

il **DISTACCO ARTIFICIALE** *a Punta* **SEEHORE** METODOLOGIE IMPIEGATE e CAMPAGNA SPERIMENTALE

INTRODUZIONE

L'impiego di mezzi per il distacco programmato di valanghe è da anni un metodo di prevenzione per la gestione della sicurezza nelle stazioni turistiche invernali.

Soprattutto nei comprensori sciistici, questa pratica, anche per motivi economici, sta diventando un'operazione standard essenziale alla messa in sicurezza di piste, impianti di risalita, mezzi ed infrastrutture. Le problematiche tecniche del distacco artificiale delle valanghe, a cui si aggiungono delle difficoltà legislative e di regolamentazione dell'uso dei sistemi di bonifica, derivano in maniera sostanziale da una carenza di conoscenza scientifica. Ad oggi, infatti, non si è ancora capito quale sia il comportamento del manto nevoso sottoposto a carico impulsivo indotto da un'esplosione generata da un esplosivo o da un sistema a gas. Il problema risulta avere anche una valenza tecnica: ad oggi, il dilemma in ambito scientifico internazionale è l'indivi-

duazione della caratteristica meccanica del manto nevoso da andare ad investigare, al fine di comprendere la reazione del manto nevoso soggetto a carico impulsivo e il suo relativo strumento di misura.

Ecco perché una delle attività svolte nell'ambito del progetto DynAval è la valutazione degli effetti indotti dall'esplosivo sul manto nevoso grazie alla misura delle sovrappressioni indotte, allo studio della reazione del manto nevoso all'onda d'urto ed all'analisi della carica critica. L'analisi di questi meccanismi risulta propedeutica alla comprensione del meccanismo di distacco indotto da carichi artificiali, essenziale al miglioramento delle misure di messa in sicurezza temporali anche con l'uso di miscele gassose.

Alle attività di ricerca sperimentale svolte nel progetto DynAval fanno capo quelle svolte su larga scala nel progetto strategico RISK NAT, quali la creazione di un database per la raccolta di informazioni sui distacchi

artificiali effettuati e il compendio di normative giuridiche dell'arco alpino (italiane, francesi e svizzere).

TECNICHE DI DISTACCO ARTIFICIALE A PUNTA SEEHORE

Al fine della comprensione del comportamento del manto nevoso sottoposto a carichi indotti dal distacco artificiale, il sito sperimentale di P.ta Seehore (rif. art. 2) è stato appositamente scelto in quanto luogo di bonifica per la messa in sicurezza della pista "Collegamento Gabiet" che unisce il settore di P.ta Jolanda con la zona del Gabiet.

A causa delle difficoltà operative di raggiungere la zona di distacco con mezzi propri, il distacco programmato di valanghe a P.ta Seehore è effettuato grazie due metodologie differenti, entrambe elitrasportate: la Carica Vassale e la DaisyBell.





Fig. 1 - Localizzazione dei 5 settori di indagine (progetto RISKNAT) sullo skirama del comprensorio sciistico di Monterosa Ski: in giallo il sito sperimentale di P.ta Seehore.



Fig. 2 - Panorama di P.ta Seehore in periodo invernale: in evidenza i n. 6 punti di tiro identificati con i rispettivi sotto-ID del database.

Come ormai risaputo, la Carica Vassale (n. 53 - Neve e Valanghe, dicembre 2004), appositamente sviluppata da Monterosa Ski in collaborazione con l'Ammiraglio Vassale, permette di poter effettuare, rapidamente ed in tutta sicurezza, il distacco artificiale con esplosivo convenzionale trasportato e rilasciato dall'elicottero. Le limitazioni normative e le difficoltà di gestione degli esplosivi (procedure molto rigide per il trasporto, l'uso e lo stoccaggio) hanno portato la Monterosa Ski a dotarsi del dispositivo DaisyBell (n. 67 - Neve e Valanghe, agosto 2009), sviluppata da TAS/Obiettivo Neve, dispositivo a miscela di gas, sempre eliotrasportabile. L'uso dell'elicottero per le procedure di bonifica a P.ta Seehore se, da una parte, agevola le operazioni di distacco per gli operatori in termini di tempo, fatica

