

e Neve Valanghe

n° 78 - aprile 2013

*Meteorologia alpina,
Glaciologia, Prevenzione
Sicurezza in montagna*



Percezione del rischio in area valanghiva

**Monitoraggio della neve al suolo
in Piemonte con i sistemi webGIS**

Mappatura del pericolo da valanga

**Gestione del pericolo valanghe sulle
strade: esempio del PIDAV per la S.S. 21
del Colle della Maddalena**

**Gli effetti dell'interferenza valanghiva sugli
edifici: il caso della valanga catastrofica di
Les Thoules - Valsavarenche (AO)**



**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 2013: 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,
Walter BEOZZO, Stefano SOFIA

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: Alfredo Praolini

Lodovico Mottarella: 11
Alfredo Praolini: 2, 5
Manuel Panizza: 6
Rudi Nadalet: 7, 53
Serafino Moretti: 8
Luca Biagini: 9
ARPA Piemonte: 13, 15
Arch. ARPAV Veneto: 19, 21, 27, 28, 29
Valter Pallaver: 31, 34, 36
Arch. Prov. di Cuneo: 35
Alex Theodule: 39
Ufficio Neve e Valanghe - Regione autonoma
Valle d'Aosta: 41

Hanno collaborato a questo numero:

Serena Mottarella, Stefania Del Barba,
Nadia Preghenella, Monica Rossi,
Igor Chiambretti, Erika Solero, Eraldo Meraldi,
Matteo Fioletti.

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

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



4



12



18



30



40

4 PERCEZIONE DEL RISCHIO IN AREA VALANGHIVA

■ K. Kristensen, M. Genswein, W. Munter

12 MONITORAGGIO DELLA NEVE AL SUOLO IN PIEMONTE ATTRAVERSO L'UTILIZZO DI SISTEMI WEBGIS

■ R. Cremonini, C. Prola, E. Solero, S. Barbero, E. Bonansea,
M. Alibrando, M. Carrino, S. Terzago

18 MAPPATURA DEL PERICOLO DA VALANGA

■ P. Capellari, G. Bertoldi, V. D'Agostino, F. Sommariva,
A. Tomaselli

30 GESTIONE DEL PERICOLO VALANGHE SULLE STRADE: ESEMPIO DEL PIDAV PER LA S.S. 21 DEL COLLE DELLA MADDALENA

■ M. Vagliasindi, A. Theodule, E. Levera, M. Maggioni

40 GLI EFFETTI DELL'INTERFERENZA VALANGHIVA SUGLI EDIFICI: IL CASO DELLA VALANGA CATASTROFICA DI LES THOULES - VALSAVARENCHÉ (AO)

■ V. De Biagi, B. Frigo, B. Chiaia, H. Fusinaz



Cari lettori,

dopo 25 ininterrotti anni di gestione della Rivista "Neve e Valanghe" e dopo ben 71 numeri realizzati si sono imposte, in seno al Comitato di Redazione della nostra rivista, delle profonde riflessioni sostanzialmente dettate da un'analisi - che è necessitata neppur troppo profonda - dei cambiamenti, si può dire, "culturali" che si sono sviluppati in questi cinque lustri, anche con scatti molto rapidi e quasi non visibili e forse nemmeno seriamente valutabili al momento.

Abbiamo ripercorso le varie tappe che hanno caratterizzato questo periodo, gli avanzamenti della rivista sia in termini di presentazione grafica (layout, colori, broccatura, pubblicità ...) sia in termini di contenuti presentati (glaciologia, meteorologia alpina, prevenzione e sicurezza in montagna), ma quello che è emerso forte è la necessità di modificare radicalmente il nostro modo di rapportarci e di agire - all'interno di AINEVA ovviamente - rispetto al discorso "comunicazione".

Le cose sono cambiate, il mondo - nel bene e nel male - è cambiato. E stiamo parlando delle evoluzioni che si sono succedute, in modo strettamente associato, nei campi dell'informatica e dell'informazione (... leggi soprattutto "internet" e tutto ciò che gli ruota intorno...).

Siamo giunti alla conclusione, forse troppo scontata, che il modo di comunicare attraverso la classica Rivista cartacea - seppur bella e graficamente accattivante - non basta più, anzi... probabilmente è destinato a scomparire e comunque ad evolversi in modo radicale.

Sulla base di queste valutazioni ed esigenze emerse, in concomitanza col rinnovo quinquennale del Comitato di Redazione e tra l'altro in concomitanza della ristrutturazione del sito internet dell'Associazione, si è quindi proposto al Comitato Tecnico Direttivo di AINEVA che quello che è attualmente definito "Comitato di Redazione della Rivista" si trasformi in "**Gruppo Tecnico Comunicazione**", e si occupi non solo dell'elaborazione del quadrimestrale e delle sue future evoluzioni ma diventi il tramite comunicativo di AINEVA a più ampio raggio (proposte e predisposizione di comunicati stampa, sito internet, depliant, campagne pubblicitarie, fiere, eccetera).

Il CTD, dopo aver approfonditamente valutato questa proposta, l'ha condivisa ed accettata.

Con piacere, quindi, desidero lasciare il passo a forze nuove e dinamiche, certo che sappiano raccogliere e portare avanti nei modi migliori queste sfide, rimanendo sempre a disposizione per l'esperienza maturata in questo lungo periodo.

Ringrazio quanti hanno fatto parte del Comitato di Redazione nell'ultimo quinquennio, ed indirettamente negli anni precedenti, quanti tramite i referenti dei vari uffici hanno collaborato per mantenere viva la rivista "Neve e Valanghe" in tutti questi anni, la Segreteria ed il Responsabile Tecnico di AINEVA per l'ottimo lavoro svolto negli ultimi anni.

Un ringraziamento sincero e particolare va al Coordinatore Redazionale Alfredo Praolini, del Centro nivometeorologico di ARPA Lombardia, per la competenza, la professionalità e la passione con la quale ha guidato il Comitato di Redazione e le parti tecniche della rivista stessa.

Giovanni Peretti
Il Direttore Responsabile

PERCEZIONE del RISCHIO in AREA VALANGHIVA

Krister Kristensen

Norwegian Geotechnical Institute,
Oslo, Stryn. P.O. Box 236,
N-6781 Stryn Norway
email: kkr@ngi.no

**Manuel Genswein,
Werner Munter**

Nonostante le strategie di riduzione del rischio e le metodologie di addestramento si siano grandemente evolute e siano diffusamente insegnate tra gli utenti sportivi ed i professionisti, troppi incidenti gravi continuano ad avvenire in gruppi di utenti "esperti".

Considerando che l'errata interpretazione dei pericoli così come la complessità e l'incertezza della valutazione dei rischi sono potenziali cause di tali incidenti, una percezione errata delle probabilità di accadimento di incidenti e le loro conseguenze potrebbero essere il fattore più importante.



Anche se i numeri assoluti di utenti presenti sul terreno e gli incidenti possono solo essere stimati, è ragionevole assumere che il tasso di mortalità di attività ricreative in terreno valanghivo è diminuito notevolmente nel corso degli ultimi 30 anni.

Nonostante tutti questi sforzi e il livello più alto di consapevolezza, il trend degli incidenti rimane in molti paesi costante. La chiave, in futuro, per la riduzione degli incidenti potrebbe consistere non in maggiori investimenti nei settori tradizionali che sono già parte dei programmi di sensibilizzazione e formazione sulle valanghe nella maggior parte dei paesi, ma in un più alto livello di consapevolezza su come interpretare le probabilità d'incidente e le potenziali conseguenze.

Ciò richiede un maggiore livello di comprensione su come eventi a bassa probabilità ma elevate conseguenze possano essere gestiti nella realtà del processo decisionale.

Effettuare confronti con attività con tassi di mortalità simili non è facile poiché vi sono ben poche attività così poco regolamentate come gli sport di montagna. Inoltre, attività diverse tra le varie classi

di utenti influenzano i comportamenti a rischio. Infine si consigliano metodologie per trattare la percezione del rischio nei programmi dei corsi sulle valanghe.

PAROLE CHIAVE: Valanghe, percezione del rischio, educazione.

INTRODUZIONE

La prevenzione degli incidenti in valanga è migliorata notevolmente negli ultimi decenni, molti dei metodi che abbiamo a disposizione oggi sono estremamente sofisticati.

Questi includono sia le previsioni valanghe regionali sia i sistemi di supporto alle decisioni a livello locale come il "metodo di riduzione" (Munter, 2003), i suoi molti derivati ed approcci simili.

Inoltre, i metodi di riduzione delle conseguenze come i sistemi di soccorso più efficienti e i dispositivi di protezione individuale, quali i dispositivi di galleggiamento, si sono sviluppati notevolmente negli ultimi decenni e sono diventati di uso comune.

Riguardo alle misure di prevenzione, sembra che le soluzioni più facilmente applicabili siano già state trovate e messe

in pratica. Ulteriori significativi sviluppi nei metodi di previsione, metodologie di test della stabilità della neve, metodi di riduzione delle conseguenze non saranno conseguibili, con tutta probabilità, con facilità e a basso costo.

Tuttavia, ancora un certo numero di escursioni invernali con utenti considerati esperti sfociano in incidenti in valanga con conseguenze fatali (ad es. Atkins, 2000). Ci si può chiedere perché ciò avvenga, soprattutto quando la maggior parte degli incidenti si verificano in condizioni in cui il pericolo di valanghe è piuttosto evidente a seconda dei metodi insegnati ed utilizzati oggi (McCammon, 2004).

Oggi la maggior parte degli utenti di montagna possono valutare, ragionevolmente bene, la probabilità di valanghe e possono spesso intuire le potenziali conseguenze considerando le caratteristiche morfologiche del terreno.

Tuttavia, è importante sottolineare che è sempre presente la possibilità di "venir ingannati dalla variabilità" nella valutazione della stabilità del manto nevoso (vedi Munter, 2001).

Ma la variabilità insita nei sistemi naturali non spiega l'elevato numero di incidenti in situazioni evidentemente pericolose. Se consideriamo l'esposizione al potenziale pericolo di valanghe (e.g. il rischio - n.d.t.), come una scelta consapevole, ne consegue che gli attuali tassi di mortalità tra gli utenti esperti di montagna invernale riflettono, forse, i livelli di rischio probabilmente considerati accettabili da queste persone. In tal modo l'esposizione volontaria degli utenti al potenziale pericolo di valanghe costituisce il risultato di una massimizzazione del rapporto costo/beneficio - ossia: il beneficio personale di essere in montagna vale il costo in termini di una certa probabilità di morire in una valanga.

Il presupposto di fondo è, naturalmente, che le persone si comportino in modo razionale e che pesino le informazioni utili prima di prendere una decisione.

Tuttavia, numerosi studi psicologici hanno dimostrato che questo spesso non è il





caso (nemmeno nel campo dell'economia in cui i metodi sono ben stabiliti)¹.

In questo articolo vorremmo concentrarci sugli sciatori che possono assumere rischi elevati, senza essere consapevoli di quanto sia reale la possibilità di un esito negativo.

Cioè, persone che, se potessero ottenere il giusto tipo di informazione e contestualizzazione, sceglierebbero di conformarsi alle raccomandazioni dei metodi disponibili di calcolo del rischio.

DISCUSSIONE

Beneficio

Nella vita, nulla si ottiene senza prendere rischi. Un persona razionale assume dei rischi quando il valore di utilità atteso è sufficiente. A parità di condizioni, maggiore è il beneficio, maggiore è la

tolleranza per un rischio. Anche se la tolleranza al rischio individuale varia, sarà la società che a volte determina ciò che è accettabile sotto forma di norme e regolamenti, ma questi spesso mancano di qualsiasi quantificazione e sono soggetti a interpretazione.

C'è chi sostiene che le attuali statistiche sugli incidenti riflettono il grado di accettazione del rischio da parte della società, ma spesso questo non è sempre così, in quanto si fanno sforzi notevoli per ridurre il numero di incidenti.

La valutazione dei benefici è naturalmente anche soggettiva e individuale. Alcuni davvero vogliono che la vita sia "intensa e breve". Ma molto probabilmente non fanno questa scelta.

La ricerca in psicometria (Slovic, 2000) ha dimostrato che la percezione del rischio

dipende maggiormente dalle esperienze ed emozioni, e meno da una valutazione realistica delle probabilità. Quando è stato chiesto loro direttamente, le persone in genere hanno dichiarato una tolleranza al rischio più bassa di quella espressa dal rischio sociale.

Se esistono errori nella percezione generale dei rischi, allora dovremmo affrontarli se vogliamo ridurre ulteriormente il numero delle vittime. Un problema principale con la percezione del rischio sembra essere la capacità di tradurre le probabilità astratte in conseguenze personali sulla vita.

In particolare per quanto riguarda i gruppi di utenti specializzati, il fattore più importante su cui agire potrebbe essere la percezione sbagliata delle probabilità di infortuni e le loro implicazioni.



RAGIONAMENTO PROBABILISTICO

Il ragionamento probabilistico è stato definito "Il tallone d'Achille della cognizione umana" (Stanovich, 1992).

Esperimenti di gioco hanno dimostrato che le persone sono notoriamente incapaci di valutare la probabilità, specialmente quando la retroazione è lenta o poco frequente.

Una scoperta ora ben nota ha definito che le persone per valutare le informazioni usano più frequentemente l'euristica. Questo metodo costituisce un'utile scorciatoia quando sono necessarie decisioni rapide, ma spesso induce a valutazioni errate della probabilità che qualcosa

accada e può tramutarsi in una pericolosa distorsione cognitiva (Kahnemann, Tversky, 1979). Un altro problema è che la possibilità di distacco di una valanga su uno specifico pendio è un singolo evento di probabilità. Ma la mente umana potrebbe essersi evoluta concependo la probabilità come una frequenza relativa nel lungo periodo, non come numeri che esprimano un intervallo di confidenza per un singolo evento (Pinker, 1997).

Si può affermare che la probabilità di eventi singoli, in linea di principio, non possa nemmeno essere gestita dalla teoria della probabilità, in quanto il singolo evento avrà proprie caratteristiche specifiche.

Gigerenzer (2000) suggerisce che le persone spesso contestano definizioni non quantificate di probabilità come "grado di convinzione" e termini come "peso dell'evidenza" e "ragionevole dubbio". Una ragione per questo comportamento può naturalmente essere che i dati di frequenza affidabili sono spesso difficili da reperire o applicare ad una situazione specifica.

Il ragionamento probabilistico formale è un'invenzione abbastanza recente. Ancora più recente è la possibilità di inserire nelle formule per la probabilità dati di alta qualità raccolti e controllati da gruppi e istituzioni.

Questo è un grande passo in avanti rispetto al passa parola su cui i nostri antenati hanno dovuto fare affidamento, utilizzando solo la propria esperienza sul distacco accidentale di valanghe come base per le valutazioni di frequenza, metodo che ovviamente presentava grandi svantaggi. Oggi l'utilizzo di numeri per descrivere la probabilità di un singolo evento è una pratica consueta: i meteorologi li usano tutti i giorni in messaggi al pubblico per esprimere la probabilità di pioggia per il giorno successivo.

La probabilità di pioggia per un luogo specifico, o per un singolo evento valanghivo non può mai essere esattamente determinata poiché molte delle variabili d'ingresso non possono essere precisamente determinate. Pertanto, in questo lavoro, ci si riferisce alla probabilità come una frequenza relativa nel lungo periodo (valori medi).

TOLLERANZA AL RISCHIO

Molti tentativi sono stati fatti per regolamentare la tolleranza sociale al rischio. Un rischio tollerabile (TR) è per esempio stato suggerito dal British Health and Safety Executive (HSE), durante il suo lavoro sulla sicurezza delle centrali nucleari (Scarlett et al., 2011).

L'HSE ha basato le soglie di rischio sui rischi comunemente accettati dal pubblico, come ad esempio il rischio di morte per arrampicata su roccia, professioni ad alto

rischio e gli incidenti stradali (HSE, 1992). L'HSE ha stabilito che il più alto livello di rischio che la società sarebbe disposta a tollerare al fine di ricevere qualche beneficio è di circa 1 su 10.000 (morti ogni anno), corrispondente al tasso di mortalità più alto della media della popolazione (per la popolazione maschile compresa tra 15 e 25 anni di età).

Rischi con una probabilità inferiore a 1 su 1.000.000 (morti ogni anno) sono stati generalmente considerati insignificanti dal pubblico (HSE, 2001).

I livelli di rischio compresi tra questi due estremi sono quindi considerati tollerabili, anche se non immediatamente accettabili.

RISCHIO MORTALE

Nel libro "3x3 Lawinen" (Munter, 2003)

e in altri forum, l'autore discute i tassi di mortalità dello sci alpinismo l.s.. Il valore stimato dei tassi di mortalità (incidenti da valanga) dello sci alpinismo l.s. in Svizzera negli anni '80 corrisponde a circa un decesso ogni 36.000 giornate di attività sciistica.

Un elevato numero di escursioni per inverno (e.g. esposizione) con questo tasso di mortalità potrebbe facilmente entrare nella regione inaccettabile se si prendesse in considerazione il rischio tollerabile (TR) dell'HSE come tasso di mortalità annuale. Un uso del valore 1/100.000 come tasso base per l'alpinismo-escursionismo invernale sembra tuttavia ragionevole (Munter, 2008).

Comparato ad altre tipologie di rischio tale valore può sembrare ancora piuttosto elevato, ma può essere visto come il prezzo

che dobbiamo pagare per la libertà delle montagne (Munter, 2008).

Le cause giudiziarie in materia di rischio e negligenza sono spesso complicate, ed i risultati possono essere imprevedibili.

Se vogliamo evitare decisioni arbitrarie in tribunale, è importante definire le soglie di rischio ritenute ragionevoli per l'alpinismo-escursionismo invernale.

È possibile applicare queste soglie al quadro del metodo della riduzione del rischio (RM). Il metodo si basa sulla valutazione di cinque variabili chiave: grado di pericolo generico; pendenza del versante; esposizione; grado di frequentazione del percorso; sovraccarico, che sono ponderate ed integrate (Munter, 2003).

In breve, la valutazione generale ponderata del pericolo è divisa per il prodotto di almeno tre osservazioni ponderate a



Tab. 1 - Probabilità di un incidente mortale in funzione dell'esposizione al rischio. Per ogni categoria d'utenza sono assunte esposizioni tipiche.

Categorie d'utenza	Esposizione a rischio	Numero di giorni di attività durante l'esistenza	Caso con tasso fatalità RM 1	Caso con tasso fatalità RM 2	Caso con tasso fatalità RM 4
			Profilo di rischio		
			Beneficio con minori limitazioni e vita più lunga	Prossimo al limite	Vita intensa ma breve
Freerider attivo	50 giorni per stagione / 15 anni	750	1 su 130	1 su 65	1 su 30
Sci alpinista attivo	20 giorni per stagione / 50 anni	1000	1 su 100	1 su 50	~1 su 25
Sci alpinista molto attivo	50 giorni per stagione / 20 anni, seguiti da 30 giorni per stagione / 30 anni	1900	~1 su 50	~1 su 25	~1 su 12
Guida alpina	100 giorni per stagione / 20 anni, seguiti da 30 giorni per stagione / 20 anni	2600	~1 su 40	~1 su 20	~1 su 10

© AINEVA

diversi livelli: regionale; locale e pendenza (a livello di singolo sito). Il livello di rischio è espresso come un valore RM, che in linea di principio può essere qualsiasi numero da 0 a 32. L'analisi dei dati sugli incidenti svizzeri degli anni '80 conduce ad un RM di 2,2 che corrisponde al tasso d'incidenti di questo particolare periodo, mentre un RM di 1 corrisponde al caso accettabile con un tasso di mortalità suggerita di 1/100.000.

Il termine "Limite" è stato introdotto da Munter (2003) per definire un livello massimo di rischio ragionevole, simile alla "Linea dello stupido" usato da Tremper (2007). Ciò corrisponde ad un livello di RM 2, o ad un tasso di mortalità di 1 a 50.000 per lo sci alpinismo, cioè vicino al tasso di mortalità storica degli anni '80. RM = 4 equivale al rischio residuo medio, che era stato valutato per diversi incidenti in Svizzera negli anni '80 con 5 o più vittime. Questo valore equivale a un tasso di mortalità di 1 ogni 25.000. Munter suggerisce di mantenere le attività, quando possibile, entro un RM minore o uguale a 1 e di utilizzare la vasta gamma di possibilità di movimento data da RM = 2 (Limite) solo in situazioni e circostanze particolari. Per gli utenti meno esperti, gli elementari obiettivi del metodo di riduzione, con RM = 0,5, consentono un'estesa tolleranza all'errore. Tuttavia deve essere chiaro

che questi valori di rischio residui rappresentano sempre un valore medio a causa dell'incertezza nel determinare le variabili di ingresso del metodo di riduzione. Per RM = 1, il tasso di mortalità in un singolo evento può avere un effetto di dispersione tra i valori di 1:50.000 e 1:200.000 che è pari a un errore di due fattori. Fattori di errore più elevati sono improbabili.

Con questo approccio è possibile visualizzare comodamente le probabilità di incidenti per le diverse categorie di attività di montagna. La tabella 1 mostra la probabilità di un incidente mortale durante il periodo della vita in cui si perseguono le proprie attività, quando è necessario stimare le esposizioni tipiche.

E' naturale cercare di ottenere il massimo delle proprie scelte su qual attività svolgere, senza essere soggetti a rischi inaccettabili e ad una probabilità di morte precoce. Uno studio a lungo termine su oltre 5.000 giornate di escursione del DAV Summit Club (fonte: Peter Geyer – DAV Club Alpino Tedesco) mostra retrospettivamente che il rischio medio di tutte le attività che rispettino la soglia $RM \leq 1$ corrisponde a $RM = 0,8$. Una riduzione del profilo di rischio a RM 1 per la maggior parte degli utenti sembra quindi fattibile e una restrizione di libertà accettabile, rispetto al beneficio di una vita più lunga come sci alpinista.

Ciò corrisponde all'area verde del grafico della curva (Figura 1) suggerita da Munter (2008) sul rapporto tra tasso di mortalità e la percentuale di situazioni "no go". Un'ulteriore riduzione del tasso di mortalità è possibile, ma solo a costo di un numero crescente di rinunce ad escursioni possibili. In tal caso, la percentuale degli utenti che sono disposti a rispettare le proposte norme di comportamento potrebbe, probabilmente, diminuire notevolmente.

CONCLUSIONI E SUGGERIMENTI

Con lo stato attuale della conoscenza, un scia alpinista, una guida o un capogruppo aggiornato e competente sarà consapevole delle ben note distorsioni cognitive (e.g. trappole euristiche - N.d.t.) che influenzano il processo decisionale. Il problema può risiedere nella comprensione di ciò che le probabilità di incidenti mortali in realtà significhi per l'individuo. Un modo per contrastare le tendenze di comportamento inconsapevole ad alto rischio potrebbe essere quella di introdurre un "Codice d'onore", che affermi che la professionalità dovrebbe essere valutata più dell'eroismo percepito (che molto probabilmente è solo una conseguenza di fortuna) e che comprenda queste regole invariabili:

Precauzioni Elementari:

- Portare sempre con se ARTVA, sonda e pala da valanga;
- Porre attenzione ai segnali di allarme (rumore "Whumph", attività valanghiva recente, distacco di valanghe a distanza)
- Mantenere le distanze in caso di dubbio.

Ognuno di questi segnali di allarme deve essere considerato un criterio di arresto o di una migliore selezione della traccia (scelta di pendii meno ripidi).

Rispettare il limite di RM < 2

- (per maggiori dettagli, vedere Munter, 2003):
- Evitare il terreno con pendenza > 30 ° a livello di pericolo 4 – Forte del bollettino valanghe;
 - Evitare il terreno con pendenza > 40 ° a livello di pericolo 3 – Marcato del bollettino valanghe; rischio considerevole
 - Evitare il terreno non tracciato con pendenza > 40°, esposto a Nord e con grado di pericolo 2 – Moderato.

Altre misure che riteniamo debbano essere discusse sono:

- Classificazione del rischio degli itinerari (un lavoro promettente al riguardo è già stato fatto dall'Associazione Valanghe Canadese mediante la loro classificazione del terreno valanghivo - Campbell, 2010). Questa potrebbe venir ampliata ed includere una generale descrizione dell'esposizione al rischio tipica. Le descrizioni dei percorsi escursionistici dovrebbero preferibilmente includere una categoria di rischio (e non solo la difficoltà tecnica). Ciò richiede una sorta di schema di classificazione di rischio universale;

- Sviluppare esercizi di simulazione con feedback rapido (la mancanza di un rapido feedback impedisce, infatti, l'interiorizzazione della percezione di un rischio oggettivo);

- Riformulare le attività in un modo che prevengano la perdita di avversione al rischio e altri condizionamenti (ad esempio l'obiettivo è l'escursione, non necessariamente la vetta).

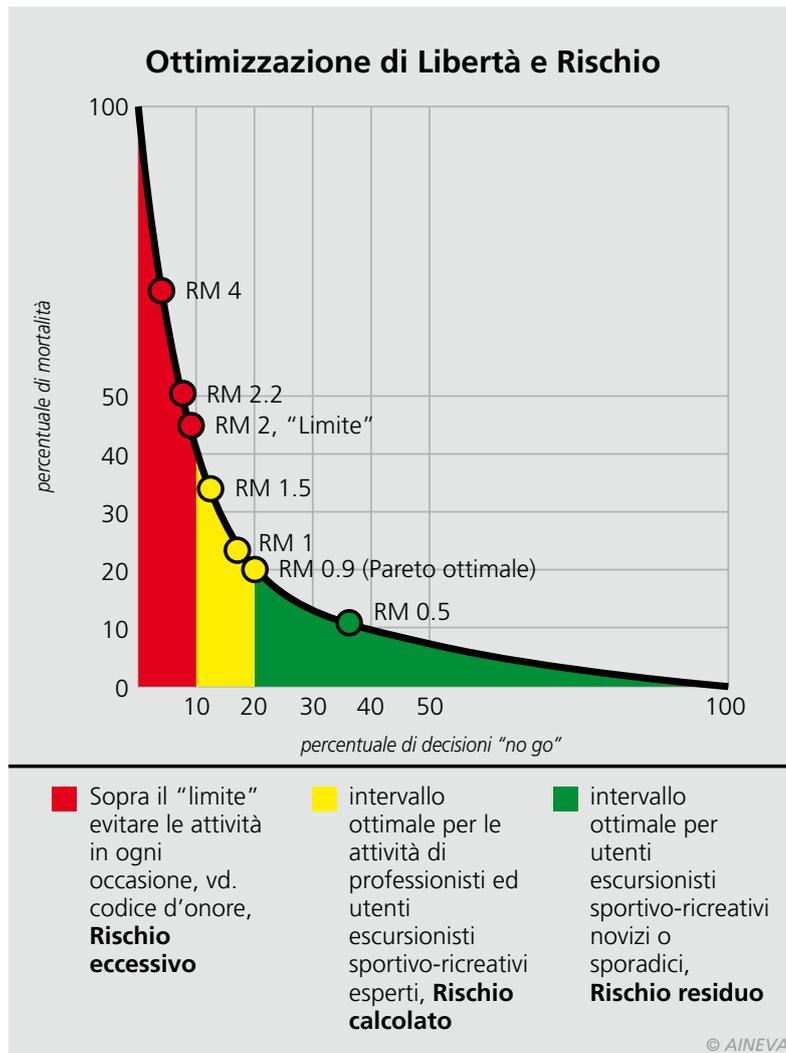


Fig. 1 - Relazione tra tasso di mortalità per incidente in valanga e percentuale di situazione "no go".

