

Modellazione di aste drenanti in un pendio instabile.

Una delle principali cause dell'instabilità dei versanti è legata alla risalita della falda freatica nelle stagioni umide e quindi all'incremento delle pressioni neutre. Contro questo fenomeno oggi sono molto diffuse le opere di drenaggio, come sistema di stabilizzazione dei pendii, in quanto capaci di abbattere le pressioni neutre nel pendio in frana.

Il seguente lavoro di tesi si propone di modellare un sistema di aste drenanti realizzato in un pendio reale che si trova in sponda destra alla diga di Campolattaro e che è stato soggetto a gravi problemi di instabilità.

Tale sistema di aste drenanti è caratterizzato da 179 dreni, di lunghezza circa 100 m e di diametro 8 mm con interassi costanti pari a 10 m.

Sono disponibili le misure piezometriche e le portate delle aste.

La prima fase di studio si è basata sulla riproduzione di una sezione longitudinale del pendio con le aste drenanti mediante il software commerciale Seep/W appartenente al pacchetto GEO/STUDIO, in seguito sono state eseguite sia analisi in condizioni stazionarie che transitorie.

In figura 1 si riporta il pendio esaminato:

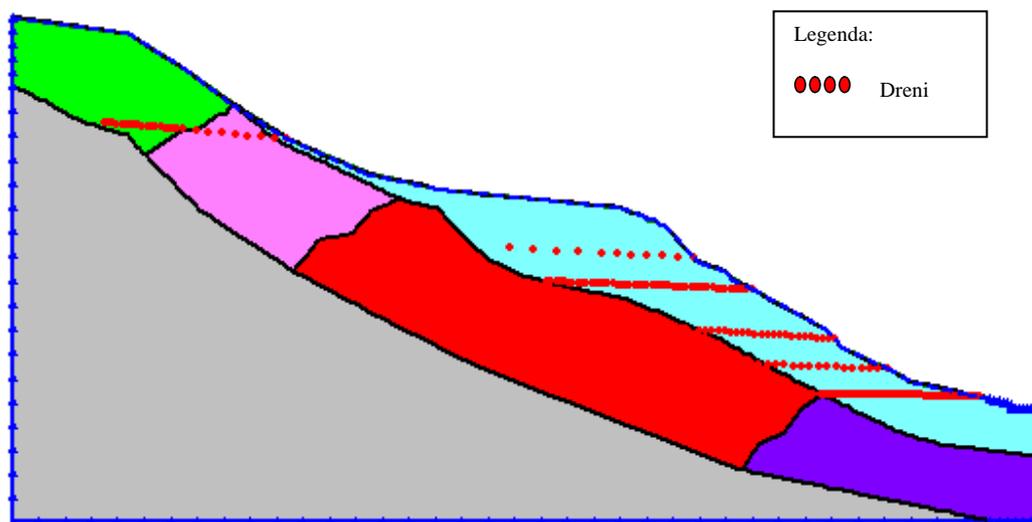


Figura 1. Pendio riprodotto con tutte le condizioni a contorno.

Le condizioni al contorno poste sono state:

- flusso nullo lungo il tratto di monte del pendio per la condizione di assialsimmetria;
- flusso nullo lungo il tratto di valle del pendio perché la sezione termina contro una paratia;
- flusso nullo alla base perché la permeabilità del substrato è molto bassa.

Modellazione di aste drenanti in un pendio instabile

Le tipologie di terreni con le rispettive permeabilità iniziali, desunte dal progetto del sistema di aste drenanti, sono riportate nella tabella 1:

<i>Tipologie di terreni</i>	<i>Valori di k dati dalle prove [m/s]</i>	<i>Valori di k dati dalle prove [cm/s]</i>
Flysch Rosso calcareo-marnoso	1.00E-03	1.00E-01
Flysch Rosso argilloso-marnoso	1.00E-09	1.00E-07
Flysch di San Bartolomeo	1.00E-09	1.00E-07
Argille Varicolori	5.00E-09	5.00E-07
Detriti di frana	5.00E-07	5.00E-05
Substrato coesivo stratificato	1.00E-09	1.00E-07

Tabella 1. Tipologie di terreni con le rispettive permeabilità.

