

RILEVAZIONE AUTOMATICA VALANGHE

In Piemonte la realizzazione di un innovativo sistema automatico per la rilevazione di fenomeni valanghivi a protezione della viabilità di montagna

Adelmo Crotti
Politecnico di Torino

**Dario Alberto e
Francesco Ramella Pezza**
liberi professionisti

Sono oggi disponibili sul mercato diversi sistemi per la protezione dal rischio valanghivo. Il più diffuso è quello costituito dalle reti. I principali vantaggi delle reti sono l'elevata efficienza ed adattabilità alle diverse conformazioni del terreno, ridotti costi di gestione a fronte di elevati costi d'installazione e considerevole impatto ambientale.

Analoghe problematiche caratterizzano le opere di difesa passiva volte a deviare, frenare o contenere la massa di neve in movimento e realizzate nella zona di scorrimento o di accumulo della valanga; nel caso si debba proteggere un tratto di strada o un'opera d'arte si possono prevedere valli o rilevati in terreno naturale o terre armate, oppure gallerie artificiali aperte verso valle o totalmente chiuse.

Il distacco programmato, infine, basa la sua azione difensiva sul concetto di provocare il distacco di piccole masse nevose nel momento voluto, in modo che la valanga che si genera sia di dimensioni contenute e non provochi danni.

In taluni casi, anche in relazione alla frequenza ed all'estensione dell'evento valanghivo, possono prevedersi interventi di altro tipo, basati sul monitoraggio dell'evento calamitoso e con una protezione attiva dei tratti di strada potenzialmente interessati dal percorso della

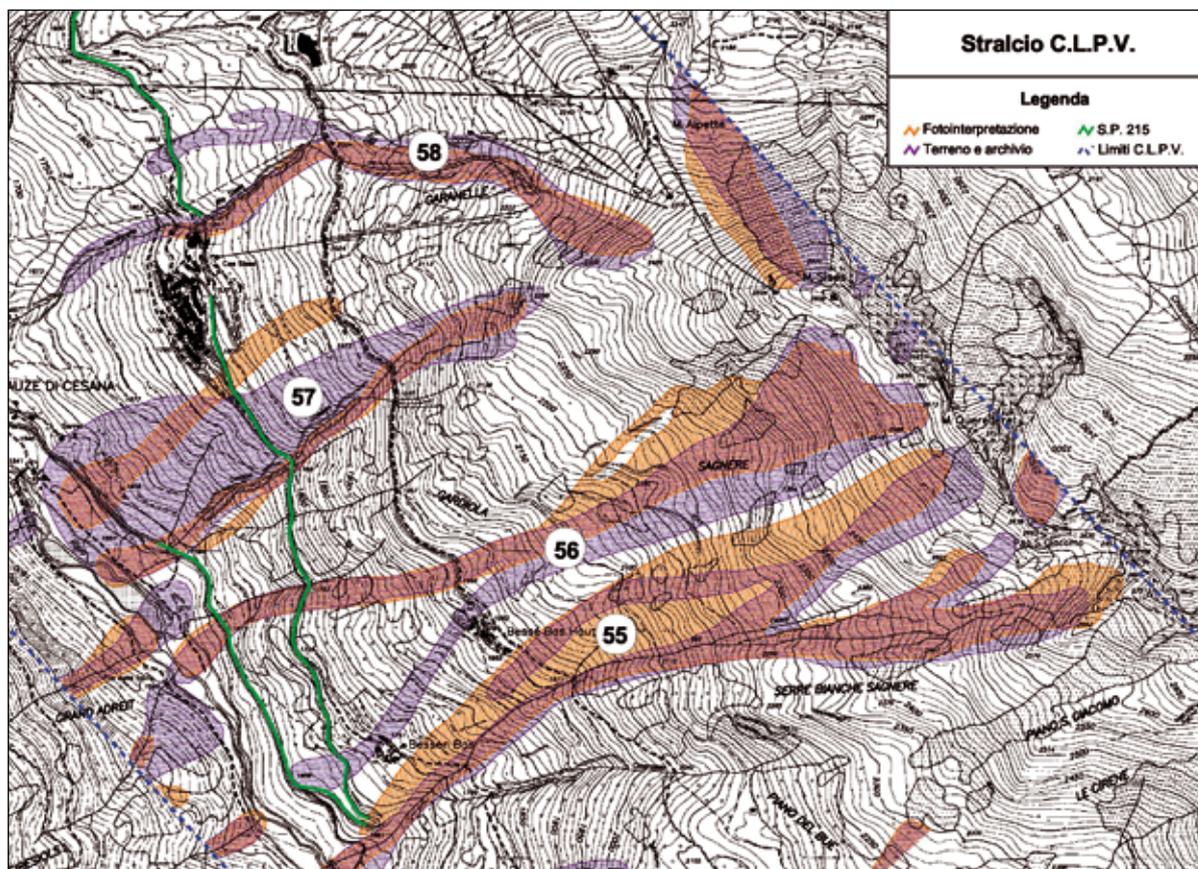
valanga. Un siffatto sistema di telecontrollo è stato progettato ed installato sulla S.P. 215 "del Sestriere" nel tratto compreso fra Sauze di Cesana e Sestriere, nell'ambito del programma di interventi di adeguamento e messa in sicurezza delle strade interessate dai giochi olimpici invernali "Torino 2006", condotto dall'Amministrazione Provinciale di Torino.

