

RILEVAMENTI TOPOGRAFICI GPS REALIZZATI PRESSO LA CAPANNA CARREL (MONTE CERVINO) PER L'INSTALLAZIONE DI UNA RETE MICROSISMICA

Massimo ARATTANO, Marco BALDO, Marta CHIARLE, Franco GODONE, Gianni MORTARA

CNR – IRPI sede di Torino, Str. delle Cacce 73, 10135, Torino, tel 011 3977834
massimo.arattano@irpi.cnr.it

Riassunto

Nel Settembre 2007 è stata installata, presso la Capanna Carrel sul Cervino (3835 m), una rete di geofoni per il monitoraggio delle emissioni acustiche della roccia finalizzato allo studio delle correlazioni tra attività gravitativa e parametri climatici in pareti rocciose soggette a permafrost. La geometria della rete è stata rilevata topograficamente con tecniche di posizionamento satellitare statiche e di tempo reale. Il rilevamento, rototraslato nel sistema di riferimento piano UTM-ED50, in accordo con la vigente cartografia dell'area oggetto di studio, ha fornito le coordinate dei siti di installazione dei geofoni e di alcuni punti di energizzazione (operata tramite martello strumentato). Questi ultimi hanno consentito una taratura di prima approssimazione del campo di velocità di propagazione delle onde elastiche in roccia nei dintorni della Capanna. I rilievi topografici eseguiti sono indispensabili ai fini della localizzazione spaziale della sorgente dei segnali registrati dagli strumenti, che potrebbero costituire dei precursori di potenziali crolli in roccia.

Abstract

In September 2007 a network of geophones was installed in the surroundings of the Capanna Carrel (North-western divide of the Matterhorn, 3835 m a.s.l.), to monitor the acoustic emissions of the rock in order to study the correlations between gravitational activity and climatic parameters in rock walls subjected to permafrost. The network geometry was topographically surveyed with static and real time techniques of satellite positioning. The survey rototranslated in the plane reference system UTM-ED50, in agreement with the in force cartography of the study area, provided the coordinates of the geophones installation sites and of some energization points (operated through an instrumented hammer). These latter allowed a first approximation calibration of the propagation velocity field of the elastic waves in rock in the surroundings of the hut. The topographic surveys that were carried out are essential to spatially locate the source of the recorded signals, which might constitute precursors of potential rock falls.

Introduzione

Il presente lavoro illustra le attività condotte durante l'installazione di una rete costituita di 5 di sensori geofonici triassiali avvenuta nel Settembre 2007 nell'area circostante la Capanna Carrel, situata sulla cresta Nord Occidentale del Monte Cervino (AO) a quota 3835 m, lungo la via normale di salita dal versante italiano. La rete di monitoraggio è stata progettata per il rilevamento delle emissioni acustiche imputabili a deformazioni dell'ammasso roccioso, finalizzato all'individuazione di potenziali precursori di crollo ed allo studio delle correlazioni tra attività gravitativa e parametri climatici in pareti rocciose soggette a permafrost. La sperimentazione è stata avviata a seguito dei crolli avvenuti nell'estate 2003 sulle pareti del Cervino, imputabili ad un forte rialzo termico. La rete è stata realizzata nell'ambito del Progetto Interreg IIIa Alcotra n.196 PERMADATAROC (Deline et al., 2007), con il sostegno finanziario della Direzione Tutela del territorio, Assessorato

Territorio, Ambiente e Opere Pubbliche della Regione Valle d'Aosta, ed il supporto tecnico di Solgeo s.r.l.

Le emissioni acustiche sono divenute per la prima volta oggetto di studio nel secolo scorso, quando si scopersero, effettuando degli studi sonici all'interno di una miniera, che alcuni pilastri, sottoposti a particolare sollecitazione, emettevano micro-segnali acustici (Arattano et al., 2007). Il rilievo delle emissioni acustiche è oggi applicato sia nelle indagini in sito che in quelle di laboratorio. In particolare, tale rilievo risulta utile nel processo di monitoraggio delle frane per il quale i dati ottenuti dal rilievo (intensità, energia e spettro) possono offrire utili informazioni (Dixon et al., 1996). Più in generale l'uso dei geofoni offre del resto una notevole gamma di importanti ausili in diversi ambiti della geologia applicata, quali per esempio lo studio delle colate detritiche (Arattano, 2000) e del trasporto solido (Govi et al., 1993). Nel caso qui in esame la localizzazione spaziale di aree nelle quali risulti presente una significativa attività acustica potrebbe consentire l'individuazione di volumi rocciosi potenzialmente instabili, che potrebbero così essere monitorati con più attenzione.

