

n° 77 - dicembre 2012

Neve e Valanghe

*Meteorologia alpina,
Glaciologia, Prevenzione
Sicurezza in montagna*



La stagione invernale 2011-2012

CISA IKAR 2012

Valanghe e foreste di protezione

Stima della precipitazione
in siti di alta quota

La dinamica della densità
di una coltre nivale stagionale



**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. Amérique 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 - 8 linee -
Tel. 8488 37077 anche self fax
<http://ita.arpalombardia.it/meteo/bollettini/bolniv.pdf>
e-mail: nivometeo@arpalombardia.it

PROVINCIA AUTONOMA DI TRENTO

Servizio prevenzione rischi
Ufficio previsioni e pianificazione
Via Vannetti 41 - 38122 Trento
Tel. 0461 494877 - 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
Via Mendola 33 - 39100 Bolzano
Tel. 0471 414740 - Fax 0471 414779
Bollettino Nivometeorologico
Tel. 0471 270555
Tel. 0471 271177 anche self fax
<http://www.provincia.bz.it/valanghe>
Televideo RAI 3 pagine 429 e 529
e-mail: Hydro@provincia.bz.it

REGIONE DEL VENETO

ARPA-Veneto Centro Valanghe di Arabba
Via Pradat 5 - 32020 Arabba BL
Tel. 0436 755711 - Fax 0436 79319
Bollettino Nivometeorologica
Tel. 0436 780007
Fax polling 0436 780009
<http://www.arpa.veneto.it/csvdi>
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 8067763 - 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 2012: Euro 18,00
da versare sul c/c postale n. 14595383
intestato a: AINEVA
Vicolo dell'Adige, 18 - 38122 Trento

Direttore Responsabile

Giovanni PERETTI
Coordinatore di redazione
Alfredo PRAOLINI
ARPA Lombardia

Comitato di redazione:

Luciano LIZZERO, Rudi NADALET,
Maria Cristina PROLA, Mauro VALT,
Giovanna BURELLI, Elena BARBERA,
Tiziano MARTINELLI

Comitato scientifico editoriale:

Valerio SEGOR,
Alberto TRENTI, Secondo BARBERO,
Francesco SOMMAVILLA,
Daniele MORO, Gregorio MANNUCCI,
Michela MUNARI

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: CAI Valdidentro (SO)

Lodovico Mottarella: 11, 2, 57
Alfredo Praolini: 5, 14, 15,
Stefano Pivot: 17, 18, 19, 21, 22
Lucia Caffo: 27, 28, 29, 30, 31, 32, 33, 34,
35, 36
Politecnico Torino/ARPA Piemonte: 37, 39, 40
Francesco Avanzi: 45

Hanno collaborato a questo numero:

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

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



16



26



36



44

4 LA STAGIONE INVERNALE 2011-2012

■ M. Valt, P. Cianfarra

16 CISA-IKAR 2012

■ S. Pivot

26 VALANGHE E FORESTE DI PROTEZIONE

■ L. Caffo

36 STIMA DELLA PRECIPITAZIONE IN SITI DI ALTA QUOTA

■ K. Cugerone, P. Allamano, A. Salandin, S. Barbero

44 LA DINAMICA DELLA DENSITÀ DI UNA COLTRE NIVALE STAGIONALE

■ F. Avanzi, C. De Michele, A. Ghezzi, C. Jommi



Questo numero della rivista è particolarmente dedicato alla presentazione di dati nivologici raccolti ed elaborati nella stagione invernale 2011-2012 dagli uffici valanghe afferenti ad AINEVA, oltre agli incidenti da valanga occorsi sull'intero territorio montano italiano e nei paesi della CISA-IKAR.

La memoria popolare trasmette alle generazioni i ricordi degli eventi che hanno caratterizzato meteorologicamente e nivologicamente le stagioni invernali del passato, con particolare riguardo alle situazioni valanghive, più o meno eccezionali, che si sono verificate. La rivista "Neve e Valanghe" dell'AINEVA, da quasi un trentennio, raccoglie e pubblica meticolosamente, attraverso la disponibilità di tecnici degli uffici valanghe, dati scientifici certificati secondo le normative vigenti in materia.

La raccolta di questi dati sul terreno si è negli ultimi anni sempre più ampliata ed affinata attraverso l'impiego di nuovi operatori che hanno frequentato un percorso formativo all'interno dell'Associazione, quali Guide Alpine, agenti del Soccorso Alpino della Guardia di Finanza e Guardie Forestali regionali. Questi svolgono periodicamente analisi e prove di stabilità sul manto nevoso a quote ed esposizioni, di volta in volta diversificate, a seconda delle priorità delle situazioni nivologiche che vanno indagate e che sono di primaria importanza per i previsori degli uffici valanghe.

Anche con l'avvento delle stazioni di rilevamento automatico degli ultimi vent'anni i dati sono cresciuti in modo più che esponenziale, sia nella distribuzione temporale che quella spaziale, permettendo un'elaborazione sempre più attenta e dettagliata della loro evoluzione e quindi anche un approccio statistico finalizzato ad analisi climatologiche.

Sono ipotizzabili scenari futuri?

Forse siamo ancora un po' lontani dal poter dare un'affermazione positiva, tuttavia se la climatologia offre proiezioni di possibili evoluzioni di parametri meteorologici sulla base di eventi, più o meno ciclici, all'interno di essa possiamo pensare che, in futuro, con ulteriori dati e nuovi supporti informatici, si possano individuare tendenze nivologiche e valangologiche via via sempre più attendibili per le montagne dell'arco alpino.

Alfredo Praolini

Coordinatore di Redazione

la STAGIONE INVERNALE 2011-2012

Mauro Valt

ARPAV-Dipartimento Regionale
per la Sicurezza del Territorio
Servizio Neve e Valanghe
mvalt@arpa.veneto.it

Paola Cianfarra

Università degli Studi Roma Tre,
Dipartimento di Scienze Geologiche, Roma
cianfarr@uniroma3.it

La stagione invernale 2011 – 2012 verrà ricordata come la stagione dalla poca neve di inizio inverno, dalle estese precipitazioni iniziate dalla fine di gennaio, con neve anche nelle grandi città (Torino, Milano, Bologna, Firenze, Roma), dalle temperature rigide che hanno successivamente favorito la permanenza della neve al suolo anche alle basse quote con notevoli disagi, dai lunghi periodi di caldo di fine inverno che hanno determinato l'accelerata fusione e scomparsa del manto nevoso.

Nel presente lavoro viene tracciato un bilancio di dettaglio della stagione invernale attraverso i dati di temperature, innevamento, confrontati con stagioni del passato, considerazioni generali sul pericolo di valanghe e sugli incidenti da valanga.



FONTE DEI DATI ED ELABORAZIONI

Come in altri lavori recenti sullo stato dell'innevamento sull'arco alpino italiano (Valt e Cianfarra, 2009, 2010), sono state utilizzate le banche dati dei Servizi Valanghe AINEVA, delle stazioni di rilevamento presso le dighe delle diverse Compagnie di gestione delle acque superficiali dell'arco alpino e della Società Meteorologica Italiana.

I dati di spessore della neve al suolo e della precipitazione nevosa sono relativi ai valori giornalieri misurati presso le stazioni nivometriche tradizionali (Cagnati, 2003- Cap. II.1) e rilevati, di norma, alle ore 8.00 di ciascun giorno (Fig. 1).

Per quanto riguarda i dati relativi alle temperature medie delle Alpi Italiane, sono state prese in considerazione alcune serie validate e pubblicate in rete.

Le elaborazioni riguardanti il grado di pericolo da valanghe nelle diverse aree sono state effettuate utilizzando i dati pubblicati sul sito www.aineva.it/bollett. Le analisi sugli incidenti da valanghe sono state effettuate utilizzando la banca dati storici di AINEVA (Valt, 2009) e online (www.aineva.it, www.ikar-cisa.org).

In tutti i grafici e le tabelle, del presente lavoro, l'anno di riferimento è l'anno idro-

logico (ad esempio l'anno 2012 inizia il 1 ottobre 2011 e termina il 30 settembre 2012). Tuttavia, per i raffronti, sono state considerate le sole precipitazioni nevose relative alla stagione invernale compresa fra il mese di dicembre e il mese di aprile. Per alcune stazioni, i valori mensili e stagionali erano riassunti già in tabelle nelle pubblicazioni consultate, per altre sono state effettuate le varie sommatorie partendo dai valori giornalieri.

Per evidenziare l'andamento a livello regionale mediante un'unica serie, è stato utilizzato l'indice adimensionale SAI (Standardized Anomaly Index) (Giuffrida e Conte, 1989) che esprime le anomalie della grandezza studiata, attraverso il contributo dei valori medi annuali o stagionali delle singole stazioni.

Un indice annuale di anomalia pari a 0 indica un anno in linea con la media di riferimento, un valore di anomalia positivo o negativo indica rispettivamente un eccesso o un deficit più o meno elevati rispetto al valore normale (Mercalli et al., 2003, 2006).

Disponendo di numerose serie storiche nell'ultimo quarantennio, le elaborazioni sono state effettuate sulla base del periodo di riferimento 1976-2009 e in alcuni casi 1961-1990.

BREVE ANDAMENTO NIVOMETEOROLOGICO DELLA STAGIONE INVERNALE 2011-2012

La stagione invernale 2011 - 2012 è stata caratterizzata dalle poche precipitazioni nevose autunnali e di inizio inverno, dai frequenti episodi di vento, dal freddo di inizio febbraio e dai lunghi periodi di caldo di fine inverno e inizio primavera, che hanno determinato l'accelerata fusione del manto nevoso.

Il vento è stato molto frequente e intenso, specie a gennaio e a febbraio, quando le condizioni di Stau a nord delle Alpi hanno determinato condizioni di Föhn sulle Alpi italiane. Questa situazione meteorologica si è ripetuta più volte.

Infatti, le uniche stazioni con spessori di neve al suolo nella media sono state quelle dislocate lungo la cresta di confine con l'Austria, la Svizzera o la Francia, in quanto interessate (marginalmente) dalle nevicate di Stau.

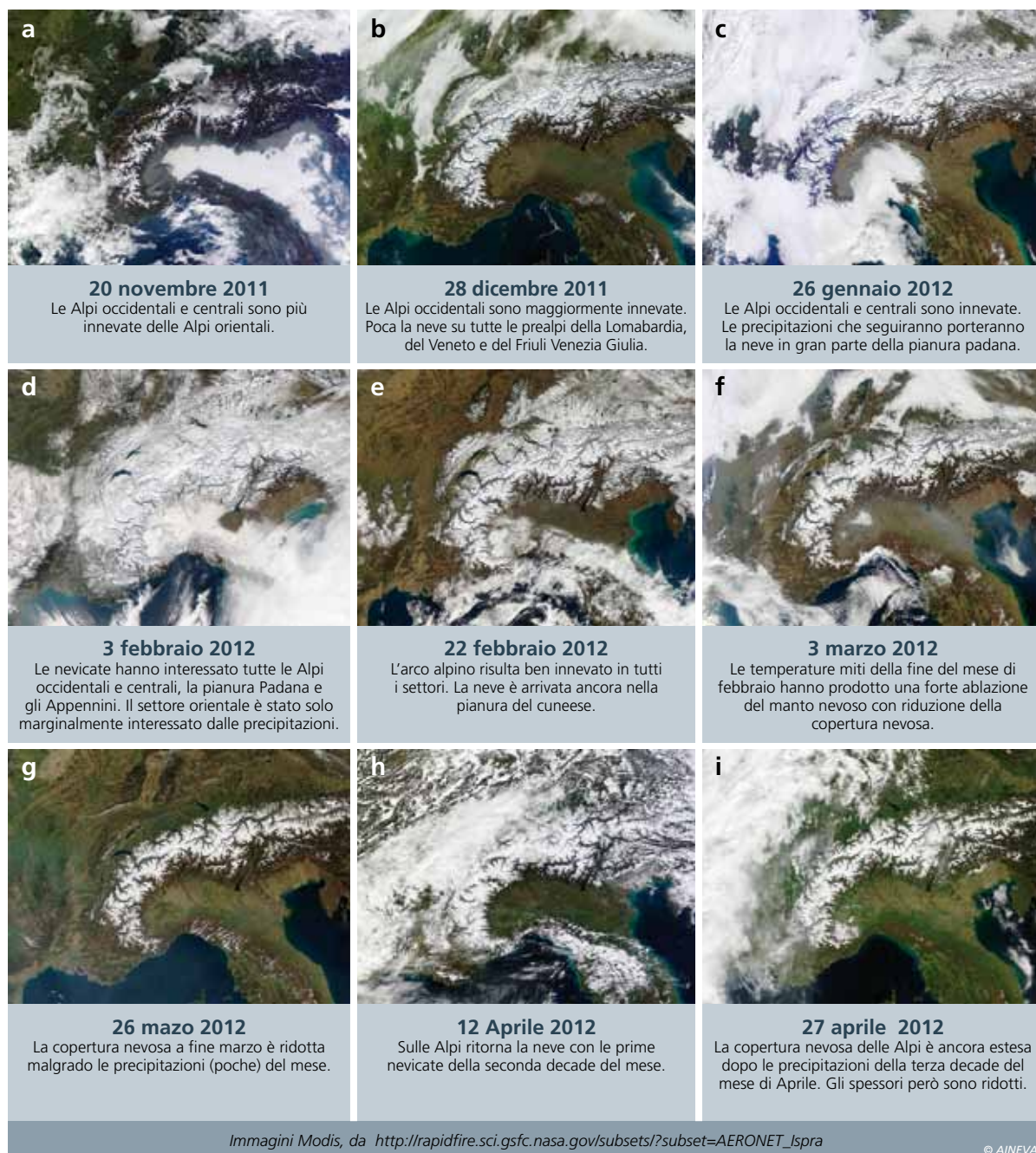
La temperatura dell'aria, da dicembre ad aprile, è stata più mite rispetto alla media, con un valore positivo anche nei mesi di dicembre, gennaio e febbraio, malgrado i periodi freddi. I due mesi primaverili di marzo e aprile sono stati ancor più caldi rispetto alle medie di riferimento.

Fig. 1 - Cumulo della precipitazione nevosa negli episodi significativi della stagione invernale 2011-2012 per alcune stazioni delle Alpi.

STAZIONE	dal 4 al 9/11	dal 3 all'8/12	dal 13 al 17/12	dal 19 al 23/12	dal 30/12 all'1/01	3/01	dal 5 al 9/01	dal 20 al 22/01	dal 24 al 26/01	dal 28/01 al 2/02	dal 7 all'8/02	dal 10 al 13/02	dal 20 al 21/02	dal 3 al 7/03	dal 18 al 20/03	dal 3 al 5/04	dal 10 al 15/04	dal 18 al 21/04	dal 23 al 24/04
L. Entracque - L. del Chiotas, 2010 m	91	0	0	0	0	3	0	0	0	128	35	20	25	60	12	5	74	5	15
Bardonecchia - L. Rochemolles, 1975 m	11	40	84	25	30	5	38	20	0	45	10	15	0	5	10	5	44	2	5
Place Moulin, 1970 m	n.d.	40	156	42	63	9	82	60	10	23	0	0	0	7	8	7	24	11	6
Formazza - L. Toggia, 2200 m	55	94	104	55	80	5	90	69	19	43	0	0	4	21	45	20	38	19	42
Livigno San Rocco, 1865 m	n.d.	9	13	23	24	12	45	23	5	12	2	0	2	20	23	3	31	40	29
Madesimo Mater, 1860 m	20	10	25	3	12	15	22	25	2	44	0	0	2	23	55	9	43	20	20
Aprica Magnolta, 1870 m	20	10	41	0	4	29	6	16	0	25	2	2	6	18	41	0	40	20	25
Passo Tonale, 1880 m	30	5	55	0	3	35	15	22	0	30	0	1	20	28	19	18	82	46	24
Cima Pradazzo - Cavia, 2100 m	25	7	34	3	5	30	8	9	4	16	28	23	13	50	13	15	55	29	33
Arabba, 1630 m	0	1	23	1	4	20	3	9	2	2	6	5	9	18	1	0	31	13	20
Cortina d'Ampezzo, 1265 m	0	0	11	0	0	13	10	6	0	1	3	9	1	1	0	0	6	3	15
Zoncolan, 1700 m	0	0	22	0	8	23	5	3	0	1	1	0	11	5	14	0	23	8	0
Cave del Predil, 901 m	0	0	5	0	9	3	6	5	1	6	11	14	21	1	0	0	0	0	0

© AINEVA

Fig. 2



Le caratteristiche climatiche della stagione, poca neve fresca, vento con poca neve, nevicate in primavera, rapida trasformazione dei grani in forme fuse e accelerata ablazione finale, hanno anche determinato poche situazioni di pericolo valanghe. Il grado di pericolo 4 è stato raggiunto solo in alcune giornate della seconda decade di dicembre e gennaio nelle Alpi occidentali, nella prima decade di gennaio nelle Alpi occidentali e localmente, in occasione delle nevicate del 23-24 aprile, su diversi settori delle Alpi. Gli incidenti da valanga noti inseriti nella banca dati AINEVA sono stati oltre 40, 31 dei quali da febbraio in poi. Le vittime

sono state 9, tutte in incidenti da febbraio in poi.

FORMAZIONE ED EVOLUZIONE DELLA COPERTURA NEVOSA DURANTE LA STAGIONE INVERNALE

Novembre

Il mese di novembre è caratterizzato dalle elevate temperature nella terza decade e da precipitazioni nevose più consistenti nelle Alpi nord occidentali.

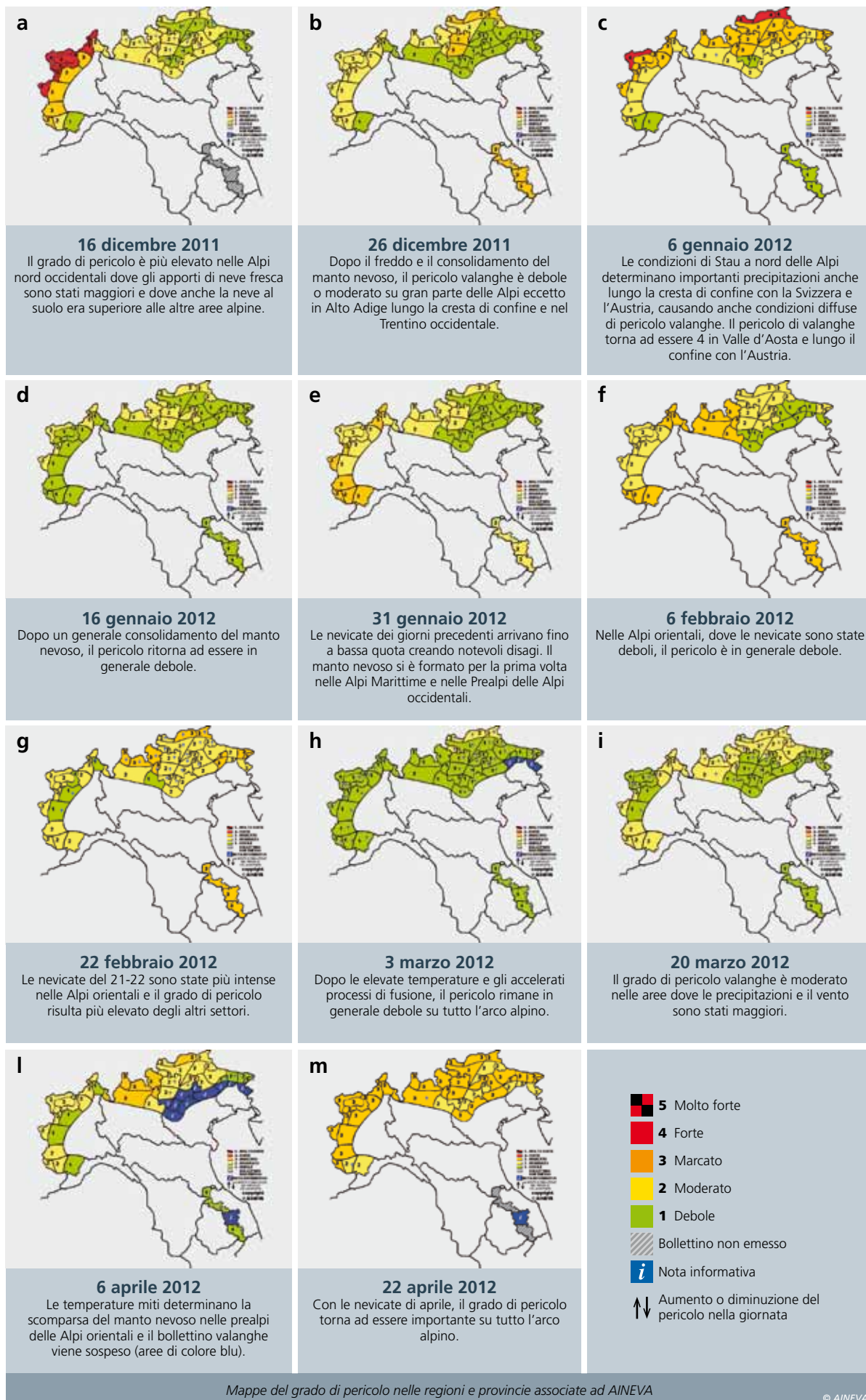
Fra il 4 e l'8 novembre una profonda depressione determina abbondanti precipitazioni. Il limite della neve/pioggia rimane

sempre elevato con pioggia anche fino a 2700 m. Nelle Alpi orientali a 2000 m il cumulo di neve fresca è di 20-30 cm. Oltre i 2500 m di quota gli apporti di neve fresca sono importanti e stimati nell'ordine dei 150- 200 cm sia nelle Alpi orientali che in quelle occidentali (Alpi Cozie, Graie, Pennine) (Fig. 2a).

Dicembre

Fra il 6 e l'8 dicembre nuove deboli nevicate interessano maggiormente l'arco alpino occidentale con 50-75 cm di neve fresca a 2000 m, meno le Alpi centrali con 10-15 cm a 2500 m e marginalmente le Alpi orientali. Le precipitazioni sono

Fig. 3



seguite da forti venti nord occidentali con accentuata redistribuzione della neve al suolo.

Fra l'11 e il 17 dicembre, alcune veloci perturbazioni determinano ancora importanti nevicate oltre i 2000 m di quota lungo la dorsale con la Francia e la Svizzera delle Alpi Graie settentrionali e Pennine, lungo la cresta di confine dell'Alto Adige con l'Austria e minori nelle Alpi centrali e orientali. Il limite della neve nelle Alpi orientali varia fra i 1200-1400 m di quota e i 1500 nelle Alpi occidentali. Gli apporti di neve fresca sono di 100-150 cm di neve fresca nelle Alpi Cozie, Graie, Pennine e di 15 - 50 cm a 2000 m nelle Alpi centrali e orientali. La mappa del nord Italia con il grado di pericolo valanghe del 16 dicembre (Fig. 3a) evidenzia la situazione di maggior pericolo nelle Alpi nord occidentali ove gli apporti di neve fresca e gli spessori di neve al suolo sono maggiori rispetto alle Alpi centrali e orientali.

Anche questo episodio è contraddistinto da forti venti, prima da SW poi in rotazione a N, che determinano ampie zone erose e diffusi accumuli da vento su tutto l'arco alpino.

Segue poi un'irruzione di aria fredda di origine polare che rimane fino al 23 dicembre e, successivamente, di aria più umida e mite, specie in quota.

Il 26 dicembre il grado di pericolo valanghe è debole o moderato su gran parte delle Alpi eccetto in Alto Adige lungo la cresta di confine e nel Trentino occidentale (Fig. 3b).

Il 28 dicembre lo zero termico arriva a superare i 3000 m di quota per poi abbassarsi per un nuovo impulso perturbato il 30 e 31 dicembre, più intenso nelle Alpi occidentali. Alla fine del mese di dicembre gli spessori medi del manto nevoso sono superiori alla media nelle Alpi nord occidentali e nettamente inferiori ai valori medi degli ultimi 10 anni nelle Alpi Marittime, nelle Alpi centrali e soprattutto nelle Alpi orientali dove la fascia prealpina è praticamente senza neve (Fig. 2b).

Gennaio

Il mese di gennaio è caratterizzato da al-

cuni episodi nevosi, ma soprattutto dall'evento del 27 gennaio quando le precipitazioni sono intense fino a bassa quota nelle Alpi occidentali e centrali (Fig. 2c), con molto vento in quota.

La prima nevicata è del 3 gennaio con 20-30 cm di neve nelle Dolomiti a 2000 m e in molti fondovalle dolomitici (2 cm di neve anche a Trento). Deboli nevicate sono poi avvenute anche i giorni 6 e 8, con apporti maggiori nelle Alpi occidentali, il 21 e il 24 gennaio.

Le condizioni di Stau a nord delle Alpi determinano importanti precipitazioni lungo la cresta di confine con la Svizzera e l'Austria, causando anche condizioni diffuse di pericolo valanghe.

La neve fresca è sempre asciutta e leggera ed il legame con il manto nevoso sottostante è molto debole in questo periodo; inoltre l'intensa azione del vento nordoccidentale forma nuovi accumuli in tutte le esposizioni oltre il limite del bosco e localmente di spessore anche considerevole.

Il pericolo di valanghe torna ad essere 4 in Valle d'Aosta e lungo il confine con l'Austria (Fig. 3c); successivamente si ha un generale consolidamento del manto nevoso. Il 16 gennaio 2012, il grado di pericolo valanghe è in generale debole su gran parte dell'Arco alpino (Fig. 3d).

Anche nell'episodio del 21 gennaio le nevicate sono più intense nelle Alpi occidentali (50-60 cm a 2000 m) e minori verso le Alpi centrali (20-30 cm) e orientali (10 cm). Un lungo episodio perturbato interessa tutta l'Italia dal 27 gennaio in poi, tranne le Alpi orientali dove domina il bel tempo. La neve fa la sua prima comparsa sulle Alpi Marittime, nevica a Torino, a Bologna e sui colli romani con forti venti di bora e aria fredda siberiana. In questo episodio la variazione regionale del grado di pericolo valanghe, più elevato nelle Alpi occidentali e minore nelle Alpi orientali, evidenzia il diverso andamento delle precipitazioni nevose (Fig. 3e).

In generale la neve fresca è molto leggera e polverosa (densità media 80 kg/m³).

Il vento forma nuovi lastroni soffici scarsamente legati alle preesistenti superfici

dure e levigate del manto e alle croste da fusione/rigelo lungo i pendii al sole.

Febbraio

Il mese di febbraio è caratterizzato, nei primi 15 giorni, da temperature fredde causate da correnti d'aria siberiana che conservano il manto nevoso e da temperature miti nella terza decade che determinano un'importante ablazione.

Nella prima metà del mese gli episodi nevosi sono stati frequenti, con neve fino in pianura, e numerosi episodi ventosi (Fig. 2d, 3f).

Una nuova perturbazione interessa le Alpi dal 19 al 21 di febbraio determinando apporti nevosi maggiori nelle prealpi e via via minori verso la cresta di confine con l'Austria e la Svizzera.

Nelle Alpi Retiche (Lombardia) gli apporti a 2000 m sono stati di 5-15 cm, con valori più elevati nel nord-est della regione, mentre nelle Prealpi bresciane la neve fresca è poca, come nelle Prealpi veronesi, bellunesi, Carniche e Giulie.

Il 22 febbraio la situazione di pericolo valanghe è molto variegata (Fig. 3g) in relazione all'intensità locale delle precipitazioni e del vento. A questo episodio segue un'importante rialzo termico che determina la rapida fusione del manto nevoso a tutte le quote. A fine mese gli spessori del manto nevoso sono quasi ovunque inferiori del 45-70% rispetto alla media degli ultimi 10 anni, eccetto nelle alpi nord occidentali che rimangono leggermente più innevate. Il consolidamento del manto nevoso e la rapida fusione determinano una generale diminuzione del grado di pericolo valanghe fino ad un generalizzato 1 debole del 3 marzo (Fig. 3h).

Marzo

Il mese di marzo è stato il più mite degli ultimi 25 anni, almeno nelle Alpi orientali (Fig. 2f). Dal 3 al 5 di marzo, una debole depressione determina precipitazioni nevose da deboli a moderate con limite della neve/pioggia elevato in molti settori delle Alpi. Sulle Alpi gli apporti sono molto variabili, dai 30-35 cm di neve fresca lungo la dorsale occidentale con la Svizzera ai

pochi cm delle Alpi Carniche.

Fra il 18 e il 20 marzo, una debole perturbazione determina apporti di 15-25 cm oltre i 1800 m di quota in molti settori delle Alpi. Nelle Alpi lombarde gli apporti sono maggiori con 30 -60 cm di neve fresca oltre i 1800 m (Madesimo 1860 m slm 56 cm) e con spessori inferiori nella parte orientale della regione.

Dopo le nevicate seguono forti venti provenienti dai quadranti nord-orientali che determinano una marcata redistribuzione del manto nevoso con conseguente formazione di lastroni di neve ventata, generalmente ben riconoscibili, nelle vallecicole, canalini e siti sottovento (Fig. 3i). Il 21 marzo il pericolo di valanghe è moderato dove gli spessori del manto nevoso al suolo sono maggiori e dove gli accumuli sono più frequenti.

Segue poi un aumento importante della temperatura dell'aria con massime di +6°C a 2000. I venti dai quadranti meridionali apportano un significativo aumento dell'umidità dell'aria e contribuiscono ad una nuova importante fase di ablazione

del manto nevoso (Fig. 2g).

Aprile

Il mese di aprile è stato il più nevoso della stagione invernale nelle Alpi centrali. Durante il mese, su tutte le Alpi, diversi sono gli episodi nevosi con neve anche a bassa quota (Fig. 3l). Nella prima decade del mese le temperature miti favoriscono un'accelerata ablazione del manto nevoso con scomparsa della neve al suolo dove era già poca (Fig. 2h). Nelle Prealpi venete e del Friuli Venezia Giulia, il bollettino valanghe viene temporaneamente sospeso. Segue poi un lungo periodo perturbato con diverse nevicate, alternate a giorni di tempo discreto. Gli spessori della neve al suolo incrementano a tutte le quote, specie negli episodi dal 19 al 24 di aprile, e il pericolo di valanghe torna ad essere marcato su gran parte delle Alpi con singole situazioni di pericolo forte (Lombardia e Friuli V.G.) (Fig. 3m, 2i).