e sicurezza, dall'altra impedisce l'intervento in caso di scarsa visibilità. Regolamentato dal Piano di Intervento per il Distacco Artificiale di Valanghe (PIDAV) del comprensorio, il sito sperimentale di P.ta Seehore è parte di un'attività di ricerca del progetto strategico RISKNAT, sempre nell'ambito del distacco artificiale valanghe. Dal punto di vista operativo, grazie al progetto RISKNAT, il DIVAPRA ha creato il primo database per la raccolta informazioni sui distacchi artificiali sulla base dei dati gentilmente forniti da Monterosa Ski. Il comprensorio su cui sviluppare l'indagine è stato scelto in base alla sua vastità sia in termini di domaine skiable che di aree da bonificare, all'uso di differenti metodi di distacco programmato (Carica Vassale, uso di esplosivo convenzionale con posiziona-

mento di cariche a mano e innesco a fuoco ed elettrico, Gaz-Ex e DaisyBell), nonché all'esperienza dei suoi responsabili di pista. Lo scopo della creazione del database è di raccogliere più informazioni possibili sulla metodologia di bonifica, caratteristiche topografiche, condizioni nivometeorologiche e condizioni del manto nevoso al fine di studiare eventuali relazioni tra valanghe distaccate artificialmente. Vista la vastità del comprensorio di Monterosa Ski, sono stati individuati 5 settori caratterizzati da differenti caratteristiche topografiche, tipologia di valanghe (dense e/o polverose) e metodi di distacco programmato (Fig. 1). Ogni settore è suddiviso in sottosectori con un numero identificativo (ID) già indicati nel PIDAV, ed ogni sottosectore presenta differenti sotto-ID che indicano i potenziali punti di tiro.

Uno dei 5 settori scelti è proprio quello relativo al sito sperimentale che comprende la Punta Seehore o Corno del Lago e domina il Gabiet, con ID 13 e sei potenziali punti di tiro (Fig 2).

Il database è costituito da una serie di dati presi per ciascun settore, quali: dati generali (settore, ID valanga, sotto-ID, esposizione, pendenza della zona di distacco), dati raccolti per ciascuna operazione di distacco artificiale effettuata (data, ora, metodologia di distacco, altezza scoppio, quantità di esplosivo, numero tiri, esito del tiro), informazioni sulla tipologia di valanga innescata (quota, tipologia, spessore e larghezza di distacco; tipologia di neve, di valanga e di moto; quota, larghezza, spessore e tipologia di accumulo nella zona di arresto) e informazioni meteo (temperatura dell'aria, precipitazioni e vento).

ANALISI DELLA RISPOSTA DEL MANTO NEVOSO AI CARICHI DINAMICI: LA CAMPAGNA SPERIMENTALE 2009/2010

Comprendere l'influenza di un carico impulsivo artificiale è essenziale per approfondire la conoscenza del comportamento dinamico del manto nevoso ed incremen-

tare l'efficienza dei metodi di distacco artificiale delle valanghe. Al fine di valutare gli effetti indotti dall'esplosivo sul manto nevoso, grazie alla collaborazione della Monterosa Ski, è stato possibile, durante l'inverno 2009/2010, effettuare una prima campagna di prove di esplosione presso l'area pianeggiante della zona NE del sito sperimentale P.ta Seehore. L'indagine ha avuto lo scopo di valutare se la strumentazione classica fosse in grado di monitorare gli effetti di una detonazione sul manto nevoso innescata da cariche differenziate per tipo di esplosivo, altezza di scoppio e quantità di carica.

In questo primo anno di indagine, sono stati curati, in particolar modo, la scelta del sito, lo studio del piano di tiro, la strumentazione di misura e lo studio della tipologia di rilievo delle caratteristiche del manto nevoso pre e post evento.

Grazie all'impiego di differenti metodologie di indagine, è stato possibile verificarne l'applicabilità al monitoraggio degli effetti delle esplosioni sul manto nevoso.

Per le difficoltà logistiche e il delicato uso dell'esplosivo si è optato, in questo primo anno, di testare le due tipologie di esplosivo, solitamente usate dagli esperti del settore per le operazioni di distacco valanghe programmato: la Gelatina Dinamite e l'Emulsione (Fig. 3).

Per quanto riguarda il monitoraggio degli effetti di un'esplosione sul manto nevoso, si è deciso di suddividere le indagini in 3 fasi: pre, durante e post detonazioni.

