

SOFTWARE

Potenzialità e limiti nella previsione delle valanghe

Alice Russian
Clivo Artemisio 11
34127 Trieste
alicerussian@hotmail.com

Aldo Bariffi
S.G.N. - Servizi Geologici e Nivologici
Fraz. Bonzeno 48
23822 Bellano – Lc
albarsgn@libero.it

“Nella mentalità corrente, il concetto di rischio è poco accettato: si sente spesso dire che se una data attività comporta dei rischi questi devono essere eliminati. Forse il bisogno di certezza, che è molto radicato nell'uomo, induce la maggior parte della gente a rifiutare l'idea che vi possa essere un rischio accettabile. Purtroppo la realtà è tale che, nella maggior parte dei casi, i rischi non possono essere eliminati completamente, ma solo ridotti. Abituarsi a convivere con i rischi è qualcosa di molto difficile da accettare da un punto di vista psicologico, ma è assolutamente indispensabile capire i rischi a cui si è esposti se si vuole dare un approccio razionale a tale problema e soprattutto se si vuole fare qualcosa di reale per ridurli.” (A. Cardinale)

PREMESSA

Nel campo della pianificazione territoriale ed ambientale il concetto di rischio viene utilizzato a scopo di prevenzione dei danni temuti in modo che nella gestione del territorio si possa arrivare a contenere, le eventuali conseguenze, entro livelli socialmente accettabili.

Una valanga è un evento indesiderato a carattere territoriale. Essa può colpire cose o persone con effetti dannosi e distruttivi: i principali settori d'attività coinvolti sono trasporti (strade

e ferrovie), costruzioni (case, siti minerari, linee telefoniche e tralicci d'alta tensione, impianti di risalita) e turismo. Ma non tutte le valanghe sono causa di danni a beni o persone.

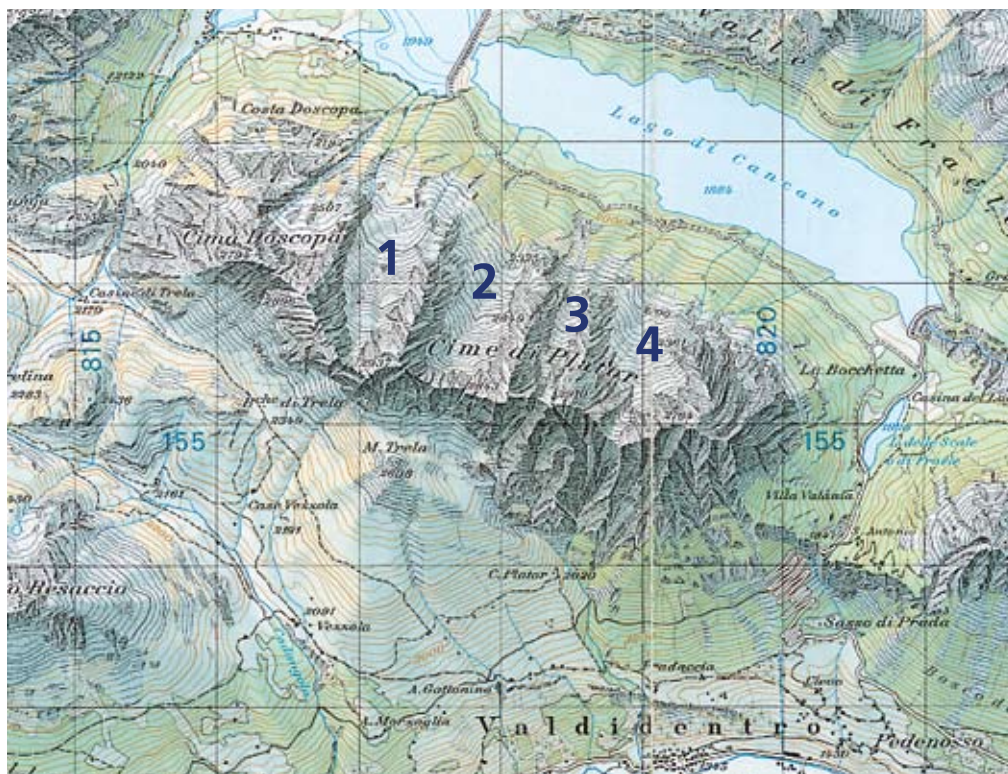
Dunque, bisogna distinguere il concetto di pericolo da quello di rischio. Per pericolo si intende una condizione, una circostanza o un processo che può provocare un danno; il rischio, invece, è un concetto che riunisce la probabilità dell'evento, la presenza dell'uomo ed il danno. Pertanto, se consideriamo una zona valanghi-

va remota in alta montagna, dove non ci sono né persone né beni materiali, appare evidente che, in un tale contesto, pur essendoci pericolo per l'elevata probabilità di accadimento del fenomeno, non vi sarà rischio alcuno.

Normalmente nei bollettini valanghe si parla di pericolo e non di rischio, per descrivere la situazione in modo oggettivo: l'utente, poi, dovrà essere in grado di rapportare l'informazione alla situazione effettiva in cui si trova ad agire; in questo caso il rischio deriva proprio dalla sua

NIVOLOG





permanenza o transito che sia in zona pericolosa.

Le condizioni nivologiche variano da zona a zona e addirittura da versante a versante, quindi è importante approfondire il discorso a livello locale.

