

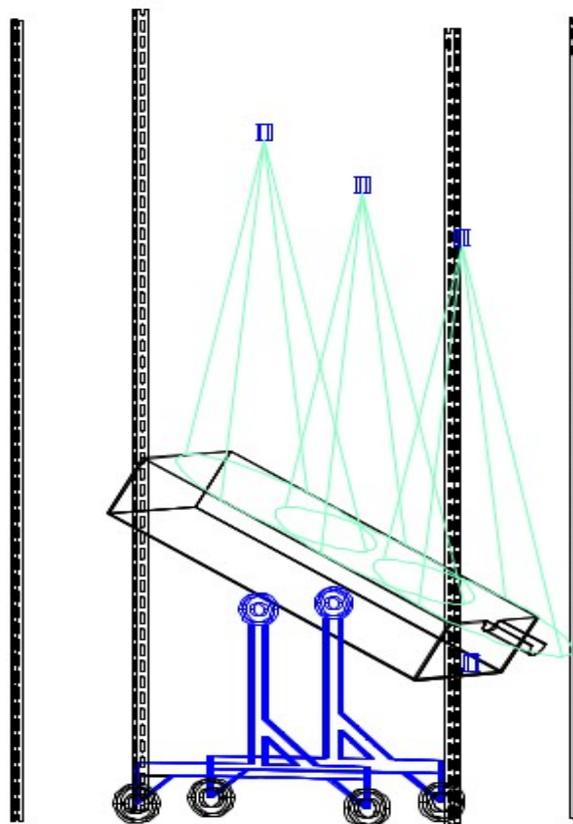
Premessa

Il presente lavoro riguarda alcune prove eseguite presso il laboratorio del Dipartimento di Ingegneria Idraulica, Geotecnica ed Ambientale dell'Università degli Studi di Napoli "Federico II" su un modello fisico di pendio in scala ad inclinazione variabile. È stato realizzato un campione di terreno piroclastico, e sono state monitorate sia la suzione che il contenuto d'acqua durante la simulazione degli eventi meteorici. Le coperture piroclastiche su rilievi carbonatici sono infatti interessate da fenomeni di colata rapida di fango, devastanti per velocità ed estensione. Segue dunque la presentazione del modello e delle prove effettuate.

Il modello sperimentale

Il sistema utilizzato per la sperimentazione è costituito principalmente da:

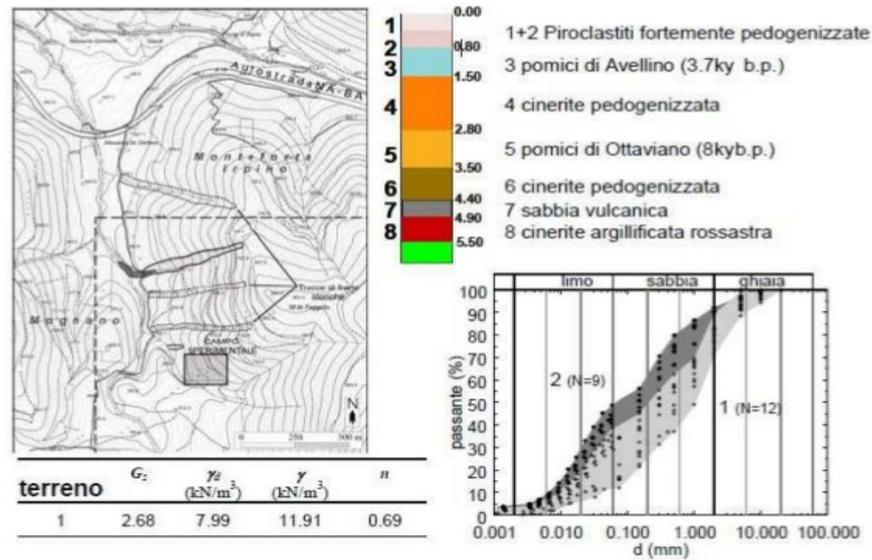
- una struttura portante che sostiene la vasca, di dimensioni 100x50x20cm, e permette un' inclinazione variabile per simulare il versante;
- una struttura metallica di supporto al circuito idraulico che collega ai serbatoi gli ugelli nebulizzatori che simulano gli eventi meteorici