Per individuare le caratteristiche del manto nevoso indisturbato, le indagini pre detonazioni sono state:

- la caratterizzazione del manto nevoso (altezza manto nevoso lungo i profili di scoppio e due stratigrafie rispettivamente interna ed esterna alla linea di tiro);
- il rilievo georadar lungo le linee di tiro;
- il rilievo geosismico su stendimento interno alle linee di tiro, mentre durante la serie di detonazioni si sono svolti :
 - il rilievo geosismico su stendimento interno alle linee di tiro;
 - il rilievo fonometrico interno ed esterno alla linea di tiro;

- il rilievo sismico con geofoni triassiali interni alla linea di tiro, concludendo con le indagini post-esplosioni, quali:

- la misura dell'impronta lasciata dalla detonazione in manto nevoso (dimensioni del cratere e profondità);
- la caratterizzazione del manto nevoso (misura di densità, temperatura e prelievo campioni per analisi chimica della neve);
- il rilievo georadar lungo le linee di tiro.

Visto l'aspetto interdisciplinare del rilievo, il gruppo che ha partecipato alla campagna è stato composto da esperti in esplosivi, tecniche geofisiche, tecniche sismiche, tecniche acustiche e nivologia, per un totale di n. 15 persone oltre al supporto logistico fornito dalla Monterosa Ski.

Il campo prove

L'esperimento è stato condotto in località Lago del Gabiet, in un'area pianeggiante a quota 2363 m slm di dimensioni ca. 80 m x 200 m, isolata, a ca. 1 km di distanza dalla cabinovia di Staffal-Gabiet (foto di pag. 21).

La scelta di un sito pianeggiante è stata fatta al fine di evitare l'influenza dell'inclinazione del versante sul manto nevoso (e quindi di sovrastimare gli effetti dell'esplosivo sul manto nevoso inclinato tipico delle zone di distacco) e valutando l'impossibilità di effettuare i rilievi in sicurezza.

Il rilievo è stato eseguito dalle ore 7:00 alle ore 17:30 del giorno 31 marzo 2010.

La mattinata è stata dedicata alla preparazione della prova con il tracciamento della linea di tiro, test e posizionamento della strumentazione ed alla caratterizzazione del manto nevoso indisturbato grazie a misure pre-detonazioni di stratigrafia e di altezza neve del manto nevoso, seguite dai rilievi georadar e geosismico.

In parallelo, si sono svolte le operazioni di preparazione delle cariche esplosive.

Verso le ore 12:00 si sono svolte le prove di scoppio alle quali, dalle 14:00 in poi, sono succeduti i rilievi per la caratterizzazione post-detonazioni, in sequenza: rilievo georadar e misura degli effetti delle esplosioni sul manto nevoso.

Il rilievo è stato svolto in condizioni meteorologiche instabili con cielo sereno in mattinata, velature in tarda mattinata/primo pomeriggio (con una leggera caduta di fiocchi di neve) e un ritorno al sereno nel tardo pomeriggio. Anche le temperature sono state alquanto variabili, da ca. -11°C alle ore 7:00, ai +3 °C delle ore 11:00, ai -4 °C delle ore 17:00. Durante la notte tra il 30 ed il 31 marzo, una nevicata ha depositato 50 cm di neve fresca (dato fornito dalla stazione meteorologica automatica "Gabiet" a 2379 m slm, fornito dall'Ufficio Centro Funzionale della Regione Autonoma Valle d'Aosta).

Le prove di scoppio

La scelta degli esplosivi da impiegare è stata effettuata sulla base delle tipologie comunemente disponibili in commercio, tenendo conto del fatto che la dinamite è tradizionalmente impiegata per operazioni di distacco artificiale grazie all'elevata velocità di detonazione e all'ottima dirompenza. Per valutare eventuali differenze comportamentali, si è deciso di testare anche un'emulsione, che possiede analoghe caratteristiche, ma sviluppa, a parità di massa, un seppur limitato (ca. 5%) maggiore volume di gas (fattore considerato positivamente influente ai fini dello specifico impiego). Le principali caratteristiche dei suddetti esplosivi sono riportate nella tabella di Fig. 3.

