

SCUOLA POLITECNICA E DELLE SCIENZE DI BASE

Corso di laurea triennale in

INGEGNERIA PER L'AMBIENTE ED IL TERRITORIO

Dipartimento di Ingegneria Civile, Edile ed Ambientale

TESI DI LAUREA IN

“FONDAMENTI DI GEOTECNICA”

**ANALISI DI PIOGGE CRITICHE PER LA STABILITA' DEI PENDII
DI ARGILLE E DI PIROCLASTITI**

Relatore

Ch.mo Prof. Ing. Gianfranco Urciuoli

Correlatore

Dott. Ing. Marianna Pirone

Candidata

Margherita Saviano

Matricola

N49/306

OBIETTIVO :

Analisi delle piogge critiche per la stabilità dei pendii di argille e di piroclastiti.

Confronti tra il comportamento idraulico di pendii di **argille** e di **piroclastiti**

METODI:

- Raccolta dei dati di monitoraggio: pressioni neutre, suzioni e misure di permeabilità.
- Elaborazione dei dati raccolti: profilo di quote piezometriche, profilo delle oscillazioni annuali, distribuzione log-normale delle misure di permeabilità.
- Analisi numerica agli elementi finiti.

INDICE:

1.DESCRIZIONE DEI SITI OGGETTO DI STUDIO:

2.1 Valle del Basento

2.2 Monteforte Irpino

2.RACCOLTA DEI DATI DI MONITORAGGIO

3.1 Valle del Basento

3.2 Monteforte Irpino

3. ELABORAZIONE DEI DATI

4.1 Valle del Basento

4.2 Monteforte Irpino

4.CONFRONTI

5. ANALISI FEM: SVILUPPI FUTURI

6. CONCLUSIONI

1. DESCRIZIONE DEI SITI OGGETTO DI STUDIO

Al fine di analizzare e confrontare il comportamento dei terreni argillosi e piroclastici, sono stati scelti tre siti localizzati nella **Valle del Basento (PZ)**, rappresentativi dei **terreni argillosi**, ed il sito di **Monteforte Irpino (AV)**, rappresentativo di altre zone della Campania in cui i versanti sono ricoperti da **piroclastiti** poggianti su substrati calcarei.

Entrambe le aree oggetto di studio sono sovente interessate da fenomeni di instabilità quali **colate di fango** e di **terra** soprattutto a causa delle piogge e della modifica delle pressioni neutre che queste inducono nei versanti.



Figura 1: Localizzazione geografica dei siti studiati.

1. DESCRIZIONE DEI SITI OGGETTO DI STUDIO

1.1 Valle del Basento

Il Dipartimento di Ingegneria Civile Edile ed Ambientale dell'Università di Napoli Federico II (DICEA) è interessato allo studio delle colate di argilla fin dagli anni '80; nel 1990 iniziò il monitoraggio di tre siti nell'Alta Valle del Basento (PZ) (Urciuoli,1998), dove furono installati piezometri, di tipo Casagrande ed elettrico, per il monitoraggio di pressioni neutre e livello di falda, tubi inclinometrici, per la misura degli spostamenti superficiali del corpo di frana e stazioni pluviografiche.

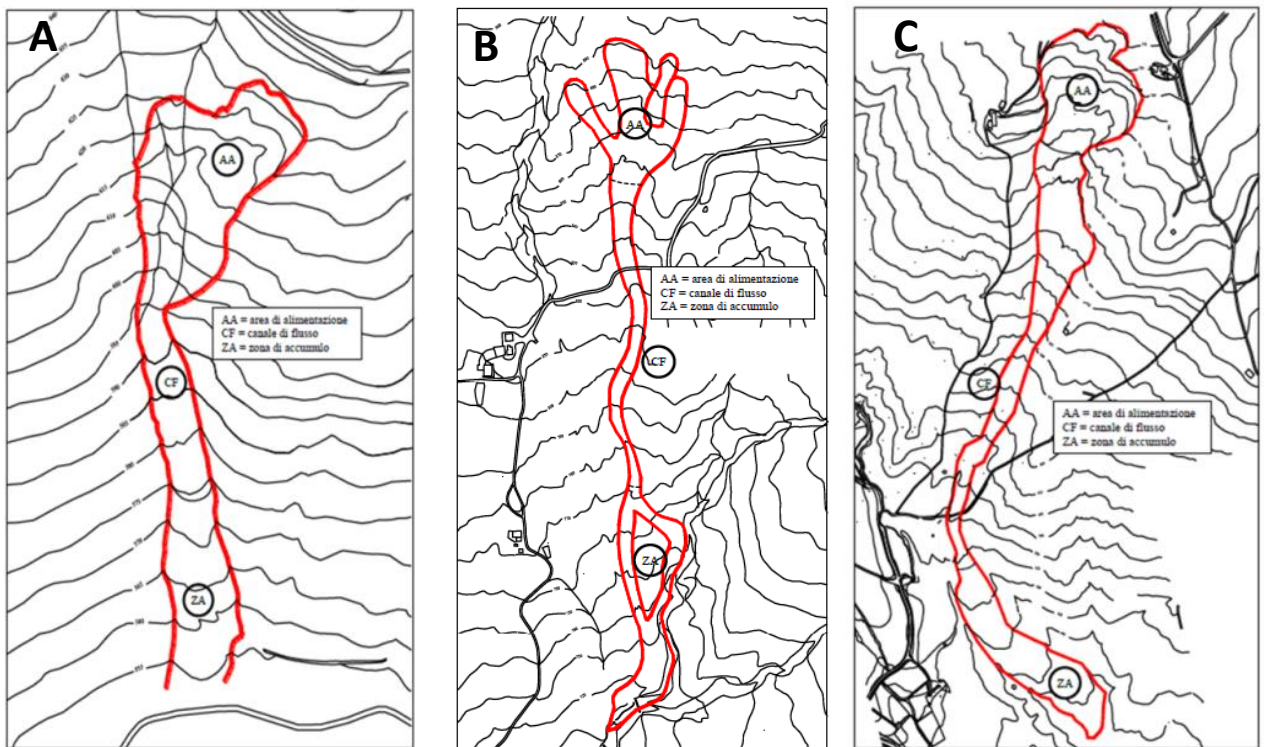


Figura 1.1: Campo sperimentale situato nella Valle del Basento, planimetria delle colate di Masseria Marino (A), Masseria de Nicola (B) e Località Acqua di Luca (C).

1.DESCRIZIONE DEI SITI OGGETTO DI STUDIO

1.2 Monteforte Irpino

Una vasta gamma di studi sperimentali di carattere geologico e geomorfologico, portata avanti dal Dipartimento di Ingegneria Geotecnica dell'Università di Napoli Federico II (attuale DICEA), nel comune di Monteforte Irpino (AV), ha condotto alla caratterizzazione dei terreni piroclastici che ricoprono il substrato calcareo della colata oggetto di studio. (Pirone et al., 2014). La strumentazione installata in sito consta di tensiometri, per il monitoraggio delle suzioni, sonde TDR per la misura del contenuto volumetrico di acqua e stazioni pluviografiche.

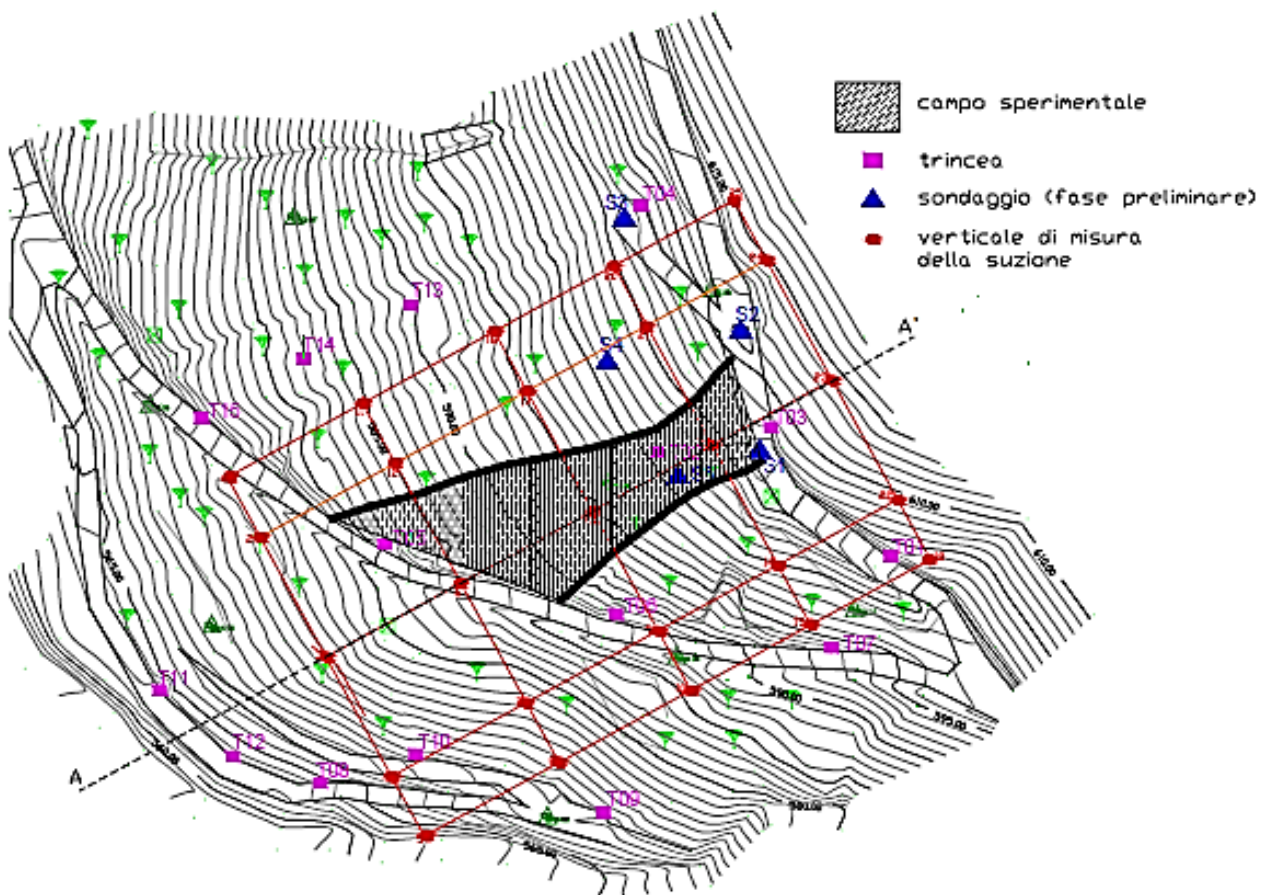


Figura 1.2: Rilievo dell'area con indicazione della posizione dei sondaggi, delle trincee e delle verticali di misura della suzione.