Le analisi condotte si differenziano in base alla modellazione della pressione nei dreni:

- 1) pressione nulla nei dreni in regime stazionario;
- 2) pressione diversa da zero nei dreni in regime stazionario;
- 3) pressione diversa da zero nei dreni con funzione di permeabilità k e contenuto d'acqua W costante in regime transitorio;
- 4) pressione diversa da zero nei dreni con funzione di permeabilità k e contenuto d'acqua W variabile in regime transitorio.

Le analisi in regime transitorio sono state condotte applicando al bordo superiore del dominio le piogge registrate da ottobre 2010 ad aprile 2011 e per brevità verrà riportata solo l'ultima analisi con i risultati ottenuti.

Quindi non è corretto adottare pressione nulla in corrispondenza dei dreni perché la filtrazione è un fenomeno tridimensionale perché le aste sono disposte ad un interasse s maggiore dell'unità.

Pertanto sono state modellate delle sezioni trasversali che tagliano le file dei dreni ponendo come condizione al contorno superiore lama d'acqua a p.c, ai lati flusso nullo per la condizione di assialsimmetria e alla base ancora flusso nullo, ed infine pressione nulla nel dreno.

Dopo aver riprodotto le sezioni trasversali è stata calcolata la pressione media con la retta di compenso lungo l'interasse fra i dreni ed è stata inserita nella sezione longitudinale per interpolazione lineare (figura 2).

Poi è stato assegnato lungo la sezione longitudinale un diagramma di pressione dei valori ottenuti lungo la sezione trasversale.

Modellazione di aste drenanti in un pendio instabile

Nella figura 3 a titolo d'esempio è stata riportata una sezione trasversale e il diagramma della pressione sul piano passante per l'asta.

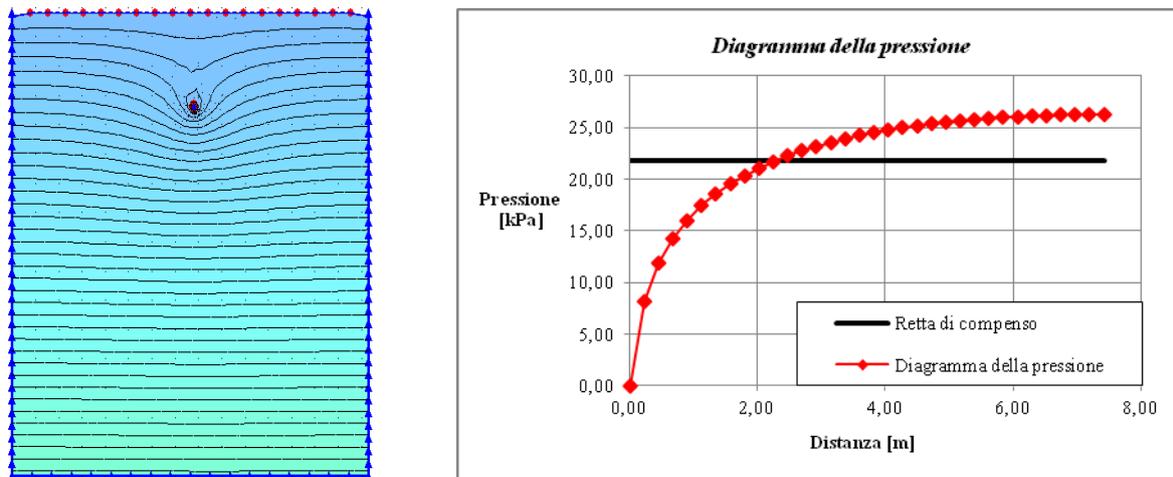


Figura 2. Sezione e pressione ricavate da Seep/W.

Prima di condurre l'analisi transitoria è stata specificata la condizione iniziale da cui far partire la falda, quest'ultima riproduce la situazione al 07-10-10 come misurato dalle stazioni piezometriche.

Il periodo esaminato nell'analisi è quello invernale, ottobre 2010 – aprile 2011, poiché:

- il pendio è stato caratterizzato da fenomeni franosi nel periodo invernale;
- tra gli anni di cui si disponevano i dati pluviometrici si è scelto l'anno più piovoso.