Bibliografia

- ¹Si veda in proposito: Cagnati, A., and Chiamibretti, I., 2009. Rischio valanghe – fattore umano e trappole euristiche: Neve e Valanghe, n. 66 – aprile 2009, p. 4-13.
- Atkins, D. (2000). Human factors in avalanche accidents. Colorado Avalanche Center. Boulder, Colorado.
 - Campbell, C., Marshall, P. 2010. Mapping Exposure to Avalanche Terrain, 2010 International Snow Science Workshop
 - Canadian Avalanche Centre, Revelstoke, British Columbia
 - Fritzsche, A.F. 1992. Wie gefährlich leben wir? Verlag TÜV Rheinland, Köln 1992
 - Gigerenzer, G., Todd, P. M., ABC Research Group (2000) Simple Heuristics That Make Us Smart
 - HSE United Kingdom Health & Safety Executive. (2001). Reducing risks, Protecting people. Norwich: Her Majesty's Stationary Office.
 - Kahnemann, D., Tversky, A. 1979. Prospect Theory: An Analysis of Decision under Risk. Econometrica, 47(2), 263-292
 - McCammon, I. (2004). Heuristic Traps in Recreational Avalanche Accidents: Evidence and Implications. Avalanche News, No. 68.
 - Munter, W. 2003. 3x3 Lawinen. Risikomanagement im Wintersport. Dritte Auflage. Pohl & Shellhammer
 - Munter, W. 2008. Auf der Suche nach dem Gleichgewicht. 4/08, bergundsteigen 4/08.
 - Munter, W. 2011. Und Gott würfelt doch (But God does throw dice), bergundsteigen 4/11.
 - Pinker, S. 1997. How the Mind Works (Norton, 1997)
 - Scarlett, L., Linkov, I., Kousky, C. 2011 Risk Management Practices. Cross-Agency Comparisons with Minerals Management Service. Discussion Paper. Resources for the Future, Washington
 - Slovic, P., ed. 2000. The Perception of Risk. Earthscan, Virginia. 2000.
 - Stanovich, K., 2004 How to Think Straight About Psychology
 - Tremper, B. 2007. Staying Alive in Avalanche Terrain. The Mountaineers Books: Seattle.

MONITO

DELLA NEVE AL SUOLO IN PIEMONTE

**Roberto Cremonini,
Maria Cristina Prola,
Secondo Barbero,
Erika Solero**

Arpa Piemonte, Dipartimento Servizi
Previsionali, Torino, Italia

**Enrico Bonansea,
Marcella Alibrando,
Massimiliano Carrino**

Arpa Piemonte, Area Funzionale
Tecnica, Torino, Italia

Silvia Terzago

Istituto di Scienze dell'Atmosfera
e del Clima, Consiglio Nazionale
delle Ricerche, Torino

Il monitoraggio della neve nell'area Alpina ha ricevuto negli ultimi anni un'attenzione sempre crescente per la necessità di pianificare la gestione delle risorse idriche in quota e nei territori a valle densamente popolati come nel caso della Pianura Padana, e per la prevenzione del rischio valanghivo. La rete di osservazioni meteorologiche della Regione Piemonte, gestita dall'Agenzia Regionale per la Protezione Ambientale (ARPA), conta ad oggi oltre 400 stazioni, di cui circa 135 forniscono misure di spessore del manto nevoso e di altezza della neve fresca. Nel presente articolo è presentato il nuovo servizio web realizzato e gestito da ARPA Piemonte che consente di accedere in tempo reale ai dati idro-nivo-meteorologici della rete regionale. I dati di spessore del manto nevoso e di altezza della neve fresca sono resi disponibili attraverso un applicativo webGIS, integrandone l'informazione con i dati del sistema radar meteorologico piemontese e con le osservazioni di temperatura, precipitazione e vento della rete regionale. L'applicativo consente di contestualizzare nel territorio le misure nivologiche, fornendo un supporto per un'efficace consultazione ed una corretta interpretazione delle misure.

RAGGIO

attraverso
l'utilizzo
di sistemi
webGIS



INTRODUZIONE

Il rilievo dell'altezza del manto nevoso e delle sue caratteristiche è condotto sull'intero arco alpino piemontese attraverso la rete nivometrica automatica e manuale e del sistema radar meteorologico regionale, con l'obiettivo principale di raccogliere dati utili alla valutazione del pericolo di valanghe.

La creazione di una base dati ormai più che ventiquennale sull'innevamento in Piemonte contribuisce inoltre in modo decisivo agli studi relativi alla caratterizzazione climatica del Piemonte.

Il sistema di monitoraggio meteorologico della Regione Piemonte è costituito da strumenti dislocati sul territorio regionale che operativamente inviano osservazioni in tempo reale al Centro Funzionale per

consentire un'elaborazione centralizzata dei dati in base alle diverse finalità.

LA RETE OSSERVATIVA REGIONALE

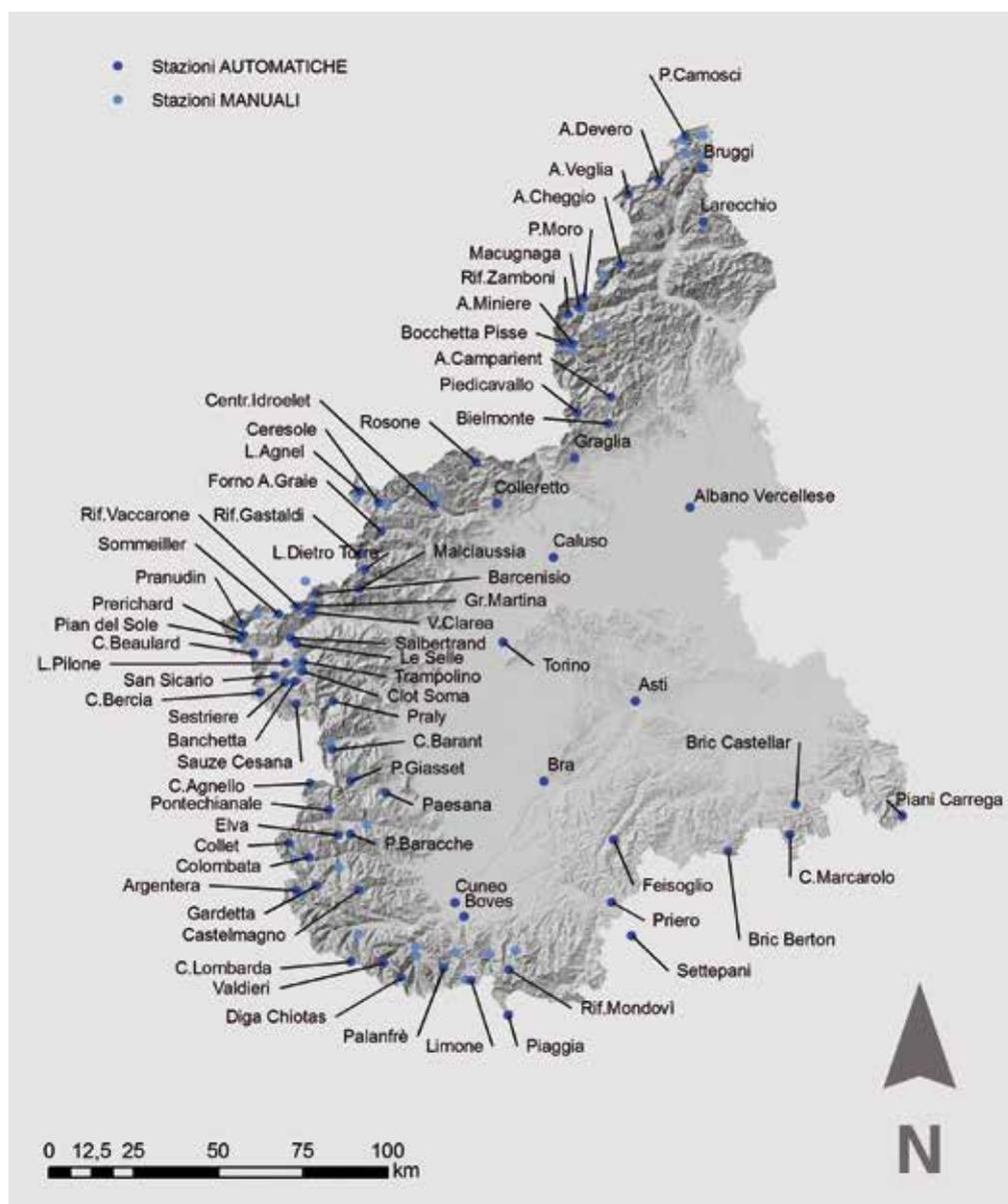
A partire dal 1983 in Piemonte viene costruita La Rete Nivometrica Manuale, progressivamente ampliata nel corso degli anni, che permette il monitoraggio delle precipitazioni nevose sull'intero arco alpino piemontese attraverso misure della neve al suolo e della neve fresca effettuate giornalmente da un operatore; i campi neve si trovano quindi in zone pianeggianti rappresentative del territorio e facilmente accessibili quotidianamente. A partire dal 1988 è stata realizzata la Rete Automatica regionale oggi costituita da oltre 400 stazioni di rilevamento in

teletrasmissione con una densità media di uno strumento ogni 100 km². Le stazioni nivometriche che ne fanno parte sono generalmente dislocate in siti non facilmente accessibili e sono quindi indispensabili per ampliare il dettaglio spaziale della rete di rilevamento manuale per la valutazione dell'innevamento medio e della distribuzione delle nevicate. A oggi la rete nivometrica regionale complessiva è costituita da 36 stazioni di osservazione manuale e da 77 stazioni della rete meteorologica automatica dotate di nivometro ad ultrasuoni (Fig. 1).

In aggiunta ai dati rilevati dalle stazioni automatiche e da quelle manuali, una rete di siti fissi e itineranti per l'esecuzione di rilievi stratigrafici e di test di stabilità del manto nevoso, permette di raccogliere informazioni peculiari per la valutazione delle condizioni nivo-meteorologiche in zone che presentano particolari criticità o mancano di informazioni. L'insieme delle informazioni rappresentano la base conoscitiva indispensabile per la redazione del Bollettino Valanghe. Alla raccolta dei dati manuali e all'esecuzione dei rilievi collaborano enti pubblici e privati, quali ENEL S.p.a., IREN S.p.a., l'Amministrazione Provinciale di Cuneo, il Consorzio Forestale Alta Valle Susa, Comunità Montane e Comuni, Parchi naturali regionali e il Collegio regionale delle guide alpine del Piemonte (Fig. 2).

Le reti di stazioni nivometriche automatiche forniscono misure con elevata risoluzione temporale utilizzate per valutazioni che richiedono osservazioni con elevata accuratezza ed affidabilità. I dati sono rilevati calcolando il tempo che l'impulso ultrasonico impiega a percorrere la distanza tra i sensori e la superficie del manto nevoso riferisce la misura dell'aumento o della diminuzione del suo livello. Il segnale viene filtrato dal software di elaborazione, che elimina le variazioni correlate alle increspature locali del manto e alla temperatura dell'aria. I nivometri, possono tuttavia essere affetti da una serie di fattori legati alle condizioni meteorologiche (accumulo/dispersione della neve per effetto eolico) ed a possi-

Fig. 1 - Stazioni nivometriche automatiche e manuali della rete regionale.



bili interferenze durante la misura. I dati acquisiti dalla rete nivometrica di ARPA Piemonte sono quindi regolarmente sottoposti a controlli di qualità automatici e manuali effettuati quotidianamente dai nivologi che individuano e correggono eventuali anomalie nelle misure (Terzago, 2012).

ACCESSO AI DATI IN TEMPO REALE TRAMITE WEBGIS

La realizzazione del servizio di accesso ai dati meteo in tempo reale su base spaziale si colloca nel più ampio progetto di sviluppo del Geoportale Agenziale (<http://webgis.arpa.piemonte.it/geoportale/>).

Il Geoportale è dedicato alla diffusione ed alla condivisione di tutte le informazioni ambientali e territoriali su base geografica prodotte dai dipartimenti tematici di Arpa Piemonte e gestite dal Sistema Informativo Geografico Agenziale. Lo scopo del Geoportale è quello di garantire a tutti gli utenti (Pubblica amministrazione centrale e locale, Imprese, Enti di ricerca, Cittadini), un punto di accesso unificato alle risorse informative geografiche gestite dall'Agenzia (dati, servizi, metadati, modelli GIS etc) secondo i principi di condivisione ed interoperabilità promossi dalla Direttiva europea 2007/02/EC INSPIRE (Infrastructure for Spatial Information in the European Community) (Fig. 3).

L'architettura del Geoportale è basata su un modello infrastrutturale di tipo ibrido che coniuga componenti applicative di tipo open source (es. Joomla, Geoportal server) e commerciali (es. Esri ArcGIS for Server, Oracle). Il Geoportale, oltre a permettere la condivisione di dati tra i soggetti istituzionali, vuole contribuire anche ad accrescere la conoscenza del territorio e dell'ambiente attraverso la messa a disposizione libera e gratuita di dati, cartografie e modelli descrittivi della realtà regionale. L'attuale versione comprende alcuni servizi e strumenti innovativi quali:

- servizi di visualizzazione ed analisi dei dati geografici (Geoviewer 2D e 3D);
- servizi di ricerca operanti sui cataloghi e sui metadati;



Fig. 2 - Stazione automatica in prossimità dell'invaso idroelettrico di Lago dietro la Torre.



Fig. 3 - Esempio Homepage di accesso al Geoportale.

- servizi conformi agli standard di interoperabilità (WMS-WFS-CSW);
- nuove basi topografiche e orto-fotografiche.

Inoltre sul Geoportale di Arpa Piemonte sono presenti anche applicazioni tematiche, tra le quali quella dedicata ai dati rilevati dalla rete meteoridrografica del

Piemonte (http://webgis.arpa.piemonte.it/meteoidro_webapp/). Dall'applicazione è possibile accedere ai dati di precipitazione, temperatura, intensità e direzione del vento, altezza del manto nevoso, livelli idrometrici ed alle mappe dei radar meteorologici dell'Agenzia. Le stazioni con i sensori che misurano l'altezza della neve al suolo si trovano prevalentemente distribuite sull'arco alpino e sono complessivamente 77. Sul servizio, al quale si accede liberamente, per ragioni di affidabilità e rappresentatività la pubblicazione in tempo reale è ristretta a 32 stazioni, ridotta ulteriormente durante il periodo estivo alle stazioni che si trovano al di sopra dei 2000 m s.l.m.; si è deciso infatti di escludere le stazioni più a bassa quota dove è ragionevole pensare non si verifichino nevicate durante l'estate.

La rete nivometrica automatica comples-

siva è invece sempre consultabile dagli addetti ai lavori attraverso un analogo servizio il cui accesso è vincolato da password. I dati nivologici così rilevati integrano quelli raccolti dalla rete nivometrica manuale, fornendo indicazioni relative ad aree non presidiate e di particolare interesse. I dati, che vengono registrati ogni 10 minuti dalle stazioni ed inviati in tempo reale alla rete meteoidrografica regionale gestita da Arpa Piemonte, vengono acquisiti ogni 30 minuti ed i tempi sono espressi nel sistema UTC (Fig. 4).

Sull'applicazione le stazioni nivologiche sono raffigurate da asterischi, di dimensioni differenti a seconda dello spessore di neve al suolo, in corrispondenza dei quali è visibile l'ultimo dato di altezza neve pubblicato. La localizzazione della stazione può essere fatta navigando direttamente

sulla mappa oppure utilizzando dei filtri su comuni e stazioni. Questi ultimi permettono di evidenziare il perimetro del comune selezionato "Scegli il comune" e quindi le stazioni in esso presenti, oppure zoommare direttamente sulla stazione di interesse "Scegli una stazione".

Le stazioni nivologiche in generale sono dotate di più strumenti e quando vengono interrogate viene visualizzata una scheda di dettaglio, per ogni sensore presente, che riporta una sintesi delle misure effettuate dallo strumento e il grafico che rappresenta l'andamento degli ultimi 5 gg.

Nella scheda riguardante la "neve" è possibile accedere ad una tabella di sintesi dei dati misurati negli ultimi 3 gg (fig. 4, 5 e 6) dove vengono riportati i valori di "neve fresca" (HN), ossia la neve registrata nelle 24 ore precedenti e "neve al suolo" (HS), lettura dell'altezza neve effettuata alle ore 8:00. In corsivo vengono riportati i dati registrati dal sensore, mentre i dati che sono stati sottoposti a validazione da parte di un nivologo vengono riportati in neretto (Errore: sorgente del riferimento non trovata). L'analisi dei dati riguardanti l'altezza di neve al suolo hanno messo in luce la variabilità delle misure di HS in un range di +/- 3cm imputabile alla precisione dello strumento (Terzago, 2012).

Con lo scopo di ridurre al minimo l'errore derivante dallo strumento, si è deciso di pubblicare i grafici riguardanti l'altezza di neve al suolo utilizzando i dati ottenuti dalla media mobile degli ultimi 5 dati acquisiti dal nivometro.

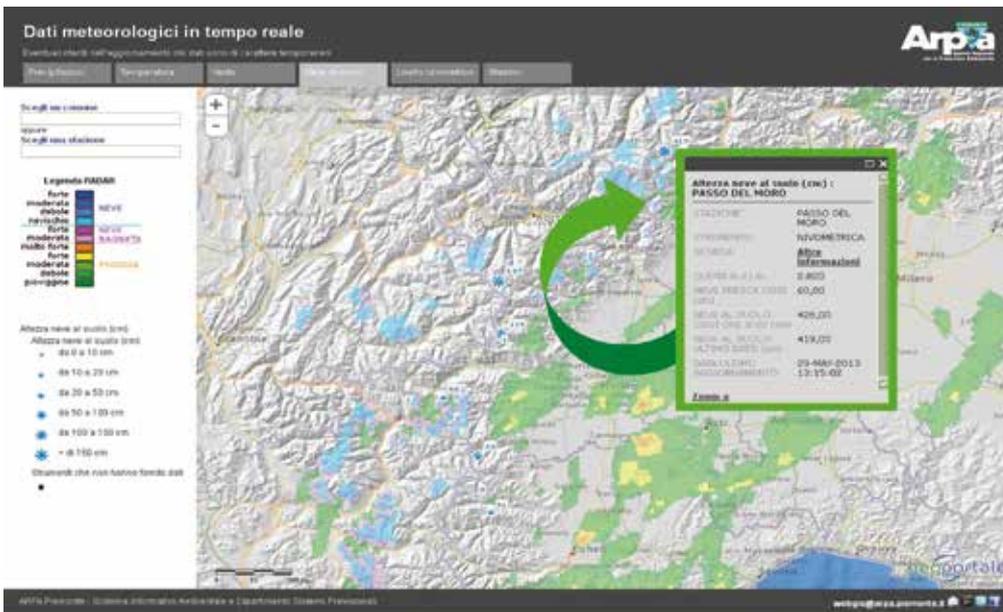


Fig. 4 - Esempio di selezione di una stazione nivometrica attraverso il Geoportale.



Fig. 5 - Dati misurati negli ultimi 3GG dalla stazione di Capanne Marcarolo (VB) 11 marzo 2013 alle ore 15:17 UTC.

Accanto alle misure tradizionali si possono consultare i stime in tempo reale di tipo di precipitazione rilevati dal sistema radar meteorologico piemontese (Michaelides, 2008).

Si tratta delle mappe elaborate dal radar del Bric della Croce, gestito da Arpa Piemonte, e del radar del Monte Settepani, gestito in collaborazione con il Settore di Protezione Civile della Regione Liguria. Il radar del Bric della Croce si trova sulla sommità della collina torinese nel comune di Pecetto (TO) ad una quota di 700 m s.l.m., mentre il radar del Monte Settepani è installato ad un'altezza di 1.386 m s.l.m. nel comune di Osiglia (SV). Il prodotto, con elevata risoluzione temporale e spaziale, fornisce una stima del tipo di precipitazione in atto, distinguendo nelle tre macro tipologie di pioggia (pioviggine, debole, moderata, forte, molto forte), neve bagnata (moderata e forte), neve (nevischio, debole, moderata, forte) (Fig. 7).

Per il Centro Funzionale Piemontese e per il sistema di Protezione Civile regionale è disponibile un'applicazione webgis molto simile a quella pubblica ma con maggiore ricchezza di dati, sia per tipologia di mappe del sistema radar meteorologico sia per numero di stazioni disponibili e frequenza di aggiornamento. L'applicazione "Dati meteorologici in tempo reale" è stata pubblicata a inizio marzo 2012 e ad oggi è tra le applicazioni del Geoportale di Arpa Piemonte maggiormente consultate.

In un anno di attività l'applicazione ha avuto oltre 415.000 visitatori, di cui oltre il 90% è utenza italiana e circa il 10% è utenza europea.

Bibliografia

- Direttiva 2007/02/EC (2007). Disponibile HYPERLINK "<http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=CELEX:32007L0002:EN:NOT>"<http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=CELEX:32007L0002:EN:NOT>.
- Michaelides, Silas C., *Precipitation: advances in measurement, estimation and prediction* (Ed.), 2008, ISBN: 978-3-540-77654-3, pp 475 - 491
- S. Terzago, M. Prola, S. Fratianni, R. Cremonini, S. Barbero, *Validazione di misure nivometriche, Neve e Valanghe*, n. 75, 2012



Fig. 6 - Andamento grafico dei dati di neve al suolo misurati dalla stazione di Capanne Marcarolo (VB) 11 marzo 2013 alle ore 15:17 UTC.

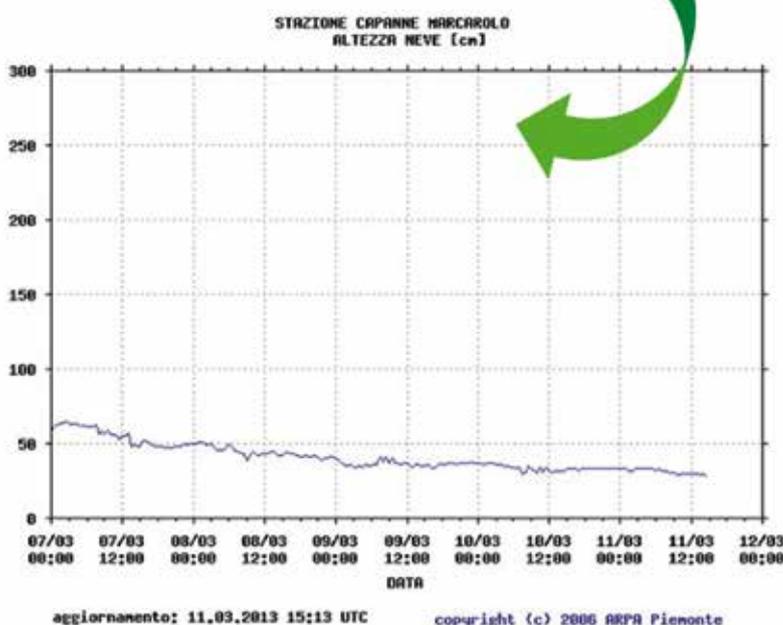
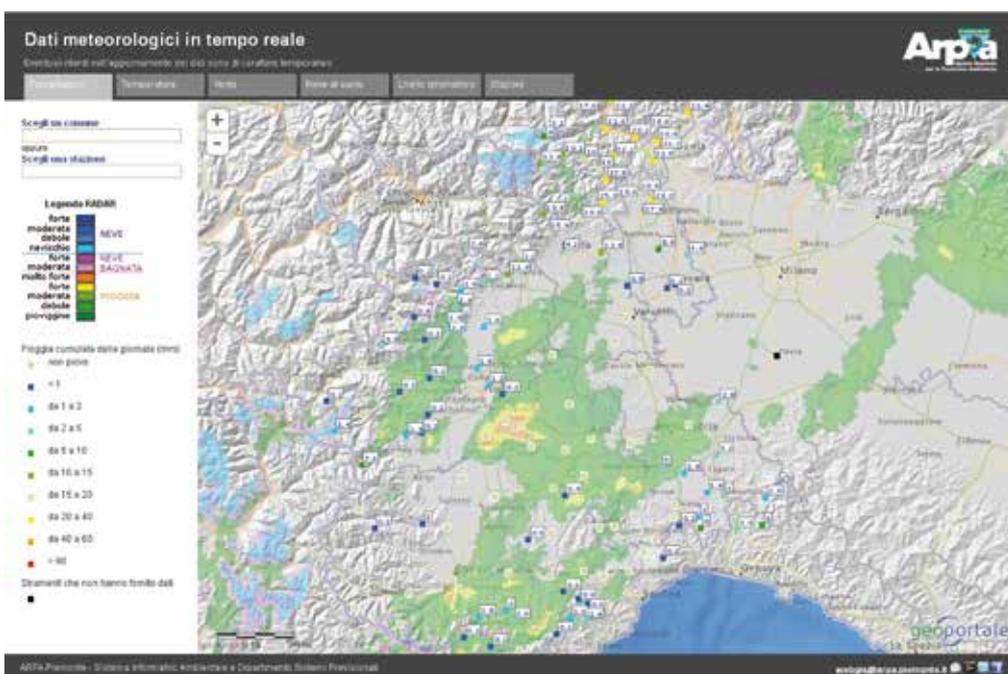


Fig. 7 - Esempio di tipo di precipitazione stimata dal sistema radar meteorologico piemontese. Si osservano precipitazioni sparse con nevicate limitate ai settori alpini.



MAPPATURA DEL PERICOLO DA VALANGA

Possibilità, difficoltà e limiti nell'analisi dei siti valanghivi di Costa della Madonna e Livinadac

**Piero Capellari,
Gabriele Bertoldi,
Vincenzo D'Agostino**
Dipartimento TeSAF,
Università di Padova
piero.capellari@gmail.com

**Francesco Sommavilla,
Alvise Tomaselli**
ARPAV DRST CVA, Arabba

Nel presente lavoro sono stati analizzati due bacini valanghivi in Provincia di Belluno, Veneto, con lo scopo di analizzare le opere di mitigazione presenti in loco e valutarne l'efficacia in termini di riduzione del pericolo. I due siti sono la Costa della Madonna, nel comune di Voltago Agordino, e il Livinadac, in comune di Livinallongo del Col di Lana. Lo strumento fondamentale che ha permesso questo lavoro è stato il modello dinamico bidimensionale, fisicamente basato, RAMMS, sviluppato dagli enti Svizzeri SLF di Davos (Institut für Schnee- und Lawinenforschung) e WSL (Eidg. Forschungsanstalt für Wald, Schnee und Landschaft). Le analisi eseguite hanno messo in evidenza l'efficacia delle opere nella riduzione del pericolo sia per l'abitato di Voltago Agordino, sia nel sito del Livinadac. Durante le analisi e le simulazioni sono state riscontrate alcune problematiche, soprattutto per quanto riguarda i dati di input al modello. La mancanza di informazioni sufficientemente esaustive riguardo gli eventi storici ha reso difficoltoso calibrare alcuni parametri. In particolare per quanto riguarda la dimensione delle aree di distacco e la scelta dei coefficienti reologici μ e ξ . Un'altra problematica riscontrata riguarda la qualità del DTM utilizzato che, non rispecchiando in maniera sufficientemente fedele alcune caratteristiche dei bacini, ha inficiato parzialmente i risultati delle simulazioni. Nonostante queste problematiche, si può affermare che il modello è in grado di simulare in maniera sufficientemente dettagliata e precisa le valanghe, dando risultati confrontabili con quelli attesi e comparabili con le informazioni storiche. Il modello si pone come uno strumento utile per supportare le decisioni nel settore del pericolo valanghe, ma sia l'inserimento dei dati di input sia l'analisi dei risultati richiedono comunque un'attenta analisi e valutazione delle fonti di errore e incertezza.



