XX GIOCHI OLIMPICI INVERNALI TORINO 2006

PERICOLOSITA' da VALANGA sulla VIABILITA'

Uno studio specifico per la mobilità invernale nell'area alpina dell'alta Val di Susa e alta Val Chisone

Marco Cordola
ARPA Piemonte – Area Previsione
e Monitoraggio Ambientale
m.cordola@arpa.piemonte.it

Alberto Cotti e Enrico Olivero
TOROC – Settore Weather
presso ARPA Piemonte
Area Previsione e Monitoraggio Ambientale
alberto.cotti@torino2006.it

Nel Dicembre del 2001 il Comitato Organizzatore per i XX Giochi Olimpici Invernali Torino 2006 (TOROC), ha affidato in esclusiva ad ARPA Piemonte la fornitura del servizio di assistenza nivo-meteorologica a supporto dello svolgimento dell'evento Olimpico.

In considerazione dell'importanza strategica della mobilità nel contesto dello svolgimento dell'evento Olimpico (10–26 Febbraio 2006) e Paralimpico (10–19 Marzo 2006), l'Area Previsione e Monitoraggio Ambientale di ARPA Piemonte ha effettuato uno studio del rischio valanghivo sulle vie di comunicazione nell'area olimpica alpina.

Tale studio è stato inserito tra le attività del "Gruppo di pianificazione per la sicurezza dei XX Giochi Olimpici Invernali Torino 2006", istituito dalla Prefettura di Torino, all'interno del quale alla

OLIMPICA

Provincia di Torino – Servizio di Protezione Civile - competeva la definizione dello scenario di rischio conseguente a precipitazioni nevose intense e prolungate.

Lo studio costituisce un approfondimento delle conoscenze sui fenomeni valanghivi rappresentati nelle Carte di localizzazione probabile delle valanghe dell'alta Val di Susa e alta Val Chisone e contenute nel Sistema Informativo Valanghe (SIVA) condiviso Arpa Piemonte– Provincia di Torino.

I risultati dello studio sono mirati a fornire, attraverso opportune elaborazioni delle conoscenze disponibili sugli eventi valanghivi del passato e della predisposizione morfologica del territorio al distacco di valanghe, l'individuazione dei tratti di viabilità di fondovalle maggiormente esposti a valanghe al verificarsi di condizioni di innevamento critiche.

Lo scenario che ne è derivato è stato impiegato per ottimizzare, da parte degli enti e delle autorità competenti per la sicurezza del traffico sulle strade del territorio alpino coinvolto nei Giochi Olimpici Invernali, le procedure di chiusura preventiva della viabilità necessarie per garantire la pubblica incolumità, con l'obiettivo di procedere ad un rapido ripristino della viabilità ad emergenza conclusa.

In tale prospettiva lo studio è stato condotto anche allo scopo di valutare, sito per sito, l'applicabilità di procedure di distacco programmato delle valanghe con esplosivi, al fine di disporre di un utile supporto alla decisione per una più agevole gestione dell'emergenza.

L'AREA DI STUDIO

L'area di studio è compresa nel settore alpino sede di svolgimento dei XX Giochi Olimpici Invernali Torino 2006 rappresentato nella Figura 1.

Nel dettaglio, le valli oggetto di studio sono:

• Alta Val Chisone: dal territorio comunale di Roreto Chisone fino a quello di Sestriere;

• Alta Val di Susa: territorio a monte del Comune di Salbertrand, nei bacini della Dora di Cesana e della Dora di Bardonecchia.

Nell'ambito delle porzioni indicate di queste vallate sono stati studiati esclusivamente i siti valanghivi che interferiscono con le vie di comunicazione strategiche per la mobilità nel periodo olimpico e paralimpico.

LA METODOLOGIA DI LAVORO

Il lavoro è stato organizzato secondo una classica metodologia scientifica come rappresentato nella Figura 2.

La prima fase si è sviluppata con la raccolta bibliografica dei dati documentali e di quelli cartografici, presenti negli archivi dell'Area Previsione e Monitoraggio Ambientale di Arpa Piemonte.

I dati storici relativi alle valanghe sono stati raccolti in particolare consultando l'"Archivio storico-topografico delle valanghe italiane" (Capello, 1980) ed uno studio specifico effettuato su articoli di giornali locali d'epoca (Tomasuolo, 2001).

Per quanto riguarda la cartografia tematica si è fatto riferimento alle Carte di Localizzazione Probabile delle Valanghe redatte alla scala 1:25.000 dei comuni interessati, rappresentate nel Sistema Informativo Valanghe del sito web di Arpa Piemonte.

Per disporre di una caratterizzazione climatica dell'area si è proceduto ad effettuare un'analisi statistico-probabilistica dei dati di precipitazione nevosa giornaliera per alcune stazioni nivometriche della Val Chisone, della Val di Susa e della Val Germanasca, giungendo alla definizione di valori di soglia critici.

La seconda fase è stata sviluppata con una campagna di rilevamento sul terreno, sito per sito, per la verifica e l'eventuale correzione dei dati pregressi e per la raccolta di dati riguardanti i siti valanghivi non ancora noti o non sufficientemente caratterizzati dalla bibliografia.

Tale fase è stata anche supportata dalla raccolta di testimonianze orali, in particolare di personale addetto allo sgombero neve sulle vie di comunicazione, per ottimizzare la perimetrazione e caratterizzare la frequenza dei fenomeni sui singoli siti valanghivi.

Parallelamente all'indagine di terreno si è effettuata l'analisi fotointerpretativa stereoscopica di fotografie aeree a colori risalenti all'anno 1979 e al 2000.

La terza fase è stata sviluppata con l'elaborazione cartografica e concettuale dei dati raccolti con le prime due fasi.

L'attribuzione di ogni singolo sito a una classe di probabilità (elevata, moderata o bassa) di

Figura 1: Il territorio montano dei XX Giochi Olimpici Invernali TORINO 2006.

Figura 2: Schema di flusso della metodologia di lavoro adottata.