2. RACCOLTA DI DATI DI MONITORAGGIO

2.1 VALLE DEL BASENTO: sito A- abbassamento del livello di falda

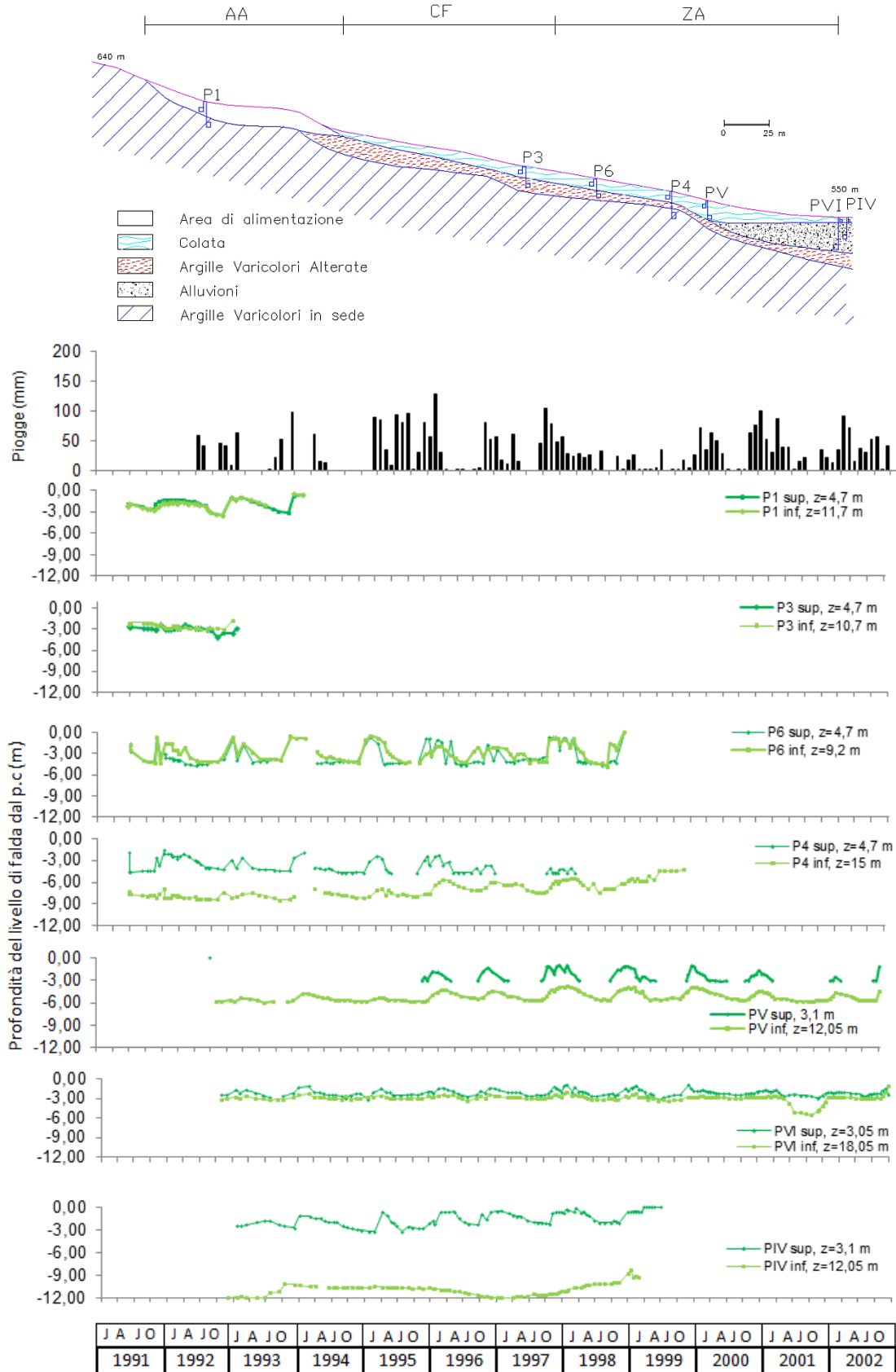


Figura 2.1.1: Sezione geologica del sito A con indicazione della posizione dei piezometri 6

. Altezze di pioggia e abbassamento del livello di falda.

2. RACCOLTA DEI DATI DI MONITORAGGIO

2.1: VALLE DEL BASENTO: sito B- abbassamento del livello di falda

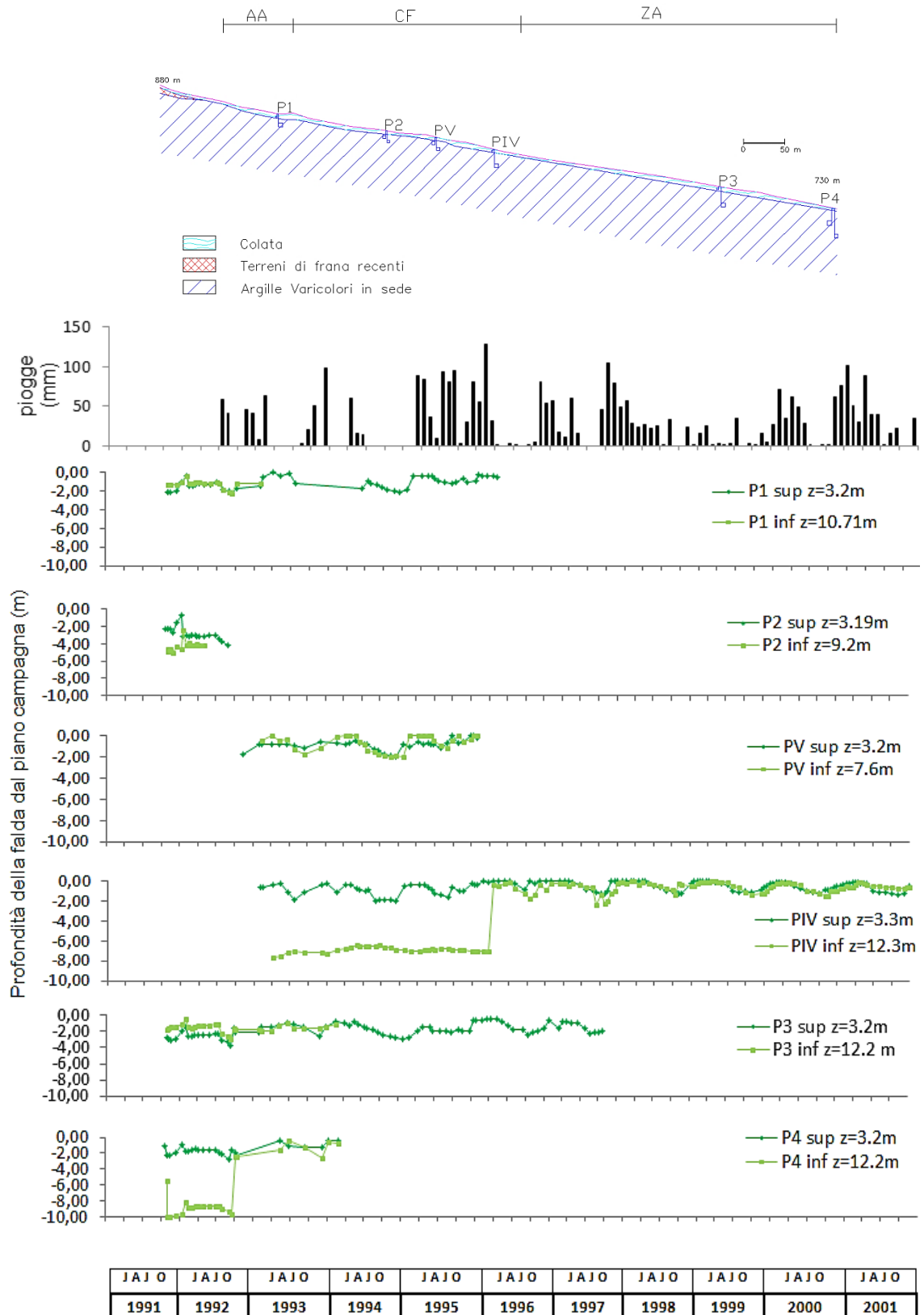


Figura 2.1.2: Sezione geologica del sito B con indicazione della posizione di piezometri.⁷
Altezze di pioggia e abbassamento del livello di falda.

