

UN SISTEMA DI ALLARME PREVENTIVO PER LA PREVISIONE DI FENOMENI DI COLATA IN PIROCLASTITI

L. Pagano, G. Rianna, M.C. Zingariello, G. Urciuoli, F. Vinale

Dipartimento di Ingegneria Geotecnica, Università degli Studi di Napoli Federico II

e-mail: lupaga@unina.it, g.rianna@cira.it, gianurci@unina.it, vinale@unina.it

Premessa

Le coltri di terreno piroclastico presenti sui versanti del Napoletano, dell'Avellinese e del Salernitano hanno dato origine ripetutamente a fenomeni di colata di fango, determinando, soprattutto negli ultimi anni un numero considerevole di vittime (Sarno 1998, Nocera 1997 e 2005, Pozzano 1997, Cervinara 1999, Ischia 2006).

Come è noto le piroclastiti sono presenti sui versanti in uno stato di parziale saturazione ed in regime di depressione (suzione). L'innescò delle colate è associato ad incrementi significativi del contenuto d'acqua del terreno, tali da rendere il sistema quasi del tutto saturo. L'incremento di contenuto d'acqua si accompagna ad una riduzione della suzione e dell'aliquota di resistenza del terreno (coesione apparente) generata dalla suzione stessa. L'aggettivo "apparente" indica che tale termine di resistenza può ridursi o annullarsi se le condizioni al contorno, per esempio quelle prodotte da una pioggia, sono tali da abbattere significativamente la suzione.

Gli autori, sulla base della loro esperienza, ritengono che la diminuzione della suzione legata ad infiltrazione di acqua dal p.c. costituisca un fattore che predispone all'instabilità, determinando una riduzione generalizzata del livello di sicurezza del pendio. Quindi possono intervenire fattori scatenanti a carattere locale, quali impatti con corpi di frana in movimento (crollo di blocchi da pareti rocciose), venute d'acqua dal substrato o dagli strati di pomici, che determinano l'innescò della frana in alcuni punti piuttosto che in altri.

Gestione del rischio

Considerata l'ampia diffusione del rischio associato alle colate di fango l'unica strategia di mitigazione impiegabile in maniera estensiva è la previsione delle condizioni che favoriscono l'innescò, con lo sviluppo di sistemi di allarme preventivo, ai fini dell'evacuazione della popolazione dalle aree minacciate. I sistemi fino ad oggi sviluppati, alcuni dei quali attivi nelle zone a rischio della Campania, si basano essenzialmente sull'interpretazione statistica delle piogge cadute. Vengono tipicamente computate le piogge pregresse, cumulate su diversi intervalli di tempo, il cui limite superiore è l'istante corrente; si confrontano quindi i valori cumulati con valori di soglia, fissati sulla base delle piogge che hanno prodotto l'innescò di precedenti eventi franosi.

I sistemi di allarme descritti sono classificati come "black box", in quanto fondati su approcci empirici privi di un chiaro significato meccanico e soffrono del limite di non discriminare gli eventi di pioggia in ragione della loro capacità di modificare il regime di suzione nel sottosuolo. Tale capacità dipende dalla distribuzione temporale dell'evento e dalla permeabilità del terreno che non sono di norma considerati dai modelli "black box".

Esistono poi i modelli completi di versante che analizzano su base fisico-matematica l'infiltrazione di acqua nel sottosuolo e la risposta del terreno alle condizioni climatiche; in

questo caso è però necessario disporre di una sofisticata caratterizzazione stratigrafica ed idrica dei terreni su zone molto ampie di versante. Inoltre l'applicazione della procedura può non essere sufficientemente rapida da consentirne l'uso in un contesto di protezione civile.

Una procedura di previsione dell'innesco

In questo lavoro è presentata una procedura di previsione temporale dell'innesco intermedia fra quelle descritte al paragrafo precedente, definita "grey box", basata sull'esame delle piogge nell'ambito di case-histories documentate. Si fa riferimento all'approccio fisico matematico, piuttosto che statistico, assumendo a riferimento non più le piogge cumulate, ma gli effetti che esse producono all'interno del terreno in termini di variazione di suzione. In tal modo si valorizzano le informazioni sulla distribuzione temporale dell'evento; infatti eventi di pioggia simili per quantità di acqua caduta possono produrre nel terreno effetti molto diversi in dipendenza dell'evoluzione temporale della pioggia. I dati di ingresso della procedura descritta riguardano le sole piogge registrate, in particolare quelle correnti e quelle storiche che hanno prodotto frane. I dati relativi al terreno possono essere solo stimati, senza che ciò costituisca una grave limitazione per l'affidabilità della procedura, perché essi influenzano in maniera simile sia il valore di suzione previsto correntemente sia quello assunto come soglia, che corrisponde alla previsione dello stesso modello in occasione di una frana avvenuta nel sito esaminato (alla profondità della superficie di scorrimento).

