

# RIO LAZER 1966: CRITICITÀ E SFIDE NELLA RICOSTRUZIONE MODELLISTICA DI UN EVENTO STORICO DI COLATA DETRITICA

*Nadia Zorzi<sup>1\*</sup>, Giorgio Rosatti<sup>1</sup> & Erika Veronesi<sup>1</sup>*

*(1) Dipartimento di Ingegneria Civile, Ambientale e Meccanica, Università degli Studi di Trento*

*\*email: nadia.zorzi@unitn.it*

## ASPETTI CHIAVE

- *Le colate di detrito sono fenomeni complessi e richiedono un approccio modellistico articolato.*
- *Si propone un approccio metodologico sistematico per la ricostruzione di un evento.*
- *L'uso iterativo di un modello fa emergere gli aspetti più rilevanti ai fini della ricostruzione.*
- *In un modello fisicamente basato contano più le condizioni iniziali/contorno che la taratura.*

## 1 INTRODUZIONE

Le colate di detrito sono fenomeni complessi tipici delle regioni montane. La ricostruzione della dinamica di un evento è un elemento importante nella valutazione della pericolosità di un conoide e spesso guida anche la progettazione di opere di mitigazione. La ricostruzione di un evento presenta molte difficoltà, legate soprattutto all'incertezza nelle misure delle grandezze che caratterizzano l'evento, spesso associata alla mancanza di procedure sistematiche di rilievo. Tali difficoltà diventano vere e proprie sfide quando si tratta di ricostruire un evento storico, dove la distanza temporale rende particolarmente difficile la raccolta di elementi e di dettagli che potrebbero essere importanti ai fini della ricostruzione ma che il tempo tende inesorabilmente a cancellare (testimonianze dirette, dati cartacei che vengono persi, modifiche del territorio non documentate, ecc.)

Il presente lavoro considera un approccio metodologico sistematico da utilizzare nella ricostruzione di eventi di colata detritica. Tale approccio è stato applicato all'evento avvenuto il 4 novembre 1966 nel bacino del Rio Lazer, in Trentino. Per simulare tale evento è stato applicato il modello bidimensionale TRENT2D (Armanini *et al.*, 2009; Rosatti & Begnudelli, 2013), all'interno del sistema integrato WEEZARD (Rosatti *et al.*, 2018). Il carattere storico dell'evento e la limitata documentazione disponibile hanno permesso di evidenziare alcuni aspetti chiave e possibili criticità nell'applicazione della metodologia.

## 2 APPROCCIO METODOLOGICO

L'approccio utilizzato in questo lavoro si compone di cinque fasi:

1. *ricerca storica: reperimento della documentazione storica disponibile per l'area di studio in merito ad eventi pregressi di colata;*
2. *rappresentazione morfologica: produzione di un modello del terreno rappresentativo delle effettive condizioni morfologiche in cui simulare la colata, ricorrendo ad un livello di risoluzione appropriato;*
3. *analisi geologica e geomorfologica: determinazione delle caratteristiche dei sedimenti coinvolti, possibile stima dei volumi solidi in gioco e identificazione di eventuali "testimoni muti" del passaggio di eventi pregressi;*
4. *analisi idrologica: valutazione di durata e intensità delle precipitazioni generanti la colata e determinazione dell'idrogramma della componente liquida della colata mediante l'applicazione di un modello afflussi-deflussi fisicamente basato;*
5. *modellazione idraulica: scelta di un modello fisicamente basato, definizione del dominio di calcolo e delle condizioni al contorno da fornire al modello, individuazione dei valori da attribuire ai parametri, interpretazione critica dei risultati del modello.*

Spesso la ricostruzione di eventi di colata viene effettuata dando particolare rilievo alla taratura dei parametri dei modelli e soffermandosi meno sulle altre fasi della procedura. Tuttavia, tale pratica appare poco adeguata qualora venga utilizzata una modellazione fisicamente basata, sensibile alle condizioni al contorno. In questo caso, sarebbe più appropriato rivolgere l'attenzione in egual misura a tutti i punti della procedura, tenendo conto dell'incertezza di ogni fase, come si è cercato di fare nel presente lavoro.

### 3 RICOSTRUZIONE DELL'EVENTO DI COLATA DETRITICA DEL 1966 SUL RIO LAZER

Il Rio Lazer è un piccolo bacino montano che si estende per circa 1.6 km<sup>2</sup> nelle Alpi orientali, in provincia di Trento. Nel 1966 il suo conoide era popolato da alcuni edifici del comune di Siror, oggi Primiero San Martino di Castrozza (TN). Le importanti precipitazioni registrate il 3 e il 4 novembre 1966 nella zona, portarono alla saturazione del bacino e, presumibilmente verso il termine della perturbazione, l'area fu interessata da un evento di colata detritica, che depositò sul conoide un volume di sedimenti circa pari a 56000 m<sup>3</sup> (Gregoretti et al., 2016).

