

UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI NAPOLI FEDERICO II



Scuola Politecnica e delle Scienze di Base

DIPARTIMENTO DI INGEGNERIA CIVILE, EDILE ED AMBIENTALE

Abstract

**MISURA DI GRANDEZZE IDRICHE NEL SOTTOSUOLO IN PENDII DI
PIROCLASTITI NON SATURE**

RELATORE

Ch.mo Prof. Gianfranco Urciuoli

CANDIDATO

Raffaele Natale

Matr. M67/282

ANNO ACCADEMICO 2017/2018

INTRODUZIONE

In Italia il dissesto idrogeologico rappresenta un problema rilevante per le limitazioni all'uso del territorio e la minaccia alla vita umana. Con il termine "dissesto idrogeologico" ci si riferisce a tutti quei fenomeni naturali legati agli eventi meteorologici in grado di innescare dissesti sui versanti e sul reticolo idrografico, partendo da fenomeni di bassa intensità come l'erosione fino ad arrivare a eventi catastrofici come alluvioni e frane. Nella regione Campania in campo idrogeologico il rischio più elevato e la maggiore minaccia alla vita umana sono legati all'ampia diffusione delle colate di fango nei terreni piroclastici che in situazioni ordinarie si trovano in condizioni di parziale saturazione. Tali frane sono innescate da eventi di pioggia di particolare intensità, capaci di ridurre la suzione nel sottosuolo ed abbattere la resistenza a taglio dei terreni. Ai fini della previsione delle colate di fango è indispensabile osservare ed analizzare le cause che possono condurre all'innescamento mediante un'attività di monitoraggio e di sperimentazione in sito, con l'obiettivo di individuare i meccanismi di innescamento. La formulazione di soglie previsionali non può prescindere, quindi, dallo studio della distribuzione delle pressioni neutre e del contenuto d'acqua nel sottosuolo. Pertanto nel presente elaborato di tesi vengono illustrati ed interpretati i dati di monitoraggio provenienti dal sito sperimentale allestito nel 2017 sul Monte Faito (NA) e dedicato allo studio dell'innescamento delle colate di fango. L'elaborazione delle misure di suzione e di contenuto d'acqua e dei gradienti di quota piezometrica è stata arricchita attraverso un'analisi pluviometrica dell'area. Ultima fase di analisi è stata il calcolo del Fattore di Sicurezza del versante su cui è realizzato il campo sperimentale.

TERRENI PARZIALMENTE SATURI

I terreni sono mezzi particellari a tre componenti sia sotto il profilo delle fasi che lo costituiscono (solida, liquida e gassosa), sia sotto il profilo dei materiali (che in genere sono minerali, aria ed acqua). La fase solida consiste in particelle di terreno di forma e dimensione variabile mentre la fase liquida è composta da acqua. L'acqua allo stato di vapore può occupare, insieme all'aria, il volume dei pori non occupato dal liquido o da un qualsiasi altro gas, costituendo la fase gassosa. Le molecole d'acqua liquida possono essere libere di muoversi nei pori interparticellari (Bulk Water) oppure essere aderenti alla superficie delle particelle solide di terreno a causa di legami elettrochimici (Meniscus Water). Oggetto di questa tesi è un terreno parzialmente saturo molto diffuso in Campania: le piroclastiti depositate a seguito delle attività vulcaniche del complesso Somma-Vesuvio.

SUZIONE E CONTENUTO D'ACQUA

In un terreno parzialmente saturo, a causa della tensione superficiale, la pressione dell'acqua nei pori (u_w) è sempre inferiore alla pressione dell'aria nei pori (u_a). La differenza tra la pressione dell'aria, che in condizioni naturali è pari alla pressione atmosferica, e la pressione dell'acqua nei pori è detta suzione di matrice: $s=(u_a-u_w)$. Il contenuto d'acqua è una grandezza scalare propria dei terreni. Esso è definito come la quantità, solitamente espressa in percentuale, di acqua presente nel terreno rispetto alla fase solida.

CAMPO SPERIMENTALE DI MONTE FAITO

Il campo sperimentale è ubicato a 850 m sul livello del mare sul Monte Faito, che fa parte del parco regionale dei Monti Lattari ed è ubicato sul versante del massiccio prospiciente il golfo di Napoli. Le indagini preliminari, svolte con il contributo del prof. Santo, hanno permesso di ricostruire la geologia dell'area, mediante la rilevazione di varie colonne stratigrafiche. I terreni oggetto di studio hanno origine dall'eruzione del complesso Somma-Vesuvio. Si tratta di terreni a granulometria grossolana, per quanto riguarda gli strati A e B, mentre i terreni C sono caratterizzati da granulometria più fine.