L'attrezzatura è stata realizzata per sottoporre a sequenze di pioggia artificiale campioni di terreno prelevati sui versanti della Campania in cui sono temute frane delle coperture

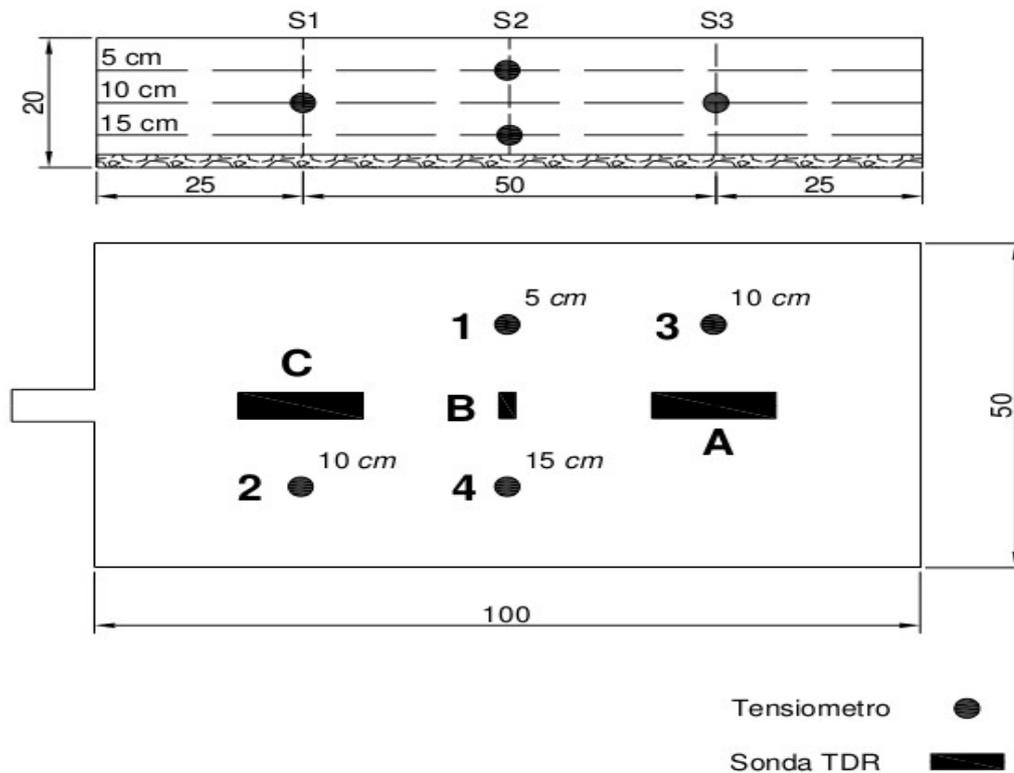
vulcaniche.

Sul fondo della vasca è stato posto uno strato di ghiaia di circa 2cm per permettere il drenaggio alla base. A tale scopo a valle della vasca il pannello di plexiglass che sostiene il campione di terreno è stato munito di una canaletta per il drenaggio. Sulla ghiaia è stato posto uno strato di geotessile. Il terreno utilizzato è una piroclastite prelevata dallo strato più superficiale del sito sperimentale di Monteforte Irpino.