Essendo l'uso del computer sempre più diffuso, è stato possibile associare allo studio delle valanghe la tecnologia, per il lavoro dei previsori. Nivolog è uno dei più recenti e diffusi (soprattutto all'estero) programmi di supporto alla previsione locale del pericolo valanghe. Tale software è stato ideato da Robert Bolognesi con lo scopo di supportare il lavoro dei Responsabili della sicurezza degli impianti sciistici, delle vie di comunicazione e dei cantieri o delle installazioni sul territorio nel momento in cui si deve decidere come intervenire nel caso in cui la probabilità di distacco sia elevata.

In questo contesto si esamina quindi l'aspetto applicativo di Nivolog, oggetto di una specifica tesi realizzata nella stagione invernale 2004/2005, sul cantiere di Cancano (Alta Valtellina).

CENNI SULLA STRUTTURA DEL SOFTWARE

Nivolog è un sistema informatico esperto in grado di interpretare i dati nivometeorologici in funzione della previsione di rischio, con le seguenti funzioni:

- Raccolta dati;
- Trattamento ed analisi dei dati;
- Valutazione del pericolo valanghe.

I dati richiesti dal programma sono esattamente quelli che un previsore prende in considerazione nel corso della sua analisi: sono dati geografici, topografici meteorologici e nivologici, dati che descrivono l'attività valanghiva, sia in dettaglio, sia in sintesi, e gli eventuali danni causati dalle valanghe. Infatti, il software è strutturato in 7 moduli:

- Geografia;
- Topografia;
- Meteorologia;
- Nivologia;
- Valanghe (sintesi);
- Valanghe (descrizione dettagliata);
- Danni.

La funzione di raccolta dati, pertanto, permette di costruire

un archivio che registra e memorizza i dati nivometeorologici, richiesti in input dal programma, creando, così, una serie storica facilmente consultabile ed utilizzabile.

Il trattamento e l'analisi dei dati fornisce un primo output: tale funzione, infatti, ricerca situazioni valanghive simili e note avvenute e registrate nell'archivio, ipotizzando che cause uguali daranno luogo a conseguenze uguali. Sulla base dei giorni analoghi sarà possibile sviluppare una prima analisi, con risultati di tipo qualitativo.

La valutazione del pericolo valanghe fornisce una stima della stabilità del manto nevoso di un sito valanghivo del quale si conoscono le caratteristiche geomorfologiche e la situazione nivometeorologica. Sulla base della probabilità di accadimento delle valanghe è possibile svolgere una seconda analisi di tipo quantitativo; in questo caso l'analisi riguarda casi reali, ma è anche possibile condurre simulazioni su dati estrapolati o attesi.

OROGRAFIA E CONDIZIONI NIVOMETEO LOCALI

L'area oggetto di studio, in cui è stato applicato e sperimentato Nivolog, riguarda la Valle di Fraelé. La zona si situa nelle Alpi Retiche, nella parte nord orientale della Regione Lombardia, rientra amministrativamente, nel Comune di Valdidentro (SO) e, dal 1977, è compresa nel territorio del Parco Nazionale dello Stelvio.

La Valle di Fraelé è un'ampia conca glaciale (sezione trasversale ad U) che si apre sul versante sinistro idrografico della Valdidentro, a quota 2000 m. circa. Caratterizzata da un orientamento NW-SE e delimitata a Nord dal confine con la Svizzera, che si

sviluppa lungo la linea di cresta, essa è sbarrata a valle dalle pendici del Monte delle Scale e dalle Cime di Plator, che raggiungono i 2900 m. circa.

La zona di interesse riguarda, in particolare, il versante nord delle Cime di Plator e la relativa strada di transito sottostante.

Le Cime di Plator sono formate da calcari dolomitici, stratificati in bancate generalmente verticali o subverticali. A causa dell'azione del gelo e del disgelo, le pareti sono caratterizzate da frequenti fratturazioni superficiali e, pertanto, si stanno lentamente degradando, formando alla loro base ghiaioni mobili. Morfologicamente, esse sono, individuate da quattro bacini o canaloni (Fig. 1).

Le zone di distacco principali delle valanghe sono localizzate a quote comprese tra 2300 e 2700 m. circa, mentre la loro inclinazione non supera generalmente i 35°-40°. I fenomeni valanghivi sono frequenti e spesso interessano la strada di transito sottostante, con una media di 2-4 valanghe per stagione invernale.

Dal punto di vista climatico, essendo situata nella catena delle Alpi Retiche, la Valle di Fraele presenta caratteristiche tipiche della regione alpina centrale. Tali caratteristiche sono legate principalmente a due tipi distinti di fenomeni meteorologici:

- Perturbazioni di origine mediterranea provenienti da sud: sono abbastanza frequenti con apporti nevosi generalmente più modesti rispetto a quanto avviene nelle Alpi più a sud, dato che arrivano in zona con una percentuale di umidità minore, tuttavia sono quelle che condizionano maggiormente la stagione invernale dal punto di vista dell'innevamento;
- Perturbazioni di origine atlant-



tica provenienti da nord ovest: sono più rare, e generalmente di scarsa rilevanza per quanto riguarda gli apporti nevosi, anche se possono esserci delle eccezioni. Sono per lo più accompagnate da venti settentrionali di media e forte intensità.

I dati relativi all'analisi climatica (l'analisi considera solo il periodo invernale (Novembre - Maggio)) riguardano il periodo 1978/1996 e si riferiscono alla Stazione manuale di Cancano (quota 1950 m s.l.m), gestita dal Centro Nivometeorologico di Bormio.