Le piogge vengono cioè trasformate dal modello proposto in una distribuzione virtuale di suzione nel sottosuolo: il risultato dell'analisi quindi non rispecchia quanto realmente accade nel sito esaminato, ma piuttosto fornisce la misura della capacità dell'evento di pioggia di modificare il regime idrico nel terreno.

Nel modello elaborato la pioggia viene considerata una condizione al contorno di tipo idraulico applicata all'estremità superiore di un semplice schema geometrico con scheletro solido rigido, nel quale un flusso monodimensionale attraversa il mezzo omogeneo parzialmente saturo. Il modello è implementato nel codice ad elementi finiti *Seep/W* (Geo-Slope International LTD, 2004).

Il modello è stato calibrato con riferimento ad un sito tenuto sotto osservazione nel comune di Nocera Inferiore. Sono stati dapprima definiti quantitativamente i parametri (funzione di permeabilità e curva caratteristica) interpretando prove di laboratorio eseguite *ad hoc* e riproducendo a ritroso le misure di pioggia e suzione realizzate attraverso una stazione di monitoraggio installata sulla collina di S. Pantaleone (Nocera Inferiore) (Fig. 1).

Successivamente sono state tradotte in evoluzioni temporali di suzione le piogge misurate nell'arco temporale 1999-2005. Tale periodo contiene l'evento franoso del 4 Marzo 2005.

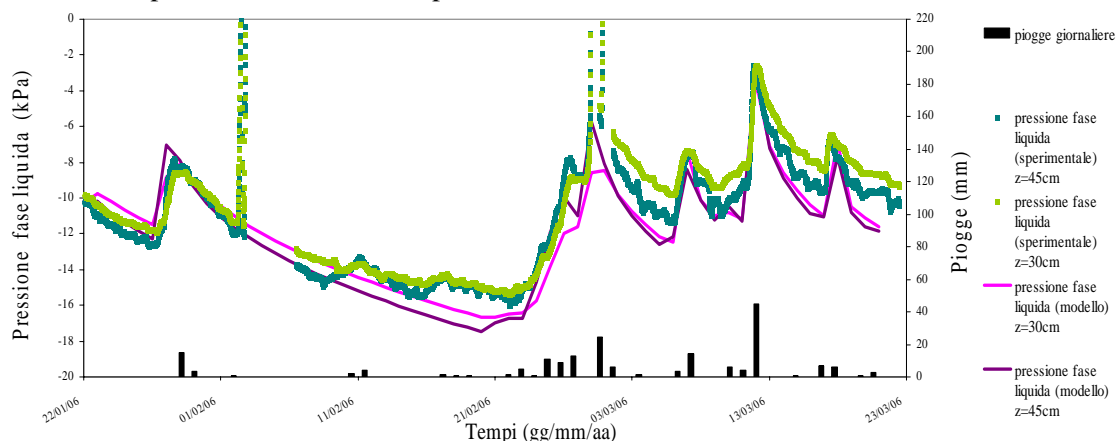


Fig. 1 Interpretazione a ritroso delle misure di suzione realizzate attraverso la stazione di monitoraggio installata a S. Pantaleone

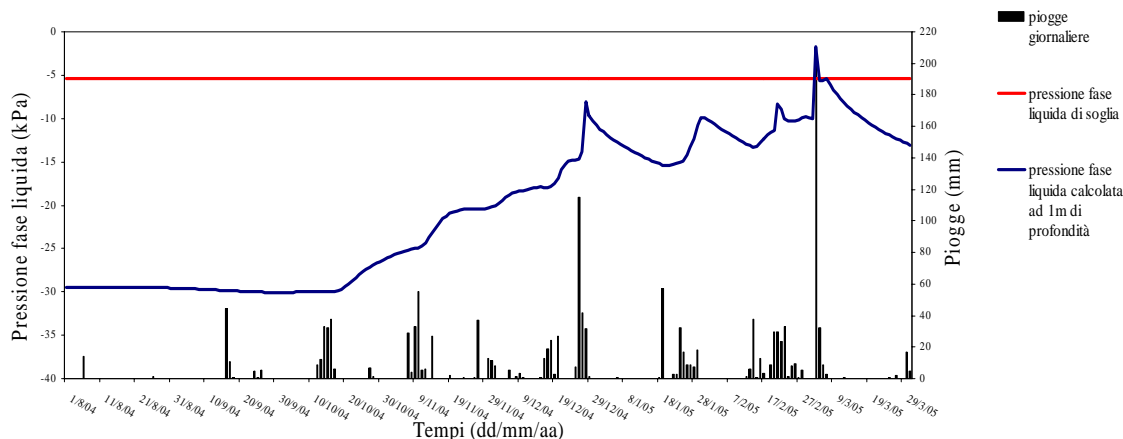


Fig. 2 Determinazione della soglia di allarme (linea rossa) attraverso l'interpretazione del fenomeno del 4 marzo 2005