La perimetrazione delle aree a rischio valanga è da sempre una sfida indissolubilmente legata non solo alla disponibilità di dati storici su un sito valanghivo, ma anche all'esperienza dei tecnici locali ed alla loro capacità di interpretare il territorio in tutte le sue variabili. In questo contesto la possibilità di simulare valanghe su una topografia digitale sembra poter garantire maggior oggettività e precisione nella mappatura del pericolo, in particolare quando si introducono misure strutturali di mitigazione del pericolo e se ne vuole considerare l'effetto e l'efficacia. Tuttavia l'utilizzo della modellazione richiede esperienza e competenza, in particolare nell'individuazione dei limiti della modellazione stessa e delle problematiche che ne influenzano i risultati.

I siti valanghivi di Costa della Madonna e di Livinadac sono due casi storici della Provincia di Belluno con disponibilità di dati nivologici e storici e conoscenza dei casi studio nella media dei casi problematici nelle Alpi Orientali. In questi casi di studio si sono analizzate le problematiche che attualmente si riscontrano in ambito di stesura delle carte di pericolo valanghe in relazione alla mappatura con modelli bidimensionali e alla presenza di misure di mitigazione.

DESCRIZIONE DEI SITI VALANGHIVI

I due bacini valanghivi analizzati sono la Costa della Madonna o Lastia, in comu-

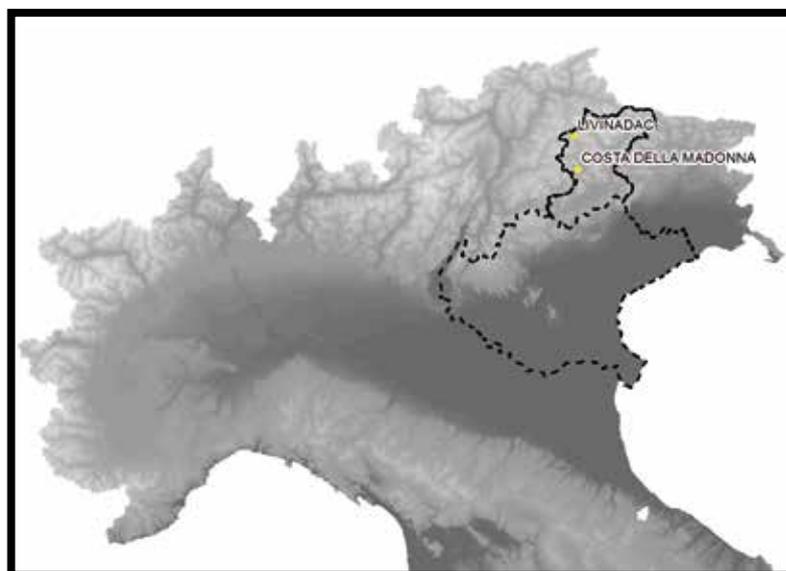
ne di Voltago Agordino e il Livinadac, in Comune di Livinallongo del Col di Lana. Entrambe si trovano nel bacino del Cordevole in provincia di Belluno, Veneto (fig.1, 2, 3).

La zona di distacco della Costa della Madonna, lunga circa 400 m, si estende grossomodo tra i 1.750 m di quota e i 2.190 m, e ha un'inclinazione media di 34°. Il limite superiore è dato dalla cresta che collega il Monte Agnér alla Cima de Lastia, e dalla parete meridionale della stessa. Il limite inferiore è dato dalla zona immediatamente sottostante al cambio di pendenza e i salti rocciosi situati tra i 1.800 m e i 1.850 m di quota. Sopra i 2.000 m di quota il pendio è uniforme e omogeneo e presenta una sezione trasversale rettilinea. Sotto questa quota si comincia a delineare un costone centrale, poco marcato, che comincia a dividere i due canali di scorrimento. Questi vanno poi a convergere in un unico canale di scorrimento al disotto di quota 1.170 m. La zona di accumulo varia a seconda della magnitudo della valanga. Gli eventi di maggior portata sono riusciti storicamente a raggiungere le case più a monte del paese, senza però causare particolari danni. In genere si può riconoscere come zona di arresto la parte del canale al disotto dei 1.100 m di quota, più a valle il canale si allarga, la sua pendenza diminuisce e sono presenti diversi massi ciclopici ($h > 5m$). Il grado di pericolo aumenta quando eventi precedenti hanno livella-

to le scabrezze della zona di scorrimento, permettendo un miglior scivolamento di eventuali altri distacchi. Nel 1988 sono state costruite opere fermaneve nel settore est della zona di distacco, che alimenta il canale di sinistra orografica, per complessivi 1.600 m lineari.

Il sito valanghivo del Livinadac si trova sulle pendici sud-occidentali del Col di Lana, tra le frazioni di Brenta e Livinè, in comune di Livinallongo del Col di Lana. Il sito ha un'importanza strategica, poiché può interessare direttamente la strada S.R.48, importante arteria di comunicazione tra la Provincia di Belluno e le Province di Trento e Bolzano, e la strada comunale per Livinè. Spesso le valanghe interrompono la viabilità, isolando parte del comune dal capoluogo e costringendo a deviare il traffico veicolare su arterie non sempre di facile gestione nel periodo invernale (es. Passo Fedaià). Nel 1979, a seguito degli eventi degli anni precedenti, è stato installato un impianto semaforico che, grazie ad un pendolo da valanga, permette di chiudere all'occorrenza i tratti potenzialmente interessati dalla valanga. Il sensore è posizionato a quota 1.775 m. La zona di distacco ha una inclinazione media di 35,8° ed è delimitata a monte dalla cresta che collega il Col di Lana (2.452 m) con la Cima Sief, e a valle dalla base del gradino roccioso che cinge tutto il versante sud-ovest della montagna (1.925 m circa). Attorno a quota 2.200 metri vi è un cambio di pendenza. Proseguendo verso valle il pendio si chiude a forma di imbuto diventando man mano più ripido e sfociando in una serie di salti rocciosi, tra quota 2.100 e quota 1.950 m circa, che connettono la zona superiore con il canale di scorrimento. La zona di scorrimento è incanalata lungo l'alveo del Rio Livinadac e attorno a quota 1.475 m interseca la strada comunale per Livinè e la S.R.48. Questo bacino valanghivo ha due possibili zone di accumulo. La prima è ubicata nei prati tra le case di Brenta e Livinè, la seconda si localizza più a valle, al termine del canale di scorrimento. Attorno a quota 1.275 m il canale si apre in un breve conoide, che con minor pen-

Fig. 1 - Posizione dei due siti oggetto di studio nel nord Italia.



denza lo raccorda all'alveo del torrente Cordevole, a fondovalle. In questo tratto si trova la strada comunale per la frazione di Vallazza, anch'essa spesso interrotta quando si innescano i distacchi più importanti. In tabella 1 e 2 sono elencati gli eventi noti per i due bacini valanghivi.

MATERIALI E METODI

Negli ultimi anni la mappatura del pericolo valanghe sta passando da un approccio empirico, o nel migliore dei casi monodimensionale, ad uno fisicamente basato e bidimensionale, attraverso software che inglobano modelli matematico-fisici. I modelli dinamici bidimensionali hanno il vantaggio di fornire risultati distribuiti in ogni punto dello spazio analizzato, permettendo una migliore analisi del fenomeno valanghivo e, conseguentemente, una migliore mappatura del pericolo. I dati di input richiesti sono solitamente:

- DTM, modello digitale del terreno di tutto il bacino valanghivo
- Perimetri della/e aree di distacco
- Altezza della neve di progetto e/o volumetrie di progetto per ciascuna area di distacco
- Parametri di calibrazione, legati generalmente alla viscosità e all'attrito interno della neve
- Grado di erodibilità del manto nevoso al suolo (capacità di entrainment)

A partire da questi dati il modello simula valanghe restituendo i valori di pressione, altezza e velocità per ogni punto dello spazio interessato dall'evento sintetico e per ogni intervallo temporale considerato. L'efficacia del modello nel riprodurre eventi reali è stata testata con back analysis, riproducendo quindi eventi ben noti, in numerosi studi (Christen et al., 2010; Maggioni et al., 2012). Tuttavia, quando si esegue una mappatura del pericolo su una scala temporale più estesa, difficilmente si dispone dei dati di input di qualità e quantità tale da permettere una taratura del modello comparabile a quella delle back analysis. Questo si traduce in una maggiore difficoltà nella valutazione delle variabili in input, come ad esempio la magnitudo dell'evento di

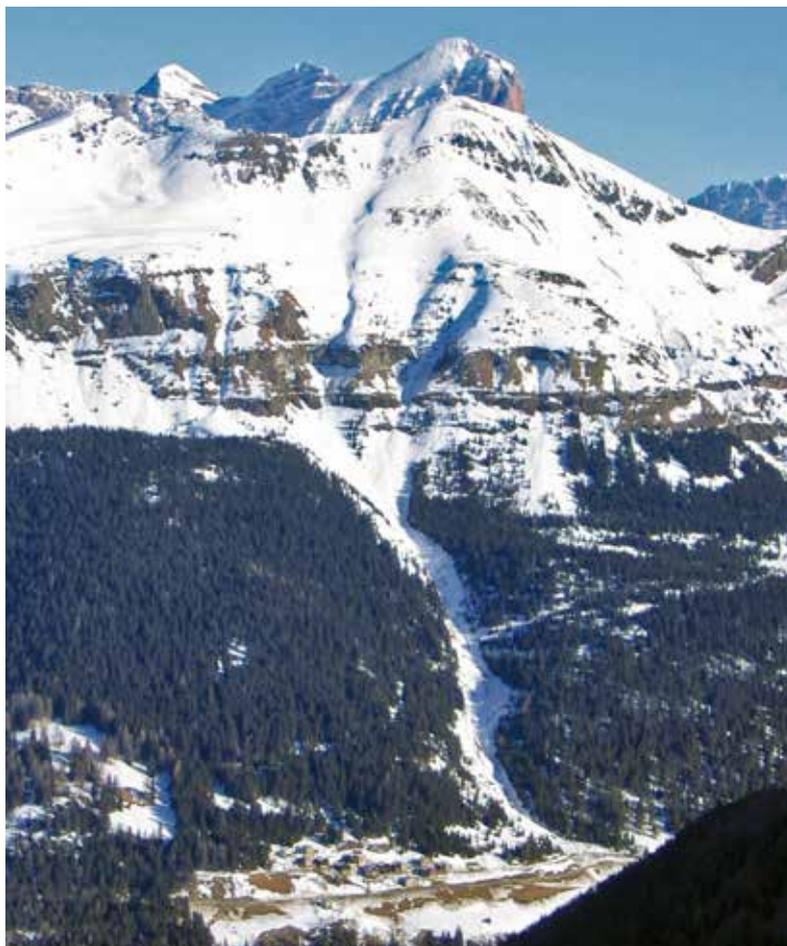


Fig. 2 - Zona di distacco e canale di scorrimento del sito valanghivo del Livinadac. Al centro dell'immagine si nota il centro abitato di Livinè, con la relativa strada comunale, e la strada regionale 48 delle Dolomiti.



Fig. 3 - Veduta d'insieme del sito della Costa della Madonna. In basso il centro abitato di Voltago Agordino.

Tab. 1 - Tabella riassuntiva degli eventi valanghivi principali presso la Costa della Madonna. La quota dello zero termico (ZT) è quella registrata dalla stazione di Udine. I dati di Hn sono stati estrapolati da diverse fonti: a - Valt e Cagnati (2004); b - Annali Idrologici, dati pluviometrici della stazione di Gosaldo; c - stazione nivologica di Lago Cavia, ARPAV CVA.

Tab. 2 - Tabella riassuntiva degli eventi valanghivi principali presso Il Livinadac. La quota dello zero termico (ZT) è quella registrata dalla stazione di Udine. I dati di Hn sono stati estrapolati dalla stazione nivologica di Lago Cavia, ARPAV CVA eccetto che per: a - Annali Idrologici, dati pluviometrici della stazione di Arabba; b - Annali Idrologici, dati pluviometrici della stazione di Andraz-Cernadoi.

progetto, che influenzano in modo importanti i risultati della modellazione e quindi la mappatura stessa.

IL MODELLO DINAMICO UTILIZZATO: RAMMS

La modellazione delle valanghe nelle due aree di studio è stato utilizzato il software RAMMS®, sviluppato a partire dal 2005 dall'Istituto Federale di Ricerca Svizzero (WSL) in collaborazione con l'SLF, Institut für Schnee- und Lawinenforschung, di Davos, e dal 2012 disponibile in versione commerciale. Il flusso della valanga viene descritto da un sistema di equazioni differenziali che descrivono il problema in termini di spessore della valanga $H(x,y,t)$, velocità $U_x(x,y,t)$ e $U_y(x,y,t)$ e energia cinetica delle particelle di neve $R(x,y,t)$. Questo modello non si presta a simulare la componente aeriforme, inoltre assume anche che la densità della neve all'interno del flusso sia costante nel tempo e

che non vi siano variazioni nello spazio. Dai principi di conservazione della massa, della quantità di moto, e dell'energia, sono state ricavate le seguenti equazioni: (1) (2) (3) (4) (n.d.r. in calce all'articolo) L'equazione (1) viene derivata a partire dall'applicazione del principio di conservazione della massa. \dot{Q} definisce il termine che esprime la variazione della massa nel tempo, in pratica quanta neve entra o esce da un volume definito, all'interno del flusso, durante il moto della valanga. Nell'equazione (2) i termini $S_{gx} = g_x H$ e $S_{gy} = g_y H$ definiscono la spinta dovuta al peso stesso della neve lungo asse x e y, rispettivamente. L'attrito è definito da S_f e viene a sua volta espresso dalla legge di Coulomb, ovvero il prodotto della forza normale per il coefficiente di attrito dinamico μ , quindi velocità-indipendente, e dall'attrito viscoso dipendente dal quadrato di U e dal parametro ξ . Il modello assume che le deformazioni di taglio siano concentrate tutte nella parte basale

del flusso. In questo modo il profilo delle velocità delle particelle lungo la normale alla superficie di scorrimento risulta rettangolare. Gli sforzi in direzione normale e parallela alla superficie di scorrimento, sono legati da un fattore di proporzionalità $k_{a/p}$ (eq. 3) definito dall'angolo di attrito interno della neve ϕ . Maggiore è k_p , maggiore è lo sforzo parallelo al piano di scorrimento e maggiore sarà la spinta della neve a monte nei confronti di quella a valle, per cui la valanga tenderà a proseguire il suo moto verso valle. L'equazione (4) definisce l'evoluzione dell'energia cinetica nel flusso in un ottica di conservazione dell'energia totale. \dot{P} esprime la variazione dell'energia cinetica dovuta al lavoro svolto dall'attrito, ovvero l'energia immessa nel sistema. \dot{D} esprime la dissipazione, ovvero l'energia sottratta al sistema (Christen et al., 2008).

DATI DI INPUT TOPOGRAFIA DIGITALE (Digital Terrain Model, DTM)

Alcuni autori consigliano l'uso di DTM con celle di dimensioni comprese tra i 5 e i 10 m (Christen et al., 2010), in quanto la maggior dimensione delle celle rappresenterebbe meglio il terreno in presenza di neve al suolo. Tuttavia è evidente che il grado di dettaglio del DTM deve essere comparabile con le dimensioni del fenomeno (altezza e larghezza del flusso, dimensione degli ostacoli, ecc...). Può essere quindi opportuno utilizzare una topografia ad alta risoluzione (da 1x1 a 5x5 m), in particolare laddove strutture antropiche necessitano di essere rappresentate adeguatamente. La topografia generalmente disponibile è di scarsa risoluzione per gli scopi di modellazione, nei casi specifici il DTM derivato dalla CTR della Regione Veneto è composto da celle con risoluzione 5 metri in cui tuttavia, non vengono rappresentate in modo del tutto adeguato alcune importanti "features" morfologiche, come massi ciclopici, strade o argini, che influenzerebbero il comportamento dinamico della zona di arresto della valanga.

data	H lastrone (cm)	Hs in zona di distacco (cm)	quota max (m)	quota minima (m)	Hn 10 gg (cm) nella zona di distacco	Hn 3 gg (cm) nella zona di distacco	ZT UD durante evento (m)
XIX sec.	-	-	-	750?	-	-	-
1918	-	-	-	-	-	-	-
11-14/02/1951	-	>350	-	900	~ 435 ^a	~ 185 ^a	-
1969	-	-	-	-	-	-	-
1974	-	-	-	900?	-	-	-
11/01/1977	-	>200	2100	900	~ 200 ^b	~ 85 ^b	1309
11-12/02/1978	-	>200	-	965	~ 135 ^b	~ 125 ^b	1415
23/01/2009	200	250	1900	1035	103 ^c	81 ^c	1781
23/03/2010	80	80?	2350	1250?	2 ^c	0 ^c	2372

© AINEVA

data	H lastrone (cm)	Hs in zona di distacco (cm)	quota max (m)	quota minima (m)	Hn 10 gg (cm) nella zona di distacco	Hn 3 gg (cm) nella zona di distacco	ZT UD durante evento (m)
02/1926	-	-	-	-	-	-	-
1951	-	-	-	-	-	-	-
11/01/1977	200	200	2200	1230	~ 200 ^a	~ 95 ^a	1309
16/03/1979	50	50	2200	1225	~ 86 ^b	~ 78 ^b	2147
22/12/1979	100	100	2200	1230	157	146	1931
26/02/1984	-	~ 150	2150	1600	85	78	1581
24/01/1985	120	120	2250	1200	219	39	1874
01/02/1986	150	150	2050	1216	164	155	1757
19/02/1987	150	150	2000	1425	116	35	1077
01/04/1992	150	200	2115	1225	153	85	1768
01/12/2008	130	130	2100	1230	134	124	2126
11/12/2008	-	~ 180	2000	1230	78	60	2160
24/12/2009	-	~ 110	-	1475	86	55	2496

© AINEVA

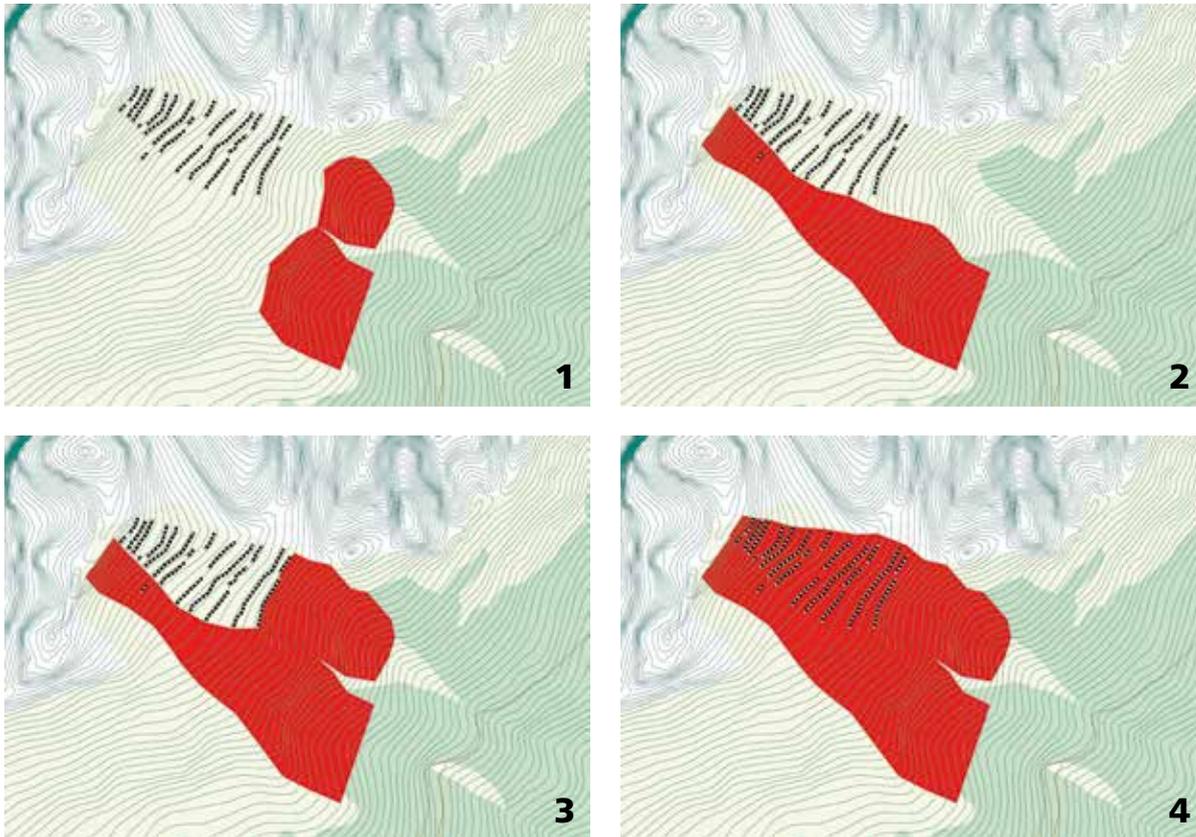


Fig. 4 - Aree di distacco simulate per la Costa della Madonna. Le linee tratteggiate indicano le opere fermaneve.

PERIMETRI DELLE AREE DI DISTACCO

La scelta delle aree di distacco è sicuramente una delle fasi più problematiche del processo di mappatura del pericolo valanghe.

Generalmente la scelta è effettuata mediante l'analisi incrociata di parametri geomorfologici, quali: inclinazione, presenza di cambi di pendenza, concavità del pendio, presenza o meno di bosco, con dati storici di eventi noti.

Riguardo al parametro di inclinazione del pendio Maggioni (2004) pone come limiti il range 30° - 60°, Salm et al. (1990) propongono un range di 28°- 50° mentre Mc Lung e Schaerer (1996) propongono 15°- 50°.

Un metodo esaustivo e completo implementabile in software Gis, che tiene conto di diversi parametri, e non solo degli angoli limite, è proposto da Maggioni (2004). Barbolini et al. (2002) propongono invece un'analisi mediante il metodo Monte Carlo per la determinazione del limite inferiore dell'area di distacco.

Un'indicazione importante per l'individuazione delle aree di distacco è quella desumibile dalle informazioni storiche note.

Spesso, però, nelle schede vengono riportati solamente i limiti superiori delle aree di distacco, e non quelli inferiori ("stauchwall").

Le attuali metodologie prevedono che per ciascun tempo di ritorno (Tr) di progetto vengano modificate solamente le altezze della neve di progetto e non le dimensioni dell'area di distacco.

In realtà la percentuale di area di distacco coinvolta in ciascun distacco è anch'essa legata alla magnitudo della valanga, e varia al variare del Tr dell'evento.

Per ovviare a queste difficoltà Maggioni et al. (2006) propongono un'analisi statistica delle aree di distacco potenziali di un dato sito valanghivo, a partire da un campione di aree di distacco note.

Il metodo permette di associare un Tr alla percentuale di superficie coinvolta della massima area di distacco possibile.

Tuttavia questa metodologia richiede una serie molto consistente di dati storici riguardanti le aree di distacco.

Tale condizione è soddisfatta raramente anche se si stanno analizzando siti valanghivi molto noti.

In questo studio, per ovviare a queste incertezze, sono stati utilizzati diversi sce-

nari di area di distacco, da cui sono poi state ricavate differenti scenari di pericolo, rendendo più complete le informazioni su cui basare la gestione del territorio.

La perimetrazione delle aree di distacco si è basata sia sull'analisi degli eventi storici noti, sia sulle testimonianze di esperti e residenti, sia sui limiti di pendenza proposti da Mc Lung e Schaerer (1996).

In fig. 4 e 5, e tab. 3 e 4 sono indicate le principali caratteristiche delle aree di distacco simulate. L'area 1 della Costa della Madonna (fig.4) corrisponde all'area di distacco dell'ultimo evento rilevante (23/01/2009). L'area 2 è stata scelta assumendo che le opere presenti evitino di-

	Area planimetrica (ha)
Area 1	6,48
Area 2	9,45
Area 3	14,06
Area 4	19,156

© AINEVA

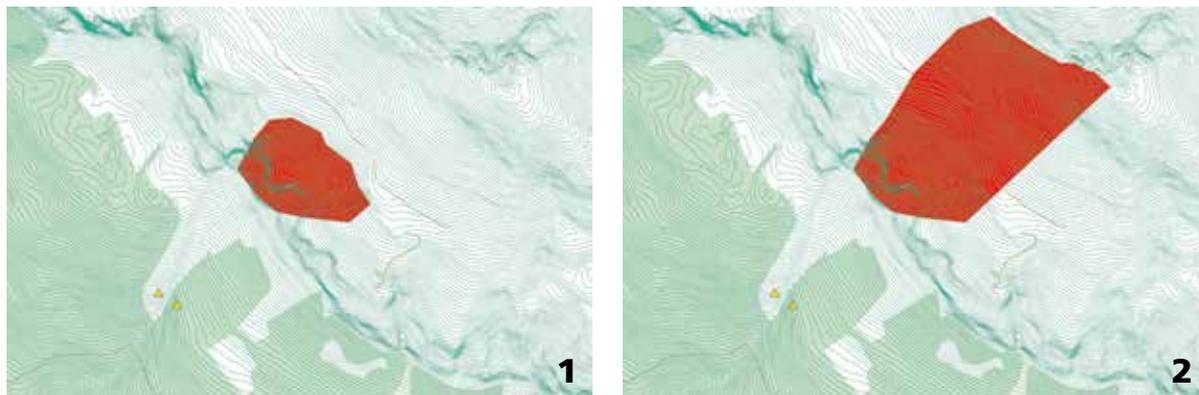
	Area planimetrica (ha)
Area 1	5,86
Area 2	19,32

© AINEVA

Tab. 3 - Area planimetrica per le aree di distacco simulate nel bacino della Costa della Madonna.

Tab. 4 - Area planimetrica per le aree di distacco simulate nel bacino del Livinadac.

Fig. 5 - Aree di distacco simulate per il Livinadac. I triangoli gialli indicano la posizione degli ancoraggi del pendolo lungo il canale di scorrimento.



stacchi anche nei settori di pendio ad esse sottostanti. L'area 3 interessa la massima area di distacco attualmente plausibile, mentre l'area 4 corrisponde alla massima area di distacco possibile, qualora non ci fosse alcuna opera di difesa.

Analizzando gli eventi conosciuti della Costa della Madonna si nota che, nonostante in momenti diversi sia stata coinvolta tutta l'area di distacco possibile, non si hanno notizie di un evento tale da averla mobilitata interamente in modo simultaneo. Per il sito del Livinadac (fig.5) le aree di distacco simulate sono 2.

Analizzando criticamente le informazioni relative agli eventi noti è stato possibile individuare l'area 1 come maggiormente soggetta a distacchi, mentre l'area 2 è stata scelta in un'ottica cautelativa, ipotizzando il coinvolgimento simultaneo di tutto il pendio convergente nel canale di scorrimento.

ALTEZZA DELLA NEVE DI PROGETTO E VOLUMETRIE DI PROGETTO

I dati nivologici di input sono costituiti dalla variabile DH3gg, ossia dalla differenza di spessore della neve al suolo relativa a tre giorni consecutivi e contrassegnata da un dato tempo di ritorno (Tr).

Queste informazioni sono state stimate mediante l'analisi dei dati di 7 stazioni meteo-nivologiche dell'alto bacino del Cordevole.

I Tr di progetto utilizzati per il calcolo sono di 30, 100 e 300 anni, secondo quanto proposto dalle direttive A.I.Ne.Va. (Tab.5) (Barbolini et al., 2005).