Pagina a fianco
Figura 3: Estratto della carta dell'acclività realizzata per tutta l'area Olimpica montana dei XX Giochi Olimpici Invernali TORINO 2006. Nell'immagine è riportata una porzione di territorio del Comune di Fenestrelle - Val Chisone (con la linea blu continua vengono delimitati i siti valanghivi studiati).

Figura 4: Esempio di output relativo alla distanza d'arresto ed alla pressione d'impatto di una valanga in una simulazione modellistica ottenuta con il software AVAL-1D.

SCHEMA METODOLOGICO

1. ***FASE PRELIMINARE***
   - RACCOLTA DI:
     - DOCUMENTAZIONE STORICA
     - DOCUMENTAZIONE BIBLIOGRAFICA
     - DOCUMENTAZIONE CARTOGRAFICA
     - DATI NIVOMETEOROLOGICI
   - FOTOINTERPRETAZIONE DI RIPRESE AEROFOTOGRAMMETRICHE

2. ***RILEVAMENTI DI TERRENO***
   - VALIDAZIONE DELLA DOCUMENTAZIONE PREGRESSA
   - ACQUISIZIONE DI DATI MORFOLOGICI E VEGETAZIONALI
   - CENSIMENTO DELLE OPERE DI DIFESA ESISTENTI
   - CENSIMENTO DEI DANNI PRODOTTI DALLE VALANGHE
   - RACCOLTA DI TESTIMONIANZE ORALI

3. ***ELABORAZIONE DEI DATI***
   - ANALISI STATISTICA DEI DATI NIVOMETEOROLOGICI
   - MODELLAZIONE DEI FENOMENI VALANGHIVI
   - DELIMITAZIONE CARTOGRAFICA DEI SITI VALANGHIVI
   - STUDIO DELLA RELAZIONE INNEVAMENTO - EFFETTI VALANGHIVI PREGRESSI
   - DEFINIZIONE DEGLI SCENARI DI RISCHIO

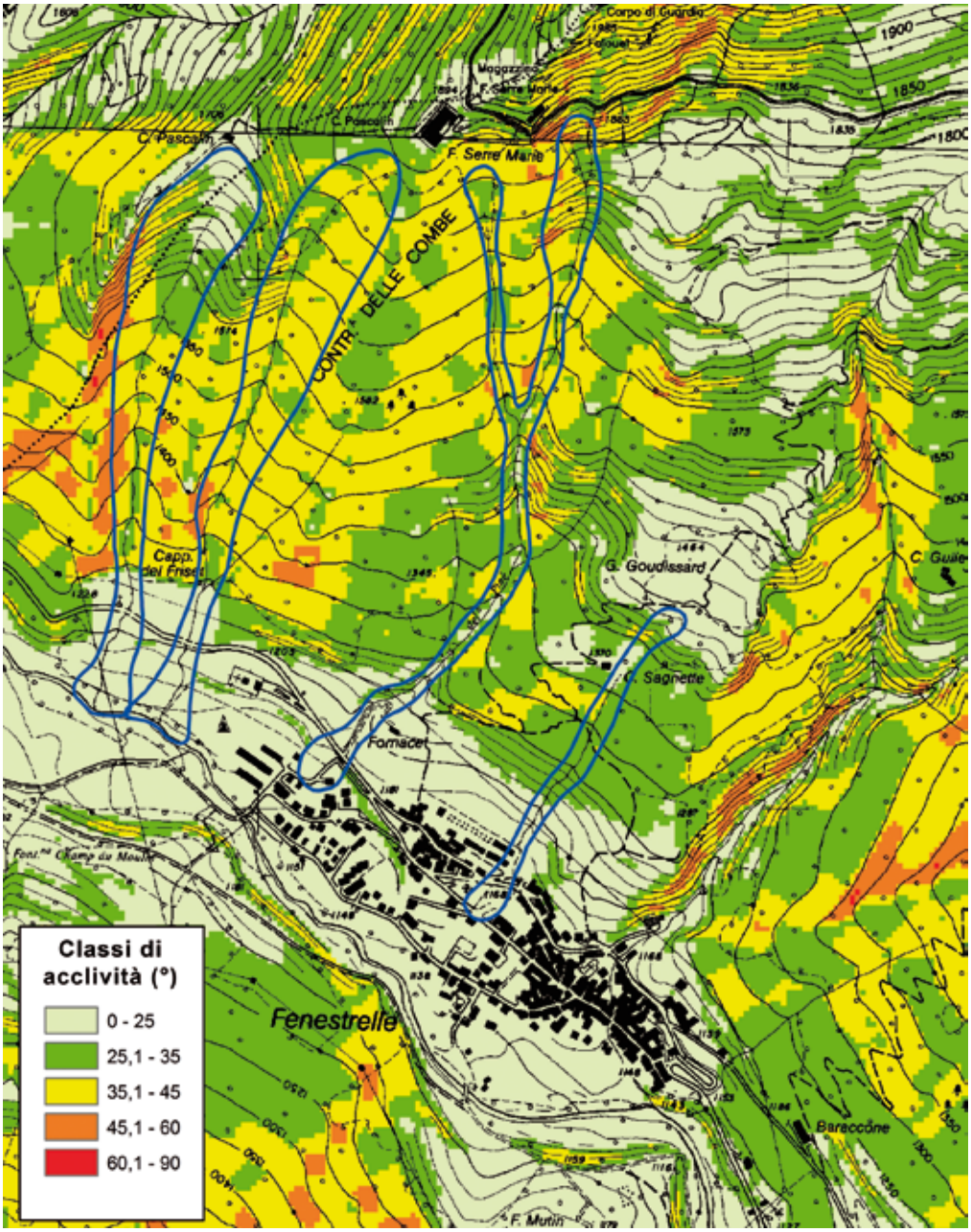
ATTRIBUZIONE DEL GRADO DI PERICOLOSITA' AI SINGOLI SITI VALANGHIVI

distacco di valanghe in determinate condizioni d'innevamento di soglia critica è stata definita sulla base di elementi geomorfologici, topografici e di copertura vegetazionale del sito; le valutazioni effettuate sono state verificate attraverso un confronto con la documentazione storica disponibile e con gli effetti di un evento di precipitazione nevosa di moderata criticità che, agli inizi del mese di Marzo del 1993, diede luogo a fenomeni valanghivi di un certo rilievo sulla viabilità della Val Chisone e dei cui effetti si dispone di un dettagliato rilevamento.

