

UNIVERSITA' DEGLI STUDI DI NAPOLI
"FEDERICO II"

FACOLTA' DI INGEGNERIA



CORSO DI LAUREA SPECIALISTICA IN
INGEGNERIA PER L'AMBIENTE E IL TERRITORIO

(Classe delle Lauree Specialistiche in Ingegneria per l'Ambiente e il Territorio, Classe 38/S)

DIPARTIMENTO DI INGEGNERIA CIVILE, EDILE E AMBIENTALE

ABSTRACT

***"SISTEMI DRENANTI PER LA STABILIZZAZIONE DI
VERSANTI IN TERRENI PIROCLASTICI NON SATURI"***

RELATORE

Prof. Ing. Gianfranco URCIUOLI
Prof. Ing. Settimio FERLISI

CANDIDATO

Rocco NAPOLI
matr. 324/270

CORRELATORE

Dott. Ing. Vito FORESTA

Anno Accademico 2012-2013

Introduzione

Il rischio idrogeologico in Italia è diffuso in modo capillare e si presenta in modo differente a seconda dell'assetto geomorfologico del territorio. Indipendentemente dalle diverse possibilità di definire un fenomeno franoso, è evidente che gli interventi di mitigazione dalle frane devono perseguire lo scopo di una riduzione del rischio per i beni esposti che comprendono sia la popolazione che le strutture ed infrastrutture.

Tra i tanti interventi adottati nella pratica ingegneristica e/o illustrati nella letteratura scientifica di particolare importanza sono gli interventi volti alla modifica delle pressioni neutre all'interno dei versanti, in quanto una variazione di tali pressioni può modificare radicalmente l'equilibrio statico di un versante che a causa di un aumento di saturazione o a un innalzamento della falda può passare da condizioni di stabilità a condizioni di instabilità. Il presente elaborato concentra l'attenzione sul comportamento dei terreni parzialmente saturi di origine piroclastica nel caso di aumento delle pressioni neutre e sulla risposta degli stessi in caso di presenza di opere quali i dreni tubolari; in modo tale da poter verificare l'effettiva utilità di questo tipo di intervento in queste particolari condizioni. In questo caso le difficoltà maggiori derivano dall'effettuare la giusta caratterizzazione idraulica del sottosuolo, in quanto l'analisi dei moti di filtrazione è resa particolarmente complessa dalla necessità di dover portare in conto le proprietà idrauliche del terreno nel campo delle pressioni neutre negative.

In questo ABSTRACT vengono esposti i risultati ottenuti durante l'attività di tirocinio presso il Laboratorio di Geotecnica "Giuseppe Sorbino" dell'Università degli studi di Salerno. A partire dai risultati delle analisi numeriche condotte da Rahardjo e Leong nell'articolo "*Horizontal drains in unsaturated soil slope*" (2001), dopo aver rielaborato le simulazioni effettuate dagli Autori ed aver verificato le loro conclusioni giungendo agli stessi risultati, lo scopo è quello di dimostrare, invece, che un sistema di drenaggi può essere utile e funzionale anche in un terreno che non è giunto a saturazione e che, nel nostro caso di studio, è di origine piroclastica. Le analisi numeriche condotte nell'ambito del presente lavoro sono state svolte su un versante con una pendenza costante di 33° (Fig. 1), e quindi si differenzia dallo schema proposto da Rahardjo che è inclinato a 45° . Questo cambio di pendenza è dovuto semplicemente al fatto che per materiali come le piroclastiti, dotate di coesione efficace nulla o prossima allo zero, è improponibile utilizzare le stesse pendenze. Riportiamo quindi di seguito lo schema sul quale sono state effettuate le simulazioni al SEEP/W e le verifiche del coefficiente di sicurezza allo SLOPE/W.

Le caratteristiche di resistenza, sia in condizioni di totale che di parziale saturazione nonché le proprietà idrauliche dei terreni sono state selezionate nell'ambito della letteratura scientifica disponibile.