Il sistema è costituito da:

- stazione di rilevamento composta da 4 pali in acciaio ubicati in modo tale da intercettare il movimento di masse nevose;
- postazione periferica di controllo e comando che riceve i segnali dai sensori, li analizza ed invia:
- un segnale via radiomodem a 4 coppie di semafori ubicati a monte e a valle delle zone di potenziale pericolo sulla SP215;
- un allarme ed una fotografia dell'area di distacco ad un centro di supervisione.

Il centro di supervisione riceve anche le fotografie della strada dalle fotocamere posizionate in corrispondenza delle lanterne semaforiche. Nel caso in cui si rilevi l'effettiva presenza di una valanga lungo la strada, vengono fatti intervenire i mezzi sgombraneve (in presenza di un falso allarme le lanterne semaforiche vengono spente).





I sistemi di protezione usualmente adottati contro il pericolo di caduta di valanghe sono di tipo attivo, passivo o di distacco programmato delle valanghe stesse; ognuno di tali sistemi ha caratteristiche peculiari che lo rendono preferibile a seconda del particolare contesto ambientale in cui si deve operare.

Le opere di difesa attiva sono quelle mirate principalmente ad evitare la formazione del fenomeno valanghivo e sono quindi posizionate nell'area di probabile distacco della valanga; rientrano in questa categoria tutte le opere comunemente definite paravalanghe, realizzate perlopiù mediante reti fermaneve disposte in file con andamento sensibilmente parallelo alle curve di livello.

I principali vantaggi di tali opere sono l'elevata efficienza ed adattabilità alle diverse conformazioni del terreno, ridotti costi di gestione a fronte di elevati costi d'installazione e considerevole

impatto ambientale in quanto visibili anche a grande distanza ed in ogni stagione.

A prezzi correnti le reti fermaneve di altezza pari a 3 m costano circa 1.000,00 euro/m lineare, per cui, ponendo le file ad una distanza media di circa 25-30 m l'una dall'altra, per proteggere un'area di 10.000 m² (1 ha) dal distacco di valanghe è richiesto un investimento di circa 400.000 euro.

Le opere di difesa passiva invece sono quelle rivolte principalmente a deviare, frenare o contenere la massa di neve in movimento e sono realizzate nella zona di scorrimento o di accumulo della valanga; nel caso si debba proteggere un tratto di strada o un'opera d'arte si possono prevedere valli o rilevati in terreno naturale o terre armate, oppure gallerie artificiali aperte verso valle o totalmente chiuse. Anche questa seconda tipologia di opere comporta elevati costi di realizzazione e non trascurabili

impatti ambientali, soprattutto laddove si debbano realizzare gallerie artificiali.

