

## Monitoraggio di versanti tramite ricevitori GNSS low-cost

Umberto Morra di Cella <sup>(a)</sup>, Fabrizio Diotri <sup>(a)</sup>, Gianfranco Forlani <sup>(b)</sup>, Riccardo Roncella <sup>(b)</sup>,  
Marina Santise <sup>(b)</sup>, Paolo Pogliotti <sup>(a)</sup>

<sup>(a)</sup> Agenzia Regionale per la Protezione dell'Ambiente della Valle d'Aosta, Loc. Grande Charrière 44 – 11020 Saint-Christophe (AO), tel +39.0165.278553, fax +39.0165.278555, [u.morradicella@arpa.vda.it](mailto:u.morradicella@arpa.vda.it)

<sup>(b)</sup> Università degli Studi di Parma, Dipartimento di Ingegneria Civile, dell'Ambiente, del Territorio e Architettura, Parco Area delle Scienze, 181/A - 43124 PARMA, tel. +39 0521 905934, [riccardo.roncella@unipr.it](mailto:riccardo.roncella@unipr.it)

### Premessa

La stabilità dei versanti alpini è condizionata principalmente da fattori morfologici e strutturali e da specifiche condizioni locali, quali la quantità di detrito sovrastante la roccia madre e la presenza di ghiaccio all'interno dell'ammasso. In particolare, nelle zone di alta quota, dove è possibile la presenza di *permafrost*, le falde detritiche risentono, seppure con modalità differenti, degli effetti del cambiamento climatico: variazioni delle temperature medie ed estreme e della precipitazione influenzano la frequenza e la magnitudo dei fenomeni connessi ai movimenti di massa delle regioni montuose (Stoffel, Huggel, 2012). Il monitoraggio per finalità operative si basa sulla misura di alcuni parametri caratteristici fra i quali la velocità superficiale assume un ruolo di particolare interesse.

Nell'ambito delle attività di monitoraggio degli effetti del cambiamento climatico sul territorio alpino condotte dall'Agenzia Regionale per la Protezione dell'Ambiente (ARPA) della Valle d'Aosta è stato sviluppato e testato un sistema di monitoraggio continuo da remoto con un ricevitore GNSS monofrequenza L1 low-cost, con l'obiettivo di completare i sistemi di monitoraggio già attivi (rilievi UAV mensili e GNSS annuali) e migliorare la comprensione del comportamento di un versante di alta quota. Parte di queste attività è condotta all'interno del Progetto Interreg ALCOTRA n. 342 "PrevRiskHauteMontagne".

### Area di studio

L'area di studio è rappresentata dal *rock glacier* (ghiacciaio roccioso) "Gran Sometta" (Pogliotti et al., 2016) situato nella testata della Valtournenche (Valle d'Aosta) lungo il versante fra la Gran Sometta (3.165 m) e la Motta de Plété (3.017 m). Le falde detritiche ospitano attualmente un rock glacier attivo composto da due lobi sub-paralleli che si sviluppano fra 2.630 m e 2.750 m di quota e raggiungono, nella parte frontale, la strada di accesso agli impianti funiviari di Cervinia. Tale infrastruttura è interessata da periodici crolli di materiale lapideo proveniente dalle scarpate frontali del ghiacciaio roccioso che avanzano verso valle a velocità variabili fra 0.5 e 2.0 m/anno e che richiedono regolari interventi di manutenzione.

### Caratteristiche del sistema

Il sistema è stato progettato e realizzato internamente ad ARPA VdA con l'obiettivo di verificare la possibilità di impiegare un sistema low-cost (~ 1.000 Euro) per poter monitorare in continuo lo spostamento superficiale del lobo più attivo del rock glacier. La stazione GNSS consiste in un ricevitore GNSS monofrequenza L1 (NVS Technologies AG NV08C-CSM) con antenna GNSS (Tallysman TLM-TW-2410) montata a 150 cm da terra cm su blocco roccioso stabile di dimensioni pluridecimetriche. Il sostegno antenna funge da ancoraggio anche per il sistema di alimentazione

(doppio sistema con batteria 12V 7Ah e pannello solare da 20W ) e per il box contenente il microcontrollore e modem (Raspberry PI 1 Model B+ e Huawei E173). Le operazioni di acquisizione e memorizzazione dei dati GNSS sono gestite da un sistema operativo basato su Linux Debian 7 che attiva la registrazione dei dati grezzi binari (formato proprietario NVS) dalle 6:00 alle 18:00 UTC ogni giorno. Un sistema di allerta SMS avvisa giornalmente gli utenti sullo stato di acquisizione della giornata.

### **Dataset acquisiti e prima analisi dei dati**

Le posizioni del sistema sono state acquisite in continuo dal 16/07/2015 al 20/10/2015 e dal 28/04/2016 al 30/10/2016. Le serie presentano rispettivamente 90 e 185 giorni di dati grezzi. Tali dati sono stati trattati interamente con la suite Open Source RTKLIB v2.4.2 al fine di ottenere posizioni giornaliere dell'antenna correggendo le osservazioni con quattro soluzioni differenti: due basate sui dati di stazioni GNSS reali (Chatillon e Nus, AO) e due ottenute con stazioni virtuali.

In planimetria le quattro serie di soluzioni giornaliere stimano velocità medie in direzione Est e Nord leggermente differenti (3 mm/giorno e 5 mm/giorno rispettivamente). In quota, invece, l'andamento è più complesso, con frequenti oscillazioni sovrapposte ad una tendenza lineare ed un minore accordo globale.

Al fine di estrarre variazioni significative di velocità e direzione (da dataset caratterizzati da rumore significativo), correlabili ad eventuali processi fisici quali ad esempio l'intensa fusione nivale primaverile, è stato testato il metodo signal-to-noise ratio treshold (SNRT) proposto da Wirz et al. 2014.

### **Conclusioni e prospettive**

I risultati ottenuti, pur in assenza di un dato di riferimento di precisione più elevata, mostrano che è possibile impiegare ricevitori a basso costo e stazioni permanenti con basi di media lunghezza (fino a 20 Km) per il monitoraggio dei movimenti lenti di settori remoti dei versanti alpini. Inoltre l'integrazione del monitoraggio in continuo con dati distribuiti quali la mappatura di campi di velocità derivati da fotogrammetria UAV (Dall'Asta, in press) consente una migliore comprensione delle dinamiche che interessano il territorio alpino.

E' prossima l'installazione di stazione GNSS master di prossimità, per valutare se il prevedibile miglioramento della precisione consente, pur a fronte di costi maggiori, una modellazione più fine delle variazioni di velocità.

### **Riferimenti bibliografici**

Dall'Asta E, Forlani G, Roncella R, Santise M, Diotri F, Morra di Cella U. (in press) "Unmanned Aerial Systems and DSM matching for rock glacier monitoring". ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing - SI: Geospatial Week 2015

Pogliotti P, Morra di Cella U, Diotri F, Pellet C, Delaloye R, Hauck C. (2016) "Multi-disciplinary monitoring of rock glacier dynamic: the case study of Gran Sometta (Valle d'Aosta, Italy)". XI International Conference On Permafrost – Book of Abstracts, pp. 1032.

Stoffel M, Huggel C. (2012) "Effects of climate change on mass movements in mountain environments". Progress in Physical Geography, 36(3): 421–439

Wirz V, Beutel J, Gruber S, Gubler S, Purves R. S (2014) "Estimating velocity from noisy GPS data for investigating the temporal variability of slope movements". Nat. Hazards Earth Syst. Sci., 14, 2503–2520.