Il terreno è stato essiccato e poi disposto nella vasca con il “raining method”, al fine di ottenere una porosità il più simile possibile a quella in sito (0.69). La porosità ottenuta è di circa 0,62. L'inclinazione è di 30° . Per simulare la pioggia sono stati utilizzati degli ugelli nebulizzatori collegati ad un serbatoio con scala graduata per conoscere il volume d'acqua utilizzato nella prova. La portata degli ugelli è stata calibrata variando sia l'altezza di nebulizzazione che la pressione applicata ai serbatoi. Si è visto che l'altezza ottimale per avere un'area di impronta uniforme è di 140 cm dal terreno, mentre la pressione ottimale è di 1 bar. Pressioni superiori causano una erogazione troppo rapida. La percentuale di acqua persa è di circa il 15%. Per la misura di ruscellamento e drenaggio alla base della vasca sono stati posti due becker rispettivamente di 2000 ml e 1000 ml. Per la misura del contenuto d'acqua sono state installate nel campione tre sonde TDR. Due di queste sonde sono state poste a monte e a valle del campione in posizione orizzontale durante la deposizione del terreno ad una profondità di 9 cm. Una terza sonda è stata posta al centro del pendio, in posizione verticale. Per le misure di suzione sono stati utilizzati quattro tensiometri di tipo “small-tip”. Un tensiometro è stato posizionato a monte, a 25 cm dal bordo superiore e circa 15 cm dal bordo laterale, alla profondità di 10 cm. Altri due tensiometri sono stati posizionati al centro, a sinistra e a destra della sonda TDR rispettivamente alla profondità di 5 e 15 cm alla distanza di 15 cm dai bordi laterali. A

valle, infine, specularmente rispetto a monte, è stato posto sul lato destro un tensiometro alla profondità di 10 cm. Si riporta la disposizione della strumentazione.



Risultati delle prove sperimentali

Al fine di valutare gli effetti degli eventi meteorici sui versanti sono state eseguite le seguenti prove sperimentali:

- 2 prove con piogge di 3 minuti, con una intensità di 94 mm/h, intervallate da pause di 30 minuti;
- 1 prova con piogge di 10 minuti, con una intensità di 64 mm/h che simula la massima intensità raggiunta in sito;
- 1 prova con rete di protezione disposta sul campione e piogge di 3 minuti per valutare la capacità di infiltrazione in condizioni stazionarie;
- 1 prova con foglie disposte sulla superficie del campione e piogge di 3 minuti.

Nelle due prove con piogge di 3 minuti si è avuta la formazione di un canale di erosione che si è approfondito durante le varie precipitazioni. In entrambi i casi la forma della colata ha seguito quella del canale (figura 1).



Fig. 1: *Particolare del pendio alla fine delle due prove con 3 minuti di pioggia*

Nella prova con precipitazioni di 10 minuti non c'è stata la formazione del canale di erosione, e la forma della colata è sub-triangolare.



Fig. 2: *Particolare del pendio alla fine della prova con 10 minuti di pioggia*

Infine nella prova con rete di protezione non si è verificata la colata, ma al centro del pendio, in corrispondenza della sonda verticale, c'è stata la formazione di un canale di erosione.



Fig. 3: *Particolare del pendio alla fine della prova con rete di protezione, prima e dopo la rimozione della rete*

Nelle seconda prova con precipitazioni di 3 minuti si può osservare che la colata è avvenuta in presenza di una suzione a valle quasi nulla (1 kPa), mentre la suzione di monte in entrambe le prove è stata di circa 6 kPa. Nella prima prova invece la suzione di valle si è completamente azzerata.