Per testare la variabilità degli effetti di differenti tipologie di cariche, sono state effettuate 24 prove (12 per ogni tipologia di esplosivo) con cariche rispettivamente

Tipologia	Emulsione	Dinamite
Nome commerciale	Premex 3300	Goma 2 Eco
Densità (kg/m ³)	1200	1450
Energia specifica ponderale (kJ/kg)	3850	4100
VOD in aria libera (m/s)	4900	6100
Volume dei gas (dm ³ /kg)	935	895
Massa unitaria (kg)	0,992	0,953

© AINEVA

Fig. 3 - Caratteristiche tecniche principali degli esplosivi impiegati nella campagna di prove sperimentali.

Fig. 4 - Vista del campo prove il giorno 31 marzo 2010. Sono indicati: la linea di tiro (in rosso), la traccia dello stendimento geosismico (in blu) e i differenti punti monitoraggio.



Fig. 5 - LINEA 1: schema di posizionamento cariche di Gelatina Dinamite in funzione dell'altezza di scoppio e della quantità di carica. Sono qui indicati i primi due set di tiri con un'altezza di scoppio di -0.5 m e 0 m (carica in manto e appoggiata). La sequenza delle detonazioni è controllata dall'altezza di scoppio e dalla quantità di carica.



Fig. 6 - Profilo stratigrafico esterno alla linea di tiro.



di 1 kg; 2 kg; 3 kg, ciascuna posizionata ad un'altezza di 0 m (carica appoggiata), +0.5 m, +1 m e -0.5 m dalla superficie del manto nevoso. Facendo riferimento alle relazioni empiriche in bibliografia tecnica (Cresta, 2000; Cardu et al., 2007) e considerando le esigenze nivologiche di operare su manto indisturbato, si è giunti alla pianificazione della linea di tiro.

Essa ha previsto due linee ad L, ciascuna per tipologia di esplosivo, con i due lati di lunghezza 75 m e 90 m (Fig. 4).

Per evitare la sovrapposizione degli effetti di detonazioni adiacenti e/o scoppi su manto nevoso non-indisturbato, si è optato per un interasse tra le cariche di 15 m.

La sequenza di tiro è stata scelta in funzione dell'altezza di scoppio e, successivamente, della quantità di carica. Ad esempio, il primo set di cariche esplose sono state di Gelatina Dinamite, a quota -0.5 m (in manto nevoso), con sequenza di cariche di 3 kg, 2 kg, 1 kg, 0.5 kg sulla LINEA 1 (Fig 5).

Le altre a seguire con incremento di quota: 0 m (carica appoggiata), 0.5m e 1m dal suolo. L'intervallo temporale minimo di scoppio tra ciascuna carica è stato di 2 min con innesco tramite detonatore a fuoco.

Le tecniche di indagine

Per stabilire gli effetti di un sovraccarico impulsivo sul manto nevoso sono stati utilizzati il rilievo nivologico, georadar, geosi-

smico (pre e post scoppio), mentre per la misura della sovrappressione indotta dagli esplosivi in aria, si è usufruito del rilievo sismico ed acustico durante le detonazioni.

I rilievi nivologici

I due profili nivologici pre detonazione sono stati eseguiti nel manto indisturbato (compilazione MOD 4 AINEVA), uno interno e l'altro esterno alla linea di tiro. Essi hanno individuato un manto nevoso di altezza di ca. 1 m con 30 cm di neve fresca (dovuta alla nevicata della sera prima) seguita da una crosta da fusione e rigelo. A 50 cm di profondità, vi era un'alternanza di lenti di ghiaccio di spessore massimo intorno ai 5 cm (Fig. 6); la base del manto nevoso era composta da uno strato di ghiaccio.

Al di là dello strato di neve fresca di densità pari a 70 kg/m^3 , il manto nevoso presentava una densità uniforme compresa tra i 220 e i 290 kg/m^3 . Inoltre, per ciascun punto di scoppio della linea di tiro e ogni 5 m dello stendimento geosismico, sono state misurate l'altezza del manto nevoso e la posizione dell'alternanza di lenti di ghiaccio, evidenziando uno spessore del manto nevoso nell'area di rilievo compreso tra i 60 e i 150 cm. Il rilievo nivologico post-detonazioni è stato eseguito nella sezione radiale dei crateri generati, ad esclusione di quelli generati da cariche pari a 2 kg di esplosivo (per motivi di tempo). Per ciascun cratere sono stati misurate (Fig. 7): dimensione (diametro massimo D_{max} e minimo D_{min}), profondità (Hexpl), forma della sezione, densità del manto nevoso circostante, temperatura del manto nevoso circostante; è stato inoltre eseguito il prelievo di campioni di neve per l'analisi chimica.