TEMPERATURA DELL'ARIA

Sull'arco alpino italiano la stagione (da

dicembre ad aprile compreso) è stata di +1,4°C più calda rispetto al valore medio di riferimento del trentennio 1961- 90 e (DJFMA), è la 3^a più mite dal 1990 ad oggi. Questo valore positivo è dovuto soprattutto alle temperature di fine febbraio e di marzo.

In particolare, la stagione è stata caratterizzata da un lungo periodo mite da novembre a metà dicembre, dall'alternanza di periodi miti e freddi fino a fine gennaio, dal freddo intenso della prima quindicina di febbraio e poi dalle temperature miti che sono durate fino alla prima decade di aprile, a cui è seguito un periodo nella norma (Fig. 4).

L'ablazione della neve è stata più marcata nella terza decade di febbraio e nelle prime decadi di marzo e aprile.

VENTO

La stagione invernale 2011- 2012 è stata caratterizzata da diversi episodi di vento che hanno determinato un'importante erosione del manto nevoso con la formazione di depositi instabili di neve ventata. L'attività di trasporto è stata intensa e importante soprattutto lungo lo spartiacque delle Alpi in occasione degli apporti nevosi e delle situazioni di Stau a nord delle Alpi.

A titolo di esempio dell'intensità del vento, nella stazione di Cima Pradazzo, significativa per il vento sinottico delle Dolomiti (Fig. 5), le giornate con un vento medio superiore agli 8 ms⁻², sono state ben 12: 12 e 16 dicembre, 6, 9, 10, 13, 19, 22 gennaio, 15, 16, 26 febbraio, 30 marzo. Rispetto ai valori medi storici di riferimento delle giornate ventose, il mese di gennaio è stato particolarmente interessato con ben 6 giornate di vento forte.

Le 12 giornate ventose da dicembre a marzo, non rappresentano tuttavia un massimo storico.

Nell'inverno 1988 furono ben 19, con marzo e febbraio ventosi, nel 2000 furono 15 le giornate con gennaio e marzo ventosi e nel recente 2005 ben 14 con gennaio e febbraio ventosi.

I venti dominanti sono stati prevalentemente occidentali e settentrionali in quasi

Fig. 4 - Scarto dal valore medio (1961-1990) della temperatura dell'aria elaborato per il versante meridionale delle Alpi sulla base di 10 stazioni meteorologiche (prime elaborazioni, Valt & Cinfarra, 2011). Periodo dicembre - aprile (DJFMA).

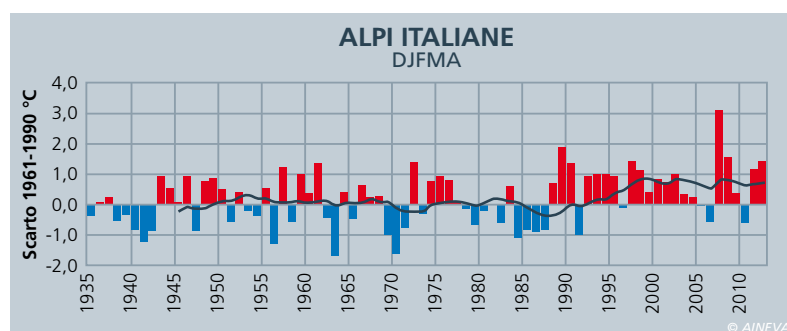
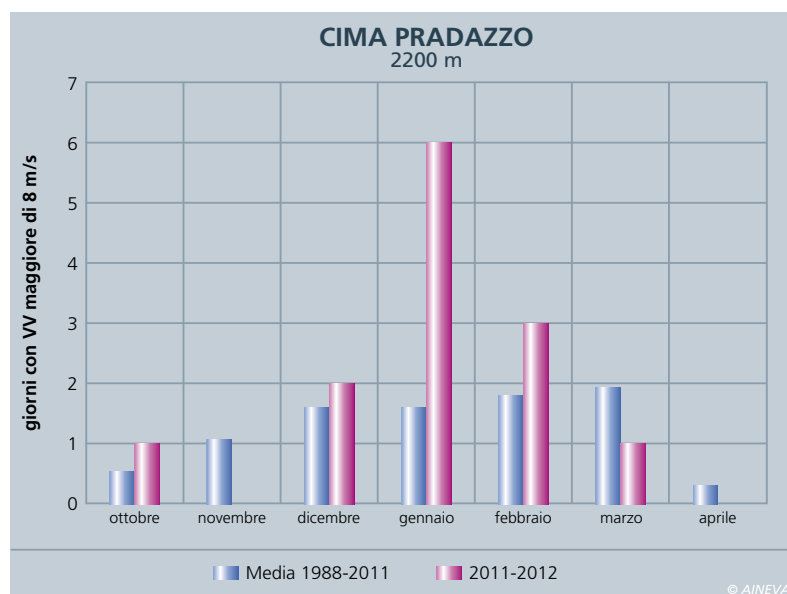


Fig. 5 - Stazione di Cima Pradazzo (Dolomiti, 2200 m). Giorni con velocità del vento media superiore agli 8 m/s. Nei mesi di gennaio e febbraio sono stati più della media i giorni con forti venti in questa stazione significativa per il vento sinottico delle Alpi orientali.



tutti gli episodi di vento intenso. Nel periodo con temperature basse di febbraio, i venti dominanti sono stati invece orientali.

CUMULO STAGIONALE DI NEVE FRESCA

Il valore del cumulo stagionale di neve fresca della stagione invernale, espresso come Indice di Anomalia (Sai Index) (Fig. 6a) e calcolato per tutto l'Arco alpino italiano, evidenzia una stagione con una nevosità nella media, pur essendo un valore negativo, ma compreso nel range della "normalità". La parte orientale delle Alpi è stata meno nevosa del settore centrale e occidentale con un valore che si avvicina, negli ultimi 10 anni, alle stagioni 2002 e 2003 (Fig. 6b).

Per quanto riguarda il settore centrale delle Alpi italiane (dal Lago Maggiore fino al fiume Adige), il valore è stato leggermente negativo mentre nelle Alpi occidentali il valore del Sai Index è stato negativo ma compreso sempre nel range della "normalità".

Il Sai Index calcolato per la neve fresca è un buon indice per effettuare confronti su lunghe serie storiche e per avere un'indicazione dell'andamento globale della stagione invernale. Le peculiarità nevose della stagione invernale 2012 sono invece meglio evidenziate analizzando la distribuzione mensile della precipitazione nevosa.

DISTRIBUZIONE MENSILE DELLA PRECIPITAZIONE NEVOSA

Per i tre grandi settori delle Alpi sono stati raggruppati i valori di precipitazione nevosa mensile di 25 stazioni delle Alpi occidentali e orientali e di 20 stazioni per le Alpi centrali a diverse quote.

E' stato calcolato lo scarto medio mensile rispetto ai valori di riferimento per il periodo 1975-2009 (Fig. 7).

La sommatoria mensile della neve fresca evidenzia la siccità di novembre, un dicembre nevoso nelle Alpi occidentali, un gennaio normale nelle Alpi centrali

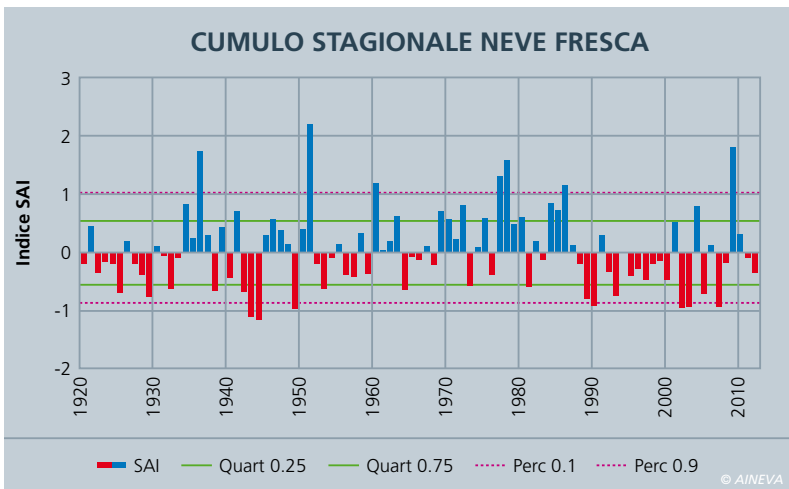


Fig. 6a - Sai Index calcolato per il cumulo stagionale di neve fresca elaborato per Alpi italiane.

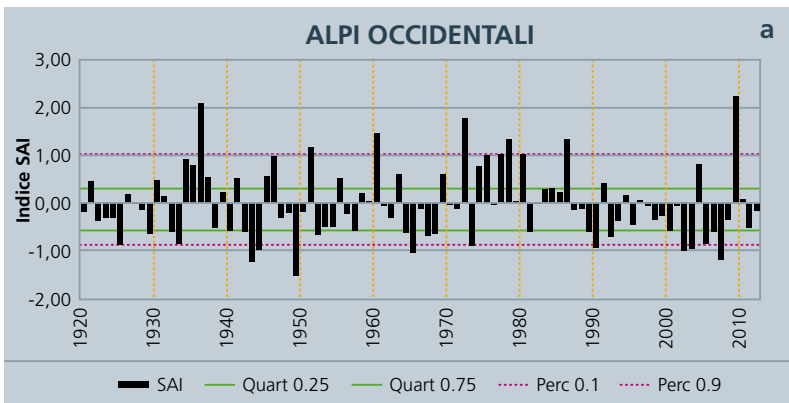
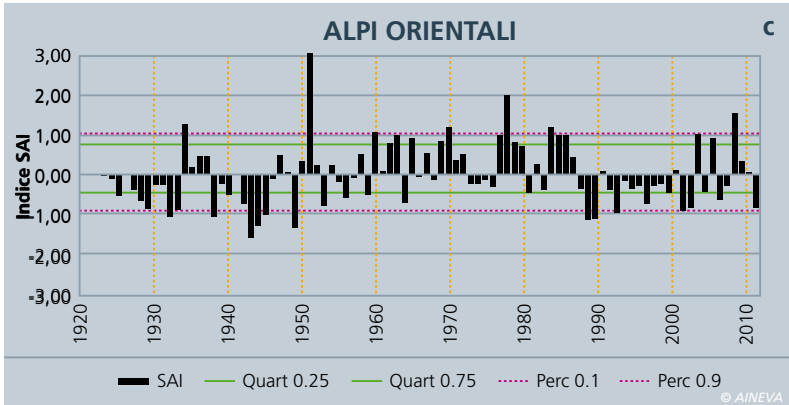
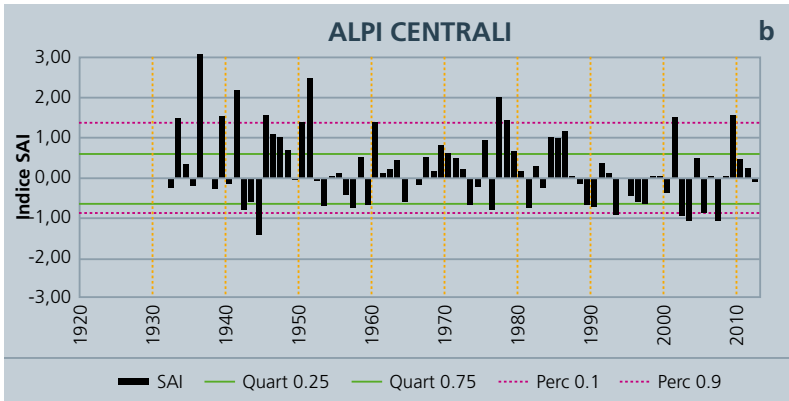


Fig. 6b - Sai Index calcolato per il cumulo stagionale di neve fresca elaborato per Alpi occidentali, centrali e orientali.



e occidentali, un febbraio normale nelle Alpi orientali e scarsamente nevoso nel resto delle Alpi e infine un mese di aprile nevoso nelle Alpi centrali. Oltre i 2100 m di quota, nei mesi di di-

cembre, gennaio e aprile il cumulo di neve fresca è stato maggiore della media nelle Alpi occidentali, un po' tutti i mesi nelle Alpi centrali e solo nel mese di aprile nelle Alpi orientali.

Fig. 7 - Valori mensili di precipitazione nevosa espressa come scarto percentuale dal valore medio di riferimento calcolato sul periodo di riferimento 1975-2009.

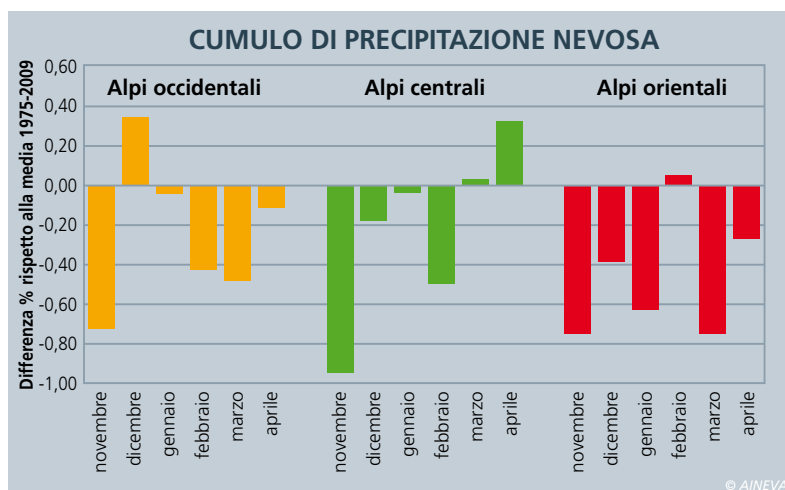


Fig. 8a - Indice di altezza neve medio (2002-2011) mensile e della stagione invernale 2012. Elaborazione effettuata su un data set di stazioni omogeneamente distribuito delle Alpi italiane.

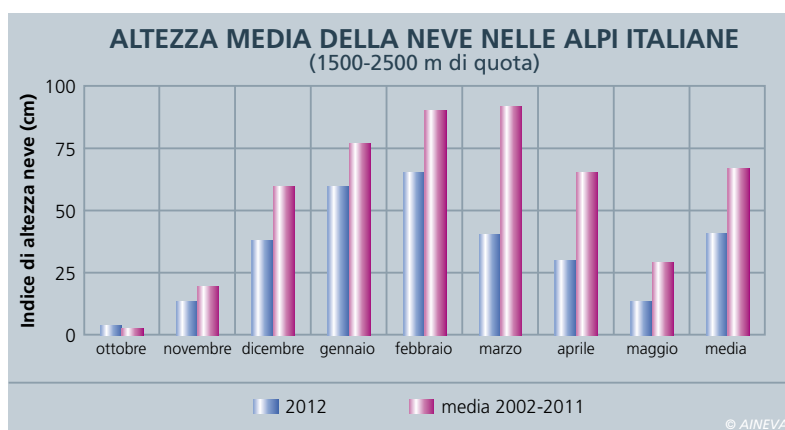
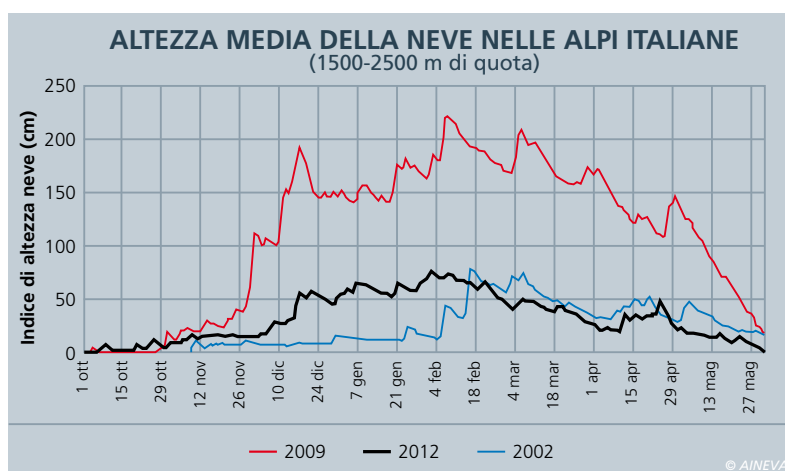


Fig. 8b - Indice di altezza neve della stagione invernale 2012 e delle stagioni estreme (minima e massima) del periodo 2002-2011. Elaborazione effettuata su un data set di stazioni omogeneamente distribuito delle Alpi italiane.



Nella fascia altimetrica fra i 1800 e i 2100 m, come fra i 1400 e i 1800 m di quota, il cumulo di neve fresca è stato in generale inferiore alla media in tutti i mesi e settori delle Alpi, eccetto a dicembre nelle Alpi nord-occidentali, a gennaio e aprile nelle Alpi centrali e ad aprile nelle Alpi orientali.

SPESSORE DELLA NEVE AL SUOLO

L'indice di spessore medio della neve al suolo nella fascia altimetrica fra i 1500 e i 2500 m del versante sudalpino (indice

elaborato su più di 20 stazioni omogeneamente distribuite), è stato di 41 cm, come nella stagione 2005, terzo valore minimo dal 2002 al 2012 (Fig. 8a). Stagioni meno nevose, dal 2002 ad oggi, sono state anche il 2002 e il 2007 (Fig. 8b).

Gli spessori sono stati molto inferiori alle media fino a metà di dicembre, quando la neve è arrivata nelle Alpi occidentali. Poi lo spessore medio è gradualmente incrementato con le nevicate di gennaio e febbraio fino a raggiungere il suo massimo nella prima decade del mese di

febbraio, anticipando di un mese quanto avvenuto mediamente nei ultimi 10 anni. Segue poi la decisa fase di riduzione dello spessore del manto nevoso dovuta sia alle poche precipitazioni nevose che ai periodi di elevate temperature di fine febbraio, marzo e di inizio aprile. Dopo la metà di aprile, in corrispondenza delle nevicate primaverili, lo spessore è aumentato, ma non in modo significativo. Il periodo marzo-aprile, risulta con il valore minimo di neve al suolo dal 2002 ad oggi.

Il deficit di spessore della neve al suolo è del 30-35% nel periodo dicembre-febbraio e di ben il 55% nel periodo marzo-aprile. In generale, le stazioni dove il deficit è stato minore o non è avvenuto, sono state quelle dislocate lungo lo spartiacque alpino.

DURATA DEL MANTO NEVOSO AL SUOLO

La durata del manto nevoso, nel periodo dicembre-aprile (DJFMA), è stata mediamente di 75 giorni nella fascia altimetrica fra gli 800 e i 1600 m di quota, 35 giorni in meno rispetto alla media 1961-90 (110). Oltre i 1600 m di quota, la durata del manto nevoso è stata mediamente di 131 giorni nel periodo DJFMA, 14 giorni in meno rispetto alla media 1961-90 (Fig. 9). Solo negli inverni del 1989, del 1990 e del 2002 la durata della copertura nevosa è risultata inferiore.

Molto importante anche il deficit primaverile (marzo e aprile) con ben 22 giorni in meno di media di neve al suolo alle quote basse e 10 giorni oltre i 1600 m.. Gli spessori ridotti della neve e le temperature miti sono state decisive per la rapida scomparsa del manto nevoso. Solo in alta quota, le precipitazioni di aprile hanno parzialmente compensato il grave deficit invernale.

ATTIVITÀ VALANGHIVA NATURALE

Le caratteristiche nivometeorologiche della stagione, con poche precipitazioni nevose fino a primavera, hanno condizionato in modo significativo l'intensità

dell'attività valanghiva.

In generale, l'indice di anomalia elaborato sulla base dell'osservazione giornaliera dell'attività valanghiva (valanghe sì, valanghe no), ha evidenziato una intensità minore rispetto alla media. Anche nel periodo di marzo-aprile l'indice dell'attività valanghiva è stato inferiore alla media.

Se andiamo ad analizzare le segnalazioni sull'arco alpino (escluso Alto Adige) dell'osservazione di "molte valanghe di medie dimensioni" (codice 3 del gruppo L1 del MOD 1 AINEVA) o di "singole grandi valanghe spontanee" (codice 4 del gruppo L1 del MOD 1 AINEVA), si osserva che i periodi con valanghe segnalate sono concentrati a metà dicembre, nella prima metà del mese di gennaio, nella terza decade di febbraio e ad aprile nelle Alpi occidentali e nel solo mese di aprile in quelle centrali. Nell'Arco alpino orientale non sono state osservate situazioni simili in tutta la stagione invernale.

Eccetto per il periodo di febbraio, negli stessi periodi con una significativa attività valanghiva sono avvenuti anche la maggior parte degli incidenti da valanga noti sull'arco alpino italiano.

GRADO DI PERICOLO VALANGHE

Le caratteristiche di esiguo innevamento della stagione, con lunghi periodi con poca neve e nevicate concentrate maggiormente ad inizio stagione nelle Alpi nord- occidentali, a febbraio aprile in quelle orientali e ad aprile nelle Alpi centrali, hanno anche condizionato l'utilizzo del grado di pericolo valanghe nei bollettini. Sull'arco alpino italiano il grado di pericolo valanghe più utilizzato è stato il moderato, con il 46% delle giornate nelle 47 microaree nivologiche nelle quali esso è suddiviso. Il grado debole è stato il più utilizzato nelle Alpi orientali, Veneto, Friuli, mentre nelle altre regioni è prevalso il moderato. In generale il marcato è stato utilizzato nei 25-30% dei casi delle Alpi occidentali e lungo la cresta di confine con l'Austria e meno del 10% nel Trentino, Veneto e Friuli Venezia Giulia. Solo nella terza decade del mese di febbraio

ed aprile, il grado marcato è stato il più utilizzato sull'arco alpino mentre il grado forte è stato raggiunto in alcune aree delle Alpi nord occidentali (Valle d'Aosta) nella seconda decade del mese di dicembre e nella prima di gennaio, quando le condi-

zioni di forte Stau a nord delle Alpi, hanno determinato condizioni di criticità lungo la cresta di confine. Nelle Alpi orientali, il grado di pericolo forte è stato raggiunto il 25 aprile nel gruppo del Canin (Friuli Venezia Giulia) e il 24 -25 aprile nelle Alpi

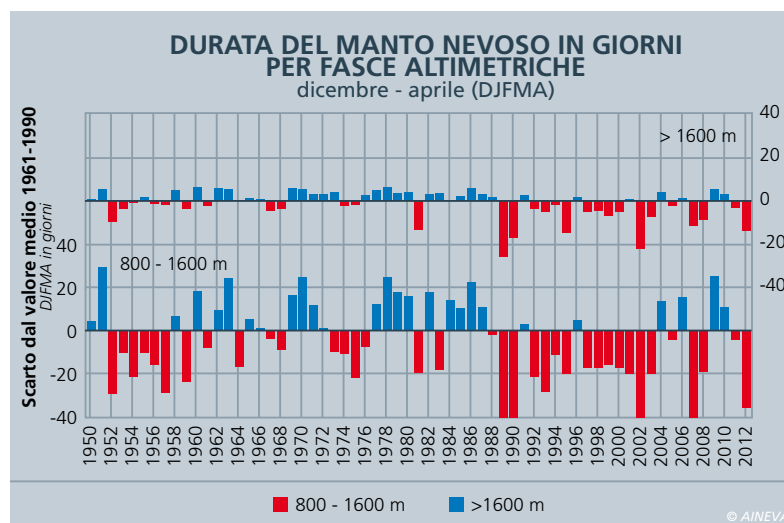


Fig. 9 - Durata del manto nevoso al suolo per fasce altimetriche. Elaborazione effettuata su un data set di stazioni omogeneamente distribuito delle Alpi italiane.

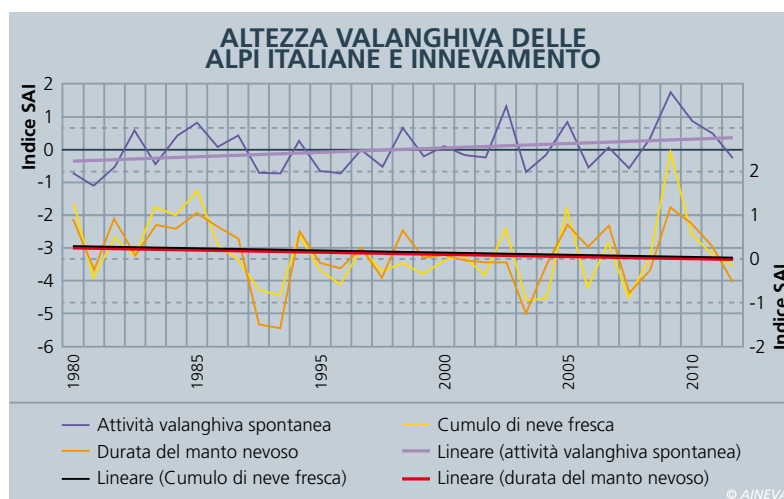


Fig. 10a - Prime elaborazione sul lungo periodo dell'attività valanghiva spontanea ricavata dalle osservazioni giornaliere, del cumulo di neve fresca e della durata della neve al suolo (Valt & Cianfarra, 2012).

Fig. 10b - Sulla base dei dati del MOD 1 di diverse stazioni dell'arco alpino sono state sommate le giornate con molte valanghe di medie dimensioni (valore nel grafico 3), singole grandi valanghe (4), molte grandi valanghe (5). Per ogni regione è stato espresso il valore massimo osservato. In alto il numero di incidenti da valanga noti archiviati nella banca dati AINEVA.

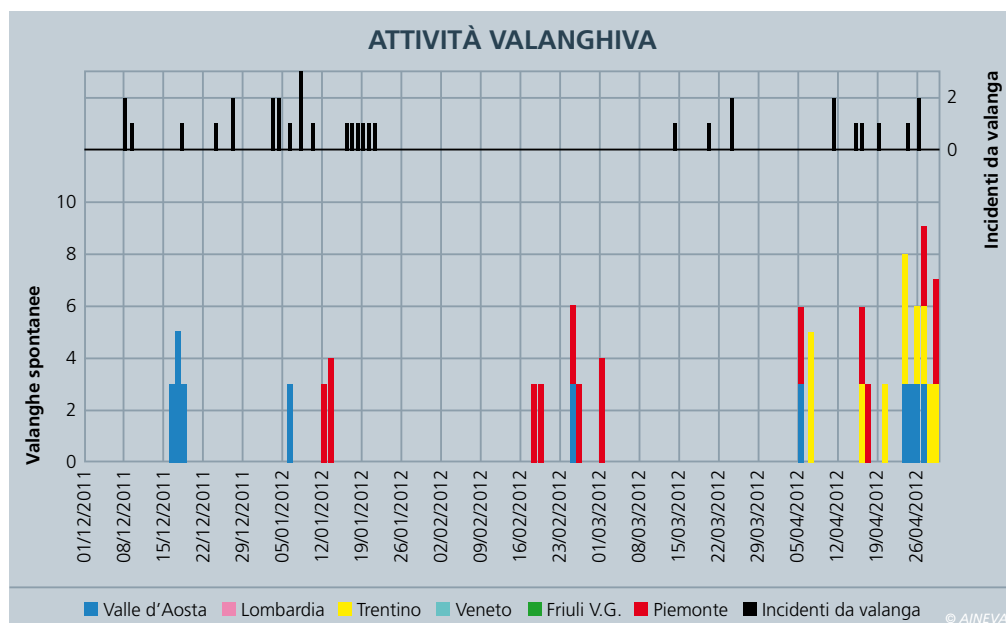


Fig. 11a - Utilizzo percentuale del grado di pericolo valanghe nei bollettini valanghe nelle ultime 5 stagioni invernali. Ogni stagione invernale ha le sue peculiarità che dipendono sia che dal cumulo stagionale di neve fresca, che dall'azione del vento.

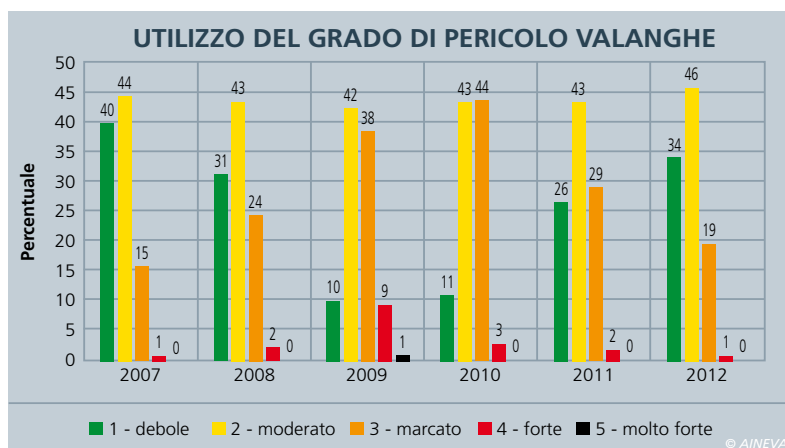
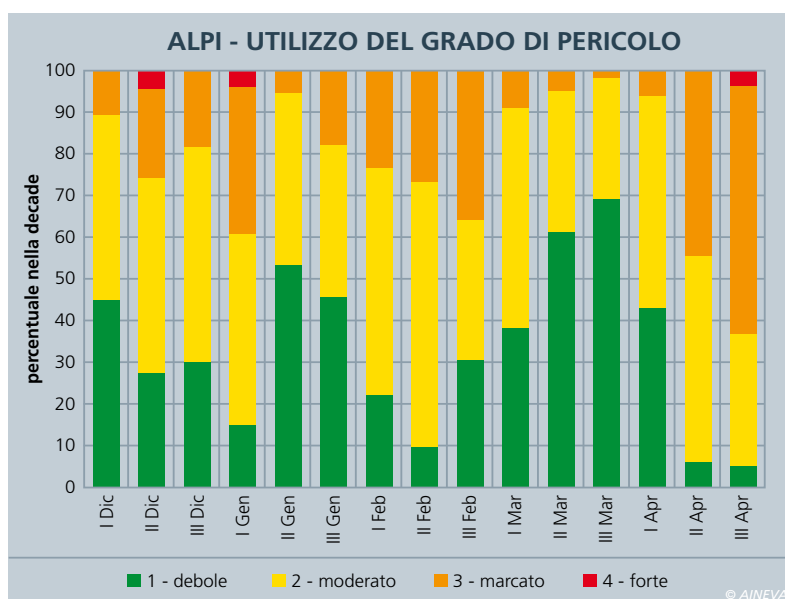


Fig. 11b - Utilizzo del grado di pericolo valanghe sull'arco alpino italiano per decade. I valori percentuali sono relativi alla 47 aree climatiche AINEVA. Si possono osservare le decadi in cui il grado di pericolo è stato forte, come i lunghi periodi in cui il grado prevalente è stato il debole.