La valutazione oggettiva dei valori di inclinazione del terreno per individuare le potenziali aree di distacco è stata ricavata dall'elaborazione del modello digitale del terreno (DTM) con griglia di 10 m (realizzato dal Centro Regionale per le Ricerche Territoriali e Geologiche di Arpa Piemonte), tramite l'utilizzo del software ESRI©-ArcGis, che ha permesso di suddividere il territorio d'indagine in classi di acclività significative (Figura 3).

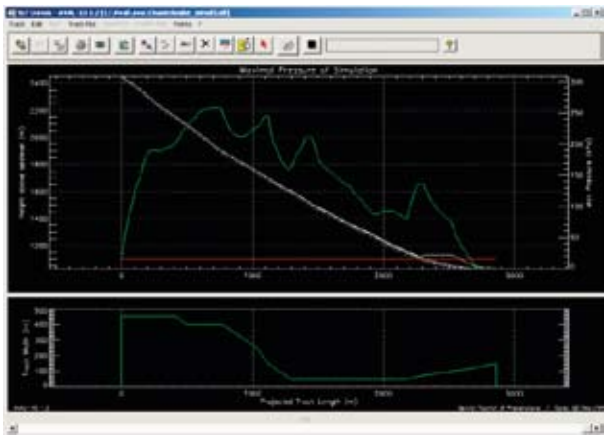
Le aree predisposte al distacco, ovvero con inclinazioni comprese tra 28° e 60°, sono state successivamente vagliate verificando la presenza di copertura arborea con l'impiego di ortofotocarte della Carta Tecnica Regionale (CTR), permettendo di discriminare le zone in cui la vegetazione arborea garantisce la stabilità del manto nevoso da quelle in cui l'effetto di trattenimento del manto è nullo o trascurabile.

Quale elemento sfavorevole nella valutazione della pericolosità del sito - intesa come ricorrenza attesa del fenomeno valanghivo e non la sua magnitudo, che non è stata considerata come elemento discriminante in relazione all'esigenza di individuare i tratti di



viabilità maggiormente esposti al rischio di interruzione - è stata considerata la predisposizione morfologica delle singole aree di distacco ad essere sede di accumulo di neve ventata, in rapporto alla vicinanza a creste principali od a spartiacque secondari che possono influenzare la dinamica del trasporto e della deposizione della neve da parte del vento.

Ulteriori parametri considerati nel valutare la predisposizione del sito valanghivo al distacco e allo scorrimento su lunghe distanze delle masse nevose sono la rugosità del terreno e la geometria trasversale del pendio,



ovvero il suo grado di canalizzazione e la tortuosità in pianta del canale di scorrimento.

Nei confronti dei siti valanghivi più importanti e dimensionalmente più vasti, caratterizzati

da un esteso sviluppo lineare della zona d'arresto a monte della viabilità, si è proceduto alla modellizzazione della dinamica valanghiva attraverso l'impiego di un modello matematico monodimensionale per individuare le distanze d'arresto di una valanga per determinate altezze di neve in zona di distacco.

Il programma di calcolo dinamico numerico AVAL-1D impiegato (Figura 4, pag. 29), sviluppato dall'Istituto Federale per la Neve e le Valanghe – SLF - di Davos (Christen, 2002), permette di calcolare distanze di arresto, velocità e pressioni esercitate da valanghe di neve densa e di tipo polveroso.

Sulla base dei risultati ottenuti è stato possibile discriminare le situazioni che presentavano maggiori incertezze, valutando criticamente i risultati della modellistica in modo cautelativo.

Tabella 1: Valori di ΔHS (cm) calcolati con Tr (tempo di ritorno) di 10 anni per le 4 stazioni nivometriche considerate

ΔHS (24h) relativo a Tr=10 anni

	Quota m s.l.m.	N. anni d'osservazione	ΔHs 24h
Pragelato	1600	26	68,6
Praly	1350	22	73,71
Sestriere	2020	19	75,77
Bardonecchia	1975	22	74,14
Media ΔHS			**73,06**

Figura 5: Scheda descrittiva redatta per ciascun sito valanghivo studiato.

VALANGA N°:	4
PERICOLOSITA':	moderata
CLASSE DI INTENSITA':	3 - forte
TAVOLA CARTOGRAFICA:	TAV_I
ALLEGATI FOTOGRAFICI:	si
	DESCRIZIONE GENERALE
COMUNE:	Fenestrelle
LOCALITA':	Colletto
DENOMINAZIONE SITO:	Cappella dei Friset (Coupure)
BACINO IDROGRAFICO:	T. Chisone
SEZIONE CTR:	154130 0
	CARATTERISTICHE TOPOGRAFICHE
QUOTA MAX DISTACCO (m s.l.m.):	1700
QUOTA MIN ARRESTO (m s.l.m.):	1170
DISLIVELLO (m):	530
LUNGHEZZA REALE (m):	1120
SUPERFICIE TOTALE (m):	114724
	ZONA di DISTACCO
UBICAZIONE:	Entro il limite del bosco
MORFOLOGIA:	Impluvio/canalone
SUBSTRATO:	Praterie rupicale
LARGHEZZA MAX (m):	265
INCLINAZIONE MEDIA (m):	25
ESPOSIZIONE:	Sud-Est
	ZONA di SCORRIMENTO
UBICAZIONE:	Entro il limite del bosco
MORFOLOGIA:	canalone
SUBSTRATO:	Praterie rupicale Conifere sempreverdi (Pino Silvestro) Vegetazione arbustiva
INCLINAZIONE MEDIA (°):	39
PROFILO:	Rettilineo
ANDAMENTO PLANIMETRICO	Curvilineo
	ZONA di ARRESTO
LUOGO di ARRESTO:	Nel corso d'acqua/nel fondovalle
MORFOLOGICA:	Conoide/base impluvio
INCLINAZIONE MEDIA (°):	14
COSTRUZIONI ANTROPICHE:	Rotabile ss 23/manufatti
PRESENZA DI INDIZI:	