Il rilievo georadar

Le indagini elettromagnetiche, di tipo georadar, sono state eseguite nel manto indisturbato (Fig. 8) e, successivamente agli scoppi, nel corridoio adiacente i crateri generati. A completezza e per confronto con il rilievo geosismico, è stata, inoltre, eseguita anche una traccia radar lungo lo stendimento sismico.

L'obiettivo di queste indagini è individuare le variazioni delle caratteristiche del manto nevoso (in particolare la stratigrafia) dovute al sovraccarico indotto.

Le indagini geofisiche radar permettono, infatti, di definire con elevata capacità risolutiva (decimetrica) le stratificazioni del manto nevoso, di stimare le variazioni di spessore e la densità.

L'acquisizione dei dati georadar è avvenuta secondo due diverse modalità:

- per riflessione semplice che ha permesso di eseguire una serie di profili di lunghezza variabile tra 75 m e 100 m, prima e dopo il brillamento delle cariche, in prossimità dei punti di scoppio (Fig. 4 – linea di esplosione);

- WARR (Wide Angle Reflection and Refraction) che, limitatamente ad un singolo profilo di lunghezza di ca. 30 m (Fig. 4 – linea sismica), ha consentito la stima delle proprietà dielettriche del manto nevoso e ha permesso di ricavare indirettamente il valore della densità della neve.

Il rilievo georadar è stato eseguito con un sistema impulsato IDS accoppiato con un'antenna GSSI da 900 MHz, il tutto controllato mediante un computer portatile. La frequenza di 900 MHz permette lunghezze d'onda nella neve pari a ca. 20 cm, e, quindi, una buona capacità risolutiva verticale (decimetrica).

La profondità utile di indagine è legata a caratteristiche strumentali (potenza irradiata, frequenza, rumore elettromagnetico del sistema, ecc...), ed alle caratteristiche del mezzo (impedenza elettromagnetica, stratificazione del manto nevoso, presenza di acqua libera, ecc...). Nel caso specifico di neve in condizioni asciutte (ridotta attenuazione del segnale radar), l'acquisizione a 900 MHz permette di raggiungere profondità di indagine di qualche metro e di

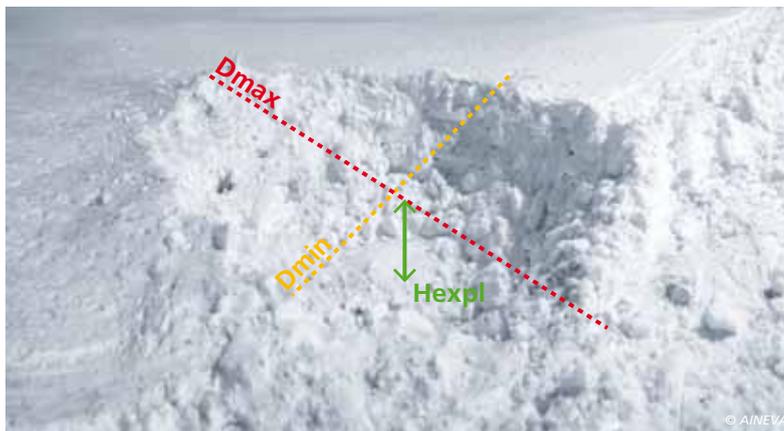


Fig. 7 - Misure della geometria del cratere originato dall'esplosione.



Fig. 8 - Esecuzione del profilo georadar lungo la linea di tiro nella fase di pre esplosioni.