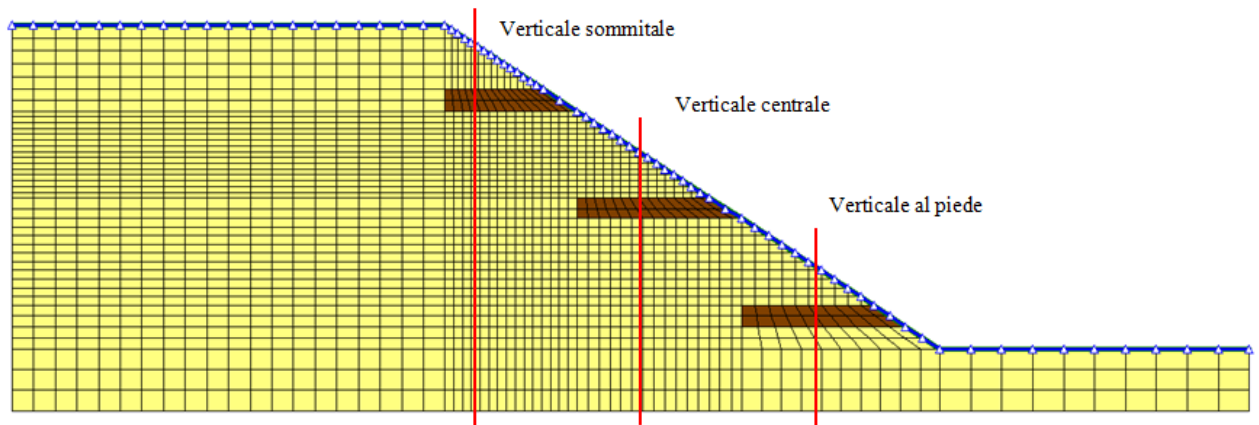


Fig. 1 - Schema di modellazione del pendio al SEEP/W

Nel capitolo successivo saranno esposti in sintesi i risultati raggiunti nei vari casi considerati.

Analisi dei risultati e conclusioni

Andremo ora ad analizzare e a commentare i risultati raggiunti nei diversi casi di drenaggi proposti attraverso dei grafici che ci permetteranno un confronto diretto ed immediato sia per quanto riguarda i coefficienti di sicurezza sia per quanto riguarda l'andamento delle pressioni neutre. I grafici relativi alle pressioni sono relativi a step temporali definiti, cioè ai giorni 2, 117 e 126 del nostro evento di pioggia di progetto. I grafici proposti sono quelli relativi alla verticale centrale di metà pendio (visibile in Fig.1). Il pluviogramma di progetto adottato, in particolare, è quello relativo ai 126 giorni che hanno preceduto, nell'anno 1998, gli eventi franosi che colpirono i comuni situati alle pendici del monte pizzo d'Alvano (Salerno, Italia).

Per quanto riguarda i risultati dei coefficienti di sicurezza FS calcolati con SLOPE/W a partire dai risultati del SEEP/W saranno esposti con lo stesso criterio temporale.

Dall'attento esame dei grafici seguenti emerge chiaramente come alcune delle soluzioni proposte, in termini di tipologia di dreni, riescano a garantire che la suzione mantenga valori significativi nello strato di terreno superiore alla quota d'imposta del dreno intermedio; altre tipologie, invece, sono in grado di assolvere a tale requisito soltanto a quote inferiori a quella d'imposta del dreno intermedio.