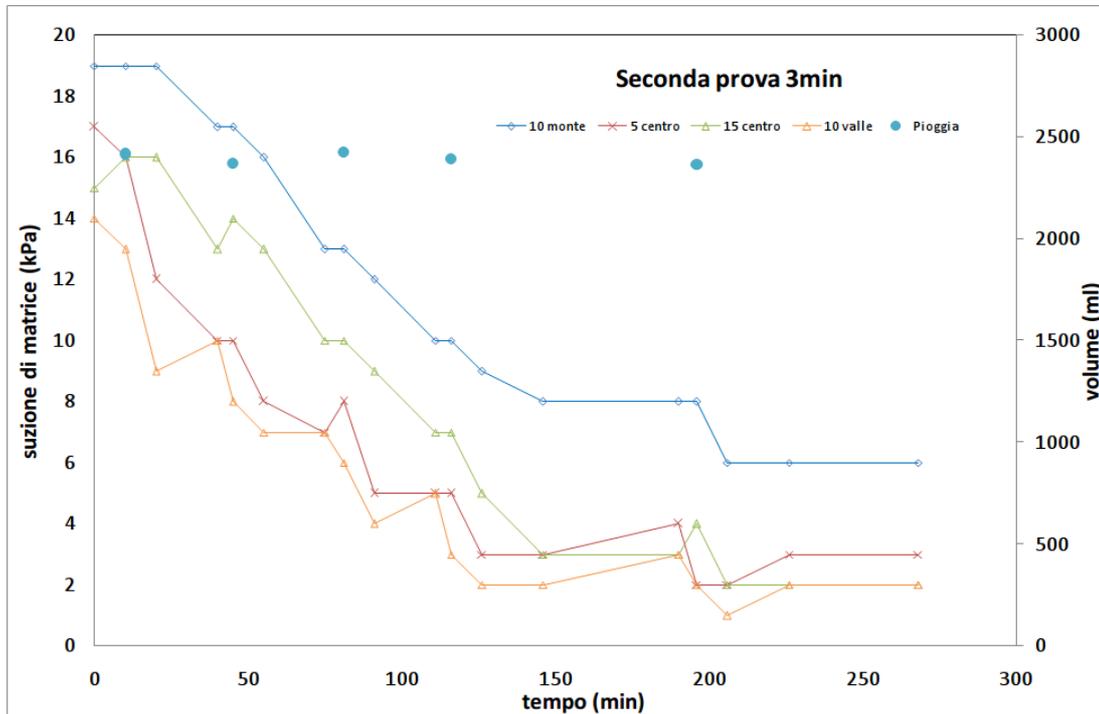


Fig. 4: Seconda prova 3 minuti, andamento della suzione nel tempo

Nella prova con precipitazioni di 10 minuti invece la suzione si è azzerata al termine dell'evento meteorico precedente la colata.

