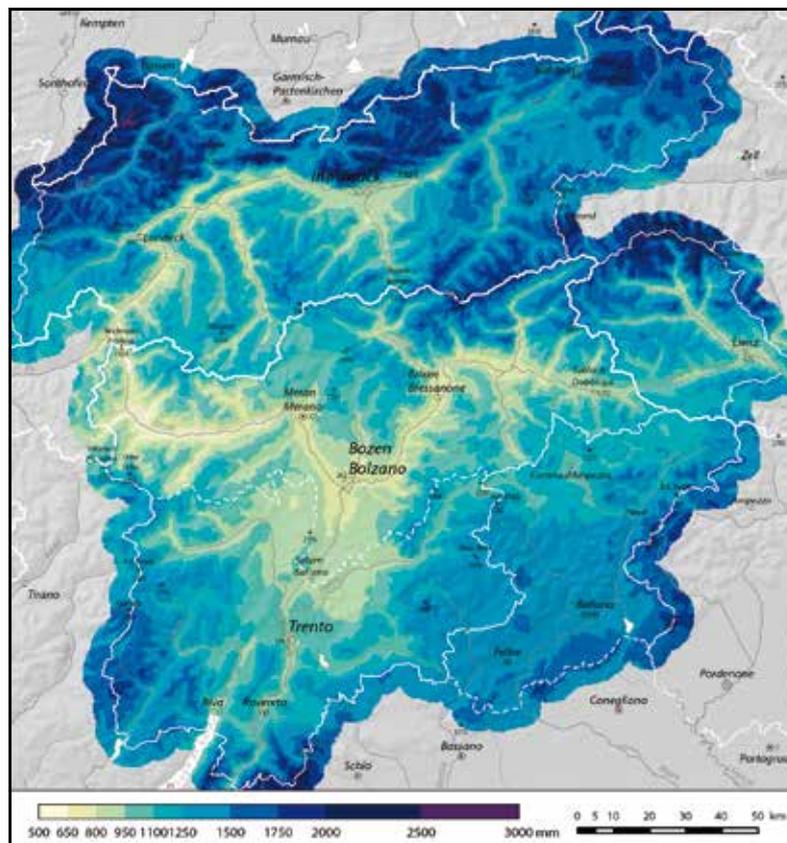


Fig. 3 - Cumulata media delle precipitazioni annue.

L'adattamento dei diversi tipi di ghiaccio alle nuove condizioni climatiche non avviene in contemporanea (Abermann et al., 2009). Malgrado due periodi di avanzamento, i ghiacciai presenti nelle tre regioni risultano in generale ritiro a partire dalla Piccola Era Glaciale, con bilanci di massa che negli ultimi decenni sono sempre più in negativo (Fig. 4).

I parametri climatici responsabili di queste reazioni sono dati dalla temperatura regnante nella stagione di ablazione (da maggio a settembre) e dalle precipitazioni nevose cadute durante la stagione di accumulazione (da ottobre ad aprile). Sul margine settentrionale delle Alpi, l'avanzata dei ghiacciai negli anni Ottanta fu favorita anche da un aumento delle

precipitazioni invernali, dato che si riflette nelle differenze regionali riscontrabili nella durata di queste fasi di avanzamento.

IL FUTURO DEL CLIMA

Per evidenziare tendenze e variazioni climatiche probabili nei prossimi secoli, si è

simulato il clima futuro con un modello regionale (COSMO, Climate Limited-area Model).

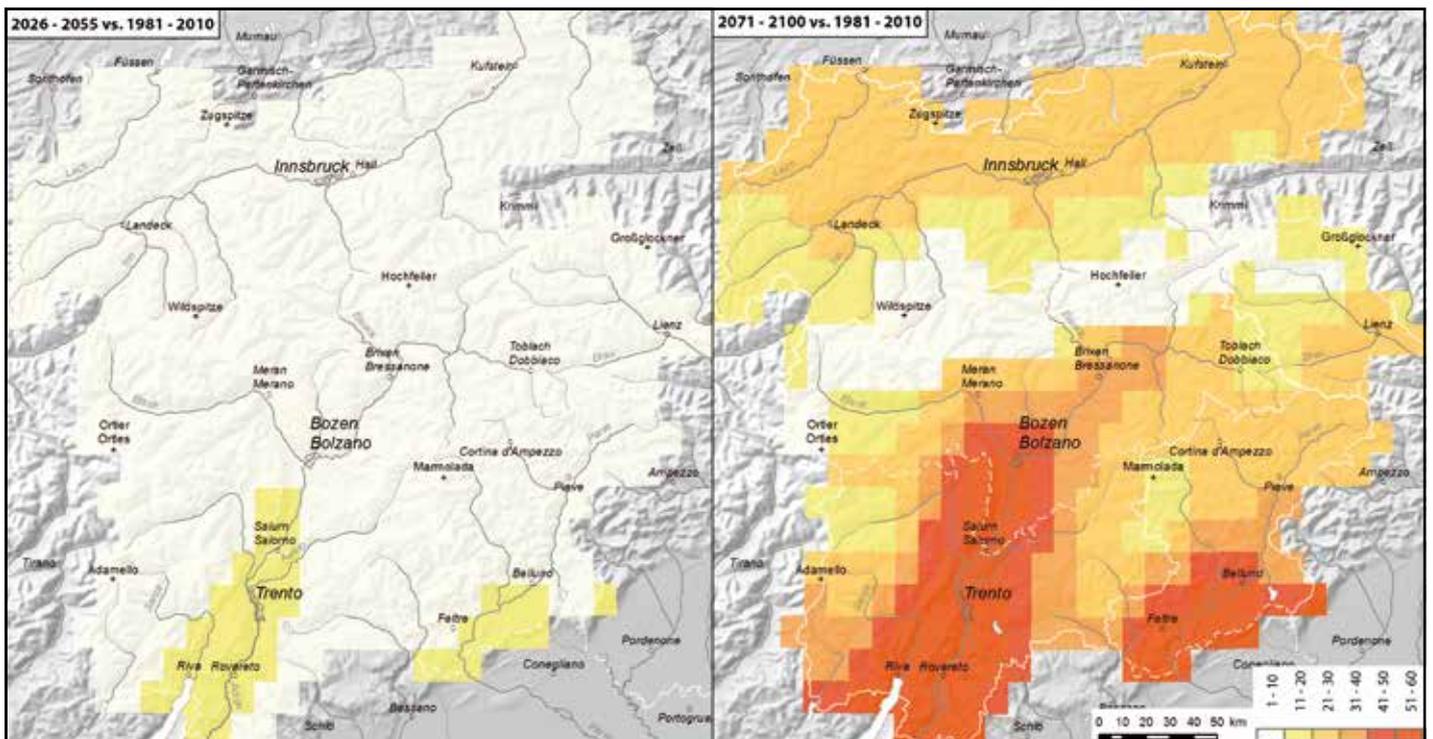
I risultati mostrano, che l'aumento termico globale si ripercuote anche sull'intera regione con variazioni previste della temperatura molto simili su ampie aree.

