

UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI NAPOLI FEDERICO II



**FACOLTA' DI INGEGNERIA**

CORSO DI LAUREA SPECIALISTICA

IN INGEGNERIA PER L'AMBIENTE E IL TERRITORIO

DIPARTIMENTO DI INGEGNERIA IDRAULICA,  
GEOTECNICA E AMBIENTALE

SINTESI DELL'ELABORATO DI LAUREA

MODELLAZIONE DELLA CIRCOLAZIONE IDRICA IN UN PENDIO  
DI PIROCLASTITI PARZIALMENTE SATURO

RELATORE

Ch.mo Prof. Ing. Gianfranco Urciuoli

CORRELATORE

Dott. Ing. Marianna Pirone

CANDIDATO

Claudia Teotino

Matr. 324/127

ANNO ACCADEMICO 2009/2010

## Relazione sintetica

I terreni della Regione Campania sono in parte costituiti da terreni piroclastici poggianti su massiccio calcareo e, spesso, sono interessati da colate di fango. Queste frane coinvolgono gli strati più superficiali della coltre appartenenti all'eruzione vulcanica dei distretti Campi Flegrei e Somma – Vesuvio.

La pioggia ne rappresenta il principale fattore scatenante perché produce un aumento significativo del grado di saturazione e, di conseguenza, significative riduzioni della suzione e della resistenza a taglio. La conoscenza della distribuzione della pressione e del contenuto d'acqua nel sottosuolo permette di individuare il periodo più critico per la stabilità dei versanti.

Pertanto, nell'ambito di un progetto di ricerca, è stato allestito dal 2005 un campo sperimentale nel territorio comunale di Monteforte Irpino (Av). In un primo momento il campo prove è stato predisposto per la misura della suzione e del contenuto d'acqua della coltre piroclastica attraverso l'installazione di tensiometri e sonde TDR a diverse profondità. Successivamente, è stata installata una stazione meteorologica per la misura delle variabili climatiche (intensità di pioggia, temperatura dell'aria, umidità dell'aria, radiazione netta, velocità e direzione del vento).

La modellazione del regime idrico annuale sulla base dei dati del monitoraggio consente di interpretare i fenomeni di circolazione dell'acqua. A tale scopo è stato utilizzato il codice numerico Vadose/W, software agli elementi finiti, che risolve per integrazione numerica di un sistema di due equazioni differenziali: l'equazione di conservazione del calore e l'equazione di conservazione della massa d'acqua in fase liquida e di vapore.

Una sezione longitudinale del sito è stata riprodotta con un dominio 2D e sono state

simulate le condizioni climatiche registrate in sito su un anno e precisamente dal 23 Dicembre 2008 al 31 Dicembre 2009.

La coltre è stata caratterizzata termicamente in base alla natura del terreno e idraulicamente a partire dalle misure di suzione e di contenuto d'acqua raccolte in sito. In particolare, per la coltre piroclastica, le curve di ritenzione idrica sono state ricavate da una interpolazione semi-logaritmica dei punti di misura di contenuto d'acqua e suzione registrati in sito. Le curve di permeabilità sono state ottenute interpolando nel piano logaritmico le misure di suzione e le permeabilità calcolate utilizzando la relazione non isteretica di Mualem - Van Genuchten in funzione del contenuto d'acqua misurato. Per i terreni a grana grossa, in mancanza di misure di suzione e contenuto d'acqua, sono state considerate curve caratteristiche a doppia porosità, determinate su pomici provenienti da altro sito, ma appartenenti alla stessa eruzione di quelle presenti a Monteforte. Il comportamento idraulico è stato modellato con parametri che riproducono solo la seconda parte della curva. Le curve di permeabilità sono state modellate con la relazione di Van Genuchten, funzione della curva di ritenzione e della permeabilità satura dei terreni.

Per la risoluzione delle equazioni differenziali sono state definite: le condizioni al bordo e le condizioni iniziali. Pertanto, al bordo superiore sono state assegnate le condizioni climatiche registrate in sito, ai bordi laterali un flusso normale idraulico e termico pari a zero mentre sul fondo è stato assegnato un valore di temperatura e di suzione variabile in funzione della stagione. Per definire in modo più agevole la condizione iniziale è stato individuato un giorno in cui la distribuzione di suzione misurata nella coltre fosse pressoché uniforme. Dopo aver analizzato diverse soluzioni si è scelto di partire dal 22 Dicembre 2008.

La modellazione del regime idrico è stata convalidata dal confronto tra i profili di suzione e di contenuto d'acqua calcolati e le misure raccolte in sito nello stesso periodo di osservazione. Dagli andamenti nel tempo delle medie di suzione e di contenuto d'acqua nei

diversi strati della coltre, calcolati sulle sette verticali di misura, si osserva un buon accordo tra misure e risultati numerici su tutto l'anno riprodotto.

Una buona caratterizzazione idraulica ha consentito una modellazione soddisfacente del periodo invernale e primaverile ma, nel periodo estivo, l'evapotraspirazione ha giocato un ruolo fondamentale. Ciò è valido soprattutto per i terreni superficiali e intermedi, infatti i terreni profondi sono relativamente influenzati dalle condizioni climatiche mentre risultano dipendere fortemente dalla condizione imposta al bordo inferiore. Questa condizione è stata ricavata imponendo un valore di suzione al contatto con il calcare tale che i risultati dell'analisi nei terreni profondi fossero confrontabili con le misure in sito. A tal fine è stata applicata una suzione variabile con la stagione.

Dal bilancio d'acqua al bordo superiore, si osserva che nel periodo in cui il terreno è saturo (in inverno e in primavera) il run-off rappresenta i 2/3 delle precipitazioni. Infatti, quando in superficie la pressione dell'acqua raggiunge un valore positivo, il software consente di non far accumulare acqua sul bordo superiore ma di farla ruscellare. Mentre dopo il periodo secco (in autunno) il run-off risulta inferiore, circa 1/3 della precipitazione.

Dal bilancio al bordo inferiore, invece, si evidenzia che i gradienti di suzione sono molto elevati, maggiori dell'unità, infatti il flusso nel terreno 8 risulta diretto sempre verso il basso e questo potrebbe essere causato dalla presenza di calcare fratturato riempito da materiale sciolto.

Il modello così elaborato consentirà di formulare previsioni su eventuali instabilità del versante in caso di condizioni climatiche particolarmente sfavorevoli e di studiarne i meccanismi d'innescio.