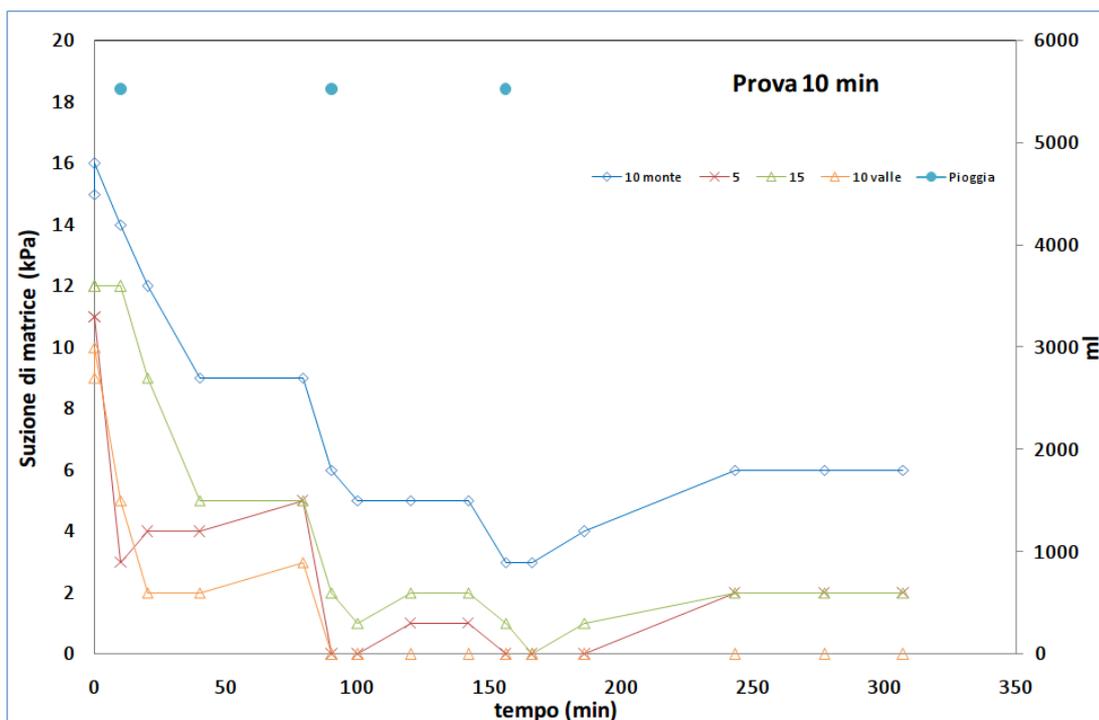


Fig. 5: Prova con 10 minuti di pioggia, andamento della suzione nel tempo

La suzione di valle non è più risalita, mentre quella al centro si è portata al valore di 2 kPa. La suzione di monte è restata ferma anche in questo caso a 6 kPa. Nella prova con rete di protezione infine si può notare che l'infiltrazione ha raggiunto un valore costante (stazionario).

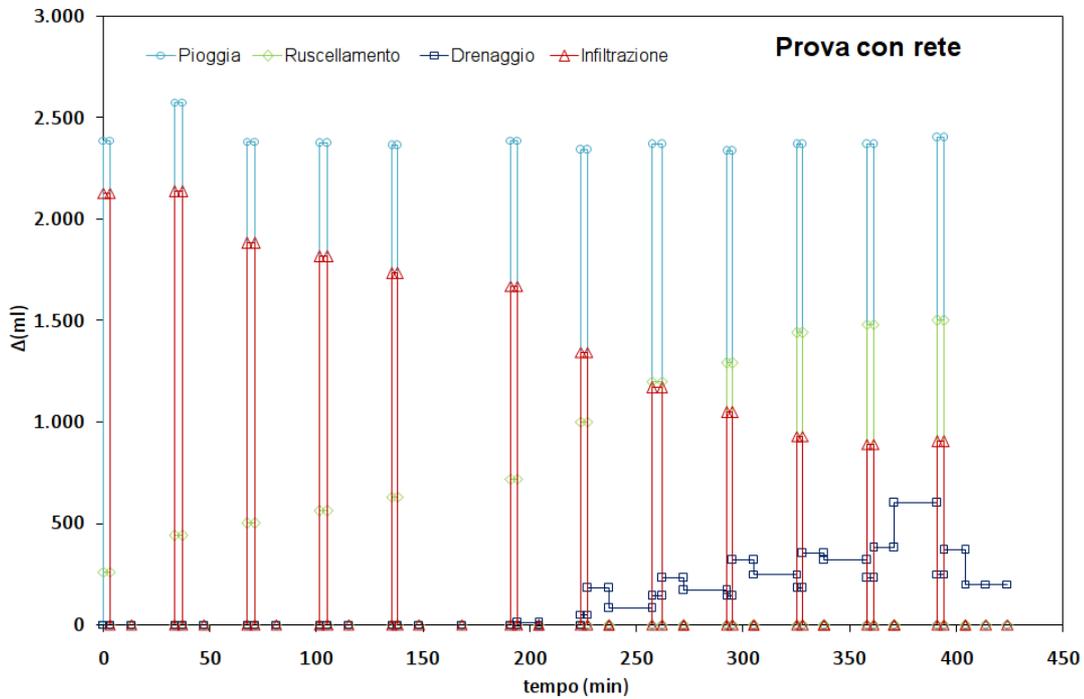


Fig. 6: Prova con rete di protezione, variazioni di volume nel tempo

A tale valore di infiltrazione corrisponde una percentuale di infiltrazione di circa il 40%