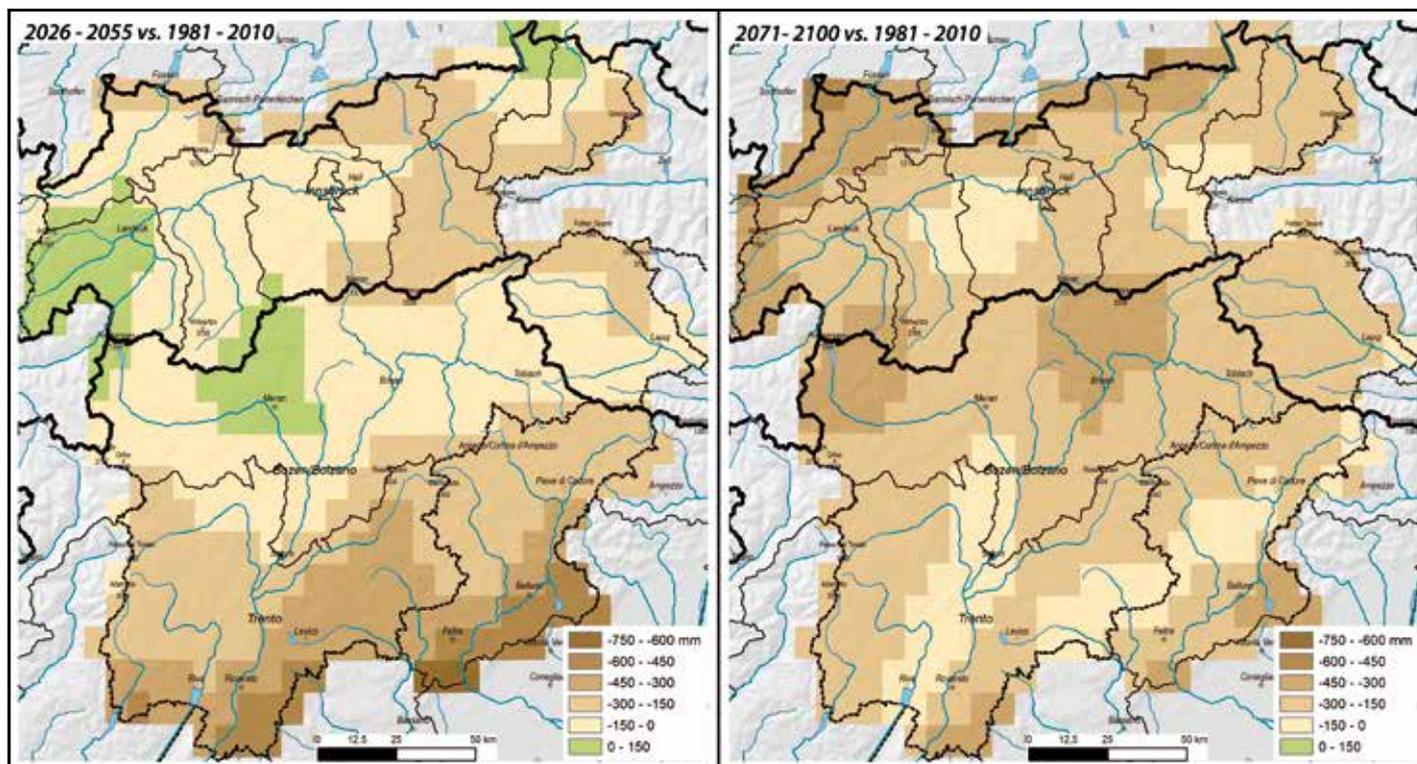
Ciò significa che le temperature nella regione di indagine tenderanno quasi uniformemente a crescere, prima lentamente, di circa 1,5 °C rispetto al livello odierno, fino al periodo compreso fra il 2026 e il 2055, e poi di circa 3,8 °C fino alla fine del secolo. Le variazioni termiche

Fig. 4 - Variazione di altitudine areale del ghiacciaio della Marmolada fra il 1875 e il 2007.



Fig. 5 - Variazioni della media dei giorni estivi (massima giornaliera ≥ 25 °C) previste nel modello relativo ai periodi 2026 - 2055 e 2071 - 2100 a confronto con il periodo 1981 - 2010.





previste per la regione si muovono dunque in un quadro analogo a quello previsto per la temperatura media globale. A seconda dei diversi scenari di emissione, stando alle valutazioni IPCC (AR5 2013) è da ipotizzare a livello globale un aumento della temperatura da 1 a 2 °C entro la metà del secolo e di 1,5 - 4 °C per la fine del secolo. La previsione si spiega con le maggiori variazioni termiche che interessano le superfici terrestri rispetto a quelle oceaniche che confluiscono nel calcolo della temperatura media globale. In Fig. 5 sono illustrati le variazioni previste dei giorni estivi.

I calcoli delle precipitazioni nelle decadi a venire mostrano un forte grado di incertezza. Le proiezioni climatiche segnalano tendenze, ma tutte le conclusioni qui vanno fatte rientrare nella categoria di "incertezza".

Come emerge in Fig. 6, la cumulata annua media dovrebbe tendere a ridursi, secondo il modello, nel corso del secolo. Dapprima in misura lieve, fino al periodo 2026 - 2055, e poi in maniera più marcata fino al 2071 - 2100. Per la fine di questo secolo scenderanno annualmente fra i 160 e i 180 mm di pioggia in meno, con cali lievemente più marcati a nord e sulla cresta alpina di confine.



In conseguenza delle più frequenti perturbazioni da ovest, le precipitazioni invernali tenderanno probabilmente a crescere in misura lieve, mentre le estati saranno più asciutte per la maggiore frequenza di situazioni di alta pressione (Haslinger et al. 2015).

Tutti i risultati del progetto sono disponibili sul sito web www.clima-alpino.eu.

Fig. 6 - Variazioni della media di cumulate annue previste nel modello per i periodi 2026 - 2055 e 2071 - 2100 a confronto con il periodo 1981 - 2010.

Bibliografia

- Abermann J, Lambrecht A, Fischer A, Kuhn M (2009): Quantifying changes and trends in glacier area and volume in the Austrian Otztal Alps (1969-1997-2006), *The Cryosphere* 3, 205-215
- Abermann J, Kuhn M, A Fischer (2011): Climatic controls of glacier distribution and changes in Austria. *Annals of Glaciology* 52/59, 83-90.
- Haslinger K., Schoner W., Anders I. (2015): Future drought probabilities in the Greater Alpine Region based on COSMO-CLM experiments – spatial patterns and driving forces. *Meteorologische Zeitschrift*
- IPCC 2014, *Climate Change 2014: Synthesis report*, Intergovernmental Panel on Climate Change, 27th October – 1st November 2014, Copenhagen

CUMULO NEVOSO STAGIONALE sul GHIACCIAIO dello STELVIO 10 ANNI DI RILEVAMENTI

**Alfredo Praolini,
Eraldo Meraldi,
Flavio Berbenni**
Centro Nivometeorologico
ARPA Lombardia - Bormio
a.praolini@arpalombardia.it

Negli ultimi dieci anni i nivologi e previsori del Centro Nivometeorologico di ARPA Lombardia (CNM) hanno effettuato, con sistematica periodicità estiva, rilevamenti sul Ghiacciaio dello Stelvio (So) in particolare al fine di attingere informazioni per la stabilità del manto nevoso in quota nei mesi estivi, dati che risultano molto utili per la redazione del Bollettino Neve e Valanghe. Ciò ha permesso di acquisire puntuali registrazioni di altezza del manto nevoso su quattro capisaldi del Ghiacciaio dello Stelvio posti oltre i 3000 metri di quota.

E' ben nota l'importanza internazionale che riveste la risorsa nivale sul Ghiacciaio dello Stelvio in quanto è presente, dal 1930, una significativa frequentazione rivolta all'attività sciistica di tipo turistico nei mesi estivi. Dagli anni '80-'90 è area di allenamento per professionisti nelle discipline invernali di sci alpino, snowboard, sci nordico, scialpinismo e slittino per atleti appartenenti ad Associazioni, Sci Club e Federazioni Internazionali.

L'elaborazione dei dati, effettuata a scopo statistico, con risvolti anche di tipo climatologico, mette in risalto il grado di salute "nevosa" in termini di copertura-scopertura del ghiacciaio in periodi ricorrenti, spesso in stretta correlazione alle stagioni invernali più o meno prodighe di apporti nevosi, all'andamento termico dei mesi estivi o alla fusione dovuta alle precipitazioni piovose.

In forza delle puntuali osservazioni estive effettuate, i tecnici del CNM di ARPA Lombardia Bormio, che pur si occupano da quasi trent'anni anche del monitoraggio di apparati glaciali in Alta Valtellina, in collaborazione con il Comitato Glaciologico Lombardo, pur non avendo effettuato misurazioni circa l'ablazione sul Ghiacciaio dello Stelvio, stimano dalle puntuali osservazioni dovute alla frequente presenza che, anche in questo bacino, sia in atto una perdita di spessore (25-30 m) e di massa glaciale associabile a quanto parallelamente si sta verificando sul Ghiaccio del M. Sobretta in Valfurva, altro ghiacciaio da loro tenuto sotto controllo nei mesi estivi e, questo in particolare, attraverso metodologie di lavoro tecnologicamente all'avanguardia.



Le valanghe che si staccano dal M. Cristallo alimentano la parte sommitale della Vedretta dei Vitelli.



Il Punto denominato Sasso Rotondo alla base del versante Ovest della Punta degli Spiriti. Dal 2005 vengono effettuati rilievi stratigrafici del manto nevoso.