Pertanto possono essere considerati rappresentativi della situazione locale. Sono state prese in considerazione le informazioni riguardanti l'altezza della neve al suolo (Hs [cm]), le temperature massime e minime e la direzione dei venti.

Per quanto riguarda la neve, durante le stagioni sopra considerate, si sono potuti osservare i seguenti dati di rilievo:

- Altezza massima neve al suolo Hs = 170 cm;
- Massima precipitazione nevosa

in 24 ore = 70 cm;

- Massima precipitazione nevosa in 48 ore = 90 cm.

Per quanto riguarda il peso della neve fresca, esso può variare generalmente da 70 kg/m³ a 150 kg/m³, in funzione della temperatura e dell'umidità.

Per quanto riguarda la temperatura, dai dati analizzati, si può osservare che, alla Stazione di Cancano, la temperatura ha raggiunto il suo valore minimo in data 6 gennaio 1985 con -27°C ed il suo valore massimo in data 21 maggio 1986 con +22°C.

Per quanto riguarda i venti, dai dati di queste stagioni si ricava che le precipitazioni nevose avvengono generalmente con venti provenienti dai quadranti meridionali, in particolare risulta frequente la direzione 110-160; la velocità può variare da 20 a 50 km/h.

La direzione predominante 290-340, invece, è legata solo raramente a precipitazioni, comunque di scarsa entità; lungo questa direzione, il vento può raggiungere anche picchi di velocità pari a 80÷100 km/h.

APPLICAZIONE NEL CONTESTO LOCALE

La situazione di rischio è data dalla presenza della strada che collega Cancano alla Diga di S. Giacomo (sponda destra orografica) (Fig. 2). A seguito dei lavori di potenziamento dei bacini artificiali di Cancano e S. Giacomo da parte dell'Azienda Elettrica di Milano (AEM SpA), tale strada viene utilizzata, da alcuni anni, anche durante la stagione invernale.

Pertanto, si è provveduto, fin dall'inizio, alla stesura di uno specifico Piano Valanghe, secondo gli accordi contrattuali previsti con la Committente (AEM SpA), attivando un monitoraggio nivometeorologico e valanghivo invernale permanente in grado di valutare e prendere provvedimenti nel caso in cui le vie di transito dovessero risultare soggette a pericolo di valanga. In questo modo, a partire dalla sta-

gione invernale 1998/99, si è resa necessaria la presenza costante di un Responsabile esperto in nivologia e l'installazione di una base operativa a Cancano denominata Centro Sicurezza Valanghe (CSV). Durante la stagione invernale, la strada in questione è transitabile solo dagli addetti ai lavori (specifica Ordinanza municipale), in quanto, pur essendo più a rischio rispetto alla strada in sponda sinistra, risulta anche l'unica percorribile dai mezzi pesanti (tabella di fig. 3).

La presenza di un Nivologo in zona ha i seguenti obiettivi:

- Raccolta dei dati nivometeorologici e osservazioni;
- Previsione locale delle valanghe;
- Controllo con apertura/chiusura della strada;

Ogni mattina il Nivologo redige il bollettino nivometeorologico locale con i livelli di rischio che viene esposto all'inizio della

strada affinché tutti gli interessati possano prenderne atto e comportarsi di conseguenza. Accanto al tabellone, sul quale viene esposto il bollettino, sono installati anche un semaforo e una sbarra (Fig. 4).

Presso il CSV di Cancano viene utilizzata una Scala locale di rischio semplificata, in modo da rendere più facile agli addetti ai lavori, presenti in zona, la lettura del bollettino nivometeorologico. Tale scala è suddivisa in 3 livelli di rischio, così da poterli associare ai colori di un semaforo (tabella di fig 5).

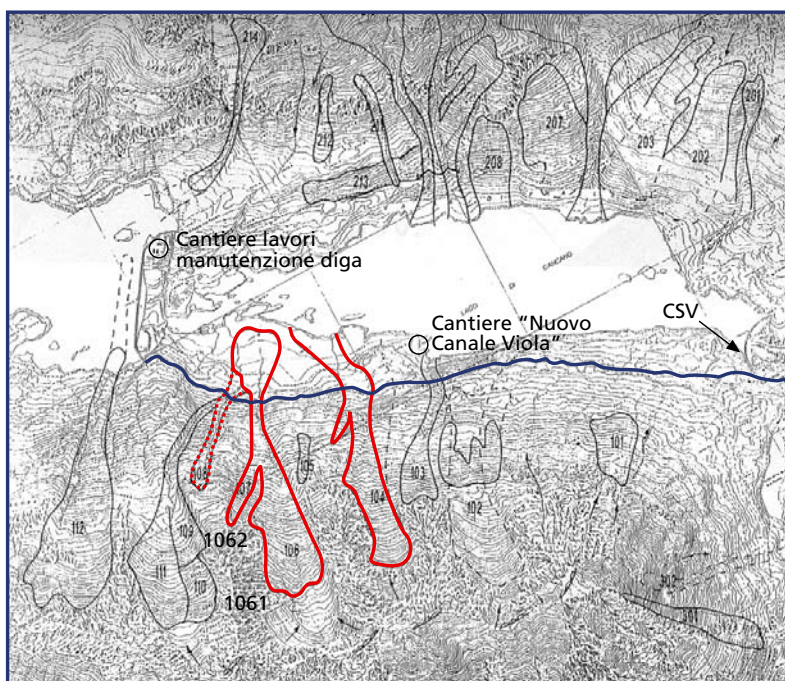
In funzione del livello di rischio esposto, gli addetti ai lavori che transitano lungo la strada, dovranno attenersi alle regole comportamentali previste:

- Rischio minimo: sbarra aperta e transito consentito senza limitazioni;
- Rischio marcato: sbarra aperta con divieto di sostare nei tratti a rischio e obbligo di attivazione dell'ARVA o del LIFE BIP, con transito limitato ai soli mezzi pesanti, per i cambi turno e per lo sgombero neve e solo durante le ore diurne, salvo diverse disposizioni.
- Rischio elevato: sbarra chiusa con lucchetto e transito vietato.

Presso il CSV di Cancano, viene utilizzato dalla stagione 1998/99, il software Nivolog, sia per l'archiviazione dei dati, sia come supporto alla decisione finale riguardo all'apertura/chiusura della strada. Si ricorda che i primi due moduli sono costanti: geografia e topografia non variano nel tempo. I moduli di meteorologia, nivologia e valanghe (sintesi), che sono da compilare quotidianamente, sono riferiti, al giorno in corso. Infine i moduli relativi alle valanghe ed ai danni sono da redigere solo saltuariamente, cioè ogni qualvolta si osservino fenomeni valanghivi

Movimento mezzi lungo la strada Cancano - Diga di S. Giacomo

Traffico	Frequenza (andata e ritorno)
Imprese edili	
Automobili dipendenti (fuoristrada, pick-up)	Mediamente 5 mezzi, 3 volte al giorno (perché 3 sono i turni di lavoro: 6.00-14.00, 14.00-22.00, 22.00-6.00)
Spazzaneve	1 mezzo, 2-3 volte al giorno, nel caso di nevicite persistenti
Betoniere	A seconda dei lavori da svolgere
Trasporto eccezionale	Quando servono manufatti speciali per le opere di miglioramento
CSV	
Nivologo	1 mezzo, 2-3 volte alla settimana



e si verificano conseguenze negative per l'uomo ed i suoi beni.

Oltre alla corrispondenza tra Scala Europea e Scala Locale di rischio, è stata anche individuata una corrispondenza tra quest'ultima e la probabilità di distacco calcolata da Nivolog (tabella di fig 6).

ANALISI

Analisi su dati reali

Come oggetto di studio sono state considerate le 6 stagioni che vanno da novembre 1998 a maggio 2004. Grazie al lavoro svolto presso il CSV durante questo periodo, è stato possibile redigere un archivio di dati dettagliato e accurato.

Sulla base di tali dati possono essere fatte delle considerazioni:

- Inverno 1998/99: stagione caratterizzata da pochissima neve, in particolare ad inizio stagione fino a dicembre, con notevole quantità di brina e vento continuo da nord;
- Inverno 1999/2000: stagione caratterizzata da nevicate soprattutto tardive e vento prevalente da nord; brina normalmente presente durante la parte iniziale e centrale dell'inverno;
- Inverno 2000/01: stagione anomala sia per la quantità notevole di neve, sia per le caratteristiche intrinseche del manto nevoso, caratterizzato dall'assenza praticamente generalizzata di brina;
- Inverno 2001/02: stagione anomala per la scarsità di neve a tutte le quote;
- Inverno 2002/03: stagione caratterizzata dalla scarsità di neve al di sotto dei 2200 m e per la relativa abbondanza al di sopra di tale quota;
- Inverno 2003/04: stagione nella media come quantità di neve cumulata, caratterizzata da nevicate scarse, ma relativamente frequenti e temperature fredde



Scala Europea	Scala locale (CSV)	Livello di rischio	Segnalazione ottica
1+2	1	Minimo	verde
3	2	Marcato	giallo
4+5	3	Elevato	rosso

prolungate con mantenimento della quantità di neve fino a primavera inoltrata.

In totale, i siti valanghivi controllati sono 28, suddivisi in tre settori in funzione della loro esposizione (100, 200, 300). Durante le sei stagioni, considerate in questo elaborato, si è potuto notare che non tutti i siti hanno la stessa importanza dal punto di vista valanghivo, in quanto diversi per topografia, morfologia ed orientamento. Dalle considerazioni fatte in precedenza si è visto che i bacini di raccolta più pericolosi sono quelli posti lungo il versante settentrionale delle Cime di Plator. Questo settore (100) è risultato infatti quello più attivo, ovvero quello in cui è stato osservato il maggior numero di distacchi spontanei rilevanti. Inoltre, tra i siti del settore in questione, solo alcuni di essi hanno dato luogo a valanghe che hanno interessato la strada controllata che da Cancano porta alla Diga di S. Giacomo, in destra orografica dei bacini artificiali. Nell'ambito di questo studio, sono stati considerati solo questi ultimi siti (fig. 7 e fig 8).