2. RACCOLTA DEI DATI DI MONITORAGGIO

2.1: VALLE DEL BASENTO: sito C- abbassamento del livello di falda

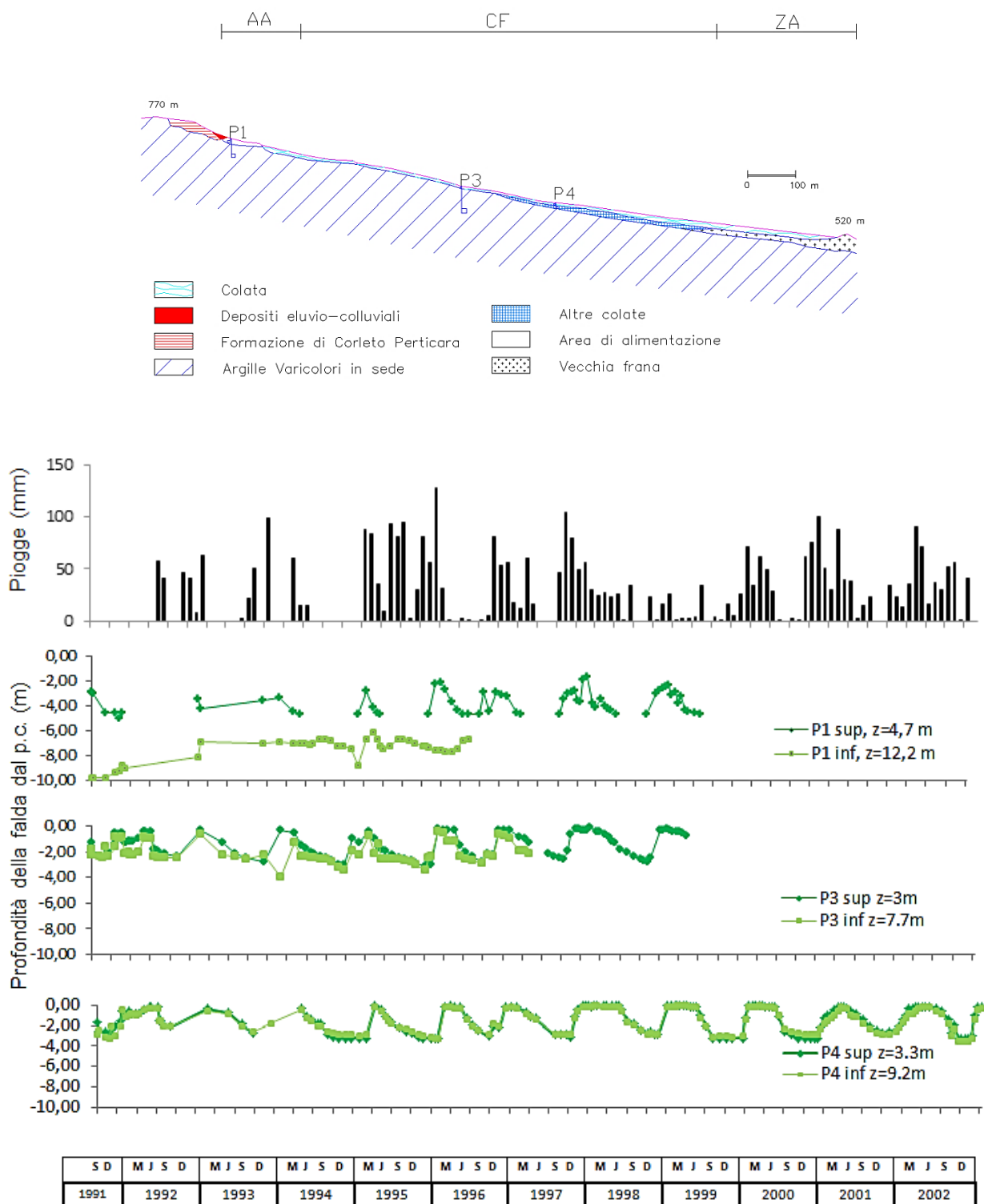
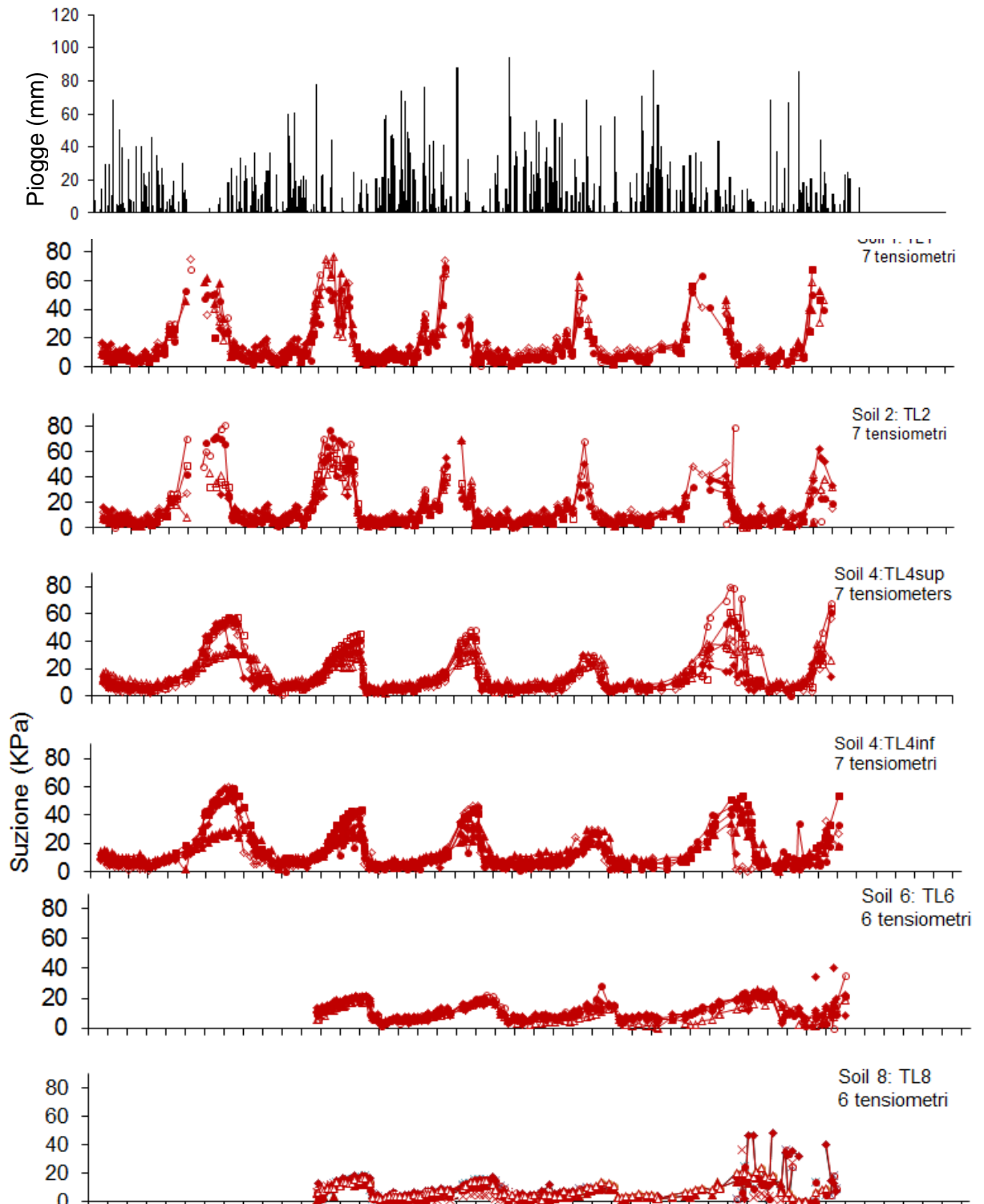


Figura 2.1.3: Sezione geologica del sito C con indicazione della posizione dei piezometri. Altezze di pioggia e abbassamento del livello di falda.

3. RACCOLTA DEI DATI DI MONITORAGGIO

2.2 MONTEFORTE IRPINO: sito E-suzioni



OD	J M M J S O D	F A J J S N	J M M J O D	F M M J N D	F A J A S N	J M M J A O D	F A M J
2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013

Figura 2.2.1: Altezze di piogge e suzioni misurate nel sito E.

3. ELABORAZIONE DEI DATI:

3.1 VALLE DEL BASENTO: quote piezometriche – sito A

Di seguito si riporta il profilo di quota piezometrica, calcolato a partire dalle altezze piezometriche misurate nelle celle superiori e inferiori nell'anno 1993.

- Le oscillazioni del carico H diminuiscono con la profondità, quindi è presente un flusso verticale verso il basso.

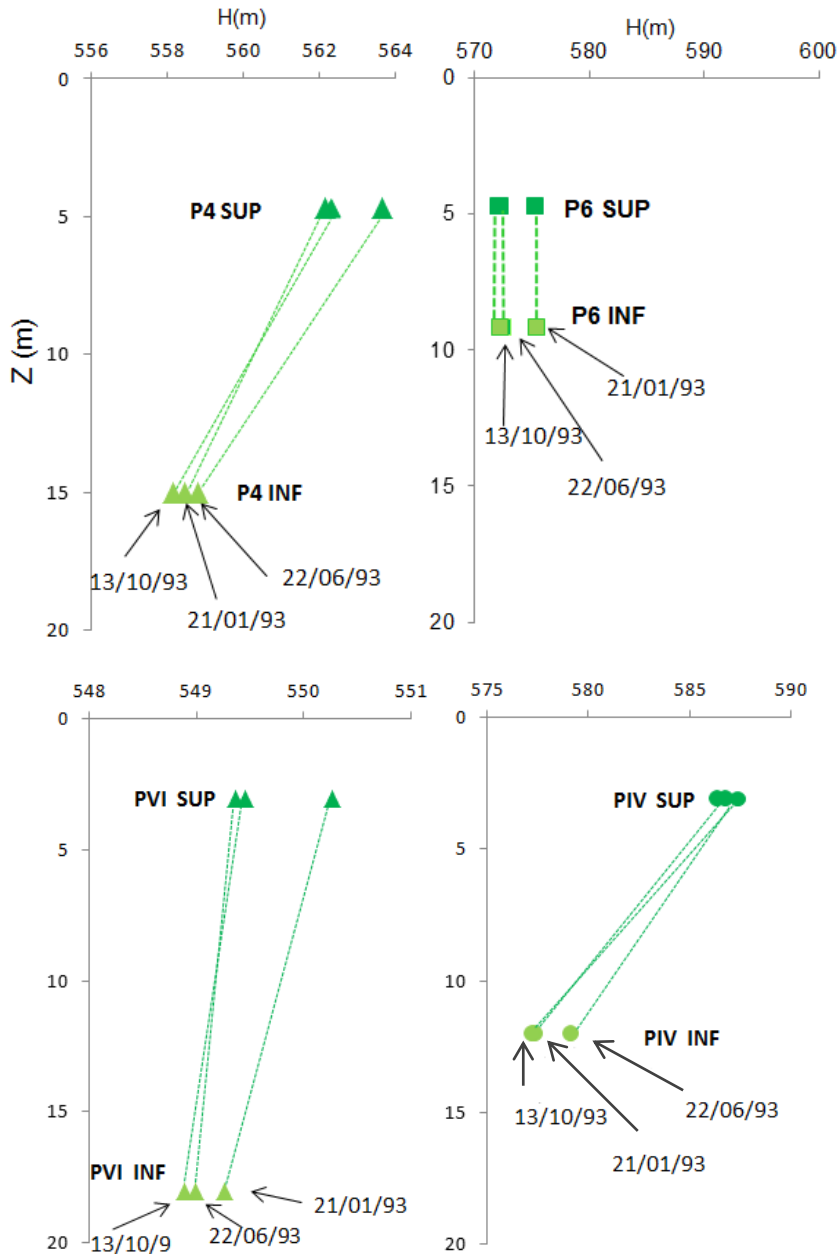


Figura 3.1.1: Profili di quote piezometriche nell'anno 1993.

3. ELABORAZIONE DEI DATI:

3.1 VALLE DEL BASENTO: profilo della massima variazione annuale di pressione neutre-SITO A, SITO B, SITO C

Al fine di analizzare le escursioni annuali di pressioni neutre nei tre siti analizzati sono stati elaborati i grafici di seguito raffigurati, che rappresentano la massima variazione annuale del livello di falda, rilevato dalle celle superiori e inferiori dei piezometri installati nei siti A, B e C.

- Le massime variazioni annuali di pressione neutra diminuiscono con la profondità in tutti i siti analizzati.