OPERE DI DIFESA ESISTENTI	**DISTACCO ARTIFICIALE**
Reti da neve	elicottero

DANNI	
Seppellimento auto - 10 Feb, 10 Mar 1972	C.F. Capello et al., 1980
Interruzione ss 23 - 2 Gen, 24 Dic 1973	C.F. Capello et al., 1980
Rotabile ss 23 - 4/5/1975	C.F. Capello et al., 1980
Rotabile ss 23 - 1976, 1977, 9/2/1978	C.F. Capello et al., 1980
Rotabile ss 23, distrugge letto cappella - 1/3/1993	R. Piemonte, SMI - 1993, com. pers. G. Mancinetti - Anas

LE ELABORAZIONI STATISTICHE SUI DATI NIVOMETRICI

I dati che caratterizzano le precipitazioni nevose in 24 ore con Tr (tempo di ritorno) di 10 anni, sono il risultato di un'elaborazione probabilistica secondo il modello della "distribuzione doppio esponenziale" di Gumbel.

Si specifica che con "HS" si intende "altezza totale del manto nevoso" e che con ΔHS si indica la differenza tra il valore di HS per un dato giorno alle ore 8.00 a.m. e quello del giorno precedente alla stessa ora (trattandosi prevalentemente di dati misurati da stazioni automatiche). Il tempo di ritorno di 10 anni è stato individuato come appropriato indicatore per la rappresentazione di un evento di moderata criticità per la viabilità, sulla base della documentazione di eventi valanghivi del passato (es: l' evento del Marzo 1993) che diedero luogo a valanghe sull'area di studio.

L'elaborazione probabilistica è stata effettuata computando i dati relativi alle seguenti stazioni nivometriche:

- Sestriere (quota 2020 m s.l.m.): 26 anni di osservazione non consecutivi, dal 1974 al 2005;
- Praly (quota 1350 m s.l.m.): 22 anni di osservazione consecutivi dal 1984 al 2005;
- Pragelato (quota 1600 m s.l.m.): 20 anni di osservazione consecutivi, dal 1986 al 2005;
- Bardonecchia (quota 1975 m s.l.m.): 22 anni di osservazione consecutivi dal 1984 al 2005.

Dalla Tabella 1, riassuntiva dei

risultati ottenuti, emerge che il valore medio di precipitazione nevosa attesa in 24 ore con un tempo di ritorno di 10 anni è pari a 73 cm circa. Tale valore è stato quindi assunto come valore di soglia critica per l'innesco dei fenomeni valanghivi che possono interessare la viabilità connessa al sistema olimpico alpino.

LA DOCUMENTAZIONE PRODOTTA

Ogni singolo sito valanghivo censito è stato rappresentato graficamente in un Sistema Informativo Territoriale con l'applicativo ESRI©-ArcView 3.3, che permette la gestione in un unico ambiente informatico di tutta la documentazione esistente georiferita per ogni singolo sito.

Gli elaborati cartografici sono stati redatti in 12 tavole separate alla scala 1:10.000, con un quadro d'insieme alla scala 1:25.000.

Per ogni sito valanghivo è stata compilata una scheda descrittiva (Figura 5), che riporta le caratteristiche geografiche, morfologiche e dimensionali di ogni singola zona del sito; inoltre, all'interno della scheda vengono riportati, ove conosciuti, i dati relativi ai danni procurati dalle valanghe (data dell'evento, dettaglio dei danni, eventuali feriti e/o vittime).

Ogni scheda è suddivisa in campi, compilati utilizzando una serie di definizioni codificate (Tabella 2). La documentazione fotografica relativa ad ogni scheda descrittiva è costituita da fotografie con didascalia che descrivono nel dettaglio le differenti zone di ciascun sito valanghivo e i danni documentati, ove riscontrati (Figura 6).

La carta di probabilità valanghiva

E' un documento cartografico tematico, suddiviso in 12 tavole, redatto in scala 1:10.000 su base topografica della Carta Tecnica Regionale – CTR (Figura 7, pag. 32).

Ogni sito valanghivo cartografato viene definito con un limite e caratterizzato con un colore riferito ad una scala di tipo semaforico: rosso, arancione o giallo, secondo la legenda riportata in tabella 3.

Le tre classi di pericolosità così identificate permettono di individuare i settori di viabilità maggiormente esposti al pericolo di caduta di valanghe, sui quali, al verificarsi di un evento di precipitazione nevosa pari alla soglia critica, è consigliabile indirizzare prioritariamente le azioni preventive di chiusura al traffico veicolare e sui quali avviare le necessarie operazioni di monitoraggio e di valutazione della stabilità del manto nevoso.