Al fine di comprendere meglio la dinamica del software e la sua

Scala locale (CSV)	Nivolog
1	0.1-0.5
2	0.6-0.8
3	0.9

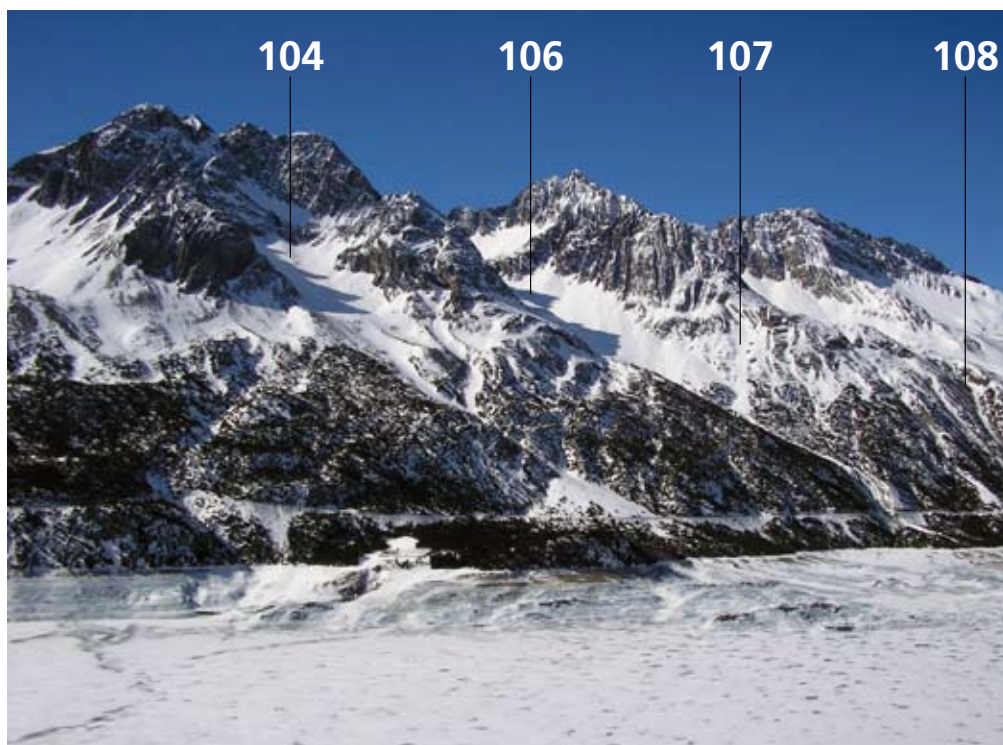
risposta, sono stati valutati anche i 3 giorni precedenti ed i 3 giorni successivi agli eventi critici, per un totale di 141 casi analizzati (tabella di fig. 9).

I siti evidenziati in rosso corrispondono ai distacchi che hanno oltrepassato la strada, quelli evidenziati in giallo corrispondono ai distacchi che si sono arrestati in prossimità della strada.

I casi relativi alle date del 03-05-2002, del 29-04-2003, del 30-04-2003 e del 20-05-2004 non hanno potuto essere analizzati con Nivolog in quanto non c'era più neve al campo di rilevamento. La valanga del 20-05-2004 può invece essere considerata a tutti gli effetti di tipo eccezionale per la tardività manifestata e il volume di neve coinvolto.

Per l'analisi di questi casi reali, sono stati fatti due tipi di confronto:

- Confronto tra i livelli di pericolo/rischio elaborati dal Centro Nivometeorologico di Bormio e quelli elaborati dal CSV di Cancano;
- Confronto tra i livelli di rischio



Sito valanghivo	N° fenomeni valanghivi importanti
104	10
106	5
1062	4
107	3
1061	2

dove per fenomeni valanghivi importanti si intendono le valanghe che si sono fermate in prossimità della strada o che l'hanno raggiunta e superata.

Data dell'evento	Siti
12-01-1999	● 104
22-02-1999	● 107
06-03-1999	● 104
16-04-1999	● 106
01-05-1999	● 106
04-05-1999	● 104
28-12-1999	● 104
14-04-2000	● 106
18-04-2000	● 104, 106
21-04-2000	● 106
14-11-2000	● 104
17-11-2000	● 106
09-12-2000	● 104
08-01-2001	● 104, 106, 108
26-04-2001	● 107
01-05-2001	● 104
03-05-2001	● 104, 106 ●
03-05-2002	● 104
16-11-2002	● 104
03-04-2003	● 107
29-04-2003	● 104
30-04-2003	● 104
23-04-2004	● 1062
20-05-2004	● 104

elaborati dal CSV di Cancano e quelli calcolati dal software Nivolog.

Analisi su simulazioni

Sono stati considerati degli scenari ipotetici, ma comunque rea-

listici, basati sulla variazione di alcuni parametri di riferimento, in modo da osservare la variazione di risposta di Nivolog per quanto attiene la probabilità di distacco.

È stato scelto, quindi, uno scenario nivometeorologico di base, rappresentante una situazione tipica a Cancano in periodo invernale. Su tale scenario, poi, sono stati modificati alcuni parametri.

I dati utilizzati per l'analisi su simulazioni, a partire dallo scenario di base, sono:

- Densità della neve [kg/m³]: 80; 90; 100; 110; 120; 130; 140; 150; 200
- Penetrazione della sonda [cm]: 10; 20; 30; 40; 50; 60; 70; 100
- Trasporto eolico [g]: 0; 10; 20; 30; 40; 50; 100; 150; 200; 250; 300; 500; 1000.

Questi sono sostanzialmente i parametri fondamentali che maggiormente incidono sui risultati di calcolo di Nivolog.

Tali valori sono stati combinati tra loro, ottenendo, così, un totale di 936 scenari analizzati, tra cui:

- 440 casi probabili;
- 264 casi possibili;

- 232 casi limite.