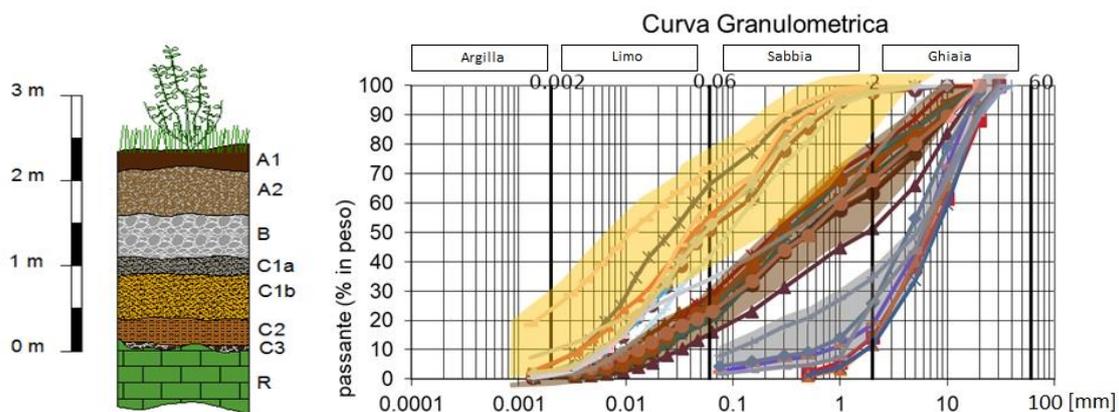


Figura 1 - Stratigrafia (a cura del Prof. Santo), Curva Granulometrica

L'area di installazione degli strumenti è stata scelta all'interno del campo sperimentale e suddivisa in due zone. In ognuna di esse sono state investigate cinque verticali. Ogni verticale è stata strumentata con sonde TDR e tensiometri "SDEC France" e "Jetfill". (Figura 2).

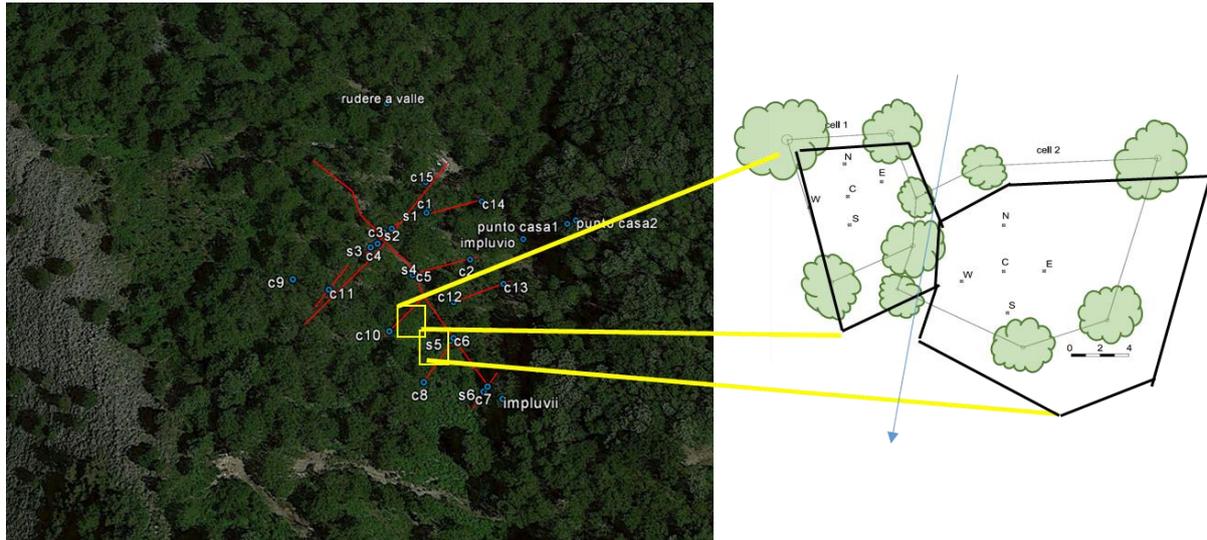


Figura 2 – Disposizione delle due celle strumentate

Infine, è stata allestita una stazione meteorologica per le misure di: pioggia, temperatura dell'aria, temperatura del terreno, umidità relativa, radiazione solare, velocità del vento, direzione del vento.