La quarta classe (colore grigio) indica siti valanghivi non rilevati

Parametri e definizioni adottati per la caratterizzazione di ciascun sito valanghivo

UBICAZIONE (situazione topografica generale)	MORFOLOGIA (configurazione del terreno)
Zona delle creste (creste e pendii in quota) Tra le creste ed il limite del bosco (oltre il limite della vegetazione) Entro il limite del bosco (sotto il limite della vegetazione)	Versante aperto (pendio uniforme) Versante imbutiforme (impluvio) Canalone/canale Banchi rocciosi
SUBSTRATO (caratteristiche della superficie)	**LUOGO DI ARRESTO**
Morena Roccia affiorante Detrito di falda Suolo liscio privo di vegetazione Pascolo con rocce affioranti Prateria rupicola Vegetazione erbacea Vegetazione arbustiva (arbusteto) Vegetazione arborea (bosco di latifoglie, lariceto, bosco di conifere sempreverdi)	Lungo il versante (alla base del versante) Nel canalone (alla base del canalone) Nel bosco Nel fondovalle (conoide…) Nel corso d'acqua Nel lago/diga Sul versante opposto Contro opere di difesa passive (quali…) In zone edificate Sulle vie di comunicazione (quali…)
ANDAMENTO PLANIMETRICO	**PROFILO**
Rettilineo Curvilineo Tortuoso Confluenza di canali	Rettilineo A balze Tortuoso
OPERE DI DIFESA ESISTENTI	**DANNI**
Rastrelliere Reti da neve Gradoni o terrazzamenti Rimboschimenti Barriere frangivento Opere frenanti o di deviazione Gallerie paravalanghe Semafori da valanga Opere di altro tipo Nessuna	Fabbricati civili/manufatti Rifugi/malghe/alpeggi Rotabili/ferrovie Linee elettriche/telefoniche Impianti risalita/piste da sci Bosco maturo/in rinnovazione Altro

Tabella 2: Parametri e definizioni adottati per la caratterizzazione di ciascun sito valanghivo.

Figura 6: Vista d'insieme delle valanghe del versante meridionale del monte Chaberton.
Si osserva la galleria paravalanghe a protezione della SS 24 del Monginevro.

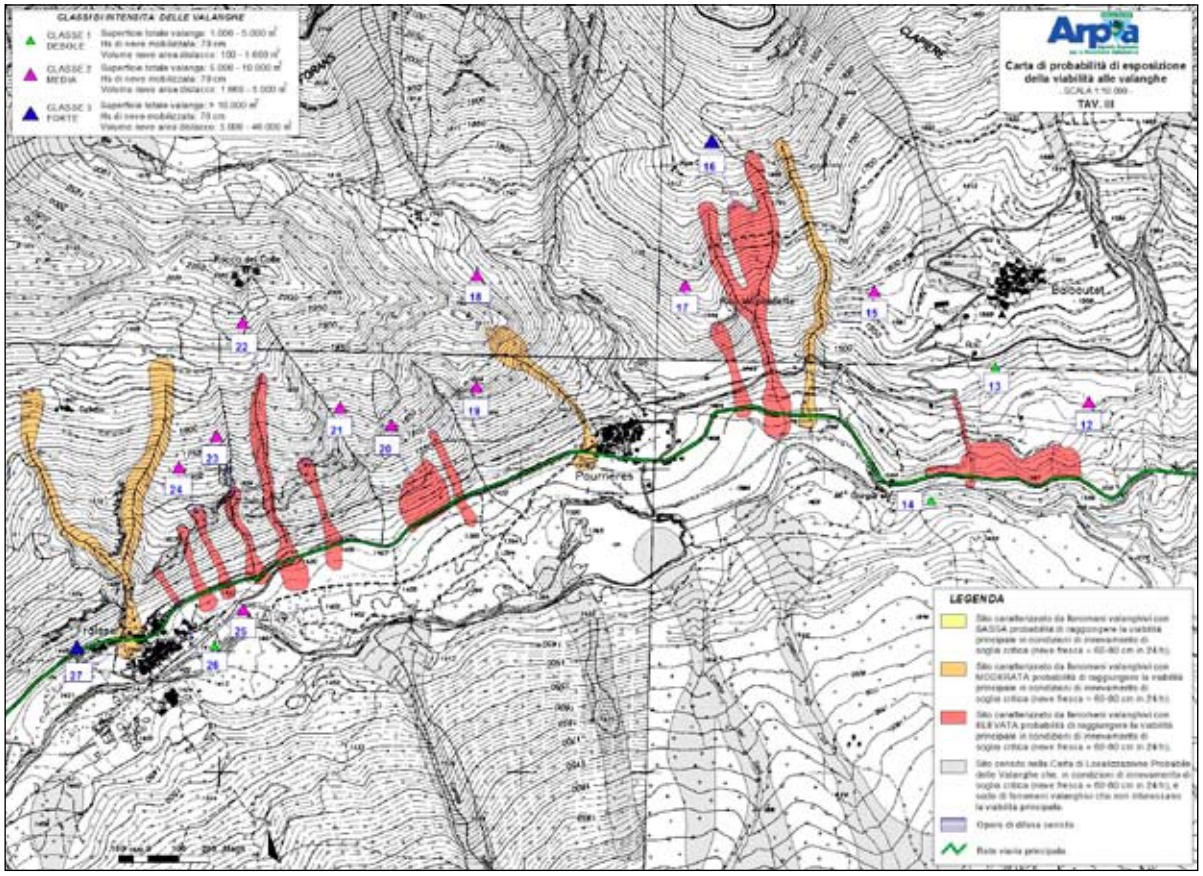


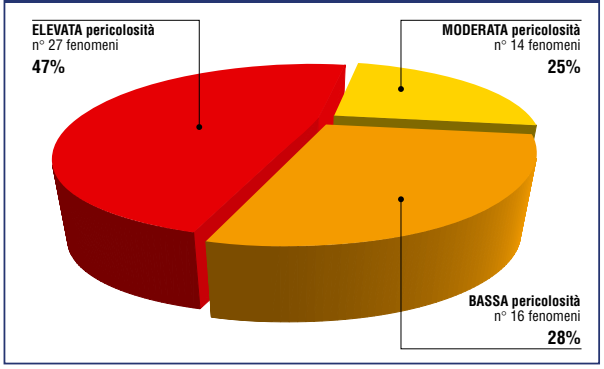
Figura 7: Esempio di tavola cartografica della "Carta di Probabilità Valanghiva", relativa ad una zona della Val Chisone.

Tabella 3: Legenda delle classi di probabilità in condizioni di innevamento di soglia critica (neve fresca = 60-80 cm in 24 h)

Grafico 1: Frequenza delle classi di pericolosità.