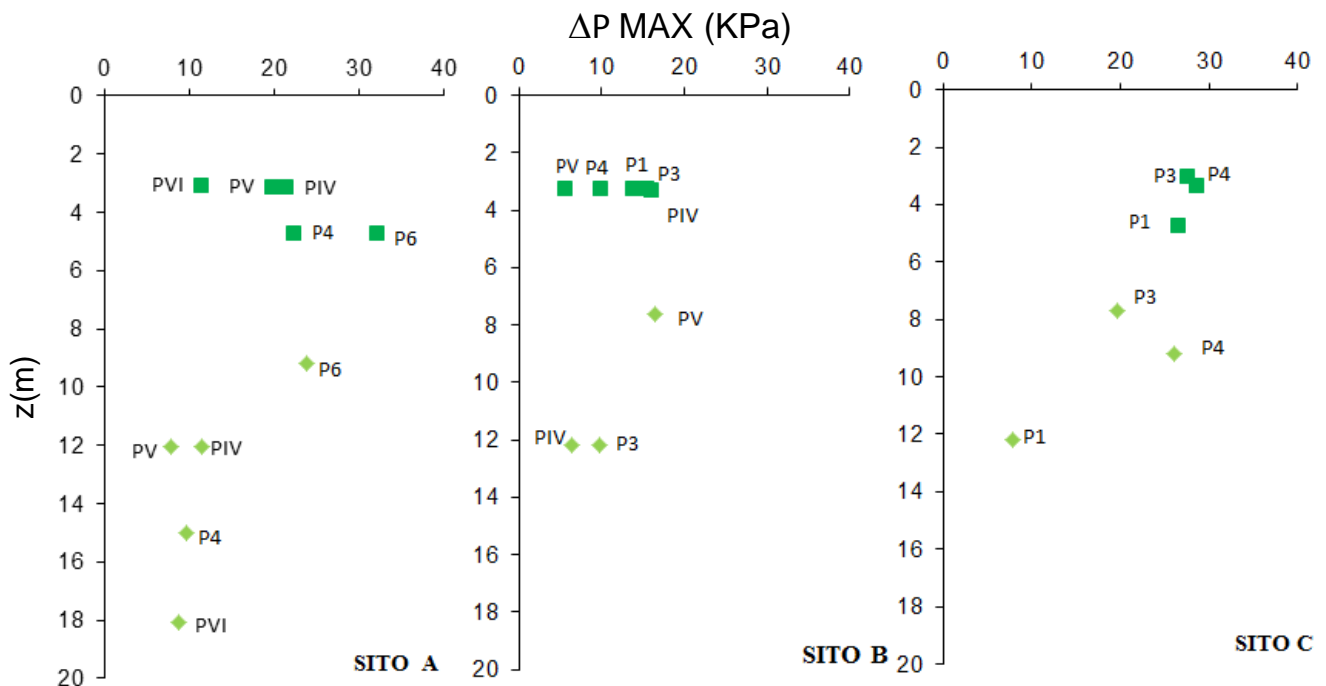


Figura 3.1.2: Massima variazione annuale di pressione neutra rilevata dai piezometri nell'anno 1993.

3. ELABORAZIONE DEI DATI

3.1 VALLE DEL BASENTO: Permeabilità

Sui terreni in questione è stata eseguita un'ampia sperimentazione in sito e in laboratorio (G. URCIUOLI, Permeabilità di argilliti a scaglie) atta a ricavare la permeabilità dei diversi litotipi presenti nel sottosuolo affetto dalle frane situate nei siti A e B. Si riporta di seguito un quadro riassuntivo dei risultati di tale sperimentazione, dalla quale si è partiti per l'elaborazione conseguita nel presente lavoro di tesi.

SITO B					
LABORATORIO			SITO		
LITOTIPO	PROVA	eo	Ko (m/s)	PROVA	K (m/s)
A.V SEDE	E 1	0.37		P 1	7,60E-10
A.V SEDE	E 2	0.55		P 2	8,90E-10
AV SEDE	E 3	0.36			
AV SEDE	T 1	0.47	2,50E-11		
COLATA	E 1	0.69		P 1	1,30E-09
COLATA	E 2	0.55		P 2	3,50E-09
COLATA	E 3	0.58		P 3	2,80E-09
COLATA	T 1	0.72	9,00E-11	P 4	8,90E-10
COLATA	T 2	0.56	6,00E-11		
COLATA	T 3	0.70	9,40E-11		
ZONA DI TAGLIO	E 1	0.61			
ZONA DI TAGLIO	E 2	0.50			
ZONA DI TAGLIO	T 1	0.57	1,60E-10		
PROVINO RICOSTITUITO	E 1	1.31			

SITO A					
LABORATORIO			SITO		
LITOTIPO	PROVA	eo	Ko (m/s)	PROVA	K (m/s)
A.V SEDE	E 1	0.34		P 1.1	8,50E-11
A.V SEDE	E 2	0.32		P 1.2	1,50E-10
A.V SEDE	E 3	0.24		P 2.1	1,10E-09
A.V SEDE	E 4	0.39		P 2.2	1,50E-09
				P 3.1	1,30E-10
				P 3.2	9,30E-11
A.V ALTERATE	E 1	0.60		P1 .1	1,30E-10
A.V ALTERATE	E 2	0.66		P 1.2	1,90E-10
A.V ALTERATE	T 1	0.50	1,20E-11	P 1.3	1,60E-10
				P 2.1	7,40E-09
				P 2.2	5,30E-09
				P 3.1	4,40E-10
				P 3.2	5,90E-10
				P 3.3	5,70E-10
				P 4.1	5,30E-09
				P 4.2	1,90E-08
				P 4.3	1,40E-08
COLATA	E 1	0.49		P 1.1	1,80E-10
COLATA	E 2	0.64		P 2.1	2,20E-09
COLATA	T 1	0.50	3,50E-11	P 3.1	3,70E-10
COLATA	T 2	0.61	5,30E-11	P 3.2	9,30E-10
COLATA	T 3	0.50	7,00E-11		
COLATA	T 4	0.51	3,00E-11		
ZONA DI TAGLIO	E 1	0.67			
ZONA DI TAGLIO	E 2	0.66			
ZONA DI TAGLIO	E 3	0.60			
ZONA DI TAGLIO	E 4	0.60			
ZONA DI TAGLIO	T 1	0.61	2,50E-11		
ZONA DI TAGLIO	T 2	0.58	1,50E-11		
PROVINO RICOSTITUITO	E 1	0.98			

Figura 4.1.3: Tabelle riepilogative della sperimentazione eseguita i sito e in laboratorio.

3. ELABORAZIONE DEI DATI

3.1 VALLE DEL BASENTO: permeabilità

Sono state ricavate le distribuzioni log-normali delle misure di permeabilità di sito e di laboratorio nei siti A e B. Nelle figure di seguito riportate sono rappresentate le distribuzioni di probabilità (PDF e CDF) log-normale dei dati di permeabilità e sono evidenziati i valori mediani di tali distribuzioni, in quanto si assume siano rappresentativi della permeabilità effettiva dei litotipi analizzati.

- SITO A

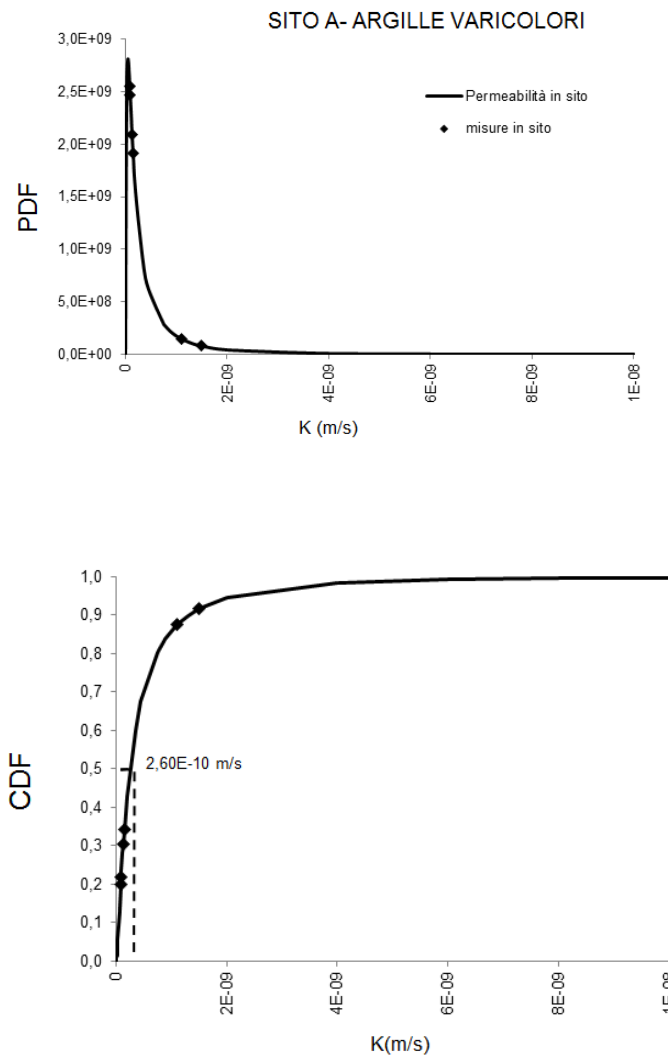


Figura 3.1.4: Distribuzioni di probabilità delle permeabilità in sito e in laboratorio nel sito A- argille in sede