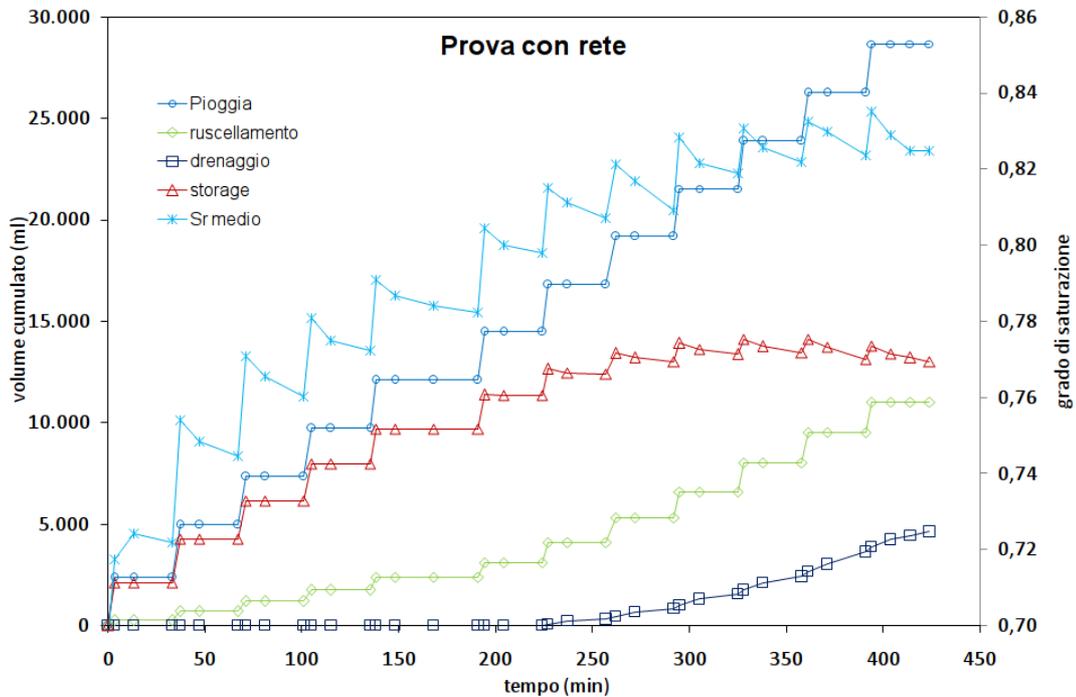


Fig. 7: Prova con rete, volume cumulado nel tempo

Dalla figura 7 si può infine osservare che con un grado di saturazione di 0,82, ulteriori eventi meteorici incrementano solo temporaneamente il grado di saturazione e il volume d'acqua incamerato, in quanto nella mezz'ora successiva tutta l'acqua infiltrata fuoriesce. E' stata infine eseguita una prova con foglie di castagno prelevate direttamente dal campo sperimentale di Monteforte Irpino, disposte sulla superficie del campione.



Fig. 8: Prova con foglie. Simulazione del versante

Dalla fig. 9 si nota che il contenuto d'acqua di monte è aumentato più lentamente rispetto alle prove senza foglie, mentre il contenuto d'acqua di valle ha avuto lo stesso andamento. Tale dato è confermato dall'andamento della suzione. Inoltre, anche se la suzione di valle si annulla dopo la quarta precipitazione, nelle successive 5 piogge non è avvenuta la colata.