Il distacco programmato, infine, basa la sua azione difensiva sul concetto di provocare il distacco di piccole masse nevose nel momento voluto, in modo che la valanga che si genera sia di dimensioni contenute e quindi non raggiunga la strada o le infrastrutture sottostanti o comunque non provochi danni.

I vantaggi del distacco programmato sono i modesti costi d'intervento e d'esercizio, se rapportati alle superfici da difendere, l'inquinamento ambientale praticamente nullo, la possibilità di essere utilizzato anche quando risulta complesso intervenire nella zona di distacco, ma, nell'eventualità di dover essere impiegato a protezione della viabilità, comporta il monitoraggio continuo della massa nevosa in quota e la periodica interruzione della circolazione veicolare in concomitanza delle operazioni di distacco.

L'esplosione può essere prodotta con vari metodi, utilizzando esplosivi tradizionali o miscele esplodenti gassose. L'esplosivo solido può essere trasportato nel punto voluto con l'impiego di teleferiche, mentre il distacco mediante esplosione di gas si ottiene installando a monte dell'area interessata un deposito di bombole di gas propano e alcuni esploditori ove avviene la miscelazione e la combustione, telecomandabile da remoto.

Il distacco programmato viene normalmente utilizzato a protezione di aree sciabili o comunque in presenza di zone abitualmente presidiate e richiede la presenza di personale specializzato avente buone conoscenze nivologiche. In taluni casi, anche in relazione alla frequenza ed all'estensione dell'evento valanghivo, possono

invece prevedersi interventi di altro tipo, più tecnologici e meno invasivi, basati sul monitoraggio dell'evento calamitoso e con una protezione attiva dei tratti di strada potenzialmente interessati dal percorso della valanga. Un siffatto sistema di telecontrollo è stato progettato ed installato sulla S.P. 215 "del Sestriere" nel tratto compreso fra Sauze di Cesana e Sestriere, nell'ambito del programma di interventi di adeguamento e messa in sicurezza delle strade interessate dai giochi olimpici invernali "Torino 2006", condotto dall'Amministrazione Provinciale di Torino.

IL CONTESTO

La SP 215 è stata interessata in epoche passate, e talora anche di recente, da fenomeni valanghivi nel tratto compreso fra l'abitato di Sauze di Cesana e l'intersezione con il Rio Sises, poco oltre l'agglomerato di Grange Sises.

Il potenziale pericolo è costituito da 4 principali valanghe (la

denominazione delle valanghe è quella utilizzata nella carta regionale di previsione del rischio valanghivo - CLPV):

- valanga n. 55, "delle Serre Bianche" (di cui peraltro si è constatata la non pericolosità per la SP215);
- valanga n. 56, "di Sagnere";
- valanga n. 57, "Comba Cassen";
- valanga n. 58, "del Monte Alpette o Garanelle".

Dall'esame della conformazione delle aree di distacco e di scorrimento delle valanghe è evidente come la 56 e la 55 abbiano zone di distacco ampie e canali di scorrimento ben circoscritti, mentre la 57 e la 58, al contrario, sono caratterizzate da zona di distacco maggiormente circoscritta ma con fascia di scorrimento trasversalmente ampia.

Alla luce di tali peculiarità, la messa in sicurezza delle valanghe 57 e 58 è stata effettuata ricorrendo alla realizzazione di reti fermandone (posizionate



a scacchiera per consentire il passaggio degli animali), installate in moduli della lunghezza di circa 40-50 m, con un distanziamento sulla linea di massima pendenza di circa 20-25 m in funzione della conformazione morfologica del terreno. L'estensione dell'intervento ha interessato la parte sommitale e più acclive del Monte Sises ove sono localizzate le zone di distacco delle valanghe di Sagnere e di Comba Cassen, tra loro finitime.

La zona di distacco della valanga n. 56 è invece costituita dall'intero bacino sommitale compreso fra il Monte Sises ed il Monte Quelleret, anche se si sono osservati distacchi parziali a quote inferiori. Quali che siano le zone di distacco, tale valanga può arrestarsi a quota 2000 m circa o proseguire con due ben individuabili linee di scorrimento che si biforcano a ovest delle case di Besse-Haut: la prima, meno probabile, scorre appena a Nord della borgata, mentre la seconda si incunea nel canale sottostante

la "Gardiola".