Pressioni giorno 2

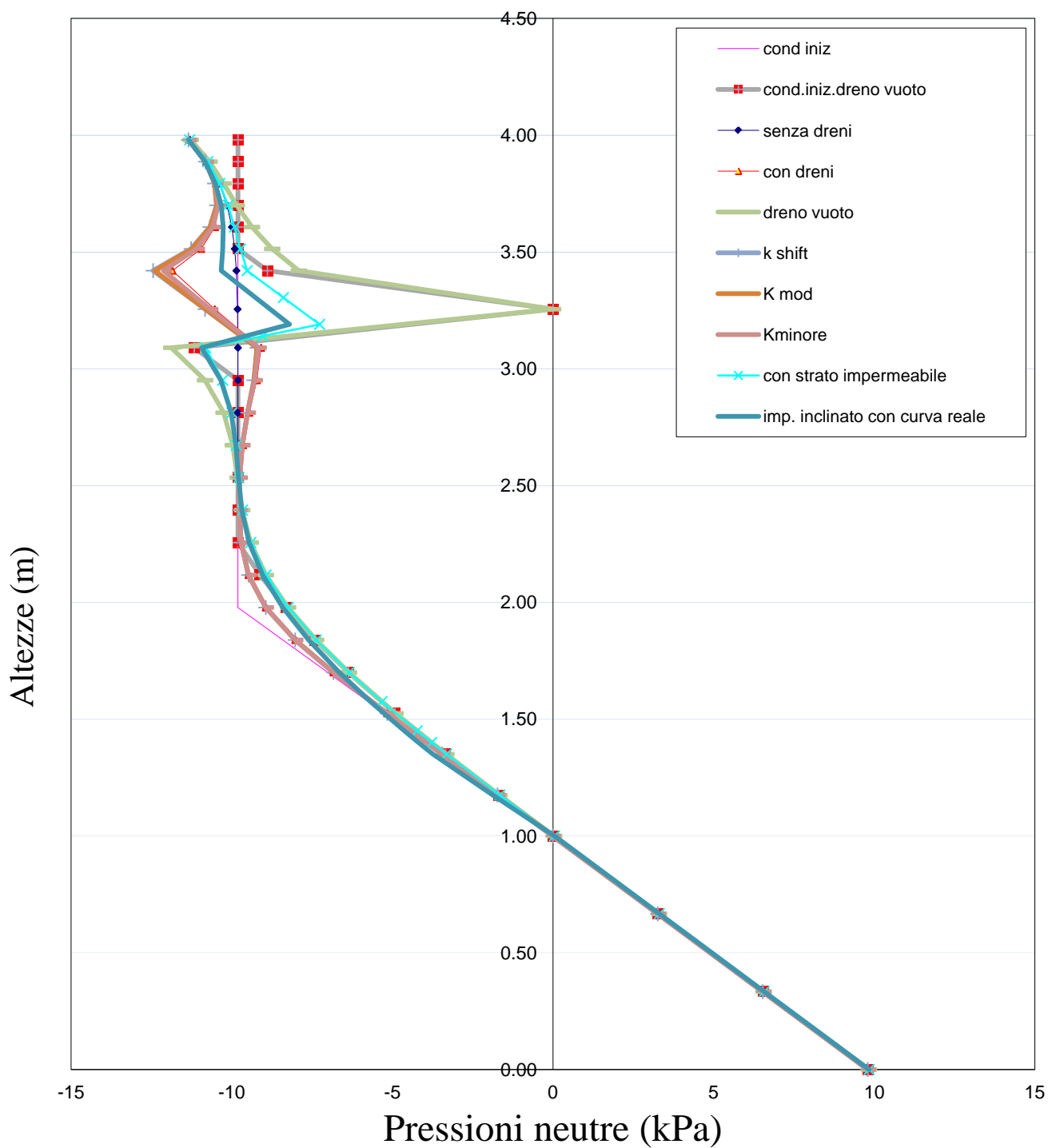


Fig. 2 - Grafico delle pressioni lungo la verticale centrale al giorno 2

Giorno 117

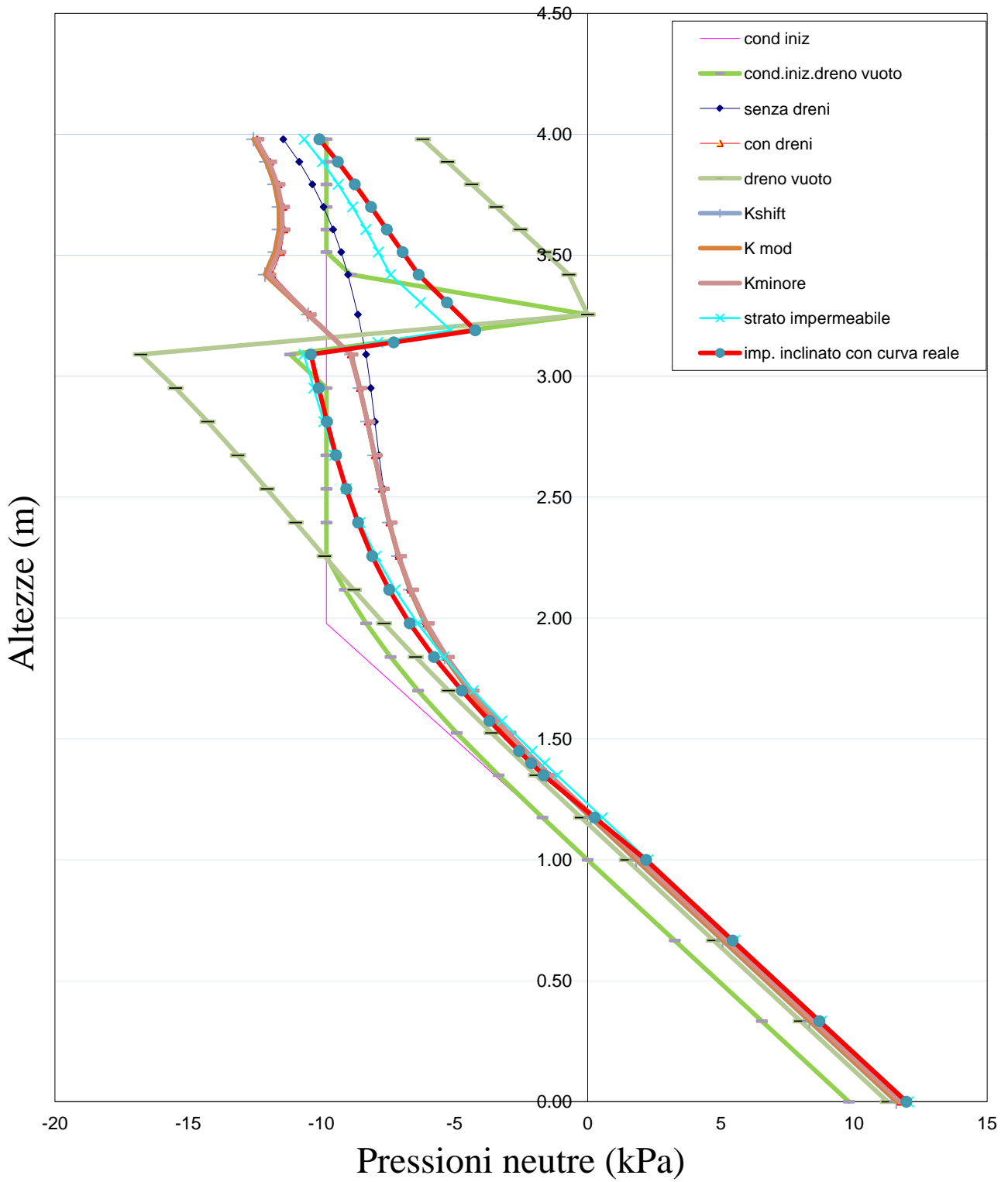


Fig. 3 - Grafico delle pressioni lungo la verticale centrale al giorno 117

Giorno 126

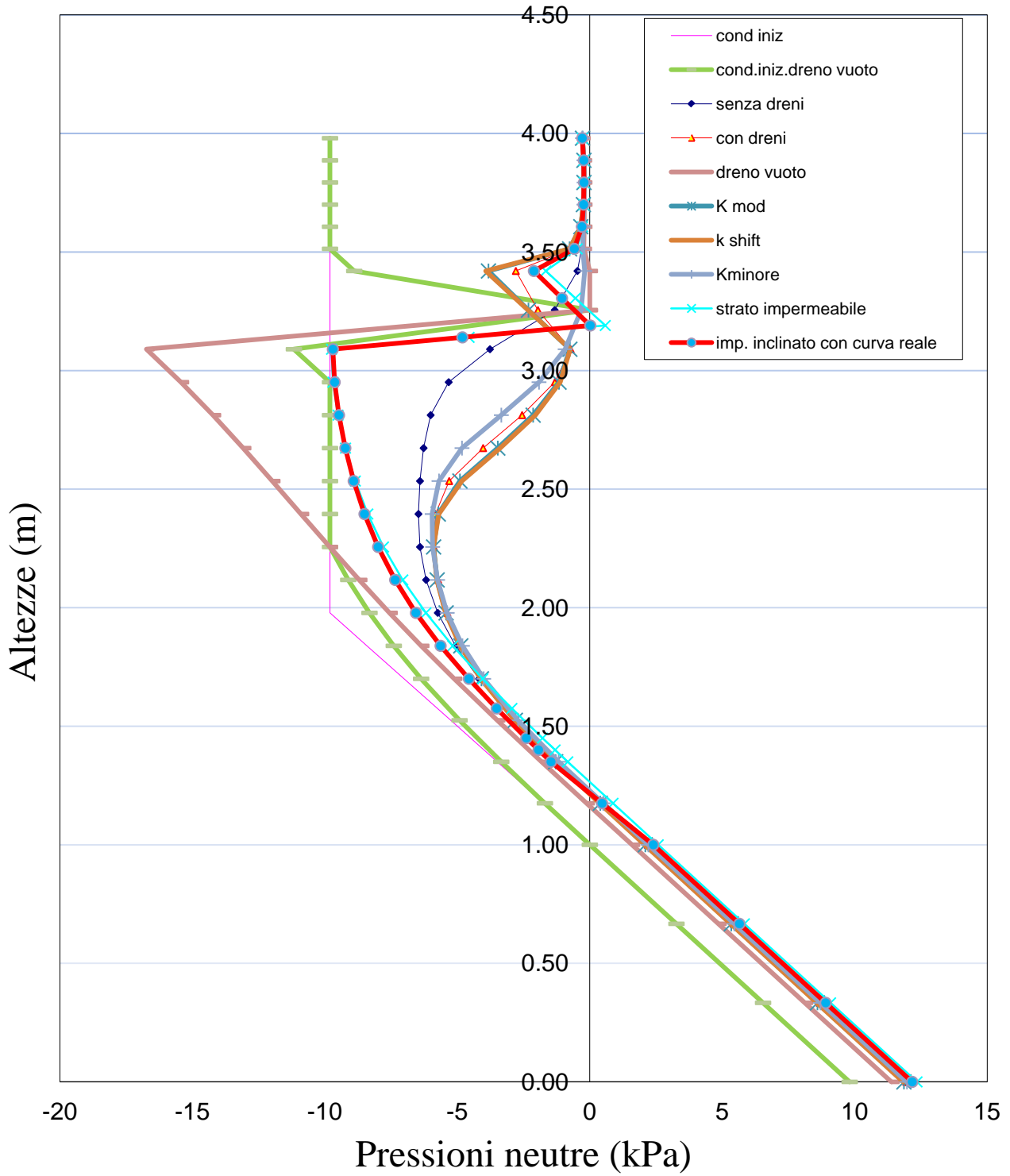


Fig. 4 - Grafico delle pressioni lungo la verticale centrale al giorno 126

Se, ad esempio, si considerano i casi denominati “ K_{shift} ” e “ K_{mod} ” – che, si ricorda, fanno riferimento allo stesso valore di $K_s = 2.51e^{-4}$ m/s ma presentano un diverso andamento delle corrispondenti curve di conducibilità idraulica – si osserva che all’interno del dreno e superiormente allo stesso, in tutti gli step temporali considerati si riescono a raggiungere le suzioni mediamente più elevate (in valore