INTRODUZIONE

Nelle aree più elevate della catena alpina, dove le montagne superano i 3000 m di quota, i ghiacciai rappresentano una delle principali componenti del paesaggio. Essi rivestono una notevole importanza sotto l'aspetto idrologico: durante la stagione invernale (ottobre-maggio), con variazioni anche significative a seconda dell'annata, il ghiacciaio provvede ad accumulare massa grazie alle precipitazioni meteoriche, in questa fase a prevalente carattere nevoso, ed alle valanghe che si staccano dai versanti scoscesi che lo sovrastano.

Tali accumuli a cui si aggiungono quote di ghiaccio e di residui nevosi degli anni precedenti (*firn*), subiscono la trasformazione allo stato liquido, in misura parziale o completa, nel momento in cui sono sottoposti alle elevate temperature estive. Accanto alle caratteristiche ambientali, spesso i ghiacciai assumono anche una importante valenza turistica, come nel caso in studio del Ghiacciaio dello Stelvio. Sul ghiacciaio nei mesi estivi è infatti presente, dal 1930, una frequentazione rivolta all'attività sciistica di tipo turistico. Dagli anni '80, in particolare, prevale un'attività improntata alla preparazione atletico-sportiva a livello professionistico di utenti appartenenti ad Associazioni, Sci Club e Federazioni Internazionali degli Sport Invernali, nelle discipline dello sci alpino, snowboard, sci nordico, scialpinismo e, non da ultimo, slittino.

INQUADRAMENTO GEOGRAFICO

Il Ghiacciaio dello Stelvio ben rappresenta molteplici peculiarità ambientali e, nella fattispecie, le porzioni di ghiacciaio prese in esame, denominate Vedretta Piana e Vedretta dei Vitelli, sono per lo più sfruttate per la pratica di attività sportive. Le vedrette interessano il plateau che dal Monte Livrio si espande verso Sud, con pendenze medie piuttosto ridotte, fino a raggiungere le pendici Nord-occidentali della Punta degli Spiriti occupando la testata della Valle dei Vitelli.

A Est il Ghiacciaio dello Stelvio si espande

sino alla zona di confluenza con la parte occidentale della Vedretta del Madaccio, che scende lungo il versante altoatesino.

INNEVAMENTO DEL GHIACCIAIO DELLO STELVIO

I punti di rilevamento degli spessori del manto nevoso sono disposti da Nord a Sud, appena al di fuori dei tracciati delle piste da sci.

Il primo approccio alle misure dello spessore del manto nevoso ha riguardato in particolare il punto posto più in quota, denominato Sasso Rotondo a 3.261 m s.l.m., posto alla base del versante Ovest della Punta degli Spiriti ove, dal 2005, si sono iniziati rilievi stratigrafici per la definizione del livello di stabilità del manto nevoso a quote elevate.

Dal 2008 si rileva sistematicamente, in genere ogni 15 giorni da inizio giugno a fine ottobre, anche su punti posti altimetricamente più in basso: Livrio 3.148 m s.l.m., collocato a Ovest del Rifugio omonimo e approssimativamente sulla sua curva di livello; Baracca 3.208 m s.l.m., ove è posizionata una casetta in legno di servizio per gli addetti alle piste da sci; Vitelli 3.236 m s.l.m., alla confluenza della valle omonima.

Al fine di una omogeneizzazione dei dati da elaborare a scopo statistico, si è proceduto ad una mediazione e successiva interpolazione lineare dei valori misurati in campo assumendo come periodo di riferimento una cadenza quindicinale; pertanto sono state individuate, quali date rappresentative, la metà e la fine del mese.

Come viene evidenziato dai grafici di Fig. 1 a,b,c,d, emergono alcune importanti considerazioni:

- mediamente a inizio stagione estiva l'accumulo sui 4 punti di rilievo si aggira intorno a 300 cm, ad esclusione del punto Livrio, con poco più di 200 cm, che trovandosi ad essere posto a quota leggermente inferiore è anche il più esposto ad erosione in concomitanza di significativa attività eolica;
- a fine periodo si denota una fase di nuo-

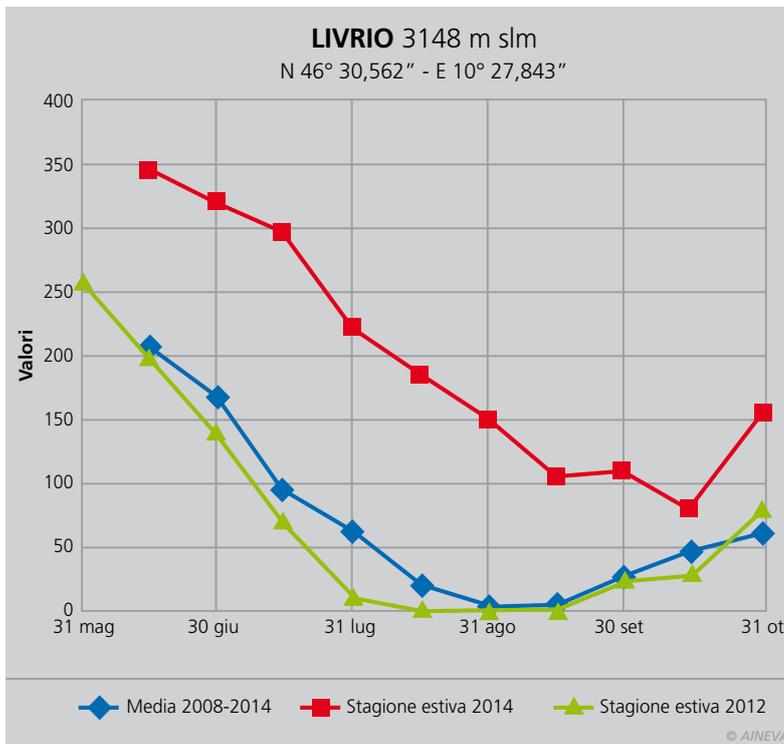


Fig. 1a

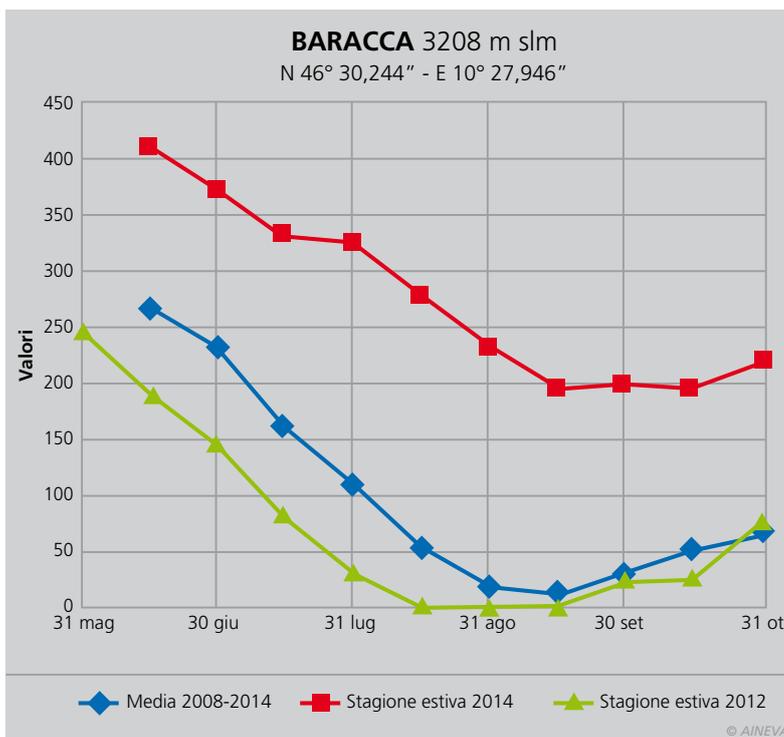


Fig. 1b

- vo accumulo autunnale compreso fra i 50 e i 100 cm Fig. 2 (profilo 5 ottobre 2005);
- In genere, in corrispondenza dell'ultima decade di luglio fino alla metà di settembre, si assiste al periodo con presenza minima di copertura nevosa su tutti i punti del ghiacciaio;
- interessante notare che il progressivo decremento dello spessore della neve al suolo relativo nell'estate 2012 è piut-

tosto allineato all'andamento della media decennale tuttavia, durante questa estate, si registra, per l'unica volta, la completa scomparsa della copertura nevosa a tutte le quote interessate dai rilievi superando anche i 3300 m di quota;