Nei casi in esame, mediamente, sono disponibili solamente dati per gli ultimi 28 anni, al contrario di quanto consigliato da alcuni autori (es. Katz et al., 2002), i quali sostengono che per calcolare correttamente il valore della DH3gg per un definito Tr sia necessaria una serie di dati di lunghezza pari ad almeno Tr/2.

I volumi di distacco di progetto sono stati calcolati implementando in ambiente GIS la metodologia proposta da Salm et al.(1990). In pratica, per ogni cella del DTM è stata calcolata l'inclinazione, da cui è stato ricavato il parametro di correzione $f(\phi)$. Moltiplicando $f(\phi)$ per i valori di DH3gg di progetto dei due siti è stato possibile calcolare l'altezza di progetto della neve per ciascuna cella.

Conoscendo le dimensioni delle celle, è stato quindi possibile calcolare il volume complessivo della neve di progetto per ciascuna area di distacco (tab.6, 7).

Se si confrontano i volumi di progetto con quelli stimati per gli eventi reali si incontrano delle discrepanze.

Prendendo ad esempio il bacino del Livinadac, per il quale si dispone di più dati, i volumi di progetto variano tra i 50.000 e i 263.000 m³, a fronte di volumi stimati in campo sull'ordine dei 3.600 - 30.000 m³. Questa differenza è spiegabile con sottostime delle misure in campo e con il fatto

che sono disponibili solamente dati volumetrici per gli eventi degli ultimi 30 anni. Le sottostime delle misure in campo sono legate al fatto che molta della neve movimentata dalla valanga viene depositata nelle curve del canale o in altri tratti della zona di scorrimento senza raggiungere la zona di arresto principale.

Nelle valanghe che si verificano dopo forti nevicate, inoltre, la stima è spesso effettuata immediatamente dopo l'evento ed in condizioni di scarsa visibilità, per cui la valutazione sia dell'estensione delle zone di distacco sia del volume risulta del tutto indicativa.

Inoltre la neve nella zona di deposito ha una densità maggiore rispetto a quella in zona di distacco, quindi l'accumulo in genere ha un volume minore, a parità di massa (Sovilla, 2004).

Prendendo il caso del sito del Livinadac risulta plausibile, ad esempio, che valanghe con un accumulo stimato di 30.000 m³, abbiano lasciato lungo il loro percorso 5.000 - 10.000 m³ di neve, per un volume complessivo al distacco di 35.000 - 40.000 m³, ovvero dello stesso ordine di grandezza di un evento con Tr di 30 anni in area di distacco 1.

PARAMETRI DI CALIBRAZIONE E DENSITÀ DEL MANTO NEVOSO

La densità del manto nevoso nelle simulazioni è stata fissata pari a 300 kg m⁻³, secondo quanto proposto da Salm et al. (1990) e in linea con quanto atteso: il 75% degli eventi noti, per entrambi i siti, sono stati classificati come valanghe di neve umida/bagnata.

Tab. 5 - Valori di DH3gg (cm) per ciascun tempo di ritorno e per ciascun bacino valanghivo.

	Costa della Madonna			Livinadac		
Tr (anni)	30	100	300	30	100	300
DH3gg (cm)	133	155	175	138	164	187

© AINEVA

La calibrazione dei parametri reologici μ e ξ dovrebbe essere effettuata mediante approccio diretto o indiretto (Jamieson et al., 2008).

La calibrazione diretta prevede che i coefficienti di frizione vengano calibrati in 'back-calculation' a partire da eventi realmente registrati nel caso in esame. Questo richiede una nutrita serie di dati riguardante: perimetri di aree di distacco, altezza h della neve distaccatasi e distanze di arresto.

Il secondo approccio di calibrazione prevede che si usino i coefficienti di frizione validi per situazioni analoghe, di cui si hanno più dati, oppure si ricorre ai valori proposti in bibliografia.

Nei casi di studio, in particolare per la Costa della Madonna, non è stato possibile applicare la gran parte delle metodologie sopra descritte per la mancanza di dati sufficienti sugli eventi passati.

Tuttavia si è riscontrato che i valori consigliati dal manuale RAMMS, dipendenti dal tipo e dal volume della valanga di progetto, permettono comunque di ottenere dei risultati e confrontabili con gli eventi storici.

RISULTATI

Costa della Madonna

L'obiettivo delle simulazioni effettuate in questo sito è stato quello di valutare se le opere ferme attualmente in opera, sono sufficienti a evitare il coinvolgimento del centro abitato di Voltago Agordino a seguito dei fenomeni valanghivi.

Non essendo stato possibile applicare la metodologia proposta da Maggioni et al. (2006), sono state create diverse carte del pericolo per ciascuna area di distacco (fig.6).

Confrontando i limiti raggiunti dalle valanghe simulate con il massimo evento reale registrato (fig.7), si possono formulare alcune osservazioni.

Gli eventi con area di distacco 2, 3 e 4 e con T_r di progetto rispettivamente pari a 300, 100 e 30 anni ricalcano in maniera soddisfacente il massimo evento storico noto.

Lo scarto tra i perimetri forniti dalle simulazioni e quello storico è probabilmente legato sia all'imprecisione del DTM utilizzato, sia al fatto che la C.L.P.V., da cui è tratto l'evento storico, è redatta in scala 1:25.000, e mal si presta al confronto con

Tr (anni)	30	100	300
Area 1	61.170	71.288	80.486
Area 2	97.864	114.052	128.768
Area 3	140.236	163.433	184.522
Area 4	196.254	228.718	258.230

© AINEVA

Tr (anni)	30	100	300
Area 1	50.693	60.245	68.694
Area 2	194.332	230.945	263.334

© AINEVA

simulazioni effettuate a un maggior grado di dettaglio. All'aumentare dell'area di distacco e al diminuire dello spessore di progetto, ovvero del tempo di ritorno, le volumetrie messe in gioco sono le stesse e si ottengono valanghe con runout (distanza di arresto) molto simili.

È difficile tuttavia definire univocamente un limite volumetrico oltre il quale la massa nevosa supererebbe i perimetri di arresto conosciuti.

Ad esempio l'evento con area di distacco 2 e T_r 300 anni ha le stesse runout dell'evento con area di distacco 4 e T_r 30 anni, pur avendo volumetrie di progetto molto differenti; rispettivamente di 128.768 e 196.253 m³.

Tab. 6 - Volumi (m³) di progetto per ciascuna area di distacco e per ciascun tempo di ritorno per la Costa della Madonna.

Tab. 7 - Volumi (m³) di progetto per ciascuna area di distacco e per ciascun tempo di ritorno per il Livinadac.

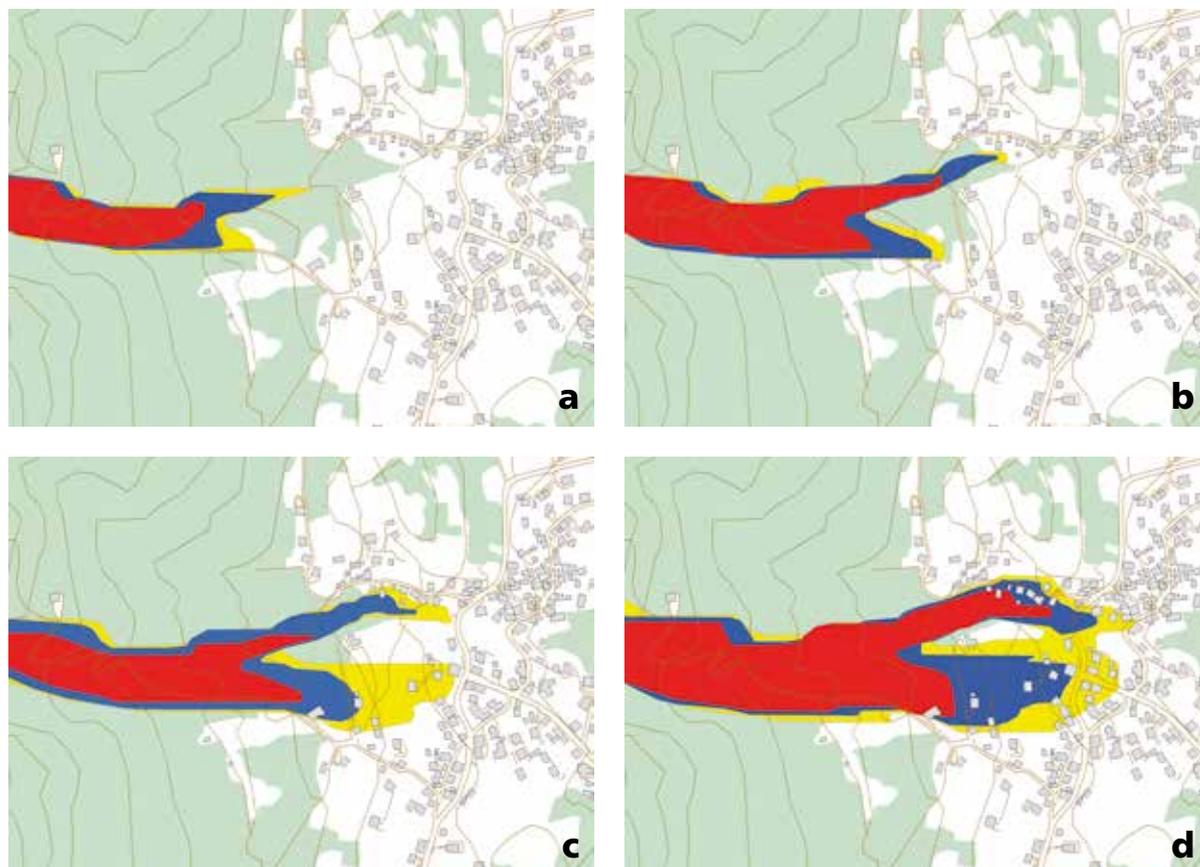


Fig. 6 - Carte del pericolo per ciascuna area di distacco. a) area 1, b) area 2, c) area 3, d) area 4.

Fig. 7 - Confronto tra perimetri della valanga, ottenuti dalle simulazioni, e massimo evento reale ben documentato (campitura viola, 1951). Perimetro rosso = area 4, Tr 30 anni, perimetro blu = area 3, Tr 100 anni, perimetro arancione = area 2, Tr 300 anni. È importante notare che l'unico edificio compreso nella campitura viola non era presente nel 1951.

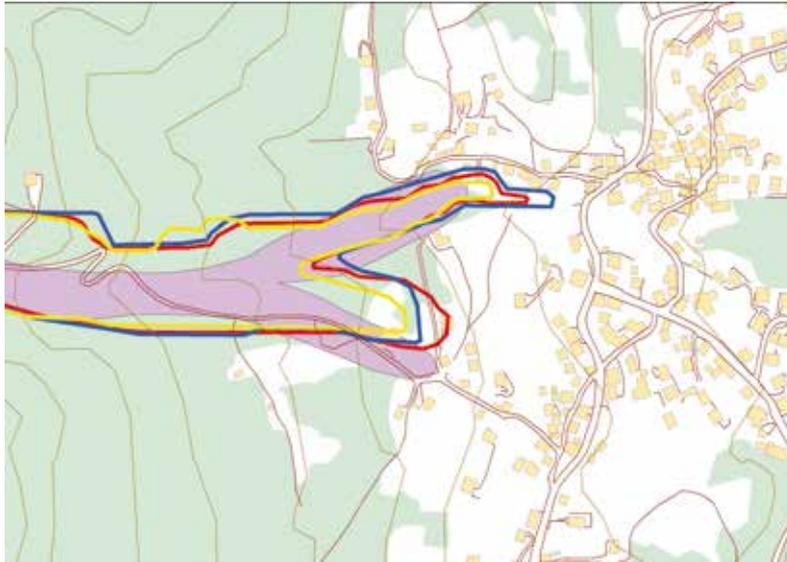
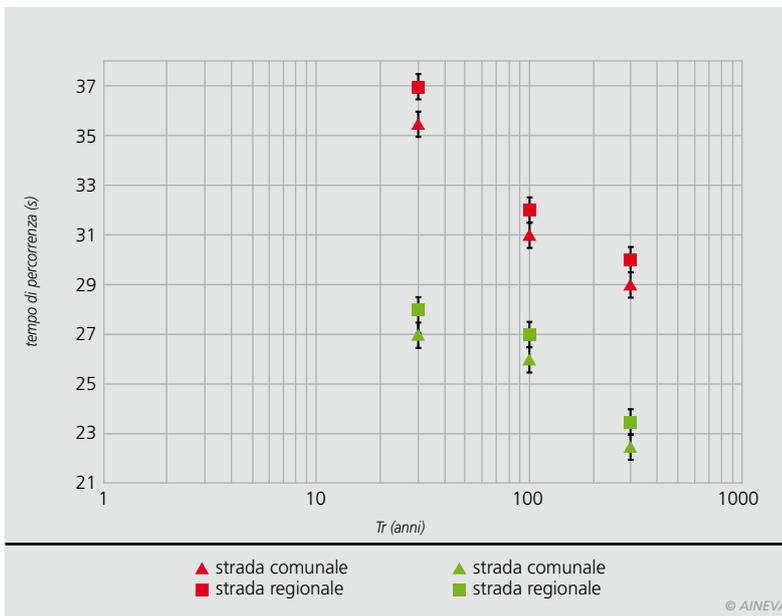


Fig. 8 - relazione tra tempo di ritorno (scala logaritmica) e tempo di percorrenza della valanga. In rosso l'area di distacco 1 e in verde l'area 2. L'errore è di ± 0.5 s.



Tab. 8 - Velocità (kmh⁻¹) minima richiesta per l'attraversamento in sicurezza dei tratti stradali fra i semafori per ciascuna area di distacco e Tr.

	velocità (kmh ⁻¹) area di distacco 1			velocità (kmh ⁻¹) area di distacco 2		
	Tr 30	Tr 100	Tr 300	Tr 30	Tr 100	Tr 300
strada comunale	25,5	29,5	31,3	33,8	34,9	40,3
strada regionale	23,4	27	28,8	30,6	32	36,7

Questa differenza è anche dipendente dal diverso parametro μ associato al volume della valanga. All'aumentare di μ , infatti, diminuisce la runout, per cui sono necessari volumi di progetto maggiori per far sì che la valanga raggiunga lo stesso punto. In linea di massima si può concludere che per volumi di distacco superiori ai 120.000 m³ è probabile che la valanga raggiunga il centro abitato. Appare chiara l'importanza che riveste la scelta delle aree di distacco in relazione al Tr del runout della valanga. Dalle

simulazioni effettuate, tenendo anche conto dei limiti imposti dai dati di input, si evince che il centro abitato di Voltago Agordino solo per eventi con elevato Tr, e con il coinvolgimento simultaneo di tutta l'area di distacco priva di opere, è marginalmente esposto ad un medio-basso grado di pericolo.

Livinadac

Lo scopo delle simulazioni, in questo caso, è stato quello di valutare la correttezza del posizionamento dell'impianto

semaforico e del relativo sensore a monte, rispetto a eventi valanghivi con Tr di progetto. Effettuando simulazioni con passo temporale di 0,5 secondi è stato possibile calcolare i tempi di percorrenza della valanga del Livinadac tra il sensore e le strade più a valle.

In fig.8 sono rappresentati i tempi in rapporto alle due aree di distacco ed ai tempi di ritorno di progetto.

Come è lecito aspettarsi i tempi di percorrenza diminuiscono all'aumentare del tempo di ritorno dell'evento (aumento del DH3gg di progetto) e della superficie dell'area di distacco (aumento dei volumi in gioco).

L'andamento di questi tempi è dovuto al diverso punto di intersezione tra il fronte della valanga e le strade interessate.

Con l'aumentare della magnitudo della valanga il fronte di questa tende a incrociare la strada sempre più verso Livinè, uscendo dalla parte più incavata dell'impluvio, manifestando un comportamento confrontabile con quanto verificatosi durante l'evento del 1977.

Conoscendo i tempi di percorrenza delle valanghe tra il sensore e le strade, ed essendo note le distanze da semaforo a semaforo, è possibile calcolare la velocità minima, per ciascun evento simulato, che un veicolo dovrebbe sostenere per attraversare indenne il tratto di strada tra i due semafori qualora questi diventino rossi immediatamente dopo il transito del veicolo stesso (tab.8).

Nella peggiore delle ipotesi simulate, ovvero per un evento che coinvolga l'area di distacco 2 con Tr di progetto di 300 anni, il veicolo, per attraversare il tratto stradale in sicurezza, dovrebbe viaggiare a minimo 40,3 km h⁻¹, nel caso della strada comunale, e a circa 37 km h⁻¹ per la strada regionale.

Mediante ulteriori simulazioni con nuove aree di distacco, è stato possibile correlare il valore di DH3gg limite con l'area coinvolta dal distacco e individuare una soglia oltre la quale la valanga raggiunge e/o supera la strada comunale (tab.9, fig.9). Interessante notare come il valore di volume critico medio si attesti ad una media

di 21.000 m³ (dev. st. 5.700 m³), con le aree più estese che generalmente sembrano richiedere un volume minore per arrivare fino alle strade.

Nonostante il numero di simulazioni condotte sia contenuto, si possono fare comunque alcune osservazioni.

Dalla figura 9 appare chiaro come le aree di distacco ricadenti sulla destra orografica (f, g) abbiano valori DH3gg soglia a parità di area minori rispetto a quelle ricadenti nella parte sinistra (c, d).

Ciò è spiegabile, oltre che con la diversa morfologia della zona attraversata, che va ad influenzare il comportamento nello spazio e la dinamica della valanga, anche con l'inclinazione di ciascuna area di distacco.

Questo parametro, e soprattutto la sua distribuzione, va ad influenzare $f(\phi)$, che a sua volta influenza i volumi messi in gioco.

Maggiore sarà la pendenza media, minore è l' $f(\phi)$ medio di ciascuna area e

più alto sarà DH3gg a parità di volume di neve mobilitato. Dalle simulazioni appare chiaro come definire univocamente un'altezza di distacco limite oltre il quale la valanga supera le strade, a prescindere dalla superficie dell'area coinvolta dal distacco, non è corretto. Quindi dimensioni dell'area di distacco coinvolta e runout della valanga non sono sempre correlate in maniera diretta, in quanto, come si è visto, ad incidere in maniera sostanziale sono i valori di altezza della neve mobilitata (DH3gg). Utilizzando il metodo proposto da Barbolini e Cappabianca (2002) si sono calcolati i Tr per ciascun evento valanghivo noto del sito del Livinadac, a cui è stato possibile associare i Tr dei valori dell'incremento di spessore del manto nevoso nella zona di distacco nei tre giorni precedenti l'evento. Da questa analisi è risultato che associare univocamente il Tr delle runout della valanga con il Tr di DH3gg può non essere sempre corretto (fig.10), conclusione peraltro già riscon-

trabile in letteratura (Ancey et al., 2004; Sauermoser, 2006). Facendo una sintesi delle simulazioni condotte per i vari Tr di progetto, si può concludere che il posizionamento dei semafori nel bacino del Livinadac risulta corretto.

Tab. 9 - area, volume e DH3gg limite per ciascuna area di distacco simulata.

area di distacco	area (ha)	volume tot (m ³)	DH3gg (m)
a	5,87	20.300	0,56
b	12,51	21.200	0,23
c	1,85	20.800	1,98
d	3,25	33.100	1,66
e	7,52	18.500	0,34
f	2,47	15.600	0,99
g	5,43	16.900	0,40

© AINEVA

$$(1) \partial_t H + \partial_x (HU_x) + \partial_y (HU_y) = \dot{Q}$$

$$(2) \partial_t (HU_x) + \partial_x (c_x HU_y^2 + g_z k_{a/p} \frac{H^2}{2}) + \partial_y (HU_x U_y) = S_{gx} - S_{fx}$$

$$(3) \partial_t (HU_y) + \partial_x (HU_x U_y) + \partial_y (c_y HU_y^2 + g_z k_{a/p} \frac{H^2}{2}) = S_{gy} - S_{fy}$$

$$(4) \partial_t (HR) + \partial_x (HRU_x) + \partial_y (HRU_y) = \dot{P} - \dot{D}$$





Si consiglia, tuttavia, la costruzione di ulteriori opere di mitigazione, quali ad esempio una galleria paravalanghe sulla S.R.48 ed il posizionamento di un impianto semaforico anche nella strada comunale di fondovalle per Vallazza, per mitigare ulteriormente l'esposizione al pericolo dei mezzi che transitano sull'importante asse viario interessato.

CONSIDERAZIONI CONCLUSIVE

Le analisi illustrate hanno permesso di rispondere ai quesiti riguardo alla pericolosità dei casi di studio, ma soprattutto si sono messe in luce le principali difficoltà nell'applicazione dei modelli bidimensionali a casi reali, in particolare:

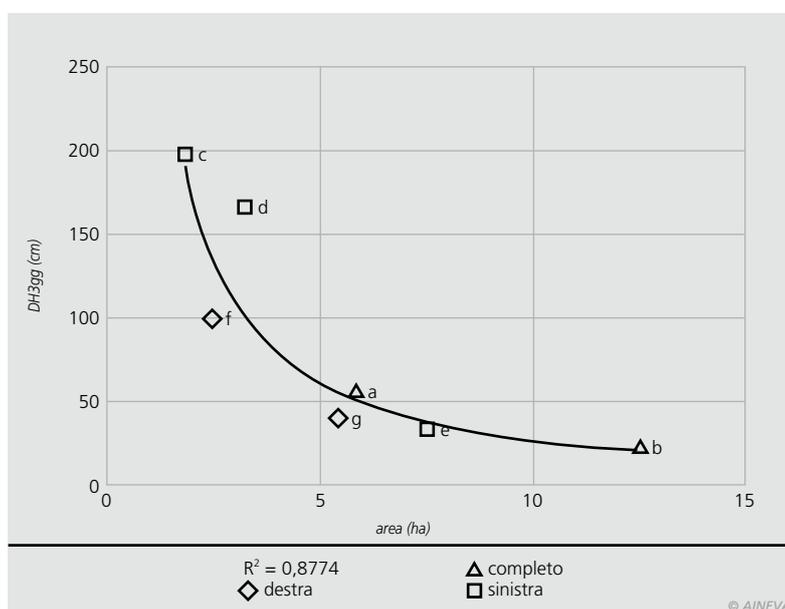
- Il modello digitale del suolo deve essere il più affidabile possibile, andando a riprodurre in modo esaustivo le caratteristiche morfologiche che influenzano la dinamica della valanga. Nel caso in cui non si disponga di un tale strato informativo sono da suggerirsi rilievi topografici ad hoc ad integrazione del DTM.

- La scarsità di dati di elevata qualità relativa alle zone di distacco, alle volumetrie di evento e spesso anche alle zone di arresto causa un'oggettiva impossibilità di calibrare accuratamente il modello per i casi di studio, sia per quanto riguarda i parametri fisici costitutivi, sia per quanto riguarda la magnitudo del fenomeno associata ad un tempo di ritorno.

- L'approccio metodologico che prevede la corrispondenza univoca tra il valore di Tr di DH3gg e il Tr di un evento valanghivo, pur risultando a livello applicativo facilmente perseguibile, si è rivelato in parte fuorviante o meglio non completamente esauriente per descrivere la gravosità di un evento valanghivo; molto più utile, in questo senso, appare una combinazione ragionata fra DH3gg ed estensioni/localizzazioni possibili della zona di distacco.

Nonostante le problematiche riscontrate, l'approccio modellistico pare sicuramente più efficiente ed oggettivo degli approcci tradizionali, ma occorre considerare la variabilità che viene introdotta

Fig. 9 - relazione tra area di distacco e DH3gg limite. Le aree di distacco sono classificate in tre gruppi in base alla posizione idrografica nel bacino di distacco.



dalle problematiche sopra esposte.

Diventa quindi essenziale ragionare con numerosi scenari di distacco e di dinamica, basati su evidenze sia tecniche che storiche, e valutare in modo critico i risultati delle simulazioni modellistiche. E' inoltre evidente che un nuovo impulso alla costruzione di un archivio il più possibile dettagliato degli eventi valanghivi andrebbe a costituire uno strumento di fondamentale importanza nella futura mappatura del pericolo anche, e specialmente, con l'utilizzo di modelli bidimensionali fisicamente basati.

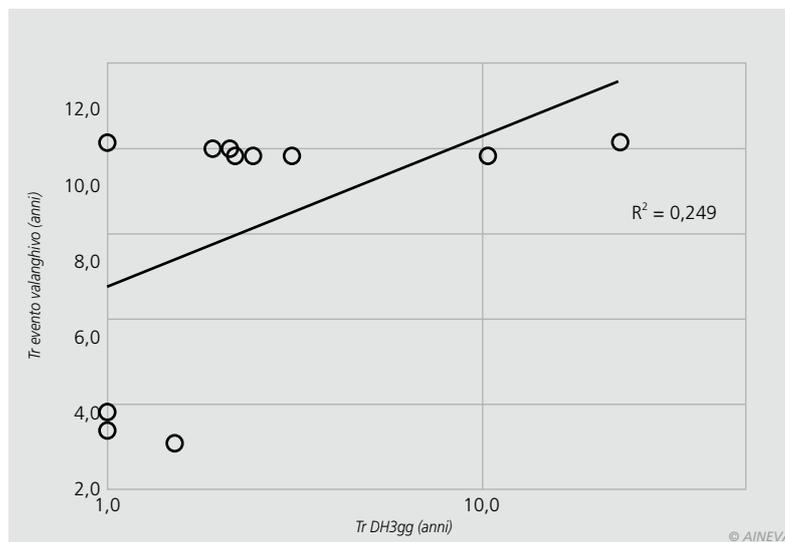
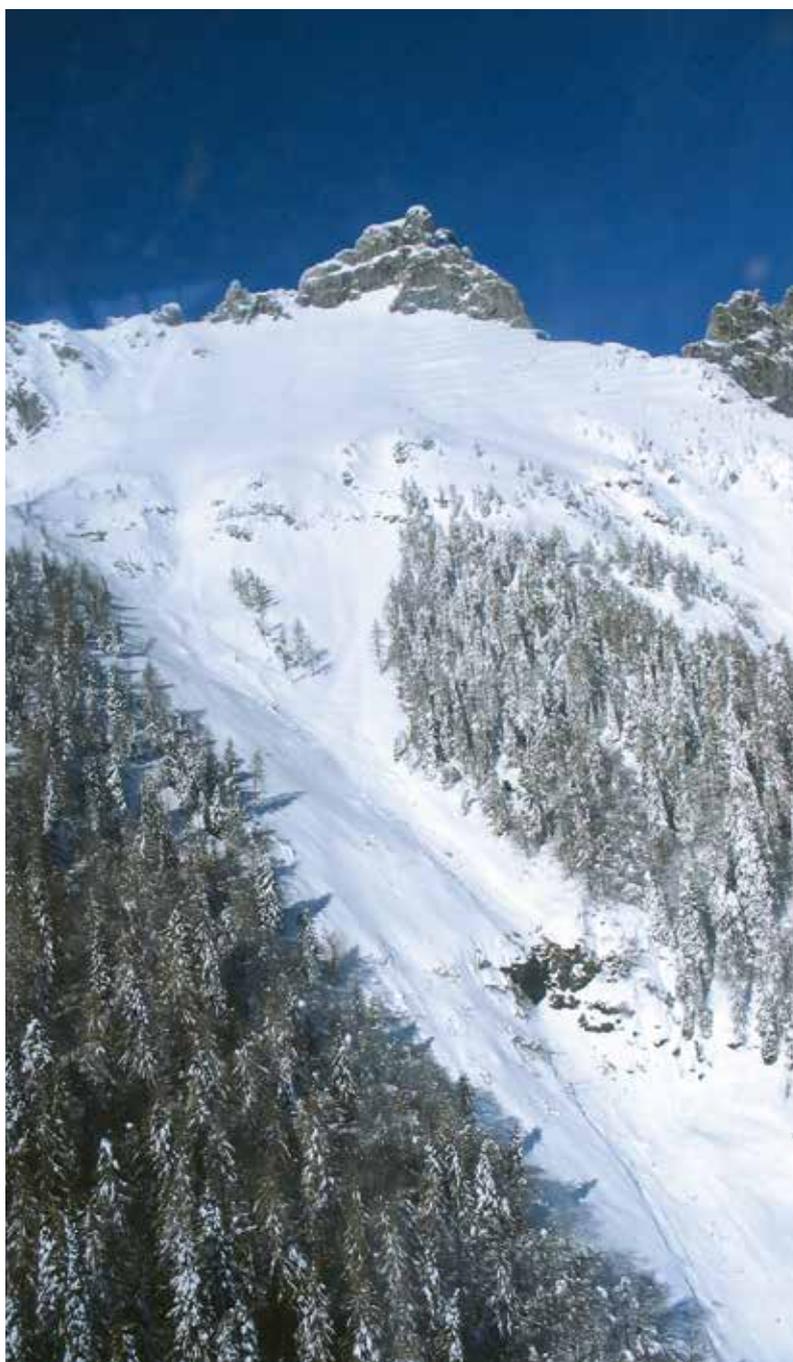


Fig. 10 - Evidenza della bassa correlazione tra T_r degli eventi valanghivi noti e T_r di DH nei 3 giorni precedenti ciascun evento.