Orobiche e Retiche (Lombardia).

INCIDENTI DA VALANGA SULLE ALPI

La stagione invernale 2011- 2012 sull'arco alpino, è stata caratterizzata, con 60 morti, dal minor numero di vittime degli ultimi 20 anni. In Francia le vittime sono state 14 a fronte di una media di 30 (media 1985-2011), in Svizzera 19 morti, 13 dei quali fra gli sci alpinisti (media 24), in Austria 17 (media 25) e in Italia solo 9 (media 19 dal 1985 al 2011).

In generale il maggior numero di morti è stato osservato fra gli sci alpinisti (26) seguiti dagli sciatori fuori pista (14).

In Svizzera, dopo gli incidenti mortali di dicembre 2011 e dei primi di gennaio 2012, non si hanno altri incidenti fino a fine gennaio (il 27).

In Francia il primo incidente mortale è di fine gennaio (29) e in Italia del 4 febbraio. I dati dell'Austria non sono ancora disponibili. Dopo questo periodo con pochi incidenti, fra il 4 e il 18 febbraio, una serie di incidenti mortali caratterizzano le 3 nazioni causando ben 14 vittime.

Segue poi un nuovo lungo periodo senza incidenti mortali che si protrae dal 24 febbraio (incidente su una via di comuni-





cazione in Svizzera) al 25 di marzo (Ortles, parete nord). Nel mese di aprile, fra il 3 e il 9 (4 morti fra Francia e Svizzera) e fra il 17 e il 28 (6 vittime in totale fra le 3 nazioni), avvengono ancora alcuni incidenti mortali. Sull'Arco Alpino i morti sono stati 3 alpinisti, 2 sciatori fuori pista e 4 scialpinisti dei quali 2 in Provincia di Belluno (Monte Cristallo), 5 in Provincia di Bolzano (3 in due incidenti a Solda e 2 ad Anterselva), 1 in Provincia di Torino (Val Susa) e 1 in Provincia di Aosta (Valgrisenche). Questi incidenti mortali sono avvenuti a febbraio, marzo, aprile e giugno.

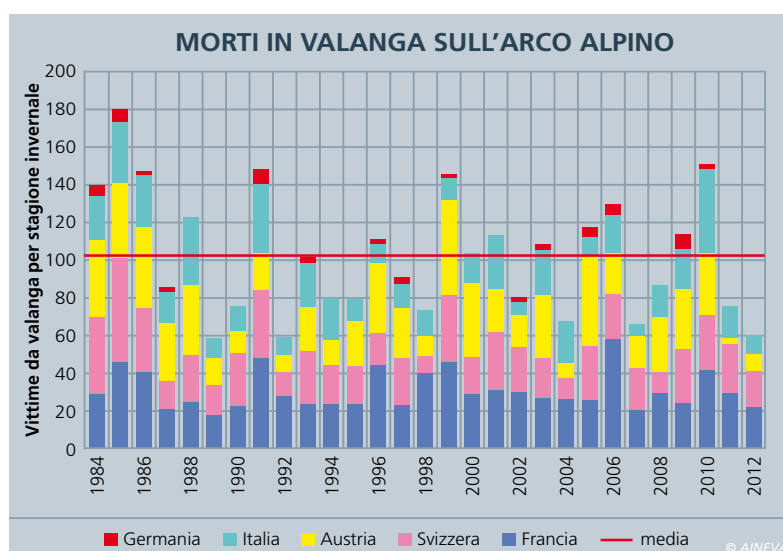


Fig. 12 - Vittime da valanga sull'arco alpino.

Bibliografia

- Cagnati A. (2003). Sistemi di Misura e metodi di osservazione nivometeorologici. AINEVA, Trento, 186 pp.
- Giuffrida A. e M.Conte. (1989). Variations climatiques en Italie: tendencies des temperatures et des precipitations. Publ. Ass. Int. Climatologie, 2. 209-216.
- Mercalli L., D.Cat Berro, S.Montuschi, C.Castellano, M.Ratti, G. Di Napoli, G.Mortara e N.Guindani. (2003) Atlante climatico della Valle d'Aosta. Regione Autonoma Valle d'Aosta. Aosta, 405 pp.
- Mercalli L., Cat Berro D. (2006) – Climi, acque e ghiacciai tra Gran Paradiso e Canavese. SMS, Bussoleno. 756 + XII pp.
- Valt (2009). Gli incidenti da valanga in Italia. Neve e Valanghe, 68
- Valt M. e Cianfarra P. (2009). Lo straordinario inverno del 2009. Neve e Valanghe, n. 67: 4- 15
- Valt M. e Cianfarra P. (2010). Recent snow cover variations and avalanche activities in the Southern Alps. Cold Regions Science and Technology Volume 64, Issue 2, November 2010, Pages 146-157.

Si ringrazia per la collaborazione:

- C.V.A. S.p.A. Compagnia Valdostana delle Acque, Direzione Dighe, Bacini, Traverse, Condotte - Linea Sicurezza Opere Idrauliche Via Stazione, 30. 11024 Châtillon (AO).
- Enel S.p.A. - Divisione Generazione e Energy Management -Area Energie Rinnovabili - Ingegneria Civile Idraulica, Unità di Idrologia, Via Torino 14, 30172 Mestre Venezia
- Daniele Cat Berro, Società Meteorologica Italiana, Castello Borello, 10053 Bussoleno (TO)
- Maria Cristina Prola, Mattia Falletto e Erika Soletto collaboratrice CFAVS. Regione del Piemonte- ARPA Piemonte, Dipartimento sistemi previsionali, Via Pio VII, Area 9, 10135 Torino
- Valerio Segor, Regione della Valle d'Aosta, Struttura assetto idrogeologico dei bacini montani - Ufficio neve e valanghe, Loc. Amèrique, n.33/A, 11020 Quart (AO)
- Alfredo Praolini, Flavio Berbenni, Regione della Lombardia, ARPA Lombardia, Settore Tutela delle Risorse e Rischi Naturali, U.O. Centro Nivometeorologico, Via Monte Confinale 9 - 23032 BORMIO SO
- Gianluca Tognoni, Provincia Autonoma di Trento, Ufficio Previsioni e Pianificazione, Via Vannetti, 41, 38122 TRENTO
- Fabio Gheser, Provincia Autonoma di Bolzano Ufficio Idrografico, Servizio Prevenzione Valanghe, Via Mendola 33, 39100 BOLZANO

- Daniele Moro, Luciano Lizzero, Gabriele Amadori - Regione Autonoma del Friuli Venezia Giulia, Direzione centrale risorse rurali, agroalimentari e forestali, Servizio del corpo forestale Settore neve e valanghe Via Sabbadini 31, 33100 UDINE
- Giuseppe Crepez, Renato Zasso, Anselmo Cagnati, Bruno Renon, Andrea Crepez, Gianni Marigo, Robert Thierry Luciani- Regione del Veneto, ARPA Veneto, DRST, Servizio Neve e Valanghe -Centro Valanghe di Arabba, Via Pradat, 5, 32020 Livinallongo del Col di Lana (BL)

Siti consultati

- www.aineva.it
- www.ikar-cisa.it
- <http://marcopifferetti.altervista.org/>

CISA IKAR 2012

Stefano Pivot
Ufficio Neve e Valanghe
Assetto idrogeologico dei bacini montani
Regione Autonoma Valle d'Aosta
s.pivot@regione.vda.it

L'annuale congresso della commissione internazionale del soccorso alpino CISA-IKAR si è svolto in Polonia a Krinica. E' stata l'occasione per fare un resoconto delle grandi valanghe mortali della stagione passata: nei pressi del fiordo Lyngen in Norvegia, nella zona al confine tra Jannu e Kashmir in Pakistan, al Manaslu in Nepal e al Mont Maudit nella catena del Monte Bianco, lato francese. Ricordiamo soprattutto il convegno di quest'anno per la preponderante ribalta dei nuovi software per smartphone e, più in generale, per internet, applicati al soccorso in valanga.



R

GRANDI VALANGHE MORTALI DELLA STAGIONE 2011-2012

L'anno 2012 ha visto il verificarsi di valanghe mortali che, a causa degli effetti, hanno riempito le cronache dei giornali. Il 19 marzo in Norvegia, 65 km a est di Tromsø, a monte del fiordo Lyngen, sei scialpinisti vengono travolti da una valanga di notevoli dimensioni; ecco alcune misure: al distacco è larga 700 m ed il lastrone è spesso fino a 2 m; la valanga percorre quasi 2 km. Gli scialpinisti facevano parte di un gruppo più ampio composto da 10 sciatori svizzeri, accompagnati da due guide francesi. L'orografia evidenzia la "trappola morfologica": la zona dell'incidente ha un pendio omogeneo, con un grande dislivello, che diventa un canale stretto nella parte bassa, facilitando i seppellimenti profondi. Tra i travolti solo uno sciatore è parzialmente sepolto, l'unico sopravvissuto, mentre tra le 5 vittime ben 4 sono sepolte tra 3 e 6 metri di neve ed una sotto 1,5 m. Nel momento del travolgimento la guida apre l'airbag,

ma viene comunque sepolta in profondità: sarà ritrovata sotto 6 m di neve, con gli sci ai piedi. E' il secondo incidente mortale in Norvegia, durante la stagione 2011-2012, in cui una persona travolta da valanga attiva l'airbag, ma ciononostante si ritrova sepolta in profondità.

Alle ore 2.00 del 7 aprile un'enorme valanga (dimensioni: 1,2 km x 1 km) di neve mista a ghiaccio e ghiaia scesa dal soprastante ghiacciaio travolge il campo militare pakistano collocato nella valle di Gayari, più precisamente sul ghiacciaio di Siachen. La zona, in precedenza disabitata, è occupata dai militari pakistani che controllano il vicino confine con l'India ed ha il triste primato di essere il campo di battaglia più alto del mondo, con truppe impegnate a sopravvivere in un ambiente ostile, utilizzate fino a 6700 m di quota. I soccorsi sono imponenti e la logistica è difficile, ma purtroppo si conteranno oltre 135 vittime, in gran parte soldati, ed anche undici civili.

Il mattino del 12 luglio una valanga travolge 23 alpinisti impegnati a salire il

pendio che conduce al Mont Maudit, sulla traccia che porta alla vetta del Monte Bianco, lato francese. L'incidente è stato ampiamente trattato dai media e quindi è ben conosciuto da tutti gli alpinisti: si contano 9 morti e 7 persone ferite. Al convegno è stato esposto il punto di vista della gestione del soccorso da parte della Gendarmerie, i cui uomini hanno dovuto sforzarsi tenacemente per proteggere la missione principale (il soccorso dei travolti) dalle varie ingerenze esterne: i "grandi capi" volevano essere informati degli eventi prima ancora che questi siano accaduti, i medici legali chiedevano di non spostare le vittime dalla zona di ritrovamento, i reporter volevano essere trasportati in elicottero al posto dei soccorritori, gli amici chiamavano per avere informazioni, dopo aver sentito la notizia in televisione, ecc.

Il 23 settembre 2012, di mattino molto presto, il crollo di un seracco innesca una valanga che travolge gli alpinisti che stanno dormendo nelle tende del campo 3 a 6800 m, lungo la via normale di



salita al Manaslu, l'ottava montagna più alta del mondo, nella catena montuosa dell'Himalaya in Nepal. L'alpinista polacco Jacek Jawien, presente in zona, racconta le vicende e fa alcune considerazioni: al campo base erano presenti ben duecento persone, tra cui molti alpinisti alle prime armi, membri di spedizioni commerciali. Pochi gli alpinisti equipaggiati con ARTVA e ancor meno le sonde disponibili, essenzialmente utilizzate per scegliere il posto migliore dove collocare la tenda o per cercare le tende sepolte dalle nevicate nei campi alti. Il giorno prima della valanga il tempo era ottimo, senza neve fresca. Le previsioni meteo (dall'Europa) prevedevano vento e neve fresca solo in alta quota, ma la notte è trascorsa nella quiete. Dopo la valanga regnava nuovamente la quiete, con meteo ottimale.

I soccorsi si sono attivati nella prima ora successiva all'evento, ma gli elicotteri sono arrivati solo molto tempo dopo perché, non essendoci una compagnia di soccorso alpino, è stato necessario l'intervento di una ditta privata, solo dopo aver sciolto il nodo principale: chi paga l'intervento? Nel frattempo al campo base era in corso una riunione con tutti gli sherpa per decidere se intervenire; dopo due ore di discussione, grazie anche alla mediazione di Russel Brice, si è trovato un compromesso.

L'incidente ha palesato la necessità di un soccorso organizzato con elicotteri, visto anche il numero crescente di persone che visitano l'Himalaya. Principalmente è necessaria la creazione di una centrale che riceva tutti gli allarmi e poi smisti le chiamate alle varie compagnie private di elicotteri; purtroppo il problema è prettamente politico e si risolverà negli anni.

AIRBAGS

L'Avalanche prevention center della Slovenia ha fatto un test sul campo per studiare il comportamento in valanga dei tre sistemi airbag presenti sul mercato: Mammüt lifebag, BCA Float e ABS Vario; in particolare si vuole capire se la forma dei palloni può influenzare il grado di seppellimento. Il filmato è disponibile



su youtube: <http://www.youtube.com/watch?v=xRd-tDos5Vg>. Tre manichini indossano l'airbag già aperto e vengono travolti da una valanga distaccata con esplosivo, con un'altezza media del deposito di 1,5 m. Purtroppo, essendo un unico test, non permette di avere dei risultati oggettivi, ma si evidenzia che nessun manichino si trova completamente sepolto o con la testa sotto la neve ed i palloni sono tutti visibili. Più il manichino si trova distante dal punto di partenza e più è sepolto in profondità.

In merito agli airbag è in corso uno studio approfondito, a livello mondiale, che si prefigge di verificarne l'effettiva efficacia, analizzando tutti gli incidenti da valanga che hanno visto coinvolte persone con airbag. AINEVA ha contribuito, fornendo le serie storiche dei dati italiani che confluiranno nel database mondiale, analizzato dal ricercatore Pascal Haegeli, i cui risultati saranno disponibili nel 2013.

ARTVA

Le organizzazioni di soccorso esprimono il loro problema nell'allenamento dei soccorritori: i numerosi modelli ARTVA presenti sul mercato si sono ormai specializzati, con funzioni e modalità differenti tra loro, rendendo più difficile trovare un'uniformità di insegnamento dei metodi di ricerca; chiedono quindi ai produttori di fare uno sforzo per trovare un punto d'incontro tra i vari prodotti.

Alcuni test pratici hanno analizzato le performance degli ARTVA digitali nei seppellimenti multipli. La Canadian Avalanche Association ha voluto verificare le capacità nella ricerca di 2 ARTVA ed i risultati sono stati nettamente migliori rispetto allo stesso test effettuato nel 2009, molto probabilmente perché questa volta hanno usato solo ARTVA digitali. Dopo 15' di allenamento specifico sul dispositivo utilizzato, le persone dovevano trovare 2 ARTVA sepolti in un campo di 50 x 30 m: si è visto che tra



- 1: distacco iniziale
- 2: distacco per simpatia
- 4: Deposito della valanga/
luogo di ritrovamento delle vittime
- 5: Soccorritori e elicottero
(EC 145 Gendarmerie)



i professionisti i risultati erano simili con tutti gli ARVA, con una differenza di circa 20 secondi, mentre tra i non professionisti la differenza, sempre minima, si attestava sul minuto. L'SLF e l'ANENA, in collaborazione con Manuel Genswein, hanno organizzato delle prove pratiche per testare la performance nella ricerca dei seppellimenti multipli, misurando i tempi per localizzare 3 ARTVA (in qualche caso 4), con tre differenti gruppi di utenti: i principianti in Svizzera a Davos, gli amatori esperti e i professionisti in Francia al Col du Lautaret.

Prima delle prove, tutti i partecipanti sono

stati sottoposti ad un allenamento specifico sul modello di ARTVA utilizzato (da 20 a 45 minuti) con un istruttore che spiega le specifiche funzionalità, i limiti e quindi i metodi di ricerca di riserva, da utilizzare per sopperire alle carenze dei dispositivi (per es. quando la funzione di marcaggio non è affidabile).

I risultati: i principianti trovano facilmente il primo ARTVA in circa due minuti. Purtroppo con 4 su 5 marche di ARTVA i principianti non sono stati in grado di localizzare il terzo ARTVA nel 33% dei casi, a causa dei problemi nella separazione dei segnali trasmettenti che, sovrapponendosi, evidenziano i limiti della tecnologia attuale. Gli amatori esperti e i professionisti spesso sono stati in grado di localizzare i 3 o 4 ARTVA; inoltre sono stati in grado di applicare con successo i metodi di ricerca di riserva, quando gli ARTVA avevano dei limiti o malfunzionamenti.

In conclusione si può affermare che le modalità più avanzate di ricerca digitale non

sono ancora affidabili al 100%. Inoltre si è visto che i soccorritori con un elevato livello di formazione sono maggiormente in grado di rilevare le carenze del dispositivo ed ovviare, applicando una soluzione tattica di ricerca alternativa per trovare i sepolti. Le strategie alternative di ricerca si sono dimostrate essenziali e devono quindi essere insegnate.

NUOVI SOFTWARE PER SMARTPHONE E INTERNET

Numerose proposte e novità in questo campo emergente, grazie alle moderne tecnologie che permettono nuove opportunità; tra le tante illustro quelle che sembrano più promettenti; riusciranno in pochi anni a rendere obsoleti gli ARTVA?

ISIS - Système Intelligent de Secours. Il giovane francese Malik Karaoui ha presentato il suo progetto, nato nel 2010 nell'ambito di una startup, ora in fase di test da sei mesi. Il progetto sfrutta

la tecnologia degli smartphone Iphone 4 e 5: doppia ricezione gps (satelliti americani e russi) con un affidabilità che varia da 1,5 a 10-15 m, accelerometro e giroscopio. Grazie all'interazione di questi strumenti, l'applicazione ISIS esamina la traiettoria di un travolto da valanga e, dopo un minuto dal travolgimento, fa partire un allarme alla centrale di soccorso ed a tre numeri a scelta dell'utente, il tutto senza nessun intervento umano, e in contemporanea emette un suono con lo scopo di assicurare il travolto. La stazione di soccorso può inviare una ricevuta di allerta: in questo caso il telefono utente emette un secondo suono, sempre con l'intento di rassicurare ulteriormente il travolto. Il messaggio di allarme contiene numerosi dati: le coordinate del travolto, lo storico dell'ultimo minuto di movimento della vittima e tutta una serie di dati, registrati dall'utente all'acquisto dell'applicazione, che facilitano il lavoro dei soccorritori (per es. dati medici quali gruppo sanguigno, eventuali allergie, ecc.). I soccorritori possono ricercare il travolto tramite il loro iphone: dapprima sfruttando la funzione gps e poi, negli ultimi 10 metri, tramite il bluetooth che, assicura l'ideatore, funziona fino a 2 metri sotto la neve e con una precisione centimetrica. Il sistema permette di isolare facilmente il segnale delle vittime, evitando i problemi tipici dei seppellimenti multipli, senza quindi alcuna interferenza, anche con un numero illimitato di travolti.

Infine, rispetto ai costi per un ARTVA, l'applicazione è economica: da 1,79 a 59 euro per una utilizzazione in Francia. Probabilmente l'applicazione si rivolge maggiormente ai frequentatori dei fuoripista nei pressi dei comprensori, poiché per funzionare deve avere un collegamento minimo (il tempo di un sms) con la rete telefonica.

UEPAA!! L'applicazione proposta dall'omonima società svizzera UEPAA si rivolge agli utenti bisognosi di soccorso, non solamente i travolti da valanga, che non possono chiamare perché impossibilitati fisicamente e perché nel posto dell'incidente non c'è connessione telefonica. Anche UEPAA sfrutta la tecnologia presente nell'Iphone 4 e 5: giroscopio, accelerome-

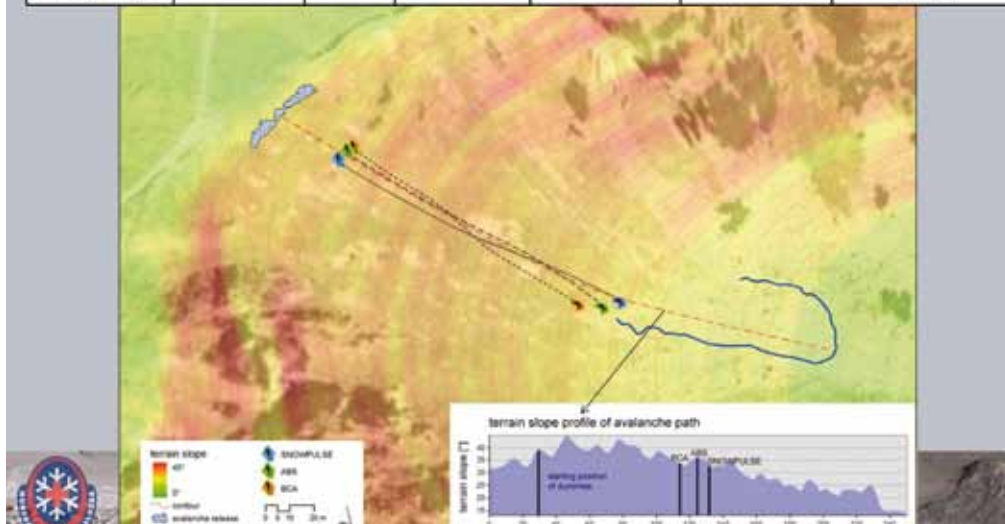
tro, microfono, gps, wi-fi. Oltre ad alcune funzioni simili a ISIS, UEPAA utilizza una diffusione "epidemic" del segnale di aiuto per ovviare alla mancanza di campo: tramite il telefono della persona bisognosa di aiuto, l'applicazione manda un messaggio a tutti i telefoni presenti in un raggio di 400 m e questi a loro volta diffondono in automatico il messaggio di aiuto quando si trovano nei pressi di altri telefoni, finché uno di questi riesce finalmente a collegarsi alla rete e avvisare la stazione di soccorso. Il progetto è sviluppato in partenariato con la REGA. Per ulteriori informazioni: ikar@uepaa.ch.

Infine l'istituto federale SLF ha presentato il nuovo bollettino neve e valanghe, in vigore da questa stagione dopo una sperimentazione biennale. Il bollettino sarà redatto due volte al giorno utilizzando solo i canali informatici: internet e l'applicazione White Risk per smartphone Android e Iphone; si abbandonano i canali classici quali fax e telefono, mentre viene maggiormente valorizzata la grafica. Sarà tradotto in quattro lingue, utilizzando un linguaggio più standardizzato e sfruttando uno specifico database per le traduzioni che utilizza un catalogo di cento frasi che, amalgamate fra loro, consentono di avere 1.000.000.000 di combinazioni.



Results

Dummy with:	Movement duration	Track	Average speed	Max. speed	Acceleration	Grade of burial
BCA Float 18L	14 s	114 m	8.1 ms ⁻¹	16.8 ms ⁻¹	3.72ms ⁻²	not buried
ABS Vario 25L	18 s	124 m	6.9 ms ⁻¹	18.6 ms ⁻¹	3.36ms ⁻²	partially/not buried
Mammut Lifebag 30L	20 s	132 m	6.6 ms ⁻¹	17.8 ms ⁻¹	3.56ms ⁻²	partially buried-not critical



INCIDENTI DA VALANGA

Le cifre, visibili nella tabella, riportano una stagione che, nell'arco alpino, è stata abbastanza tranquilla. Non voglio quindi snocciolare altri numeri, quanto riportare l'interessante punto di vista di Dale Atkins, l'attuale presidente dell'American Avalan-



che Association. Dale dapprima evidenzia il numero degli incidenti da valanga negli Stati Uniti, segnalando che i dati non sono molto cambiati durante gli anni, ma è piuttosto cambiato il perché. I veri problemi non riguardano l'airbag o l'avalung, ma piuttosto gli utilizzatori e come li usano: il 40% delle vittime erano esperti che conoscevano i pericoli ed hanno scelto di sciare con un manto instabile.

Dale ci fa capire meglio questi aspetti, analizzando due visioni contrapposte: la "Old school" e l'attuale "New school". Nella concezione della vecchia scuola gli sciatori utilizzavano il bollettino e l'educazione per evitare i pericoli; l'attrezzatura da autosoccorso era utilizzata solo a scopo precauzionale. Venire travolti da una valanga era considerato un errore o quantomeno una figuraccia. Nella "New school" i freeriders utilizzano i bollettini valanghe, l'educazione e l'attrezzatura di autosoccorso per andare oltre i limiti; essere travolti da una valanga "fa sem-

plicemente parte del gioco". "Mi ricordo quando negli opuscoli educativi si segnalava: stai lontano dai pendii ripidi!" dice Dale. "Adesso dire a un freerider di stare lontano dai pendii ripidi e come dire ad un golfista di stare lontano da un green pianeggiante". Non è una novità che i pendii ripidi siano sciati molto più frequentemente; quello che si dimentica è che l'attrezzatura migliore ha abbassato il livello di abilità richiesto, ma non ha fatto nulla per migliorare il livello di conoscenze. "Adesso vado a fare la mia gita tranquilla, torno a casa e guardo su Facebook e vedo qualcuno che ha sciato una "big line" da qualche parte, e mi sento quasi un perdente".

Se vogliamo veramente ridurre il numero d'incidenti da valanga, bisognerà quindi analizzare a fondo questa nuova mentalità e trovare degli strumenti educativi che possano modificare questa pericolosa visione, ormai diffusa tra noi amanti degli sport invernali.

STATISTICA CISA IKAR DEGLI INCIDENTI DA VALANGA MORTALI - Stagione 2011-2012

PAESI	PERSONE MORTE								TOTALE
	SCIALPINISTI (o snowboarder)	FUORIPISTA (Freeride)	SCI IN PISTA	ALPINISTI (Senza sci/ snowboarder)	SU VIE DI COMUNICAZIONE	IN EDIFICI	MOTOSLITTA	ALTRI	
Andorra									0
Bulgaria									0
Canada	3	4	0	0	0	0	3	0	10
Germania	1	0	0	0	0	0	0	0	1
Spagna									0
Francia	8	4	0	10	0	0	0	0	22
Gran Bretagna									0
Islanda	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Irlanda									0
Italia	4	2	0	3	0	0	0	0	9
Croazia									0
Liechtenstein									0
Norvegia	7	0	0	0	0	0	0	0	7
Austria	0	5	0	0	0	0	0	4	9
Polonia	1	0	0	0	0	0	0	0	1
Romania									0
Svizzera	13	3	1	0	1	0	0	1	19
Slovacchia									0
Slovenia									0
Svezia	0	0	2	0	0	0	9	5	16
Rep.Ceca									0
USA	8	10	2	4	0	0	10	0	34
TOTALE	45	28	5	17	1	0	22	10	128
PERCENTUALE	35,2	21,9	3,9	13,3	0,8	0,0	17,2	7,8	100,0

© AINEVA

INCIDENTI DA VALANGA IN ITALIA

La stagione invernale 2011/2012 è caratterizzata, lungo tutto l'arco alpino italiano, dalla penuria di neve fino al mese di aprile, eccezione fatta per le zone di confine con la Francia, Svizzera ed Austria, dove sono presenti buoni o ottimi quantitativi di neve e dove si verifica la maggior parte degli incidenti da valanga, peraltro ben al di sotto della media: 9 decessi contro una media di 18 decessi all'anno (media degli ultimi 25 anni), di cui ben 5 nella provincia di Bolzano dove, tra l'altro, nelle zone di confine con l'Austria in alcuni casi sono stati raggiunti i quantitativi massimi storici di spessore del manto nevoso. Pur non riguardando gli incidenti da valanga, è doveroso menzionare le nevicate eccezionali che hanno interessato l'Appennino, in particolare la zona dell'Emilia-Romagna dove, in dieci giorni di nevicate, sono caduti oltre tre metri di neve fresca a una quota di 280 m sul livello del mare, rendendo necessario l'intervento massiccio della Protezione Civile, Esercito, Vigili del fuoco, Corpo Forestale dello Stato e molti altri enti e volontari.

Ritornando agli incidenti da valanga, analizzando la ripartizione delle vittime per categoria, a scala nazionale, 4 sono scialpinisti, 2 praticavano l'heliski e 3 l'alpinismo; da notare che gli alpinisti deceduti non erano muniti di ARTVA, sia quelli che si muovevano ad inizio estate che in inverno.

Negli incidenti mortali relativi all'heliski entrambi gli sciatori erano dotati di airbag: in un caso lo sciatore ha azionato l'airbag, ma è stato trovato dai compagni con l'ARTVA, già morto a causa dei traumi subiti. Nel secondo incidente sono stati travolti due sciatori: il primo ha attivato l'airbag, finendo parzialmente sepolto e illeso; il secondo non ha provato nemmeno ad attivare l'airbag, ma ha tentato di fuggire lungo la massima pendenza. Completamente sepolto sotto 40 cm di neve, sarà ritrovato dai compagni dopo venti minuti, morto per asfissia.