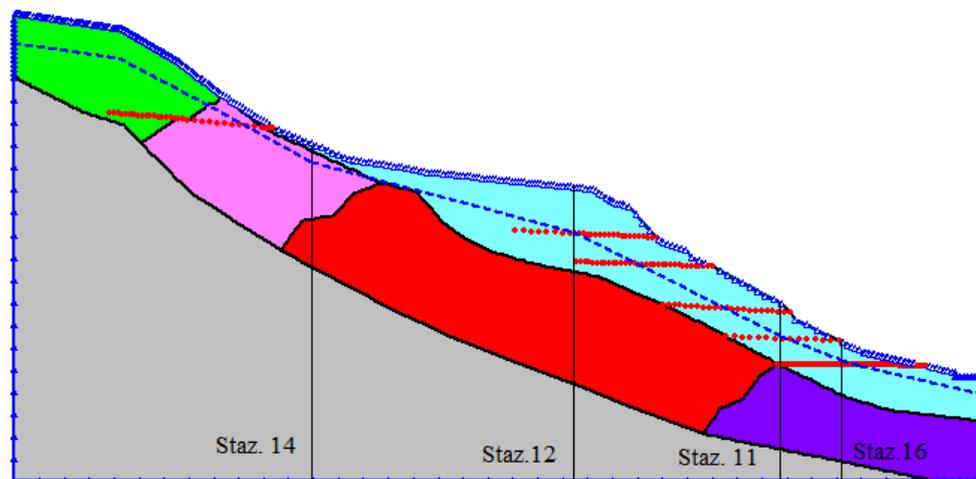


Figura 3. Pendio esaminato nell'analisi del transitorio con le stazioni piezometriche.

Dai risultati delle analisi è stata calcolata la portata media giornaliera per ogni dreno ed è stata confrontata con i valori misurati.

Inizialmente sono state utilizzate permeabilità k e contenuto d'acqua W costanti; in realtà tale metodologia di analisi non era percorribile perché non riproduceva bene la condizione reale, quindi si è proceduto all'utilizzo di una curva di permeabilità ed alla back-analysis della permeabilità della coltre superficiale (mentre delle altre formazioni era ben nota in letteratura).

Modellazione di aste drenanti in un pendio instabile

L'analisi ha mostrato chiaramente che il terreno al di sopra della V fila di dreni ha una permeabilità differente rispetto a quella del terreno sottostante quasi di un ordine di grandezza.

Ciò può essere spiegato dal fatto che il terreno è stato rimodellato in questa zona e quindi la permeabilità è per questo motivo diversa.

I grafici ricavati sono i seguenti (figg 4-9):

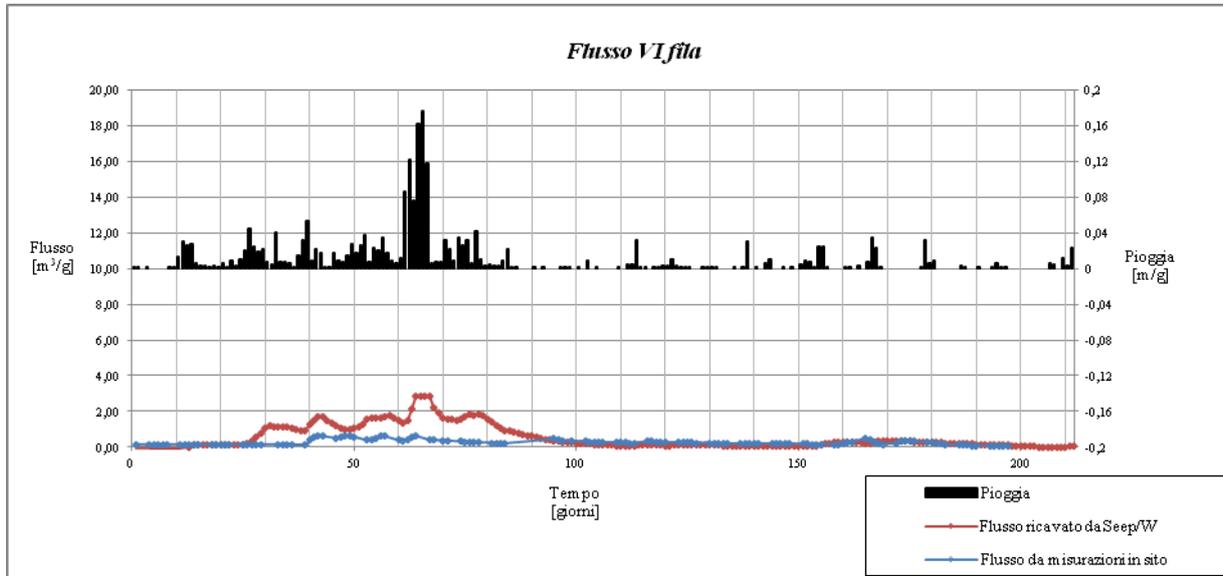


Figura 4. Confronto tra i flussi della VI fila in seguito alla Back-Analysis.