Per localizzare gli eventi rilevati dalla rete di geofoni sono indispensabili una buona conoscenza del campo di velocità di propagazione delle onde sismiche nella porzione di roccia indagata e le coordinate delle posizioni dei diversi sensori. L'accuratezza del rilevamento topografico risulta pertanto fondamentale ai fini dell'elaborazione dei segnali registrati dagli strumenti.

Per definire con precisione la geometria della rete di geofoni, è stato eseguito un rilevamento topografico con tecniche di posizionamento satellitare statiche e di tempo reale che sarà descritto nel seguito. Il rilevamento della rete, rototraslato nel sistema di riferimento piano UTM-ED50, in accordo con la vigente cartografia dell'area oggetto di studio, ha fornito le coordinate dei siti di installazione dei geofoni e di alcuni punti di energizzazione (operata tramite martello strumentato). Questi ultimi sono finalizzati ad una taratura di prima approssimazione del campo di velocità di propagazione delle onde elastiche in roccia nei dintorni della Capanna.

I dati acquisiti durante i primi due mesi di funzionamento sono stati quindi utilizzati per individuare i valori soglia per il *triggering* della registrazione in continuo. In seguito la rete ha rilevato numerosi eventi attualmente in corso di elaborazione con l'impiego di appositi software per la localizzazione della loro sorgente.

Descrizione geologica del sito

Lo spalto roccioso su cui poggia la Capanna Carrel (Fig. 1) è costituito da metagranitoidi che presentano un importante stato di fratturazione e disgregazione predisponente a distacchi anche importanti di roccia. La presenza di ghiaccio all'interno delle fratture, rivelata dai crolli occorsi nell'estate 2003 nelle immediate vicinanze del rifugio, è un'ulteriore conferma che il permafrost, anche a quote elevate, sta degradandosi in relazione alle modificazioni della criosfera per effetto del riscaldamento in atto. Questa constatazione spinge ad acquisire nuove conoscenze sul comportamento degli ammassi rocciosi a seguito di sollecitazioni fisico-meccaniche probabilmente mai sperimentate in precedenza, conoscenze che sono quanto mai necessarie considerando la diffusione di strutture ricettive e altre infrastrutture e la sempre maggiore frequentazione dell'ambiente d'alta montagna (Kääb et al., 2004; Chiarle & Mortara, 2007).

Rete di monitoraggio

Il sistema di monitoraggio installato è costituito da un acquisitore a 18 canali, cinque trasduttori triassiali da foro (geofoni tridirezionali Solgeo GTN_50, con frequenza propria di 100Hz), un ricevitore gps, un gruppo di alimentazione costituito da pannelli solari ed un sistema di teletrasmissione dei dati.

La strumentazione di acquisizione è stata posizionata all'interno della capanna stessa, mentre i trasduttori avrebbero dovuto essere posizionati in fori all'uopo realizzati tramite trivellazione. La distribuzione spaziale di tali fori è riportata in Fig. 2 : il foro B con una profondità pari a 2.5 m, i due fori C e D con una profondità pari a 3 m ed il foro A avente profondità pari a 6.5 m. In realtà in fase



Figura 1 - Capanna Carrel lungo la cresta occidentale del Cervino. E' ben evidente lo stato di elevata fratturazione dell'ammasso roccioso su cui poggia la struttura (Foto Regione Autonoma Valle d'Aosta).

di installazione dei trasduttori. Due dei quattro fori realizzati due estati prima (B e C) non sono più stati trovati, per cui i relativi trasduttori sono stati ancorati in superficie in corrispondenza alla presunta posizione dei rispettivi fori.

Nel posizionare i geofoni si è cercato di mantenere il più possibile l'allineamento verso nord e la verticalità. I geofoni posizionati nei fori sono stati resinati nella parte inferiore prima di essere calati nei fori ed è stata quindi aggiunta della sabbia, costipandola per rendere il più solidale possibile il trasduttore con le pareti del foro. Tutti i cavi provenienti dai sensori sono stati inguainati e/o sepolti nei tratti in cui potevano più facilmente essere danneggiati.

La frequenza di campionamento del segnale è stata impostata a 8 KHz. La registrazione di un evento avviene quando, entro una finestra temporale, si verifica una prefissata condizione di trigger su un certo numero di canali. La soglia di trigger, come accennato in precedenza, è stata individuata per tentativi. Una volta installata la rete, è stata fissata una soglia pari a 0,05 mm/s da superarsi contemporaneamente su 6 canali per dare l'avvio alla registrazione. Non avendo registrato alcun evento in 2 settimane la soglia è stata abbassata a 0,03 mm/s sempre su 6 canali. Ulteriori aggiustamenti hanno consentito di individuare la soglia finale, fissata in 0,01 mm/s su 6 canali (Arattano et al., 2008).