In generale, il vantaggio dell'utilizzo dell'airbag è evidente: il maggior volume dato dai palloni permette di "galleggiare" nella valanga, per il principio fisico della segregazione inversa, riducendo il rischio di seppellimento.

Non bisogna però considerare l'airbag come la panacea universale, perché c'è anche il rovescio della medaglia, evidenziato in alcuni incidenti avvenuti in particolare in Canada e negli USA.

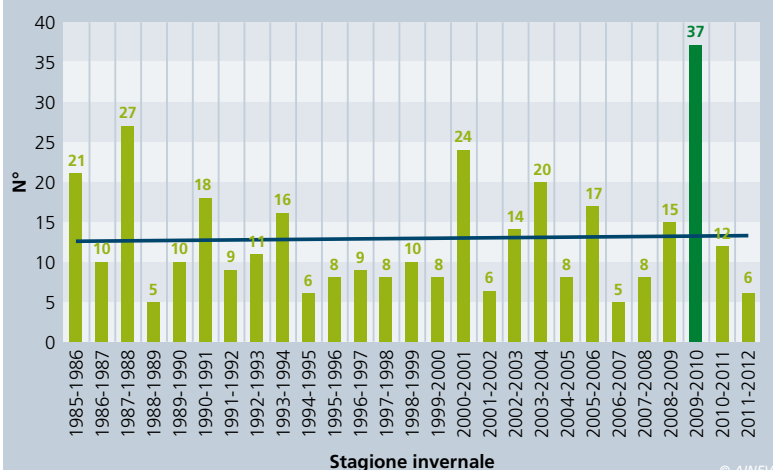
Il flusso superficiale della valanga è più veloce rispetto agli strati interni e quindi lo sciatore travolto, con l'airbag aper-

to, rimane maggiormente in superficie, con due risvolti: acquista una maggiore velocità, e quindi corre il serio rischio di impattare contro eventuali ostacoli in superficie (alberi e rocce) e sicuramente fa più strada, con il rischio di terminare la sua corsa in fondo a eventuali salti di rocce (si immagini la tipica configurazione orografica delle dolomiti, con canali improvvisamente interrotti da salti di rocce).

Insomma le cose si complicano: non basta acquistare e indossare un airbag, ma bisogna anche riuscire ad attivarlo al

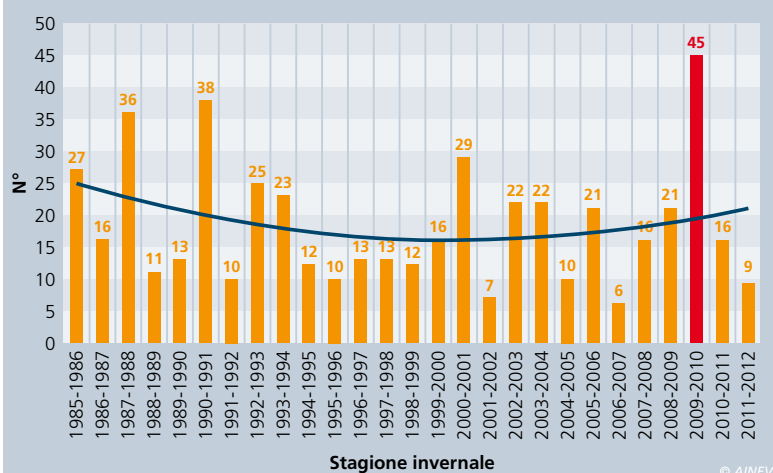
INCIDENTI DA VALANGA MORTALI IN ITALIA Stagioni 1986 - 2012

(in Italia in media ci sono 13 incidenti da valanga mortali all'anno)



VITTIME DA VALANGA IN ITALIA Stagioni 1986 - 2012

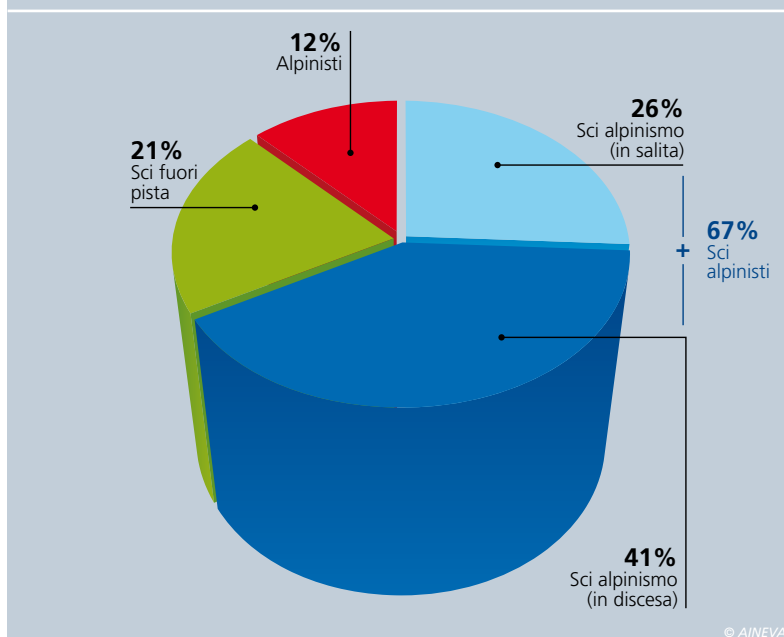
(in Italia in media, aritmetica, 18 persone muoiono ogni anno in incidenti da valanga)



VITTIME DA VALANGA PER REGIONE Stagione invernale 2011/2012



INCIDENTI DA VALANGA IN ITALIA PER CATEGORIA Stagione 2011-2012



momento giusto, ma anche valutare – in pochi secondi – se in quella situazione sia forse meglio non azionarlo.

Tornando alle statistiche, se consideriamo non soltanto le vittime, ma tutti i travolti in valanga, anche se illesi o feriti, suddivisi per categoria, notiamo che il 67% sono scialpinisti (26% in salita, 41% durante la discesa), il 21% sono sciatori fuoripista e il 12% sono alpinisti.

Quasi un incidente su tre (il 31%; n. 13 in-

cidenti) ha visto coinvolti degli stranieri; principalmente tedeschi e svizzeri.

Infine segnaliamo il caso di uno scialpinista solitario che durante la gita, per sfuggire al forte vento freddo, decide di scendere lungo un pendio più riparato e provoca il distacco di un piccolo lastrone in un'area globalmente povera di neve.

Il lastrone è formato da blocchi di neve molto compatti e quindi, nonostante lo sciatore sia completamente sepolto, ha a

disposizione parecchia aria; inoltre è ben vestito (era in discesa) e protetto dal vento e dal freddo: viene ritrovato vivo, solo lievemente contuso e ipotermico, dopo ben quattro ore!

Analizzando le serie storiche italiane degli incidenti mortali e delle vittime da valanga negli ultimi 27 anni (vedi grafici), si può notare che è pressoché impossibile individuare una tendenza chiara, perché le variazioni sono troppo altalenanti.

A fronte di un costante aumento dei frequentatori della montagna invernale (scialpinisti, freerider, snowboarder, ciaspolatori), in parallelo non è aumentato il numero delle vittime: il merito può essere attribuito al miglioramento della qualità delle misure di prevenzione (bollettini valanghe, campagne d'informazione e corsi di formazione), all'evoluzione e innovazione dei materiali tecnici e all'aumentata efficienza dell'autosoccorso e, in seconda battuta, del soccorso alpino.

Bisogna però frenare gli entusiasmi perché comunque il numero delle vittime non è nemmeno diminuito, ma si è mantenuto su valori costanti negli anni, inframmezzati da oscillazioni "casuali". Per esempio la serie storica degli incidenti mortali evidenzia 17 stagioni più "tranquille", con una media di 8 incidenti mortali, inframmezzate da 10 stagioni con una media di ben 21 incidenti mortali l'anno.

Stessa situazione per il numero di vittime: 16 stagioni hanno una media di 12 persone decedute all'anno, inframmezzate da 11 stagioni con una media di ben 28 vittime all'anno. Va ricordato il record negativo della stagione 2009–2010 dove si sono registrati ben 37 incidenti mortali con 45 decessi.

Tirando le conclusioni si può dire che, nonostante gli sforzi messi in atto dai vari enti e associazioni, con lo scopo di diminuire gli incidenti e le vittime da valanga, il loro numero è ancora principalmente correlato con il tipo di stagione nivometeorologica: condizioni del manto nevoso prevalentemente stabili sono foriere di stagioni con pochi incidenti e viceversa condizioni complesse e instabili registrano un alto numero di incidenti.

INCIDENTI DA VALANGA IN ITALIA Stagione 2011/2012

N	Data	Località	Prov	Regione	Cat	Grado di pericolo	Presenti	Travolti	Illesi	Feriti	Morti
1	10/11/2011	Serauta - Marmolada	TN	Trentino	1	/	3	1	1	0	0
2	13/11/2011	Valle Po - Canale Due Dita	CN	Piemonte	1	2	2	2	2	0	0
3	04/12/2011	Valle Orco - Costiera dell'Uja	TO	Piemonte	2	2	5	2	1	1	0
4	08/12/2011	Val di Fassa - Marmolada Punta Penia	TN	Trentino	5	2	3	3	1	2	0
5	08/12/2011	Vallaccia Corta	SO	Lombardia	1	2	11	1	1	0	0
6	09/12/2011	Val Rendena - Madonna di Campiglio cima Grostè	TN	Trentino	5	2	3	1	0	1	0
7	18/12/2011	Val di Fleres - Monte Muro	BZ	Alto Adige	2	3	2	1	1	0	0
8	24/12/2011	Monte Madonnino - Carona	BG	Lombardia	5	1	2	2	0	2	0
9	27/12/2011	Pizzo Cantone - Livigno	SO	Lombardia	2	2	3	1	1	0	0
10	27/12/2011	Val di Racines - cima alta di Montecroce	BZ	Alto Adige	2	3	2	1	0	1	0
11	03/01/2012	Monte Lussari	UD	Friuli V. Giulia	3	3	8	1	1	0	0
12	03/01/2012	Val di Fleres - Bodnerberg	BZ	Alto Adige	2	3	12	3	3	0	0
13	04/01/2012	Valle Susa-monte Sises Sestriere	TO	Piemonte	2	2	2	1	1	0	0
14	04/02/2012	Valle di Anterselva - Passo Stalle	BZ	Alto Adige	2	2	2	2	0	0	2
15	05/02/2012	Montebello - Foppolo	BG	Lombardia	1	2	2	1	1	0	0
16	06/02/2012	Sesvenna - Schwarze Wand	BZ	Alto Adige	1	2	4	4	0	4	0
17	08/02/2012	Valdigne - Testa dei Fra - lato Vertosan	AO	Valle d'Aosta	2	2	2	2	1	1	0
18	08/02/2012	Velturino - Cima del Pascolo	BZ	Alto Adige	2	2	1	1	0	1	0
19	08/02/2012	Vallone Vallecetta - Valdisotto	SO	Lombardia	3	3	4	1	1	0	0
20	10/02/2012	Valle Susa-Cima Appenna	TO	Piemonte	3	3	17	1	0	0	1
21	16/02/2012	Chiesina S.Colombano - Valdisotto	SO	Lombardia	1	3	3	2	2	0	0
22	17/02/2012	Monte Bianco - Punta Helbronner - Canale del cesso	AO	Valle d'Aosta	3	2	2	1	0	1	0
23	18/02/2012	Monte Cristallo - Canale Bernardi - Cortina	BL	Veneto	1	2	2	2	0	0	2
24	18/02/2012	Val Formazza - Corno Bruni	VB	Piemonte	2	3	3	3	3	0	0
25	19/02/2012	Valle Aurina - Sattelspitz	BZ	Alto Adige	2	3	2	1	0	1	0
26	20/02/2012	Val di Fleres - Lotterscharte	BZ	Alto Adige	1	3	1	1	0	1	0
27	21/02/2012	Valle Aurina - Monte Chiusetta	BZ	Alto Adige	3	3	3	1	1	0	0
28	15/03/2012	Valle Aurina - Casere - Heilig Geist Joch	BZ	Alto Adige	2	2	3	1	1	0	0
29	21/03/2012	Valle Aurina - Rauchkofel	BZ	Alto Adige	2	2	3	1	1	0	0
30	25/03/2012	Solda - Ortles parete nord	BZ	Alto Adige	5	2	4	4	0	2	2
31	25/03/2012	Val di Fleres - Cime Bianche di Telves	BZ	Alto Adige	2	2	2	1	1	0	0
32	12/04/2012	Vallone Vallecetta - Valdisotto	SO	Lombardia	3	3	3	3	3	0	0
33	12/04/2012	Val di Fleres - Schneetalscharte	BZ	Alto Adige	1	3	2	1	0	1	0
34	12/04/2012	Pizzo Suretta - Madesimo	SO	Lombardia	3	3	2	1	1	0	0
35	16/04/2012	Valsavarenche - colle del Gran Paradiso	AO	Valle d'Aosta	1	3	4	4	4	0	0
36	17/04/2012	Val d'Ayas - colletto Punta Centrale Breithorn	AO	Valle d'Aosta	2	3	9	3	3	0	0
37	17/04/2012	Valsavarenche - canale sotto col Basei	TO	Piemonte	2	3	16	1	1	0	0
38	20/04/2012	Valgrisenche - Vallone Grand Revers	AO	Valle d'Aosta	3	3	6	2	1	0	1
39	21/04/2012	Valle Vermenagna-punta Campaola	CN	Piemonte	1	2	4	1	1	0	0
40	25/04/2012	Val dei Mocheni - Gronlait	TN	Trentino	2	3	3	1	0	1	0
41	28/04/2012	Solda - Val Rosim	BZ	Alto Adige	3	3	2	1	1	0	0
42	28/05/2012	Solda - Parete Nord dell'Ortles	BZ	Alto Adige	5	/	6	6	2	4	0
43	25/06/2012	Solda - Gran Zebrù	BZ	Alto Adige	5	/	2	2	1	0	1
44	13/09/2012	Ghiacciaio Dosegù - Valfurva (SO)	SO	Lombardia	5	/	2	2	2	0	0
Totale							179	78	45	24	9

1 - Sci alpinista in salita
2 - Sci alpinista in discesa

3 - Sciatore fuori pista
4 - Sciatore in pista

5 - Alpinista
6 - Persona su via di comunicazione

7 - Persona in abitazione
8 - Altre situazioni

© AINEVA

VALANGHE e FORESTE di PROTEZIONE

Lucia Caffo
dottore forestale
CFAVS Consorzio Forestale
Alta Valle Susa
Via Pellousiere n. 6
10056 Oulx (TO)

Gli eventi valanghivi di importante intensità accaduti nell'inverno 2008-2009 hanno messo in luce problematicità legate sia alla sicurezza delle persone che delle infrastrutture e del territorio in generale. Lo studio delle foreste di protezione diretta, in seguito a molte osservazioni empiriche, ha evidenziato il verificarsi di eventi distruttivi all'interno di popolamenti forestali, fonte di nuove riflessioni e dalle forti ricadute in termini pratici. I comuni di Venaus e Giaglione, nella media Val di Susa, sono soggetti alla caduta di valanghe che si originano sui pascoli d'alta quota del versante orientale della Punta Mulatera, al di sopra del limite del bosco. La valanga del Rio Supita percorre uno stretto canalone, mentre la valanga Martina scende con un fronte di m 200 nel sottostante bosco di larici e faggi, interrompendo dapprima la Strada Statale n. 25 del Moncenisio e giungendo in prossimità dell'abitato di Venaus.

A seguito delle valanghe del dicembre 2008 è stato redatto un Piano di Emergenza di Protezione Civile per il Rischio Valanghe (Neve e Valanghe n. 70, agosto 2010), cui ha fatto seguito la predisposizione e il posizionamento di 5 aste nivometriche, ad integrazione del preesistente sistema di monitoraggio del manto nevoso costituito da una stazione di rilevamento automatico del manto nevoso presso le Grange Martina, installata durante le XX Olimpiadi Invernali Torino 2006 (ARPA Piemonte). Successivamente sono stati effettuati rilievi nivometrici settimanali durante le stagioni invernali (a cura del CFVAS) e tesi di laurea per una migliore comprensione dell'evento valanghivo mediante osservazioni "a posteriori".

Dalla breve descrizione dello stato di fatto emerge come il ruolo di protezione delle foreste sia esiguo nella zona di transito delle valanghe, tuttavia l'assenza di copertura forestale lungo un versante determina la presenza di nuove aree di distacco potenziale, anche a quote piuttosto basse, quindi con maggiore probabilità di presenza di neve ad alta densità a causa di temperature mediamente più elevate e la probabilità di pioggia mista alla nevicata.

Keywords – lastroni di neve dura, lastroni di neve soffice, valanga, foreste di protezione, monitoraggio



LA FORMAZIONE DI VALANGHE IN VERSANTI BOSCATI

Le *valanghe catastrofiche* sono eventi estremi con tempi di ritorno generalmente lunghi che avvengono in condizioni di nevicate eccezionalmente abbondanti, forti venti, temperature molto basse o neve mista ad acqua. Si originano raramente in aree forestali. Spesso la loro zona di distacco è soprastante il limite del bosco o in popolamenti estremamente radi e scorrono lungo percorsi storici, generalmente lungo canali che attraversano le foreste. Tra i fattori che condizionano il distacco di valanghe in foresta importanti sono la distribuzione, il portamento e la specie degli alberi presenti nella zona di distacco potenziale, la microtopografia, dei luoghi, la presenza di erba, arbusti e ceppaie e, necessariamente il metamorfismo del manto nevoso. Le foreste ad elevata densità di alberi, con presenza di esemplari adulti, offrono un'ottimale protezione contro lo scivolamento del manto nevoso, che viene accresciuta se

si tratta di specie a foglia persistente quali abeti e pini, le cui chiome sono in grado di trattenere la neve durante la precipitazione, che raggiunge il suolo in momenti successivi stabilizzando il manto nevoso. Inoltre in foreste a "copertura colma" le variazioni della temperatura dell'aria sono meno repentine e non si raggiungono i valori estremi che si registrano in ambiente aperto a parità di quota ed esposizione. La presenza di alberi influisce sulla stratificazione del manto nevoso: l'accumulo di neve durante la precipitazione, le sue trasformazioni legate ai metamorfismi e l'interazione con gli strati più vecchi differiscono significativamente rispetto ai versanti aperti. La microtopografia è data dalla presenza di rocce, ceppaie, avvallamenti o dossi di limitate dimensioni, che caratterizzano i versanti e in modo particolare le foreste. Tali formazioni vengono generalmente coperte e rese invisibili dalla presenza del manto nevoso, tuttavia hanno effetti stabilizzanti in quanto creano zone di tensioni differite su superfici di ridotta estensione.

Anche sul medio e lungo periodo si osservano differenti velocità di metamorfismo e scioglimento del manto nevoso, che interrompono la continuità di un potenziale lastrone. Al contrario, la presenza di copertura arbustiva in assenza di copertura forestale, potrebbe favorire la formazione di strati deboli nel manto nevoso in prossimità del suolo e, a causa dell'elasticità dei fusti, non offre grande resistenza contro gli scivolamenti del manto nevoso. Analogamente, la presenza di praterie di grande estensione su versanti ripidi genera piani di scivolamento che, se privi di altri ostacoli, sono un substrato favorevole al rapido scorrimento di masse nevose. La presenza, anche localizzata, di rocce, alberi, ceppaie e altri tipi di vegetazione limita la potenziale area di frattura e distacco di un lastrone.

La possibilità che si verifichi un distacco di lastre di neve si osserva in modo particolare quando entro un intervallo relativamente breve di tempo, in genere 3 giorni consecutivi, cadono quantitativi di neve fresca considerevoli (con spessore del manto nevoso superiore ad 1 m) oppure vi sono accumuli di neve trasportata dal vento. L'accumulo eolico dipende quindi dall'orientazione del versante rispetto alla direzione dei venti prevalenti, dalla pendenza e dall'uso del suolo. Nelle foreste è difficile avere accumuli da vento, in quanto le chiome degli alberi innalzano il flusso del vento al di sopra dell'altezza della foresta, che viene minimamente attraversata dalle correnti.

A seguito degli apporti di neve il profilo stratigrafico del manto è solitamente caratterizzato da una superficie di discontinuità che separa la nuova precipitazione dalle vecchie nevicate. Tale discontinuità può essere rappresentata da uno strato di brina di superficie, da croste da vento o da fusione e rigelo, o semplicemente da un diverso grado di metamorfismo dei cristalli e da un conseguente diverso addensamento. La distribuzione del nuovo carico di neve, la pendenza del versante, le caratteristiche locali della superficie del manto nevoso e la deformabilità degli strati di contatto con la nuova precipita-

Fig. 1 - Distacco di lastrone all'interno di radure entro il limite del bosco, Giaglione, novembre 2012.



zione determinano le forze di trazione e compressione lungo lo strato debole. Una nuova precipitazione, l'innalzamento termico o il passaggio di uno sciatore o di un animale possono innescare il distacco del lastrone, che avviene lungo fratture che si propagano velocemente lungo il versante. Tralasciando la descrizione dei meccanismi di formazione e di distacco dei lastroni, ampiamente trattato in riviste e testi specialistici, è interessante soffermarsi sulle loro caratteristiche dimensionali e geometriche.

In un manto a bassa densità, mentre si formano lentamente sporadici nuovi legami tra i cristalli dovuti al metamorfismo e alla sinterizzazione, si può verificare una frattura iniziale causata dalla rottura dei legami tra i singoli cristalli di neve come risposta alla sollecitazione al taglio dello strato debole. La sollecitazione comporta grandi tensioni locali che non si diffondono sull'intero profilo, mentre i rimanenti legami non riescono a trasferire la sommatoria delle tensioni dal lastrone verso gli strati sottostanti di neve più vecchia. In queste condizioni iniziali gli strati immagazzinano poca energia e la frattura non si propaga in modo significativo oltre gli strati deboli. Inoltre l'aumento della densità degli strati superficiali del manto nevoso o la presenza di ceppi o rocce che impediscono la deformazione degli strati di neve più vecchia, determinano un aumento della probabilità di innescare della frattura a livello del solo strato debole. Per valori ricorrenti di viscosità, pendenza del versante e densità degli strati, l'estensione minima delle zone a bassissima resistenza che possono determinare la lenta propagazione della frattura è di alcuni metri.

Senza entrare nel merito di cosa sia un lastrone e di come si sviluppi, argomenti ampiamente trattati nei manuali di settore, ci basti comprendere definire quali siano le dimensioni minime che deve avere un lastrone e la continuità di uno strato debole, unitamente alle altre condizioni precedentemente elencate, per poter determinare la formazione di una valanga a lastroni.



Dalla letteratura sappiamo che l'ampiezza laterale dello strato debole, al di fuori dell'influenza di ogni ostacolo (rocce, ceppaie,...) deve essere di almeno 10 volte lo spessore del lastrone. (Gubler, 1991). La presenza di ceppaie e rami all'interno del manto nevoso, di neve compatta sotto la copertura delle chiome, di arbusti, rocce e piccoli terrazzamenti ostacolano fortemente la deformazione del manto nevoso, agendo quali naturali strutture di sostegno. Ogni ostacolo o compattazione del manto che riduca la velocità di fratturazione fino approssimativamente a zero su una distanza, parallela alle curve di livello, larga almeno 3 volte lo spessore del lastrone ha un enorme effetto stabilizzante.

In tal senso una foresta o anche solo le ceppaie agiscono come naturali barriere da neve, in relazione chiaramente alle dimensioni e alla distribuzione territoriale di tali elementi. Si deduce quindi che la probabilità che si manifestino nel bosco, seppure rado, tutte le condizioni per avere lastroni sufficientemente ampi in grado di staccarsi per dare origine a valanghe catastrofiche è molto bassa, ma non assente (Fig.1).

EFFETTI DI UNA VALANGA SUL BOSCO

Le osservazioni presentate nel presente documento sono condotte con particolare riferimento alle valanghe che hanno interessato i comuni di Venaus e Giaglione ed altri fenomeni osservati in Alta Valle Susa, su valanghe a lastroni che hanno coinvolto la foresta e potenzialmente possono interessare infrastrutture e centri abitati, con area di distacco caratterizzata da quote relativamente basse (da 1700 a 2400 m s.l.m.), venti di forte intensità riconducibili principalmente a fohn, pendenze del versante comprese tra 30° e 45°, alta probabilità di nevicate di neve pesante, in relazione al regime climatico locale (Fig.2). L'analisi dell'interazione delle valanghe con le foreste di protezione è in parte frutto del Progetto di cooperazione territoriale Italia – Francia (Alcotra) 2007/2013, e in parte oggetto di approfondimenti bibliografici e applicativi nel caso reale delle valanghe nei comuni di Giaglione e Venaus.

Le foreste svolgono una funzione di protezione generica o indiretta, che si esprime nei confronti della conservazione del

Fig. 2 - La valanga e l'abitato di Venaus (TO).

Fig. 3 - Stima dei principali parametri di una valanga che attraversi la foresta in relazione all'altezza del manto nevoso instabile (Gubler, 1991). Densità della foresta: B - bassa densità (massima distanza tra gli alberi 11 m) e A - alta densità (massima distanza tra gli alberi di 5.5 m).

ALTEZZA DELLA FRATTURA (TEMPO DI RITORNO)	DENSITÀ DELLA FORESTA	LIMITE A 30kPa (m)	DISTANZA DI ARRESTO DELLA VALANGA (m)
1.5 (300 anni)	B	80	200
	A	15	50
0.8 (30 anni)	B	40	80
	A	0	33

© AINEVA

Fig. 4 - Larici danneggiati dai movimenti lenti del manto nevoso e dal transito di valanghe.



Fig. 5 - Potenziale distruttivo di valanghe che coinvolgono foreste alla velocità critica di 18 m/s. In funzione del tipo di bosco, della pendenza del versante e del confinamento, la valanga può resercitare forze critiche sugli alberi posti già a poche decine di metri a valle del distacco. Densità della foresta: Massima distanza tra gli alberi di 11 m (B-bassa densità) e di 5.5 m (A-alta densità). Forze calcolate per alberi di diametro di 30 cm e per un'altezza di scivolamento del manto nevoso di 1 m: bassa <100 kNm - nessun danno (N); critica tra 100 e 140 kNm (C); intensa e superiore a 140 kNm, con ribaltamento degli alberi (I). (Gubler, 1991, modificato).

ALTEZZA DELLA FRATTURA (m)	PENDENZA DEL VERSANTE (°)	DENSITÀ DELLA FORESTA	ALTEZZA DEL FLUSSO (m)	FORZA (kNm)
1.5	30	B	1.6	N
	30	B	2.2	C
	35-40	B	1.4-1.5	C
	30-40	A	2-2.2	N
	40	A	2.7	C
1.3	30-40	A	3.6-6.8	I
	30-35	B	1.4-1.5	N
	35	B	1.3-1.9	C
	30	B	1.7	I
	30-40	A	1.8-2	N
1.1	35-40	A	3.2-3.4	C
	35	A	5.5	I
	30-40	B	1.1-1.3	N
	40	B	1.6	C
	35	B	2.1	I
0.9	40	A	2.9	C
	35-40	A	4.5-4.8	I
	40	B	1.9	I
0.8	40	A	>3	C
	40	A	1.6	C

© AINEVA

tezione diretta ha come scopo principale la tutela della vita dell'uomo e delle sue attività, degli insediamenti, delle attività economiche, delle infrastrutture (AAVV, Selvicultura nelle foreste di protezione, 2006). Mentre i parametri di stabilità del manto nevoso, quali la coesione e l'attrito interno, dipendono dalle caratteristiche intrinseche del manto e, per situazioni estreme, anche dal clima regionale, le ampiezze delle fratture che causano valanghe estreme e i rispettivi tempi di ritorno possono essere legate prevalentemente alla pendenza del versante nella zona di distacco.

I parametri critici che determinano il raggiungimento delle forze dinamiche sono l'altezza del flusso e la velocità del flusso. Tali parametri dipendono dall'altezza della frattura, dalla pendenza della zona di distacco, dal tipo di neve, dalla rugosità del piano di scivolamento, dalla morfologia del tracciato (incanalato o versante aperto) e dalla superficie del lastrone.

Il modello di Voellmy-Salm (Salm, 1990) è utile per stimare i parametri critici di eventi estremi e viene utilizzato anche per le modellizzazioni di fenomeni valanghivi. Uno dei parametri di attrito utilizzato nel modello è strettamente legato alla densità della foresta per quanto concerne il numero di piante, il loro diametro e l'altezza del flusso della valanga.

Abbiamo visto che le valanghe a lastroni possono avere inizio solo su versanti ripidi, in foreste a bassa densità o in aperture della copertura forestale sufficientemente ampie. Maggiormente è acclive l'area di distacco, minori sono le dimensioni della zona di distacco necessarie affinché esso si verifichi, minore, in teoria, è lo spessore del lastrone necessario per dare origine ad un evento estremo.

A causa del parziale ancoraggio del lastrone nella zona di distacco, le altezze di frattura che determinano eventi estremi su pendii ripidi possono essere raggiunte principalmente su versanti aperti. L'analisi sperimentale porta ad angoli compresi tra 35° e 45° per il distacco di grandi valanghe (Fig.3). La densità delle foreste e la dimensione dei fusti sono parametri

suolo dall'erosione diffusa o incanalata, ma in alcuni casi esse svolgono anche una funzione di **protezione diretta** nei confronti dei pericoli naturali quali valanghe, caduta massi, scivolamenti superficiali e lave torrentizie. In questo caso la foresta agisce sia impedendo il verificarsi dell'evento, sia mitigandone l'effetto. La pro-

necessari per comprendere quale possa essere il ruolo dei popolamenti forestali in caso di valanga.