Bibliografia

- Ancey C., Gervasoni C., Meunier M. (2004). Computing extreme avalanches. Cold Regions Science and Technology 31, Elsevier, pp. 161-180.
- Barbolini M., Cappabianca F. (2002). Determinazione della relazione tra distanze di arresto e tempi di ritorno delle valanghe: un nuovo metodo basato sull'analisi statistica dei dati storici. Neve e Valanghe n° 46, agosto 2002. A.I.Ne.Va. pp. 14-23.
- Barbolini M., Natale L., Savi F. (2002). Effects of Release Conditions Uncertainty on Avalanche Hazard Mapping. Natural Hazards n° 25, Kluwer Academic Publishers. pp. 225-244.
- Barbolini M., Natale L., Tecilla G., Cordola M. (2005). Linee guida metodologiche per la perimetrazione delle aree esposte al pericolo valanghe. A.I.Ne.Va.
- Christen M., Bartelt P., Kowalski J. (2010). Back calculation of the In den Arelen avalanches with RAMMS: interpretation of model results. Annals of Glaciology 51(54). International Glaciological Society, pp. 161-168.
- Christen M., Bartelt P., Kowalski J., Stoffel L. (2008). Calculation of dense snow avalanches in three-dimensional terrain with the numerical simulation program RAMMS. Proceedings, ISSW 2008, Whistler, Canada, sept. 2008. pp. 709-716.
- Jamieson B., Margreth S., Jones A. (2008). Application and Limitations of Dynamic Models for Snow Avalanche Hazard Mapping. Proceedings, ISSW 2008, Whistler, Canada, sept. 2008.
- Katz R. W., Parlange M. B., Naveau P. (2002). Statistics of extremes in hydrology. Advances in Water Resources Volume 25, Issues 8-12, August-December 2002, Elsevier, pp. 1287-1304.
- Maggioni M. (2004). Avalanche release areas and their influence on uncertainty in avalanche hazard mapping. Dissertation zur Erlangung der naturwissenschaftlichen Doktorwürde (Dr. sc. nat.) vorgelegt der Mathematisch-naturwissenschaftlichen Fakultät der Universität Zürich.
- Maggioni M., Freppaz M., Christen M., Bartelt P., Zanini E. (2012) Back-calculation of small avalanches with the 2D avalanche dynamics model RAMMS: four events artificially triggered at the Seehore test site in Aosta Valley (NW Italy). Proceedings, ISSW 2012, Anchorage, Alaska.
- Maggioni M., Gruber U., Purves R.S., Freppaz M. (2006). Potential release areas and return period of avalanches: is there a relation? Proceedings, ISSW 2006, Telluride, Colorado, October 1-6 2006. pp. 566-571.
- Mc Lung D., Schaerer P. (1996). Manuale delle valanghe. Formazione - dinamica ed effetti - prevenzione e sicurezza - soccorso. Zanichelli Ed.
- Salm B., Burkard A., Gubler H.U. (1990). Berechnung von Fließlawinen. Eine Anleitung für Praktiker mit Beispielen. Mitt. Eidg. Inst. Schnee-und Lawinenforschung, 47 pp. 38.
- Sauermoser S. (2006). Avalanche hazard mapping - 30 years experience in Austria. Proceedings, ISSW 2006, Telluride, Colorado, October 1-6 2006.
- Sovilla B. (2004). Field experiments and numerical modelling of mass entrainment and deposition processes in snow avalanches. Swiss Federal Institute of Technology Zurich. Diss. ETH No. 15462.
- Valt M., Cagnati A. (2004). Finalmente Neve: la stagione invernale 2003-2004 sulla montagna veneta. Neve e Valanghe n. 52, agosto 2004, AINEVA.

GESTIONE DEL PERICOLO VALANGHE SULLE STRADE: ESEMPIO DEL PIDAV PER LA S.S. 21 DEL COLLE DELLA MADDALENA

Marco Vagliasindi,
Alex Theodule,
Elena Levera,
Margherita Maggioni
Studio Geologico Associato
"Baltea",
Via Menabrea 43,
11024 Chatillon (AO),
Italy

Il distacco artificiale è uno dei metodi consolidati per la prevenzione dal rischio valanghivo. Inizialmente è stato sviluppato nel contesto dei comprensori sciistici, dove le misure di sicurezza sono relativamente semplici da applicare, in quanto consistono generalmente nella chiusura di impianti e piste da sci. Le operazioni di distacco artificiale sono applicate secondo un piano specifico (Piano di Intervento per il Distacco Artificiale di Valanghe - PIDAV), dove sono definiti i pendii da bonificare, i punti di tiro, i metodi di distacco, il metodo di monitoraggio, le procedure operative, le soglie di neve relative alle differenti fasi della procedura e le misure di sicurezza. L'applicazione del distacco artificiale di valanghe nel contesto della viabilità è più recente e molto promettente, poiché, rispetto alle misure strutturali, questo metodo implica costi minori e maggior flessibilità. D'altra parte, la gestione delle fasi operative del piano risulta più complessa, in quanto deve essere ben gestita la viabilità senza provocare eventuali code o lunghi tempi di attesa. Questo lavoro descrive le differenti attività svolte per la redazione di un PIDAV per la S.S. 21 "Colle della Maddalena" nelle Alpi Occidentali in provincia di Cuneo, insieme ai problemi incontrati ed alle possibili soluzioni. La S.S. 21 "Colle della Maddalena" è una importante via di comunicazione transfrontaliera tra Italia e Francia. Poiché un lungo tratto della strada (più di 30 km) è esposta a fenomeni valanghivi, essa viene chiusa frequentemente per lunghi periodi durante l'inverno, creando problemi al traffico e al trasporto merci. All'interno del Progetto RiskNat nell'ambito del P.O. 'Italia - Francia (Alpi - ALCOTRA)' è stato realizzato un piano per il distacco artificiale di valanghe (PIDAV) per tentare di risolvere il problema. Tale piano è il risultato di un'attenta analisi dei fenomeni valanghivi e dei loro effetti, valutati anche con modelli di dinamica, delle condizioni e probabilità di distacco, insieme ad un'analisi dei possibili metodi di distacco, di una corretta gestione della viabilità e delle condizioni di sicurezza di tutti gli attori coinvolti. Nel caso specifico, il Piano è stato concluso e validato e la sua applicazione operativa futura comporterà le necessarie valutazioni di carattere tecnico-economico da parte del gestore competente.



Neve, chiuso il Maddalena

Incidenti stradali a Lagnasco, Sant'Albano Stura, Saluzzo e Monforte

FRANCESCO DOGLIO
CUNEO

I primi bollettini valanghe della stagione, pubblicati ieri dall'Arpa e da Meteoport, segnalano per oggi un pericolo valanghe 3, smorzato, per tutte le valli cuneesi.

L'abbondante precipitazione dell'altra notte, protragita ieri mattina anche in pianura, ha portato neve fresca in abbondanza: dai 40 ai 50 centimetri in quota. Complessivamente, atteso ai 900 metri d'altezza, ha superato il metro e mezzo. Il colle della Maddalena è chiuso da ieri mattina alle 7 per pericolo valanghe oltre Argentera. Sal-

Pericolo valanghe in tutte le vallate

Ordinanza a Entracque su pneumatici invernali

L'intera rete viaria provinciale non sono mancati problemi e incidenti. Il colle di Tenca rimane aperto, con l'obbligo di catene a bordo o pneumatici da neve.

Ieri mattina, in valle Stura, alcuni Tir, senza catene montate o pneumatici invernali, sono rimasti bloccati sulla statale 21 tra Vinadio e Aisone, creando disagi alla circolazione. L'intervento dei carabinieri di Pietraporzio e Vinadio, insieme ai carabinieri dell'Arma ha permesso di liberare la strada. Sottile sciatisti sono stati malati. Tre erano fermi nelle vie di Aisone (a contravvenzione di 36 euro), gli altri fermi fuori dal centro del paese, in direzione di Vinadio (multa di 78 euro).



La strada per il Colle della Maddalena chiusa ieri ad Argentera



Un mezzo sgombera neve sulla strada della Valle Stura

In pianura non sono mancati incidenti. Grazie all'intervento dei vigili del fuoco di Cuneo e Saluzzo, tra le 8 e le 11 a Lagnasco, Sant'Albano Stura, Monforte d'Alba e Saluzzo. In due casi un camion è stato trainato fuori da un canale.

Al Comune di Entracque è stata adottata un'ordinanza per obbligare gli automobilisti a montare pneumatici da neve (o ad avere catene a bordo) si è aggiunto Entracque come a Borgo, anche sulla strada dell'alta valle. Come l'obbligo è previsto fino al 31 marzo.

L'altra notte la nevicata ha fatto scattare sull'autostrada To-Sy il piano d'emergenza, con i mezzi pesanti bloccati, incolonnati e poi scortati dalla polizia.

Paola Scota A PAG. 64

Previsioni

Nebbia al mattino poi torna il sole

■ Alla vigilia della ricorrenza di santa Bibiana («Quaranta di e 'na smana») fondata di maltempo che ha portato la prima neve in pianura si è allontanata lasciando sulla Grande umidità che potrà provocare nebbie e foschie nelle ore notturne e mattutine sulle pianure settentrionali. Oggi previsione il sereno, ma con nuvole che tenderanno a formarsi sulla catena alpina delle Cote e, a tratti, anche localmente in pianura. Le temperature ovunque si manterranno al di sotto dello zero nelle minime (-3° sugli altipiani) e di poco sopra zero nelle massime, a seconda della zona e del soleggiamento. Domani aumenta il freddo, specie per le massime in calo, con ancora tendenza alle nebbie notturne e basse che insistono in pianura e con nuvole che si accumulano ai confini settentrionali con la Francia. Più sereno sabato, santa Barbara, dopo le solite foschie sulle pianure attorno al Po. Continuano anche i gelidi freddi (-4°/-5° in pianura), mentre le massime crescono grazie al sole dominante. Le schiarite proseguono ancora soltanto nella mattinata di domenica, ma seguiranno nuove nuvole che potranno portare nevichio anche in pianura.

romano.fulvio@libero.it

Fig. 1 - Articolo de "La Stampa" sul problema della chiusura del valico internazionale della Maddalena a causa della neve.

PREMESSA

Il presente lavoro è stato svolto nell'ambito del progetto strategico "RISKINAT - Gestione in sicurezza dei territori montani transfrontalieri", finanziato dal Programma di cooperazione transfrontaliera tra Italia e Francia "ALCOTRA" 2007 - 2013, che aveva tra gli obiettivi anche lo sviluppo di metodi e di strumenti operativi volti alla gestione dei territori di montagna. Il lavoro che presentiamo in questo articolo rientra nello sviluppo di strumenti operativi per la gestione del pericolo valanghe sulle strade ed è stato espressamente richiesto dalla Provincia di Cuneo per supportare l'ANAS nella complessa gestione di un tratto della strada statale del Colle della Maddalena, particolarmente esposto ad interferenza valanghiva. Il Colle della Maddalena costituisce un importante valico internazionale, particolarmente utilizzato per i trasporti del settore alpino occidentale. La Strada Statale 21, che permette l'accesso a tale valico, attraversa un tratto vallivo morfologicamente e climaticamente predisposto al verificarsi di fenomeni valanghivi.

Allo stato attuale, la salvaguardia delle condizioni di sicurezza della Strada Statale impone all'ente gestore frequenti periodi di chiusura, che possono essere anche molto prolungati con conseguenti notevoli disagi e effetti negativi dal punto di vista socio-economico (Fig. 1). Lo scopo della definizione di un Piano di distacco artificiale è stato principalmente quello di ridurre i tempi di chiusura e soprattutto le incertezze legate alle condizioni di sicurezza che consentono la riapertura del valico e del tratto stradale di accesso dopo un evento di nevicata o un periodo di grado di pericolo valanghe critico.

INTRODUZIONE

A partire dal caso specifico della S.S. 21 del Colle della Maddalena in provincia di Cuneo, si vuole in questo articolo analizzare la problematica della sicurezza delle strade soggette ad interferenza valanghiva, con particolare riferimento alla misura di protezione attiva del distacco artificiale di valanghe. Tale misura di protezione, adottata nel contesto della viabilità, esige particolari

procedure che però nella realtà italiana ed anche europea non sono ancora uniformemente definite. Uno stato dell'arte sulla normativa esistente in Italia, Francia e Svizzera sul distacco artificiale di valanghe come misura di protezione attiva per comprensori sciistici, strade e villaggi si ritrova in un recente documento (Bruno et. al., 2012) prodotto nell'ambito dello stesso progetto strategico RISKINAT all'interno del quale si è svolto il lavoro presentato in questo articolo. In tale documento sono reperibili anche informazioni relative ad alcuni casi italiani in cui vengono utilizzati piani di gestione del pericolo valanghe sulle strade, che includono anche l'utilizzo del distacco artificiale come misura di protezione attiva e che quindi introducono il PIDAV - *Piano di Intervento per il Distacco Artificiale di Valanghe*. Tuttavia, questi rimangono casi isolati, mentre più diffusamente gli interventi di bonifica di versanti pericolosi soprastanti le vie di comunicazione sono attuati senza essere inquadrati all'interno di appositi piani gestionali. All'interno di tale contesto normativo così disomogeneo, vi sono comunque dei punti fondamentali che infatti sono comuni a tutti i casi di piani di gestione esistenti. I PIDAV devono contenere una relazione tecnico illustrativa della zona in esame, un piano di monitoraggio ed un piano delle procedure, comprensivo di un piano della sicurezza per gli operatori addetti al distacco. Questi tre punti sono stati alla base del lavoro svolto nel caso in esame. L'obiettivo di questo articolo è quello di descrivere le attività svolte al fine della redazione di un PIDAV per il tratto di strada S.S. 21 del Colle della Maddalena a monte dell'abitato di Argentera (1680 m s.l.m.) fino al Colle della Maddalena (1997 m s.l.m.) al confine con la Francia. Si sottolinea che lo scopo di questo articolo non è quello di presentare in dettaglio il PIDAV realizzato per la zona in esame, ma piuttosto quello di descrivere e discutere le diverse problematiche che

necessariamente devono essere affrontate per la redazione di tale documento.

AREA DI LAVORO

La Valle Stura, dal punto di vista fisiografico, si sviluppa lungo il Torrente Stura di Demonte e segna il confine tra le Alpi Marittime, sul versante destro idrografico, e le Alpi Cozie meridionali, sul versante sinistro.

Risalendo dalla località Borgo San Dalmaso, punto di imbocco della valle, la Valle Stura di Demonte si sviluppa dapprima in direzione E-W fino ad oltre Vinadio (località Planche) per poi deviare in direzione prevalente NW-SE fino al Colle della Maddalena (Fig. 2).

I rilievi che formano i versanti raggiungono quote di oltre 2700 m (M.te Piasassin, M.te di Roburent, Punta Oserot), con importanti dislivelli rispetto al fondovalle e quindi con una forte energia di rilievo che si traduce in complesse dinamiche dei fenomeni valanghivi.

I bacini valanghivi presentano a tratti una forma complessa e ampie dimensioni, e a tratti risultano limitarsi a modesti impluvi poco marcati, in settori di versante ad acclività medio-elevata.

La valle è servita dalla Strada Statale n° 21 che la percorre per la maggior parte lungo il suo versante sinistro idrografico.

La strada è interessata da una cinquantina di fenomeni valanghivi di dimensioni variabili per complessivamente 30 km su 60 km di sviluppo della valle stessa.

I fenomeni valanghivi presenti nel tratto compreso tra Vinadio ed il Capoluogo di Argentera (Fig. 3) raggiungono la S.S. 21 solo in caso di nevicate eccezionali.

Al contrario, i fenomeni valanghivi presenti tra Argentera e il Colle della Maddalena (Fig. 3) si manifestano tutti gli anni, anche più volte l'anno, e raggiungono la

S.S. 21, in particolare le valanghe comprese tra la casa cantoniera e la Fontana di Napoleone (Fig. 4).

Tale distinzione è probabilmente dovuta al diverso assetto morfologico che caratterizza i due tratti della Valle Stura di Demonte.

Il tratto tra Vinadio e Argentera presenta in generale bacini valanghivi piuttosto ampi e complessi che a meno di nevicate eccezionali si esauriscono nella parte alta del versante.

Tra Argentera e il confine di stato, invece, il versante sinistro orografico della Valle Stura presenta pendii uniformi e piuttosto

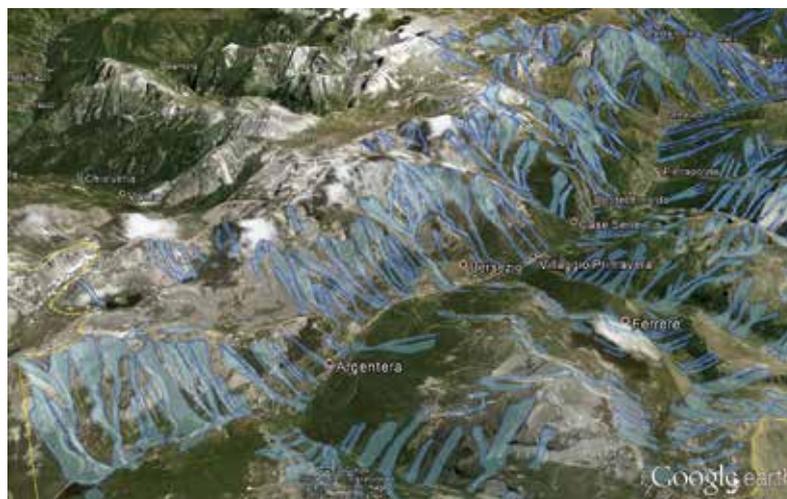


Fig. 2 - Panoramica della Valle Stura da Vinadio al Colle della Maddalena.

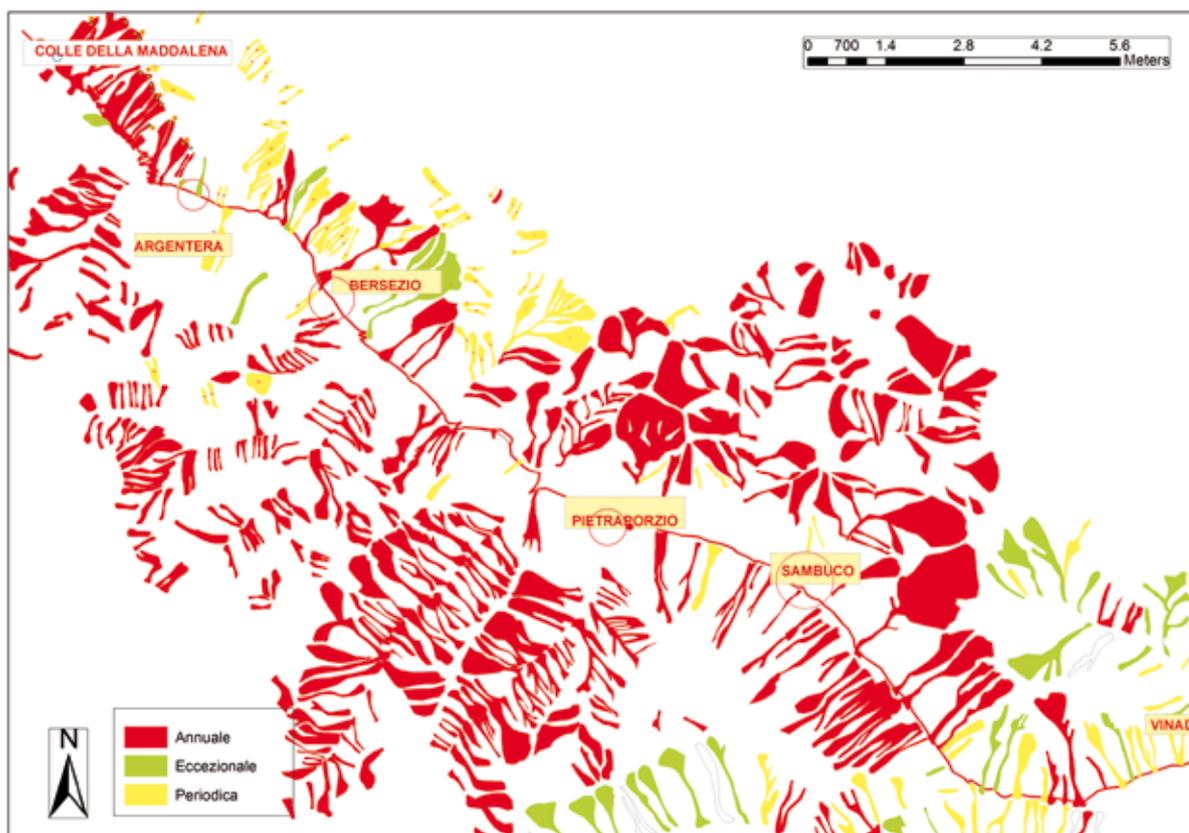


Fig. 3 - Visione globale dei fenomeni valanghivi in Alta Valle Stura: in rosso quelli frequenti, in giallo e verde quelli più rari.



Fig. 4 - I percorsi valanghivi a monte di Argentera ripresi dal versante opposto. Sulla destra le zone di distacco e scorrimento delle valanghe tra la casa cantoniera e la Fontana di Napoleone, che raggiungono quasi sempre l'asse stradale.

acclivi che non permettono l'arresto delle masse nevose se non al raggiungimento dell'alveo del Torrente Stura di Demonte. Le opere di difesa a protezione della S.S. n° 21 sono ad oggi discontinue e insufficienti a garantire la percorribilità della strada.

Sono infatti presenti alcune opere di difesa da valanga sia di tipo attivo (gradonature e rimboschimenti dei versanti), sia di tipo passivo (deviatori e gallerie paravalanghe).

Dal punto di vista meteorologico e nivologico la Valle Stura si colloca nella parte più settentrionale della zona nivo-mete-

orologica identificata nel Bollettino Valanghe come "Alpi Marittime Occidentali". E' caratterizzata da un clima non più prettamente continentale, tipico della maggior parte dell'Arco Alpino, ma già mediterraneo, che risente quindi della vicinanza del mare. Le condizioni nivometeorologiche possono essere legate essenzialmente a due differenti tipi di perturbazione:

1. perturbazioni legate ad un flusso di aria occidentale o nord/occidentale;
2. perturbazioni legate ad un flusso d'aria con provenienza meridionale, dal Mar Mediterraneo.

Nel primo caso si generano nevicate più fredde ed asciutte, mentre nel secondo caso le nevicate sono più umide.

Vista l'estensione della valle (Vinadio è a 910 m s.l.m. ed il Colle della Maddalena a 1997 m s.l.m.), durante la medesima perturbazione, vi possono essere condizioni differenti nella parte alta e bassa della valle.

Comunque, le perturbazioni che in genere creano i maggiori problemi per la sicurezza valanghe, su tutta la valle, finora sono state quelle umide di origine mediterranea che apportano generalmente quantitativi di neve maggiori.



è infatti pubblico e consultabile presso la Provincia di Cuneo).

Nella descrizione dei diversi punti, si farà ovviamente riferimento al caso specifico in esame, ma con lo scopo principale di esporre i problemi concreti che possono incontrarsi nella redazione di un PIDAV.

Analisi dei percorsi valanghivi

Prima attività fondamentale nella redazione di un PIDAV è l'analisi delle valanghe che possono potenzialmente interferire con la strada.

Sono necessarie quindi indagini riguardanti gli eventi storici, le caratteristiche geomorfologiche dei bacini e le caratteristiche meteorologiche e nivologiche in particolare.

Sono state quindi svolte analisi cartografiche in ambiente GIS, analisi delle ortofoto con particolare attenzione al tipo di suolo e di copertura vegetazionale, sopralluoghi e ricerca di dati storici a partire dalla consultazione della Carta di Localizzazione Probabile delle Valanghe redatta dalla Provincia di Cuneo e dall'intervista di persone locali conoscitrici del luogo. Tali indagini sono confluite in schede di dettaglio per ogni singola valanga (Fig. 6). Nel caso in esame tale attività ha portato alle seguenti considerazioni, fondamentali ai fini della concezione e gestione del piano di distacco artificiale:

- Complessivamente, nel tratto di interesse sono stati individuati oltre 50 siti valanghivi che hanno una potenziale interferenza con il tracciato della S.S. 21.
- Fra questi, solo 14 siti presentano eventi che arrivano effettivamente ad interessare il tracciato della S.S. 21 con frequenza annuale o più volte all'anno. Questi siti sono localizzati in sinistra orografica a monte di Argentera, ed in particolare quelli compresi tra la Casa Cantoniera e la Fontana di Napoleone interessano l'asse stradale anche in caso di precipitazioni del tutto normali e frequenti.

Si è quindi posto il primo problema di decidere come operare sui diversi tipi di valanghe. Poiché in caso di nevicate

"normali" i problemi alla viabilità sono dovuti principalmente alle valanghe localizzate sul versante sinistro orografico a monte di Argentera, solo queste valanghe sono state inserite all'interno del PIDAV. Non si è, invece, ritenuto opportuno inserire all'interno di un piano di distacco artificiale programmato i siti valanghivi più a valle in quanto costituiscono un pericolo per la viabilità solo in caso di nevicate eccezionali. In tal caso un eventuale bonifica andrebbe valutata caso per caso in ragione della complessità dei bacini valanghivi e del fatto che, in alcuni casi, potrebbero venire coinvolti anche edifici e centri abitati.

Caratterizzazione nivo-meteorologica dell'area

L'analisi delle condizioni nivo-meteorologiche e delle caratteristiche delle perturbazioni associate ad attività valanghiva sono di fondamentale importanza per capire quali possano essere i fattori pre-

¹ Calcolata come differenza tra la altezza di neve al suolo registrata dalla stazione in due giorni consecutivi

Fig. 5 - Evento valanghivo della primavera del 1993.