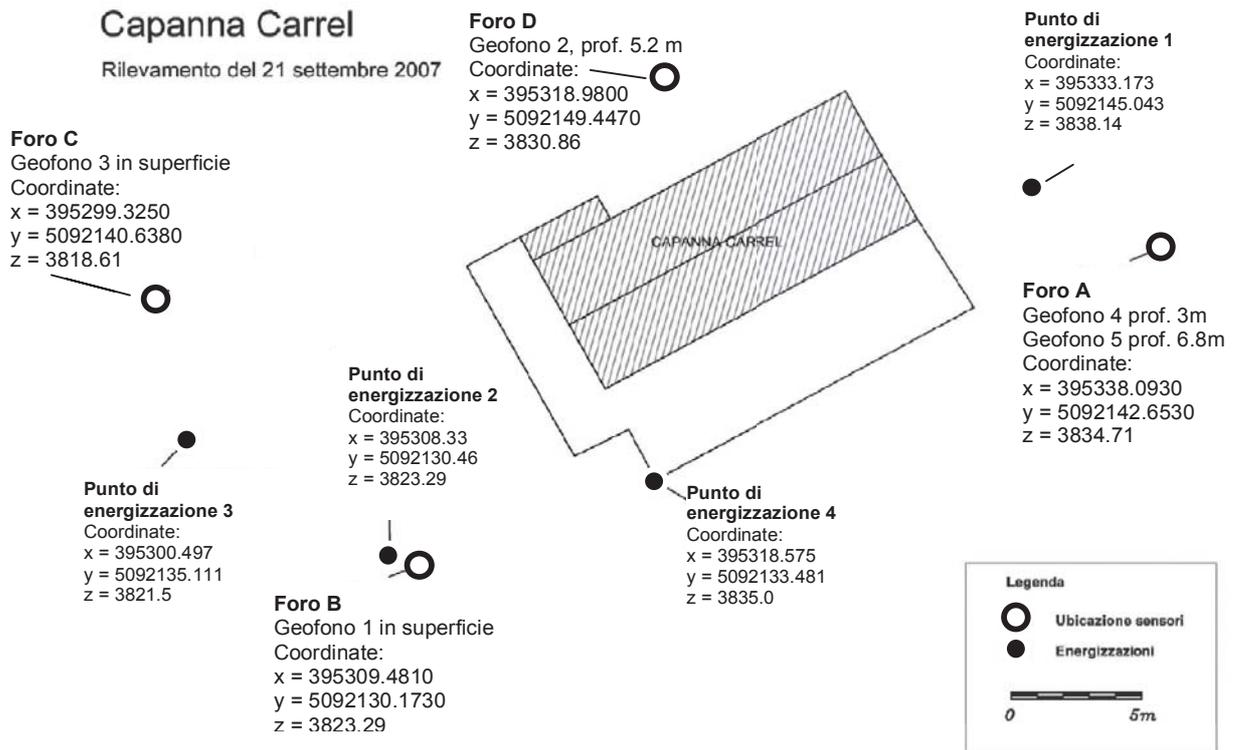


Figura 2 - Planimetria della Capanna Carrel, con ubicazione dei fori e dei punti di energizzazione.

Il sistema individua e memorizza anche i valori minimi e massimi verificatisi ad ogni successivo intervallo di 10 secondi. Ciò consente di conoscere i valori massimi raggiunti dai diversi segnali anche quando l'intensità degli stessi è risultata inferiore al valore di soglia. I dati vengono registrati su scheda CompactFlash con formattazione standard e possono venir teletrasmessi, attraverso un sistema wireless automatizzato, ad una postazione ubicata a Cervinia.

Il sistema è alimentato da batteria ed il modulo di alimentazione gestisce il controllo dell'alimentazione provvedendo a spegnere e riaccendere il sistema in relazione alla condizione di carica e scarica della batteria di alimentazione.

Ogni 30 minuti vengono registrati anche il valore di temperatura in capanna, il valore della tensione di batteria e la tensione relativa ai due pannelli solari.

Rilievo topografico

Nel corso dell'installazione della rete di geofoni, è stato eseguito un rilievo topografico finalizzato alla georeferenziazione della posizione dei sensori acustici e dei siti scelti per le prove di energizzazione necessari per una prima taratura del sistema di monitoraggio e per la definizione del campo di velocità.

Le particolari difficoltà legate alla logistica del sito, nonché l'accuratezza attesa nella determinazione delle componenti geodetiche, hanno imposto l'adozione di tecniche di posizionamento miste statiche e di tempo reale.