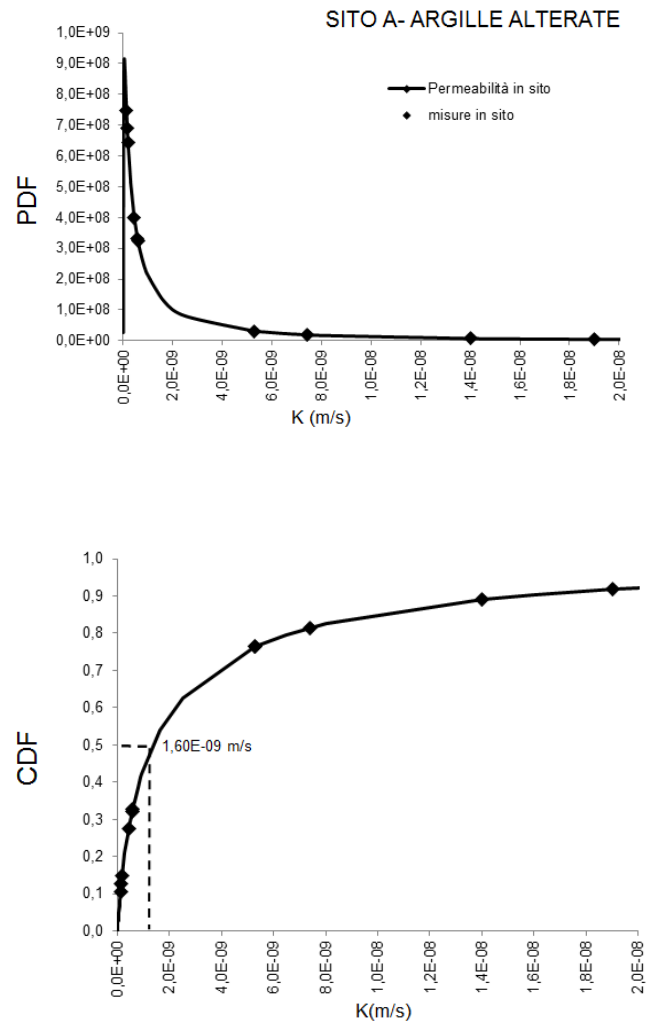


Figura 3.1.5: Distribuzioni di probabilità delle permeabilità in sito e in laboratorio nel sito A- argille alterate

3. ELABORAZIONE DEI DATI

3.1 VALLE DEL BASENTO: permeabilità

- SITO B

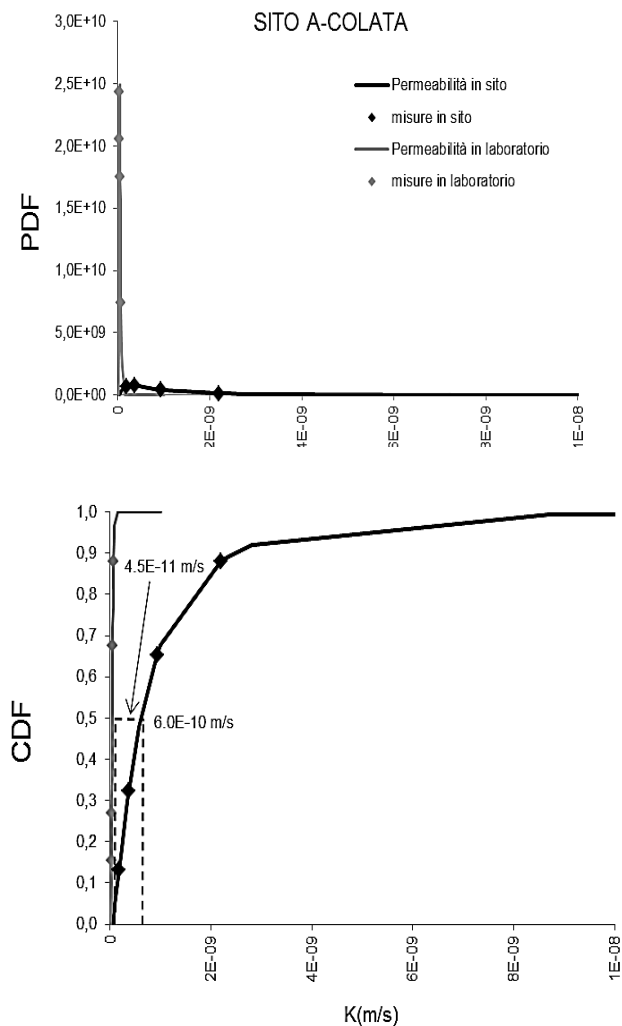


Figura 3.1.6: Distribuzioni di probabilità delle permeabilità in sito e in laboratorio nel sito A- colata.

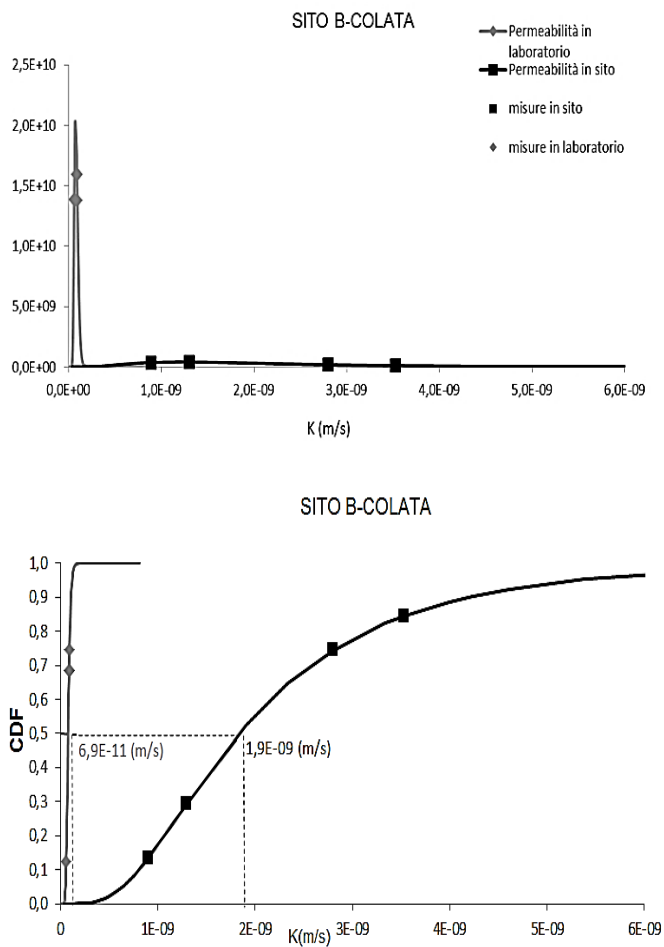


Figura 3.1.7: Distribuzioni di probabilità delle permeabilità in sito e in laboratorio nel sito B- colata.

3. ELABORAZIONE DEI DATI

3.1 VALLE DEL BASENTO: permeabilità

- I valori mediani delle distribuzioni log-normali delle permeabilità misurate in laboratorio sono di un ordine di grandezza inferiore rispetto al valore mediano della permeabilità ricavata da prove in sito. Ciò è da mettere in relazione alle differenti condizioni macrostrutturali dei terreni esaminati, caratteristiche colte dalla sperimentazione in sito ma non da quella in laboratorio.

sito A	K (lab) MED □ (m/s)	K(sito) MED ■ (m/s)
Colata	-	6,00E-09
A.V alterate	1,20 E-11	1,60 E-09
A.V sede	4,50E-11	3,0E-10

sito B	K (lab) MED □ (m/s)	K(sito) MED ■ (m/s)
Colata	7,00E-11	2,00E-09

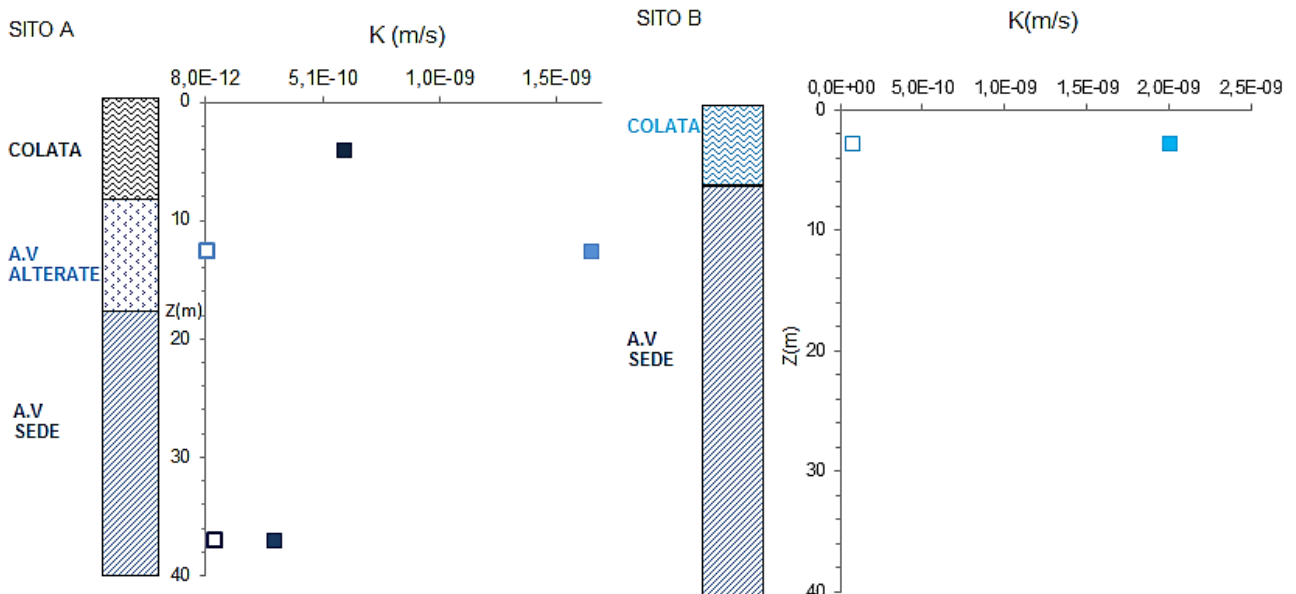


Figura 4.1.8: Profili delle permeabilità mediane e tabelle riassuntive dei risultati delle elaborazioni per i siti A e B.

3. ELABORAZIONE DEI DATI

3.2 MONTEFORTE IRPINO: quote piezometriche

Di seguito si riporta il profilo di quote piezometriche, ricavate a partire dalle suzioni, per le verticali di installazione dei tensiometri 5b e 2b.

- I profili suggeriscono che nei mesi estivi e primaverili, meno piovosi, nei terreni più superficiali e quelli intermedi, più rapidamente esposti agli effetti dell'evapotraspirazione, si verifica un flusso verticale verso l'alto.
- A causa della maggiore piovosità dei mesi invernali, da settembre a novembre, parallelamente al decremento di suzione, si verifica un flusso verticale verso il basso.

