

UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI NAPOLI FEDERICO II



Scuola Politecnica e delle Scienze di Base

CORSO DI LAUREA MAGISTRALE IN

INGEGNERIA PER L'AMBIENTE ED IL TERRITORIO

(Classe delle Lauree Magistrali in Ingegneria per l'Ambiente e Territorio LM-23)

DIPARTIMENTO DI INGEGNERIA CIVILE, EDILE ED AMBIENTALE

TESI DI LAUREA

MISURE DI SUZIONE E CONTENUTO D'ACQUA IN PENDII NON SATURI.
INTERAZIONE SOTTOSUOLO-ATMOSFERA

RELATORE

Ch.mo Prof. Gianfranco Urciuoli

CANDIDATO

Vittorio De Iulio

Matr. M67/112

ANNO ACCADEMICO 2016/2017

INTRODUZIONE

In Italia il dissesto idrogeologico costituisce un problema di notevole rilevanza, fortemente condizionato anche dall'azione dell'uomo: la densità della popolazione, l'abbandono dei terreni montani, l'abusivismo edilizio, il continuo disboscamento, l'uso di tecniche agricole poco rispettose dell'ambiente e la mancata manutenzione dei versanti e dei corsi d'acqua hanno sicuramente aggravato le condizioni di dissesto. 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 ed abbattere la resistenza a taglio dei terreni. Ai fini della previsione di tali eventi è indispensabile la definizione e messa a punto di modelli fisicamente basati. La modellazione dei meccanismi di innesco delle colate rapide e quindi la formulazione di soglie previsionali non possono prescindere dallo studio della distribuzione delle pressioni neutre e del contenuto d'acqua volumetrico 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). L'elaborazione delle misure di suzione e di contenuto d'acqua e dei gradienti è stata arricchita attraverso il calcolo dell'evapotraspirazione,. Ultima fase di analisi è stata il calcolo del Fattore di Sicurezza.

TERRENI PARZIALMENTE SATURI

I terreni sono mezzi particellari costituiti da una fase solida costituita dalle particelle minerali, da una fase liquida formata generalmente da acqua, ma talvolta anche da altri liquidi, e da una fase gassosa rappresentata da aria e vapor d'acqua ma, talvolta, anche da altri gas. Le molecole d'acqua 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).

SUZIONE

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: $s = (u_a - u_w)$.

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 fra la costiera amalfitana ed il golfo di Napoli. Le indagini preliminari 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.

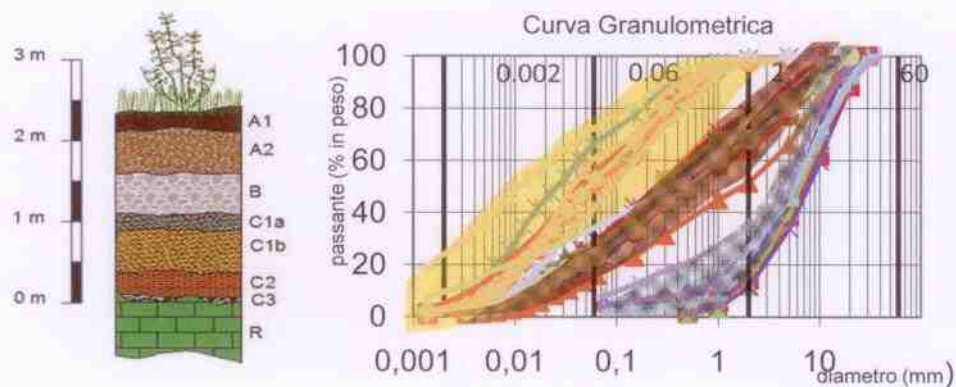


Figura 1-Stratigrafia (a cura del Prof.Santo), Curva Granulometrica

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).