Tale suddivisione è stata stabilita in base al fatto che, per quanto riguarda Cancano:

- i valori della densità della neve compresi nell'intervallo 130÷150 kg/m³, estremi inclusi, sono poco probabili in uno scenario tipicamente invernale e dopo una nevicata: tali valori indicano generalmente la presenza di un certo tasso di umidità all'interno del manto nevoso, sinonimo anche di temperature prossime a 0°C;
- il valore della densità pari a 200 kg/m³ rappresenta una situazione limite: esso è già legato ad un manto nevoso che si sta compattando;
- valori inferiori a 80 kg/m³ sono risultati poco frequenti a Cancano;
- i valori del trasporto eolico compresi nell'intervallo 500÷1000, estremi inclusi, rappresentano delle situazioni limite: dai risultati delle osservazioni svolte nella zona di Livigno, su versanti analoghi a quelli considerati in questo elaborato, si è potuto notare che i valori dello snowdrift, misurati al driftometro nella stagione 2000/2001, mediamente non hanno mai superato 250 g, con picchi che alle volte hanno raggiunto i 300 g.

RISULTATI

Per quanto riguarda l'analisi su casi reali, per il primo tipo di confronto, è da notare che il bollettino nivologico di Bormio viene emesso solo 3 volte nell'arco di tempo di una settimana (lunedì, mercoledì, venerdì); quindi, sono stati analizzati un totale di 55 casi. Su questi 55 casi solo in 17 si è verificata una coincidenza dei valori del livello di pericolo/rischio, pari ad una percentuale del 30,9%. Un ulteriore confronto è stato fatto considerando solo le giornate caratterizzate da

valanghe, che hanno raggiunto la strada controllata: in questo caso la percentuale è scesa al 15,8%.

Per il secondo tipo di confronto, su 141 casi analizzati i valori del livello di rischio hanno coinciso solo per 19, ovvero c'è corrispondenza solo per il 13,5% dei casi. Un ulteriore confronto è stato fatto considerando solo le giornate caratterizzate da valanghe che hanno raggiunto la strada controllata; in questo caso la corrispondenza raggiunge il 20%. A questo punto, non ritenendo soddisfacente il risultato ottenuto, sono stati considerati i giorni analoghi. Da questa analisi qualitativa è emerso che solo nel 7,8% dei casi si sono verificate situazioni pregresse simili con valanghe dai siti 104, 106, 1061, 1062, 107 e 108 (tabella di fig. 10).

Per quanto riguarda l'analisi su simulazioni, considerando la corrispondenza tra Scala Locale di rischio e probabilità di occorrenza calcolata da Nivolog sito per sito, un primo risultato può essere riassunto nell' istogramma di figura 11.

Concentrando l'attenzione sul livello di rischio 3, si può notare un certo ordine di pericolosità dei siti (1062, 104, 107, 106, 1061 in ordine decrescente); mentre, nella realtà, sulla base degli eventi valanghivi importanti, l'ordine di pericolosità è un altro, ricavabile da tabella di figura 8 (104, 106, 1062, 107, 1061 in ordine decrescente).

Ciò potrebbe essere legato al fatto che i valori dei codici di deposito (legati agli accumuli di neve trasportata dal vento) di tali siti siano stati stimati più alti di quanto essi siano in realtà.

In un'ottica futura e contestuale, saranno quindi da rivedere tali parametri, effettuando ulteriori simulazioni, validate possibil-

mente anche da osservazioni dirette, in modo da migliorare la relativa corrispondenza.

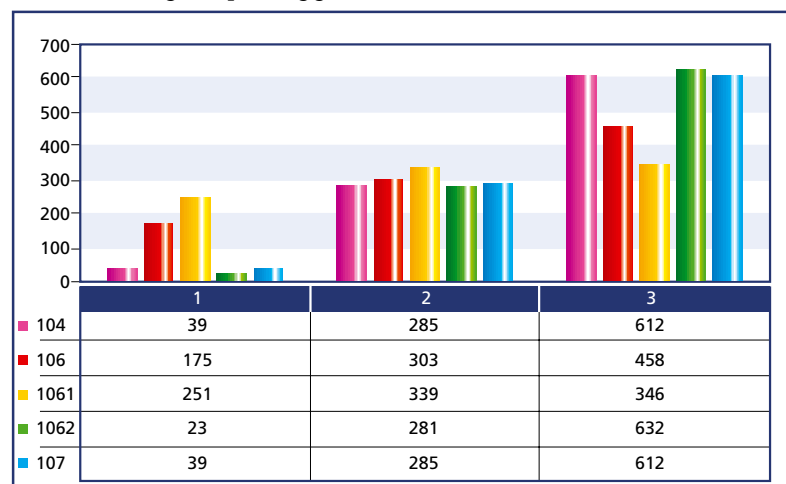
Per conoscere più approfonditamente quale fosse la risposta del software Nivolog alle diverse variazioni di densità della neve, penetrazione sonda e trasporto eolico, si è pensato di porre l'attenzione su di un unico sito, tra quelli considerati fino ad ora.