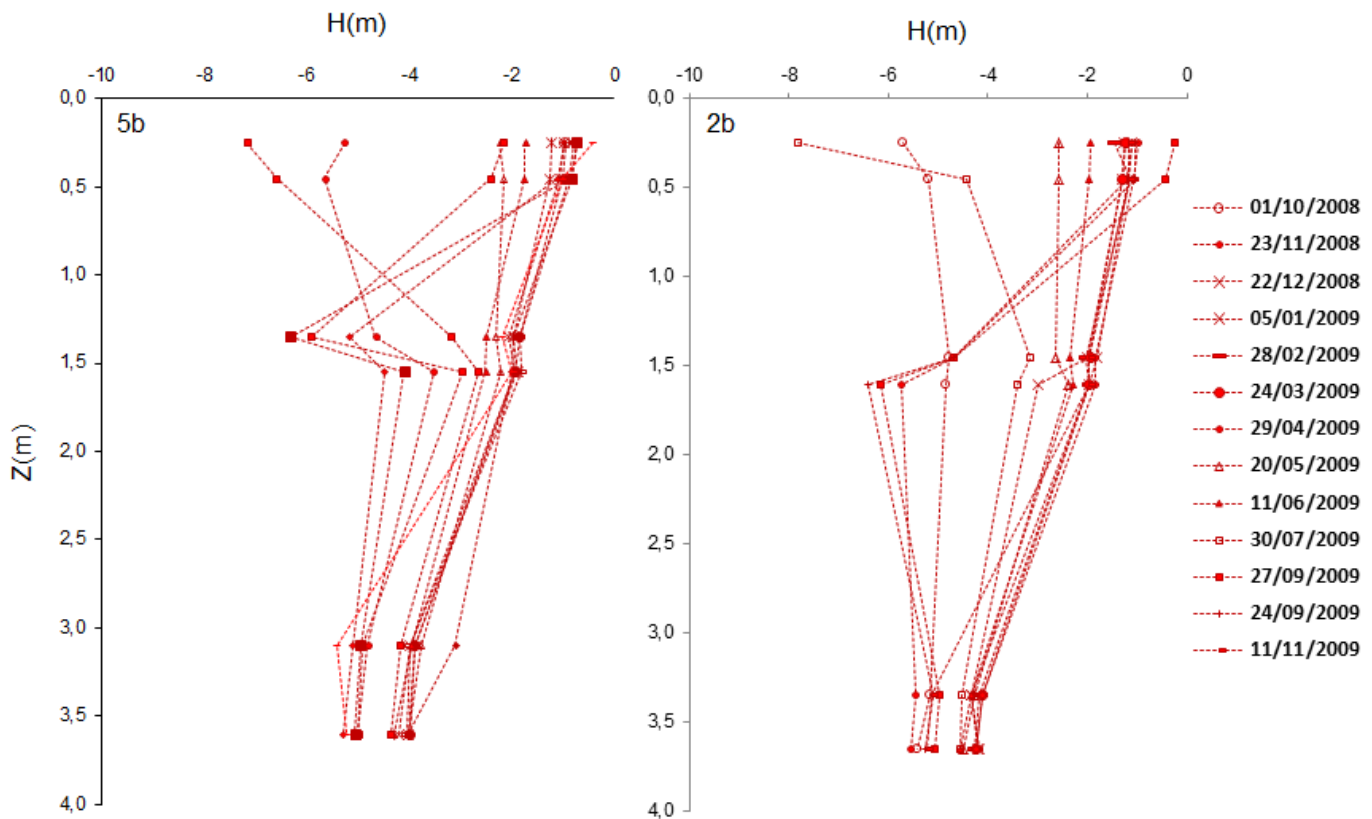


Figura 3.2.1: Profili di quote piezometriche lungo le verticali 2b e 5b di installazione dei tensiometri.

3. ELABORAZIONE DEI DATI

3.2 MONTEFORTE IRPINO: massima variazione annuale di suzione

Di seguito si riportano i profili di massima variazione stagionale di suzione, registrata dai tensiometri lungo le verticali di installazione 2B, 5B e 6B in un anno di monitoraggio.

- Le massime variazioni di suzione sono maggiori nei terreni più prossimi al piano campagna, essendo questi maggiormente esposti agli effetti di piogge ed evapotraspirazione, e diminuiscono con la profondità.

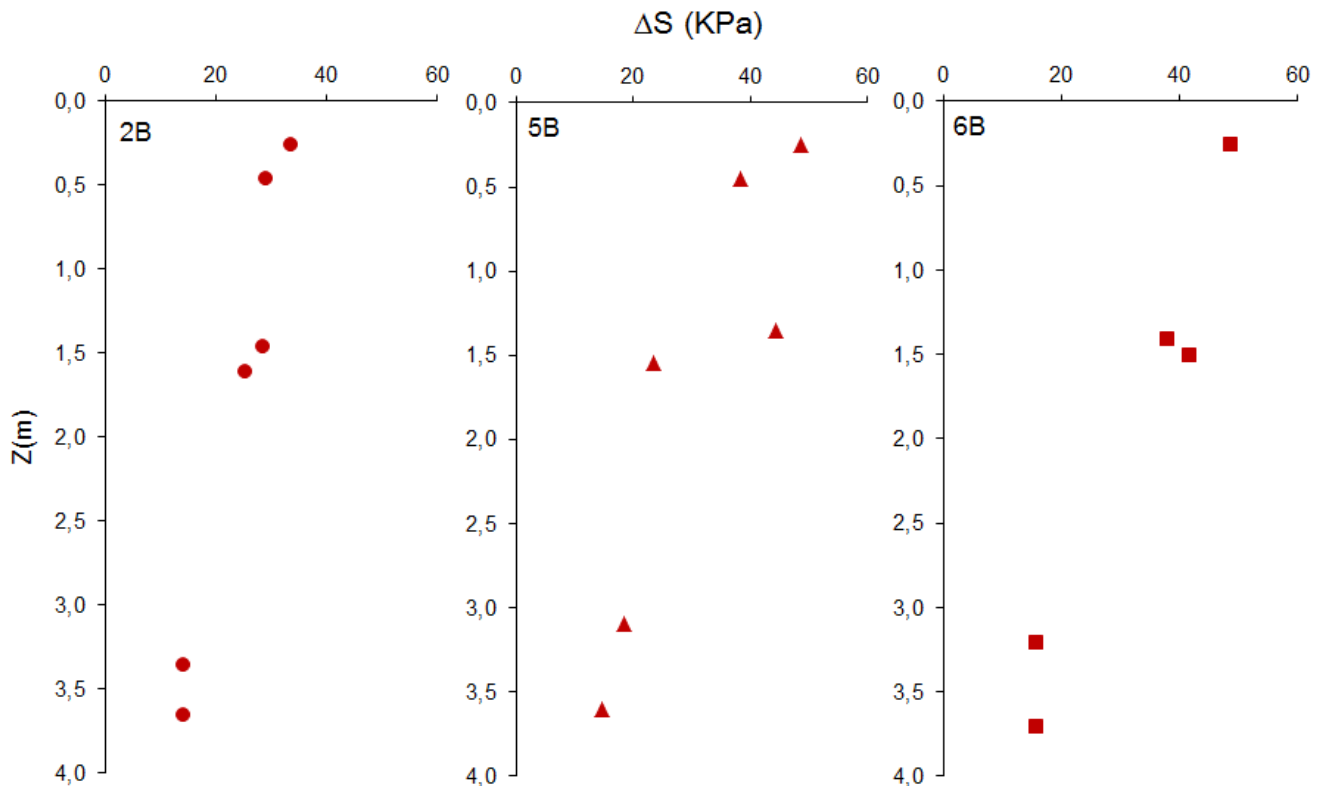


Figura 3.2.2 : Massima variazione annuale di suzione, misurata lungo le verticali 2B, 5B e 6B.

3. ELABORAZIONE DEI DATI

3.2 MONTEFORTE IRPINO: permeabilità satura

Nell'ambito di una vasta sperimentazione sui terreni piroclastici presenti nel sito di Monteforte Irpino sono state ricavate le distribuzioni lognormali delle permeabilità sature di sito e di laboratorio (Pirone et al., 2014). Di seguito si riportano le distribuzioni di probabilità ricavate a partire da prove di permeabilità in sito e in laboratorio.

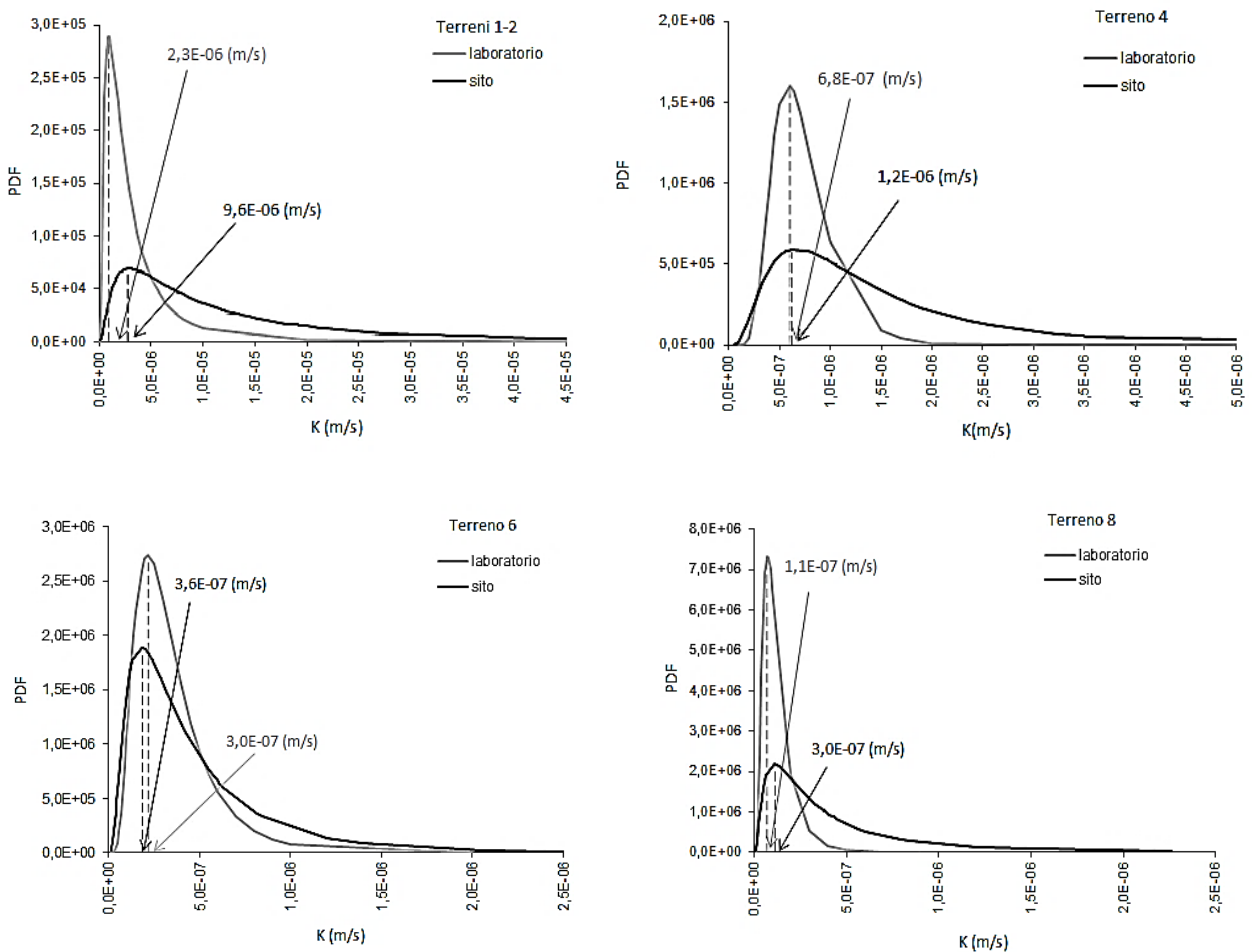


Figura 3.2.3: Distribuzioni log-normali di permeabilità satura per i terreni del sito E.