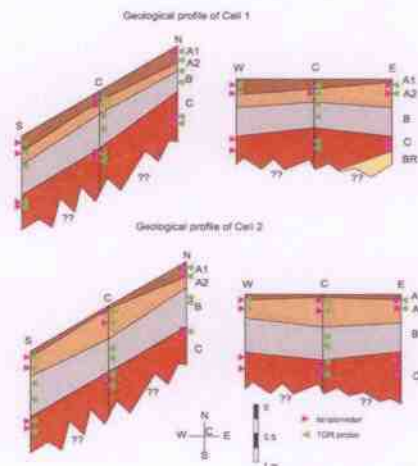
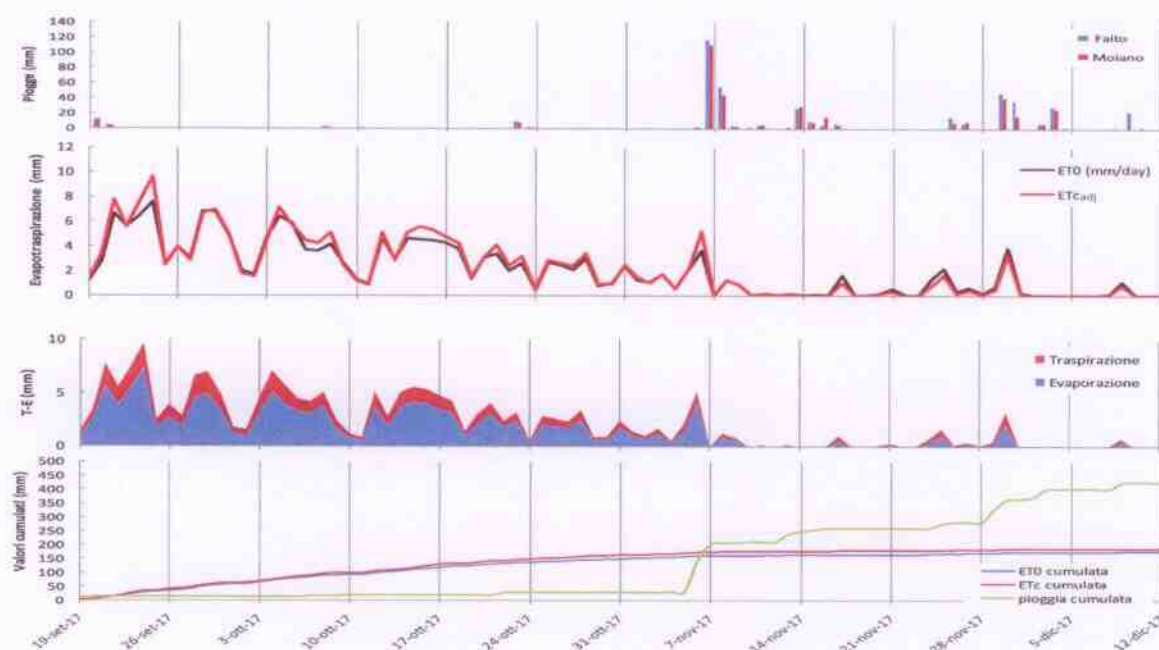


Figura 2- Sezione longitudinale e orizzontale della zona 1 e zona 2

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

Attraverso il metodo FAO Penman-Monteith sono state calcolate l'Evapotraspirazione di Riferimento (ET_0) e l'Evapotraspirazione Reale (ET_{Cadj}); tali grandezze sono state comparate alle piogge stagionali. L'Evapotraspirazione Reale equivale alla somma della Traspirazione e dell'Evaporazione in condizioni di stress idrico e riferito alla colture presente in sito. Sono state riportate inoltre per confronto le curve cumulate di pioggia e di evapotraspirazione, indicative della quantità d'acqua che si infila, che evapora o che si allontana per ruscellamento.



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 ricavare e diagrammare i valori medi in ogni terreno. 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 per ciascun terreno della suzione e del contenuto d'acqua rapportati alle piogge stagionali. La suzione, il contenuto d'acqua e le quote piezometriche sono stati analizzati nel tempo in tutte le verticali, sia della Zona 1 che della Zona 2. Sono stati distinti tre periodi: estivo, autunnale, invernale in cui le suzioni, i contenuti d'acqua e le quote piezometriche sviluppano comportamenti differenti in funzione della stagione e della profondità e del tipo di terreno in cui la misura è effettuata. Sono state analizzate le serie temporali dei gradienti idraulici (Figura 3) per investigare la direzione del flusso sia nei terreni superiori che in quelli inferiori ed infine