Le osservazioni condotte dal CFAVS nell'ambito delle proprie attività e supportate da documentazione bibliografica mostrano che i tronchi di diametro inferiore a 30 cm si possono spezzare, mentre i fusti maggiormente flessibili e i giovani alberi possono sopravvivere al flusso della valanga (Fig.4). La tabella di Fig.5 mette in correlazione l'altezza della frattura (altezza del manto nevoso instabile), la pendenza del versante e la densità della foresta, parametri che possono essere indagati in campo, con elaborazioni che determinano la probabile altezza del flusso della valanga e la forza risultante della valanga con i possibili effetti sul popolamento forestale. La tabella mostra come i lastroni di spessore superiore a 1 metro che si staccano su versanti a pendenza superiore a 30° possono raggiungere forze di impatto dai valori critici o intensi, portando al grave danneggiamento o distruzione del popolamento forestale, a prescindere dalla densità dello stesso, anche con altezze di scorrimento che non raggiungono valori elevati. Solamente un pendio di lunghezza inferiore a 50 m con meno di 10° di pendenza che ospita una foresta ad elevata densità è in grado di fermare ogni tipo di valanga. Nel momento in cui una valanga distrugge una foresta, i tronchi intrappolati nella massa nevosa in movimento incrementano il potere distruttivo della valanga in

modo significativo. Se una foresta priva di canali viene danneggiata da una valanga, altre valanghe di elevata intensità potranno ancora avere luogo sullo stesso versante, interessando ulteriori porzioni di foresta ed eventualmente estendersi a zone un tempo maggiormente protette dall'esistenza del bosco. Le valanghe di dimensioni inferiori al livello critico con altezza del flusso inferiore a 1.3 m che penetrano in una foresta con pendenza inferiore a 40° non dovrebbero causare danni al popolamento forestale, se non sono incanalate. Tale fenomeno, oltre che citato in bibliografia, è stato osservato nel 2011 nel Parco Gran Bosco di Salbertrand, quando una valanga a lastroni, di cui non si è potuto verificare lo spessore del distacco, ma dal fronte largo alcune centinaia di metri, ha attraversato un lariceto con struttura a grandi diametri, senza arrecare danno alla foresta.

Allo stesso modo nel 2008, lungo i margini di grandi valanghe (Exilles, Loc. Solliet), in primavera era ancora possibile osservare abbondanti accumuli di rami e altri materiali trasportati dalla valanga accumulati a monte di larici di grande diametro, che non hanno subito danni (Fig.6). Valanghe con altezza di flusso superiore a 1.3 m che attraversano una foresta a bassa densità con pendenze superiori a 35° possono sradicare gli alberi. Per quanto concerne le forze in gioco durante un evento valanghivo si può infine osservare che in foreste ad elevata densità il transito di valanghe non dannose per la copertura forestale non evolverà in valanghe dannose se non sono incanalate. La riduzione della sezione di transito (imbocco di un canale) può incrementare la velocità del flusso della massa nevosa e aumentare l'altezza del flusso oltrepassando i valori critici, dando



Fig. 6 - Exilles, lariceto attraversato da valanga senza danneggiamento della foresta (accumulo di rami trasportati dal flusso a monte dei tronchi).



Fig. 7 - Particolare di asta nivometrica in prossimità di gruppi di alberi deformata dai movimenti lenti del manto nevoso all'interno di un accumulo da vento su versante acclive - anno 2012.

origine ad un fenomeno pericoloso non solo per i popolamenti forestali coinvolti e eventualmente distrutti, ma soprattutto per le infrastrutture e le attività antropiche intercettate. L'effetto stabilizzante del manto nevoso esercitato dalla foresta, come descritto nei paragrafi precedenti, si esaurisce entro pochi metri dal limite del bosco, pertanto ogni apertura nella copertura forestale, compatibilmente con l'estensione della radura e con la pendenza del versante, costituisce una potenziale area di distacco e una zona in

cui i movimenti lenti del manto nevoso risultano determinanti (Fig.7).

Una singola valanga può distruggere da pochi alberi fino a 100 ha di foresta in funzione delle dimensioni del distacco, della dinamica, del tempo di ritorno e delle caratteristiche morfologiche della zona di scorrimento ed accumulo.

Gli effetti di una valanga sul singolo albero sono strettamente correlati all'altezza, al diametro ed alla flessibilità del fusto associabile alle caratteristiche delle differenti specie.

Piccoli alberi, di altezza inferiore ai 5 m, sono solitamente caratterizzati da elevata elasticità e, piegandosi, possono sopportare le pressioni esercitate dalla massa di neve in movimento.

I diametri a petto d'uomo critici per le più comuni specie arboree dalla fascia sub-alpina sono quelli compresi tra 6 e 14 cm: in questo intervallo il fusto tende a spezzarsi completamente.

La rottura parziale del fusto avviene con diametri leggermente superiori, ad esempio tra i 15 ed i 20 cm per abete rosso, larice o pino cembro.

Il punto di rottura del fusto lungo il tronco è solitamente situato ad un'altezza inferiore ai 2 m.

Tuttavia, in caso di valanghe nubiformi, la rottura può avvenire ad altezze decisamente superiori.

I valori di pressione critici per la rottura del fusto sono stati prevalentemente desunti da modelli teorici ed osservazioni sul campo: essi dipendono dal diametro dei tronchi e sono compresi **tra i 10 ed**

i 50 kPa per valanghe radenti, mentre valori solitamente inferiori a 3–5 kPa sono tipici delle valanghe nubiformi in quanto queste ultime coinvolgono con la loro forza d'impatto anche la chioma.

E' interessante sottolineare come suddette forze siano riscontrabili anche per valanghe relativamente piccole, con uno sviluppo della zona di scorrimento appena superiore ai 50 m: queste possono provocare pressioni d'impatto sufficienti alla rottura o allo sradicamento degli alberi, sebbene su limitate superfici. In seguito al transito di un unico evento valanghivo in foresta si possono osservare zone in cui gli alberi sono sradicati, altre in cui sono stroncati a pochi metri di altezza, fino alla zona di accumulo con ammassamento del materiale trasportato e talora è possibile il transito del flusso della valanga in foresta a limitata pendenza del versante senza ormai arrecare danni (Exilles, Grange della Valle, 2004). Maggiore è la variabilità della zona di transito (versante aperto, sezioni ristrette, salti di roccia, coperture forestali appartenenti a differenti tipi strutturali), maggiore sarà la possibilità che si verifichino interazioni eterogenee tra la valanga e la foresta (Fig.8).

In aree valanghive caratterizzate da dimensioni molto estese e/o tempi di ritorno relativamente brevi, i tassi di sopravvivenza, di accrescimento e il portamento dei fusti risultano fortemente condizionati dall'attività valanghiva. La risposta del popolamento forestale al passaggio di una valanga può quindi tradursi in un aumento della complessità della struttura e della composizione specifica, in un maggiore numero d'individui a portamento prostrato o con chioma a bandiera, nella presenza di alberi sciabolati o con danneggiamenti nei primi metri del fusto, diametri ed altezze inferiori, tassi d'accrescimento annui più lenti, dominanza di specie eliofile e minori densità di piante/ettaro. Le valanghe sono importanti agenti modificatori del paesaggio e in alcuni casi possono abbassare il limite superiore del bosco al di sotto di quello teoricamente imposto dalle condizioni climatiche locali. Da un punto di vista prettamente ecolo-



Fig. 8 - Gruppi di larici danneggiati dai movimenti lenti del manto nevoso sul limite di zone di scorrimento di valanghe.



Fig. 9 - Limite del bosco ed ampie radure con possibile distacco di valanghe di piccole e medie dimensioni entro il limite del bosco, Giaglione, autunno 2012.

gico, le zone di scorrimento ed accumulo delle valanghe sono caratterizzate da una maggiore biodiversità e da una maggiore ampiezza delle nicchie ecologiche: si tratta di un aspetto importante da considerare con attenzione nei boschi lasciati a libera evoluzione (Fig. 9).

EFFETTI DELLE VALANGHE DEL 2008 SUI BOSCHI DI GIAGLIONE E VENAUS

Mediante un'analisi a posteriori delle valanghe che hanno interessato il territorio di Venaus e di Giaglione nell'inverno 2008-2009, basandosi sui dati noti di altezza del manto nevoso al momento del distacco e pendenza del versante si può quindi tentare di ricostruire la dinamica e l'intensità dell'evento valanghivo che ha distrutto circa 20 ettari di foresta di larice e faggio a copertura colma e ben strutturata, con presenza anche di altre specie, raggiungendo il fondovalle in prossimità dell'abitato di Venaus dopo aver oltrepassato una strada statale e la viabilità minore. Le testimonianze ricevute fanno risalire il momento del distacco dopo le prime 24 ore dall'inizio della nevicata, quando l'altezza del manto nevoso instabile era compresa tra 0.8 e 1 metro, su pendenze del versante comprese tra 30° e 35°, a quota superiore a 1700 m s.l.m. (Fig.10). Le temperature piuttosto elevate hanno probabilmente determinato una elevata densità del manto nevoso ed un repentino distacco di un lastrone di larghezza superiore a 100 metri, in un'area localizzata a più di 200 metri di distanza dal limite superiore del popolamento forestale interessato dall'evento. Le grandi dimensioni della valanga al momento del distacco, l'elevata densità del manto nevoso e la pendenza del versante hanno determinato pressioni tali da causare lo sradicamento degli alberi anche di grandi dimensioni (larice, faggio, pino e altre latifoglie) ed il loro trasporto a valle all'interno della massa nevosa in movimento, anche in versante aperto o debolmente incanalato fino alla quota di 1250 m, per

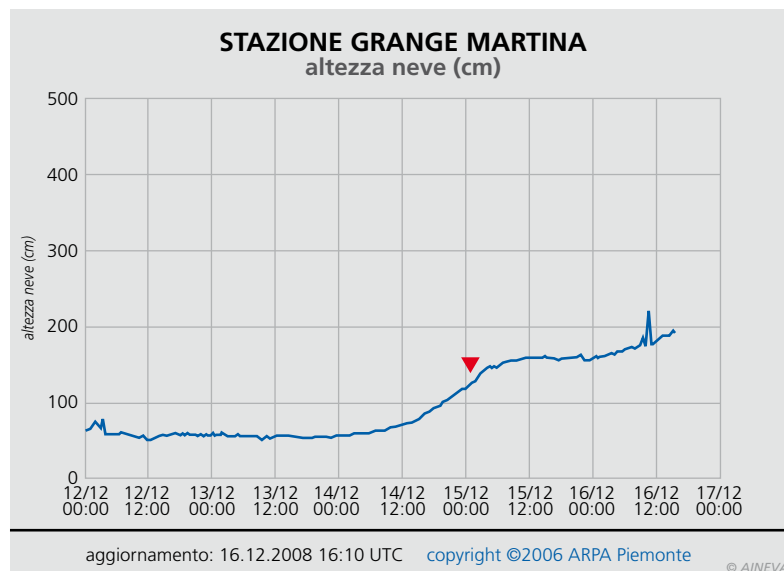


Fig. 10 - Diagramma della precipitazione della valanga (fonte ARPA Piemonte) con indicazione del momento di distacco della valanga, dopo una nevicata di 24 ore, con forte intensità, elaborazione CFAVS.

poi proseguire con pressioni ed altezze di neve superiori lungo un canalone, fino a raggiungere il fondovalle, dove la valanga si è fermata al diminuire della pendenza del versante, a poche centinaia di metri dall'abitato. In tale luogo l'accumulo di neve e alberi raggiungeva lo spessore di parecchi metri (Fig.11).

E' interessante apprezzare come la valanga, di notevole ampiezza, abbia portato alla distruzione sia di popolamenti molto uniformi e ben strutturati e con copertura colma, sia di porzioni di faggeta in conversione a fustaia a con diametri medio-piccoli, così come di popolamenti più eterogenei, con presenza di nuclei di larice di grande diametro associati a faggete e castagneti poco strutturati in cui erano rappresentate tutte le classi diametriche. Le elaborazioni effettuate con modellizzazione mediante il software Aval 1-D (dati desunti da tesi di Laurea Enrico Vissio) dimostrano come nella zona di interazione tra la valanga ed il popolamento forestale l'evento abbia raggiunto intensità critiche, distruttive per la foresta (Fig. 12). Il limite di pressione di 50 kPa oltre il quale la foresta viene danneggiata o distrutta indica chiaramente che essa non è in grado di arrestare una valanga di dimensioni medio-grandi, se non su pendenze del versante decisamente deboli. Mentre il ruolo della foresta nella zona di distacco è noto, rimane aperto il problema sul ruolo che essa svolge nella zona di scorrimento della valanga e quale sia



Fig. 11 - Primavera 2009 - trasporto del materiale legnoso all'interno della massa nevosa in scorrimento su versante aperto.

il ruolo dei tronchi all'interno della massa nevosa in scorrimento, in quanto la loro presenza potrebbe avere un aspetto positivo nella dissipazione di energie interne. Per contro l'aumento dei volumi trasportati e la minor plasticità della massa determina certamente un incremento del potenziale distruttivo della valanga; non si esclude infine che la presenza di tronchi e ramaglia crei un attrito maggiore lungo

Fig. 12 - La simulazione della valanga del Rio Martinello permette di risalire ai presunti valori di pressione e velocità del manto nevoso lungo il profilo di scorrimento; in modo particolare è interessante valutare tali parametri nel momento di interazione valanga-foresta.

ALTEZZA NEVE IN ZONA DI DISTACCO (INPUT DELLA SIMULAZIONE)	0.7 m	2 m
Altezza di neve nella zona di deposito	2.5 m	4.5 m
Pressioni nelle zone di interazione valanga - foresta	60 kPa	180 kPa
Velocità del flusso nella zona di interazione valanga - foresta	15 m/s	22 m/s

© AINEVA



Fig. 13 - Valanga del Rio Supita sulla SS25 del Moncenisio, dicembre 2008.

il canale di valanga, favorendo l'accumulo in sezioni ristrette dei canali di scorrimento o in presenza di ostacoli (Fig. 13).

CONCLUSIONI

E' documentato il fatto che una foresta limiti fortemente le probabilità di distacco di una valanga, assumendo un ruolo strategico di protezione, soprattutto se si tratta di popolamenti ben strutturati, densi, privi di aperture, tuttavia anche i popolamenti subalpini, che per condizionamenti di carattere ecologico non possono rispondere a tali requisiti mantengono un ruolo importante, soprattutto se alternati ad aree dalla morfologia non uniforme. Le foreste hanno pertanto un ruolo determinante nel limitare o impedire il distacco della valanga: in tale contesto si parla di **foreste di protezione**.

E' indubbio invece che la distruzione della foresta, in modo particolare su grandi superfici e su versanti acclivi, determini la creazione di nuove aree potenziali di distacco di valanghe. A tal proposito le foreste possono essere un elemento di protezione se localizzate in aree di distacco, ma anche un **bene da proteggere** per il loro valore intrinseco, per il loro ruolo sul paesaggio e la loro valenza ecologi-

ca e, in un contesto di protezione dalle valanghe, la presenza duratura del bosco limita l'estensione delle potenziali aree di distacco di nuove valanghe. Si apre in tal senso una necessità di **pianificazione territoriale** che tenga conto delle problematiche valanghivie passate ed in atto, unitamente ad **interventi gestionali** in grado di limitare il distacco di nuove valanghe ed accelerare i processi di rigenerazione e ottimale sviluppo dei soprassuoli danneggiati o distrutti, quindi di garantire strutture ottimali delle foreste in grado di garantire buoni parametri di resistenza e resilienza, compatibilmente con le caratteristiche ecologiche locali. Talora per perseguire tali obiettivi è necessario associare alla rigenerazione dei soprassuoli la realizzazione di strutture temporanee quali treppiedi fermaneve o rastrelliere per la stabilizzazione del manto nevoso e la protezione della rinnovazione, che nel corso degli anni vedranno la loro funzione sostituita dallo sviluppo della componente vegetale (Fig. 14). Nei popolamenti adulti potenzialmente interessati dal transito di valanghe è invece necessario garantire la presenza di foreste dense, con presenza anche di alberi di grande diametro e ben strutturate; tale

situazione non è generalmente evidente in foresta, ma occorre una attenta analisi stazionale e la consultazione dell'archivio cartografico delle valanghe per meglio calibrare la gestione selvicolturale.

E' infine necessario tenere conto che i tempi dell'evoluzione delle foreste, della gestione forestale e della selvicoltura non sempre sono compatibili con le esigenze di protezione immediata di infrastrutture ed attività antropiche, tuttavia sul lungo periodo le foreste sono in grado di rispondere a molteplici requisiti che si associano al loro ruolo protettivo, quali la produzione di legname, il paesaggio, la fruizione del territorio.

RINGRAZIAMENTI

Ringrazio Alberto Dotta, Direttore del Consorzio Forestale Alta Valle Susa e Zeno Vangelista, geologo presso lo stesso Ente, per la rilettura critica del testo.

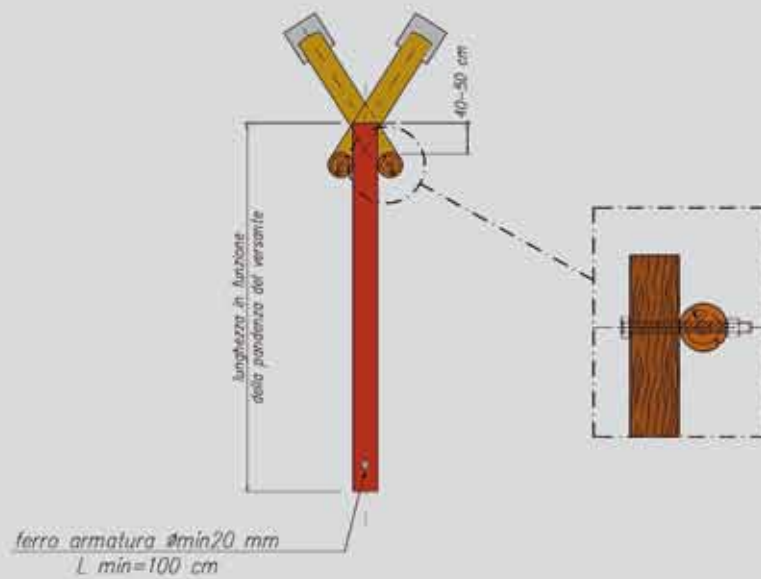
Bibliografia

- H. Gubler, J. Rychetnik, 1991 "Effects of forests near the timberline on avalanche formation"
- WSL, "La forêt de protection contre les avalanches gagne-t-elle sans cesse en surface et en efficacité?"
- Regione Autonoma Valle d'Aosta - Regione Piemonte, 2006 - Selvicoltura nelle foreste di protezione. Esperienze e indirizzi gestionali in Piemonte e in Valle d'Aosta. Compagnia delle Foreste, Arezzo, pp. 224
- Regione Autonoma Valle d'Aosta - Regione Piemonte, 2011 - Foreste di protezione diretta. disturbi naturali e stabilità nelle alpi occidentali. Compagnia delle Foreste, Arezzo, pp. 144
- Vissio E., "Studio del sito valanghivo di Venaus (Valle di Susa) e proposta di interventi di difesa", Politecnico di Torino, Facoltà di Ingegneria, Corso di Laurea Specialistica in Ingegneria Civile, Relatori: Prof.ssa Monica Barbero e Fabrizio Barpi, Anno accademico 2009-2010
- Regione Piemonte, Regione Autonoma Valle d'Aosta, 2012 - Foreste di Protezione diretta. Selvicoltura e valutazioni economiche nelle Alpi Occidentali. Compagnia delle Foreste, Arezzo, pp. 144
- A. Berte, M. Cordola, F. Dutto, F. Longo, A. Dotta, L. Caffo, Z. Vangelista, D. Fontan, "Il Piano di Protezione civile per emergenza valanghe del Comune di Venaus. Procedure di allertamento per la gestione del rischio su viabilità e centro abitato in un comune della Provincia di Torino". Neve e Valanghe n. 70, agosto 2010.

TIPOLOGIA CAVALLETTI RTM

Scala 1:50

PIANTA



SEZIONE

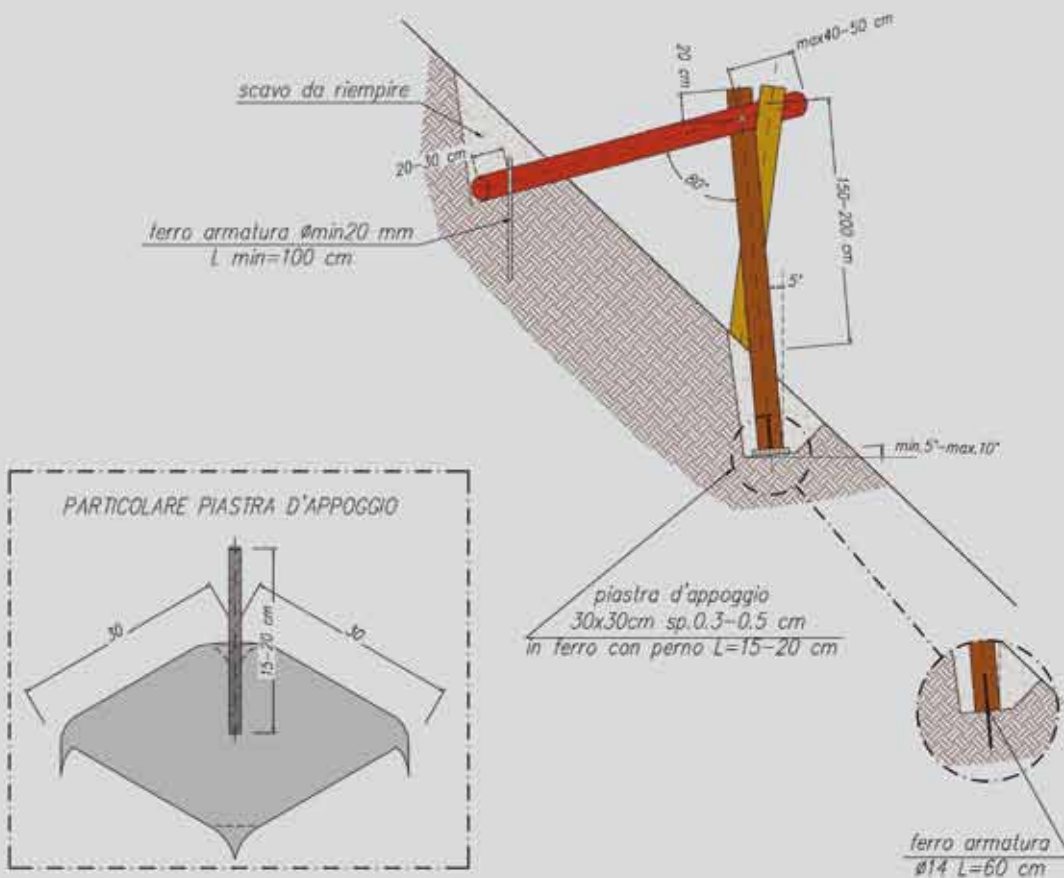


Fig. 14 - Schema costruttivo di treppiedi fermaneve. Disegni a cura del CFAVS sulla base delle opere realizzate in cantiere e di quanto proposto nel volume "Manuale per la costruzione di opere temporanee di stabilizzazione del manto nevoso e di protezione contro lo scivolamento del manto nevoso" (Franz Leuenberger, Istituto Federale per lo Studio della Neve e delle Valanghe, Davos, 1992) e del manuale francese "Guide des Sylvicultures de Montagne - Alpes du nord françaises" (Cemagref, CRPF, ONF, 2006).

STIMA della PRECIPITA in Siti di Alta

**Katia Cugerone
e Paola Allamano**
Politecnico di Torino

**Alessio Salandin
e Secondo Barbero**
ARPA Piemonte

La valutazione della risorsa idrica disponibile sotto forma di neve nei siti di alta quota avviene attraverso la determinazione dell'equivalente in acqua (SWE) della neve. Esso può essere stimato localmente tramite l'esecuzione di campionamenti manuali attraverso la valutazione della densità della carota campionata, oppure mediante l'utilizzo di modelli che riproducono l'evoluzione delle caratteristiche del manto nevoso.

Dalla necessità di miglioramento delle stime di SWE e delle modellazioni idrologiche del manto nevoso è nata una collaborazione di ricerca tra il Dipartimento Sistemi Previsionali dell'Arpa Piemonte ed il Dipartimento di Ingegneria dell'Ambiente, del Territorio e delle Infrastrutture del Politecnico di Torino, finalizzata alla conoscenza della riserva nevosa attraverso l'attivazione di siti sperimentali di misura e messa a punto di indicatori dello stato quantitativo delle risorse idriche.

Utilizzo dei dati
sperimentali manuali
e automatici di densità
di neve fresca per la
definizione di relazioni
empiriche

ZIONE quota



INTRODUZIONE

L'importanza di quantificare la risorsa idrica immagazzinata nel manto nevoso risulta di particolare interesse per tutti quei soggetti deputati alla sua gestione, amministrazione e pianificazione ai fini agricoli, industriali e domestici, ma è anche attinente alle problematiche turistiche e ambientali.

Tali informazioni permettono infatti di conoscere la disponibilità spaziale e temporale della risorsa derivante dalla fusione della neve soprattutto per la regolazione dei livelli idrici all'interno delle dighe in alta quota.

La sottostima della precipitazione nevosa, dovuta in particolar modo alla variabilità del campo di vento o alla formazione di ghiaccio alla bocca del pluviometro è un problema tipico dei siti di alta quota e non permette quindi una corretta quantificazione della risorsa idrica.

In tali zone infatti la precipitazione sotto forma di neve, a causa delle sue caratteristiche, risulta essere più volatile e quindi più sensibile ai vortici ventosi che la allontanano dall'ingresso strumentale. In questo lavoro la valutazione della risorsa idrica nevosa è stata ottenuta utilizzando leggi di regressione lineare tra le grandezze principali (e maggiormente reperibili) implicate nel fenomeno in esame, ossia l'equivalente in acqua di neve fresca (e non quello di tutto il manto in quanto esso risulta essere già influen-

zato da fenomeni di metamorfismo e compattazione post deposito) oppure la sua densità, l'altezza di neve fresca e la temperatura della nevicata.

Le stime effettive dell'SWE o della densità e la loro elaborazione sono finalizzate a ricercare relazioni semplici e robuste, tali da poter essere agevolmente applicate in punti lontani da quelli in cui sono state tarate.

La costruzione di modelli di regressione di questo tipo si pone quindi l'obiettivo di dare indicazioni sul dato effettivo di precipitazione equivalente alla scala del punto a partire da misure tradizionali.

A tale scopo è stato impostato un duplice approccio, a partire dai dati di densità della neve provenienti da due stazioni automatiche strumentate con snow pillow e dai dati provenienti dai campi neve manuali.

EVIDENZA DELLA SOTTOSTIMA DELLA PRECIPITAZIONE

Al fine di testare l'efficacia nella misurazione della precipitazione nevosa da parte dei pluviometri riscaldati in alta quota, sono stati considerati 35 campi neve manuali facenti parte del territorio piemontese e sono state individuate le stazioni automatiche con pluviometro riscaldato ad esse più prossime.

E' stata poi effettuata una selezione con lo scopo di scartare tutte le stazioni che pre-

sentassero una distanza dal pluviometro maggiore di 1,5 km e dislivello di 250 m, in modo tale da poter confrontare i relativi dati di precipitazione senza effettuare correzioni di alcun tipo, semplificando così le procedure di analisi.

Le stazioni corrispondenti a questi criteri sono riportate nella tabella di Fig. 1.

Così facendo è stato possibile confrontare i dati giornalieri di precipitazione ottenuti direttamente dai pluviometri delle stazioni automatiche e i dati di precipitazione ottenuti moltiplicando i valori di densità e l'altezza di neve fresca ricavata dalle stazioni manuali.

Per ogni stazione sono state individuate le stagioni di funzionamento di entrambi gli strumenti e sono state costruite le rispettive cumulate stagionali di precipitazione in modo tale che gli intervalli temporali di misura fossero gli stessi.

È stato applicato inoltre un filtro di temperatura al calcolo delle cumulate di precipitazione del pluviometro ($T_{med} > 0^{\circ}C$, con T_{med} = temperatura media della nevicata), in modo che venissero esclusi gli eventuali eventi di pioggia che, come tali, non possono essere registrati dal nivometro, utilizzando quest'ultimo solo per gli apporti nevosi.

Dal confronto tra le cumulate di precipitazione del pluviometro e quelle ricavate dal nivometro, solo in corrispondenza dei giorni di accertata nevicata, è stata ottenuta una percentuale di sottostima per stazione.

I risultati sono riportati in tabella di Fig. 2. Da quest'analisi si evince che le sottostime dell'SWE da parte del pluviometro sono evidenti e non trascurabili attestandosi nei casi analizzati tra il 30% e il 40%. Da qui nasce il tentativo di ricercare relazioni semplici che riescano a dare una stima dell'equivalente in acqua della neve in siti di alta quota tramite l'utilizzo di variabili di facile individuazione, al fine di andare a sopperire alle incertezze di misura della precipitazione da parte del pluviometro.

SNOW PILLOW

La selezione dei siti per l'installazione di

Fig. 1 - Campi neve e stazioni automatiche analizzate.