3. ELABORAZIONE DEI DATI

3.2 MONTEFORTE IRPINO: permeabilità

I valori medi delle distribuzioni log-normali delle permeabilità ricavata da prove in laboratorio sono di un ordine di grandezza inferiore rispetto al valore mediano di permeabilità ricavata a partire da prove in sito.

La differenza tra le mediane delle distribuzioni di permeabilità di sito e laboratorio diminuisce con la profondità.

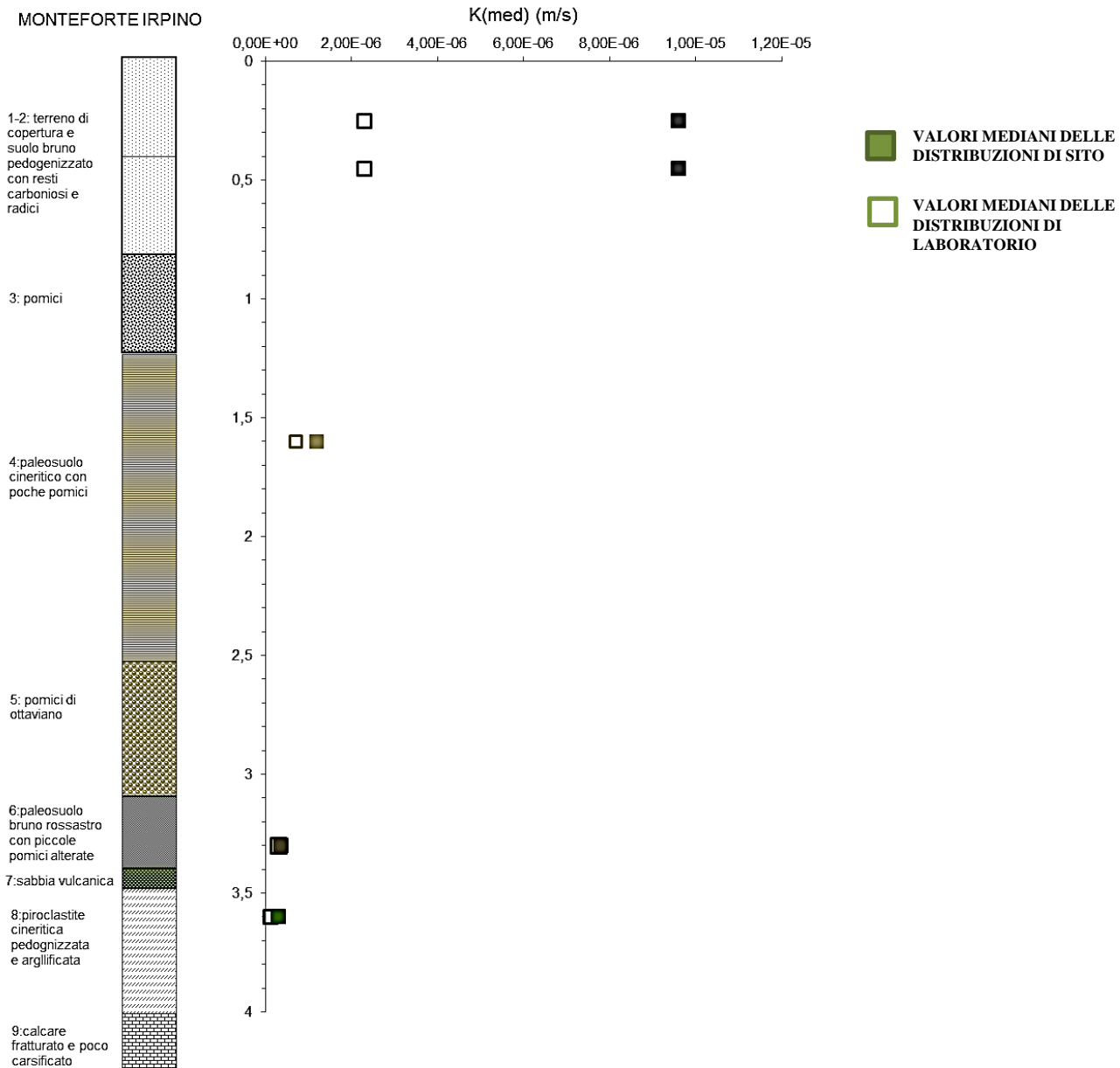


Figura 3.2.4: Stratigrafia media della colata di Monteforte Irpino e valori medi delle permeabilità saturate ottenuti dalla sperimentazione.

3. ELABORAZIONE DEI DATI

3.2 MONTEFORTE IRPINO: permeabilità

Data la natura dei terreni piroclastici analizzati, che risultano parzialmente saturi, è lecito riferirsi alle curve di permeabilità. Tali curve descrivono la permeabilità in funzione del contenuto d'acqua volumetrico, in particolare come si osserva in fig.4.1, i valori di permeabilità operativi corrispondenti ai valori di contenuto d'acqua massimo registrato in sito sono inferiori rispetto ai valori di permeabilità satura.

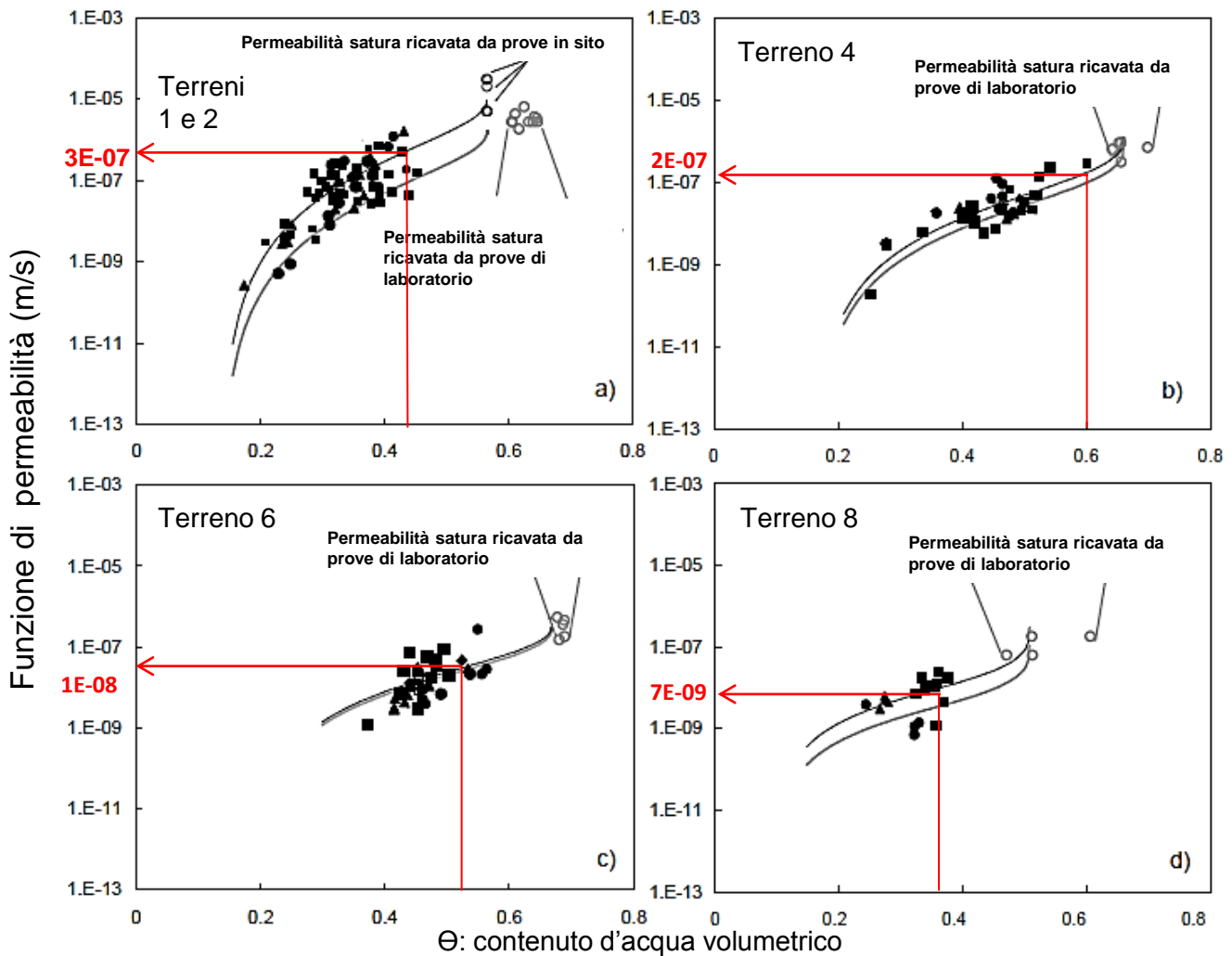


Figura 4.1: Curve di permeabilità dei terreni costituenti il corpo di frana di Monteforte Irpino.

4. CONFRONTI:

Al fine di confrontare il comportamento dei due tipi di terreni analizzati sono stati analizzati i dati relativi alle massime variazioni di pressioni neutre, per i terreni argillosi della Valle del Basento, e le massime variazioni stagionali di suzione, per le coltri piroclastiche di copertura del versante coinvolto dalla frana di Monteforte Irpino.