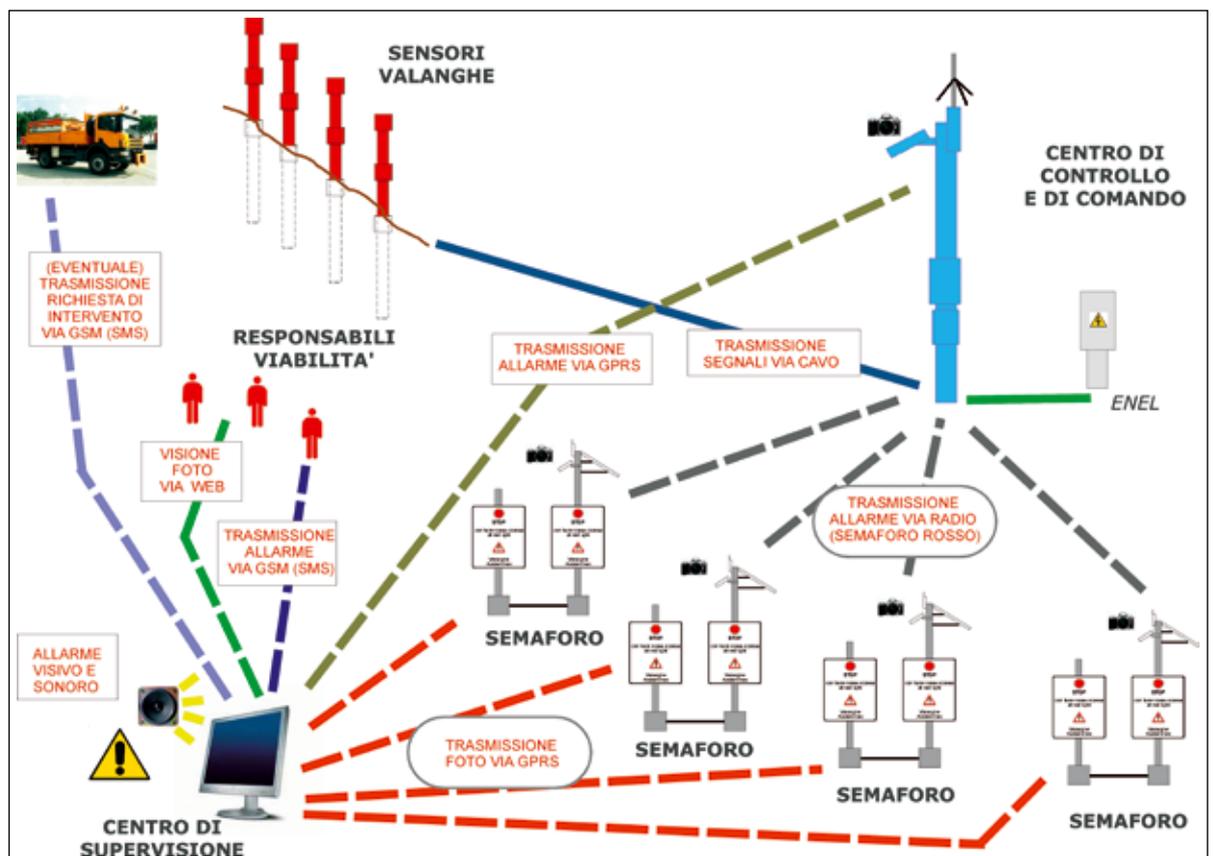
La vastità dell'area di distacco rende economicamente improponibile un intervento di difesa attiva; anche la protezione passiva, realizzabile mediante tratti di galleria artificiale chiusa di circa 100 m di sviluppo ciascuno, presenta costi di realizzazione e impatti ambientali non indifferenti stante la necessità di proteggere sia la parte superiore della strada che quella inferiore a lato del torrente Ripa, con ben 4 interventi distinti.