ELABORAZIONE DELLE MISURE

La sperimentazione e il monitoraggio eseguiti sul campo-prova di Monte Faito hanno permesso l'acquisizione e l'elaborazione del regime delle pressioni interstiziali, del contenuto d'acqua e dei dati meteorologici per un arco temporale compreso tra Febbraio 2017 e Maggio 2018. Sono acquisiti inoltre anche i dati relativi alla pluviometria ed alle temperature con cadenza giornaliera della stazione meteorologica di Moiano al fine di effettuare un'analisi pluviometrica sull'arco di 9 anni.

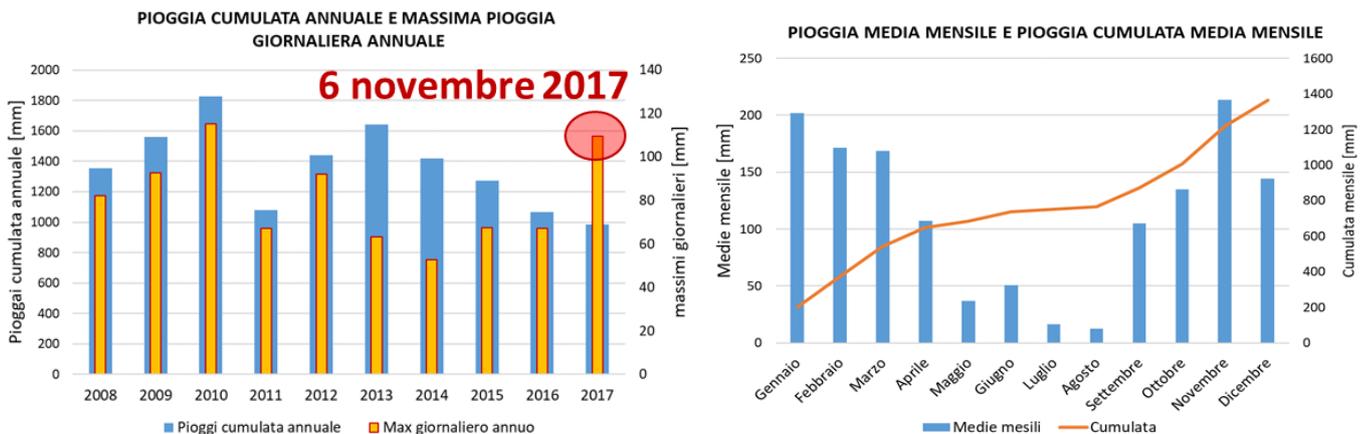


Figura 2 – Disposizione delle due celle strumentate

Sono stati elaborati i dati della suzione e del contenuto d'acqua della Zona 1 e della Zona 2 insieme, in quanto i terreni mostrano un comportamento simile. Per ciascun terreno (A1, A2, C1sup, C1inf, C2) sono state analizzate nel tempo le suzioni fino a ricavarne e diagrammarne i valori medi in ogni strato. Stesso tipo di studio è stato effettuato per il contenuto d'acqua dei terreni A1, A2, B, C1sup, C1inf e C2. Di seguito sono riportati i valori medi giornalieri della suzione e del contenuto d'acqua rapportati alle piogge stagionali per ciascuno dei terreni presenti. La suzione, il contenuto d'acqua e le quote piezometriche sono stati analizzati nel tempo per tutte le verticali, sia della Zona 1 che della Zona 2.