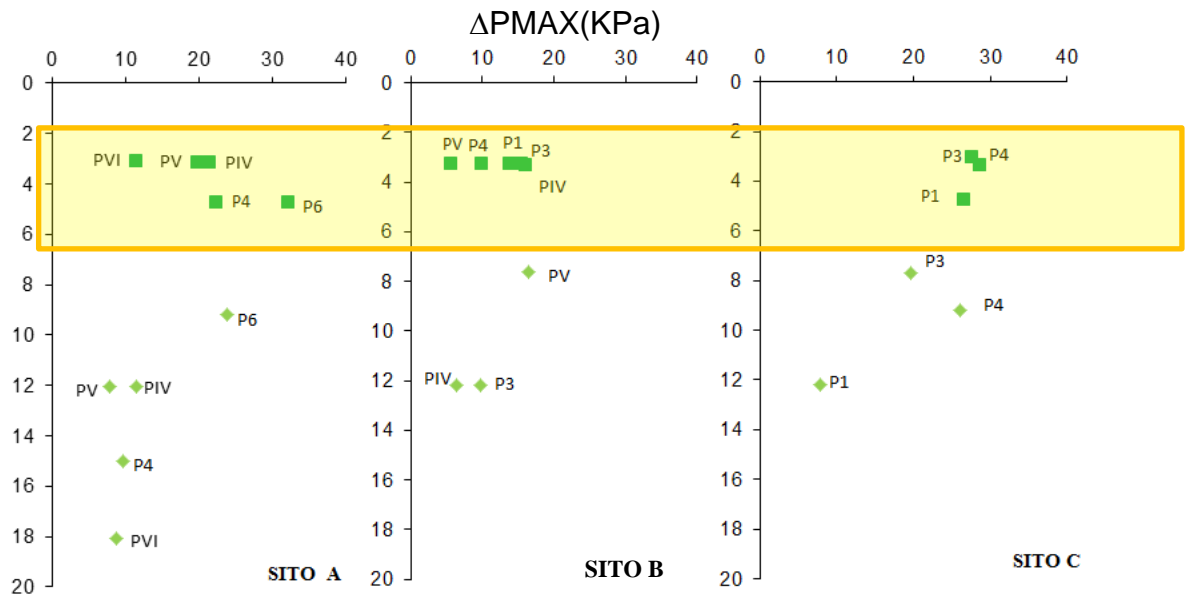


Figura 5.2: Massima oscillazione della pressione neutra registrata nei siti A, B, C in un anno di monitoraggio

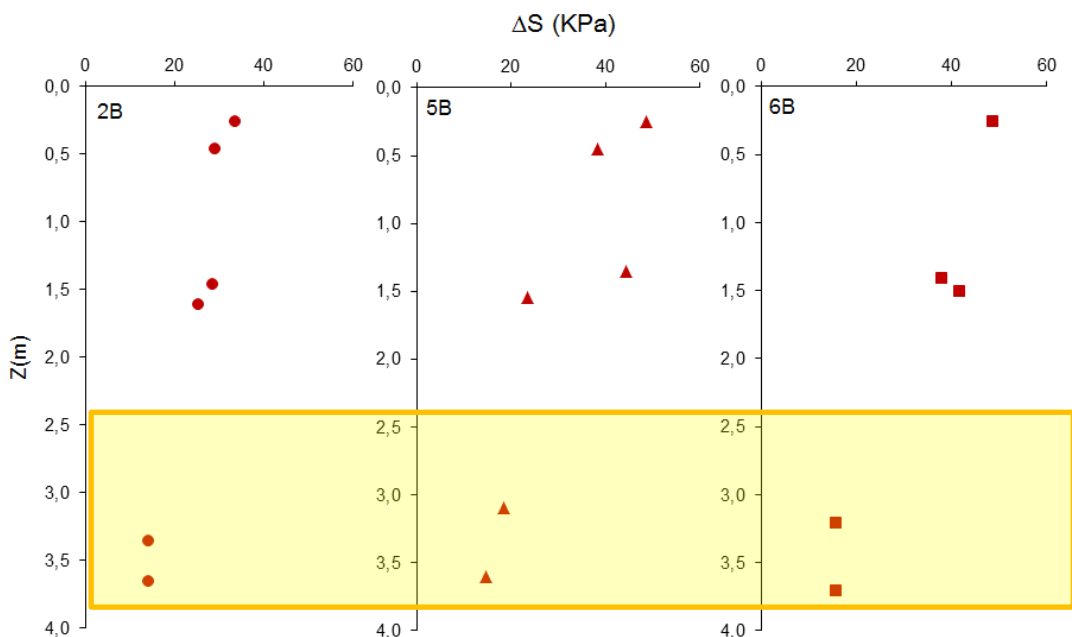


Figura 5.3: Massima variazione di suzione registrata lungo le verticali di installazione dei tensiometri 2B, 5B e 6B in un anno di monitoraggio.

4. CONFRONTI:

sito A	K (lab) MED (m/s)	K(sito) MED (m/s)
colata	-	6,00E-09
A.V alterate	1,20 E-11	1,60 E-09
A.V sede	4,50E-11	3,0E-10

sito B	K (lab) MED (m/s)	K(sito) MED (m/s)
colata	7,00E-11	2,00E-09

sito E	K SAT(lab) MED (m/s)	K SAT(sito) MED (m/s)	K SAT (sito) operative nel periodo umido ricavato da curve di permeabilità (m/s)
1	2,28E-06	9,60E-06	3,00E-07
2	2,28E-06	9,60E-06	3,00E-07
3	-	-	-
4	6,82E-07	1,20E-06	2,00E-07
5	-	-	-
6	3,02E-07	3,60E-07	1,00E-08
7	-	-	-
8	1,08E-07	3,00E-07	7,00E-09

Figura 4.4: Tabelle riassuntive dei valori medi delle distribuzioni log-normali di permeabilità ottenuti dalle elaborazioni.

5. ANALISI NUMERICA AGLI ELEMENTI FINITI: SVILUPPI FUTURI

Analisi numerica agli elementi finiti mediante il software SEEP/W.
Analisi stazionaria per la riproduzione della falda a partire dalle misure piezometriche registrate a Masseria Marino (sito A) il 15 Febbraio 1993:

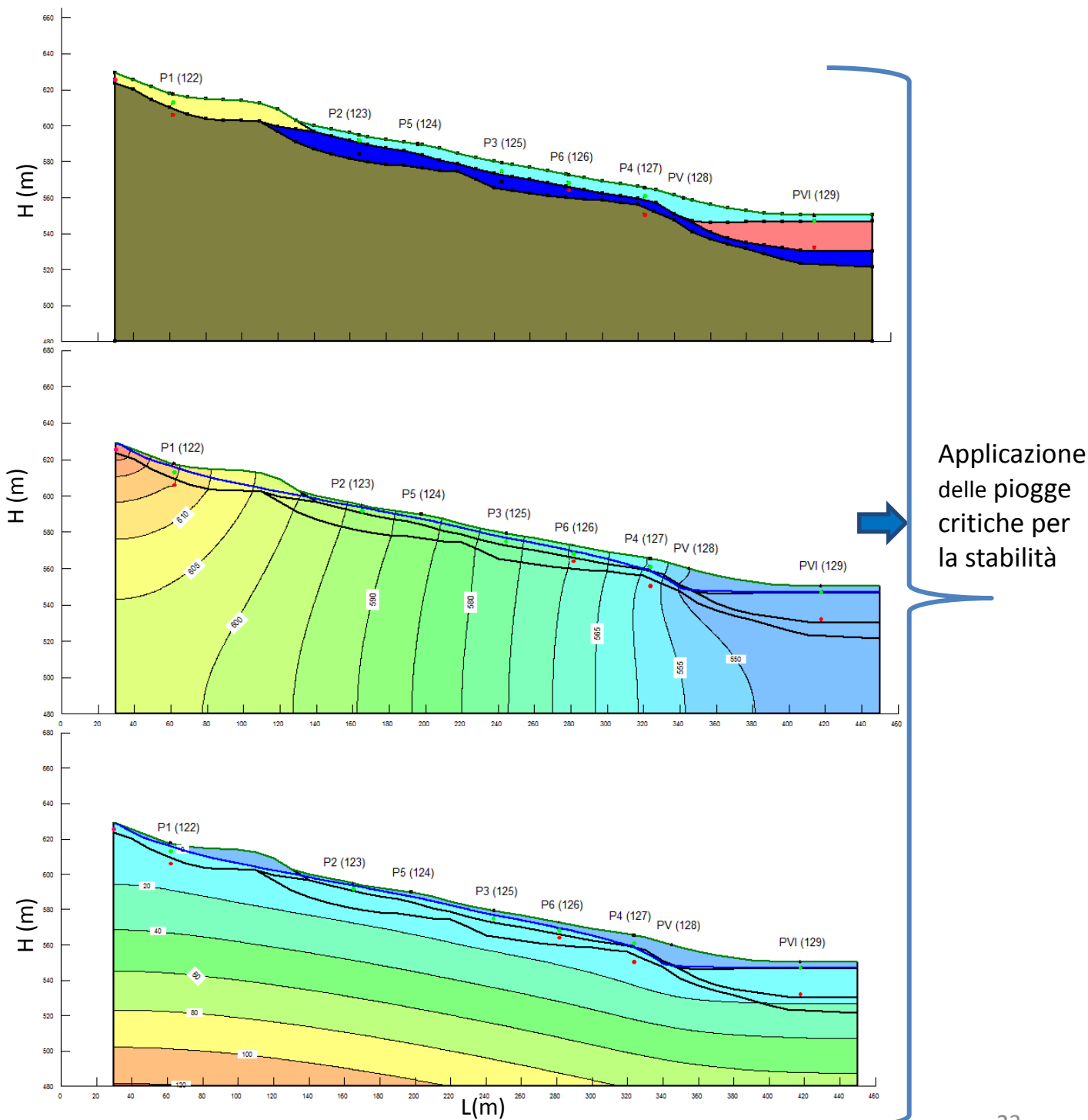


Figura 5.1: Sezione geologica riprodotta tramite SEEP/W, reticolo idrodinamico ed isopieziche.

6. CONCLUSIONI

I- L'andamento delle **pressioni neutre** e delle **suzione** in entrambi i siti analizzati risulta stagionale e le ampiezze delle oscillazioni decrescono con l'aumentare della profondità dal piano campagna.

II- In entrambi i siti si rileva un **flusso** d'acqua verticale diretto verso il basso nel periodo umido.

III- Dall'elaborazione statistica delle misure di **permeabilità** disponibili per entrambi i siti si evince che i valori mediani delle distribuzioni log-normali delle misure in sito sono un ordine di grandezza maggiore di quelle misurate in laboratorio.

IV- L'entità delle **oscillazioni stagionali** rilevate nei piezometri superficiali nella Valle del Basento è confrontabile con quelle rilevate nei terreni intermedi profondi a Monteforte Irpino; ciò è attribuibile ad una permeabilità satura delle argille confrontabile con quella operativa nel periodo umido nei terreni piroclastici profondi.

*GRAZIE PER
L'ATTENZIONE*