CAMPO NEVE MANUALE	QUOTA (m s.l.m.)	STAZIONE AUTOMATICA DI RIFERIMENTO	QUOTA STAZIONE AUTOMATICA (m s.l.m.)	DISLIVELLO (m)	DISTANZA (km)
Entracque / Lagopiasra	960	Diga La Piastra	950	10	0,06
Canosio / Capoluogo	1260	Canosio	1220	40	0,40
Crissolo - Borgataserre	1380	Crissolo	1442	62	0,33
Carcoforo / Capoluogo	1289	Carcoforo	1290	1	0,12
Entracque / Chiotas	1970	Diga del Chiotas	2020	50	0,78
Macugnaga / Capoluogo	1280	Macugnaga Pecetto	1360	80	1,24

© AINEVA

STAGIONI	ENTRACQUE/ LAGO	CANOSIO/ CAPOLUOGO	CRISSOLO - BORGATASERRE	CARCOFORO/ CAPOLUOGO	ENTRACQUE/ CHIOTAS	MACUGNAGA/ CAPOLUOGO
98/99	-	-	-	-	-	-
99/00	-	32%	-	-	-	-
00/01	-	41%	-	35%	-	-
01/02	-	39%	-	20%	-	18%
02/03	28%	26%	-	23%	-	33%
03/04	15%	49%	-	24%	36%	-
04/05	23%	22%	42%	26%	32%	-
05/06	41%	49%	44%	45%	-	41%
06/07	32%	38%	-	-	36%	8%
07/08	37%	52%	28%	56%	-	-
08/09	-	-	29%	-	-	-
09/10	-	-	39%	41%	23%	10%
10/11	-	-	-	70%	-	-
11/12	-	-	-	65%	38%	37%
TOTALE	30%	39%	37%	41%	33%	33%

Fig. 2 - Calcolo della sottostima stagionale della precipitazione nevosa misurata al pluviometro rispetto al valore ottenuto dai campi neve.



due snow pillow si è svolta assicurandosi che fossero contemporaneamente di alta quota (per garantire una significativa presenza di neve durante la stagione invernale), facilmente accessibili (per agevolare la fase di installazione, che avviene in assenza di neve, e di manutenzione) e appartenenti o prossimi a bacini idrografici per i quali fossero disponibili a valle misure affidabili di portata.

La scelta si è indirizzata verso le stazioni meteorologiche del Lago Pilone (2280 m s.l.m.) nel comune di Salice d'Ulzio (TO) e di Limone Pancani (2020 m s.l.m.) nel comune di Limone Piemonte (CN). Al momento della selezione i siti erano già attrezzati con strumenti automatici per la misura della precipitazione, quali pluviometro riscaldato e nivometro. Inoltre le due stazioni di misura erano

dotate di anemometro, radiometro, igrometro, termometro aria e neve; la registrazione dei dati avviene in continuo e con intervallo di campionamento semiorario (Fig. 3). Entrambe le stazioni sono poi state dotate di uno Snow Pillow (Intermountain Env.). Il funzionamento dello strumento si basa sulla misura del peso del manto nevoso e quindi dell'acqua equivalente allo stra-

Sopra, fig. 3 - Localizzazione delle 2 stazioni meteorologiche in cui è stato installato lo snow pillow.

A sinistra, fig. 4 - Stazione meteorologica di Lago Pilone con lo snow pillow.



to depositato (SWE). Si ottiene così una misura di SWE la cui affidabilità aumenta all'aumentare del carico, a meno che non vi siano strati ghiacciati in grado di sostenere parte del peso del manto nevoso (Fig. 4).

Le stagioni di misura analizzate sono quattro in totale a partire dal 2008 fino al 2012. Per quanto riguarda lago Pilone è stata scartata la stagione 2011-2012 per via di un'avaria del trasduttore di pressione.

Il sito di Limone Piemonte, invece, è entrato in funzione a partire dalla stagione 2009-2010.

Nei siti oggetto delle installazioni sono state eseguite misure manuali di densità del manto nevoso per verificare il corretto funzionamento degli snow pillow.

Le misure, normalmente 3 per ogni rilievo manuale, sono state effettuate entro un raggio di dieci metri dalla stazione vengono quindi mediate allo scopo di eliminare eventuali errori casuali.

Operativamente per il rilievo manuale deve essere prima sondata la profondità del manto nevoso nell'intorno significativo del punto di misura con l'apposito sondino da valanga centimetrato.

Questa operazione permette di effettuare il carotaggio in un punto il più possibile significativo dell'innevamento medio e nello stesso tempo di conoscere in anticipo la profondità d'infissione del tubo carotatore e l'eventuale necessità di procedere allo scavo di una trincea per effettuare campionamenti in successione. Per profondità di carotaggio inferiori a 80 cm, infatti, la lunghezza dello strumento permette di effettuare un unico campionamento.

Nel caso in cui l'altezza del manto nevoso da campionare sia superiore all'altezza dello strumento, si procederà alla realizzazione, per fasi successive di approfondimento, di una trincea di profondità pari all'altezza del tubo carotatore, fino al raggiungimento del suolo.

Il campione di manto nevoso deve essere estratto nel modo più indisturbato possibile, evitando di comprimere o disperdere la neve oggetto del carotaggio.

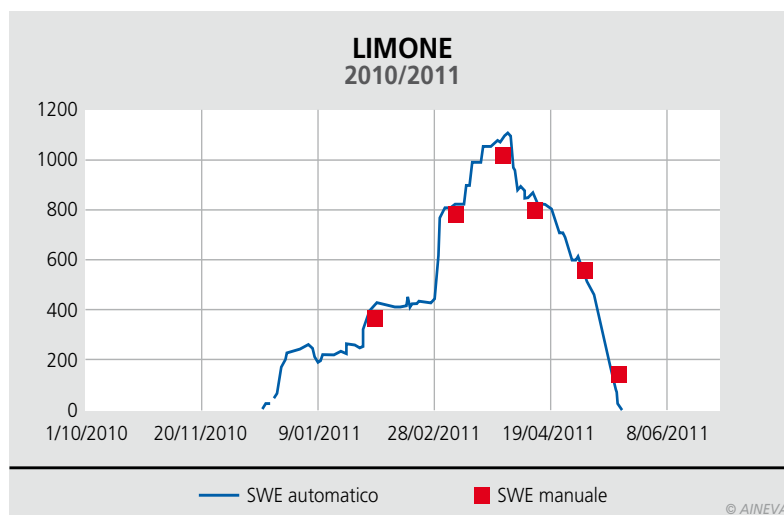


Fig. 6 - Confronto tra la misura automatica di SWE e le misure manuali effettuate in 6 diversi periodi dell'anno 2011.



Fig. 7 - Criterio per la selezione degli eventi con precipitazione nevosa.

Una volta estratto, il tubo carotatore, con tappo in acciaio applicato, deve essere capovolto e appeso, attraverso gli appositi buchi presenti nella ghiera di infissione, ad un dinamometro per misurarne il peso e quindi successivamente calcolare la densità media (Fig. 5).

A titolo di esempio si riporta nel seguente grafico il confronto tra l'SWE misurato e quello risultante da campagne di misura manuali per la stazione di Limone Piemonte nel 2010/11. In questa stagione, che presenta accumuli nevosi massimi che superano i 3 metri a fine marzo, si può notare la quasi perfetta congruenza tra le misure automatiche e quelle manuali (Fig. 6).

CRITERI DI SELEZIONE DEGLI EVENTI

La procedura di selezione degli eventi con precipitazione nevosa prevede di prendere in considerazione solo gli eventi che, in un intervallo di 24 ore, portano contemporaneamente ad un incremento di spessore del manto (ΔH) di 2 cm (precisione strumentale), oppure 4 cm (selezione più severa) e ad un incremento di Snow Water Equivalent (ΔSWE) di almeno 2 mm (precisione strumentale) (Fig. 7).

Le serie originali sono state esplorate di mezz'ora in mezz'ora con una finestra mobile di ampiezza variabile (su cui sono calcolati gli incrementi di H ed SWE, rife-

Nella pagina a fianco, fig. 5 - Rilievo manuale.

riti poi all'istante finale dell'intervallo) e le condizioni riconterlate ad ogni avanzamento della finestra.

A valle di questo si è stabilito, tra tutti gli eventi possibili (cioè quelli che rispettano le condizioni del protocollo), di scegliere solo quelli caratterizzati dal massimo incremento di SWE sull'intervallo $2\Delta t$

Fig. 8 - Parametri della relazione stimata per i 2 siti con snow pillow.

SNOW PILLOW	
a	b
-773,25	3,38

© AINEVA

Fig. 9 - Campi neve manuali selezionati.

DENOMINAZIONE	PROV.	QUOTA (m)
Moncenisio/Lago	TO	2000
Pragelato/Traverses	TO	1570
Usseglio/Capoluogo	TO	1261
Usseglio/L.Torre	TO	2300
Alagna/Cap.	VC	1180
Carcoforo/Cap.	VC	1289
Antrona/A.Cavalli	VB	1501
Antrona/Lagocamposecco	VB	2325
Formazza/Ponte	VB	1301
Formazza/Toggia	VB	2165
Formazza/Lagosabbione	VB	2470
Formazza/Lagovannino	VB	2177
Macugnaga/Cap.	VB	1280
Acceglio/Saretto	CN	1540
Acceglio/Chiappera	CN	1661
Bellino/Ribiera	CN	1500
Canosio/Capoluogo	CN	1260
Castelmagno/Chiappi	CN	1630
Vallepesio	CN	935
Crissolo-Borgataserre	CN	1380
Elva/B.Tameira	CN	1700
Elva/B.Taclari	CN	1550
Entracque/Lagopiasra	CN	960
Entracque/Chiotas	CN	1970
Entracque-Casermette	CN	880
Limone/Limonetto	CN	1300
Limonequota1400	CN	1400
Marmoravernetti	CN	1225
Pontech/L.Castello	CN	1589
Roburent/Pra'	CN	1014
Sampeyre/Capoluogo	CN	930
Valdieri/T.Gaina	CN	1075
Vernante/Renetta	CN	900
Vinadio/Bagni	CN	1270
Vinadio/Riofreddo	CN	1200

© AINEVA

centrato nell'istante t a cui gli incrementi sono riferiti.

STIMA DEI COEFFICIENTI PER LA VALUTAZIONE INDIRETTA DELL'SWE

L'obiettivo principale di questo lavoro consiste nella definizione di relazioni semplici e parsimoniose per la stima dell'equivalente in acqua della neve fresca in siti dotati solo di strumentazione tradizionale (termometro, nivometro).

A tale scopo, i dati degli eventi relativi alle cinque stagioni di misura sono stati riuniti in un unico campione e studiati secondo modelli di regressione.

La legge di regressione lineare che garantisce una miglior stima individua la relazione tra temperatura e densità di neve fresca. L'utilizzo infatti di altri parametri meteorologici utili alla definizione della relazione per la stima dell'SWE (ad esempio la velocità del vento e l'umidità relativa) sono risultati non significativi.

A partire dalla relazione lineare individuata è possibile ricavare facilmente il valore di SWE in mm effettuando una semplice moltiplicazione per l'altezza di neve fresca H . La densità ρ (kg/mc) infatti viene calcolata come

$$\rho = a + bT_{med} \quad (\text{formula 1})$$

dove a e b sono due coefficienti stimati e T_{med} la temperatura media dell'aria espressa in gradi Kelvin. Di conseguenza l'SWE (mm) viene calcolato come prodotto tra l'altezza H di neve fresca (espressa in metri) e la densità precedentemente calcolata

$$SWE = H(a + bT_{med}) \quad (\text{formula 2})$$

Tale legge è stata applicata considerando i due criteri di selezione degli eventi descritti precedentemente, cioè considerando variazioni di altezza di neve ΔH maggiore di 2 cm o maggiore di 4 cm, operando sui dati di tutte e due le stazioni non trovando sostanziali differenze. Il risultato individuato per ΔH maggiore di 4 cm è riportato nella tabella di Fig. 8.

CAMPI NEVE MANUALI

I dati a disposizione per un'ulteriore analisi provengono da 65 campi neve manuali situati nelle zone montuose del territorio piemontese e nelle vallate in prossimità con quote che variano dai 700 ai 2700 m s.l.m..

Ogni misura (di cui sono noti giorno e ora del rilevamento) è generalmente comprensiva dei valori di temperatura minima,

massima e media (delle 24 ore precedenti la nevicata), spessore di neve fresca e densità. Lo scopo dell'analisi è la ricerca di una relazione valida al fine di avere una stima della risorsa idrica immagazzinata in alta quota sottoforma di neve e quindi dello Snow Water Equivalent (SWE), a partire da misure indirette, quali ad esempio la temperatura o l'altezza di neve fresca. Del dataset totale di 65 campi neve sono stati selezionati 35 siti che per continuità delle serie di dati ed affidabilità sono stati considerati per le successive analisi. Nella tabella di Fig. 9 è riportato l'elenco delle stazioni analizzate.

I dati degli eventi relativi alle 35 stazioni di misura sono stati riuniti in un unico campione e studiati secondo modelli di regressione lineare.

La legge di regressione lineare che garantisce la miglior stima è data dalla relazione tra temperatura e densità di neve fresca riportata nell'equazione 1.

A partire da essa è possibile ricavare facilmente il valore di SWE effettuando una moltiplicazione per l'altezza di neve fresca H (come utilizzato anche nella relazione ricavata con gli snow pillow, formula 2). I risultati ottenuti sono riportati in tabella di Fig. 10.

Risulta quindi efficace rappresentare graficamente la robustezza della legge utilizzata: nel grafico in figura 9 riportato si osserva la relazione tra l'SWE dedotto dalla legge di regressione e l'SWE ottenuto dalle misurazioni manuali come moltiplicazione tra densità osservata e altezza di neve fresca misurata (Fig. 11).

CONCLUSIONI E SVILUPPI FUTURI

In questo studio sono stati considerati aspetti sperimentali ed operativi relativi alla valutazione della riserva idrica nivale in ambiente alpino.

Lo studio è consistito in una parte sperimentale, incentrata sull'installazione di due snow pillow, strumenti per la misura della precipitazione nevosa equivalente, in due punti di misura.

A questa fase ne è seguita una di analisi

dei dati e di impostazione dei modelli per la ricostruzione indiretta del dato di SWE. Le relazioni che sono state proposte esprimono la dipendenza tra l'equivalente in acqua della neve fresca, ovvero considerata prima dell'instaurarsi di fenomeni di compattazione e metamorfismo e il dato relativo al suo spessore misurato in continuo dal nivometro.

I modelli proposti per questa determinazione indiretta si prestano ad essere trasportati in punti diversi da quelli in cui sono stati concepiti, purché dotati di nivometro, grazie al requisito di robustezza che è stato perseguito.

In un secondo momento sono stati invece analizzati i dati provenienti da campi neve manuali con lo scopo di una quantificazione della riserva idrica tramite variabili indirette di facile reperibilità.

Anche in questo caso sono stati impostati modelli per la determinazione indiretta del dato di SWE.

La comparazione tra dati provenienti da stazioni manuali e da stazioni automatiche ha messo in luce come la legge che più si presta alla stima dell'SWE risulti essere una legge lineare che lega densità di neve fresca alla temperatura media dell'evento, in quanto i coefficienti ottenuti risultano essere più stabili e invariati da stagione a stagione, da sito a sito. Tale legge verrà studiata in maniera più dettagliata in analisi future.

L'importanza del contributo qui proposto sta nella possibilità di quantificare l'entità della sottostima nelle misure pluviometriche in siti di alta quota. L'entità di tale sottostima può essere molto elevata e si attesta tra il 30 e il 40% nel caso di pluviometri riscaldati in siti interessati da precipitazione nevosa per buona parte dell'anno. In prospettiva, l'utilizzo pratico della relazione empirica precedentemente illustrata (formula 2) può condurre alla ridefinizione del bilancio idrologico in molti dei bacini alpini, nei quali la stima degli afflussi risulta affetta da elevata incertezza.

Bibliografia

- ALLAMANO P., CLAPS P., Conoscenza della riserva idrica nevosa anche attraverso l'attivazione di siti sperimentali di misura e messa a punto di indicatori dello stato quantitativo delle risorse idriche", Relazione finale del Progetto.
- MARKS, D., COOLEY, K., ROBERTSON, D., WINSTRAL, A., Long-term database, Reynolds Creek Experimental Watershed, Idaho, United States, Water Resources Research, 11:2835-2838, 2001.
- VALT M., CAGNATI A., CORSO T., Stima dell'equivalente in acqua, Neve e Valanghe, Vol. 59, pp. 24-33, 2006.

CAMPI NEVE MANUALI

a	b
-1173,33	4,77

© AINEVA

Fig. 10 - Parametri della relazione stimata per i campi neve manuali.

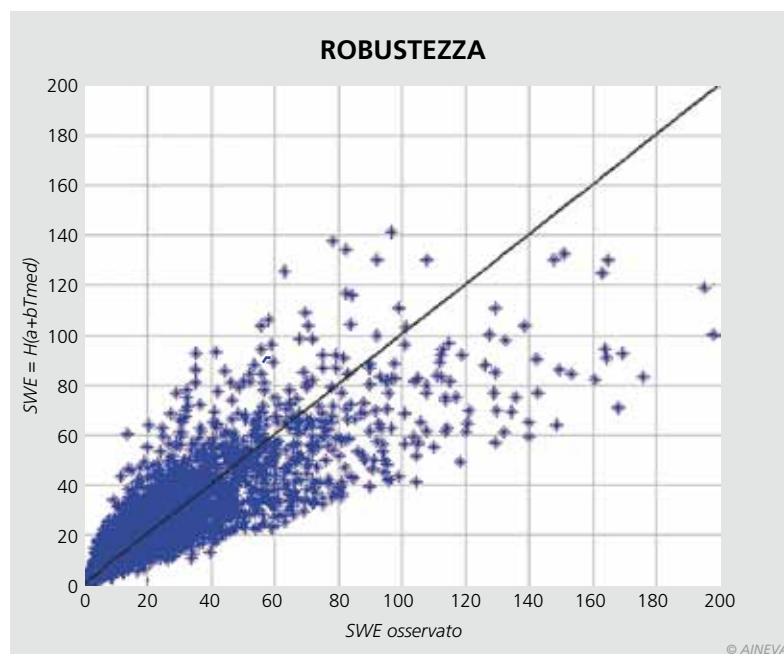


Fig. 11 - Confronto tra SWE osservato e ricavato dalla formula.

LA DINAMICA DELLA DENSITÀ DI UNA COLTRE NIVALE STAGIONALE

**Francesco Avanzi,
Carlo De Michele,
Antonio Ghezzi
e Cristina Jommi**
Politecnico di Milano

Una coltre nivale è una complessa miscela multifase caratterizzata da proprietà meccaniche e idrauliche fortemente variabili con l'età del manto. La massa totale contenuta all'interno della coltre, misurata come equivalente idrico nivale, rappresenta un serbatoio di acqua disponibile per il deflusso primaverile dei corsi d'acqua e quindi per l'uso civile e industriale. È noto come la dinamica di tali manti sia fortemente esposta alle forzanti termiche e alle loro variazioni in futuro. Ne deriva che la modellazione delle dinamiche di massa di una coltre nivale sia un'informazione molto importante per numerose applicazioni idrologiche, economiche e di pianificazione del territorio. L'equivalente idrico può essere valutato mediante una stima della densità del manto e dell'altezza della coltre, modellandone quindi i processi nel tempo. La stima della densità è però spesso affidata a regressioni empiriche, anche a causa del suo comportamento fortemente non lineare dovuto all'alternanza di condizioni secche e umide del manto. Vengono qui proposti uno studio delle dinamiche stagionali della densità del manto nevoso, e in secondo luogo un modello per la dinamica della densità del manto, che permetta, contestualmente alla modellazione dell'altezza della coltre, di valutarne il contenuto in massa. Il manto viene assimilato ad un semplice sistema bifase: un costituente solido che definisca la struttura di grani, e un costituente per l'acqua interstiziale. Il modello descrive la dinamica di tre variabili di stato: l'altezza e la densità secca della struttura di ghiaccio e l'altezza di acqua liquida. Esso è stato calibrato e testato utilizzando dati orari di una rete di misure di altezza del manto e di densità presente nell'Ovest degli Stati Uniti, la rete SNOTEL.



INTRODUZIONE

Circa un sesto della popolazione mondiale dipende in termini di risorsa idrica dalla fusione delle coltri nivali (Barnett et al., 2005). Come esempio, basti citare il caso dell'Ovest degli Stati Uniti, dove circa il 50% - 70% della risorsa idrica utilizzata a scopi civili deriva dalla fusione dello snowpack. La dinamica di questa risorsa è però influenzata dalle variazioni delle condizioni climatiche a medio e lungo termine (Hamlet et al., 2005, Mote et al., 2003). In particolare, dati idrometeorologici riferiti al periodo 1950 - 1999 mostrano una generale riduzione dell'entità delle coltri stagionali in diversi bacini degli Stati Uniti (Mote et al., 2003), mentre dati analoghi rilevati nelle Alpi svizzere (Laternser et al., 2003) evidenziano una generale riduzione degli accumuli dal 1980 in poi. E' quindi evidente come la descrizione delle dinamiche di massa delle coltri sia un'informazione necessaria per una corretta pianificazione del territorio e per una gestione sostenibile delle risorse naturali. Tale descrizione infatti può fornire uno strumento di previsione delle disponibilità nel tempo di questa risorsa, e quindi assistere nella previsione di eventuali carenze future.

Ad oggi, sono disponibili molti modelli che possano rispondere a questa esigenza. Tra questi, è qui possibile citare i modelli proposti da Anderson (1976), Morris (1983), da Kelly et al. (1986), da Jordan (1991), da Horne et al. (1997), da Kongoli et al. (2000), da Bartelt e Lehning (2002), da Ohara et al. (2006) o da Zhang et al. (2008). Essi si differenziano in base al grado di dettagli fornito (sia in termini di ricostruzione dei diversi processi che caratterizzano l'evoluzione del manto, sia in termini di risoluzione verticale del dominio), in base alla loro complessità (per esempio, a modelli che ricostruiscono in maniera rigorosa i bilanci di massa, energia e quantità di moto si contrappongono modelli più semplici, che ricostruiscono i processi in maniera concettuale) e in base alla risoluzione spaziale fornita (modelli alla scala locale o di tipo areale).

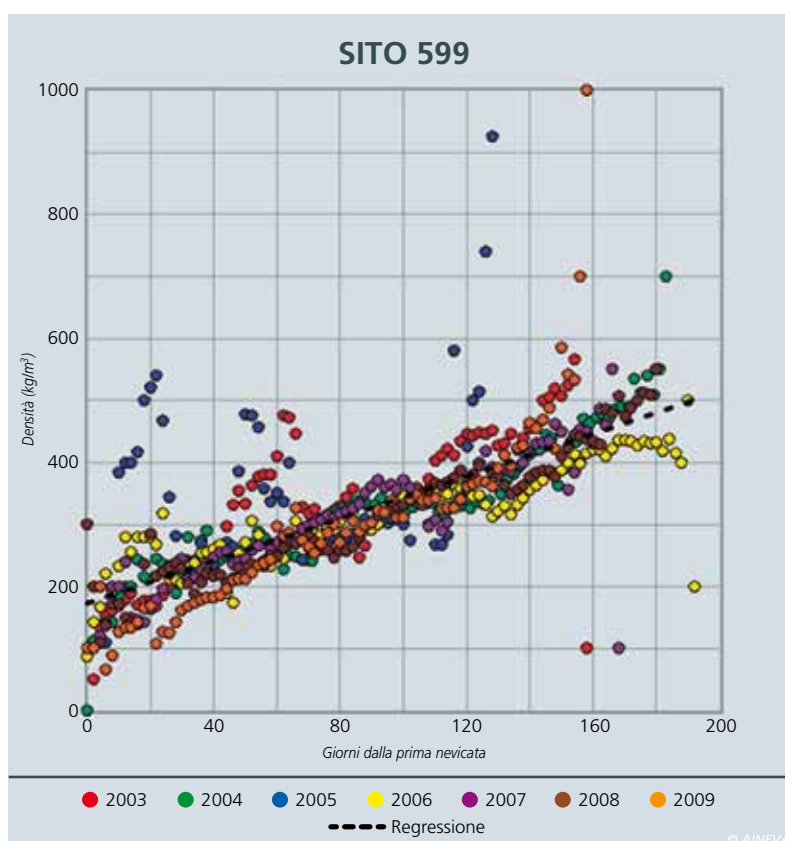
Purtroppo, una delle limitazioni maggiori all'utilizzo di questi modelli è la scarsità di dati di input disponibili. Infatti, un set di dati di input necessario per un modello di dinamica nivale di tipo complesso è composto da tassi di precipitazione, temperatura dell'aria, umidità, direzione e velocità del vento e radiazione solare

(Lehning et al. 2002). Inoltre, anche i dati di massa totale di una coltre, nella forma di equivalente idrico nivale (o Snow Water Equivalent, SWE), impiegati nei modelli più semplici, sono molto più rari rispetto, per esempio, ai dati di altezza del manto (Mizukami e Perica 2008), che da soli non sono sufficienti a caratterizzare il contenuto in massa di una coltre. Una valida alternativa, che permetta di supplire alla scarsità di dati, potrebbe essere quella di descrivere la dinamica della massa di una coltre mediante la simulazione della densità complessiva del manto e della sua altezza. Esistono diversi esempi di modelli che abbiano analizzato il comportamento dinamico della densità. Tuttavia, in molti casi la sua previsione è stata affidata a correlazioni di tipo empirico che legghino il suo valore all'età del manto, oppure alla velocità del vento od alla temperatura dell'aria (per esempio, Meløysund et al., 2007), con valori di R^2 prossimi a 0.70, oppure a formulazioni che valutino la dinamica della densità della neve esclusivamente come funzione di forzanti meccaniche quali la compattazione o il metamorfismo. Gli obiettivi di questo lavoro sono quindi quelli di analizzare la dinamica della densità del manto nevoso lungo la sua stagione di esistenza, mediante l'utilizzo di dati sperimentali, e di definire un modello dinamico per la densità totale della coltre e per la sua altezza, che permetta di valutare come grandezza derivata l'equivalente idrico nivale, sia in condizioni secche, sia in condizioni umide. Tale modello deve richiedere una ridotta parametrizzazione, semplicità computazionale, e un ridotto set di variabili di input, al fine di poter essere impiegato con semplicità anche in condizioni di scarsa strumentazione disponibile. Esso è stato testato utilizzando dati di due stazioni nivometriche statunitensi appartenenti alla rete SNOTEL.

LA RETE SNOTEL

I dati utilizzati nel presente lavoro provengono da diverse stazioni di una rete che copre tutto l'Ovest degli Stati Uniti e l'Alaska, la rete SNOTEL (SNOWpack TELE-

Fig. 1 - Misure di densità complessiva nel sito 599 della rete SNOTEL (Lost Horse, Washington, 1560 m) per diversi anni idrologici, ed esempio di regressione lineare pluriennale.



metry). In ciascuna delle oltre 700 stazioni della rete vengono misurati in maniera automatica l'altezza del manto, mediante l'impiego di un nivometro ad ultrasuoni, la temperatura dell'aria, la precipitazione, sia solida che liquida, cumulata sull'anno idrologico (a partire cioè dal primo di Ottobre), e l'equivalente idrico nivale. Tale variabile viene misurata mediante uno snow pillow (Valgoi 2011), uno strumento che misura il peso totale della coltre depositatasi sopra una piastra installata sulla superficie del sito, e ne ottiene la massa equivalente in acqua dividendo per il peso specifico dell'acqua. Il dato misurato è disponibile sia ad una scansione oraria, sia ad una scansione giornaliera. La risoluzione del dato è di 0.1 pollici (2.54 mm) per l'equivalente idrico e per la precipitazione, di 1 pollice (2.54 cm) per l'altezza del manto, e di 0.1 °C per la temperatura dell'aria.

Le misure sono completamente automatiche e disponibili quasi in tempo reale grazie all'impiego di una tecnologia di comunicazione via radio tra le stazioni e alcuni centri di gestione del dato. In questi centri viene inoltre effettuato un controllo semiautomatico della qualità del dato giornaliero di SWE e di precipitazione, mentre il controllo sul dato di temperatura e di altezza di neve risulta più sporadico e irregolare. Il dato orario, tranne rari casi, non è soggetto invece ad alcun controllo di qualità (comunicazioni personale di tecnici SNOTEL, 2011).

LA DINAMICA DELLA DENSITÀ

Le coltri nivali sono sistemi multifase, caratterizzati dalla compresenza di ghiaccio, di aria e di acqua liquida. Quest'ultima è presente soprattutto nella stagione di fusione del manto, in primavera. Essa tende a saturare i pori che i cristalli di ghiaccio, organizzati secondo una struttura a cavità, lasciano tra di loro. La densità totale della coltre, detta anche densità apparente, misura la massa totale (somma delle masse delle singole fasi) nell'unità di volume. La sua evoluzione nel tempo è dovuta sia a fenomeni meccanici (com-

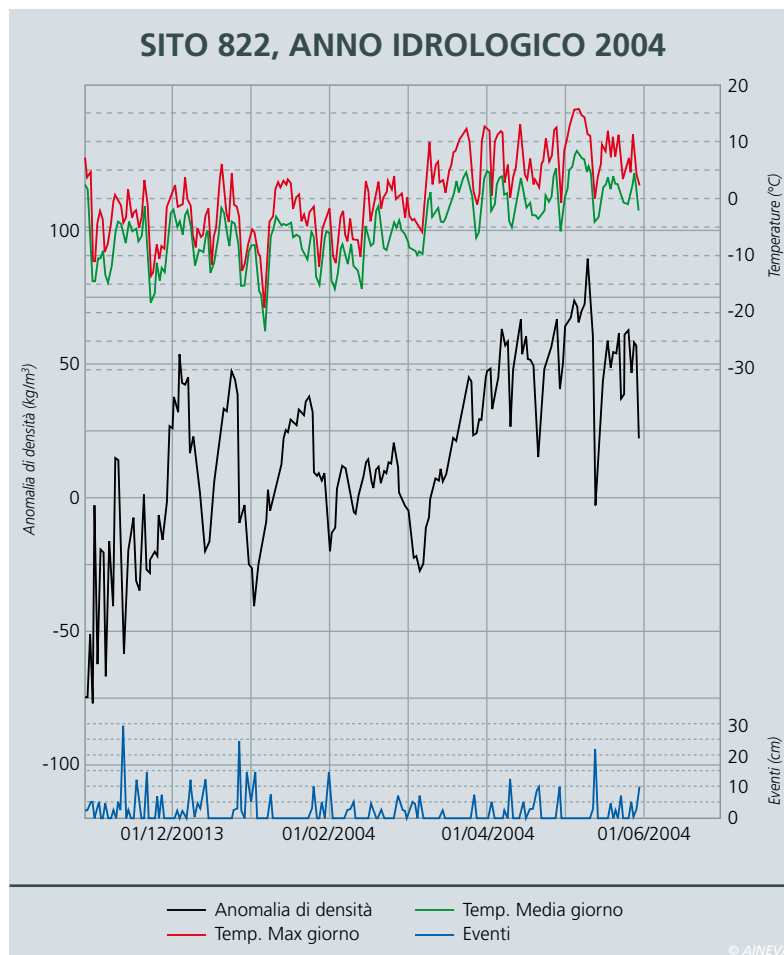


Fig. 2 - Anomalia di densità, intesa come differenza tra dato misurato e modello lineare, per l'anno idrologico 2004 al sito 822 (Togwotee Pass, Wyoming, 2920 m). Vengono anche riportati i dati misurati di temperatura massima e media giornaliera e gli eventi nevosi.

pattazione, metamorfismi) sia idraulici (saturazione dei pori, fusione, precipitazioni liquide etc. etc.), come evidenziato da DeWalle e Rango, (2008). Il risultato è una dinamica non lineare e di non facile ricostruzione. Una coltre nivale presenta inoltre una struttura stratificata ed eterogenea, cosicché le densità misurate a livello locale siano molto variabili (Roch, 1980). Solo durante la fase di fusione le densità locali tendono ad omogeneizzarsi (come già sottolineato da Clyde, 1929). La misura della densità a livello locale può essere eseguita mediante carotaggi. Seppur molto preciso, questo metodo necessita dell'accesso diretto al punto di misura. Inoltre, esso perturba il sistema le cui caratteristiche devono essere misurate. Per ovviare a questi inconvenienti, la densità della coltre può essere anche ottenuta per via indiretta da misure in sito di altezza di neve e di equivalente idrico nivale. A partire da queste misure, tale quantità risulta pari a [Equazione 1] dove p_w è la densità dell'acqua (pari a 1000 kg/m³) e H è l'altezza del manto, in

metri. p coincide con la densità totale o apparente citata in precedenza. Si tratta quindi di un dato medio sulla coltre, che è comunque sufficiente per gli obiettivi del nostro lavoro.