IL SISTEMA

Alla luce di tali vincoli è stato ideato un innovativo sistema di monitoraggio del fenomeno valanghivo, costituito da una centrale di controllo e comando automatica che riceve i segnali di allarme da una serie di sensori ubicati lungo la fascia di scorrimento della valanga in quota e pilota coppie di semafori idonei ad interrompere la circolazione veicolare sui tratti di strada potenzialmente interessati dal-

l'avanzamento delle lingue della valanga. Il sistema per la rilevazione automatica degli eventuali fenomeni valanghivi sul versante in questione è schematicamente costituito da:

- stazione di rilevamento in campagna composta da 4 pali in acciaio ancorati nel terreno (micropali), ubicati in modo tale da intercettare il movimento di masse nevose lungo il tragitto della valanga, dotati ciascuno di sensori per il rilevamento delle deformazioni conseguenti alla pressione della neve;
- postazione periferica di controllo e comando, comprensiva di centralina di analisi dei segnali provenienti dai sensori di deformazione e modulo di gestione dei segnali di allarme e diagnostica degli apparati, corredata di sostegno esterno per alloggiamento di fotocamera digitale, antenne per la trasmissione degli allarmi ai semafori sulla strada (tramite radiomodem) e di modulo GPRS per invio di messaggi e foto;



- n. 4 coppie di lanterne semaforiche (con lampade allo stato solido - LED) ubicate immediatamente a monte e a valle delle zone di potenziale pericolo sulla SP215, dotate di sistema di alimentazione autonomo a pannelli fotovoltaici, radiomodem per la ricezione degli allarmi dall'unità centrale, modulo GPRS per invio dati e immagini e hardware per la gestione dell'unità e la telediagnostica, fotocamera per la ricognizione dello stato dei luoghi. Le lanterne semaforiche sono montate su pali di altezza e dimensioni idonee a sostenere appositi pannelli fotovoltaici per l'alimentazione autonoma dei semafori e degli apparati ausiliari (radiomodem, modulo GPRS e fotocamera), con batterie tampone adatte al funzionamento a basse temperature;

- centro di supervisione con PC connesso tramite modulo GPRS alla postazione periferica di controllo e comando automatica, con software per la telegestione dell'intero sistema e trasmissione in rete delle informazioni di stato e degli allarmi (via web).

Il sistema di monitoraggio si basa sull'utilizzo di sensori in grado di rilevare deformazioni entro un campo prefissato di valori, attivabili dall'azione della massa nevosa in movimento su un'asta tubolare metallica saldamente ancorata al terreno (micropalo con armatura tubolare metallica fuoriuscente dal terreno per un'altezza approssimativa di 5 m). I segnali rilevati dai sensori vengono trasmessi tramite cavo interrato alla postazione periferica automatica contenuta entro un armadio riscaldato, alimentata a tensione di rete, in zona prossima al sito di monitoraggio ma immune dal pericolo valanga. Un'apposita scheda elettronica controlla costantemente la funzionalità

dei sensori mediante segnali di riposo e discrimina eventuali falsi allarmi; in caso di registrazione di un evento classificabile come valanghivo la scheda di elaborazione dei segnali invia ai semafori su strada un codice di attivazione della luce rossa, mediante radiomodem. Parallelamente il segnale d'allarme viene replicato all'unità di controllo, che provvede all'invio del messaggio di allarme al centro di supervisione a remoto tramite rete cellulare GPRS. Trascorso un periodo di tempo prefissato dalla registrazione dell'allarme da parte dei sensori, il computer della postazione periferica attiva la fotocamera digitale presente sul sostegno esterno ed orientata verso il sito di monitoraggio e gli apparati di ripresa fotografica ubicati sui semafori lungo strada per la ricognizione dello stato dei luoghi dopo l'evento, con successivo invio delle immagini alla postazione di supervisione a remoto per tramite di rete cellulare GPRS.