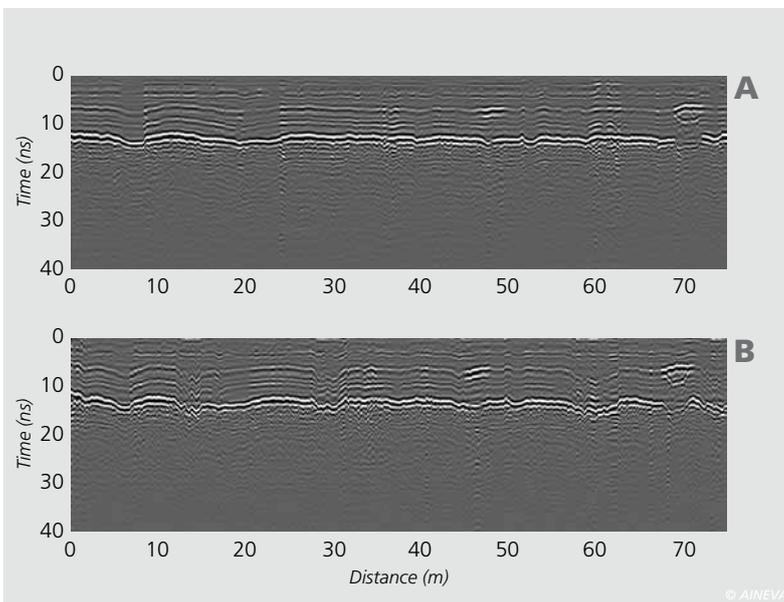


Fig. 9 - Tracce georadar elaborate, acquisite lungo la LINEA 1 prima e dopo il brillamento delle cariche esplosive. Come si può notare a seguito dell'esplosione è avvenuto un compattamento del manto nevoso anche in profondità nelle vicinanze della carica esplosiva.

identificare in modo accurato il contatto tra il manto nevoso e il materiale sottostante. I profili georadar sono stati georeferenziati attraverso l'utilizzo di un GPS-Topcon 2 direttamente collegato al sistema di acquisizione, georeferito in WGS84 in coordinate UTM. L'elaborazione dei dati georadar pre scoppi in riflessione semplice permette di valutare la stratificazione del manto nevo-

so e di calibrare il valore di velocità delle onde elettromagnetiche nel manto nevoso mediante confronto tra i tempi di percorso del segnale georadar e lo spessore misurato puntualmente mediante sonda manuale. In Fig. 9 sono riportate le tracce elaborate dalle sezioni georadar acquisite lungo la LINEA 1 prima delle esplosioni (a) e a seguito delle esplosioni (b).

Le esplosioni sono in corrispondenza delle coordinate 0 m, 15 m, 30 m, 45 m, 60 m, 75 m: si nota come la riflessione più intensa sia in corrispondenza del tempo di andata e ritorno del segnale a ca. 12-14 ns corrispondente alla interfaccia tra la neve e il substrato.

Sono evidenti le stratificazioni del manto nevoso: la riflessione a 5-6 ns si riferisce all'effetto della presenza di uno strato di spessore centimetrico di crosta di ghiaccio.

Le misure georadar di tipo WARR sono state elaborate interpretando gli eventi dispersivi presenti nei radargrammi dovuti alla propagazione di onde guidate nel manto nevoso.

Questa modalità di elaborazione è finalizzata a definire una serie di profili verticali di velocità delle onde elettromagnetiche. L'elaborazione delle onde guidate ha evidenziato la presenza di un possibile strato di ghiaccio dello spessore di ca. 0.4-0.5 m al di sotto del manto nevoso. Con l'analisi di calibrazione e delle onde guidate è possibile stimare una velocità media nel manto nevoso di ca. 0.245-0.26 m/ns, corrispondente a una permittività elettrica di ca. 1.4-1.45, tipica della neve asciutta. Tali valori corrispondono a valori medi di densità del manto nevoso pari a ca. 375-400 kg/m³.

Il Rilievo geosismico

Le indagini sismiche erano finalizzate a caratterizzare le proprietà meccaniche del manto nevoso e dello strato di ghiaccio sottostante (i.e., modulo di taglio e il coefficiente di Poisson).

L'acquisizione dei dati sismici pre detona-

zioni è avvenuta lungo il profilo della linea sismica secondo le seguenti modalità:

- predisposizione di una linea sismica con 24 geofoni e geofoni verticali (frequenza propria 30 Hz) con spaziatura pari a 1 m;
- energizzazione mediante massa battente di ca. 1.5 kg su piastra in teflon di dimensioni 0.5 m x 0.5 m;
- acquisizione dei dati mediante un sismografo Geode della Geometrics a 24 canali.

Inoltre si è proceduto alla registrazione della propagazione del campo d'onda generato a seguito dell'esplosione di alcune delle cariche di esplosivo. Il monitoraggio sismico del brillamento delle varie cariche è stato effettuato con uno stendimento di 24 geofoni spazati di un metro (Fig. 10). Per quanto riguarda i risultati, sembra piuttosto difficoltoso stimare le proprietà meccaniche del manto nevoso dall'indagine geosismica a causa di una limitata risoluzione (basse frequenze): non si è riusciti a stimare le proprietà del manto nevoso di spessore così ridotto (ca. 1 metro).