L'interpretazione delle piogge misurate dall'agosto 2004 al marzo 2005, fino all'istante della frana, ha consentito (Fig.2) di valutare il valore di suzione previsto in occasione della frana, assunto come valore di soglia (considerato alla profondità di 1 m dal piano limite). Il valore di soglia è stato confrontato con i valori di suzione misurati negli anni precedenti (e.g., Fig.3). E' possibile notare come la previsione indichi valori di suzione sempre inferiori rispetto a quello associato all'evento franoso, congruentemente con la constatazione che tra il 1999 e il 2004 non si sono osservate frane.

Nel lavoro svolto è stata studiata anche l'influenza esercitata sulla frana del marzo 2005 dagli eventi meteorici che precedono l'evento "scatenante", confrontando i livelli di suzione prodotti dal solo evento scatenante (Fig.3) con i livelli di suzione prodotti aggiungendo progressivamente, all'evento scatenante, anche gli eventi che lo hanno preceduto (Fig.4,5,6). Percorrendo a ritroso l'asse dei tempi è possibile notare che l'intervallo temporale pregresso che produce una previsione in termini di suzione coincidente con la previsione ottenuta considerando l'intera serie storica delle piogge è di oltre due mesi (Fig.6).

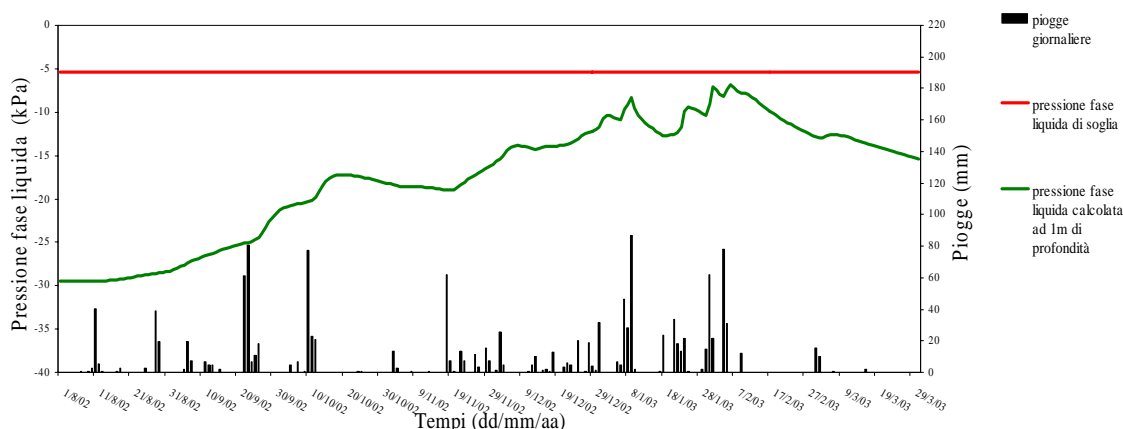


Fig. 3 Esempio di previsione della suzione e confronto con il valore di soglia

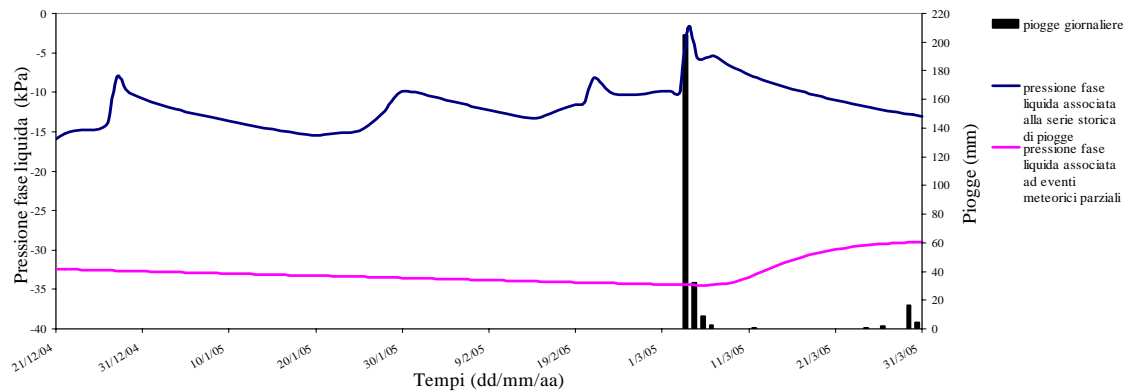


Fig. 4 Evoluzione di suzione associata al solo evento scatenante (curva in basso) confrontata con l'evoluzione associata all'intera serie storica di piogge