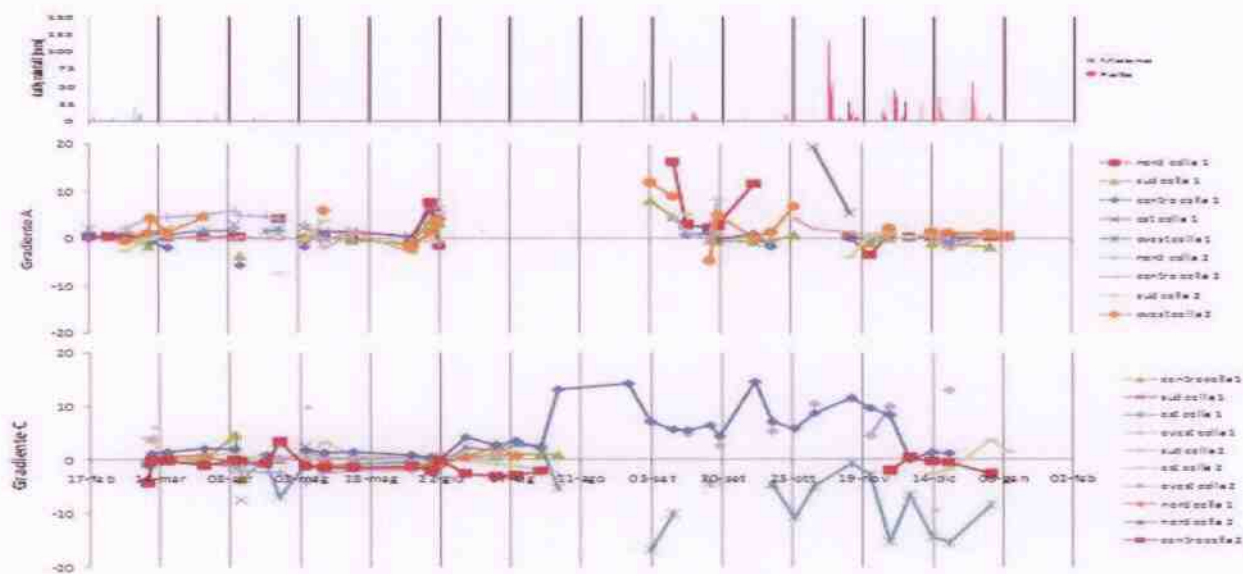
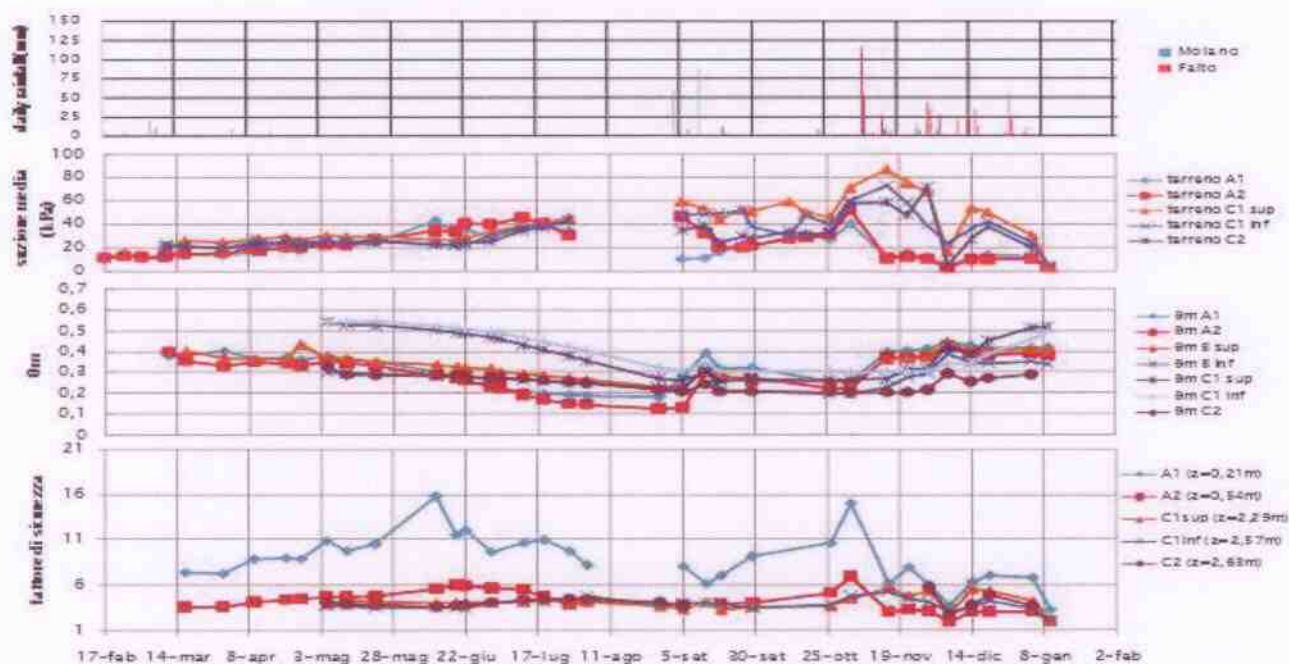


Figura 3-Gradienti idraulici (terreno A, terreno C)

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

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



CONCLUSIONI

L'insieme dei risultati ottenuti nel lavoro di tesi consente di affermare che:

- l'evapotraspirazione non ha significativa rilevanza durante il periodo invernale, in particolare modo la traspirazione, ovvero il contributo offerto dalla vegetazione all'allontanamento delle acque dal terreno;
- i terreni superficiali oltre a mostrare andamenti stagionali, rispondono repentinamente alle variazioni delle condizioni atmosferiche in termini di suzione e contenuto d'acqua;
- 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 verificarsi di esso 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 può, bensì, essere ritenuto una causa pregressa, 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, infatti, un abbassamento del fattore di sicurezza, fino ad un punto di minimo registrato il 6 Dicembre 2017;
- i periodi chiave del monitoraggio 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.