L'evoluzione stagionale della densità

Per descrivere le caratteristiche evolutive di questa variabile lungo l'arco della stagione, sono stati considerati dati a risoluzione giornaliera di altezza di neve e di equivalente idrico nivale misurati in alcune stazioni della rete SNOTEL. E' stato ricavato quindi, giorno per giorno, un valore di densità media del manto. Infine, si è ricercata una regressione lineare (in funzione del giorno, su diversi anni) dei dati di densità per ogni stazione, ottenendo i risultati riportati in tabella di Fig. 6. Gli anni utilizzati per le regressioni presentano qualità del dato particolarmente alta, in termini sia di scarsità di misure mancanti, sia di assenza di cicli di fusione completi all'interno della stagione invernale. Si riporta in Fig. 1 un esempio grafico di queste analisi.

Il risultato è abbastanza soddisfacente in termini di R^2 . È possibile osservare che le misure sulla stessa stazione non mostrano una grande variabilità nella fase centrale della stagione. Queste osservazioni forniscono un riscontro sperimentale alle relazioni empiriche disponibili in letteratura, e quindi alla definizione di un tasso di compattazione funzione dell'età del manto. Il modello lineare mostra tuttavia grosse difficoltà di previsione soprattutto all'inizio e alla fine del periodo di esistenza del manto stagionale, e talvolta anche nel corso della stagione. Osservando (Fig.2) un esempio di correlazione qualitativa tra l'errore compiuto dal modello lineare (sotto forma della differenza tra valore misurato e predetto, o anomalia) e i dati di temperatura media e massima giornaliera e di precipitazione solida (ricavati mediante differenze giornaliere del dato di altezza di neve), è possibile concludere che: 1) periodi di anomalie positive (in cui cioè il dato misurato è maggiore rispetto a quello predetto) sembrano corrispondere a periodi di temperature massime e medie positive; 2) anomalie negative (o, in generale, brusche riduzioni del valore di densità media misurato) sembrano corrispondere a

periodi di intense precipitazioni solide; 3) poiché tali precipitazioni sono solitamente caratterizzate da temperature dell'aria negative, è inoltre possibile supporre che le curve delle temperature (media e massima) e quella delle anomalie siano in fase. Da tale analisi preliminare emerge quindi come un modello lineare risulti troppo semplice per descrivere la dinamica della densità complessiva. Tuttavia, l'analisi mostra anche come sia possibile porre in relazione gli scostamenti della variabile dal modello lineare e alcune semplici variabili meteorologiche come le precipitazioni solide e la temperatura dell'aria.

La relazione densità – sforzo verticale

Al fine di caratterizzare meglio l'effetto combinato delle forzanti meccaniche ed idrauliche sul sistema, è possibile condurre una seconda analisi valutando, per le stesse serie citate in precedenza, l'attendibilità di una eventuale correlazione tra la densità totale e lo sforzo verticale medio della coltre [Equazione 2] determinabile imponendo un profilo lineare degli sforzi verticali. Si riporta in Fig. 3 un esempio di questa analisi.

La relazione risulta ben ripetibile durante la fase di accumulo (le misure sperimentali si sovrappongono). In questa fase lo sforzo verticale medio cresce, e con esso, a causa della riduzione dei volumi dei vuoti, anche la densità complessiva. Nella fase di fusione del manto (rappresentato dai punti a densità molto elevata), invece, la relazione non risulta più rispettata né ripetibile. I valori misurati sembrano al contrario porsi in maniera quasi casuale. Ciò è spiegabile osservando che dal punto di vista idraulico ad una fase pressoché secca si sostituisce una fase umida in cui il manto tende via via a ridurre la frazione ghiacciata in favore di quella liquida. Di conseguenza, la densità complessiva tende a passare da valori tipici di una struttura porosa a valori prossimi a quelli dell'acqua liquida.

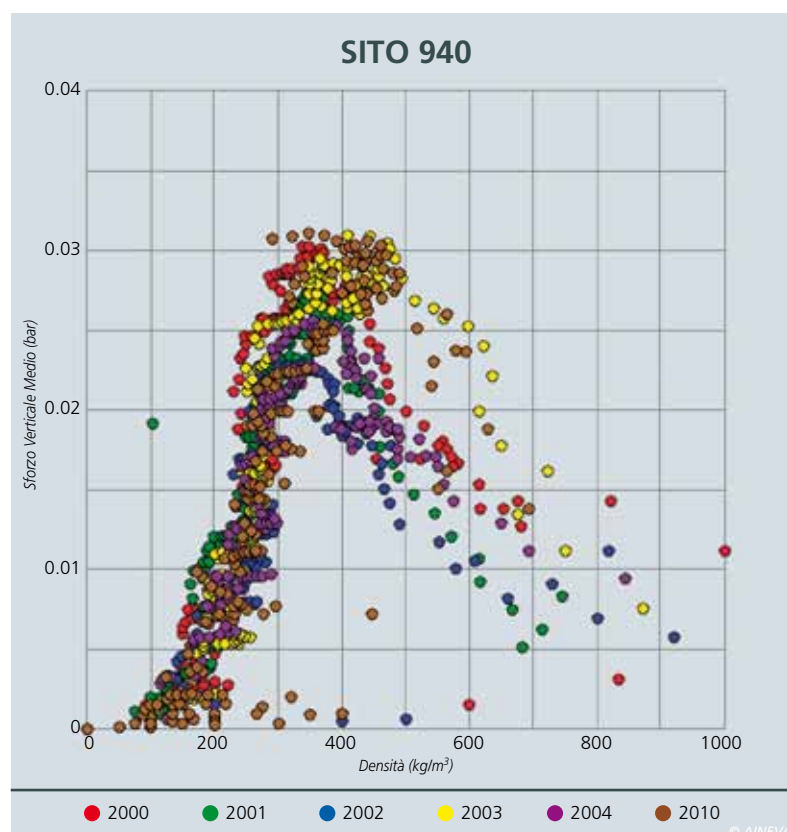
Ne consegue che per modellare correttamente la dinamica della densità media di una coltre lungo tutta la stagione di esistenza, è necessario da una parte descrivere la dinamica delle due fasi prevalenti nella miscela (ghiaccio e acqua liquida), e dall'altra definire opportune variabili di densità in grado di modellare sia i fenomeni di natura meccanica, che hanno un effetto prevalente sullo scheletro solido di ghiaccio, sia quelli idraulici, che hanno viceversa un effetto sulla saturazione dei pori, e quindi sulla densità complessiva della miscela.

UN MODELLO DI DINAMICA DELLE COLTRI

Definizioni Generali

Alla luce dei risultati esposti nei paragrafi precedenti si definisce un modello a passo orario in cui la coltre nivale venga considerata come una struttura porosa omogenea di grani di ghiaccio. In questo modo si individuano nel sistema due fasi: una fase secca, che includa i grani e i pori, e una fase umida, che includa l'acqua liquida eventualmente presente nei vuoti interstiziali della struttura dei cristalli. Si definiscono quindi il volume della struttura porosa $V_s = Ah_s$ (con A costante e pari ad 1 m^2) e il volume di acqua

Fig. 3 - Esempio di correlazione grafica sforzo medio verticale - densità complessiva misurata nel sito 940 (Lost Dog, Colorado, 2840 m) della rete SNOTEL.



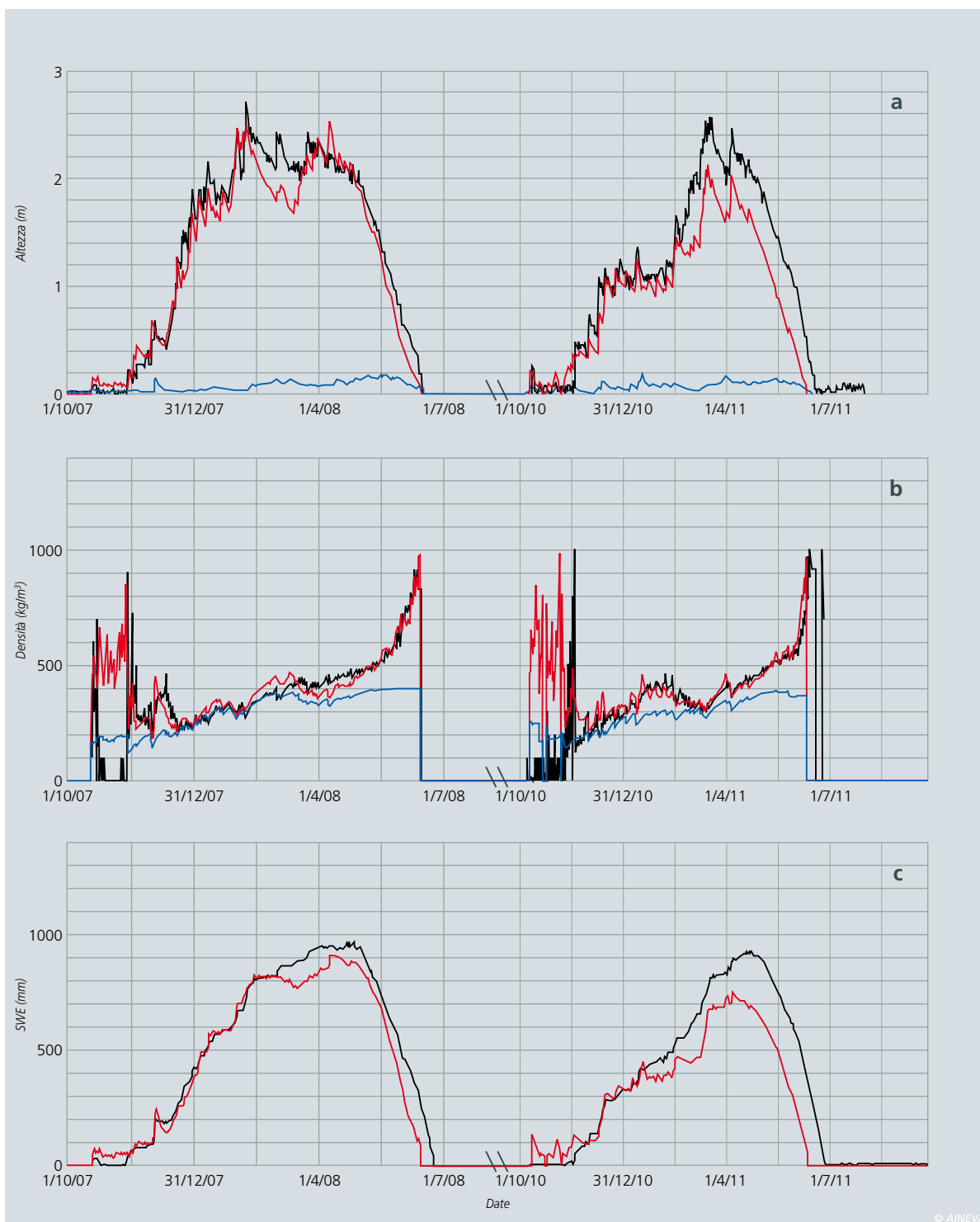


Fig. 4 - Confronto tra dati misurati (in nero) e modellati (in rosso) per la stazione S1. In particolare, nel pannello a) vengono riportati i dati misurati di altezza del manto e i dati modellati di altezza complessiva e di altezza d'acqua (in blu). Nel pannello b) vengono riportati i dati misurati di densità del manto e i dati modellati di densità media e di densità secca (in blu), mentre nel pannello c) vengono riportati i risultati misurati e modellati in termini di equivalente idrico.

liquida $V_w = Ah_w$. Fino a saturazione, la massa liquida è sempre contenuta all'interno dei pori della struttura, cosicché h_s definisce l'altezza del volume complessivo in analisi. Durante il processo di fusione invece, l'acqua liquida tende a sovrasaturare la struttura di ghiaccio in fase di distruzione e a presentarsi quindi anche come fase libera, esposta all'evaporazione e al ruscellamento diretto. Di conseguenza, viene introdotto un volume di controllo schematizzato come $V = Ah$

che rappresenti, ad ogni tempo, il volume complessivo del sistema (coincidente con l'altezza misurata dal nivometro ad ultrasuoni). Definendo la densità secca della struttura di ghiaccio ρ_D come il rapporto tra la massa di ghiaccio (M_D) e il volume della struttura, [Equazione 3], è possibile valutare la porosità della coltre (n) come il rapporto tra il volume occupato dai vuoti e V_s . Di conseguenza, [Equazione 4], dove il termine compreso tra $\langle \rangle$ (parentesi di Macaulay) è presente solo se positivo,

mentre la densità complessiva ρ è definita come:

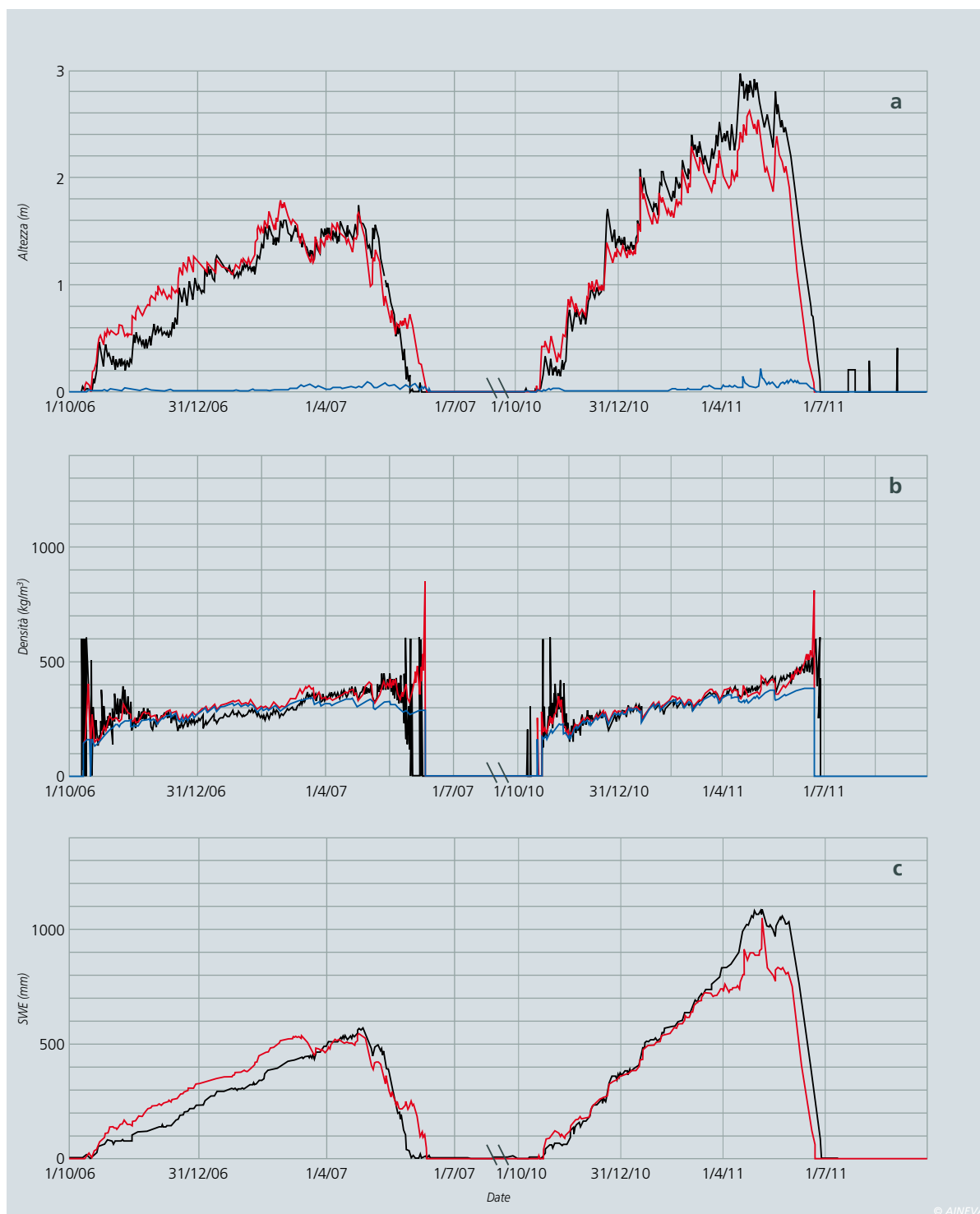
[Equazione 5]

L'equivalente idrico nivale è infine definito come:

[Equazione 6]

A partire da queste definizioni, si scrive un set completo di equazioni basato sulla conservazione della massa, sull'equilibrio degli sforzi verticali, su di un opportuno legame costitutivo della coltre, e su di un approccio energetico semplificato.

Fig. 5 - Confronto tra dati misurati (in nero) e modellati (in rosso) per la stazione S2. In particolare, nel pannello a) vengono riportati i dati misurati di altezza del manto e i dati modellati di altezza complessiva e di altezza d'acqua (in blu). Nel pannello b) vengono riportati i dati misurati di densità del manto e i dati modellati di densità media e di densità secca (in blu), mentre nel pannello c) vengono riportati i risultati misurati e modellati in termini di equivalente idrico.



Le Equazioni di conservazione della massa

L'aspetto centrale del modello qui illustrato è la scrittura delle equazioni di conservazione della massa. In particolare, tale conservazione è stata imposta per entrambe le fasi considerate. Sono stati computati come possibili ingressi nel sistema le precipitazioni solide (di tasso orario pari a s , in m/h, e di densità ρ_{NS} variabile in funzione della temperatura dell'aria secondo la formula pro-

posta da Anderson, 1976) e liquide (di densità costante e pari a 1000 kg/m^3 e di tasso orario pari a p). Inoltre, è stato considerato come unico flusso in uscita dal sistema il drenaggio della fase liquida verso l'esterno del dominio. Il fenomeno di fusione del manto viene quindi interpretato come un flusso interno tra le fasi, che comporta una riduzione della massa secca in favore di quella liquida. Vengono invece trascurati in prima approssimazione i fenomeni di sublimazione, di evapo-

razione e di rigelo della frazione liquida. Quest'ultimo fenomeno è particolarmente importante nella fase primaverile (dà infatti il nome ad uno specifico fenomeno di metamorfismo, secondo la classificazione di Sommerfeld, 1970), ma ha un effetto molto localizzato all'interno del manto (Pfeffer et al., 1990) e ha un'entità limitata per quanto concerne gli aspetti di bilancio tra le fasi. Viene inoltre trascurato il flusso di infiltrazione nel terreno, poiché nel caso in esame la presenza dello snow

pillow impedisce questo tipo di processo. Il fenomeno di fusione, come tasso di riduzione della massa secca, viene ipotizzato proporzionale alla differenza tra la temperatura dell'aria e una temperatura di soglia T_f (Ohmura, 2001). Per temperature minori di T_f , il flusso viene considerato nullo. Come valore soglia T_f viene qui scelto 0°C , anche se alcuni contributi di letteratura dimostrano che la qualità della simulazione può migliorare con soglie diverse e sito-specifiche (per esempio, Kuhn 1987 o van der Broeke et al., 2010). Per quanto concerne il fenomeno di drenaggio della fase liquida, esso è funzione delle proprietà idrauliche della coltre, che variano molto lungo la stagione. Secondo Colbeck (1974), nella frazione satura di una coltre può essere applicata la legge di Darcy, mentre nel dominio non saturo tale flusso è funzione della permeabilità relativa, e quindi del contenuto in acqua, secondo la più generale equazione di Buckingham-Darcy. Secondo tali formulazioni, la permeabilità del mezzo neve è descrivibile in funzione del grado di saturazione della coltre mediante leggi di potenza (come per esempio descritto dal modello di Jordan, 1983). Parallelamente, diversi studi hanno evidenziato l'esistenza all'interno delle coltri in fusione di vie preferenziali per il flusso di acqua liquida (per esempio, Schneebeli, 1995), dal comportamento molto complesso. Di conseguenza, il flusso di acqua all'interno della coltre è raramente uniforme (Teschel et al., 2011) e può in generale essere analizzato mediante la sovrapposizione di un flusso di matrice e un flusso preferenziale (come evidenziato, per esempio, da Waldner et al., 2004). In questo caso non è nostro interesse ricostruire il percorso (per lo più verticale) che compie la frazione liquida all'interno di una coltre, poiché rappresenta un percorso interno che non ha alcun effetto sul bilancio di massa complessivo. L'interesse è invece posto sul processo di drenaggio, e quindi di fuoriuscita della massa liquida dal sistema, mediante un percorso parallelo alla base della coltre (come misurato da Jordan, 1983). Di conseguenza, si è optato

qui per modellare la fuoriuscita di acqua dal dominio in funzione del volume di acqua liquida presente nel sistema mediante una legge di potenza. Introducendo il contenuto d'acqua volumetrico del sistema θ come rapporto tra il volume occupato da acqua liquida e il volume totale, è possibile scrivere tale tasso di fuoriuscita come $c\theta^p w h_w^d$ se θ è maggiore di una quantità minima, qui valutata come [Equazione 7], secondo quanto proposto da Tarboton e Luce 1996 (tale quantità minima è definita come contenuto in acqua residuo, valore al di sotto del quale l'acqua rimane ritenuta all'interno della matrice). Il parametro c è oggetto di calibrazione, mentre d è qui imposto pari a 1.25, secondo le indicazioni di Nomura (1994) per un caso di flusso alla base della coltre simile a quello in analisi. Le equazioni di conservazione della massa possono essere scritte, in seguito ad alcuni passaggi matematici, che permettano di esplicitare la dinamica delle variabili di stato volumetriche, come segue: [Equazione 8] [Equazione 9]. [Equazione 10] è una funzione che restituisce valori nulli per T_A minori di 0°C , mentre tende a zero più h_S è piccola. k è una costante numerica (0.1 m).

L'equazione della densità

Alle equazioni di conservazione delle masse si affianca l'equazione indefinita di equilibrio sulla verticale (unica dimensione considerata dal problema) e il legame costitutivo. L'equazione indefinita di equi-

librio, in condizioni quasi-statiche, viene scritta con riferimento alla sola componente secca, e non alla densità complessiva. Tale semplificazione è molto utile al fine di disaccoppiare il problema, poiché in questo modo la componente liquida ha il solo effetto di saturare i pori, e non contribuisce al processo di compattazione. Questa ipotesi è sostenuta dall'osservazione che l'elemento che è soggetto a compattazione prevalente è la struttura secca, e che tale processo è importante soprattutto nella fase di accumulo della coltre, in cui il contenuto di acqua liquida è pressoché nullo, come discusso nei paragrafi precedenti. Studi successivi verranno condotti per comprendere quale sia l'effetto accoppiato tra l'acqua liquida e la compattazione della struttura secca. Viene quindi imposto un legame reologico monodimensionale rappresentato dalla legge di Maxwell (Mellor, 1974), che permette di definire l'equazione di dinamica della densità secca funzione del solo processo di compattazione, così come già indicato da Horne e Kavvas (1997) o Kongoli e Bland (2000) o Zhang et al. (2008). La viscosità viene espressa dal prodotto di due funzioni, una dipendente dalla temperatura media del manto, e una dipendente dalla densità media del manto stesso (Mellor, 1974 e Kojima, 1967). L'introduzione di nuova massa sotto forma di precipitazione solida viene modellata valutando la variazione di densità ascrivibile a questo fenomeno come già indicato da Ohara e Kavvas (2006).

ESEMPI DI REGRESSIONI LINEARI PLURIENNALI SUI DATI DI DENSITÀ MEDIA					
STAZIONE	ID	STATO	QUOTA	ANNI IDROLOGICI	R ²
Harts Pass	515	WAS	1978 m	2007 - 2010	0.46
Daniels Strawberry	435	UTA	2450 m	2007 - 2010	0.7
Lost Horse	599	WAS	1560 m	2003 - 2009	0.6
Togwotee Pass	822	WYO	2920 m	2004 - 2010	0.67
Elbow Lake	910	WAS	926 m	2006 - 2010	0.51
Vienna Mine	845	IDA	2731 m	2002 - 2006	0.74
Rex River	911	WAS	1161 m	2000 - 2010	0.54
Snowslide Canyon	927	ARI	2966 m	2008 - 2010	0.66
Lost Dog	940	COL	2841 m	2000 - 2007	0.63
Spruce Springs	984	WAS	1737 m	2006 - 2010	0.49

Fig. 6 - Dati di diverse regressioni lineari pluriennali sui dati di densità totale, in diverse stazioni della rete SNOTEL.

Supponendo infine che i fenomeni di fusione avvengano a p_D costante, l'equazione complessiva della densità secca può essere scritta come segue.

[Equazione 11]

Il primo termine modella il processo di compattazione, mentre il secondo valuta l'effetto dei nuovi ingressi solidi. c_1 è pari a $0.001 \text{ m}^2 \text{ h}^{-1} \text{ kg}^{-1}$ (riadattato da Zhang et al. 2008). T_{SN} è invece la temperatura media del manto. Essa viene ricavata imponendo un profilo bilineare delle temperature locali (Kondo e Yamazaki, 1990), e valutando la media pesata tra le temperature medie di un primo strato superficiale del manto esposto alle oscillazioni climatiche (di temperatura media pari a $0.5T_a$ se T_a è negativa), e di uno strato profondo a temperatura costante di 0°C . Lo spessore dello strato superficiale viene determinata in funzione della temperatura dell'aria come $\bar{z} = aT_a$. Se la temperatura è positiva, $\bar{z} = 0 \text{ m}$. Il parametro a viene derivato direttamente dai risultati sperimentali di Kondo e Yamazaki ($-0.03 \text{ m}/^\circ\text{C}$). Ovviamente, qualora la predizione di $\bar{z}$ sia superiore all'altezza del manto (può capitare molto raramente all'inizio della stagione in caso di coltri

piccole e picchi di temperature negative) è opportuno imporre $\bar{z}$ pari ad h_S .

Tale modello utilizza come variabili di input solo i dati di temperatura dell'aria e di precipitazione (solida e liquida). La diffusione di questo tipo di dato, insieme alla semplicità computazionale, rappresentano i punti di forza di questo modello.

APPLICAZIONE

Si propongono in Figg. 4 e 5 due esempi di applicazione del modello a siti della rete SNOTEL. In rosso vengono riportati i dati modellati, in confronto con quelli misurati, in nero. Inoltre, per chiarezza vengono riportati in blu l'altezza d'acqua per il pannello a) e la densità secca per il pannello b). Le stazioni scelte per tale confronto sono: S1) Thunder Basin nello stato di Washington, ad una quota di circa 1300 metri (ID pari a 817); S2) Brooklyn Lake, situata nel Wyoming, ad una quota di circa 3100 metri (ID pari a 367).