La prima fase ha riguardato il trasporto di un caposaldo di coordinate note emanato a partire da un caposaldo appartenente alla rete IGM95 (Cervinia Breuil). Tale stazione è stata utilizzata per calcolare la soluzione sul caposaldo di emanazione RTK ubicato a fianco della balconata posta nella parte Sud della Capanna Carrel.

Successivamente è stato eseguito un rilevamento in modalità di tempo reale per la determinazione delle posizioni della sensoristica. La soluzione fissata su tutti i punti risulta essere conforme agli standard di accuratezza tipici per tale tipo di posizionamento, valutati in ordine centimetrico.

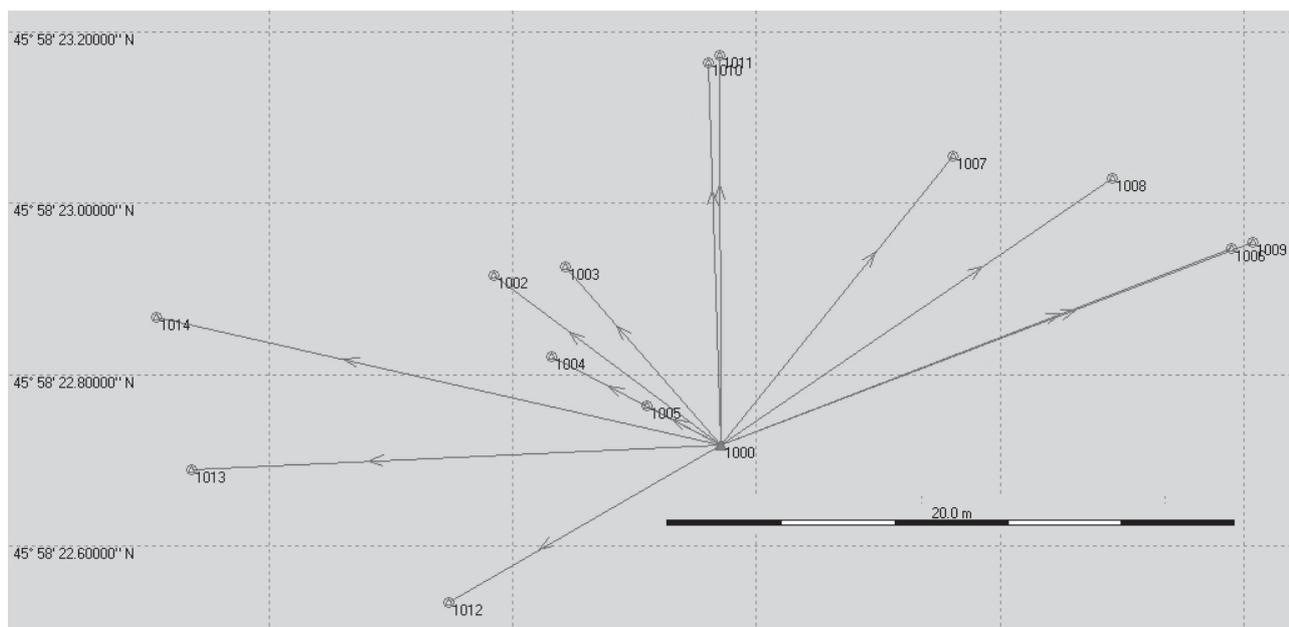


Figura 3 – Inquadramento geodetico della rete GPS.

La rototraslazione nel sistema piano UTM-ED50, sistema di rappresentazione della vigente cartografia della Regione Valle d'Aosta, è stata effettuata con le griglie di ondulazione .gr2 certificate IGM.

Lo svolgimento delle misure, considerando la quota di 3835 m della zona da rilevare e la presenza di ghiaccio e di pareti rocciose in fortissima pendenza, si è sviluppato in un periodo di 5 ore ed ha richiesto l'affiancamento costante di una guida alpina e l'adozione da parte del topografo di dispositivi di protezione individuali di sicurezza adatti al lavoro in alta quota.

Gli spostamenti della stazione GPS rover e la permanenza necessaria sui punti da rilevare ha richiesto tempi lunghi e causato problemi dovuti alla presenza delle corde di sicurezza.

In figura 2 sono riportate le coordinate rilevate.