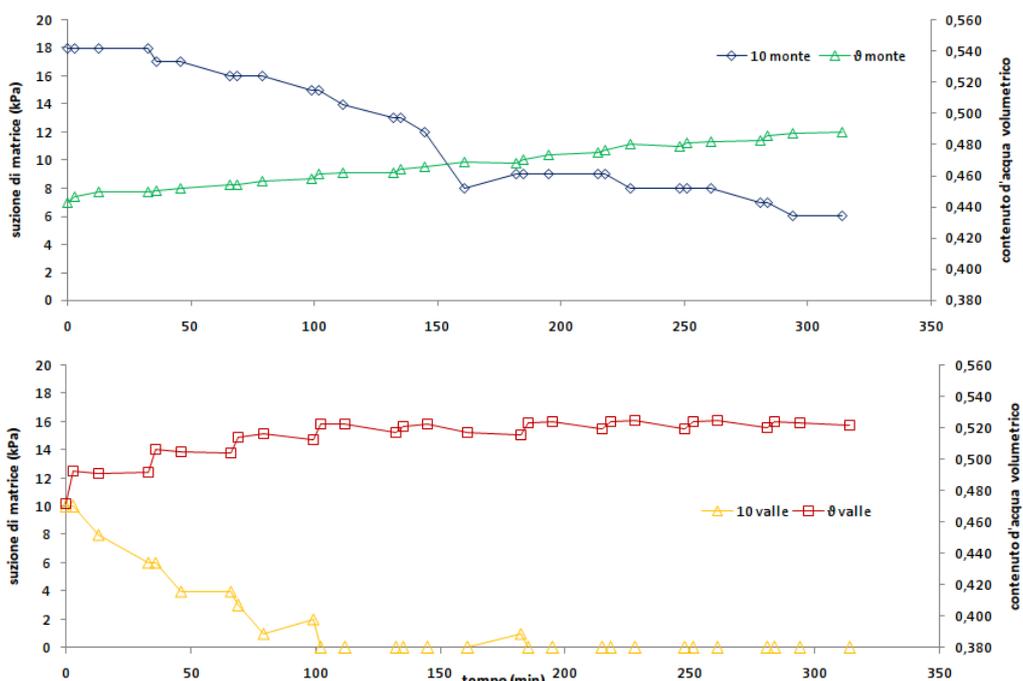


Fig. 9: Prova con foglie. Suzione e contenuto d'acqua a monte e a valle nel tempo.

Conclusioni

Riassumiamo le misure effettuate nelle 3 prove in cui si è verificata la colata:

- Prima della pioggia che causa la colata:

	Tensiometro (kPa)				Contenuto d'acqua			Sr medio
	10 monte	5 centro	15 centro	10 valle	9 monte	9 verticale	9 valle	
1a 3min	7	3	3	1	0,486	0,484	0,520	0,801
2a 3min	8	4	3	3	0,493	0,473	0,520	0,799
10min	5	1	2	0	0,509	0,496	0,522	0,821

- Subito dopo la colata

	Tensiometro (kPa)				Contenuto d'acqua			Sr medio
	10 monte	5 centro	15 centro	10 valle	9 monte	9 verticale	9 valle	
1a 3min	6	0	3	0	0,499	0,496	0,524	0,817
2a 3min	8	2	4	2	0,509	0,497	0,526	0,823
10min	3	0	1	0	0,526	0,511	0,526	0,840

- Mezz'ora dopo la colata

	Tensiometro (kPa)				Contenuto d'acqua			Sr medio
	10 monte	5 centro	15 centro	10 valle	9 monte	9 verticale	9 valle	
1a 3min	6	3	2	1	0,497	0,489	0,520	0,809
2a 3min	6	3	2	2	0,504	0,485	0,519	0,811
10min	4	0	1	0	0,518	0,504	0,524	0,831

Si può quindi concludere che

- Il grado di saturazione massimo misurato è di 0,84. Restano dunque intrappolate bolle d'aria all'interno del terreno. Tutta l'acqua infiltrata durante ulteriori eventi meteorici fuoriesce.
- L'infiltrazione non si annulla mai, ma diminuisce fino ad un valore minimo che con un grado di saturazione di 0,82, è di circa il 40% della pioggia caduta.
- La copertura di foglie incrementa il ruscellamento di circa il 10% a scapito dell'infiltrazione, in particolare a monte del versante dove il contenuto d'acqua cresce più lentamente.
- Con la copertura delle foglie, l'attività erosiva delle piogge si riduce, la colata non è avvenuta nonostante la suzione di valle fosse nulla. La presenza delle foglie ha un effetto benefico.