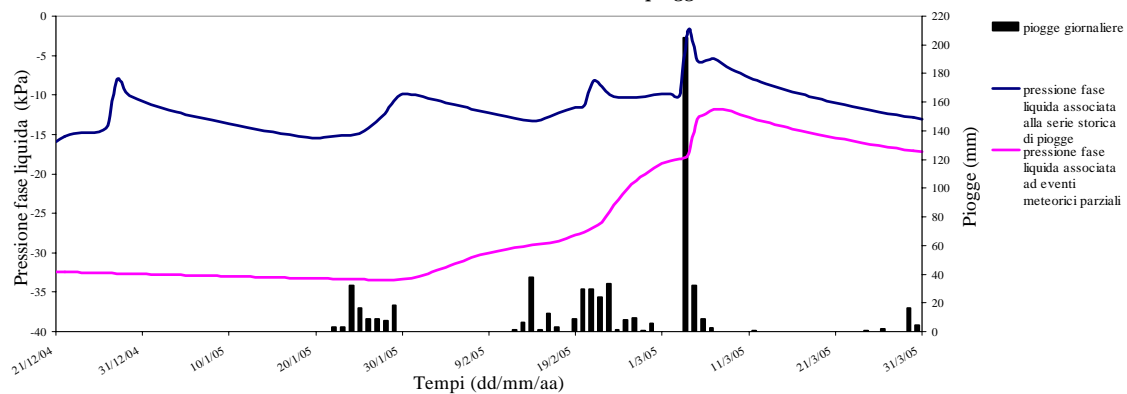


Fig. 5 Evoluzione di suzione associata alle piogge degli ultimi 40 giorni (curva in basso) confrontata con l'evoluzione associata all'intera serie storica di piogge

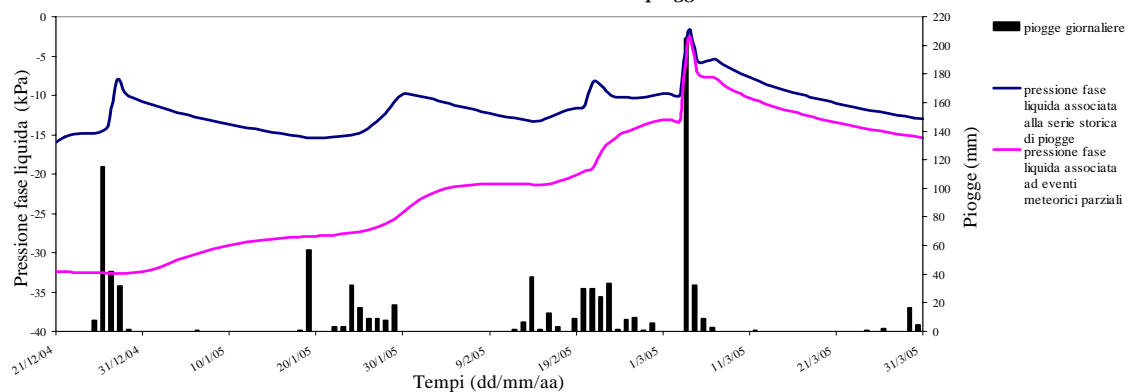


Fig. 6 Evoluzione di suzione associata alle piogge degli ultimi 75 giorni (curva in basso) confrontata con l'evoluzione associata all'intera serie storica di piogge

Conclusioni

Il sistema sviluppato ha caratteristiche che lo rendono congruente con le esigenze di protezione civile. La semplicità dello schema adottato consente una facile calibrazione sulla base dei dati di monitoraggio acquisiti attraverso l'installazione di pochi punti di misura e di interpretare in pochi minuti le precipitazioni misurate nell'arco temporale di un anno. Durante un evento meteorico estremo è allora possibile, ad esempio, aggiornare la previsione del valore di suzione al fine di supportare tempestivamente eventuali decisioni. Com'è stato evidenziato attraverso un esempio la previsione è infatti sensibile non solo alle precipitazioni correnti ma anche a quelle dei mesi precedenti.