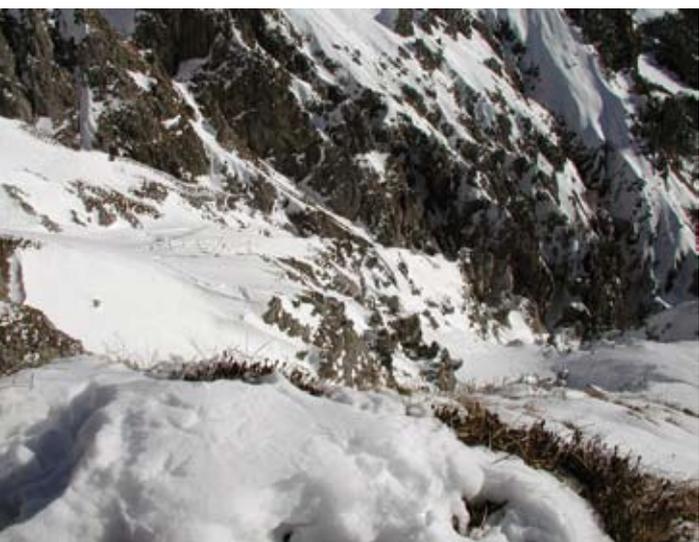
Il centro di supervisione è dotato di un software appositamente sviluppato che consente:

- l'attivazione dell'allarme ottico-acustico in caso di fenomeni valanghivi;
- l'allerta al personale addetto mediante invio di brevi messaggi di testo (SMS) su rete cellulare;
- la diagnostica dell'intero sistema con visualizzazione dello stato delle batterie tampone e dello stato delle lanterne semaforiche (ON accese/ OFF spente);
- la visualizzazione delle immagini provenienti dalle 5 telecamere installate (1 puntata sul campo sensori e le altre 4 sui tratti di strada della SP215 controllati dalle lanterne semaforiche);
- funzionalità di comandi di



accensione e/o spegnimento delle lanterne semaforiche (gestibili anche a singole coppie) e di utilità per diagnostica di funzionalità delle radio;

- comando di reset del sistema



per riapertura dei tratti di strada a seguito di chiusura automatica conseguente ad un allarme valanga;

- funzionalità di comandi di richiesta immagini dalle telecamere installate per la ricognizione dello stato delle strade.

La diagnostica sull'intero impianto è effettuata automaticamente giornalmente e consente la verifica periodica dello stato di carica delle batterie e l'aggiornamento delle immagini dalle 5 telecamere per avere comunque sempre disponibili informazioni

e immagini recenti.

L'operatore può in ogni caso di propria iniziativa comandare tramite software la diagnostica e l'effettuazione di riprese di immagini delle singole telecamere nel momento desiderato.

Le telecamere, generalmente in stato di stand-by per risparmiare energia (alimentazione a pannello solare), sono dotate di un dispositivo di riscaldamento per evitare l'appannamento del vetro nel contenitore stagno ed hanno quindi necessità di una breve pre-accensione prima di effettuare la ripresa dell'immagine. Per questo motivo tra il comando e la ricezione dell'immagine tramite GPRS possono passare alcuni minuti.

Altre postazioni, ovunque ubicate, connesse mediante rete internet al centro di supervisione, possono visualizzare o interagire col sistema mediante apposite password d'accesso, secondo livelli di autorizzazione differenziati.

Sia in caso di allarme provocato dai sensori che per even-

tuali anomalie del sistema (ad esempio a raggiungimento della soglia minima di tensione per le batterie tampone della postazione periferica di controllo e comando) vengono inviati messaggi di allarme via SMS ad una lista prestabilita di numeri di apparecchi telefonici cellulari, personalizzabile via software.

Il personale responsabile della manutenzione invernale della Provincia valuta, in relazione alla tipologia di evento come desumibile dal codice del messaggio ed eventualmente dalle riprese fotografiche, la necessità di un intervento da parte dei mezzi meccanici sgombraneve o il ripristino del funzionamento ordinario del sistema.

In condizioni di riposo i semafori lungo la SP215 si presentano spenti e accompagnati da un cartello stradale ordinario di informazione all'utenza.