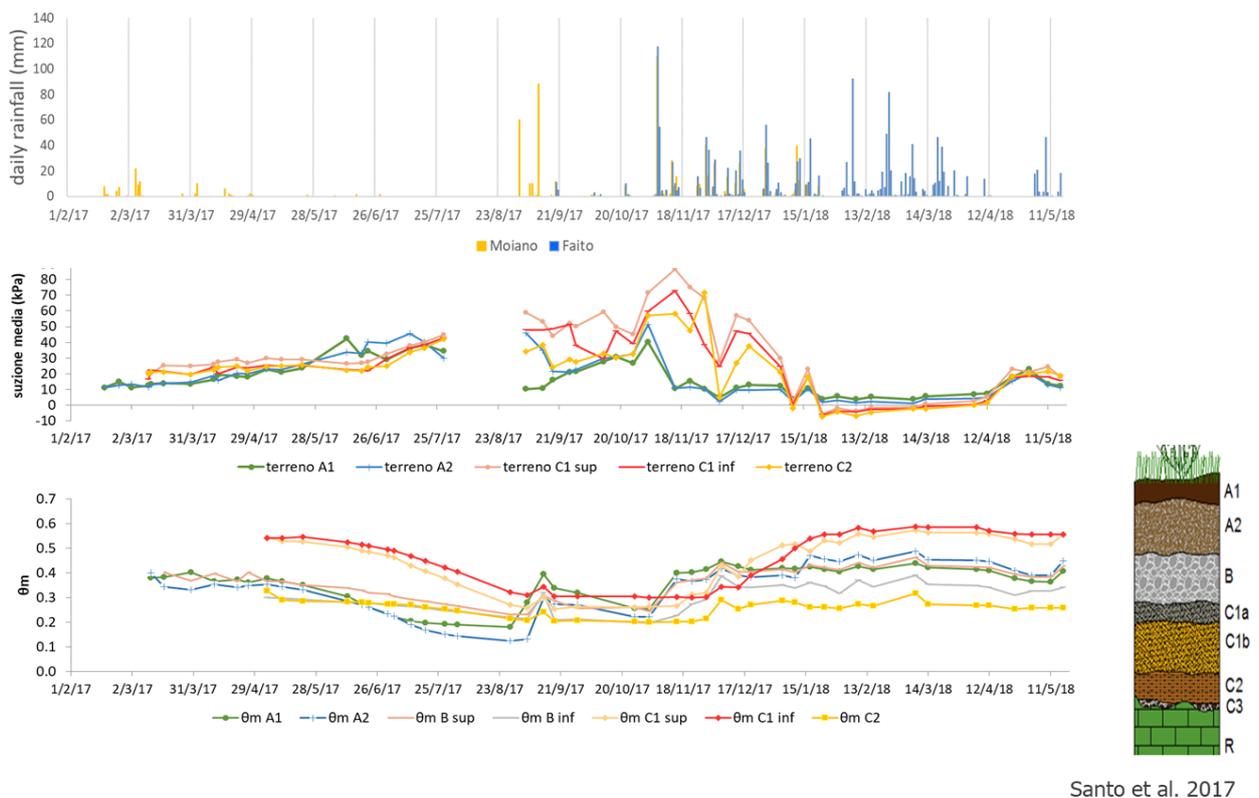


Figura 3 – Pluviogramma, suzioni medie, contenuto d'acqua medio.

Osservando i dati acquisiti nella coltre superficiale (terreni A1 $z=0,21-0,28m$ e A2 $z=0,6-0,8m$), la suzione risulta in aumento in primavera ed in estate, e decresce progressivamente con l'inizio della stagione piovosa. Questo comportamento è connesso ai fattori meteorologici stagionali che regolano i fenomeni di infiltrazione (piogge e neve), oltre ai fenomeni di evaporazione e traspirazione (temperatura e umidità relativa dell'aria, irraggiamento solare, copertura vegetale). Nella porzione

profonda della coltre piroclastica (terreno C1 sup z=2,1-2,48m e C1 inf=2,6-2,8 m), i profili di suzione seguono un analogo ciclo stagionale.

In accordo con la teoria del pendio indefinito, è stato calcolato il Fattore di Sicurezza:

$$FS = \frac{\tau_f}{\tau} = \frac{(S_r * s + \sigma) \tan \varphi'}{\tau} = \frac{(S_r * s + \gamma z \cos^2 \alpha) \tan \varphi'}{\gamma z \sin \alpha \cos \alpha}$$

Nella precedente espressione, S_r è il grado di saturazione, s è la suzione, γ è il peso dell'unità di volume, α è la pendenza del pendio, φ' è l'angolo di attrito del terreno, z è la profondità della superficie di scorrimento.