LEGENDA DELLA CARTA DI PROBABILITA' VALANGHIVA	
	Sito caratterizzato da fenomeni valanghivi con **elevata** probabilità di raggiungere la viabilità principale.
	Sito caratterizzato da fenomeni valanghivi con **moderata** probabilità di raggiungere la viabilità principale.
	Sito caratterizzato da fenomeni valanghivi con **bassa** probabilità di raggiungere la viabilità principale.
	Sito censito nella Carta di Localizzazione Probabile delle Valanghe che è sede di fenomeni valanghivi che non interessano la viabilità principale.

Frequenza delle *classi di pericolosità*



direttamente per il presente lavoro, ma desunti dalla bibliografia; tali siti, nelle condizioni di innevamento prefigurate, possono essere sede di fenomeni valanghivi ma che non interessano la viabilità principale e che per questo motivo non sono stati attribuiti a una delle tre classi di pericolosità sopracitate.

E' importante sottolineare che lo scenario di pericolosità rappresentato è riferito ad un evento di precipitazioni nevose che si depositino al suolo con condizioni di medio innevamento, ovvero con una potenziale superficie di scorrimento delle valanghe caratterizzata da una bassa rugosità (principali asperità del terreno coperte dal manto nevoso, canali di scorrimento colmati da accumuli di valanga, ...).

La Carta di probabilità valanghiva costituisce sostanzialmente un documento cartografico finalizzato ad evidenziare i settori di viabilità maggiormente esposti al pericolo di valanghe.

E' evidente che, con l'approccio impiegato, la validità di tale carta non risulta applicabile nel caso in cui si verifichino precipitazioni di durata superiore a più giorni che determinino il raggiungimento di altezze di neve fresca superiori a quelle prese in considerazione (60–80 cm in 24/h) per la redazione della cartografia.

In tal caso l'attribuzione alle diverse classi di pericolosità dei singoli siti non sarebbe più valida, in quanto maggiori quantità di neve mobilizzabile permetterebbero alle valanghe di raggiungere superiori distanze d'arresto. Lo studio condotto ha portato all'individuazione di 47 siti valanghivi, ovvero porzioni di territorio all'interno dei quali possono mobilizzarsi simultaneamente masse di neve - valanga s.s - e 10 zone valanghive, ossia porzioni di territorio circoscritto, immediatamente sovrastanti la viabilità principale, all'interno delle quali possono verificarsi scaricamenti di neve, anche parziali, differenziati nel tempo e nello spazio.

Nel Grafico 1 e nella Tabella 4 si riportano i risultati finali della ricerca relativa ai settori critici individuati all'interno dei singoli

territori comunali studiati.

Classi di intensità per le valanghe

Al fine di fornire anche un'indicazione sulla magnitudo degli eventi attesi e conseguentemente della gravità degli scenari è stato attribuito ad ogni singola area valanghiva un valore d'intensità dei fenomeni attesi e una descrizione dei possibili effetti sui veicoli eventualmente coinvolti. Le aree valanghive analizzate sono state attribuite a 3 classi di intensità crescente (Classe 1-DEBOLE; Classe 2-MEDIA; Classe 3-FORTE), sulla base di una ''scala d'intensità'', modificata e semplificata per il presente lavoro, ideata da Rapin & Guillande (2005).

In particolare si può affermare che riguardo agli effetti prevedibili nello scenario considerato si potrebbero osservare danni da lievi fino a forti su infrastrutture e opere antropiche; ci si può aspettare l'abbattimento parziale di pali in legno, paracarri, tralicci, fino all'abbattimento di pali in cemento e ferro o il rovesciamento di autovetture e furgoni fino al ribaltamento di camion ed autobus.

La rete viaria può diventare localmente impraticabile anche per i veicoli fuoristrada, con accumuli che ricoprono il tracciato, necessitando di un rapido sgombero, fino a diventare del tutto impraticabile con perdita del tracciato e necessitando di importanti lavori di sgombero.

Come riferimento si veda la Tabella 5, semplificata e rielaborata dalla scala d'intensità sopra citata, di Rapin & Guillande (2005).

INDICAZIONI PER UN IMPIEGO OPERATIVO DELLA CARTOGRAFIA

La cartografia prodotta può rappresentare un utile strumento per evidenziare i potenziali settori di viabilità olimpica esposti al pericolo di valanghe, ma solo se associato ad una corretta valutazione di tutti i fattori che concorrono all'instaurarsi di una situazione predisponente il distacco di valanghe.

Nella prospettiva di prevederne un impiego operativo attraverso uno specifico piano di gestione dell'emergenza, si è ritenuto opportuno che nella pianificazione della mobilità nel periodo olimpico si tenesse conto dei seguenti aspetti operativi:

Quadro riassuntivo delle aree valanghive studiate

Comune	N° siti valanghivi	N° zone valanghive	N° elevata pericolosità	N° moderata pericolosità	N° bassa pericolosità
Fenestrelle	6	1	3	3	1
Usseaux	16	4	16	3	1
Pragelato	2	1	2	/	1
Sestriere	7	3	5	3	2
Sauze Cesana	4	/	/	/	4
Cesana Torinese	6	1	1	3	3
Claviere	3	/	/	1	2
Bardonecchia	1	/	/	/	1
Salbertrand	2	/	/	1	1
Totale	47	10	27	14	16

Tabella 4: Quadro riassuntivo delle aree valanghive studiate.

Figura 8: Centro Meteorologico Locale – Comune di Sestriere (TO).