Neve fresca in 24h ¹	N° giorni totali	N° giorni / anno
< 10 cm	355	15
10 - 29 cm	259	11
> 30 cm	85	4

© AINEVA

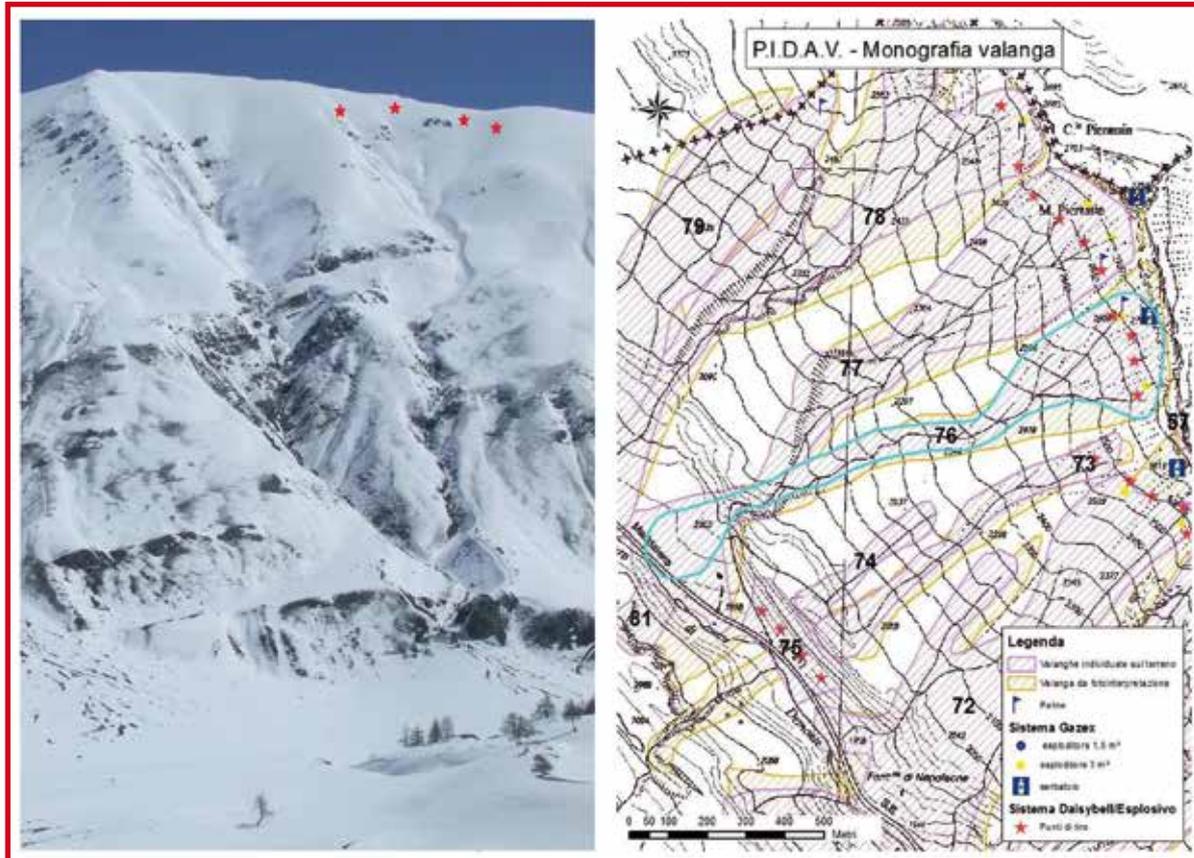
Infatti, dai dati sulle valanghe registrate nel Catasto Valanghe e dalle testimonianze di persone conoscitrici del luogo, le valanghe storiche di maggiori dimensioni sono state prevalentemente valanghe di fondo a lastroni distaccatesi in periodo primaverile (per es. a fine aprile del 1993, Fig. 5).

PIDAV

In questa sessione si vogliono presentare le diverse attività svolte ai fini della redazione del PIDAV, con la finalità di esporre sinteticamente il piano senza entrare nel merito dei dettagli tecnici (il documento



Fig. 6 - Parte della scheda della valanga 76: si notino sulla carta le perimetrazioni della CLPV, i punti di tiro (in caso di sistema Gazex o Daisybell) e di monitoraggio.



disponenti ad un distacco di valanghe. Per cominciare, sono stati quindi analizzati i dati della stazione automatica di Argentera (1680 m slm) ricavando le seguenti informazioni:

- in media il numero di giorni nevosi all'anno è pari a 29;
- le maggiori altezze di neve al suolo si registrano mediamente nel mese di aprile, ma il massimo assoluto di 260 cm è stato registrato il 1 febbraio 1986;
- il massimo quantitativo di neve fresca caduto in 24h (calcolato come differenza tra la altezza di neve al suolo registrata dalla stazione in due giorni consecutivi) è stato rilevato il 2 marzo 1993 ed è pari a 95 cm;
- il massimo valore di variazione di neve al suolo in tre giorni consecutivi è pari a 185 cm, dai 55 cm del 28 gennaio ai 240 cm del 31 gennaio 1986 (per un confronto, nell'episodio di più recente memoria di nevicata intensa - dicembre 2008 - che ha generato valanghe di grosse dimensioni, la variazione di neve al suolo in tre giorni consecutivi è stata pari a 121 cm).

Considerando 24 anni di misura è stato calcolato il valore medio dei giorni con

nevicata di una certa entità. (Tab. 1)

Molto influente sulla stabilità del manto nevoso è l'attività eolica, considerata di entità rilevante soprattutto nella parte alta della valle, a monte di Argentera, caratterizzata da una topografia per cui si verifica frequentemente l'erosione del manto nevoso da crinali e dorsali e l'accumulo della neve nei canali adiacenti. Inoltre, vistose cornici possono formarsi in quota, prevalentemente presso la cresta sommitale tra il Monte della Signora ed il Passo Prà di Bals.

Simulazioni di dinamica delle valanghe

Ai fini della valutazione delle possibili zone di influenza degli eventi valanghivi che interferiscono con la strada si possono utilizzare modelli di dinamica in grado di calcolare la distanza di arresto e le pressioni d'impatto, quindi di determinare i possibili danni legati alle valanghe considerate nel PIDAV. In questo lavoro, è stato utilizzato il programma RAMMS – modulo valanghe sviluppato dal WLS-SLF di Davos (CH).

RAMMS è un modello bidimensionale basato sulle equazioni di conservazione della massa e della quantità di moto. Per approfondimenti sul modello si può fare riferimento a Christen et al. (2010). Una informazione fondamentale ai fini della gestione del pericolo valanghe sulla strada è la massima estensione possibile delle valanghe, vale a dire la caratterizzazione dinamica dell'evento estremo, che potrebbe verificarsi in caso di impossibilità di applicazione del PIDAV. Inoltre, si è scelto di utilizzare il modello RAMMS per la simulazione anche degli eventi distaccati artificialmente considerandoli come eventi di piccola dimensione lungo lo stesso percorso e con la stessa area di distacco, ma diverso spessore e diversi coefficienti di attrito, dell'evento estremo. Un esempio degli output ottenuti nei due casi è riportato in Fig. 7 per la valanga n. 76. Ai fini della simulazione degli eventi estremi lo spessore di distacco è stato determinato a partire dai dati nivometeorologici registrati dalla stazione automatica di Argentera, forniti dalla Regione Piemonte. In particolare, i dati di variazione

dell'altezza di neve al suolo su tre giorni consecutivi (DH3gg) sono stati elaborati con la statistica ai valori estremi di Gumbel per ottenere una relazione tra il DH3gg ed il tempo di ritorno T delle valanghe. Tale metodo è consolidato ed utilizzato ampiamente nell'ambito valanghivo. E' stato così determinato il valore di DH3gg per un tempo di ritorno di 100 anni alla quota di 1700 m s.l.m., che, corretto dai fattori di quota, pendenza e vento, porta al valore Hd, input dello spessore di distacco per RAMMS per la simulazione delle diverse valanghe estreme.

L'area di distacco è stata determinata analizzando la CLPV e la morfologia dei versanti, mentre gli altri parametri di input (i coefficienti di attrito) sono stati scelti sulla base delle raccomandazioni dello stesso programma RAMMS.

Per quanto riguarda le valanghe distaccate artificialmente nell'ambito del PIDAV, l'input relativo allo spessore di distacco è stato preso pari a 30 cm, soglia di allerta per operare il distacco artificiale, mentre l'area di distacco è stata presa pari quella delle valanghe estreme, non essendoci raccomandazioni a riguardo e non esistendo una precisa relazione diretta tra area e spessore di distacco (Perla, 1977). I parametri di attrito sono stati presi uguali a quelle di valanghe con tempo di ritorno basso (T=10anni), ipotizzando che le valanghe distaccate artificialmente possano essere statisticamente riconducibili a tali valanghe.

Analisi dei possibili metodi di distacco

Il distacco artificiale di valanghe può essere effettuato con diversi metodi, la cui applicazione dipende da numerosi fattori, tra cui la morfologia dei siti valanghivi, il numero di valanghe e la frequenza degli interventi, condizioni economiche, disponibilità di personale specializzato, aspetti normativi.

Sono stati pertanto individuati tre metodi, compatibili con le caratteristiche dei siti e dei fenomeni valanghivi in esame e scelti fra quelli attualmente in uso ed il cui impiego sia compatibile con la nor-

mativa italiana:

- Esplositore a gas fisso (Gazex®)
- Esplositore a gas elitrasportato (Daisybell®)
- Carica esplosiva elitrasportata (Carica Vassale®)

Mentre il primo metodo comporta l'infrastrutturazione dei siti da bonificare mediante la posa di esplositori fissi collegati a specifici serbatoi dei gas, gli altri due metodi non necessitano di alcuna installazioni in sito e offrono una maggiore flessibilità circa la scelta del punto di tiro, a partire dalle indicazioni fornite nel Piano delle Procedure (vedi paragrafo). Ciascun metodo presenta ovviamente, da un punto di vista tecnico, dei vantaggi e degli svantaggi non trattati nel presente articolo per una questione di sintesi, ma facilmente reperibili nella documentazione tecnica relativa ai diversi sistemi di distacco artificiale di valanghe.

Piano di monitoraggio

L'attuazione di un PIDAV non può prescindere dall'attuazione di un piano di monitoraggio dei parametri nivometrici da applicare in maniera costante durante tutta la stagione invernale.

Infatti, le condizioni di pericolosità, ossia di elevata probabilità di distacco di masse nevose, sono determinate da alcuni

fattori fissi, legati principalmente alla morfologia dei siti, e da fattori variabili, legati fondamentalmente alle condizioni meteorologiche.

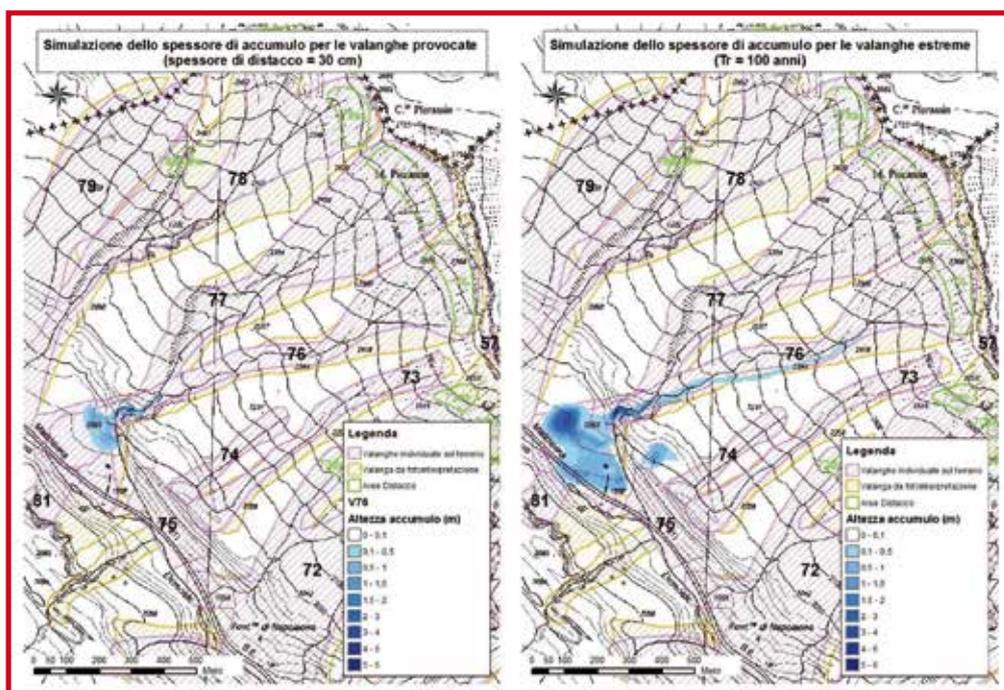
La previsione temporale delle valanghe dipende essenzialmente da fattori variabili legati alle condizioni nivo-meteorologiche. In particolare i principali parametri che influenzano il distacco delle masse nevose sono i seguenti:

- spessore della neve al suolo,
- spessore delle neve fresca da precipitazione,
- accumulo eolico,
- struttura del manto nevoso,
- temperatura dell'aria.

Ai fini di una gestione del PIDAV che risulti corretta ed ottimizzata è necessario disporre di dati che siano quanto più possibile 1) accurati e localizzati, ossia rappresentativi dei reali valori assunti dai parametri nelle zone di distacco dei fenomeni di interesse, 2) disponibili in tempo reale, per permettere una tempestiva attivazione delle procedure previste per ogni fase di gestione del piano.

Poiché nel caso in esame il PIDAV riguarda la gestione di 14 siti valanghivi distribuiti lungo una distanza di 3 km, i parametri di interesse presentano una forte variabilità spaziale, in particolare per quanto concerne il gradiente di precipitazione con

Fig. 7 - Esempi di output di RAMMS (spessore del deposito) per la valanga n. 76.



la quota e il trasporto ed accumulo eolico. Allo stato attuale l'unica stazione meteorologica presente nelle vicinanze del settore di interesse è quella di Argentera (1680 m slm) i cui dati non possono essere però ritenuti rappresentativi per i siti valanghivi individuati, le cui aree di distacco si collocano ad una fascia altimetrica compresa tra 2700 m e 2200 m slm. Considerata quindi la mancanza di dati locali si è pensato di prevedere di raccogliere i dati relativi ai parametri necessari integrando diverse fonti, in particolare:

- Analisi dei bollettini regionali emessi dal Centro Funzionale ARPA Piemonte
- Installazione di due stazioni meteorologiche automatiche (una al Colle della Maddalena q. 2590 m s.l.m. e una lungo la cresta spartiacque a NW del Bric della Sabbiera q. 2590 m s.l.m.) dotate di sensore di temperatura e umidità integrato, sensore di livello neve a ultrasuoni, sensore di direzione e velocità del vento integrato, asta nivometrica con termistori e limitatamente alla seconda stazione di sensore acustico di trasporto eolico (driftometro tipo "flowcapt").
- Paline nivometriche da posizionare nella parte superiore delle zone di distacco e osservabili dal fondovalle in maniera tale da verificare lo spessore della neve al suolo e valutare gli effetti del trasporto e accumulo eolico.
- Esecuzione di profili stratigrafici e test di stabilità del manto nevoso da effettuare su pendii rappresentativi, ma comunque in condizioni di sicurezza.

Piano delle procedure

L'applicazione di un PIDAV alla protezione di un'arteria stradale, e nel caso specifico alla strada di accesso ad un valico internazionale intensamente percorso, rappresenta un caso particolarmente complesso, poiché la chiusura della viabilità per le operazioni di distacco comporta forti conseguenze sul traffico e sulla gestione della sicurezza.

Il tratto di strada interessato dalle operazioni di distacco presenta una lunghezza di circa 3 km, con caratteristiche di strada di montagna, in forte pendenza, e con

assenza di aree di sosta o di manovra.

Di conseguenza, in caso di chiusura, è impossibile per i mezzi pesanti effettuare manovre e ripercorrere la strada in senso inverso, con il rischio di creare ingorghi o blocchi stradali con le immaginabili conseguenze per la sicurezza.

Di conseguenza la chiusura della strada per consentire le operazioni di tiro in sicurezza deve essere effettuata tenendo conto delle seguenti forzanti:

- La chiusura deve essere effettuata in punti dove sia possibile, in particolare per i mezzi pesanti, sostare o effettuare manovre per scegliere percorsi alternativi al Colle della Maddalena.
- La chiusura deve essere effettuata con una tempistica tale da consentire ai mezzi già transitati nei punti di chiusura di arrivare al Colle con un adeguato anticipo rispetto all'inizio previsto delle operazioni.
- Deve essere controllata l'effettiva assenza di persone o mezzi nel tratto di strada interessato dalle operazioni.

Tutto questo implica che la chiusura della strada e le successive operazioni di distacco non possano avvenire in un'unica fase, ma debbano essere articolate in diverse fasi, in ciascuna delle quali si attivano una serie di procedure specifiche sia per la predisposizione al distacco, sia per la gestione del traffico e della sicurezza. In particolare, nel presente piano sono state previste le seguenti fasi:

- Fase di gestione ordinaria
- Fase di preallerta
- Fase di allerta
- Fase operativa
- Fase di valutazione/riapertura.

La definizione delle diverse fasi si ripercuote "a cascata" sulla necessità di definire determinate soglie o eventi di attivazione, sulla base di parametri il più possibile oggettivi e documentabili, studiate in modo che tra l'una e l'altra fase intercorra un tempo sufficiente a consentire le operazioni previste.

Nella fase di gestione ordinaria si effettua sostanzialmente il monitoraggio delle condizioni nivo-meteorologiche, con le procedure definite all'interno del piano

di monitoraggio (vedi paragrafo).

La fase di preallerta viene attivata sulla base di previsioni meteorologiche o di pericolo valanghe (bollettini), ed è mirata principalmente a preallertare tutti gli operatori coinvolti o verificarne la reperibilità, al fine di una più rapida ed efficace attivazione delle fasi successive.

La fase di allerta si attiva al raggiungimento di condizioni nivologiche in sito (raggiungimento di una soglia di spessore o previsione di aumento del pericolo valanghe con accumulo preesistente).

In tale fase si attua la chiusura preventiva al traffico del tratto stradale interessato, secondo procedure che devono salvaguardare la gestione della viabilità e la sicurezza, e vengono inoltre organizzate le azioni propedeutiche al distacco a seconda della metodologia prescelta.

La fase operativa si attua al raggiungimento dei valori di soglia predefiniti e previa la verifica delle condizioni di sicurezza.

La soglia scelta per il distacco è di 30 cm di accumulo, o derivante da precipitazioni recenti (Dh3gg), o inteso come accumulo preesistente in caso di previsto aumento del pericolo valanghe a grado 3 o superiore da bollettino AINEVA.

Tale valore è stato definito sulla base delle simulazioni effettuate, in quanto costituisce lo spessore al distacco per il quale la maggior parte dei fenomeni valanghivi esaminati non raggiungono la strada, ed è inoltre supportato da considerazioni fisiche e dalla comune pratica di distacco. Non essendoci, a strada chiusa, elementi a rischio, non è stata definita una soglia superiore, ed in caso non si riesca ad effettuare il distacco al raggiungimento dei 30 cm è comunque possibile effettuare il distacco con spessori superiori, anche se probabilmente in tal caso la sede stradale verrebbe raggiunta ed invasa con la conseguente necessità di prevedere lo sgombero.

Infine nella fase di valutazione si verificano gli effetti delle operazioni di distacco e si decide se le condizioni di sicurezza raggiunte permettono la riapertura della strada o meno.



Nella gestione delle diverse fasi, un'alta responsabilità è attribuita al ruolo del responsabile del piano, che deve essere un professionista presente in sito e disporre di tutte le informazioni a scala locale per la valutazione del pericolo valanghe e per l'attivazione delle procedure; in modo particolare, al responsabile è data facoltà di attivare le diverse fasi previste anche sulla base di proprie valutazioni a scala locale indipendentemente dal raggiungimento di parametri previsti su bollettini meteorologici, di allerta o di pericolo valanghe.

DISCUSSIONE E CONCLUSIONI

L'applicazione di piani di distacco artificiale alla messa in sicurezza e protezione della circolazione stradale, sebbene relativamente recente, presenta prospettive molto interessanti dal punto di vista della valutazione di costi/benefici. In generale l'applicazione di un PIDAV è infatti meno onerosa, meno impattante da un punto di vista ambientale, e più flessibile rispetto alla realizzazione di interventi strutturali.

Nello stesso tempo presenta il vantaggio, fatte salve la corretta progettazione ed applicazione, di ridurre al minimo i tempi di chiusura delle strade quale misura cautelativa in caso di forte rischio valanghivo. Per strade di grande comunicazione questo presenta dei vantaggi da un punto di vista economico, evitando lunghe attese dei mezzi di trasporto con le relative conseguenze; ma ancora di più, nel caso di molte valli laterali raggiungibili da una sola strada, può avere effetti positivi da un punto di vista sociale e della sicurezza delle persone, evitando o riducendo i periodi di isolamento di interi paesi.

Tuttavia l'applicazione di un PIDAV alle vie di comunicazione presenta una maggiore complessità rispetto agli ambiti in cui questi strumenti sono stati tradizionalmente sviluppati, principalmente comprensori sciistici: infatti in questi ultimi la gestione della sicurezza ed il controllo delle aree soggette a distacco sono relativamente "semplici" e possono venire attuati tramite la chiusura di piste o impianti. Viceversa nel caso di vie di comunicazione devono essere tenute

presenti una serie di variabili e forzanti legate alla sicurezza ed alla gestione della viabilità, che richiedono innanzitutto una approfondita conoscenza dei fenomeni valanghivi al fine di ottimizzare le operazioni, e parallelamente la progettazione di procedure complesse. La metodologia proposta in questo articolo, relativa al PIDAV progettato per la Strada Statale del Colle della Maddalena, può costituire un esempio per lo sviluppo ed il miglioramento della gestione del rischio valanghivo sulle vie di comunicazione. Nel caso specifico il Piano è stato concluso e validato e la sua applicazione operativa futura comporterà le necessarie valutazioni di carattere tecnico-economico da parte del gestore competente.

Bibliografia

- Bruno E., Maggioni M., Freppaz M., Zanini E. (2012). Distacco artificiale di valanghe: linee guida per la procedura operativa, metodi e normativa, Regione Autonoma Valle d'Aosta. ISBN 978-88-907104-3-8. (disponibile on line at http://www.risknat-alcotra.org/rna/allegati/manuale-5_1082.pdf)
- Christen, M., Kowalski, J., Bartelt, P., 2010. RAMMS: numerical simulation of dense snow avalanches in three-dimensional terrain. *Cold Regions Science and Technology*, 63 (1-2), 1-14.
- Perla, R., Slab avalanche measurements, *Canadian Geotechnical Journal*, 14, 206-213, 1977.

GLI EFFETTI dell'**INTERFE** **VALANGHIVA**

IL CASO DELLA VALANGA CATASTROFICA DI LES THOULES - VALSAVARENCHÉ (AO)

Valerio De Biagi,
Barbara Frigo,
Bernardino Chiaia
DISEG – Dipartimento di
Ingegneria Strutturale, Edile
e Geotecnica, Politecnico di
Torino, Italia

Hervé Fusinaz
DIATI – Dipartimento di
Ingegneria dell'Ambiente,
del Territorio e delle
Infrastrutture, Politecnico di
Torino, Italia

Si presenta la procedura utilizzata per la stima delle pressioni d'impatto di valanga di neve sulle costruzioni: una back-analysis strutturale dei danni. Come caso studio di riferimento, si considera l'evento del dicembre 2008 accaduto a Les Thoules in Valsavarenche (AO) che provocò la distruzione o il danneggiamento di dodici edifici e delle reti di mobilità, elettriche e telefoniche, che comportarono l'isolamento della frazione per parecchi giorni. La procedura utilizzata per la stima del range delle pressioni d'impatto indotte da un evento valanghivo si divide in due parti: la prima di rilievo danni e informazioni, e la seconda di analisi strutturale a ritroso dei meccanismi di collasso e dei relativi danni indotti a edifici scelti.

In particolare, il lavoro qui presentato si concentra su quattro edifici: due parzialmente danneggiati e due completamente distrutti. Partendo dall'analisi della dinamica dell'evento, si introduce la fase conoscitiva delle strutture danneggiate, eseguita consultando gli elaborati progettuali e la documentazione fotografica degli edifici, e il rilievo fotografico/strutturale dei danni mediante una scheda appositamente realizzata. Dopo una breve descrizione dei danni indotti, si riporta la back-analysis basata sulla distribuzione dei detriti e sui meccanismi di collasso, e si presenta la stima della pressione dinamica della valanga, della velocità del flusso e della direzione d'impatto. I risultati ottenuti sono alla base della valutazione di nuove strategie di progettazione e consolidamento di costruzioni.

RENZA SUGLI EDIFICI



L'EVENTO DEL DICEMBRE 2008

L'interazione tra valanga di neve e costruzioni e, allo stesso tempo, la risposta delle strutture all'azione generata dall'impatto di valanga sono fenomeni ancora poco conosciuti. Oltre alle misure effettuate su bersagli strumentati in siti sperimentali (Maggioni et al., 2013; Barbero et al., 2013), le *back-analysis* - analisi ritroso - di impatti su strutture a scala reale sono uno strumento essenziale, sebbene molto complesso, per meglio comprendere gli effetti delle valanghe sulle opere civili (Voellmy, 1955).

L'analisi dei danni e la comprensione dei meccanismi di collasso generate dalle valanghe di neve possono essere, inoltre, molto utili per lo studio della dinamica valanghiva (Bovet et al., 2011) e per la stima di sovraccarichi su strutture ed in-

frastrutture (Margreth e Ammann, 2004). Inoltre, lo studio del danneggiamento di strutture da parte di un evento valanghivo consente una migliore quantificazione del rischio (De Biagi et al., 2012a) e fornisce indicazioni essenziali per una miglior progettazione o ristrutturazione di costruzioni in zona soggette a pericolo valanghe (De Biagi et al., 2012b).

In questo articolo, viene presentata l'analisi dei danni causati dall'evento valanghivo del dicembre 2008 al villaggio di *Les Thoules* nella Valsavarenche (AO) su quattro costruzioni (in parte o totalmente distrutte), alla luce del loro comportamento strutturale, seguendo un approccio seguito nelle indagini forensi e basato su misure in campo (Augenti e Chiaia, 2011).

Questo evento valanghivo fa parte di una numerosa serie di distacchi naturali oc-

corsi nella metà del dicembre 2008 nelle Alpi Occidentali.

In tale periodo si sono, infatti, registrate abbondanti precipitazioni nevose (150 cm di neve fresca a 2000 m s.l.m.) che hanno portato il pericolo valanghe al grado 5 (molto forte) (European Avalanche Warning Services, 2012) e che hanno causato danni diffusi (distruzione di boschi, danneggiamenti a centri abitati e ad infrastrutture, 4000 persone interessate - Maggioni et al., 2009; RAVA, 2009) in tutto l'Arco alpino.

Localizzato in destra orografica della Valsavarenche - Valle d'Aosta, a 1600 m s.l.m., in pieno Parco nazionale del Gran Paradiso, *Les Thoules* è un villaggio sito in un ampio pascolo alpino al piede di un sistema di balze rocciose che caratterizzano il territorio della vallata, alla cui sommità sono presenti estesi pendii con pendenza pari a circa 40-50 gradi che si sviluppano fino a quota 2.500 m. *Les Thoules* presenta perlopiù costruzioni destinate a "seconde case", tipico di frazioni nate negli anni '60 del secolo scorso in pieno boom edilizio che ha caratterizzato tutte le zone alpine del Nord-Ovest.

Storicamente, la valanga di *Les Thoules*, indicizzata al Catasto Regionale Valanghe valdostano come "039-La Frange", non aveva mai interessato il fondovalle in maniera così importante come durante l'evento del 15 dicembre 2008. Censita solo in tre occasioni - febbraio 1971, 16 febbraio 1974 e nell'inverno 1981/82 - aveva solo marginalmente interessato il conoide omonimo. Nel 2008, un lastrone di circa 350 m di larghezza e spessore di circa 1.5 m, si distacca dalla *Localité-La Tour* con un volume stimato attorno ai 50.000 m³ e percorre un dislivello di circa 800 m (Fig. 1).