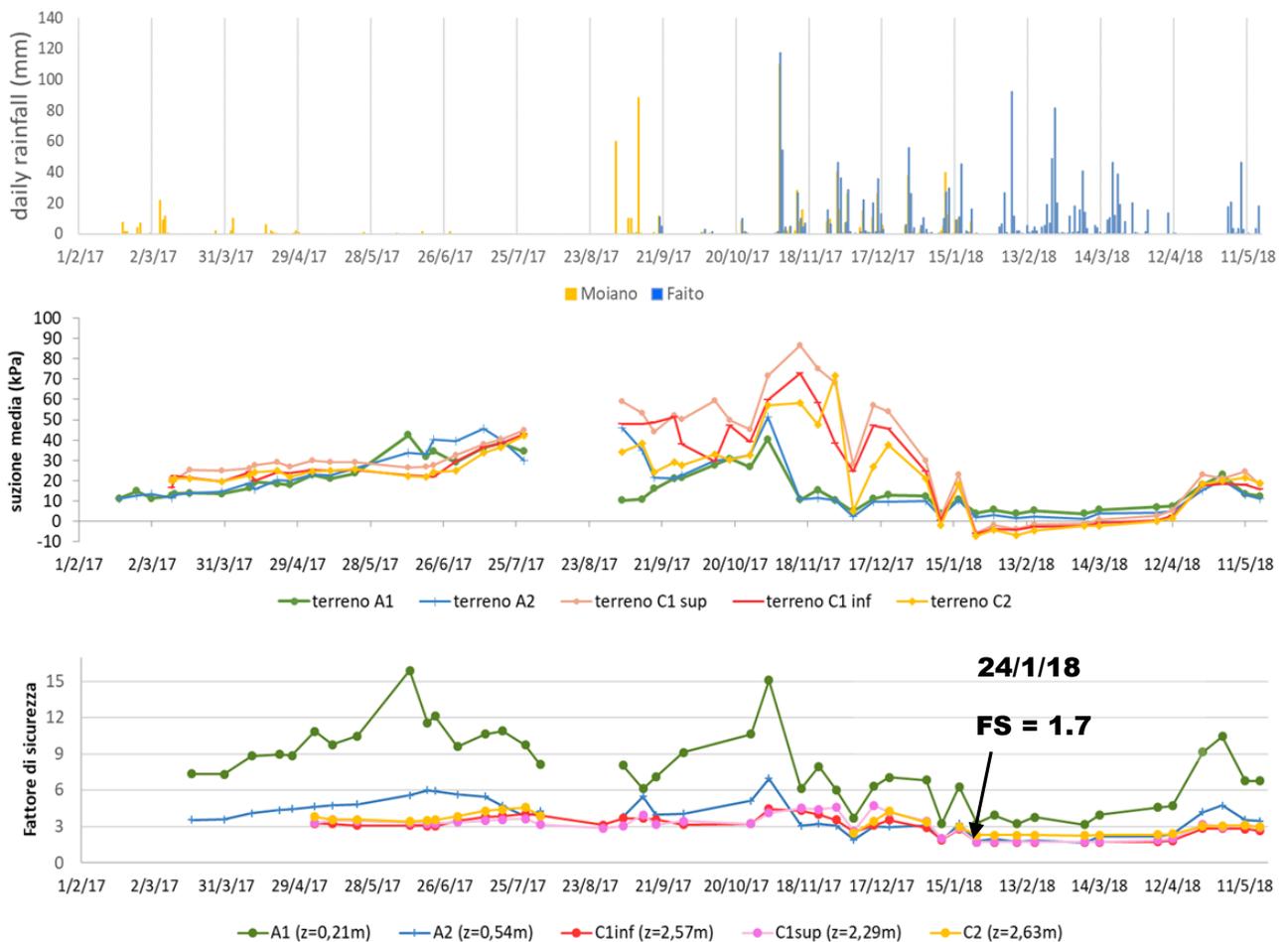


Figura 4 – Suzioni medie, contenuto d'acqua medio, fattore di sicurezza

CONCLUSIONI

L'insieme dei risultati ottenuti nel lavoro di tesi (solo in parte riportati in questo sommario) consente di affermare che:

- l'evapotraspirazione non ha significativa rilevanza durante il periodo invernale;
- i terreni superficiali oltre a mostrare andamenti stagionali, rispondono repentinamente alle variazioni delle condizioni meteoriche in termini di suzione e contenuto d'acqua raggiungendo la fase stazionaria prima dei terreni più profondi;
- i terreni più profondi subiscono le influenze stagionali e dei singoli eventi di pioggia in ritardo;
- l'andamento stagionale del regime delle pressioni neutre e del contenuto d'acqua nel sottosuolo è una componente determinante nell'innescare delle frane di colata rapida, al punto da poter essere considerato il fattore predisponente. Il singolo evento meteorico può, invece, essere ritenuto un fattore scatenante, ovvero il suo verificarsi in presenza di condizioni iniziali sfavorevoli porterebbe all'innescare di una frana. L'evento meteorico di oltre 100 mm di acqua, avvenuto il 6 Novembre 2017, non è stato un fattore scatenante in quanto le condizioni pregresse erano favorevoli alla stabilità; esso si è quindi trasformato in una causa predisponente, in quanto ha determinato un peggioramento delle condizioni generali del pendio in termini di suzione e contenuto d'acqua. Successivamente, il susseguirsi di eventi meteorici ha comportato un abbassamento del fattore di sicurezza, fino ad un punto di minimo registrato il 24 Gennaio 2018;
- i periodi critici per il pendio risultano, pertanto, essere le stagioni autunnali ed invernali, in cui i frequenti apporti pluviometrici tendono ad annullare il contributo positivo fornito dalla suzione alla resistenza tangenziale nel terreno.