Scala d'intensità

Classi di intensità	Volumi di neve in area di distacco	Effetti prevedibili delle valanghe su rete viaria ed infrastrutture
1- DEBOLE	Volume ≈ 100 - 1.000 m^3	*generalmente non arreca danni gravi alle vetture ed alle infrastrutture* - rete viaria: viene resa momentaneamente ostruita al transito delle autovetture, necessitando di un rapido sgombero. - seppellimenti localizzati.
2 - MEDIA	Volume ≈ 1.000 - 5.000 m^3	*danni moderati con parziale abbattimento di pali in legno e tralicci* - rovesciamento di automobili, furgoni. - rete viaria: può diventare localmente impraticabile al transito di tutte le autovetture, con accumuli nevosi che ricoprono il tracciato, necessitando di ordinari interventi di sgombero. - seppellimenti importanti.
3 - FORTE	Volume ≈ 5.000 - 50.000 m^3	*danni moderati con distruzione di pali in cemento, ferro e dei paracarri* - rovesciamento di camion, autobus. - rete viaria: diventa decisamente impraticabile con totale perdita del tracciato, necessitando di importanti lavori di sgombero. - seppellimenti completi.

Per il calcolo del volume di neve in area di distacco potenzialmente mobilizzabile si è fatto riferimento ad una altezza di neve di ≈ 70 cm

Tabella 5: Scala di intensità utilizzata per classificare le aree valanghive analizzate nello scenario di innevamento prefigurato (ispirata a Rapin & Guillande, 2005).

Figura 9: Settore della SP23 del Colle del Sestriere, potenzialmente interessato da fenomeni valanghivi.

Figura 10: Ubicazione delle stazioni nivo-meteorologiche della rete di monitoraggio regionale ubicate nell'area olimpica alpina dei XX Giochi Olimpici Invernali TORINO 2006.

Dotazione sensoristica delle stazioni nivo-meteorologiche automatiche

Ta	Temperatura aria (°C)
RH	Umidità relativa (%)
P	Precipitazioni (mm)
VV	Velocità vento (m/s)
DV	Direzione vento (gradi)
Hn	Altezza neve (cm)
RADD	Radiazione solare globale (W/m2)
RADRsw	Radiazione solare riflessa (W/m2)
PW	Tempo presente
B	Pressione atmosferica (hPa)
Tn	Temperatura neve (°C)
Tnir	Temperatura superficiale neve (°C)
CC	Copertura nuvolosa (ottavi)
LLCH	Altezza base nuvole (m)

Tabella 6: Dotazione sensoristica delle stazioni nivo-meteorologiche automatiche.

Pagina a lato
Figura 11: Bollettino Valanghe del Sistema Olimpico.

• definizione delle procedure di allertamento, attraverso una chiara definizione di compiti e responsabilità a carico dei diversi soggetti istituzionali coinvolti nel contesto del sistema di allertamento regionale ai fini di protezione civile, sulla base delle previsioni emesse dal Centro Funzionale di ARPA Piemonte;
• valutazione preventiva delle possibili alternative di indirizzamento o di gestione del traffico durante l'evento olimpico al verificarsi delle condizioni di emergenza determinanti la chiusura al traffico di parte della viabilità montana;
• definizione di un adeguato piano di monitoraggio dei fenomeni valanghivi attraverso un'apposita rete di osservatori sui punti maggiormente critici e col supporto delle Commissioni Locali Valanghe istituite dalla Comunità Montana Val Chisone e dalla Comunità Montana Alta Valle Susa;
• valutazione di fattibilità di un piano per il distacco programmato delle valanghe attraverso l'uso di cariche esplosive.

Per quanto concerne l'organizzazione delle procedure d'allertamento, queste sono state definite coerentemente con quelle adottate nel Sistema d'allertamento regionale ai fini di protezione civile, approvato con D.G.R. 23 Marzo 2005, n° 37-15176.
All'interno di tale sistema ARPA Piemonte ha predisposto, durante l'evento olimpico, un Centro Meteorologico Locale in Comune di Sestriere (Figura 8), dedicato alla previsione meteorologica e nivologica per l'area olimpica alpina.

Il sistema d'allertamento prevede l'emissione di avvisi di criticità valanghe; la scala di criticità è articolata in due livelli: moderata (livello 2) e elevata (livello 3). La distinzione tra le situazioni da livello 2 e quelle da livello 3 si basa sul numero di fenomeni valanghivi atteso, sulle loro dimensioni e sull'estensione di territorio coinvolta dai fenomeni.
In relazione all'eventuale emissione di tali avvisi è stato predisposto dalla Prefettura di Torino in collaborazione con il Servizio Protezione Civile della Provincia di Torino, in occasione dell'evento olimpico, un piano operativo contenente l'individuazione delle operazioni di monitoraggio da attuare e le misure di protezione civile da adottare. Il piano è stato testato in occasione di una specifica esercitazione organizzata dalla Prefettura di Torino, denominata PRO-CIV '05, svoltasi il 4 e 5 Novembre 2005, e che ha coinvolto tutti i comuni dell'area olimpica.
Riguardo alla eventuale applicazione di un sistema di distacco programmato delle valanghe, nella redazione delle schede descrittive dei vari siti valanghivi si è fatto riferimento alla possibilità di impiego di esplosivo per il distacco programmato. L'attuabilità di questo sistema è risultata tuttavia fortemente limitata essenzialmente dall'elevato numero di siti da bonificare e, su molti di questi, dalla potenziale esposizione di beni alla dinamica valanghiva in caso di distacco provocato.

APPLICAZIONE DELLO STUDIO AL PERIODO OLIMPICO E PARALIMPICO

Circa trenta stazioni di monitoraggio nivo-meteorologico automatiche di Arpa Piemonte distribuite nell'area olimpica alpina