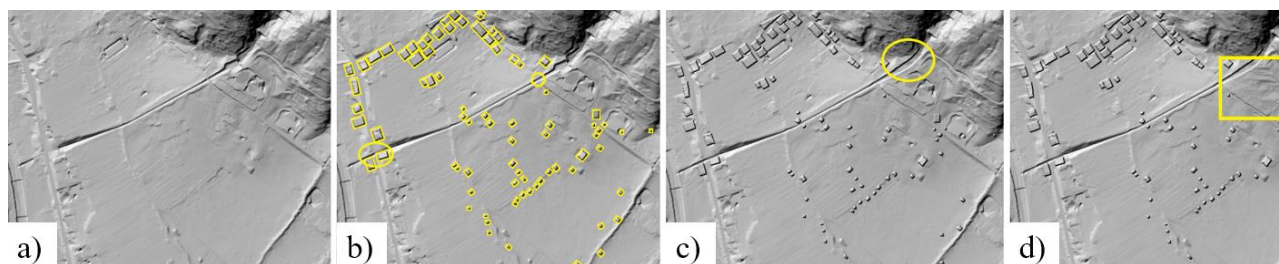
#### 3.1 Ricerca storica

Premettendo che il bacino del Rio Lazer non è strumentato, il lavoro di reperimento della documentazione storica utile per la ricostruzione dell'evento si è dimostrato fondamentale per definire gli input modellistici. Dall'analisi storica sono state rinvenute due fotografie non ortometriche post-evento, una perimetrazione dell'area inondata (Lenzi & Paterno, 1997), alcune foto aeree e ortofoto della zona (datate 1963, 1973 e 1983), documenti di progetto dei lavori di sistemazione effettuati nei decenni precedenti l'evento, cronache apparse su periodici locali e dati pluviometrici giornalieri registrati da quattro stazioni meteorologiche nel raggio di 15 km.

#### 3.2 Rappresentazione morfologica

La rappresentazione dell'altimetria nell'area di studio è stata ricavata a partire dal modello digitale del terreno (DTM) prodotto dalla Provincia Autonoma di Trento nel 2008. Per avvicinarsi quanto più possibile alla situazione morfologica del 1966, il DTM è stato opportunamente modificato sulla base della documentazione disponibile, intervenendo principalmente nei punti indicati in Figura 1.

Gli interventi sul DTM sono stati effettuati con approccio incrementale ed iterativo, ponendo in successione cicli di modellazione e validazione con il materiale fotografico disponibile. L'interpretazione critica dei risultati modellistici progressivamente ottenuti ha consentito di migliorare gradualmente la rappresentazione morfologica del territorio, concentrando le modifiche nei punti più rilevanti sotto il profilo idraulico (attraversamenti dell'asta torrentizia, larghezza della sezione del canale, dislivelli del piano campagna in campo aperto). L'utilizzo di una modellazione fisicamente basata a fondo mobile in un contesto che ammette scavi e depositi ed un'analisi dettagliata dei risultati modellistici, specialmente nelle aree in cui questi apparivano anomali, ha consentito di rilevare criticità difficilmente individuabili con un mero confronto visivo tra foto aeree e DTM. Si sottolinea che in questa fase le operazioni di modifica del DTM sono state effettuate senza intervenire sui valori dei parametri dei modelli o sulle condizioni al contorno, concentrando l'attenzione unicamente sull'effetto reciproco tra morfologia e colata.



**Figura 1.** Elaborazioni sulla rappresentazione morfologica del conoide del Rio Lazer: (a) DTM rilevato nel 2008; (b) aggiunta degli edifici presenti nel 1966 e sistemazione delle due sezioni di attraversamento del torrente; (c) rimozione della piazza di deposito all'apice del conoide, assente nel 1966; (d) rimozione del terrazzamento in sponda sinistra, assente nel 1966.

### 3.3 Analisi geologica e geomorfologica

Il sito di studio presenta diffusi depositi glaciali a matrice grossolana non coesiva, caratterizzati da elevata permeabilità e facilmente erodibili. Tali osservazioni sono confermate da *Gregoretti et al.* (2016). Nel corso dell'evento, tale materiale è stato eroso presumibilmente lungo tutta l'asta torrentizia fino al conoide, che invece è stato interessato prevalentemente da processi di deposito. Dalla documentazione fotografica disponibile per l'evento del 1966 si evince come le precipitazioni abbiano causato anche il franamento superficiale di limitate porzioni di versante pedemontano, ad una certa distanza dall'alveo. Anche tali contributi si sono depositati sul conoide e presumibilmente sono stati inclusi nella stima volumetrica indicata in precedenza. Tali fenomeni contribuiscono dunque ad aumentare la complessità dell'evento e l'incertezza della ricostruzione modellistica.