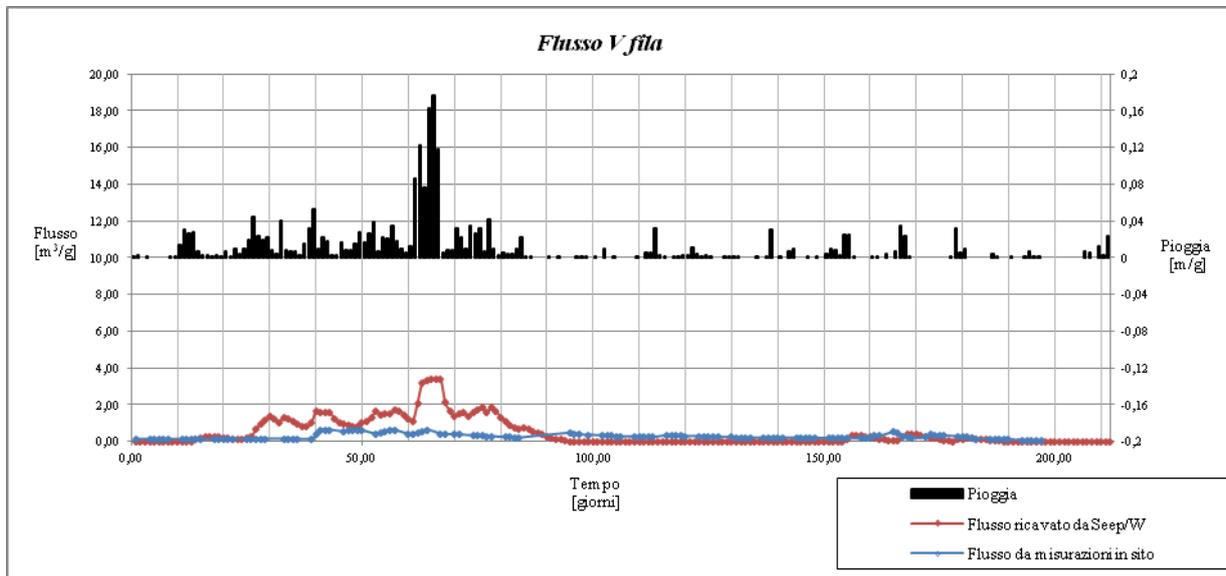


Figura 5. Confronto tra i flussi della V fila in seguito alla Back-Analysis.