- la stagione 2014, prodiga di neve durante l'inverno, presenta un elevato spessore di accumulo nevoso, variabile da 300 a oltre 500 cm, che si è conservato abbondantemente anche

Fig. 1c

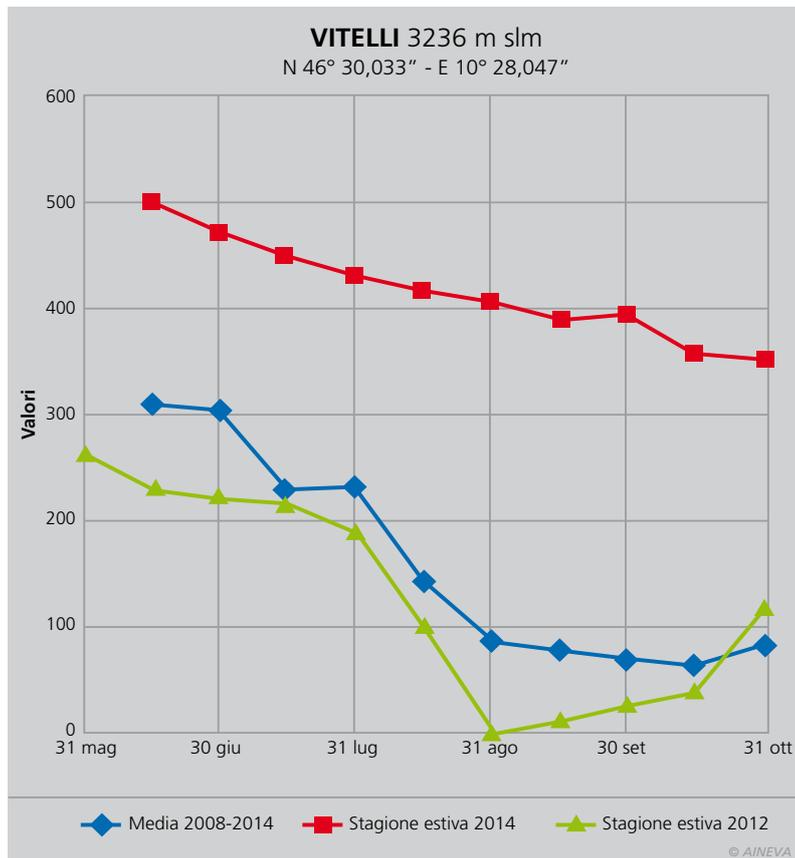
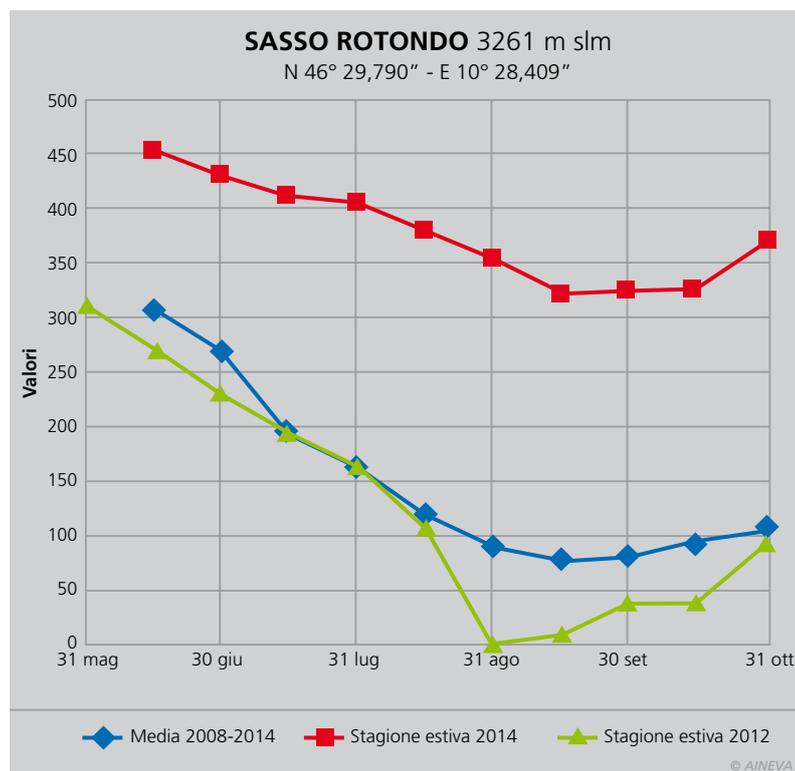


Fig. 1d



nel periodo più sfavorevole (luglio/settembre), ed ha contribuito a chiudere positivamente la stagione estiva con spessori ancora alquanto considerevoli. Dal punto di vista della strutturazione del manto nevoso, a inizio stagione si registra la presenza di strati di tipo invernale

nella parti basali e intermedie, ma la superficie tende già ad essere caratterizzata da croste da rigelo Fig. 3 (profilo del 24 maggio 2012); successivamente, il graduale rialzo termico, dovuto alla massima incidenza solare ed alle ore di insolazione prolungate, determina condizioni di

isotermia nell'intero manto nevoso, con progressiva compattazione degli strati ed elevati tassi di umidità.

In occasione di eventi perturbati, considerate le quote, nella maggior parte dei casi si registrano depositi nevosi, talvolta a carattere di grandine, che rivestono un'importante funzione protettiva anche se di ridotto spessore.

In caso di flussi perturbati di matrice africana è spesso riscontrabile la deposizione sul manto nevoso di sabbia del deserto Fig. 4 (profilo 28 agosto 2014) che rappresenta un elemento sfavorevole in quanto, caratterizzandone la superficie con una colorazione rossastra e assorbendo di conseguenza radiazione solare, ne accelera la fusione.

In concomitanza di forti precipitazioni piovose si verifica peraltro anche un'importante azione erosiva e di fusione nivo-glaciale.

Con l'irraggiamento notturno, anche in relazione alla quota dello Zero Termico, in genere si evidenzia la formazione di croste portanti che, a causa della mediocre acclività, si indeboliscono lentamente con il sorgere del sole; nel periodo di maggior incidenza solare (tra la fine di luglio ed il mese di agosto) si registra un più rapido indebolimento del manto nevoso, in particolare dalle ore centrali della giornata, pertanto è ricorrente la chiusura degli impianti di risalita per impraticabilità delle piste da sci.

In caso di bruschi e prolungati abbassamenti termici la presenza di acqua da fusione e percolazione determina frequentemente la formazione di croste di ghiaccio, frapposte internamente agli strati, che proteggono in modo efficace l'ablazione della neve sottostante (profilo 28 agosto 2014).

ANDAMENTO TERMICO

Uno dei principali parametri meteorologici che influenzano l'evoluzione dello spessore del manto nevoso è certamente l'andamento delle temperature.