### 3.4 Analisi idrologica

I dati pluviometrici contenuti nella documentazione disponibile suggeriscono che le precipitazioni registrate tra il 3 e il 4 novembre 1966 abbiano avuto intensità progressivamente crescente. Questo andamento lascia presumere che la perturbazione abbia prima portato a saturazione l'intero bacino e che solo nella sua fase conclusiva, in corrispondenza delle precipitazioni d'intensità maggiore, si sia manifestata la colata. Tuttavia, non avendo a disposizione dati pluviometrici con una sufficiente risoluzione temporale, si è scelto di introdurre alcune ipotesi a priori relativamente a intensità e durata della pioggia che avrebbe generato il fenomeno.

A partire dalle curve di possibilità pluviometrica proposte da *Borga et al.* (2005) per la regione di studio e ipotizzando che l'evento sia stato caratterizzato da un tempo di ritorno piuttosto elevato, sono stati prodotti sei scenari pluviometrici, caratterizzati da diversa durata e intensità. In tal modo si è inteso far fronte all'assenza di documentazione pluviometrica dettagliata.

Le corrispondenti portate liquide sono state ricavate mediante l'applicazione del modello afflussi-deflussi semi-distribuito proposto da *Rigon et al.* (2011) sul bacino del Rio Lazer chiuso all'apice del conoide. Tale modello basa la descrizione dei processi idrologici sulla teoria dei tempi di residenza e risulta particolarmente adatto per applicazioni a scala di evento su bacini montani di dimensioni assai contenute. A causa dell'impossibilità di effettuare una taratura, i valori dei parametri del modello afflussi-deflussi sono stati fissati a priori, scegliendo valori ritenuti significativi da un punto di vista fisico. In tal modo si sono ottenuti i sei idrogrammi liquidi mostrati in Figura 2.

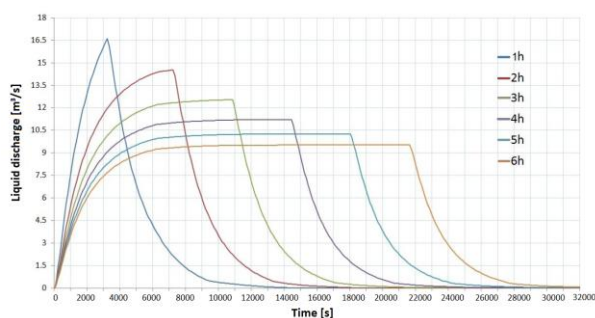


Figura 2. Idrogrammi di portata liquida considerati nella ricostruzione dell'evento di colata del 4 novembre 1966 sul Rio Lazer.

### 3.5 Modellazione idraulica

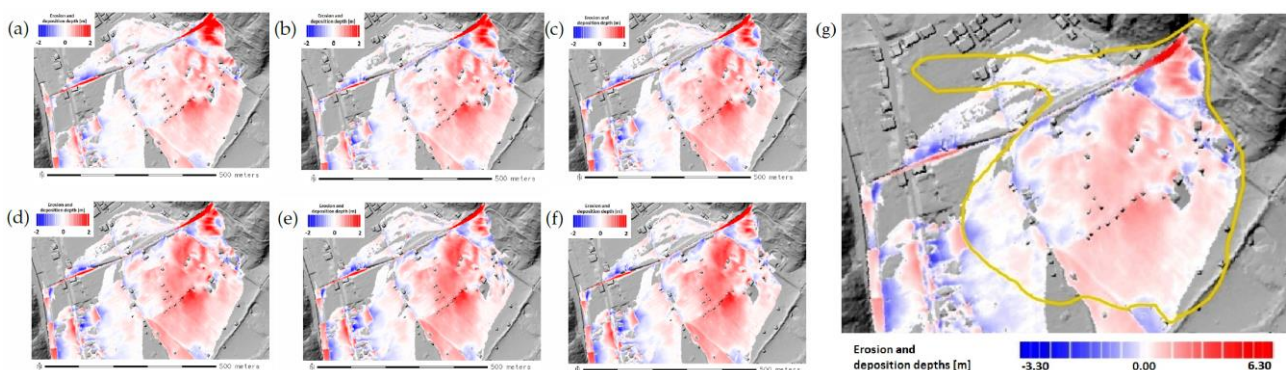
La modellazione idraulica è stata condotta mediante il modello TRENT2D, che simula colate e piene ad alta concentrazione descrivendo la mistura con approccio bifase isocinetico e una reologia granulo-inerziale.