Misure vibrometriche

Per la registrazione delle vibrazioni indotte dagli esplosivi, sono state utilizzate due stazioni di monitoraggio sismico-acustico, ciascuna dotata di 1 geofono triassiale (velocimetro) ed 1 microfono esterno.

Le loro principali caratteristiche sono riportate nella tabella di Fig. 11.

La strumentazione è stata collocata in prossimità dei tiri di prova (56 - 180 m); il corretto accoppiamento tra geofoni e neve è stato garantito grazie a tre punte d'acciaio (spike) montate su ciascun geofono; in tal modo è stata assicurata la corretta trasmissione delle onde sismiche, nonché la posizione orizzontale dei geofoni (Fig. 12).

I dati rilevati consistono nella registrazione vibrometrica nelle tre componenti sismiche più quella acustica indotta dai singoli brillamenti. In Figura 13 si riporta un esempio di vibrogramma rilevato dallo strumento GEO1 e nella tabella di Fig 11 si forniscono i dati monitorati dalla stazione di misura.

Fig. 10 - Preparazione stendimento geosismico. Sullo sfondo la linea di tiro.



Fig. 11 - Principali caratteristiche dei geofoni utilizzati.

Modello di stazione di monitoraggio		Intervallo di misura	Intervallo di misura frequenza	Numero campionamenti max
THOMAS INSTR. VMS 2000	GEO1	± 228 mm/s	2-250 Hz	1024
NOMIS Mini SUPERGRAPH	GEO2	± 260 mm/s	2-400 Hz	1024

© AINEVA

Fig. 12 - Stazione di monitoraggio e particolare del posizionamento di un geofono.



© AINEVA

A causa delle basse temperature, uno degli strumenti non ha acquisito i dati vibrometrici.

Rilievo acustico

Il rilievo acustico è stato eseguito per la valutazione della sovrappressione aerea indotta dagli esplosivi al fine di un confronto con l'interferenza con il manto nevoso. Gli strumenti utilizzati per le rilevazioni acustiche sono due Modular Precision Sound Analyser Bruel & Kjaer, Type 2260, tarati presso il centro accreditato Modulo Uno SpA e dotati di un software interno Enhanced Sound Analysis Software BZ 7206 versione 2.1.

Le caratteristiche delle stazioni di monitoraggio acustico sono riportate nella tabella di Fig. 14 ed in Figura 15 è mostrato il posizionamento del fonometro impiegato. I dati raccolti nel corso della campagna di misura sono stati opportunamente elaborati con Sound Analysis Software BZ 7210/BZ7219 e Enhanced Sound Analysis Software BZ 7260.

L'indicatore utilizzato è stato il livello di picco acustico lineare (Fig. 16).

CONCLUSIONI ED ASPETTATIVE

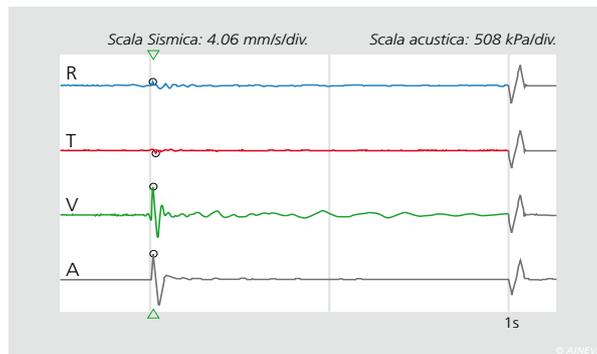
Questa prima campagna di sperimentazione ha fornito informazioni essenziali sulla reale applicabilità di strumentazione classica per la misura dei cambiamenti indotti al manto nevoso da esplosioni. Ne sono esempio i risultati positivi del rilievo georadar e lo scarso successo del rilievo geosismico con spessore di manto nevoso limitato ad 1 m.

In secondo luogo, le indagini in situ, hanno permesso di comprendere quali parametri debbano essere misurati al fine del monitoraggio del manto nevoso pre e post esplosioni ma che, ad oggi, non si è in grado di misurare a causa della mancanza di una strumentazione ad hoc. Riguardo i rendimenti delle differenti tipologie di esplosivo per il distacco artificiale, nei prossimi inverni le prove verranno ripetute con differenti tipologie di esplosivi in manti nevosi diversi (invernale, primaverile e in ghiaccio).