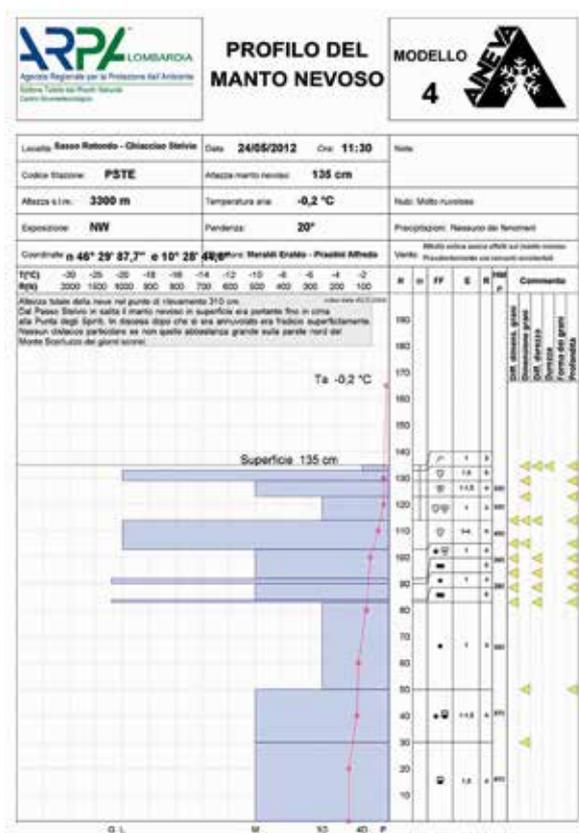
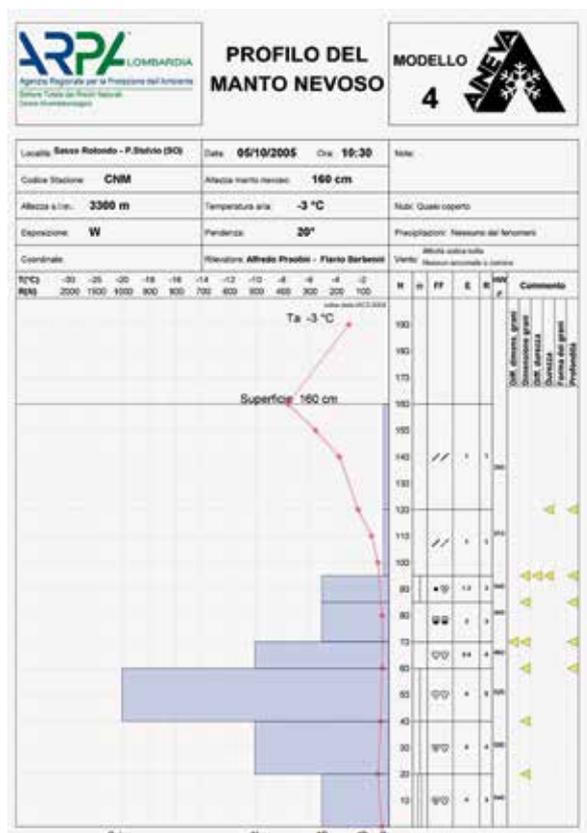
Per monitorare questo aspetto e la conseguente ripercussione sul Ghiacciaio dello

Stelvio, da oltre una decina di anni è stata posta in loco, al di sotto della Nagler (2900 m s.l.m.) da parte dell' Università dell'Insubria, una stazione di rilevamento automatica che registra e trasmette dati nivometeorologici.

Sulla base di questa è stata calcolata una media mensile per il periodo 2005-2013 Fig. 5, in cui emerge il picco massimo in corrispondenza del mese di luglio, a cui fa seguito il progressivo decremento. Interessante mettere in evidenza che la curva delle temperature inerenti la stagione estiva 2012 fa registrare nei mesi di giugno e luglio valori ben più elevati rispetto alle medie di riferimento del decennio considerato. Le temperature medie giornaliere, già elevate fin dai primi giorni di giugno, si sono mantenute positive per quasi 60 giorni consecutivi, facendo peraltro registrare i massimi valori medi giornalieri con un picco di +12,07 °C il 20 luglio 2012. L'elevato riscaldamento e la numerosa frequenza di giornate caratterizzate da precipitazioni piovose giustificano la drastica riduzione del manto nevoso già a partire dai primi di giugno, molto evidente in particolare sul grafico del punto di rilevamento Livrio, che ha

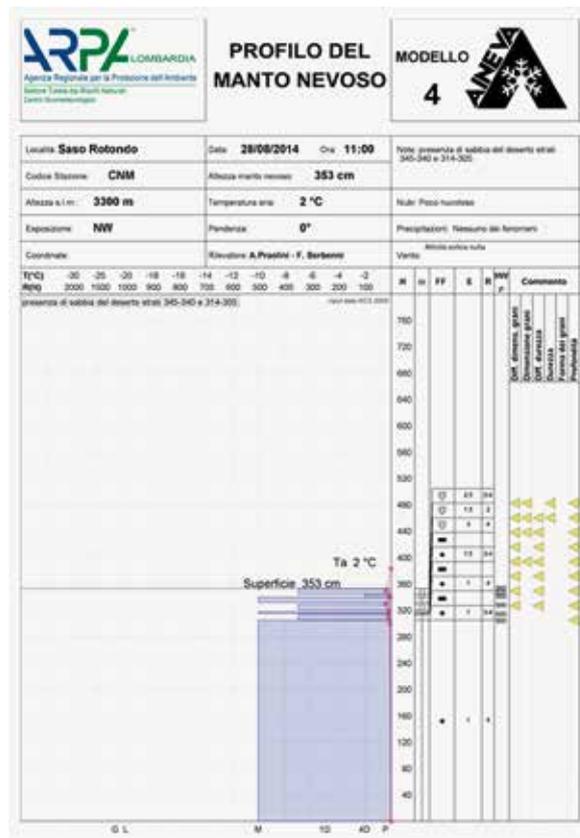


Esecuzione di un profilo stratigrafico presso Sasso Rotondo a inizio estate; si noti l'abbondante spessore.



Da sinistra: Fig. 2 - Profilo del 5.10.2005. Sul manto nevoso residuo della stagione invernale 2004, si depositano nuovi ed importanti spessori di neve fresca.

Fig. 3 - Profilo del 24.05.2012. Negli strati intermedi e basali sono presenti cristalli di tipo invernale.

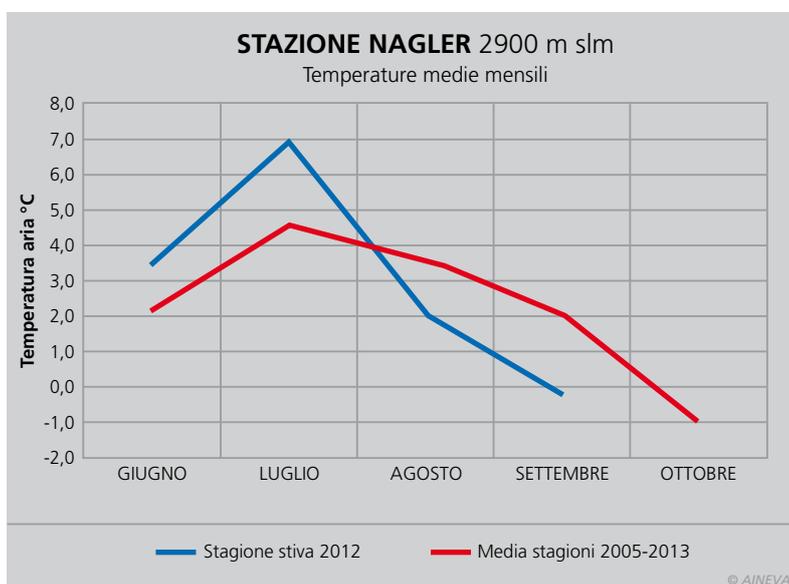


Panoramiche del ghiacciaio durante l'estate del 2012.

Sopra, a destra: Fig. 4 - Profilo del 28.08.2014. Tra 345-340 cm e 314-305 cm sono presenti particelle di sabbia del deserto.



Fig. 5 - Grafici di temperatura stagionale della Stazione dell'Università dell'Insubria, posta a 2900 m al di sotto della Stazione Nagler.



portato alla completa scomparsa della risorsa nivale già da fine luglio alle quote più basse, interessando successivamente anche pendii posti oltre i 3300 m.

CONCLUSIONI

La mancanza di posizionamento di paline ablatometriche, installate i primi anni di rilevamento e in seguito rimosse perché di disturbo alle attività di battitura delle piste, peraltro spesso spezzate in quanto non visibili, non ha permesso un vero e proprio monitoraggio circa l'ablazione glaciale in atto anche su questo apparato. Dalle stime ed osservazioni puntualmente svolte dai tecnici del CNM di Bormio è comunque possibile ipotizzare una stretta correlazione con la situazione riscontrata sul Ghiacciaio Alpe Sud del M. Sobretta (Valfurva) Fig. 6, posto a quote medesime ed esposizioni molto simili.

Si può pertanto stimare una perdita media di spessore glaciale di 25-30 m negli ultimi 20 anni, tant'è vero che i profondi crepacci che caratterizzavano la Vedretta Piana negli anni 80'-90' si sono notevolmente ridotti.

Per correre ai ripari e riuscire a mantenere in servizio la sciovia, che tutti i giorni dal

Livrio porta centinaia di sciatori sulle pendici più elevate, in queste ultime stagioni la Società Impianti ha dovuto far ricorso alla copertura dei basamenti dei pali con teli geotessili per garantire la presenza di una quantità sufficiente di neve che preservi il ghiaccio sottostante in cui sono ancorati i pali stessi.

