

DANIELE BOCCHIOLA (\*), ANTONELLA SENESE (\*\*), CLAUDIA MIHALCEA (\*\*), BORIS MOSCONI (\*\*),  
CARLO D'AGATA (\*\*), CLAUDIO SMIRAGLIA (\*\*), & GUGLIELMINA DIOLAIUTI (\*\*)

## AN ABLATION MODEL FOR DEBRIS-COVERED ICE: THE CASE STUDY OF VENEROCOLO GLACIER (ITALIAN ALPS)

**ABSTRACT:** BOCCHIOLA D. (\*), SENESE A. (\*\*), MIHALCEA C. (\*\*), MOSCONI B. (\*\*), D'AGATA C. (\*\*), SMIRAGLIA C. (\*\*), & DIOLAIUTI G. A., *An ablation model for debris-covered ice: the case study of Venerocolo Glacier (Italian Alps)*. (IT ISSN 0391- 9838, 2015).

We developed a simple model to estimate ice ablation under a debris cover. The ablation process is modelled using energy and mass conservation equations for debris and ice and heat conduction, driven by input of either i) debris surface temperature or ii) radiation fluxes, and solved through a finite difference scheme computing the conductive heat flux within the supra-glacial debris layer. For model calibration, input and validation, we used approximately bi-weekly surveys of ice ablation rate, debris cover temperature, air temperature and solar incoming and upwelling radiation during for Summer 2007. We calibrated the model for debris thermal conductivity using a subset of ablation data and then we validated it using another subset. Comparisons between calculated and measured values showed a good agreement (RMSE = 0.04 m w.e.,  $r = 0.79$ ), thus suggesting a good performance of the model in predicting ice ablation. Thermal conductivity was found to be the most critical parameter in the proposed model, and it was estimated by debris temperature and thickness, with value changing along the investigated ablation season. The proposed model may be used to quantify buried ice ablation given a reasonable assessment of thermal conductivity.

**KEY WORDS:** Debris-covered glaciers, Ice ablation, Heat conduction, Venerocolo Glacier, Italian Alps.

(\*) Politecnico di Milano, Dipartimento I.I.A.R., C.I.M.I. Section, 32 Leonardo da Vinci Sq. I- 20133, Milano, Italy.

(\*\*) Università degli Studi di Milano, Dipartimento di Scienze della Terra, Via Mangiagalli, 34, I-20133, Milano, Italy.

Corresponding Author: [guglielmina.diolaiuti@unimi.it](mailto:guglielmina.diolaiuti@unimi.it)

The study was carried out under the umbrella of the CARIPANDA Project, funded by the CARIPLO Foundation of Italy (<http://www.parcadamello.it/progetti/caripanda.htm>) under the direction of the ADAMELLO Park Authority, which is acknowledged also for logistic support. ENEL Produzione Milano (Eng. A. Poggi) is acknowledged for support during field campaigns and for data sharing. The authors also acknowledge G. Verza and Ev-K2-CNR Association who supported the AWS installation and maintenance in the framework of SHARE (Stations at High Altitudes for Research on the Environment) project.

**RIASSUNTO:** BOCCHIOLA D. (\*), SENESE A. (\*\*), MIHALCEA C. (\*\*), MOSCONI B. (\*\*), D'AGATA C. (\*\*), SMIRAGLIA C. (\*\*), & DIOLAIUTI G. A., *Un modello di ablazione del ghiaccio per ghiacciai coperti da detrito: applicazione al caso di studio del Ghiacciaio del Venerocolo (Alpi Italiane)*. (IT ISSN 0391-9838, 2015).

In questo articolo presentiamo un modello di fusione da applicare in condizioni di ghiaccio coperto da detrito (i.e.: *buried ice*) come si ritrova sui ghiacciai neri (i.e.: *debris-covered glaciers*) presenti nelle principali catene montuose glacializzate del Pianeta. Il processo di ablazione è modellato utilizzando le equazioni di conservazione dell'energia e della massa e la conduzione del calore. L'input principale per quantificare (attraverso il calcolo delle differenze finite) il flusso di calore conduttivo attraverso lo spessore detritico è: i) la temperatura superficiale del detrito o ii) la radiazione assorbita. Per la calibrazione del modello e la sua validazione sono stati impiegati set distinti di dati di campo di ablazione, temperatura del detrito e parametri meteorologici (temperatura dell'aria e radiazione solare in entrata e riflessa) acquisiti durante campagne di rilevamento svolte nell'Estate 2007. Il confronto fra l'ablazione modellata e misurata ha evidenziato una buona capacità del modello nella descrizione dell'ablazione (RMSE = 0.04 m w.e.,  $r = 0.79$ ). Le analisi svolte hanno evidenziato come la conduttività termica sia il parametro più critico del modello e come questa possa essere stimata dalla temperatura e dallo spessore del detrito sopragliaciale, dati che si modificano nel corso della stagione ablativa. Il modello proposto può pertanto venire utilizzato per quantificare la fusione del ghiaccio coperto da detrito se sono disponibili quantificazioni locali della conducibilità termica.

**TERMINI CHIAVE:** Ghiacciai neri, Ablazione glaciale, Conduzione del calore, Ghiacciaio Venerocolo, Alpi.

### INTRODUCTION

Water cycle of alpine glaciers is of utmost importance for the Alpine environment, as well as for water resources and water management planning in temperate regions (Barnett & alii, 2005). While snow cover extent, duration and dynamics influence vegetal and animal biota in Alpine areas (e.g. Keller & alii, 2005; Kulakowski & alii, 2006), freshwater availability from the cryosphere