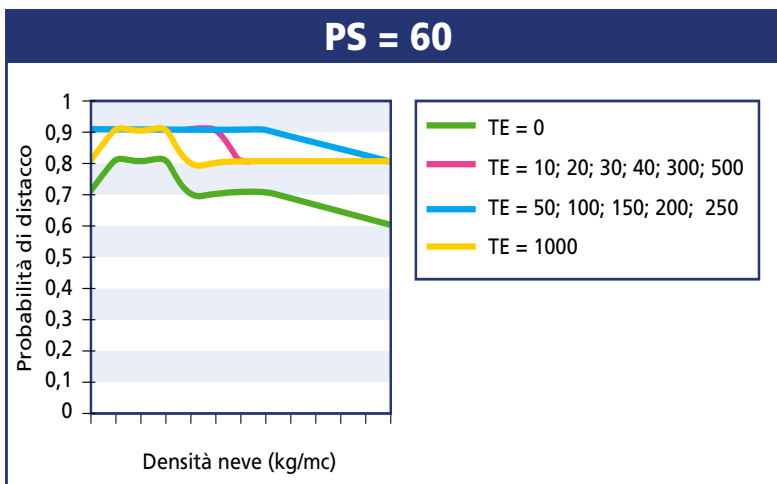
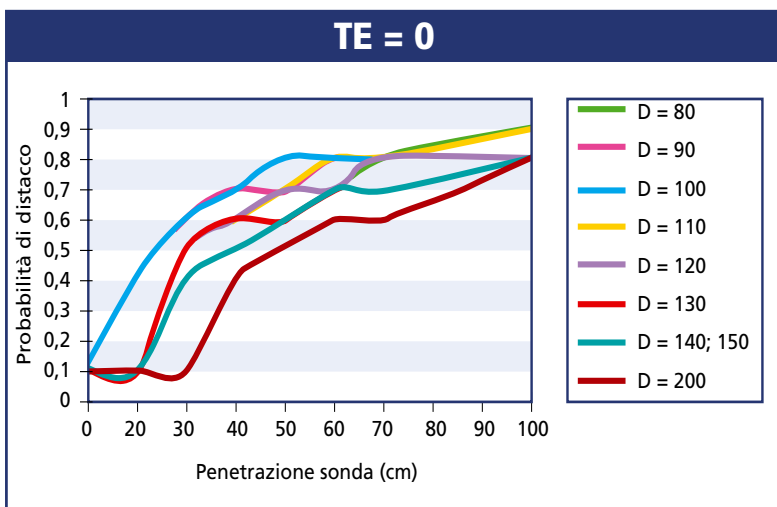
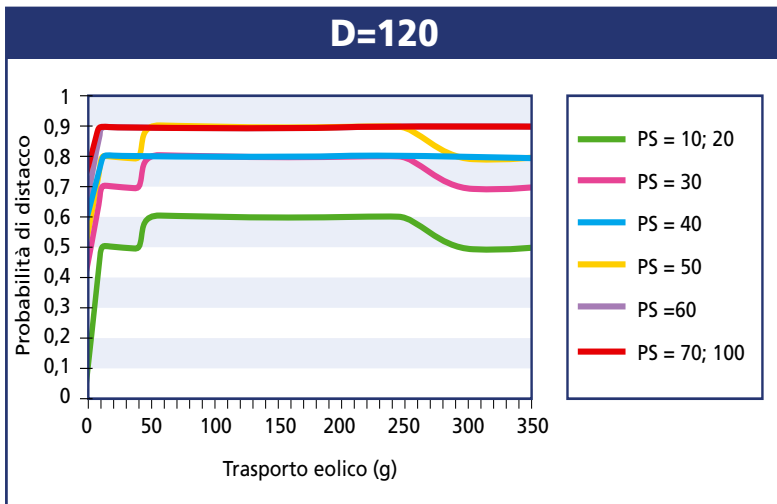
È stato scelto il sito 104 come sito rappresentativo di riferimento, in quanto è risultato essere il più pericoloso in assoluto, relativamente alla zona di Cancano. Pertanto i risultati ottenuti sono da ritenersi cautelativi.

Lo scopo è stato quello di rilevare gli steps, ovvero gli intervalli in cui ha luogo il passaggio da

un livello di rischio inferiore a quello superiore, oppure quelli in cui si hanno passaggi diretti, apparentemente senza ragione, da una bassa probabilità di distacco ad una molto più alta (per assurdo, da 0.1 a 0.8). Ciò è stato effettuato prendendo in considerazione di volta in volta una coppia di parametri e mantenendo costante il terzo. In questo modo si sono ottenuti i grafici delle figg. 12,13,14 riportati a lato (D = densità della neve; TE = trasporto eolico; PS = penetrazione

N° giorni analoghi	N° casi
0	130
1	9
2	1
3	0
4	1
5	0





della sonda).
Da un'analisi grafica si è notato che gli steps cadono nei seguenti intervalli:

Trasporto eolico:

- 0÷10 g: a partire da tale intervallo si ha un andamento incrementale della risposta;
- 40÷50 g: in questo intervallo si ha un ulteriore incremento della risposta;

- 250÷300 g: lo step è posto in corrispondenza dell'intervallo 290÷300 g; oltre tale intervallo si verifica una risposta negativa.

Penetrazione della sonda:

- è da notare che, per i vari intervalli considerati, la risposta è sempre positiva;
- 10÷20 cm: lo step è posto in corrispondenza dell'intervallo 15÷20 cm

Densità della neve:

- 80÷90 kg/m³: lo step è posto in corrispondenza dell'intervallo 85,90 kg/m³; la risposta è positiva;
- A parità di altre condizioni per valori della densità della neve superiori a 115 kg/m³, si verifica una risposta negativa.