Nella speranza di non assistere in tempi brevi ad un assetto paesaggistico profondamente modificato, che ha fatto del Ghiacciaio dello Stelvio una delle mete turistiche e sciistiche tra le più note dell'arco alpino, è da augurarsi che:

- le prossime stagioni invernali siano caratterizzate da significativi apporti nevosi, superiori alle medie sinora registrate, non considerando il 2014 in quanto può essere positivamente definito anomalo;
- si verifichino, con una certa costanza, precipitazioni nevose anche durante la stagione estiva, perché queste hanno una grande funzione di restituzione di energia solare e termica verso l'atmosfera, oltre ad attenuare l'apporto termico diretto esercitato da parte delle superfici rocciose, sempre più emergenti, che contornano le vedrette.

L'attuale fase climatica caratterizzata da un aumento della temperatura globale e di un trend accentuato della fase di deglaciazione in atto, nel caso in studio non sembra così riscontrabile per quanto concerne la copertura nevosa,

La stagione invernale 2014-2015, dalle stazioni di contorno e dai rilievi effettuati in quota, al momento fa stimare un accumulo nevoso al di sotto della media quarantennale (dati rilevati nella stazione di Bormio 2000) quindi con proiezioni poco rosee per l'estate entrante. Tuttavia, l'abbondante spessore di manto nevoso residuo della scorsa stagione potrebbe garantire agevolmente la costante copertura della Vedretta Piana per tutta l'estate 2015.

L'evoluzione glaciale in atto, anche nel caso del Ghiacciaio dello Stelvio, è stimolo per riflettere approfonditamente sulle cause che ne stanno compromettendo l'esistenza.



Rilievi dell'altezza del manto nevoso presso il punto denominato Vitelli.



In primo piano si evidenzia la presenza di cristalli di grandine.

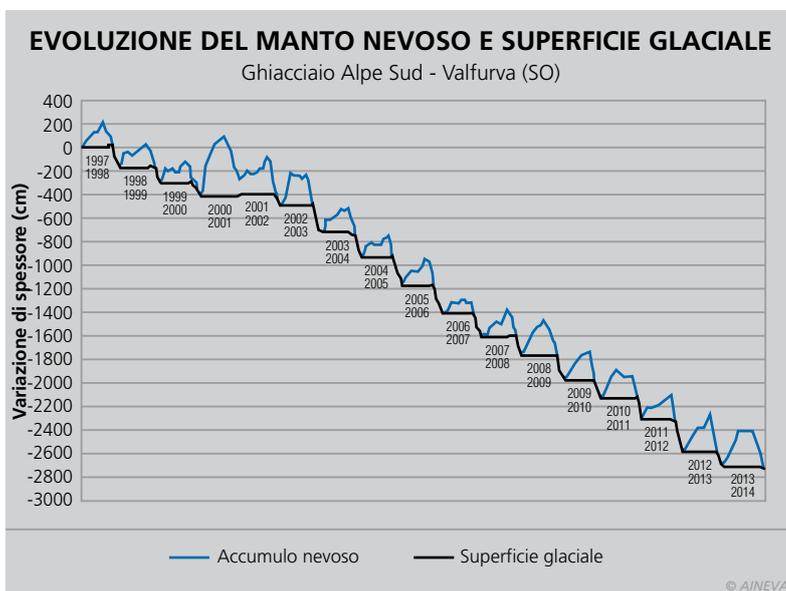


Fig. 6 - Andamento del profilo del Ghiacciaio Alpe Sud del M. Sobretta, in cui è molto evidente la perdita di spessore negli ultimi anni.

RINGRAZIAMENTI

Mauro Guglielmin, Università dell'Insubria, per la disponibilità dei dati di temperatura sulla stazione nivo-glaciologica automatica della Nagler; Matteo Fioletti per l'aggiornamento dei dati sul Ghiacciaio del M. Sobretta; Michele Praolini per l'elaborazione dei grafici del manto nevoso e la revisione scientifica del testo.

Bibliografia

- G. Catasta: "I ghiacciai della Lombardia - Evoluzione e attualità" Serv. Glaciologico Lombardo ed. HOEPLI 2012.
- M. Rossi, M. Belò, M. Fioletti, L. Bonetti: "Stima volumetrica del Ghiacciaio di Alpe Sud - Tramite misure Ground Penetrating Radar r rilievi GNSS" - Neve e Valanghe n. 80.
- R. Bonanno, C. Ronchi, B. Cagnazzi, A. Provenzale: "L'impatto del cambiamento climatico sui ghiacciai alpini del NW italiano" - Neve e Valanghe n. 76.



Associazione Interregionale di Coordinamento e Documentazione per i Problemi Inerenti alla Neve e alle Valanghe

PREMIO "PAOLO VALENTINI" OTTAVA EDIZIONE (2015)

L'AINEVA - Associazione Interregionale di Coordinamento e Documentazione per i Problemi Inerenti alla Neve e alle Valanghe, in memoria dell'Ing. Paolo Valentini, attivo collaboratore sin dalla fondazione, istituisce il Premio "Paolo Valentini" ottava edizione (2015) a favore di studi, tesi di laurea e altre iniziative inerenti alle problematiche oggetto dell'attività dell'Associazione, quale si evince dall'articolo 3 dello Statuto.

Art. 3 dello STATUTO AINEVA: L'Associazione si propone di garantire il coordinamento delle azioni e delle iniziative che gli Enti associati svolgono in materia di prevenzione e studi inerenti alla neve e alle valanghe. Essa, in particolare, ha lo scopo di: a) promuovere lo scambio di informazioni, notizie, dati concernenti la neve e le valanghe; b) favorire l'adozione di mezzi e strumenti di informazione uniformi,

anche nel campo del trattamento elettronico dei dati; c) promuovere la sperimentazione di mezzi ed attrezzature nello specifico settore; d) curare e diffondere pubblicazioni sulle materie oggetto di studi; e) curare l'aggiornamento e l'informazione dei tecnici del settore.

Il bando di selezione per il premio "Paolo Valentini" si rivolge a coloro che abbiano conseguito da non più di due anni il titolo di dottorato di ricerca, laurea magistrale e/o laurea triennale presso un'università italiana od europea, senza limitazioni di età o cittadinanza al momento della scadenza del bando, e che abbiano orientato i loro lavori di tesi nel campo delle problematiche oggetto dell'attività dell'Associazione. Ogni candidato potrà presentare una sola domanda e per una sola sezione alla selezione per l'assegnazione del Premio: sezione tesi di dottorato di ricerca, sezione tesi di laurea magistrale e sezione tesi di laurea triennale.

Copia del regolamento del bando è reperibile al link: www.aineva.it/notizie/premiovalentini.htm



UN'AZIONE COST SUL MONITORAGGIO DELLA NEVE

Nell'autunno del 2014 è stata approvata dalla EC un'azione COST, della durata di 4 anni, che riguarda l'armonizzazione dei metodi di monitoraggio e caratterizzazione della neve (prevalentemente terrestre) ed i suoi benefici per i modelli climatici, idrologici e di previsione meteo (*Action ES1404 - HarmoSnow - A European network for a harmonised monitoring of snow for the benefit of climate change scenarios, hydrology and numerical weather prediction*).

L'azione, guidata da un ricercatore finlandese (Dr. Ali Nadir Arslan), vede la partecipazione di 24 paesi Europei tra cui anche l'Italia.

A seguito del processo di selezione, il MIUR ha provveduto a nominare il Dr. Giovanni Macelloni del CNR-IFAC e il Prof. Mauro Guglielmin dell'Università dell'Insubria quali rappresentanti nazionali nel *Management Committee* (MC) organismo che ha il compito di svolgere le attività gestionali e scientifiche previste dall'azione.