assoluto). Il problema di queste tipologie si ha però al di sotto del dreno dove si osserva un funzionamento peggiore rispetto alle rimanenti, quali ad esempio quelle relative ai dreni impermeabilizzati inferiormente e perfino nel caso in assenza di dreni. La rilevanza di problematica appare chiara nel grafico di *Fig. 4* che fa riferimento alla distribuzione di suzioni che, sempre lungo la verticale centrale, si viene a stabilire in corrispondenza del giorno 126 ovvero al termine dell’evento pluviometrico “di progetto”. Le differenze tra i due casi precedenti (“ K_{shift} ” e “ K_{mod} ”) e il caso “con dreni” sono minime ai giorni 2 e 117 mentre sono molto più evidenti al giorno 126 (si ricorda che questi tre casi differiscono solo per le diverse curve di conducibilità idraulica). In particolare i casi “ K_{shift} ” e “ K_{mod} ”, rispetto al caso “con dreni”, funzionano meglio all’interno del dreno facendo registrare suzioni maggiori, ma hanno un comportamento peggiore al di sotto dello stesso. Il caso che fa registrare i risultati meno convincenti è quello denominato “ K_{minore} ”. Si ricorda che in questo caso si è voluto rappresentare il comportamento dello stesso tipo di terreno che costituisce il pendio nell’ipotesi che lo stesso sia compattato e utilizzato come materiale di riempimento del dreno; ciò comporta un valore di K_s più basso rispetto a quello del terreno circostante. Questo peggioramento è evidente soprattutto all’interno del dreno, dato che il materiale di riempimento tende a essere meno permeabile del terreno circostante, e quindi ostacola anziché favorire il deflusso dell’acqua all’interno del pendio.