CONSIDERAZIONI E PROSPETTIVE

Dai risultati ottenuti emergono le seguenti considerazioni:

- l'utilità di un bollettino valanghe locale: in effetti, se, durante le 6 stagioni analizzate, si fosse considerato solo un bollettino a livello regionale (Centro Nivometeorologico di Bormio), si sarebbe presa la decisione giusta solo nel 16,7% delle giornate, in cui si sono staccate valanghe, che hanno raggiunto la strada controllata; mentre, grazie alla predisposizione del bollettino locale di Cancano, si è riusciti ad intervenire preventivamente nel 94,4% dei casi;
- l'utilità di un sistema esperto come Nivolog: tale software rappresenta una base di lavoro efficace, veloce ed oggettiva, un aiuto alla valutazione ed alla decisione, con la consapevolezza tuttavia dei limiti del programma, evidenziati nel contesto sperimentato e che ribadisco, in ogni caso, l'importanza dell'esperienza diretta acquisita sul territorio in cui si opera che, come abbiamo visto, rimane fondamentale nel processo decisionale finale;
- l'importanza di conoscere gli steps: essi rappresentano delle soglie di attenzione che ogni previsore locale, inteso in questo caso come responsabile della sicurezza, dovrebbe conoscere, onde eventualmente procedere ad ulteriori e più precise misure del dato in questione, preparandosi anche dal punto di vista

psicologico e organizzativo a possibili incrementi dei livelli di rischio locale; è da notare il fatto che non si sono presentati passaggi diretti da valori bassi (0,1) a valori alti (0,8), come invece si riscontrava sulle prime versioni del software (1998/99).

La sperimentazione di Nivolog durante le 6 stagioni considerate ha evidenziato i seguenti aspetti fondamentali:

- Importanza di una attenta valutazione iniziale dei siti valanghivi e dei parametri topografici da inserire nel relativo modulo del programma;
- Scelta di un campo neve il più rappresentativo possibile delle zone di distacco da controllare;
- Scelta di un sito rappresentativo del trasporto eolico;
- Costanza e continuità nella raccolta dei dati nivometeorologici e delle osservazioni valanghive;
- Accuratezza nella compilazione dei file del programma, onde evitare la contraddizione dei dati.

Infine, l'analisi sui casi reali ha permesso di effettuare una taratura tra la scala di rischio locale e la probabilità di valanga espressa da Nivolog e ha messo in evidenza una maggior affidabilità del software nella parte centrale dell'inverno, con condizioni favorevoli, quindi, al distacco artificiale; al contrario, nei periodi iniziali e finali di stagione, i risultati del software sono generalmente inutilizzabili, con probabilità di distacco molto basse (10%), pur in presenza di valanghe anche importanti, con condizioni sfavorevoli, quindi, al distacco artificiale. Da qui emerge la predisposizione di Nivolog, per altro già sostenuta dallo stesso dott. Bolognesi, ad essere utilizzato in abbinamento al distacco artificiale, aspetto che, a Cancano, non ha potuto essere preso in considerazione.

E' probabile che, in contesti diversi da quello sperimentato e più favorevoli, con campo neve posto in prossimità delle zone di distacco o con dati comunque provenienti da queste zone, sia possibile ottenere dal software risultati più affidabili di quanto non riscontrato nel caso trattato.

RINGRAZIAMENTI

Lo studio presentato è stato condotto nell'ambito dello svolgimento della tesi di Laurea dell'Ing. Alice Russian, svolta nell'inverno 2004/2005, con la supervisione del dott.geol. Aldo Bariffi, Responsabile della sicurezza valanghe per i cantieri AEM a Cancano, in collaborazione con l'Università di Trieste, Facoltà di Ingegneria nella persona del Prof. Armando Desseni. Si ringrazia l'AEM e l'ARPA Regione Lombardia (Centro di Bormio), per la disponibilità dimostrata nella ricerca dei dati pregressi.

BIBLIOGRAFIA

- McClung D., Schaerer P (1996) Manuale delle valanghe: formazione, dinamica ed effetti, prevenzione e sicurezza, soccorso. Zanichelli Editore, Bologna
- Bolognesi R. (1998) Prevention des avalanches: le systeme nivolog. Neige et Avalanche n.81
- Bariffi A. (1998) Impianto di Premadio "Nuovo Canale Viola": Piano Valanghe Parte A: Relazione di base
- Bariffi A. (1998) Impianto di Premadio "Nuovo Canale Viola": Piano Valanghe Parte B: Elaborazione dati nivometeo
- Bariffi A. (1998) Impianto di Premadio "Nuovo Canale Viola": Piano Valanghe Parte C: Protocollo di monitoraggio e regole di comportamento
- Bolognesi R. (1999) Nivolog: il concetto. Atti Convegno Cervinia – Tracè -1999 AA. VV. (2000) Le Valli del Parco Nazionale dello Stelvio in Lombardia. Tipografia Pradella, Bormio (SO) pp. 100-105
- Vismara R (2001) Protezione ambientale: criteri e tecniche per la pianificazione territoriale
- Gruppo Editoriale Esselibri – Simone, Napoli pp. 233-254
- AA.VV (2004) Bollettini valanghe ed altri prodotti dell'Istituto per lo studio della neve e delle valanghe SNV, Davos: supporto interpretativo. Comunicazione n°50 (7a edizione), Davos (CH)