Modellazione di aste drenanti in un pendio instabile

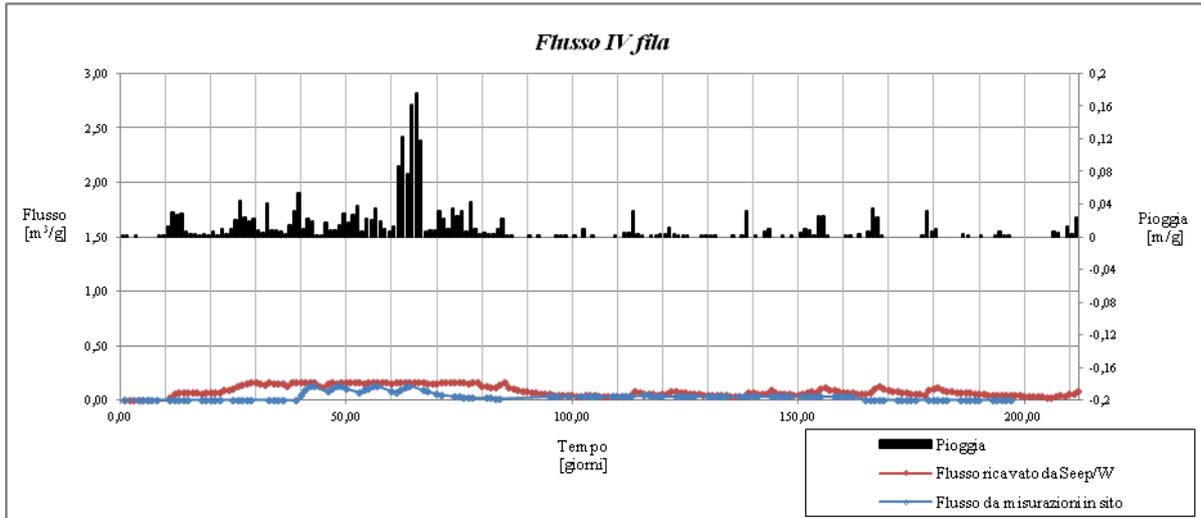


Figura 6. Confronto tra i flussi della IV fila in seguito alla Back-Analysis.

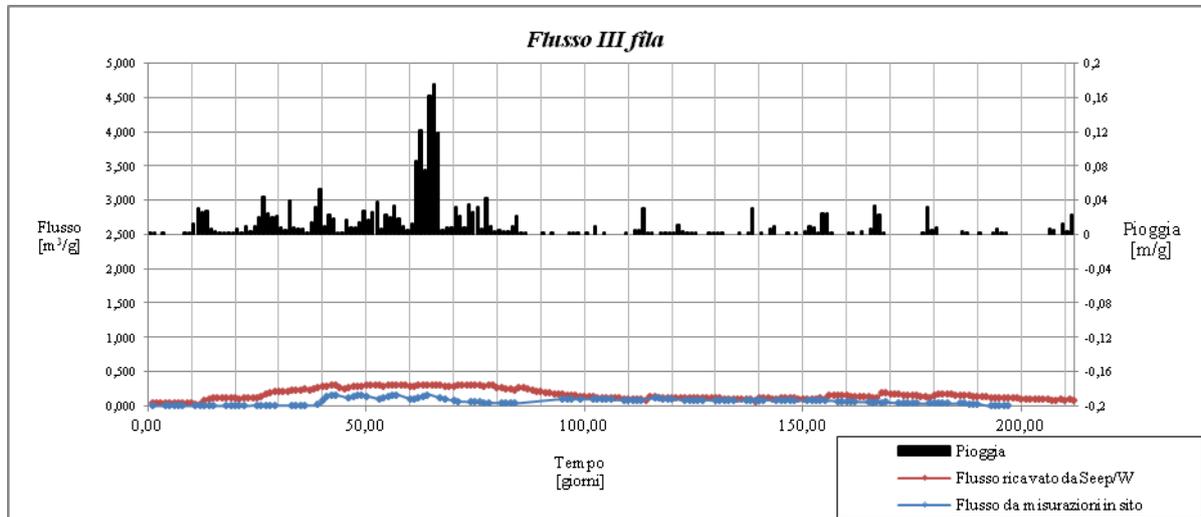


Figura 7. Confronto tra i flussi della III fila in seguito alla Back-Analysis.