I micropali con i sensori di rilevamento della valanga sono posizionati a coppie a monte della biforcazione della valanga lungo il percorso di scorrimento della

massa nevosa, uno più in alto ed uno più in basso, circa 250 m al di sopra della strada comunale per Besse-Haut. La sicurezza del sistema di rilevamento è ottenuta mediante ridondanza dei dispositivi, con due serie di sensori in parallelo su ciascuna colonna e due distinte schede di analisi dei segnali con controllo indipendente, su cui confluiscono i segnali da tutte le aste.

La distanza dei micropali con i sensori rispetto alla SP215 è tale da poter garantire con sufficiente margine di sicurezza l'evacuazione dei veicoli nel tratto di strada controllato dai semafori prima del sopraggiungere del fronte di valanga.

LA REALIZZAZIONE DEL SISTEMA ED I TEST FUNZIONALI

Il sistema è stato realizzato da una ditta specializzata nella realizzazione di impianti per il monitoraggio ambientale e il telecontrollo industriale, seguendo le specifiche funzionali e l'architettura di progetto; la ditta ha provveduto in proprio anche allo sviluppo dell'interfaccia web del software di gestione.

L'impianto è stato realizzato dapprima in forma prototipale presso il laboratorio della ditta, con prove funzionali volte ad accertare la rispondenza del sistema ai requisiti richiesti in progetto e a sperimentare l'adeguatezza e l'idoneità delle apparecchiature prescelte al particolare tipo di impiego previsto, con funzionamento continuativo in condizioni meteorologiche fortemente variabili e necessità di affidabilità assoluta per garantire i prescritti livelli di sicurezza intrinseca.

L'installazione delle apparecchiature elettroniche è stata preceduta dalla realizzazione in loco dei micropali atti all'in-

stallazione dei sensori lungo il percorso della valanga. La scelta dei micropali è stata dettata dall'esigenza di disporre di strutture di sostegno fuori terra adeguatamente robuste, in grado di resistere all'eventuale impatto della valanga e senza necessità di sostituzione dopo l'evento, al fine di garantire la continuità di funzionamento anche in caso di più eventi in serie.

Terminata l'installazione degli apparati, si è proceduto all'effettuazione delle prove di funzionamento sul campo, con simulazioni di pressioni sui micropali, registrazione dei segnali di prova, taratura del range di controllo e gestione degli allarmi con invio di codice di accensione dei semafori lungo strada. Tramite computer portatile è stato verificato il funzionamento dei singoli dispositivi elettronici e si è quindi proceduto alla messa in servizio del sistema di monitoraggio nel suo complesso.

La seconda fase di test è stata condotta dal centro di supervisione, sperimentando il telecontrollo dell'intero sistema e simulando tutte le possibili situazioni di allarme.

Ad avvenuto superamento delle prove funzionali si è proceduto all'accensione del sistema.

CONCLUSIONI

L'esperienza maturata nella progettazione e realizzazione del sistema permette di effettuare a consuntivo una valutazione costi/benefici, con riferimento in particolare alla definizione del contesto entro il quale può trovare proficua applicazione.

Il costo di realizzazione delle più tradizionali reti paravalanghe si aggira oggi su ordini di grandezza di 1.000,00 euro/m per reti di altezza ordinaria pari a 3 m; considerando che per la copertura di un ettaro di superficie

occorrono circa 400 m di reti, si arriva ad importi di riferimento di 400.000,00 euro per ettaro.

Nel caso in questione per coprire la superficie di potenziale distacco della valanga, di circa 12 ettari, sarebbe stato necessario un investimento di oltre 4 milioni di euro: il sistema di monitoraggio installato ha un costo che risulta contenuto entro il 2,5÷3% dell'importo richiesto dalle reti.

L'installazione del sistema trova pertanto una forte giustificazione economica in tutte quelle situazioni in cui occorra proteggere il traffico veicolare in transito su infrastrutture viarie dalle possibili interferenze della valanga ed in cui l'area di distacco da stabilizzare con reti paravalanghe superi 1/3 di ettaro. La zona di distacco deve inoltre risultare a distanza superiore a 300÷400 m dalla strada, onde consentire lo sgombero dei tratti sotto valanga prima del sopraggiungere della massa nevosa.