Il modello è stato applicato a scala pluriennale, adottando il primo anno di misure come anno di taratura, mentre tutti gli altri sono utilizzati come test di bontà della simulazione. Mentre le variabili di stato relative ai volumi tendono a zero

alla fine della stagione, la visualizzazione grafica delle variabili relative alla densità è stata limitata all'esistenza di una coltre. In termini di variabili di input, sono state qui impiegate serie orarie di temperatura dell'aria per valutare la temperatura media del manto e dati di altezza di neve per computare le differenze tra un'ora e la precedente e ricavare quindi le intensità orarie s , assumendo che ogni differenza positiva coincidesse con un evento di intensità oraria pari a tale differenza. Per quanto riguarda le precipitazioni liquide, esse sono state ricavate dal dato di pluviometria complessiva, computandone le differenze a scala giornaliera, e confrontandole con la somma, nella stessa finestra di controllo, degli eventuali input solidi misurati mediante il dato di nivometria (in mm d'acqua). Eventuali surplus del dato di pluviometria sono stati inseriti nel modello come eventi liquidi, a patto che la cumulata di precipitazione reale fosse sempre superiore a quella modellata. In questo modo si può anche controllare che l'apporto in massa complessivo del sistema sia sempre coerente con quanto misurato. Sono state scelte le serie orarie degli anni 2008 – 2011 per S1 e 2007 – 2011 per S2. Tali serie annuali si sono dimostrate di ottima qualità, presentando pochissimi dati mancanti, e dati a risoluzione stabilmente oraria (mentre in altri casi sono state riscontrate scansioni sub-giornaliere ma non orarie). I dati di nivometria sono stati opportunamente trattati, laddove necessario, per depurare le serie dagli errori strumentali (Avanzi, 2011). Per quanto concerne il dato di pluviometria, ogni valore negativo ed ogni differenza negativa è stata scartata. I parametri del modello oggetto di calibrazione sono a , b e c . Essi sono stati stimati per le stazioni in esame mediante un semplice metodo di minimizzazione dell'errore quadratico medio. Si riportano in tabella di Fig. 7 i risultati in termini di calibrazione dei parametri e in termini di R^2 sia per il solo anno di calibrazione, sia come dato medio sugli anni di validazione. Stime di a e b sono abbastanza frequenti in letteratura, anche se spesso esse vengono fornite

Fig. 7

SITO	a	b	c	$r^2 \text{ H cal.}$	$r^2 \text{ SWE cal.}$	$r^2 \rho \text{ cal.}$	$r^2 \text{ H val.}$	$r^2 \text{ SWE val.}$	$r^2 \rho \text{ val.}$
S1	0.00011 m/h	0.00042 m/h/°C	0.1 1/m/h ^{d-1}	0.98	0.98	0.96	0.92	0.90	0.90
S2	0.0001 m/h	0.00056 m/h/°C	0.5 1/m/h ^{d-1}	0.84	0.78	0.87	0.92	0.92	0.92

© AINEVA

Equazioni

$$[1] \quad \rho = \frac{SWE \rho_W}{H}$$

$$[2] \quad \tilde{\sigma}_V = \frac{\rho_W g SWE}{2}$$

$$[3] \quad \rho_D = \frac{M_D}{V_S}$$

$$[4] \quad h = h_S + \langle h_W - nh_S \rangle$$

$$[5] \quad \rho = \frac{\rho_D h_S + \rho_W h_W}{h}$$

$$[6] \quad SWE = \frac{\rho h}{\rho_W}$$

$$[7] \quad 0.02 \frac{\rho_D}{\rho_W}$$

$$[8] \quad \frac{dh_S}{dt} = \frac{\rho_{NS} S}{\rho_D} - \frac{h_S}{\rho_D} \frac{d\rho_D}{dt} - I(T_A; h_S) [a + b(T_A - T_\tau)]$$

$$[9] \quad \frac{dh_W}{dt} = \rho + \frac{I(T_A; h_S) [a + b(T_{AIR} - T_\tau)] \rho_D}{\rho_W} - c \theta h_W^d$$

$$[10] \quad I(T_A; h_S) = I(T_A) \frac{h_S}{h_S + k}$$

$$[11] \quad \frac{d\rho_D}{dt} = +c_1 \rho_D^2 h_S e^{[0.08(T_{SN} - T_D) - 0.021\rho_D]} + \frac{(\rho_{NS} - \rho_D)}{h_S} s$$

alla scala giornaliera. Una conversione alla scala oraria può essere effettuata approssimativamente dividendo il valore giornaliero per 12 ore effettive. Di conseguenza, i valori di a e b qui proposti risultano molto prossimi ai valori suggeriti da letteratura per le coltri nivali (DeWalle e Rango 2008), mentre essi risultano minori di quelli proposti per ghiacciai (Braithwaite 1995). Il modello mostra ottime prestazioni in termini di simulazione sia delle altezze delle componenti, sia per quanto concerne la densità della coltre. Dalle simulazioni della densità è possibile notare come la densità secca fornisca un'ottima predizione della densità della coltre nella fase di accumulo mentre essa risulta via via più fallace nella fase di fusione. Ciò è particolarmente vero per S1, che si trova ad una quota molto bassa, mentre per S2 la densità secca fornisce una buona approssimazione della densità misurata per quasi tutto l'orizzonte di simulazione. Ciò è dovuto al fatto che il manto alla stazione S2 è mediamente più secco lungo la stagione, con $\theta < n$ verificato nel 98% delle ore nell'anno di calibrazione, e con un θ medio dell'7%, mentre in S1 la condizione $\theta < n$ è verificata nel 71% delle ore dell'anno di calibrazione, in cui θ medio è pari al 12%.

CONCLUSIONI

Nel presente contributo si è discusso il comportamento della densità di un manto lungo l'arco di esistenza della coltre, e si è presentato un modello dinamico atto a valutare le dinamiche di massa di una coltre mediante la simulazione della sua densità secca, dell'altezza della struttura solida del manto e dell'altezza d'acqua liquida complessivamente contenuta nella coltre. Tale approccio, fisicamente basato, offre l'opportunità di predire le dinamiche di massa in funzione delle forzanti atmosferiche, e quindi di comprendere quale possa essere l'impatto di una loro variazione in futuro. Tale approccio ha dimostrato un ottimo adattamento con misure nivometriche alla scala oraria provenienti da una rete statunitense, la rete SNOTEL, con valori di R^2 medi in validazione

compresi tra 0.84 e 0.97. In particolare, è interessante sottolineare che tale modello necessiti la calibrazione di solo tre parametri. Inoltre, dai risultati grafici delle simulazioni mostrate, è evidente come la

simulazione della densità (così come la sua separazione in una densità secca e in una densità complessiva) riesca a predire molto bene il dato misurato, sia in fase di accumulo che in fase di fusione.

Bibliografia

- AVANZI, F., 2011, A dynamic model of snowpack density, depth and mass content and its validation with SNOTEL hourly data, Tesi di Laurea Specialistica, Politecnico di Milano
- ANDERSON, E.A., 1976, A Point Energy and Mass Balance Model of a Snow Cover, NOAA Technical Reports NWS, Vol. 19, 150 pp.
- BARNETT, T.P., ADAM, J.C., LETTENMAIER, D.P., 2005, Potential impacts of a warming climate on water availability in snow-dominated regions, *Nature*, Vol. 438, Pages 303 – 309
- BARTELT P., LEHNING M., 2002, A physical SNOWPACK model for the Swiss avalanche warning Part I: Numerical Model, *Cold Regions Science and Technology*, Vol 35, Pages 123 – 145
- BRAITHWAITE, R.J., 1995, Positive degree-day factors for ablation on the Greenland ice sheet studied by energy-balance modelling, *Journal of Glaciology*, Vol. 41, No 137, Pages 153 – 160
- VAN DEN BROEKE, M., BUS, C., ETTEMA, J., SMEETS, P., 2010, Temperature thresholds for degree-day modelling of Greenland ice sheet melt rates, *Geophysical Research Letters*, Vol 37, L18501
- CLYDE, G.D., 1929, Change in density of snow cover with melting, *Monthly Weather Review*
- COLBECK, S.C., 1974, Water flow through snow overlying an impermeable boundary, *Water Resources Research*, Vol 10, No 1, Pages 119 – 123.
- DEWALLE, D.R., RANGO, A., 2008, Principles of snow hydrology, Cambridge University Press, New York.
- HAMLET A.F., MOTE P.W., CLARK M.P., LETTENMAIER D.P., 2005, Effects of Temperature and Precipitation Variability on Snowpack Trends in the Western United States, *Journal of Climate*, Vol 18, Pages 4545 – 4561
- HORNE, F.E., KAVVAS, M.L., 1997, Physics of the spatially averaged snowmelt process, *Journal of Hydrology*, Vol 191, Pages 179 – 207.
- JORDAN, P., 1983, Meltwater Movement in a Deep Snowpack 1. Field Observations, *Water Resources Research*, Vol. 19, No. 4, Pages 971 – 978
- JORDAN, R., 1991, A one-dimensional temperature model for a snow cover: Technical documentation for SNTherm 89, Special Report 91-16, US Army Corps. Of Eng. Cold Regions Res. and Eng. Lab., Hanover, NH.
- KELLY R.J., MORLAND L.W., MORRIS E.M., 1986, A three phase mixture model for melting snow, *Modelling Snowmelt-Induced Processes* (Proceedings of the Budapest Symposium, July 1986). IAHS Publ. no. 155
- KOJIMA, K., 1967, Densification of Seasonal Snow Cover, *Physics of Snow and Ice, proceedings*, Vol. 1, No. 2, Pages 929 – 952
- KONDO, J., YAMAZAKI, T., 1990, A prediction model for snowmelt, snow surface temperature and freezing depth using a heat balance method, *J. Appl. Meteorol.*, Vol. 29, Pages 375 – 384
- KONGOLI, C.E., BLAND, W.L., 2000, Long-term snow depth simulations using a modified atmosphere-land exchange model, *Agricultural and Forest Meteorology*, Vol 104, Pages 273 – 287
- KUHN, M., 1987, Micro-meteorological conditions for snow melt, *Journal of Glaciology*, Vol 33, No 113, Pages 24 – 26
- LATERNER, M., SCHNEEBELI, M., 2003, Long-term snow climate trends of the Swiss Alps (1931 – 99), *International Journal of Climatology*, Vol. 23, pages 733 – 750
- LEHNING, M., BARTELT, P., BROWN, B., FIERZ, C., 2002, A physical SNOWPACK model for the Swiss avalanche warning Part III: meteorological forcing, thin layer formation and evaluation, *Cold Regions Science and Technology*, 35, 169–184.
- MELØYSUND, V., LEIRA, B., HØISETH, K., LISØ, K.R., 2007, Review: Predicting snow density using meteorological data, *Meteorol. Appl.*, Vol 14, Pages 413 – 423
- MIZUKAMI, N., PERICA, S., 2008, Spatiotemporal Characteristics of Snowpack Density in the Mountainous Regions of the Western United States, *Journal of Hydrometeorology*, Vol 9, Pages 1416 – 1426
- MORRIS E.M., 1983, Modelling the flow of mass and energy within a snowpack for hydrological forecasting, *Annals of Glaciology*, Vol 4, Pages 198-203
- MOTE P. W., 2003, Trends in snow water equivalent in the Pacific Northwest and their climatic causes, *Geophysical Research Letters*, Vol 30, NO 12, 1601
- NOMURA, M., 1994, Studies on the delay mechanism of runoff to snowmelt, Institute of Low Temperature Science, Hokkaido University, 39, 1 – 49.
- OHARA, N., KAVVAS, M.L., 2006, Field observations and numerical model experiments for the snowmelt process at a field site, *Advances in Water Resources*, Vol 29, 194 – 211
- OHMURA, A., 2001, Physical Basis for the Temperature-Based Melt-Index Method, *Journal of Applied Meteorology*, Vol 40, Pages 753 – 761
- PFEFFER, W.T., ILLANGASEKARE, T. H., MEIER, M. F., 1990, Analysis and modeling of melt-water refreezing in dry snow, *Journal of Glaciology*, Vol. 36, No. 123, pages 238 – 246
- ROCH, A., 1980, Neve e Valanghe, Club Alpino Italiano
- SCHNEEBELI, M., 1995, Development and stability of preferential flow paths in a layered snowpack, *Biogeochemistry of Seasonally Snow-Covered Catchments* (Proceedings of a Boulder Symposium), IAHS Publ. no 228.
- SOMMERFELD, R. A., LACHAPPELLE, E., 1970, The classification of snow metamorphism, *Journal of Glaciology*, Vol 9, No 53, Pages 3 – 17.
- TARBOTON D.G., E LUCE, C.H., 1996, Utah energy balance snow accumulation and melt model (UEB): Computer model technical description and users guide, Utah Water Res. Lab., Logan.
- TECHER, F., PIELMEIER, C., 2011, Point observations of liquid water content in wet snow – investigating methodical, spatial and temporal aspect, *The Cryosphere*, Vol. 5, pages 405 – 418
- VALGOI, P., 2011, Cuscinetto per la misura della densità della neve SNOW PILLOW, Neve e Valanghe, Vol. 72, pagine 48 – 53
- WALDNER, P.A., SCHNEEBELI, M., SCHULTZE-ZIMMERMANN, U., FLÜHLER, H., 2004, Effect of snow structure on water flow and solute transport, *Hydrological Processes*, Vol. 18, pages 1271 – 1290.
- ZHANG, Y., WANG, S., BARR, A.G., BLACK, T.A., 2008, Impact of snow cover on soil temperature and its simulation in a boreal aspen forest, *Cold Regions Science and Technology*, Vol 52, Pages 355 – 370

Fig. 1: Piramide dell'informazione: l'importante innanzitutto.



Nuova versione del bollettino delle valanghe svizzero

Il bollettino nazionale delle valanghe viene pubblicato dal 1945 a cura dell'SLF di Davos e da oltre 10 anni vengono inoltre pubblicati, al mattino, i bollettini regionali delle valanghe. Con la stagione invernale 2012/2013 i bollettini delle valanghe si presentano in una nuova forma ottimizzata per internet e smartphone.

Le principali novità sono una migliore veste grafica, l'eliminazione delle

descrizioni dettagliate delle regioni e la pubblicazione di bollettini per tutte le regioni due volte al giorno in quattro lingue (tedesco, francese, italiano, inglese).

Il bollettino delle valanghe è strutturato in base alla "piramide dell'informazione" adottata dell'EAWS: la navigazione a menu sul sito internet mostrerà prima di tutto il grado di pericolo, poi la "zona principale" (altitudini ed esposizioni particolarmente pericolose) e infine la descrizione del pericolo (cfr. Figg. 1 e 2).

Bollettini per ogni singola regione, in quattro lingue e aggiornati due volte al giorno

Per ogni singola regione alpina della Svizzera ed eventualmente anche per il Giura, il nuovo bollettino delle valanghe è pubblicato due volte al giorno (alle ore 8:00 e alle ore 17:00), in quattro lingue (tedesco, francese, italiano, inglese - grazie ad un apposito catalogo di frasi che consente la traduzione simultanea del testo pur garantendo una descrizione del pericolo sufficientemente precisa in ogni situazione).

Bollettino delle valanghe in internet

Sul sito internet dell'SLF (www.slf.ch) il bollettino delle valanghe è diviso in due parti: una parte grafica interattiva con la descrizione del pericolo e una parte di testo intitolata "Manto nevoso e condizioni meteo". La descrizione del pericolo è visualizzata sulla carta zoomabile del pericolo di valanghe (e non più nel testo del bollettino nazionale). Spostando il cursore sulla carta del pericolo di valanghe, sono evidenziate le varie regioni. Facendo clic su una delle regioni si aprirà una finestra con la relativa descrizione del pericolo (cfr. Fig. 2). In inverno, la carta e la descrizione del pericolo di valanghe sono aggiornate

due volte al giorno (alle ore 8:00 e alle ore 17:00). Le ulteriori informazioni del bollettino delle valanghe, come la descrizione del manto nevoso e meteo (4° livello della piramide dell'informazione), sono pubblicate ogni sera alle ore 18:30, ma in un nuovo formato schematico (cfr. Fig. 3).

Bollettino delle valanghe stampabile

Il tradizionale prodotto previsionale stampabile, tra cui le "Carte regionali del pericolo di valanghe" (cfr. Fig. 4), permane seppure con nuova veste grafica e più sintetico ed è pubblicato due volte al giorno (alle ore 8:00 e alle ore 17:00) in quattro lingue.

App per accedere ai bollettini delle valanghe

La nuova app "White Risk", completamente rinnovata, porta il bollettino delle valanghe con tutte le sue funzioni, inclusa la nuova carta interattiva zoomabile, sullo smartphone. La nuova versione, che fornisce anche dettagliate nozioni di base sulla prevenzione contro le valanghe, è disponibile gratuitamente per iPhone e Android.

Il nuovo bollettino delle valanghe è stato ottimizzato per internet e smartphone. I vecchi canali di comunicazione (telefono e fax) sono stati sospesi.

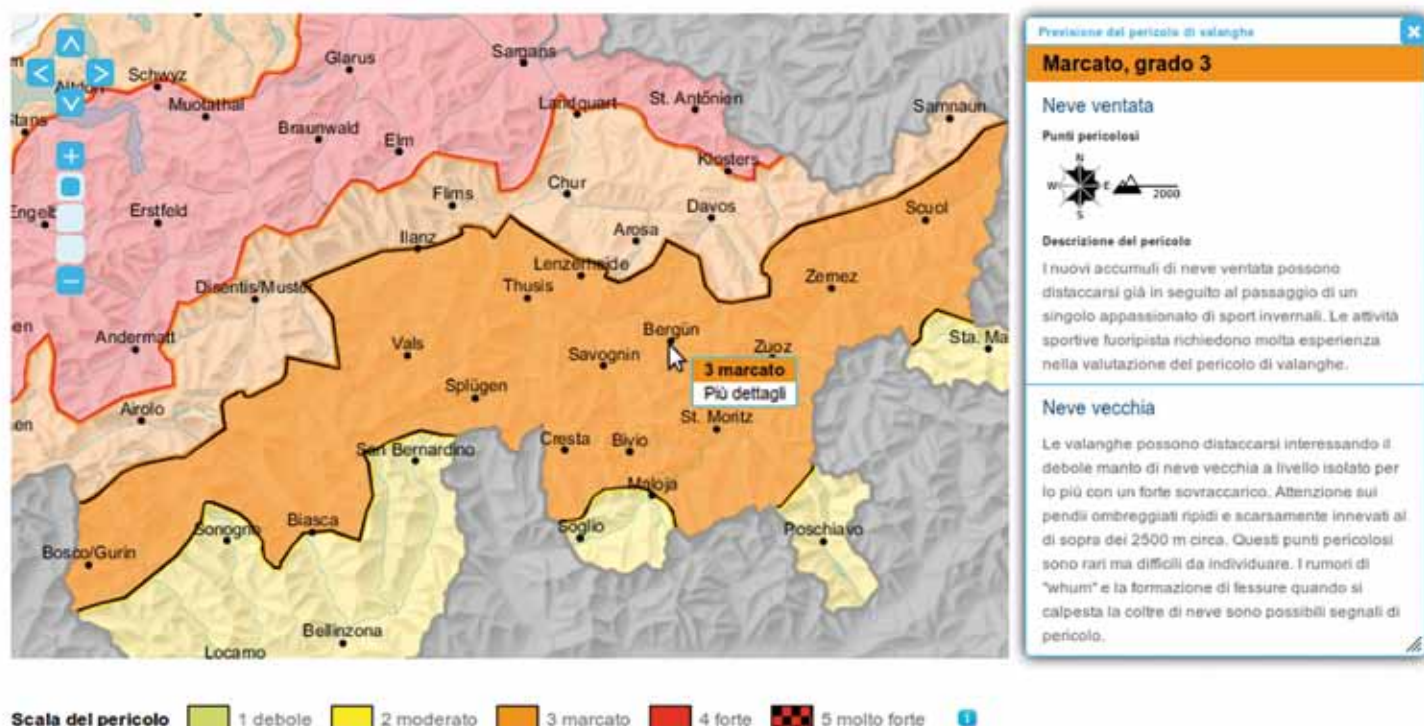


Fig. 2: Carta del pericolo di valanghe con regione evidenziata e relativa descrizione del pericolo. In futuro sarà sempre presente anche un "modello di pericolo", ad es. "Neve fresca" o "Neve ventata".



Fig. 3: La sezione "Manto nevoso e meteo" è pubblicata come di consueto alla sera, ma in un nuovo formato schematico.

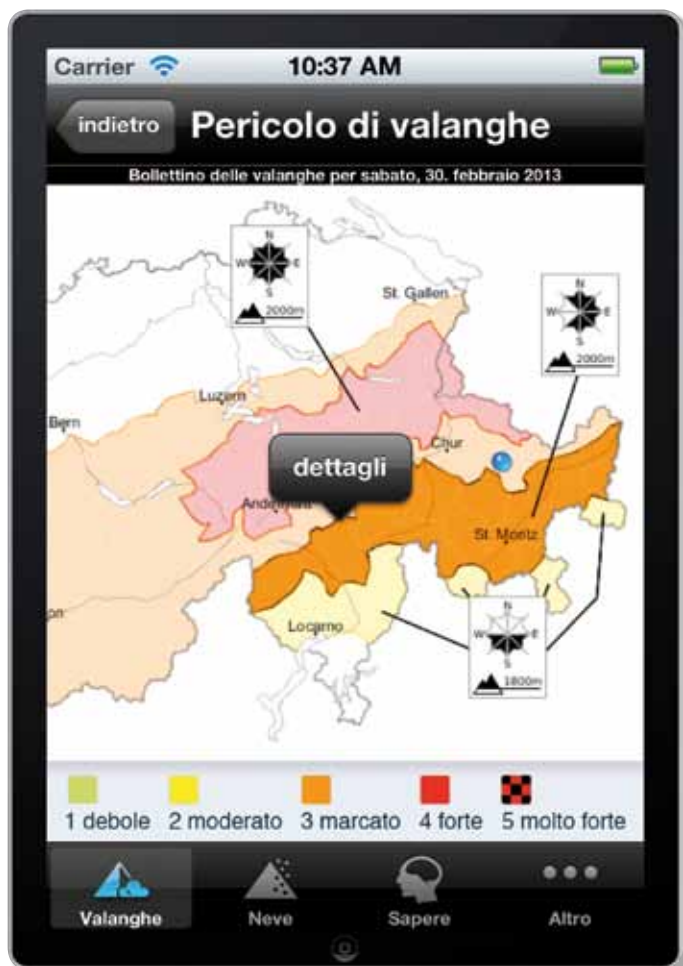


Fig. 4: Carta regionale del pericolo di valanghe per il nord e il centro dei Grigioni da esporre nelle zone fuoripista. Per ciascuna regione (nella figura quella interessata dal grado 3 "marcato") è disponibile una carta dedicata.



40 anni di previsione valanghe in Friuli Venezia Giulia

Il 21 novembre 2012 si è tenuto a Udine presso il palazzo della Regione in via Sabbadini 31 il convegno "40 anni di previsione valanghe in Friuli Venezia Giulia".

L'evento, oltre all'aspetto celebrativo, ha avuto l'intento di informare l'opinione pubblica e gli utenti della montagna innervata su quello che è lo stato dell'arte in materia di previsione e prevenzione del pericolo da valanghe sul territorio italiano e non solo.

Per l'occasione sono stati invitati a Udine tutti gli Uffici Valanghe afferenti ad AINEVA, a cui da due anni ha aderito anche la Regione Marche, nonché il Meteomont, il settore militare che si occupa di previsione valanghe per il Corpo forestale dello Stato, il Comando truppe alpine e il Centro meteo dell'aeronautica militare. Ha partecipato inoltre il Dipartimento di Protezione Civile di Roma con cui interagiscono tutte le Organizzazioni che si occupano di prevenzione dei pericoli da valanghe in Italia. Erano presenti inoltre gli Enti che in qualche

modo collaborano con il Settore neve e valanghe della Regione FVG come L'OSMER-ARPA FVG per le previsioni meteo e la Protezione Civile Regionale per le criticità sul territorio regionale. Interessante è stato inoltre il confronto con le realtà d'oltre confine, che sono intervenute al convegno con delegazioni provenienti da Slovenia, Carinzia, Svizzera e dalla Spagna.

Nella mattinata gli interventi dei relatori della Slovenia e della Carinzia hanno messo in evidenza le caratteristiche dei rispettivi Servizi di previsione valanghe. L'Istituto Federale di Ricerca sulla neve e le valanghe di Davos (CH) ha invece presentato i nuovi prodotti inerenti i bollettini valanghe della stagione invernale 2012-2013 in Svizzera. La Spagna ha esposto le caratteristiche del progetto "A LURTE" che mira ad istituire un servizio di previsione locale valanghe per una particolare zona dei Pirenei centrali particolarmente frequentata, dove il problema valanghe è tutt'altro che secondario.

Il Dipartimento di Protezione civile nazionale ed il Meteomont hanno illustrato, oltre i propri ambiti di com-

petenza, anche l'emergenza neve verificatasi in centro Italia durante la scorsa stagione invernale e le modalità di gestione delle criticità.

La sessione pomeridiana è stata completamente dedicata agli specifici progetti presentati dai vari uffici valanghe Italiani con una carrellata di interventi che hanno evidenziato gli aspetti peculiari dei lavori in atto nelle varie strutture aderenti ad AINEVA; nello specifico sono stati esposti lo studio sugli incidenti da valanga in Italia (presentato dal Centro Valanghe di Arabba), i progetti DynAval e

Map3 (Valle D'Aosta) e l'idrologia nivale (Servizio di previsione valanghe della Provincia Autonoma di Bolzano), solo per citarne alcuni.

La Protezione Civile Regionale del FVG ha illustrato l'approccio nella gestione delle criticità legate alla neve e alle valanghe sul territorio regionale. Il programma della giornata è stato pertanto molto fitto ed interessante ed è risultato adatto sia ad un pubblico di professionisti che di semplici appassionati del mondo della neve.

Settore Neve e Valanghe FVG



ABSTRACT

WINTER SEASON 2011- 2012

M Valt, P. Cianfarra

The winter season 2011 – 2012 will be remembered as a season with little snow in early and mid winter, heavy snowfalls in late January - first half of February, particularly in the central-western sectors, with snowfalls also occurring in the large cities (Turin, Milan, Bologna, Florence, Rome), for the harsh temperatures that favored permanence of snow also at low altitudes with consequent problems to circulation, and for the long periods of warm weather in late winter and early spring that caused fast melting of snowcover.

The present article provides a detailed balance of the last winter season by means of data on temperatures and snow conditions, compared with past seasons, and general considerations about avalanche danger and avalanche accidents.

CISA IKAR 2012

S. Pivot

The annual conference of the CISA-IKAR, the International commission for alpine rescue, took place in Krynica, Poland.

It was the occasion to make a report of the large deadly avalanches of the past season: near the Lyngen fiord in Norway, in the area between Jannu and Kashmir in Pakistan, on the Manaslu in Nepal and the Mont Maudit in the Mont Blanc, French side.

We will mainly remember the meeting of this year for the massive introduction of the new software programs for smartphone and, more in general, for Internet, being applied to avalanche rescue.

AVALANCHES AND AVALANCHE PROTECTION FORESTS

L. Caffo

The large avalanches that took place in winter 2008-2009 highlighted problems concerning safety of both people and infrastructures, and territory as a whole.

After a number of empirical observations, the study of avalanche pro-

tection forests has underlined the occurrence of destructive events within forest populations, offering the hint for new considerations and bringing about important practical consequences.

Venaus and Giaglione municipalities, in medium Susa valley, are subject to avalanches that originate on the high pastures on the eastern side of Punta Mulatera, above the tree line.

The Rio Supita avalanche descended through a narrow gully, whereas the Martina avalanche with its 200 m wide front reached a wood of larches and beech-trees below, first interrupting the State Road n. 25 of Moncenisio and then stopping near Venaus.

Following the avalanches of December 2008, an Emergency Plan of Civil Defence for Avalanche Risk Protection was set up (Neve e Valanghe n. 70, August 2010), followed by the arrangement and positioning of 5 snow gauges, as an integration of the existing snowpack monitoring system that includes an automatic snow measurement station that was installed near the Grange Martina station during the XX Winter Olympics of Turin 2006 (ARPA Piemonte). Afterward, weekly snow measurements were carried out in winter seasons (by CFVAS), and graduation theses were carried out aimed at studying more exhaustively avalanches making the most of "a posteriori" observations.

The short description of facts shows that forests play a modest avalanche protection role in the avalanches track zone, however the lack of forests along a slope leads to the presence of potential starting areas, even at rather low altitudes, which means a higher probability of presence of high density snow due to averagely higher temperatures and possible rain and snow mixed (sleet).

ESTIMATE OF PRECIPITATIONS AT HIGH ALTITUDE SITES Use of experimental manual and automatic



data on new snow density to establish empirical relations

K. Cugerone, P. Allamano, A. Sallandin, S.Barbero

The evaluation of the water resources available as snow at high altitude sites occurs through the determination of snow water equivalent (SWE).

SWE estimates are obtained locally by performing manual samplings or through the use of models that reproduce the evolution of the characteristics of the snowpack.

The need for improvement of the SWE estimates and of the hydrological models has led to a research collaboration between the Department of forecasting systems of Arpa Piemonte and the Department of Environment, Land and Infrastructure Engineering of Polytechnic of Turin. This cooperation aims at investigating snow water resources through the activation of experimental measurement sites and the definition of quantitative indicators of the of water resources state.

DYNAMICS OF DENSITY OF SEASONAL SNOWPACK

F. Avanzi, C. De Michele, A. Ghezzi, C. Jommi

Snow covers are complex multiphase mixtures characterized by mechanical, hydraulic and thermic

properties which are strongly time-dependent. The snowpack mass content represents a natural reserve of water, which could be available in spring and summer for water runoff and human exploitation.

Since snow dynamics seem to be also strongly dependent on climate change, it is quite evident how a precise modeling of the snowpack mass content is a crucial information for many engineering and social aims. Snow density, coupled with snow depth, is used to calculate the snow water equivalent. Anyway, estimation of snow density is often determined through empirical relations, mainly due to its high non-linear dynamics caused by the occurrence and alternation of dry and wet conditions of snowpack.

A model for the dynamics of the mean snowpack density is here proposed, which allows, together with the modeling of snow depth, evaluation of snowpack mass content. The snow cover is assimilated to a two-component mixture: a dry part, composed by the ice structure, and a wet part, including liquid water. The model describes the dynamics of three variables: depth of the icy structure, depth of liquid water and mean density of the dry structure. The model has been calibrated and validated using some hourly data measured in a US instrumental network (SNOTEL).

UOMINI & TECNOLOGIE PER IL MONITORAGGIO AMBIENTALE



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

 **CAE**
monitoring your world.

SISTEMI E SOLUZIONI PER IL MONITORAGGIO IDROMETEOROLOGICO

Via Colunga, 20 - 40068 - San Lazzaro di Savena (BO) - Italy - www.cae.it sales@cae.it - tel. +39 051 4992 711 fax +39 051 4992 709