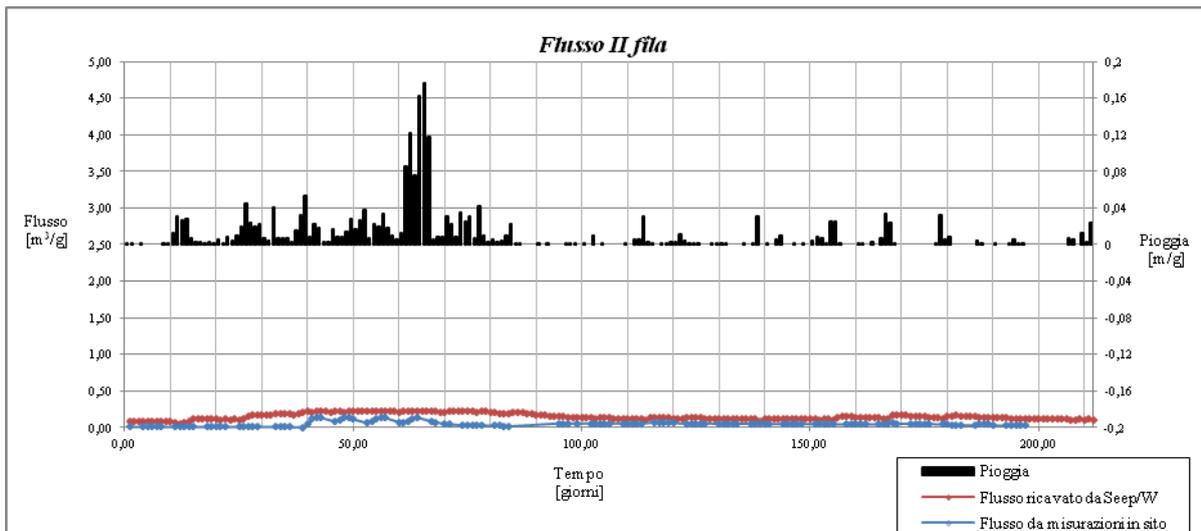


Figura 8. Confronto tra i flussi della II fila in seguito alla Back-Analysis.

Modellazione di aste drenanti in un pendio instabile

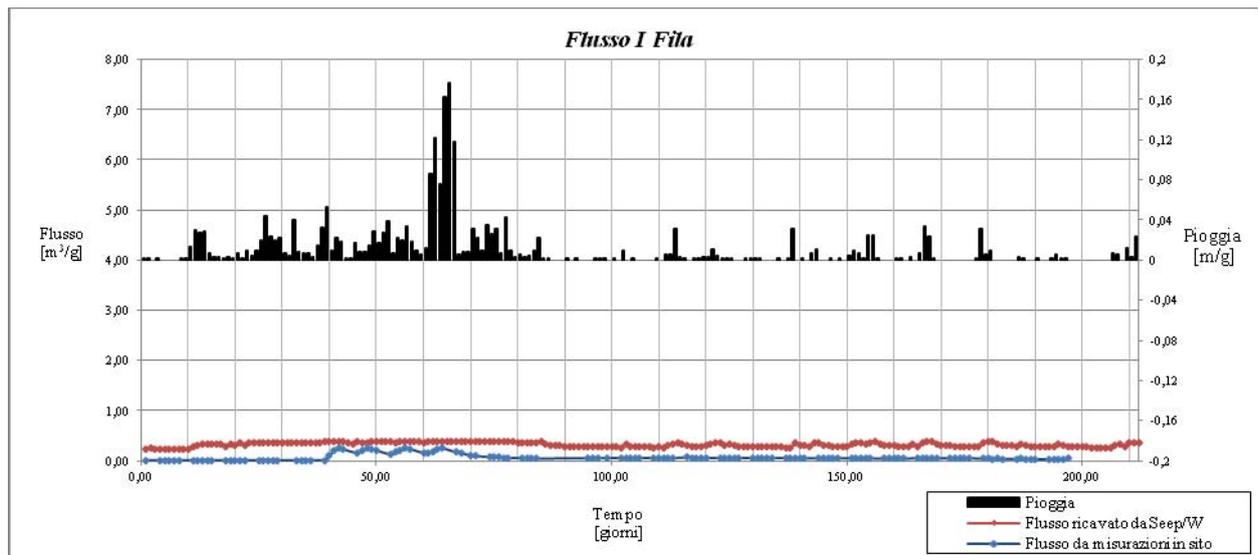


Figura 9. Confronto tra i flussi della I fila in seguito alla Back-Analysis.

Sull'asse delle ascisse sono riportati i 212 giorni di calcolo, che coincidono con il periodo ottobre 2010 – aprile 2011, sull'asse principale delle ordinate il flusso ricavato dalle misure in sito e quello ottenuto da Seep/W, entrambi in m³/g, mentre sull'asse verticale secondario sono riportate le piogge espresse in m/g.

Dai risultati ottenuti si nota che c'è una netta corrispondenza tra i flussi ricavati in sito e quelli del programma di calcolo con una risposta meno rapida alla pioggia.

Conclusioni.

L'abbondanza di dati sperimentali (portate drenanti, piogge, misure piezometriche) su un periodo di osservazione molto lungo ha consentito di modellare il pendio a ridosso della diga di Campolattaro con il codice Seep/W in modo abbastanza affidabile.

Attraverso la back-analysis si è riprodotta una risposta idraulica del pendio soddisfacente dal punto di vista ingegneristico individuando l'ordine di grandezza delle permeabilità sulle quali c'era forte incertezza.