Conclusioni

L'installazione presso la Capanna Carrel sul Cervino a quota 3835 m di una rete di geofoni per il monitoraggio delle emissioni acustiche della roccia ha richiesto un accurato rilievo topografico per l'interpretazione dei dati di tipo acustico registrati. Per localizzare gli eventi rilevati dalla rete di geofoni sono infatti indispensabili una buona conoscenza del campo di velocità di propagazione delle onde sismiche nella porzione di roccia indagata e le coordinate delle posizioni dei diversi sensori. Le difficoltà presentate dal particolare sito scelto per le indagini, nonché l'accuratezza richiesta nella determinazione delle componenti geodetiche, hanno imposto l'adozione di tecniche di posizionamento miste statiche e di tempo reale. In primo luogo si è provveduto a trasportare un caposaldo di coordinate note emanato a partire da un altro caposaldo appartenente alla rete IGM95 (Cervinia Breuil). Tale stazione è stata utilizzata per calcolare la soluzione sul caposaldo di

emanazione RTK ubicato a fianco della balconata posta nella parte Sud della Capanna Carrel. Successivamente è stato eseguito un rilevamento in modalità di tempo reale per la determinazione delle posizioni della sensoristica e dei punti di energizzazione. L'accuratezza è valutata di ordine centimetrico.

I dati che verranno rilevati dalla rete di monitoraggio acustico, unitamente ai rilievi topografici eseguiti, dovrebbero consentire la localizzazione spaziale di aree nelle quali risulti presente una significativa attività acustica. Ciò potrebbe consentire l'individuazione di volumi rocciosi potenzialmente instabili, che verrebbero successivamente monitorati con più attenzione e tenuti sotto controllo.

Più in generale, dalla sperimentazione d'avanguardia messa in opera sul Cervino ci si attende di ottenere preziose informazioni sul comportamento degli ammassi rocciosi in alta quota, dove la criosfera palesa i primi e più marcati segni di cambiamento climatico che si riflettono, inevitabilmente, anche su importanti e frequentate strutture ricettive come la Capanna Carrel.

Notazioni

Si ringraziano l'Ing. Marco Succio (assegnista di ricerca) per l'organizzazione logistica dell'installazione della rete di geofoni e per la collaborazione fornita in fase di avvio del sistema di rilevazione strumentale, le guide alpine di Cervinia per aver consentito di operare in condizioni di assoluta sicurezza e la Direzione Tutela del territorio, Assessorato Territorio, Ambiente e Opere Pubbliche della Regione Valle d'Aosta per il sostegno finanziario per l'acquisizione della rete di monitoraggio.

Bibliografia

- Arattano M., Chiarle M., Mortara G., Pirulli M., Succio M. (2008), "Relazione finale sull'attività del CNR-IRPI nell'ambito del Progetto Interreg III A – ALCOTRA n.196 «PERMAdataROC»", *Rapporto Interno I.R.P.I. RI 2008/11*.
- Arattano M., Chiarle M., Mortara G., Pirulli M., Succio M. (2007), "Relazione annuale sull'attività del CNR-IRPI nell'ambito del Progetto Interreg III A – ALCOTRA n.196 «PERMAdataROC»", *Rapporto Interno I.R.P.I. RI 2007/19*.
- Chiarle M., Mortara G. (2007), "Modificazioni nell'ambiente fisico d'alta montagna e rischi naturali in relazione ai cambiamenti climatici", *In Carli B., Cavarretta G., Colacino M., Fuzzi S. (a cura di) – Clima e Cambiamenti Climatici. Le attività di ricerca del CNR. Consiglio Nazionale delle Ricerche*, 757-760.
- Deline P., Cremonese E., Morra di Cella U., Pogliotti P. & Permadataroc Team (2007), "The relation of permafrost degradation and slope instabilities in high alpine steep rockwalls: the research project PERMAdataROC", *Riassunti del XXIV IUGG*, Perugia, 2-13 luglio 2007.
- Kääb A., Huggel C., Barbero S., Chiarle M., Cordola M., Epifani F., Haeberli W., Mortara G., Semino P., Tamburini A., Viazzo G. (2004), "Glacier hazards at Belvedere Glacier and the Monte Rosa east face, Italian Alps: processes and mitigation", *Proc. Int. Symposium Interpraevent 2004*, (Riva del Garda, 24-27 maggio 2004), I/67- I/78.
- Arattano M. (2000), "On the use of seismic detectors as monitoring and warning systems for debris flows", *Natural Hazards*, No 20/2-3. 197-213.
- Dixon N., Kavanagh J., Hill R. (1996), "Monitoring landslide activity and hazard by acoustic emission", *J. Geol. Soc. China*, 39(4), 437-484.
- Govi M., Maraga F. & Moia F. (1993), "Seismic detectors for continuous bed load monitoring in a gravel stream", *Hydro. Sci. J.*, 38 (2), 123-132.