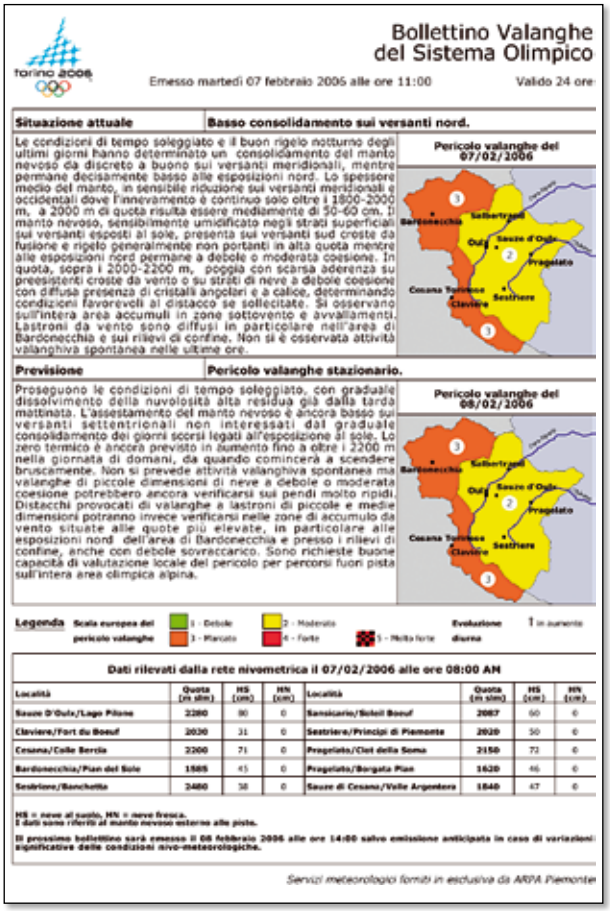
(Figura 10) hanno rappresentato una valida base d'informazione sulle condizioni nivo-meteorologiche in quota per la previsione locale del pericolo di valanghe.
La dotazione sensoristica delle stazioni automatiche, variabile a seconda delle differenti configurazioni presenti, è composta dai sensori riportati in Tabella 6.
Il periodo relativo ai Giochi Olimpici e Paralimpici Invernali di Torino 2006 è stato caratterizzato da condizioni nivo-meteorologiche sostanzialmente favorevoli allo svolgimento dell'evento.
Durante i 26 giorni del periodo Olimpico solo 8 sono stati caratterizzati da precipitazioni nevose di debole intensità, con un massimo di neve fresca registrato in 24 ore di 37 cm e con un apporto complessivo di 50-80 cm di neve fresca (Tabella 7).
Durante i 10 giorni del periodo Paralimpico solo 3 sono stati quelli nevosi, con un valore cumulato di neve fresca variabile tra 10 e 17 cm di neve fresca.
Specificamente per l'area olimpica montana sono stati emessi 26 bollettini valanghe (Figura 11) durante il periodo pre-olimpico e olimpico, di cui 23 caratterizzati da un grado di pericolo riferito alla Scala unificata europea pari a 3 – marcato (88%) (Tabella 8).
Nel periodo paralimpico sono stati emessi 10 bollettini, di cui 6 caratterizzati da un grado di pericolo valanghivo pari a 3 – marcato (60%).
Un'intensa e protratta attività eolica ha fortemente influenzato le condizioni d'innevamento, determinando frequenti situazioni di predisposizione del manto nevoso al distacco di valanghe a lastroni; tuttavia non si sono verificate condizioni per l'emissione di un avviso di criticità valanghe d'interesse per la viabilità per l'intera durata dei Giochi Olimpici Invernali.

RINGRAZIAMENTI

Gli autori ringraziano i colleghi Maria Cristina Prola ed Andrea Bertea per il supporto nella ricerca documentale e per gli utili consigli nella realizzazione del lavoro; Silvia Musso per il lavoro di acquisizione e validazione dei dati nivometrici e Claudio Boggiatto per il lavoro sulla modellizzazione valanghiva.

BIBLIOGRAFIA

• Capello C.F. et al. (1980): "Archivio storico-topografico delle valanghe italiane (Provincia di Torino)". Torino. Istituto di Geografia Alpina dell'Università di Torino.
• Christen M., Bartelt P., Gruber U. (2002) Aval 1D – Numerical calculation of dense flow and powder snow avalanches. Davos (CH). Swiss Federal Institute for Snow and Avalanche Research.
• Rapin & Guillande (2005): "Une nouvelle echelle d'intensité pour les avalanches". Neige et Avalanche n° 109.
• Tomasuolo E. (2001): "Creazione di un archivio GIS degli eventi valanghivi in Provincia di Torino nel periodo 1885-1951". Facoltà Scienze Matematiche, Fisiche e Naturali dell'Università di Torino. Tesi di Laurea inedita.
Sito Internet: www.webgis.csi.it/arpa/SigeoOnline.



Precipitazioni nevose

Sestriere Principi di Piemonte (2020 m slm)	Giorni nevosi	Valore massimo di neve fresca in 24h	Neve fresca cumulata	Massimo di neve al suolo
Olimpiadi (10-26 Feb)	7	17	47	82
Paralimpiadi (10-19 Mar)	2	8	13	85
Bardonecchia Rochemolles (1975 m slm)	**Giorni nevosi**	**Valore massimo di neve fresca in 24h**	**Neve fresca cumulata**	**Massimo di neve al suolo**
Olimpiadi (10-26 Feb)	8	15	70	65
Paralimpiadi (10-19 Mar)	3	10	17	105
Pragelato Clot della Soma (2150 m slm)	**Giorni nevosi**	**Valore massimo di neve fresca in 24h**	**Neve fresca cumulata**	**Massimo di neve al suolo**
Olimpiadi (10-26 Feb)	8	37	78	125
Paralimpiadi (10-19 Mar)	2	5	10	107

Tabella 7: Precipitazioni nevose del periodo dei Giochio Olimpici e Paralimpici Invernali Torino 2006. Le unità di misura sono espresse in cm.

Pericolo valanghe

Periodo pre-Olimpico ed Olimpico		
Grado di pericolo	Numero di giorni d'emissione	%
1 - debole	0	0
2 - moderato	3	12
3 - marcato	23	88
4 - forte	0	0
5 - molto forte	0	0
Periodo Paralimpico		
Grado di pericolo	Numero di giorni d'emissione	%
1 - debole	0	0
2 - moderato	4	40
3 - marcato	6	60
4 - forte	0	0
5 - molto forte	0	0

Tabella 8: Gradi di pericolo utilizzati nei bollettini valanghe del sistema olimpico.