



**DOTTORATO DI RICERCA IN INGEGNERIA CIVILE PER
L'AMBIENTE ED IL TERRITORIO**
XII Ciclo - Nuova Serie (2011-2013)
DIPARTIMENTO DI INGEGNERIA CIVILE, UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI SALERNO

SOMMARIO
TESI DI DOTTORATO

**GENESIS AND MECHANISMS OF RAINFALL-INDUCED
HYPERCONCENTRATED FLOWS IN GRANULAR SOILS**

**(GENESI E MECCANISMI DI FLUSSI IPERCONCENTRATI INDOTTI DA
PIOGGIA IN TERRENI GRANULARI)**

MARIA DELLA SALA

Relatore
PROF. ING. SABATINO CUOMO

Coordinatore
PROF. ING. VINCENZO BELGIORNO

Lungo versanti acclivi, piogge intense possono innescare sia frane superficiali che erosione generando diversi fenomeni tipo flusso che si innescano in aree adiacenti e sovrapposte. Conseguentemente, grandi quantità di acqua e detriti possono raggiungere la sezione di chiusura di bacini montani molto acclivi, facendo registrare spesso conseguenze catastrofiche. Recenti studi evidenziano che frane di primo distacco si trasformano in flussi di detrito o valanghe di detrito, mentre, instabilità di versante generate da fenomeni erosivi, generalmente, si propagano come flussi iperconcentrati. In particolare, la letteratura scientifica evidenzia che questi ultimi si verificano su versanti acclivi costituiti da terreni granulari parzialmente saturi e sono fenomeni di trasporto di massa, costituiti da acqua e detriti la cui concentrazione solida volumetrica varia tra il 20 e il 47%. Generalmente, tali fenomeni sono caratterizzati da un'alta variabilità spaziale e temporale, che caratterizza soprattutto la portata e la concentrazione di sedimenti. Pertanto, improvvisamente e repentinamente, la sezione di chiusura dei bacini può essere interessata da elevati picchi di portate con alte concentrazioni solide causando vittime e danni.

La genesi dei flussi iperconcentrati è legata a tre principali processi: i) infiltrazione delle acque meteoriche; ii) generazione del deflusso superficiale e iii) mobilitazione di particelle solide per effetto dei processi erosivi.

Il principale obiettivo della presente tesi è stato duplice: i) ottenere una migliore comprensione dei meccanismi di genesi alla base dei flussi iperconcentrati ed ii) effettuare valutazioni quantitative delle quantità di acqua e solido che si propagano all'interno di un bacino montano e che raggiungono, infine, la sezione di chiusura.

Per il conseguimento di tali finalità, si è adottato un approccio multi-scalare: i) a scala di pendio sono stati analizzati i meccanismi di generazione del deflusso superficiale mediante un modello agli Elementi Finiti (FEM); ii) su area vasta e a scala di bacino, si sono analizzati l'innescò dei flussi iperconcentrati e la propagazione di acqua e solido con un modello empirico ed un modello fisicamente basato alle Differenze Finite (FDM), con particolare riguardo ad un'area di studio che è stata ripetutamente interessata da tali fenomeni; iii) a scala di particella, si è analizzato il meccanismo di erosione da impatto delle gocce di pioggia, con un approccio numerico agli Elementi Discreti (DEM).

A scala di pendio sono stati analizzati i processi di infiltrazione delle acque meteoriche e di generazione del deflusso superficiale portando in conto la parziale saturazione dei terreni e l'intensità della pioggia. Ne è risultato che i tempi di generazione del deflusso, i tempi di instabilità e la quantità di acqua che ruscella, dipendono fortemente dalle curve caratteristiche e dalle condizioni iniziali dei terreni, dall'intensità di pioggia e dalla pendenza del versante.

Su area vasta, selezionata un'area campione di rilevante estensione (circa 130 km²), sono stati condotti studi parametrici relativi all'innescò sia di frane superficiali che di fenomeni erosivi superficiali. Ne è risultato una molteplicità di scenari possibili, in relazione ai valori iniziali di suzione che dipendono dal periodo dell'anno e che, d'altra parte, condizionano fortemente l'evoluzione spazio-temporale del ruscellamento. Tali risultati sono stati confrontati con un evento di particolare rilevanza occorso nel passato, ricavandone un soddisfacente accordo con quanto osservato.

A scala di bacino sono stati scelti due bacini montani (circa 10 km²) ricadenti nell'area di studio e sono stati condotti studi parametrici al fine di valutare la distribuzione spaziale delle aree erose, la portata di acqua e solido e la concentrazione di solido alla sezione di chiusura. I risultati conseguiti evidenziano la concreta possibilità di simulare eventi meteorici realistici e di poterne prevedere gli effetti in termini di zone erose lungo i versanti e nei canali oltre che di poter computare nel tempo le portate di acqua e solido che raggiungono lo sbocco di un bacino montano.

A scala di particella, è stato approfondito il meccanismo di erosione da impatto delle gocce di pioggia sul terreno attraverso un modello numerico avanzato agli Elementi Discreti (DEM). Tale tipo di analisi ha consentito di verificare la possibilità di un effettivo utilizzo di

tale formulazione meccanica per il problema in esame, portando al conseguimento di alcuni risultati preliminari di particolare interesse.

Globalmente, la presente tesi fornisce innovativi contributi specifici a differenti scale di analisi, dall'area vasta ($>100\text{km}^2$) alla scala della singola particella (diametro $<1\text{cm}$), per i processi di genesi di un flusso iperconcentrato.