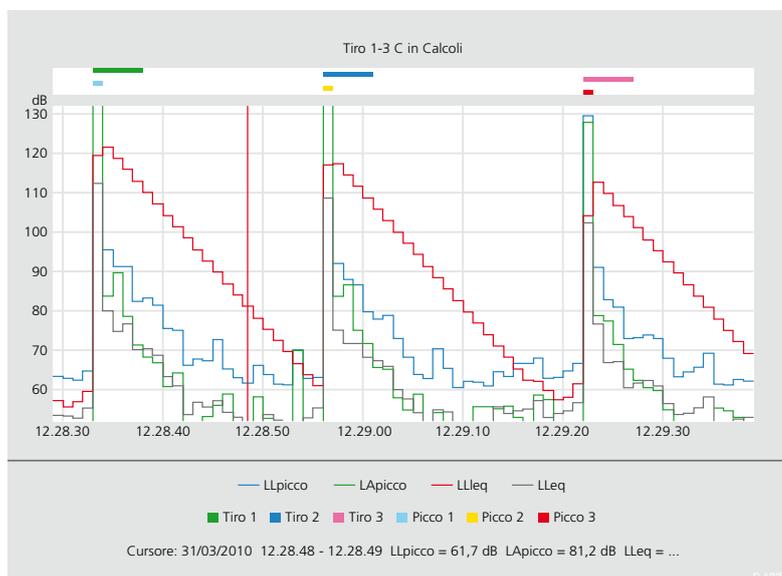
Oltre allo sviluppo della strumentazione ai fini del monitoraggio del manto nevoso pre e post scoppi, i prossimi obiettivi della ricerca sono principalmente la correlazione tra i parametri geometrici dei crateri e le caratteristiche della detonazione (ai fini della definizione della carica critica) e la relazione tra le misure di vibrazioni ed acustiche per la stima del rendimento degli esplosivi in manto nevoso.

Bibliografia

- Vassale A., 2004. La carica Vassale, Neve e Valanghe, Dicembre 2004, n. 53.
- Berthet Rambaud P., Noel L., Farizy B., Neuville J.M., Constant S., Roux P., Bassetti E., 2009. Daisy Bell, Neve e Valanghe, Agosto 2009, n. 67.
- Cardu M., Chiaia B., Chiaravallotti L., Cornetti P., Frigo B., 2007. Modello meccanico per l'innesco delle valanghe di neve. GEAM - Geoingegneria Ambientale e Mineraria. XLIV. 1: 23 - 34.
- Cresta R., 2000. L'esplosivo e la neve. CAI Ed. pp. 147.
- Frigo B., Chiaia B., Cardu M., Giraudi A., Godio A. and Rege R. Experimental analysis of snowpack effects induced by blasts, Proceedings of ISSW 2010, October 17- 22nd, 2010, Lake Tahoe - California (USA), pagg. 66-72.
- Godio A., 2008. Performance and experimental evidence of GPR in density estimates of snowpack. Bollettino di Geofisica Teorica e Applicata, 49, 279-298.



Modello di stazione di monitoraggio	2260 B&K
Applicazione	BZ7206 Versione 2.1
Larghezza banda	1/3 ottava
Nr. picchi	140,0 dB
Campo	51,6-131,6 dB
Velocità campionamento	0.00.01
Parametri in banda larga	Tutti
Parametri dello spettro	Tutta la statistica
Numero serie strumenti	2131739
	2350065
Numero serie microfoni	2097065
	2345609
Ingresso	Microfono
Livello di Calibrazione	94,0 dB
Sensibilità	-25,5 dB



Dall'alto verso il basso, fig. 13 - Brillamento scoppio 5, realizzato mediante 2 kg di Gelatina Dinamite; andamento della registrazione vibrometrica secondo le tre componenti sismiche e quella acustica; fig. 14 - Principali caratteristiche dei fonometri utilizzati; fig. 15 - Stazione di monitoraggio acustica e particolare del microfono di acquisizione.

Fig. 16 - Un esempio di andamenti dei picchi acustici riferiti alla Gelatina Dinamite misurati dal rilievo acustico.