Com'è noto, le azioni COST non prevedono dei supporti alla ricerca ma all'organizzazione di meeting, workshop, conferenze e, in generale, ad attività di coordinamento. Inoltre, nell'ambito delle attività COST, è possibile co-finanziare viaggi brevi per giovani ricercatori di scambio o visita a laboratori stranieri. Oltre al Management Committee, ogni azione è organizzata in *working groups* ai quali i ricercatori interessati possono prendere parte. I WG previsti dall'azione sono i seguenti:

WG 1: Caratterizzazione delle proprietà fisiche della neve

Task 1.1: Identificazione e valutazione delle variabili nivologiche essenziali

Task 1.2: Caratterizzazione fisica delle variabili nivologiche essenziali

Task 1.3: Ottimizzazione delle reti nivologiche, controllo della qualità dei dati e omogeneizzazione degli stessi

Task 1.4: Armonizzazione delle osservazioni nivologiche in termini di variabili misurate

WG 2: Strumenti e metodi di valutazione

Task 2.1: Revisione dei sensori/strumenti spaziali e terrestri utilizzati per la misurazione delle diverse caratteristiche della neve e stima delle loro incertezze.

Task 2.2: Linee guida per osservazioni nivologiche in-situ e relativa formazione

Task 2.3: Utilizzo di spettro radiometri per le misure nivologiche

Task 2.4: Metodi di misura delle dimensioni dei grani

Task 2.5: Metodi di misura delle proprietà meccaniche della neve

WG 3: Assimilazione e metodi di validazione dei dati per il loro utilizzo nei modelli previsionali e idrologici

Task 3.1: Panoramica delle varie osservazioni nivologiche utilizzate nei modelli previsionali, idrologici e climatici

Task 3.2: Ricerca di un nuovo metodo per combinare le osservazioni satellitari con le misure tradizionali in situ e i risultati delle modellazioni

Task 3.3: Ricerca di strategie per un uso più esteso delle osservazioni nivologiche tradizionali per includere le osservazioni provenienti da reti nazionali ad alta risoluzione nei modelli previsionali, idrologici

Disponibili i primi risultati della sperimentazione in campo delle sonde penetrometriche digitali SP1 AvaTech

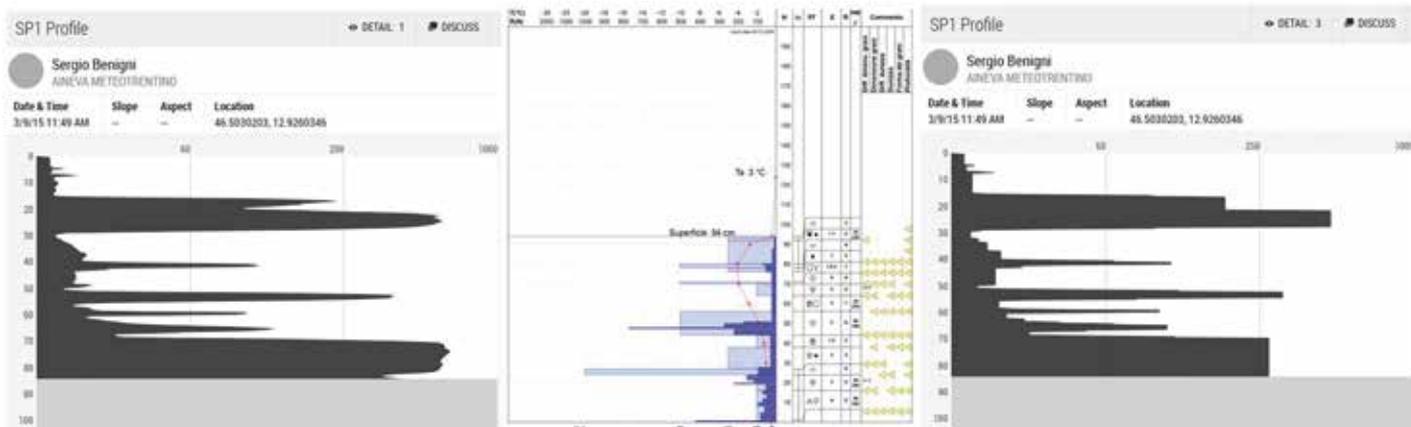
Come anticipato sul n. 83 di Neve e Valanghe, nel corso della stagione invernale 2014-2015 AINEVA ha sperimentato tre prototipi delle sonde penetrometriche digitali modello SP1 prodotte dalla ditta americana AvaTech (www.avatech.cm), uno spin-off del M.I.T.. Trattandosi di prototipi, la sperimentazione è stata solo parzialmente soddisfacente. Solo trentotto profili sui settanta realizzati hanno dato un buon esito, una delle unità si è danneggiata gravemente con l'uso (rottura del

cavo di connessione dati) e tutte hanno avuto problemi di tenuta delle guarnizioni sul sensore di punta (con conseguente ossidazione dei contatti) e di affidabilità del software di controllo. Alla fine della stagione, infatti, entrambe le sonde rimaste integre non sono più riuscite a operare. Problematiche e difetti costruttivi comprensibili in dei prototipi dotati di una tecnologia raffinata e innovativa. La sonda, infatti, è dotata di un doppio sensore elettromeccanico e ottico in grado di registrare le pressioni all'avanzamento della punta e la velocità d'infissione nonché di un processore in grado di elaborare, pressoché istantaneamente, i dati rilevati. La curva di apprendimento

nell'utilizzo dello strumento è stata relativamente rapida. In molti casi, la sonda è stata in grado d'identificare con sicurezza livelli critici molto sottili (croste da fusione e rigelo, croste da pioggia, croste da sole di soli 2,5-3 mm di spessore) e in un caso (due sondaggi a breve distanza l'uno dall'altro) è stata in grado di rilevare il cambiamento di spessore (da 6 a 2,5 mm), dopo il collasso per sovraccarico, di un livello di brina di superficie inglobata nel manto nevoso. La sonda AvaTech ha quindi grandi potenzialità per diventare un prezioso strumento per realizzare, rapidamente, buoni profili penetrometrici del manto nevoso e per indagare, su vaste aree anche

ad alta quota, la variabilità spaziale dei livelli critici. Per l'autunno è prevista la produzione della nuova serie, SP2, che dovrebbe aver risolto molti dei problemi di affidabilità e robustezza riscontrati nei prototipi. AINEVA proseguirà nella sperimentazione di questa tecnologia anche nella prossima stagione, sperando possa risultare utile per migliorare la qualità e la consistenza della propria rete di rilevamento dati.

Fig. 1 - Comparazione tra il profilo realizzato con la sonda penetrometrica tradizionale ed il profilo stratigrafico manuale (modelli 2 e 3 AINEVA) e la sonda AvaTech SP1 (in due diversi livelli di dettaglio di visualizzazione). Il livello basale rappresenta il terreno. È apprezzabile una buona corrispondenza tra gli strati individuati con entrambi i sistemi.



Task 3.4: Acquisizione di ulteriori informazioni sugli errori di osservazione rilevanti per l'assimilazione dei dati, stabilendo legami tra le comunità di modellisti e osservatori tramite WG1 e WG2.

Maggiori informazione sull'azione si possono reperire alla pagina COST http://www.cost.eu/domains_actions/essem/Actions/ES1404 Nel mese di novembre 2014 si è tenuta una prima riunione del MC nella quale è stato steso un piano di lavoro e sono stati attribuiti i ruoli e i compiti all'interno del comitato secondo i piani di lavoro descritti nel progetto. Una successiva riunione, del Marzo 2015, ha cominciato a delineare le attività su cui lavoreranno i diversi WG; sono in preparazione, e saranno a breve diffusi, dei questionari che hanno come obiettivo quello di capire come i diversi paesi stanno

lavorando su questi temi Sempre nel marzo 2015 si è tenuta a Milano, presso il Politecnico, una riunione aperta a tutti gli interessati nella quale i vari gruppi di ricerca italiani hanno presentato le proprie attività nell'ambito degli interessi dell'azione COST in modo da avere un quadro comune sulle attività in corso. La riunione è stata molto partecipata e si conta di mantenere attiva la comunità e le possibili interazioni che si sono create fra i vari gruppi di ricerca.

Per maggiori informazioni sullo sviluppo dell'azione e sulle eventuali iniziative collegate svolte in Italia è possibile contattare i rappresentanti italiani nel MC: Giovanni Macelloni (g.macelloni@ifac.cnr.it) e Mauro Guglielmin (mauro.guglielmin@uninsubria.it)



FRESH SNOW evaluation BASED ON DATA FROM AUTOMATED STATIONS **Description of a model aimed at improving evaluation of fresh snow depth based on reading of data from automated stations**

*G. Rossi and M. Faletto
with collaboration of M. C. Prola and
R. Cremonini*

The amount of fresh snow, i.e. the measure of cm of fresh snow fallen in the last 24 hours, HN, is fundamental for the evaluation of avalanche danger and conditions of snowcover stability. The depth of fresh snow derived from the frequent measurements of snowcover carried out by automated snow and weather stations is basically underestimated. Such underestimation is mainly linked to the settlement processes taking place within snowcover prior to snowfalls resulting from the weight of fresh snow.