Per la particolare topografia della zona di arresto, la valanga si divide in due rami e impatta dodici costruzioni (cinque costruzioni parzialmente danneggiate e sette totalmente distrutte), le linee telefoniche, l'elettrodotto che attraversa la vallata e invade le strade comunale e regionale depositando tre metri di neve, legname e macerie.

Fig. 1 - In evidenza le zone di distacco (rosso), scorrimento (giallo) e di arresto (verde) della valanga di 039-La Frange del 15 dicembre 2008 in Valsavarenche (AO). Il villaggio di *Les Thoules* è sito nel fondovalle, in corrispondenza della zona di arresto. I punti rossi indicano le quattro costruzioni interessate dal presente studio (Ufficio Neve e Valanghe - Reg. autonoma Valle d'Aosta; De Biagi et al.).



Fortunatamente, l'impatto della valanga con l'abitato non causa alcuna vittima, ma, a seguito dell'evento, la Regione autonoma Valle d'Aosta mette in sicurezza la zona costruendo un'imponente opera di difesa attiva (ombrelli da neve) sui pendii a monte delle balze rocciose per mitigare il rischio valanghivo (RAVA, 2009).

Vista l'importanza dell'episodio di interferenza valanghiva in centro abitato per numero di edifici di diversa tipologia edilizia coinvolti e grazie alla disponibilità dei proprietari delle costruzioni e degli uffici regionali competenti, è stato possibile eseguire una back-analysis strutturale completa delle costruzioni impattate con lo scopo di identificarne i meccanismi di danneggiamento/collasso e, conseguentemente, stimare il possibile intervallo di pressioni di indotte dal flusso valanghivo.

LE INDAGINI PRELIMINARI: REPERIMENTO DATI ED INFORMAZIONI PER L'INDAGINE STRUTTURALE

Come per tutti i rischi idrogeologici, alla base dello studio delle conseguenze indotte dall'interferenza di un fenomeno con le costruzioni vi sono le indagini preliminari comprendenti sia la raccolta dati per la comprensione della dinamica dell'evento occorso, sia lo stato (le condizioni di esercizio e danneggiamento subito) pre e post evento delle costruzioni coinvolte. L'analisi della complessa dinamica del flusso valanghivo è stata svolta a più mani e a successivi livelli di approfondimento indirizzati non solo ai fini dello studio dell'interferenza valanghiva con le costruzioni, ma anche alla progettazione e successiva rapida realizzazione delle opere di difesa attiva, nonché all'aggiornamento della cartografia del rischio valanghe (L.R.11/98 e s.m.i.) e del Catasto Valanghe valdostano.

Come per ogni analisi di evento valanghivo, è ovviamente stato necessario ricostruire l'evento nivo-meteorologico del periodo a cavallo del distacco (rilievi nivologici, dati delle stazioni meteorolo-

giche automatiche e manuali, osservazioni dei tecnici delle commissioni locali valanghe, forestali e guardiaparco, ecc...), ricercare informazioni circa l'attività valanghiva storica nell'area ed integrare con le caratteristiche morfologiche del bacino valanghivo, altimetrie e le pendenze. Ai fini dell'interferenza con le costruzioni, particolare attenzione è stata posta alle caratteristiche morfologiche/forestali della zona di arresto, procedendo in primo luogo con la stima delle velocità del flusso valanghivo con il semplice modello analitico di Voellmy (1955).

In parallelo, si sono ricercati gli elaborati progettuali delle strutture interessate dall'impatto presso l'ufficio tecnico comunale di Valsavarenche (AO) si è svolta una raccolta fotografica dello stato pre-impatto delle costruzioni.

Per il reperimento dati *in situ* sul danneggiamento degli edifici è stata messa a punto una metodologia di rilievo sia dei danni che della posizione dei loro detriti trasportati del flusso valanghivo, nel seguito riportata.

Rilievo dei danni sulle costruzioni causati da impatto valanghivo

La valutazione degli effetti della valanga sulle costruzioni del villaggio di Les Thoules è stata svolta grazie alla realizzazione di una scheda di rilievo.

Concepito per un uso generale (non limitato al caso dell'evento valanghivo di cui al presente articolo), tale strumento operativo è nato con l'obiettivo di valutare, in maniera sbrigativa e, soprattutto, oggettiva i danni arrecati da valanghe di neve sul patrimonio edilizio.

Il documento prende spunto dalla "Scheda di 1° livello di rilevamento danno, pronto intervento ed agibilità per edifici ordinari nell'emergenza post-sismica", adottata a partire dal 1998 dal Dipartimento Nazionale della Protezione Civile nelle emergenze post-terremoto.

La redazione di un'analogha scheda di valutazione dell'integrità o meno degli edifici colpiti da eventi valanghivi è stata pensata come un utile supporto all'attività

di primo intervento nelle zone colpite da valanghe interferenti con centri abitati ed attività antropiche.

La scheda consente di compiere un primo rilievo speditivo, in regime d'immediato post-emergenza insieme ad una prima catalogazione degli edifici coinvolti.

Essa permette, inoltre, di segnalare l'eventuale esigenza di operazioni di bonifica, in modo tale da poter meglio gestire le risorse economiche ed umane disponibili, indirizzandole esattamente dove vi è maggior necessità.

La compilazione esaustiva della scheda è in grado di fornire una prima valutazione dell'agibilità dei fabbricati con la possibilità di richiedere, dove ritenuto necessario dal rilevatore, un'analisi più approfondita ed attenta da parte di personale qualificato.

Va da sé che l'uso di uno strumento schedografico unificato permette un rilievo del danno oggettivo ed omogeneo su tutto il patrimonio edilizio colpito ed una successiva informatizzazione del dato che porta ad una rapida catalogazione e confronto, anche ai fini statistici e di ricerca, come nel presente caso.

La scheda è stata pensata per rilevare i danni subiti da edifici di tipologia costruttiva ordinaria, come abitazioni, strutture turistico – ricettive oppure adoperati per fornire servizi. Essa si presta molto bene anche a sopralluoghi in rifugi, alpeggi e fabbricati utilizzati nella monticazione estiva del bestiame.

Per edifici speciali, ad utilizzo industriale o per scopi particolari, quali impianti di risalita o edifici di interesse storico-artistico, questa scheda potrebbe essere in parte rivista e modificata.

Il sopralluogo, fondamentale per raccogliere le informazioni necessarie alla compilazione del materiale schedografico, dovrebbe essere svolto immediatamente nelle ore o nei giorni successivi alla valanga, o comunque non appena le condizioni nivo-meteorologiche lo rendano possibile in sicurezza.

In tale modo si fornisce una più precisa fotografia dei danni indotti al fine di una più accurata pianificazione degli inter-

Fig. 2 - La scheda di rilievo dei danni sul patrimonio edilizio causati da valanga di neve (Fusinaz, 2010).

Scheda di rilevamento e segnalazione di danni a seguito di eventi valanghivi					
numero scheda:		anno:			
SEZIONE A: identificazione del compilatore e dell'evento valanghivo					
A₁	Compilazione scheda a cura di:				
nome e cognome:					
ufficio/ente:					
indirizzo:					
telefono:		cellulare:			
A₂	Luogo e data dell'evento valanghivo:				
data compilazione:		data evento:			
comune di:					
località:					
nome valanga:					
SEZIONE B: identificazione e descrizione dell'edificio					
B₁	Localizzazione dell'edificio:				
comune di:					
località:					
via:				n°	
dati catastali:		mappale:		particella:	
zona di rischio:		<input type="checkbox"/> rossa	<input type="checkbox"/> blu	<input type="checkbox"/> gialla <input type="checkbox"/> bianca	
B₂	Tipologia dell'edificio:				
posizione edificio:		<input type="checkbox"/> isolato	<input type="checkbox"/> interno	<input type="checkbox"/> d'estremità <input type="checkbox"/> d'angolo	
proprietà:		<input type="checkbox"/> pubblica	<input type="checkbox"/> privata	<input type="checkbox"/> servizi tecnologici e trasporti	
uso:		<input type="checkbox"/> abitativo	<input type="checkbox"/> produttivo	<input type="checkbox"/> commercio <input type="checkbox"/> uffici	
		<input type="checkbox"/> serv. pubblici	<input type="checkbox"/> deposito	<input type="checkbox"/> strategico <input type="checkbox"/> turistico	
utilizzazione:		<input type="checkbox"/> totale	<input type="checkbox"/> < 6 mesi	<input type="checkbox"/> < 3 mesi <input type="checkbox"/> abbandonato	
età:		<input type="checkbox"/> < 5 anni	<input type="checkbox"/> < 15 anni	<input type="checkbox"/> < 30 anni <input type="checkbox"/> > 30 anni	
n° piani fuori terra:		n° piani interrati:			
superficie media piano:		<input type="checkbox"/> < 80 mq	<input type="checkbox"/> < 150 mq	<input type="checkbox"/> > 150 mq	
Altezza massima fuori terra:		<input type="checkbox"/> < 6 m	<input type="checkbox"/> < 10 m	<input type="checkbox"/> > 10 m	
B₃	Descrizione dell'edificio:				
struttura portante:		<input type="checkbox"/> legno	<input type="checkbox"/> muratura	<input type="checkbox"/> cemento armato	
muri perimetrali:		materiale: <input type="checkbox"/> legno <input type="checkbox"/> pietra <input type="checkbox"/> mattoni			
		spessore: <input type="checkbox"/> < 25 cm <input type="checkbox"/> < 50 cm <input type="checkbox"/> > 50 cm			
stato di conservazione:		<input type="checkbox"/> insufficiente	<input type="checkbox"/> sufficiente	<input type="checkbox"/> buona	
tetto:		struttura: <input type="checkbox"/> legno <input type="checkbox"/> cemento <input type="checkbox"/> acciaio			
		copertura: <input type="checkbox"/> lose <input type="checkbox"/> lamiera			
SEZIONE C: identificazione danni					
C₁	Definizione impatto:				
tipologia della valanga:		<input type="checkbox"/> polverosa	<input type="checkbox"/> densa	<input type="checkbox"/> mista	
punto di impatto:		<input type="checkbox"/> parete	<input type="checkbox"/> tetto	<input type="checkbox"/> spigolo <input type="checkbox"/> indefinito	
lato di impatto:		<input type="checkbox"/> nord	<input type="checkbox"/> sud	<input type="checkbox"/> ovest <input type="checkbox"/> est	
superficie d'impatto:		<input type="checkbox"/> < 20 mq	<input type="checkbox"/> < 50 mq	<input type="checkbox"/> > 50 mq	
C₂	Danni ad elementi strutturali				
tipo di elemento:		livello di danno			
		grave	medio	leggero	nessuno
pilastrini		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
solette / solai		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
pareti perimetrali		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
struttura del tetto		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
C₃	Danni ad elementi non strutturali				
tipo di elemento:		livello di danno			
		grave	medio	leggero	nessuno
copertura del tetto		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
comignoli		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
balconi		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
porte e finestre		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
SEZIONE D: provvedimenti di pronto intervento					
D₁	Interventi:				
eseguiti in regime di emergenza		<input type="checkbox"/> nessuno	<input type="checkbox"/> rimozione	<input type="checkbox"/> riparazione	
		<input type="checkbox"/> demolizione	<input type="checkbox"/> isolamento	<input type="checkbox"/>	
da eseguire		<input type="checkbox"/> nessuno	<input type="checkbox"/> rimozione	<input type="checkbox"/> riparazione	
		<input type="checkbox"/> demolizione	<input type="checkbox"/> isolamento	<input type="checkbox"/>	
servizi ripristinati		<input type="checkbox"/> telefono	<input type="checkbox"/> gas	<input type="checkbox"/> elettricità <input type="checkbox"/> rete idrica	
SEZIONE E: agibilità dell'edificio					
E₁	pericoli presenti:				
tipo di pericolo:		livello			
		alto	medio	basso	nessuno
crollo altri edifici		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
instabilità struttura		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
crollo tetto		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
caduta di parti		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
E₂	giudizio di agibilità:				
<input type="checkbox"/> edificio agibile		<input type="checkbox"/> edificio parzialmente agibile			
<input type="checkbox"/> edificio inagibile		<input type="checkbox"/> edificio parzialmente agibile con interventi			

venti di messa in sicurezza o ripristino ed una stima delle pressioni d'impatto. L'ispezione deve essere condotta da un tecnico (geometra, ingegnere, architetto o perito) in grado di poter compilare in modo corretto la scheda, valutando con occhio critico ed esperto tutti gli aspetti richiesti.

Se possibile, essa va preceduta da un'intervista ai tecnici locali ed al proprietario dell'immobile, al fine di reperire informazioni di carattere generale, quali l'età di costruzione, i materiali impiegati, le tipologie strutturali, eventuali modifiche e/o ampliamenti.

L'accertamento dei danni va condotto inizialmente dall'esterno e, qualora non vi siano elementi tali da far temere il crollo dell'edificio, o parte di esso, si può procedere alla successiva ispezione interna. Durante l'ispezione, è bene esaminare tutti i livelli dell'edificio osservando le facciate (non solo quella colpita direttamente dalla valanga) insieme alla copertura e struttura portante del tetto, sia dall'esterno che dall'interno per poter individuare eventuali danni arrecati dalla neve presente. Per un'ancora più completa valutazione dei danni presenti, è necessario allegare alla scheda la documentazione fotografica realizzata durante il sopralluogo.

La scheda (Fig. 2) è composta delle seguenti cinque sezioni raccolte su tre pagine: (A) identificazione del compilatore e dell'evento valanghivo, (B) identificazione e localizzazione dell'edificio, (C) identificazione danni, (D) provvedimenti di pronto intervento, (E) agibilità dell'edificio.

Rilievo della posizione dei detriti delle costruzioni impattate

Il rilievo della disposizione dei detriti rappresenta un'ulteriore fonte di informazioni dell'evento calamitoso e dell'effetto dell'interazione tra valanga e costruzioni. Grazie alla documentazione fotografica fornita dai uffici competenti della Pubblica Amministrazione, dai proprietari delle abitazioni interessate e dai rilievi condotti in sito dagli autori nei giorni successivi

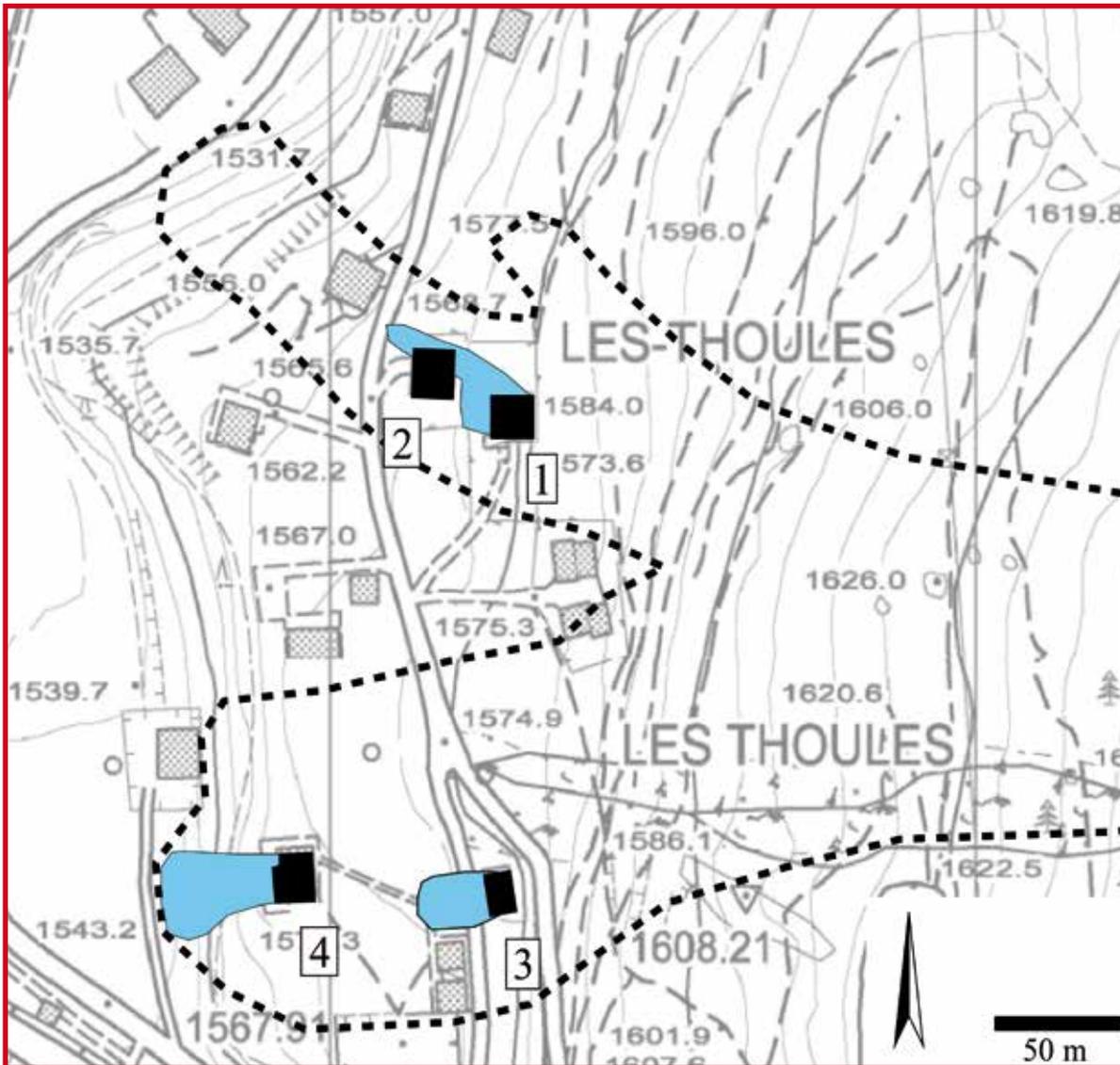


Fig. 3 - Posizione delle quattro costruzioni interessate dall'indagine strutturale ed estensione dei detriti, riportati in azzurro. L'estensione della valanga è riportata con la linea tratteggiata spessa (De Biagi et al.).

all'evento valanghivo e dopo lo scioglimento del manto nevoso è stato possibile determinare la posizione dei detriti delle costruzioni trasportati dal flusso della valanga e valutarne, in parte, la stratigrafia. Riportando tali dati in cartografia (Fig. 3), si è constatato che la valanga ha interessato l'abitato di Les Thoules con direzioni di impatto differenti.

Come riscontrabile dalle fotografie aeree, la valanga si è separata in zona di deposito in due rami. Tale evidenza è emersa anche nell'analisi della disposizione dei detriti. In riferimento alla Figura 3, le macerie delle costruzioni n.1 e 2 sono state trasportate dal flusso in direzione nord-ovest, mentre quelle delle costruzioni n.3 e 4 in direzione ovest.

E' inoltre emerso un effetto di mutua protezione degli edifici, che ha comportato la variazione, seppur locale, della

direzione della componente densa della valanga. Infatti, a seguito dell'impatto con la costruzione n.1, il flusso è stato indirizzato sul lato settentrionale del gruppo di costruzioni. Questo ha comportato l'interferenza del fenomeno con la costruzione n.2 esclusivamente sul suo spigolo nord-orientale. La disposizione dei detriti attorno a queste costruzioni (Figg. 4 e 5) lo conferma.

VALUTAZIONE DEI DANNI SULLE COSTRUZIONI

Ai fini della back-analysis strutturale, il successivo passaggio, tutt'altro che semplice, è quello che porta dalla raccolta dati sui danni svolta, attraverso la comprensione della dinamica valanghiva, alla stima dei parametri di danneggiamento (e.g., spostamenti e rotazioni rigide) che

conducono direttamente al meccanismo di danneggiamento o collasso indotto. Questa fase non è altro che un confronto tra lo stato pre e post impatto valanghivo di edifici scelti per quantità e qualità di informazioni note dei quali se ne valuta il grado di danneggiamento e, a seguire, le pressioni d'impatto.

La stima del range delle pressioni d'impatto indotte da un evento valanghivo passa attraverso l'analisi strutturale a ritroso, dei meccanismi di collasso e dei relativi danni indotti a edifici scelti.

Qui di seguito vengono descritti i danni riportati a quattro dei dodici edifici - n. 2 chalet (parzialmente) e n. 2 edifici (totalmente) - grazie allo studio dei quali è stata poi effettuata la modellazione strutturale del danneggiamento e calcolate le pressioni indotte dal fenomeno sugli edifici.

Fig. 4 - Localizzazione dei detriti attorno ad un'abitazione in muratura e calcestruzzo impattata dal ramo destro dell'evento del dicembre 2008 a valle degli Chalet n.1 e 2 oggetti di studio. Grazie all'analisi del deposito valanghivo, si possono comprendere le successive fasi di danneggiamento delle strutture coinvolte oltre a particolari sulla dinamica del fenomeno (Foto: Ufficio Neve e Valanghe - Regione autonoma Valle d'Aosta, 2009).



Fig. 5 - Aprile 2009: operazioni di sgombero neve e pulitura boschi e pascoli dai detriti trasportati dall'evento del dicembre 2008. Sulla sinistra, si noti la piegatura delle lamiere attorno al larice segno sia della direzione che della potenza del flusso valanghivo (Foto: Ufficio Neve e Valanghe - Regione autonoma Valle d'Aosta, 2009).



Costruzioni parzialmente danneggiate

L'abitazione n.1 si trova nella parte mediana del conoide di Les Thoules (Fig. 1 e 3) e viene colpita dal ramo destro del deposito. Si tratta di un tipico chalet alpino costituito da un unico corpo di fabbrica, completamente indipendente, su tre piani: il piano seminterrato in muratura con il primo ed il secondo mansardato interamente in legno (Fig. 6a).

Il fabbricato presenta una pianta rettangolare (7,5 m x 9 m), con le facciate di dimensioni maggiori esposte a nord e sud. Il piano seminterrato è interrato solamente nei lati nord ed est, i quali sporgono fuori terra in minima parte (circa 50 cm), mentre gli altri lati risultano interamente fuori terra.

Il tetto presenta due falde, rivolte ad ovest e est, con copertura in lose e due comignoli in pietra.

L'altezza massima di 8 m fuori terra dell'abitazione si ha nel lato sud (lato d'ingresso dell'abitazione) mentre il lato est impattato ha un'altezza fuori terra di poco più di 6 m.

Il fabbricato ha subito danni irreparabili ai piani fuori terra (Fig. 6b): la parte in legno, appoggiata alla soletta del piano seminterrato, è stata completamente abbattuta dalla forza della valanga. Impattando l'abitazione sul lato est, la valanga ha prima sollevato il tetto - quasi per intero, depositandolo sul prato ad ovest dell'abitazione - per abbattere la porzione in legno costituente il primo piano e la mansarda.

Il piano seminterrato ha subito danni minori sia perché in parte protetto dal terreno, sia per la sua maggiore resistenza essendo in muratura. Solamente il piano seminterrato dello chalet, che necessita di pochi interventi di ristrutturazione, risulta essere agibile nell'immediato post-evento.

La seconda abitazione analizzata si trova poco più a valle dello Chalet n.1.

Anch'esso realizzato secondo la tipologia classica, lo Chalet n.2 è costituito da un piano seminterrato a livello della strada e

da due piani fuori terra, di cui il secondo mansardato.

Di pianta pressoché quadrata (11 m x 10,5 m), l'abitazione presenta altezza massima di 8 m sul lato ovest (lato di ingresso) e di 6,5 m sul lato est impattato, sebbene la forza distruttiva del flusso valanghivo si sia concentrata sullo spigolo con il lato nord.

Realizzato in muratura, il seminterrato sporge sul lato est per meno di un metro a causa della morfologia del pendio.

I due piani fuori terra sono realizzati interamente in legno e si appoggiano sulla soletta in calcestruzzo.

Il tetto, in legno, è costituito da due falde, rivolte a nord e sud con la copertura in lose ed un comignolo in pietra sulla falda a sud.

I danni diretti si presentano sul lato est dell'edificio con la parete in legno interamente sfondata, il tetto schiacciato con la rottura di travi e travetti che ha causato uno spanciamento della parete perimetra-



Fig. 6 - Due viste dello Chalet n.1: (a) prima dell'evento del 15 dicembre 2008 (Foto: fam. Chiaraviglio), (b) dopo l'impatto con la valanga (Foto: H. Fusinaz). In (c) vengono riportati i parametri del modello roto-traslazionale della costruzione al fine della stima della pressione d'impatto con metodo inverso (De Biagi et al.).

le in legno dei due piani fuori terra - lato nord, rendendo così totalmente pericolante la copertura (Figg. 7a, 7b).

Il piano seminterrato, protetto dal terreno, non ha subito danni significativi, se non il distacco di alcune pietre di rivestimento. Anche sul lato ovest, opposto all'impatto, la parete perimetrale ha subito uno spostamento verso l'esterno pregiudicando la stabilità dell'intera struttura.

Danni ingenti sono stati riscontrati anche internamente, dal crollo del mansardato e tramezze, agli arredamenti interni.

Costruzioni totalmente danneggiate

L'Edificio n.3 è la seconda abitazione colpita dal ramo sinistro della valanga sulla strada comunale che serve le abitazioni di località Les Thoules e prosegue verso il villaggio di Tignet (Fig. 8a).

Piccola abitazione indipendente con accesso diretto alla strada comunale - lato ovest, la casa è composta da un piano terra a livello strada, piano primo e secondo mansardato.

A pianta rettangolare (8 m x 5 m), con i lati maggiori esposti ad ovest e est - lato d'impatto, l'edificio è realizzato interamente in muratura con struttura portante in cemento armato.

L'altezza massima di 8 m fuori terra dell'abitazione si ha nel lato ovest mentre sul lato est, per la conformazione del pendio, è di soli 6 m.

Il piano seminterrato, sul lato est e adibito a garage con ripostiglio, è interamente interrato; il tetto presenta struttura in legno e copertura in lose ed è costituito da due falde simmetriche esposte a nord e a sud con, in prossimità del colmo, due camini in cemento.

L'evento valanghivo cancella quasi completamente l'abitazione (Fig. 8b): il piano primo e la mansarda vengono completamente abbattuti dalla forza della massa nevosa, il tetto viene scaraventato sulla strada comunale e sui prati antistanti insieme a tutta una serie di detriti.

Grazie alle operazioni di bonifica degli edifici coinvolti, asportando la massa nevosa depositatasi, si scopre che soltanto la parte nord del piano seminterrato, per effetto della protezione fornitagli dal terreno, subisce danni minori, quali la caduta del rivestimento in pietra.

L'Edificio n.4 è l'abitazione di maggiori dimensioni coinvolta nell'evento del dicembre 2008 insieme ad un piccolo fabbricato ad uso garage di pertinenza (Fig. 9a).

Localizzata nella parte terminale del conoide di Les Thoules, immediatamente a valle dell'Edificio n. 3, sia l'abitazione che l'autorimessa vengono colpiti dal ramo sinistro della valanga che ne impatta il lato est.

Entrambi gli edifici sono realizzati in muratura con struttura portante in cemento armato e tetto in legno con copertura in lose.

Di pianta rettangolare (12 m x 9 m) con lato lungo esposto ad est e ovest, l'abitazione presenta tre piani: seminterrato, primo piano e mansarda.

Il piano seminterrato è interrato soltanto per una minima parte (lato est di circa un metro; lato ovest a livello terreno) ed ospita la cantina ed altri locali, oltre ad una soletta a sbalzo in cemento armato su cui si sviluppa parte dell'abitazione.