Il modello è stato applicato ad un dominio computazionale scelto previa analisi dettagliata le condizioni morfologiche all'apice del conoide. In tale area infatti è presente un marcato cambio di pendenza (da 37% a 12%), particolarmente rilevante ai fini della corretta determinazione delle condizioni al contorno del modello. Per tale ragione il dominio computazionale è stato esteso a monte del cambio di pendenza, in modo da includere tale punto critico nell'analisi.

Le condizioni al contorno in ingresso al modello sono state valutate a partire dagli scenari idrologici individuati nel corso dell'analisi idrologica e stimando la concentrazione della fase solida sulla base del dato relativo al volume depositato. Si osserva tuttavia che tale stima è inevitabilmente affetta da un elevato grado di incertezza, sia per effetto delle ipotesi a priori introdotte nell'analisi idrologica, sia per la concomitanza tra colata e fenomeni franosi di versante.

Successivamente, si è provveduto a fissare i valori dei parametri del modello, sulla base della documentazione disponibile e di ragionamenti fisicamente basati, senza ricorrere a calibrazione.

Le diverse simulazioni hanno prodotto risultati paragonabili in termini di area interessata dalla colata, come mostrato in Figura 3, dove sono rappresentate le altezze di scavi e depositi sul conoide al termine delle simulazioni. Differenze si osservano invece nei valori di tali altezze. Questi risultati, se confrontati con la perimetrazione dell'evento come in Figura 3(g), mostrano l'effetto di una buona rappresentazione morfologica. D'altra parte, essi consentono anche di apprezzare l'effetto dell'incertezza delle condizioni al contorno fornite al modello.



**Figura 3.** Mappe finali delle altezze di scavi (blu) e depositi (rosso) ottenute per i sei scenari considerati nella ricostruzione dell'evento del Rio Lazer: (a) precipitazione 1h; (b) precipitazione 2h; (c) precipitazione 3h; (d) precipitazione 4h; (e) precipitazione 5h; (f) precipitazione 6h; (g) confronto tra (c) e la perimetrazione dell'area inondata (giallo) fornita da *Lenzi & Paterno, 1997*.

## 4 CONCLUSIONI

A fronte della limitata documentazione disponibile per l'evento analizzato, la ricostruzione effettuata applicando la procedura di Sezione 2 ha fornito risultati accettabili, benché affetti da un elevato grado di incertezza. L'applicazione di tale metodologia ad un evento storico di colata ha consentito inoltre di individuare alcuni aspetti chiave nell'applicazione della procedura, quali la ricerca di documentazione storica, il grado di accuratezza della rappresentazione morfologica, l'incertezza degli scenari idrologici e, più in generale, delle condizioni al contorno da fornire al modello.

## RICONOSCIMENTI

La ricerca è stata finanziata nell'ambito del progetto CARITRO *Nove frontiere per l'analisi previsionale di fenomeni alluvionali con elevata concentrazione di sedimenti: uno strumento numerico di seconda generazione per la salvaguardia territoriale montana*

## RIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI

- Armanini, A., Fraccarollo, L. & Rosatti, G. Two-dimensional simulation of debris flows in erodible channels, *Computer & Geosciences*, 2009, 35(5), 993-1006.
- Borga, M., Vezzani, C. & Dalla Fontana, G. Regional rainfall Depth-Duration-Frequency equations for an Alpine Region, *Natural Hazards*, 2005, 36, 221-235.
- Gregoretti, C., Degetto, M. & Boreggio, M. GIS-based cell model for simulating debris flow runout on a fan, *Journal of Hydrology*, 2016, 534, 326-340.
- Lenzi, M. & Paterno, P. La progettazione e la valutazione di impatto ambientale degli interventi di sistemazione idraulico-forestali. Uno studio di caso sul Rio Lazer, Ed. Progetto, Padova, Italy, 1997.
- Rigon, R., D'Odorico, P. & Bertoldi, G. The geomorphic structure of the runoff peak, *Hydrology and Earth System Sciences*, 2011,

15, 1853-1863.

Rosatti, G. & Begnudelli, L. Two-dimensional simulation of debris flows over mobile bed: enhancing the TRENT2D model by using a well-balanced Generalized Roe-type solver, *Computer & Fluids*, 2013, 71, 179-195.

Rosatti, G., Zorzi, N., Zugliani, D., Piffer, S. & Rizzi, A. A Web Service ecosystem for high-quality, cost-effective debris-flow hazard assessment, *Environmental Modelling & Software*, 2018, 100, 33-47.