Manual snow observations carried out daily by operators (Model 1 - AINEVA) are only partially affected by this underestimation, as measurements are made using a wooden board, placed on the snowcover surface, that separates

the snowcover settlement process from snowfall accumulations. The aim of this study was therefore to create an algorithm of adjustment of the fresh snow values provided by automated stations, using as a reference the fresh snow parameters modelled by SNOWPACK (Bartelt and Lehning, 2002), a one-dimensional numerical model developed by the Institute for snow and avalanche research (SLF) that simulates the snowcover evolution over time, taking into account the numerous snow and weather factors that affect it.

MEASUREMENT OF SNOWFALLS WITH RAIN GAUGES

Estimation of systematic errors and correction of historical series

*A. Lendvai, R. Ranzi, G. Peretti,
F. Berbenni, A. Praolini, S. Urbani*

Precipitation measured by rain gauges is usually affected by a systematic underestimation of the real water volumes that reach the ground and which can be larger in case of snowfall.

The wind, disturbing the trajectory of the falling water droplets or snowflakes above the rain gauge, is

the major source of error, but using tipping bucket recording gauges, induced evaporation due to the heating device should also be taken into account.

In Valtellina and Vallecronica Alps, manual measurements of fresh snow water equivalent (SWE) have been compared with melted snow measured by rain gauges with manual recording and by mechanical and electronic heated tipping-bucket recording gauges without any wind-shield: all these gauges underestimate the SWE, in a range between 15% and 66%. In some innovative monitoring sites, instead, electronic weighing storage gauges with Alter wind-shields are coupled with snow pillows data: daily SWE measurements from these instruments are in good agreement. In order to reconstruct historical data series of precipitation affected by systematic errors in snow precipitation measurements, we tried out a simple model that applies a correction factor as a function of air temperature as an index of precipitation phase transition. The threshold air temperature values were estimated from a statistical analysis of snow fields observations. A correction

based on wind speed would be less effective, due to limited availability of wind data. The correction model applied with daily resolution leads to 5-37% total annual precipitation increments, which grow with altitude above sea level and wind exposure.

ON DIGGING TECHNIQUES IN AVALANCHES **For a shared teaching methodology at all the Italian Alpine Club schools**

*A. Panza, G. Perelli Ercolini,
D. Rogora*

Avalanches are "democratic". As everyone know, they make no distinction based on gender, and least of all based on the kind of activity carried out by people. Anyone who frequents snow covered environments, like snow shoes users, skiers or climbers, may be interested in attending a training stage that helps them face an emergency situation. This article illustrates the ultimate digging and excavation techniques applicable to the Italian Alpine Club schools and/or to the related areas.

The Central Ski Mountaineering School (SCSA) and the Italian Avalanche Service (SVI), in collaboration with the Lombard pool of Centro Studi Materiali e Tecniche (CSMT), the Research center on materials and techniques, by carrying out comparative tests onsite have found out the ideal solution based on the type of practiser who makes use of these techniques. At the Club schools users can be functionally subdivided into three categories: Novices, Experts and Instructors. The characteristics of efficiency, speed and flexibility for progressive learning, determined in the "V-shaped snow conveyor" method developed by Manuel Genswein, have been adapted to the teaching requirements of the lessons proposed at the Club schools, from the essential aspects to the specific ones. Starting from the base techniques (for Novices), it is then possible to learn how to face any special circumstance (for



Expert groups) and finally how to behave in the event that numerous trained operators are available (i.e. courses led by Instructors/Guides), therefore acquiring a technical and teaching methodology to be adopted by all the Italian Alpine Club schools.

A comparison between structural instability indices (Lemons) and ECT and RB stability test results

I. Chiambretti, F. Monti, M. Valt

Almost all avalanche forecasting services have a network of traditional stations where an array of daily or weekly snowpack measurements or observations are made (ram penetrometer, snow profile, stability tests). Ram penetrometer and snow profile data are classified as medium entropy type, while stability test are low entropy ones and they require an interpretation by the avalanche forecaster. In recent years, several methods have been developed to analyze the profiles and to evaluate, more objectively, snowpack stability identifying the weak layers and their characteristics and properties. During the period 2010-2013, several AINEVA regional offices have collected a dataset consisting of hundreds of snow profiles, each accompanied by side-by-side stability tests (ECT and/or RB). A sample of this data set was analyzed following the critical variables method and finding interesting relations between weak layer characteristics (structural instability indices or "lemons", grain type, layer thickness, weak layer properties) and stability test results. The preliminary figures of this research project are discussed here and they show that the best correlation between the highest values of the structural instability indices and stability test results can be found for weak layers that are formed owing to medium to high temperature gradient metamorphism. Less good correlations have been detected for weak layers composed by new snow (PP and DF) or by several types of

crusts or smooth interface between layers. The complete data set has been finally analyzed to compare ECT versus RB effectiveness in discriminating the main weak layers and finding relations between load steps, fracture character and depth, quality shear and weak layer characteristics.

3PClim: CLIMATE CHANGES IN THE ALPS Data, situation and perspectives of climate in the alpine area between Tyrol, South Tyrol and Belluno area

P. Tartarotti

The vast area stretching from Tyrol to South Tyrol and northern Veneto boasts one of the highest densities of weather stations in the world but, compared with several neighbouring regions, has no current climate analysis of measurements and no synoptics of the climate changes on a regional scale. The last climatological analysis of Tyrol and surrounding areas dates back to 1975, with data collected between 1931 and 1960. Yet, in the light of the climate changes, many results from that work are not comparable with those of our times. The Interreg IV Italy-Austria "3PClim" project (where the three Ps stand for past, present and perspectives) was therefore set up three years ago with the aim of carrying out an exhaustive and homogenous climatological study to meet the requirements of the area including Tyrol, South Tyrol and Belluno region, thanks also to the new remote sensing techniques (satellites, radar, lightning recording) that pave the way to new kinds of climatological studies.

The study has also analysed the climate changes in the next decades.

The project, to which the provincial meteorological service and the homologous

Innsbruck and Arabba services took part, has drawn up a sort of climate map with data from 1981 to 2010, and has developed climate prospects from 2026 to 2055 and beyond.



SEASONAL SNOW ACCUMULATION ON THE STELVIO GLACIER 10 years of measurements

A. Praolini, E. Meraldi, F. Berbenni

In the last ten years, snow scientists and forecasters from the Centro Nivometeorologico of ARPA Lombardia (CNM) have carried out measurements on the Stelvio Glacier (Sondrio) every summer season, particularly to find information about the snowcover stability in summer months, providing a set of data that is very useful for the drawing up of the snow and avalanche bulletin. All that has led to the acquisition of accurate measurements of snow cover depth on four main stations of the Stelvio Glacier at more than 3000 m of altitude.

The importance of snow as a tourist resource on the Stelvio Glacier is well known internationally, as since 1930 the glacier has been attracting in summer months countless skiers and tourists. Since the 1980-90s, the glacier has been used for training by skiers, snowboarders, Nordic skiers and sledge athletes from several associations, ski clubs

and International federations. Data processing, carried out for statistical aims, with also climatological implications, underlines the degree of glacier health in terms of snow covering-melting in recurrent periods, often in close relation with winter seasons with more or less intense snowfalls, the climate trend of summer months or melting due to rainfalls.

Making the most of the accurate summer observations, CNM experts of ARPA Lombardia Bormio, who have also been monitoring several glaciers in Alta Valtellina for almost thirty years, in collaboration with Comitato Glaciologico Lombardo, though not having carried out any measurements about the ablation process on the Stelvio Glacier, have estimated that this basin, too, is being affected by a loss of ice thickness (25-30 m) and glacial mass that can be associated with what is taking place in parallel on the Monte Sobretta glacier in Valfurva, another glacier CNM experts have been monitoring in summer months, in particular using technically advanced working methods.