Il piano primo, sul lato est, è leggermente sopraelevato rispetto al terreno (circa 1,5 m) e vi si accede tramite una scalinata.

Qui, l'abitazione presenta la sua area giorno caratterizzata da ampie vetrate e da un balcone che ne percorre tutto il perimetro.

Nella mansarda trova posto la zona notte. Il tetto è realizzato in legno con copertura in lose; le falde principali sono due esposte ad ovest ed a est, ma il lato est presenta due piccole falde nord/sud.

Supportato da due pilastri in legno, con base in muratura, il tetto sporge notevolmente

Fig. 7 - Due viste dello Chalet n.2 dopo l'impatto con la valanga del 15 dicembre 2008. (Foto: H. Fusinaz, V. De Biagi).



sul lato est – lato impattato - per proteggere la scalinata d'ingresso e il balcone. L'abitazione, per nulla protetta dalla morfologia del terreno, viene impattata dal flusso valanghivo sul suo lato maggiore (lato est) e viene rasa al suolo completamente (Fig. 9b).

I detriti vengono sparsi nel raggio di qualche decina di metri: dopo le operazioni di bonifica, a primavera inoltrata, soltanto qualche impronta lasciata dalle fondazioni e dai muri perimetrali rimane a testimoniare la presenza dell'edificio cancellato dall'eccezionale evento valanghivo del 2008.

Anche l'autorimessa di pertinenza a due piani, realizzata in muratura con soletta in cemento armato e tetto in legno viene danneggiata seriamente, sebbene di dimensioni ragguardevoli (pianta rettangolare 7 m x 5 m – lato lungo esposto ad est, altezza massima di poco superiore ai 4 m con tetto a due falde est/ovest). Il primo piano, a livello strada, viene spazzato via, mentre il piano interrato non subisce danni importanti.

MODELLAZIONE STRUTTURALE DEL DANNEGGIAMENTO

La modellazione strutturale delle costruzioni ha permesso di stimare alcuni parametri della valanga.

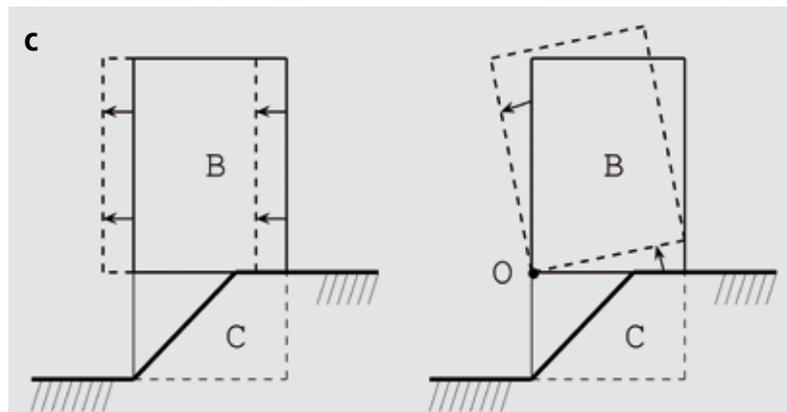
In questa sezione si presentano alcuni risultati di tale step di analisi, per una trattazione più dettagliata si rimanda a De Biagi et al..

La modellazione dell'impatto sullo Chalet n.1 tiene in considerazione il fatto che la massa della neve, a seguito dell'impatto, ha generato uno spostamento sulla costruzione.

Tale effetto è stato rilevato nella parte di struttura non inglobata nel flusso.

Supponendo una roto-traslazione rigida, è possibile scrivere le equazioni di equilibrio alla traslazione ed alla rotazione come (vedi Fig. 6c) (1)

$$\begin{cases} m\ddot{x} = F - \mu mg \\ I\ddot{\theta} = Fb - \sum_{i=1}^4 R_i r_i \end{cases}$$



dove m è la massa della costruzione, F è la risultante delle forze esercitate dalla valanga sulla costruzione, μ è il coefficiente di attrito legno-calcestruzzo, g è l'accelerazione di gravità, I è il momento giroscopico della massa della costruzione, b identifica la posizione della forza F , R_i e r_i sono rispettivamente i valori delle azioni resistenti (dovute ad attrito allo scorrimento) offerte dalle pareti laterali

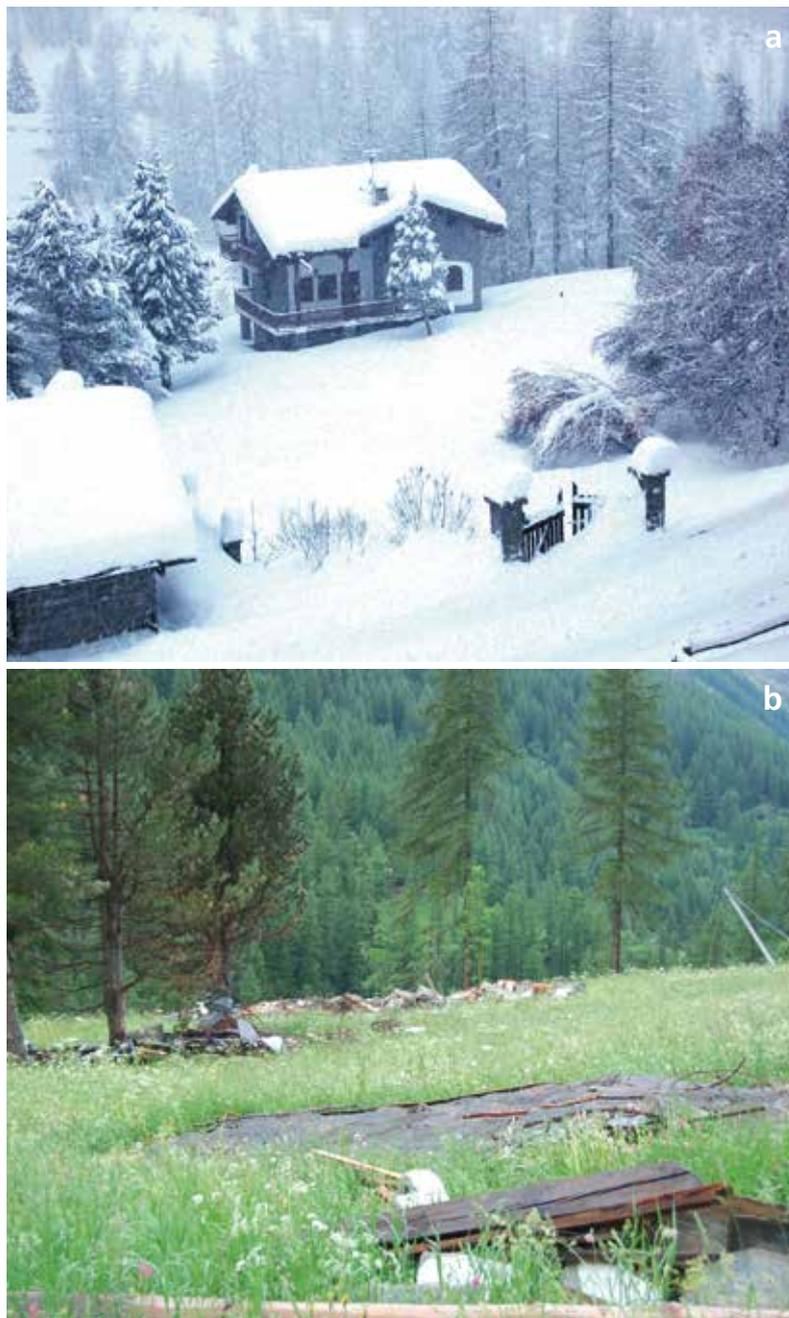
ed i rispettivi bracci rispetto al baricentro delle masse G . Il doppio punto sulla coordinata lineare x e angolare θ indica la doppia derivazione temporale.

La risoluzione del sistema differenziale consente di associare a ciascuna terna di valori relativi alla forma della distribuzione di pressione (Fig. 10), una rotazione ed una traslazione.

Dal confronto tra valori rilevati e valori

Fig. 8 - Due viste dell'Edificio n.3: (a) prima dell'evento del 15 dicembre 2008 (Foto: fam. Rosai), (b) dopo l'impatto con la valanga (Foto: H. Fusinaz). In (c) si riportano i modi di rottura dell'Edificio n.3: (a) modo traslazionale, (b) modo rotazionale. La B identifica la parte superiore di fabbricato realizzata in laterizio (dall'inglese brick), la C identifica la parte inferiore di fabbricato realizzata in calcestruzzo armato (dall'inglese concrete). Il punto O identifica la posizione attorno a cui sono calcolate le coppie per il momento stabilizzante e instabilizzante (De Biagi et al.).

Fig. 9 - Due viste dell' Edificio n.4: (a) prima dell'evento del 15 dicembre 2008 (Foto: fam. Cella), (b) dopo l'impatto con la valanga. (Foto: V. De Biagi).



simulati si perviene ad un valore di pressione di impatto compresa tra 60 e 65 kPa. La modellazione dello Chalet n.2 è stata invece basata sul tempo di rotazione della copertura a seguito dell'asportazione dello spigolo investito dal flusso della valanga.

Il tempo di rotazione, e quindi il tempo durante il quale la massa di neve ha potuto entrare nella costruzione, è stato determinato sulla base di un equilibrio dinamico alla rotazione, con un sistema simile a quello dell'eq. (1).

Per l'Edificio n.3 si sono supposti due modi di rottura: un modo traslazionale

(Fig. 8c) che si attiva quando la spinta orizzontale impressa dalla valanga supera la resistenza a scorrimento della parte superiore di fabbricato (B) sulla fondazione (C) offerta dalla resistenza a tranciamento del laterizio, e un modo rotazionale (Fig. 8c) che si verifica quando il momento instabilizzante, generato dall'azione della valanga, supera il momento stabilizzante, generato dal peso proprio della costruzione, ossia quando

$$M_i \geq M_s \quad (2)$$

Ne è risultato che il meccanismo di rottura preferenziale è quello traslazionale, che è attivato con pressioni di impatto di circa 32 kPa per un flusso valanghivo di

profondità pari a 2.5 m (stimato).

L'Edificio n.4 è stato completamente demolito dalla forza di impatto della valanga di neve.

La simulazione ha tenuto in considerazione il meccanismo di resistenza di pannelli di muratura portante a forze ortogonali al piano medio. Tale verifica ha mostrato come la resistenza fosse talmente bassa che una forza di debole intensità (5 kPa) avrebbe potuto generare il medesimo danno.

Non è stato possibile estrarre alcun dato dall'analisi di tale collasso totale.

Si riportano in tabella (Fig. 11) i risultati dell'analisi compiuta sulle quattro costruzioni danneggiate parzialmente, o totalmente collassate.

CONCLUSIONI

L'analisi descritta in questo articolo ha consentito, mediante un'analisi a più step, di studiare il fenomeno dell'impatto di valanga di neve su costruzioni di civile abitazione.

La procedura impiegata è basata su un approccio di tipo forense, in cui la fase di indagine con il reperimento del materiale disponibile, la definizione di scenari di collasso, la valutazione (e la confutazione) di ipotesi di danneggiamento gioca un ruolo fondamentale.

L'analisi del danneggiamento e la modellazione dello stesso ha consentito di estrarre alcune interessanti indicazioni circa il fenomeno valanghivo in oggetto.

In particolare, dall'analisi di costruzioni parzialmente collassate, ovvero per le quali sono rimaste in posizione alcune parti di costruzione, è emerso un valore minimo di pressione di impatto (vedi Chalet n.1).

Al contrario, l'analisi degli Edifici n.3 e 4, vista la debole resistenza offerta dall'organismo strutturale alle azioni orizzontali, ha potuto fornire un valore per il quale le costruzioni sono state portate a rottura, valore che non necessariamente identifica la pressione di impatto della valanga che avrebbe potuto essere decisamente maggiore.

Lo studio in dettaglio dell'interazione tra

valanga di neve ed edificio ha consentito, inoltre, di valutare possibili nuove strategie di progettazione e di consolidamento di costruzioni esistenti poste in aree a pericolo valanghe. Le regole di progettazione si basano su una corretta modellazione del fenomeno e, in particolare, della distribuzione delle pressioni da impatto sulla costruzione.

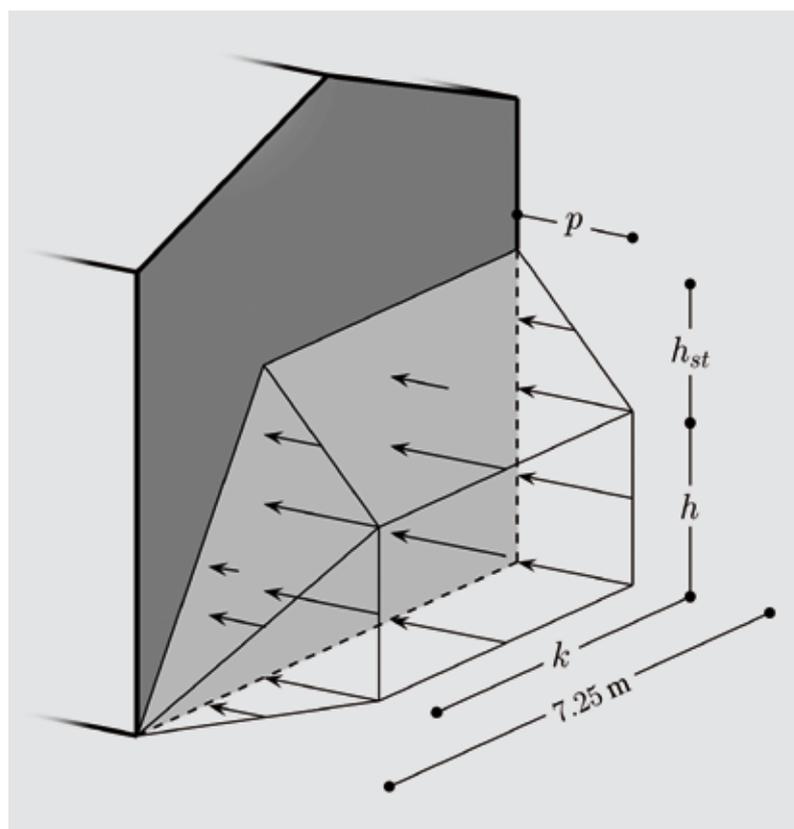
Il calcolo delle resistenze trae spunto dall'impiego di nuove tecnologie (quali

i fibrorinforzi) che garantiscono, da un lato, la resistenza strutturale e, dall'altro, il mantenimento dell'impianto architettonico tradizionale delle costruzioni poste in ambiente montano (De Biagi et al., 2012b).

RINGRAZIAMENTI

Gli autori ringraziano le famiglie Chiara-viglio, Bovara, Rosai e Cella per la loro disponibilità e le preziose informazioni

forniteci durante lo svolgimento delle analisi e delle operazioni di rilievo e l'Ufficio Neve e Valanghe della Regione autonoma Valle d'Aosta.



	Danno	Risultati dell'analisi
Chalet n.1	Collasso parziale	Pressione di impatto compresa tra 60 e 65 kPa
Chalet n.2	Collasso parziale	Velocità del flusso pari a 22 m/s
Edificio n.3	Collasso totale	Pressione di impatto necessaria ad attivare il meccanismo di collasso pari a 32 kPa
Edificio n.4	Collasso totale	Pressione di impatto necessaria ad attivare il meccanismo di collasso inferiore a 5 kPa

© AINEVA

Fig. 10 - Modellazione dello Chalet n.1: distribuzione della pressione di impatto (De Biagi et al.).

Fig. 11 - Risultati dell'analisi strutturale. Si nota come le informazioni ricavate dai collassi parziali sono maggiori rispetto a quelle desunte dall'analisi di strutture totalmente collassate.

Bibliografia

- Augenti, N., Chiaia, B. (Eds.), 2011. Ingegneria Forense: metodologie, protocolli, casi di studio. Dario Flaccovio.
- European Avalanche Warning Services, 2012. Avalanche Danger Scale. Available at HYPERLINK "http://www.avalanches.org" www.avalanches.org.
- Bovet, E., Chiaia, B., De Biagi, V., Frigo, B., 2011. Pressure of snow avalanches against buildings. Applied Mechanics and Materials 82, 392–397.
- CEN (Ed.), 2004a. Eurocode 5 Design of timber structures, part 1-1. CEN.
- CEN (Ed.), 2004b. Eurocode 6 Design of masonry structures, part 1-1. CEN.
- CEN (Ed.), 2009. EN 338 - Structural timber - Strength classes. CEN.
- De Biagi, V., Chiaia, B., Frigo, B., 2012a. Vulnerability of buildings against avalanche hazard, in: Fukuhara, T., Takahashi, T. (Eds.), Snow Engineering VII: Proceedings of the Seventh International Conference on Snow Engineering, 6-8 June 2012, Fukui, Japan, pp. 53–68.
- De Biagi, V., Chiaia, B., Frigo, B., 2012b. Linee guida per la progettazione di edifici soggetti ad impatto valanghivo. Regione Autonoma Valle d'Aosta. (www.risknat-alcotra.org).
- De Biagi, V., Chiaia, B., Frigo, B. Structural back-analysis of avalanche impact on buildings. Cold Regions Science and Technology, in stampa.
- Fusinaz, H., 2010. Vulnerabilità delle costruzioni a rischio valanghe: applicazione ad un evento reale in Valle d'Aosta. Tesi di laurea specialistica in Ingegneria per l'Ambiente ed il Territorio – Politecnico di Torino.
- Maggioni, M., Caimi, A., Freppaz, M., Godone, D., Berthea, A., Cordola, M., Pro-la, M., Bertoglio, V., Frigo, B., 2009. The avalanches of December 16th, 2008 at Ceresole Reale (Turin). Neve e Valanghe 63, 22–27.
- Margreth, S., Ammann, W., 2004. Hazard scenarios for avalanche actions on bridges. Annals of Glaciology 38, 89–96.
- Regione Autonoma Valle d'Aosta (RAVA) - Ufficio Neve e Valanghe (Ed.). Rendiconto nivometeorologico. Inverno 2008-2009. Regione Autonoma Valle d'Aosta
- Voellmy, A., 1955. Über die Zerstörungskraft von Lawinen (On the destruction force of avalanches). Schweizerische Bauzeitung 73, 159–162, 212–217, 246–249, 280–285.



Prossimi convegni internazionali:

17° Meeting dei Servizi Valanghe europei (EAWS), Spagna

International Snow Science Workshop 2013, Francia

Dal 2 al 4 ottobre 2013 a Barcellona (Spagna) e dal 7 al 11 ottobre 2013 a Grenoble e Chamonix (Francia) si terranno rispettivamente il 17° meeting dei Servizi Valanghe Europei (EAWS) e l'International Snow Science Workshop (ISSW) 2013. Gli eventi sono stati organizzati dall'Istituto Geologico di Catalonia (IGC) e da ANENA, IRSTEA e Météo-France.

I lavori dell'EAWS Meeting si concentreranno, come al solito, su diversi argomenti: utilizzo e possibili implementazioni della scala del pericolo valanghe e alla matrice bavarese; scenari di pericolo; scala magnitudo valanghe; metodologie di raccolta dati per la previsione valanghe; comunicazioni con il pubblico e strategie di prevenzione; utilizzo dello standard CAAML; strumenti e metodologie innovative per i previsori valanghe; collaborazione tra servizi valanghe, istituzioni, agenzie e utenti pubblici.

Sarà anche l'occasione per celebrare i 30 anni dalla fondazione dell'EAWS ed i 20 anni di adozione della scala unificata europea del pericolo valanghe.

Attualmente fanno parte dell'EAWS 16 nazioni del continente europeo e due nazioni nord americane (U.S.A. e Canada - dal 2007) consacrando l'ente come il punto di riferimento internazionale per la comunità tecnico-scientifica del settore.

In occasione del meeting verranno anche rinnovate le cariche e deci-

se le strategie che il gruppo di lavoro ristretto seguirà per il prossimo quadriennio.

L'International Snow Science Workshop, il principale convegno internazionale per i professionisti del settore dal 1976, ritorna in Europa dopo Davos 2009.

Quest'anno si svolgerà in Francia a Grenoble e Chamonix.

L'agenda per i cinque giorni del convegno è, come al solito, fittissima e fornirà un'approfondita panoramica su varie tematiche attraverso sessioni orali e poster: Previsione rischio valanghe; Gestione delle crisi, incidenti da valanga e soccorso; Gestione innevamento; Opere paravalanghe, distacchi artificiali e riduzione del rischio; Dinamica valanghiva e cartografia del rischio; Proprietà generali del manto nevoso e fenomeni di trasporto eolico; Strumenti, misure e telerilevamento; Idrologia ed ecologia delle zone innevate; Impatto dei cambiamenti climatici; Forum sulle nuove tecnologie; Progressione su terreno valanghivo e valutazione della stabilità del manto nevoso; Formazione dei praticanti e dei professionisti; Valanghe e nuovi mezzi di comunicazione; Escursioni; Workshop sui siti sperimentali.

La peculiarità di questo convegno è di permettere un confronto tra scienziati e ricercatori, tecnici (previsori valanghe, nivologi) e professionisti (guide alpine, impiantisti, progettisti, formatori) mescolando teoria e pratica con risultati sorprendenti e altamente stimolanti che favoriscono lo scambio di idee, spunti di ricerca, tecniche ed esperienza in maniera assolutamente trasversale. Una opportunità da non perdere!

*Igor Chiambretti
responsabile tecnico di AINEVA*

PERCEPTION OF RISK IN AVALANCHE TERRAIN

K. Kristensen, M. Genswein and W. Munter

Although avalanche training and risk minimization strategies have greatly evolved and are being widely taught to recreational and professional users, too many serious accidents continue to happen within the educated user groups.

Whereas misinterpretation of the hazards as well as the complexity and uncertainty of hazard assessment are potential causes for such accidents, a faulty perception of the probabilities of accidents and their implications might be a more important factor, in particular with trained user groups.

MONITORING OF SNOWCOVER IN PIEDMONT THROUGH THE USE OF webGIS SYSTEMS

R. Cremonini, M.C. Prola, E. Bonansea, M. Alibrando, M. Carrino, S. Terzago, E. Solero, S. Barbero

In the last few years, snowcover monitoring in the Alpine area has been paid more and more attention due to the need for managed planning of water resources in the mountain areas and in densely populated valleys, such as Pianura Padana, and for avalanche risk prevention.

The meteorological network of Regione Piemonte, run by the Regional agency for environmental protection (ARPA), today includes over 400 stations, of which some 135 provide snowcover depth and fresh snow depth figures.

The present article introduces the new web service carried out and managed by ARPA Piemonte, which provides real-time access to hydrological-snow-weather data from the regional network.

Snowcover depth and fresh snow depth values are made available through a webGIS application, integrating information with the data provided by the Piedmont weather radar system along with temperature, precipitation and wind measurements from the regional network.

The application allows users to contextualize snow measurements in the territory, offering a tool for effective consultation and correct interpretation of measurements.

AVALANCHE DANGER MAPPING Possibilities, difficulties and limits of analysis of avalanche sites of Costa della Madonna and Livinadac

P. Capellari, G. Bertoldi, V. D'Agostino, F. Sommariva, A. Tomaselli

In this work we analyze two avalanche basins in the Belluno province, Veneto, in order to analyze on-site mitigation structures and check their effectiveness in terms of risk reduction.

The two sites are Costa della Madonna, in the municipality of Voltago Agordino, and Livinadac, in the municipality of Livinallongo del Col di Lana.

The basic tool that has enabled this work is the two-dimensional dynamic model, physically based, RAMMS, developed by the Swiss authorities SLF of Davos (Institut für Schnee-und Lawinenforschung) and WSL (Eidg Forschungsanstalt für Wald, Schnee und Landschaft). The performed analyses have shown the effectiveness of mitigation structures in reducing the risk of Voltago Agordino and Livinadac avalanche sites.

Some issues have been found during the analysis and simulations, particularly in the model input data. The lack of sufficient and comprehensive information about historical events made difficult to calibrate some parameters.

Especially as regards the size of release areas and the choice of rheological coefficients μ and ξ .

Another problem encountered concerns the quality of the used DTM that, not reflecting in a reliable manner some characteristics of the basins, has partially affected simulations results.

However, it has been shown that the model is able to simulate avalanches with sufficient detail and pre-

cision, giving results comparable to those expected and to historic data. The model acts as a useful tool to support decisions in the field of avalanche danger, but the entry of input data and the analysis of results however require a careful approach and evaluation of errors and unreliable sources.

ARTIFICIAL AVALANCHE RELEASE AS A PROTECTION MEASURE FOR MAJOR ROADS: the case study of road S.S. 21 "Colle della Maddalena" (CN, Western Italian Alps)

M. Vagliasindi, A. Theodule, E. Levera, M. Maggioni

Artificial release is one of the methods used for avalanche risk prevention.

This method was originally developed in ski resorts, where safety measures are usually quite simple to implement, i.e. ski runs and lifts closure.

Artificial release operations are usually applied according to a specific plan (in Italy it is called PIDAV), in which triggering methods and locations, snowpack thickness thresholds, operation sequence and safety measures are detailed.

The application of artificial release plans to roads safety management is a very promising prospect. Compared to structural measures, this method usually implies lower costs and is more flexible, in particular where long sections of roads need to be protected.

On the other hand, the need to manage road traffic – e.g. closing roads in advance in order to avoid traffic jam and problems – implies a very deep knowledge of local avalanche sites and snow conditions, a careful definition of procedures and a skilled application.

This work describes the different activities performed to produce the PIDAV for the road S.S. 21 "Colle della Maddalena" in the Western Italian Alps, as well as the encountered problems and possible solutions.

The road S.S. 21 "Colle della Maddalena" is a major road in the Cuneo Province (Italy), mainly used

for road haulage between Italy and France.

A large section of the road (above 30 km) is exposed to avalanche risk, and the road is therefore frequently closed to traffic for long periods in winter time, thus involving problems for carriage and traffic.

An artificial avalanche release plan (PIDAV) has been designed in order to prevent this problem, funded by the Cuneo Province in the frame of the Alcotra RiskNat project within the O.P. 'Italy - France (Alps - AL-COTRA)'. The plan has been designed coupling a detailed analysis of avalanches sites, release conditions and avalanche effects, also involving numerical modeling, and a careful analysis of possible release methods, traffic managements and safety procedures, thus achieving a functional and easy-to-apply solution. The method could be usefully applied in other cases where road protection against avalanches is needed.

THE EFFECTS OF AVALANCHES ON BUILDINGS: the case of the DISASTROUS AVALANCHE OF Les Thoules - Valsavarenche

V. De Biagi, B. Frigo, H. Fusinaz, B. Chiaia

The paper relates to an indirect procedure for the evaluation of the impact pressure due to the interaction between snow avalanche and buildings: a structural back-analysis. The case study is represented by a real event occurred in December, 2008 in Valsavarenche (northwestern Italian Alps, in Aosta Valley) that caused the collapse of several buildings and the disruption of the main infrastructures (roads, power lines, ...); the local community was segregated for many days.

The implemented procedure, which gives an evaluation of the impact pressures range, is divided in two steps: first, the damaged structures

are surveyed and information on the original configuration is collected, then the structural modeling and the evaluation of the collapse mechanisms are performed.

The present paper focuses on four buildings, two of which were partially damaged, and the remaining totally collapsed.

The extreme avalanche event is described and the preliminary investigations are carried out by reviewing the original drawings of the buildings, observing the damaged structures and estimating the damages by filling in a specific form. Then, the damages are described in detail and the collapse mechanisms are supposed.

Dynamic impact pressure, avalanche flow speed and impact direction are also evaluated.

The results of the analysis can be a hint for the implementation of new design strategies for infrastructures to be built in hazardous area.



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