Un caso a parte è quello del dreno vuoto. Per questa tipologia, anche se al di sopra del dreno si registrano valori di suzione praticamente trascurabili, essendo nulli i valori di pressione all’interno del dreno, si ha il vantaggio di incrementare le suzioni al di sotto dello stesso attingendo valori di circa -16 kPa sfruttando la condizione di impermeabilità della parte inferiore del dreno.

Ma le tipologie che senza dubbio funzionano meglio, e che abbinano i vantaggi dei casi precedenti, sono quelle che prevedono lo strato “impermeabile” alla base del dreno e un materiale granulare di riempimento; in questo modo il materiale all’interno del dreno riesce a mantenere suzioni elevate nella parte di pendio che si trova al di sopra del dreno stesso, mentre al di sotto lo strato di limo argilloso evita l’infiltrazione dell’acqua raccolta permettendo così di avere valori di suzione prossimi alla condizione iniziale. Inoltre, grazie all’accorgimento di assicurare una piccola pendenza (pari circa a 3°) al dreno, è anche possibile allontanare più facilmente l’acqua che si accumula in corrispondenza della superficie di contatto tra lo strato “impermeabile” e il materiale di riempimento del dreno rispetto al caso nel quale i dreni sono orizzontali.

Infine si riportano i risultati ottenuti in merito alla stima dei coefficienti di sicurezza FS (Tab. 9) che è possibile associare al pendio nei differenti casi esaminati in corrispondenza dei 3 intervalli temporali assunti a riferimento (si ricorda che il coefficiente di sicurezza del pendio in assenza di dreni e prima dell'avvento dell'evento pluviometrico è pari a 2.286).

Tab. 9 – Calcolo dei coefficienti di sicurezza

Casi proposti	FS a 288 gg. 2	FS a 16848 gg. 117	FS a 18144 gg. 126
pendio senza dreni	2.295	2.217	1.188
pendio con dreni con caratteristiche meccaniche diverse	2.514	2.485	1.218
pendio con dreni con caratteristiche meccaniche uguali	2.452	2.422	1.220
dreni vuoti	2.264	2.042	1.369
pendio con dreni con “K minore” e stesse caratteristiche meccaniche	2.394	2.358	1.175
pendio con dreni con “K minore” e diverse caratteristiche meccaniche	2.450	2.415	1.161
pendio con dreni con “K shift” e stesse caratteristiche meccaniche	2.418	2.380	1.264
pendio con dreni con “K shift” e diverse caratteristiche meccaniche	2.477	2.439	1.266
pendio con dreni con “K mod” e stesse caratteristiche meccaniche	2.384	2.345	1.249
pendio con dreni con “K mod” e diverse caratteristiche meccaniche	2.44	2.401	1.251
pendio con strato “impermeabile” e stesse caratteristiche meccaniche	2.380	2.284	1.411
pendio con strato “impermeabile” inclinato	2.370	2.262	1.431
pendio con strato “impermeabile” inclinato e curva reale	2.395	2.230	1.435

Dall'esame della tabella si osserva che al giorno 2 (FS a 288) i valori del coefficiente di sicurezza sono più alti di quello iniziale (FS = 2.286) dato che in questo arco temporale non ci sono state precipitazioni. Con riferimento, al giorno 117 (step 16.848) che precede l'inizio degli eventi meteorici più intensi, si osserva che il pendio è sempre ampiamente in sicurezza, pur registrando valori di FS mediamente più bassi. I valori più bassi del coefficiente di sicurezza si hanno in corrispondenza del 126° giorno di pioggia (step 18.144).

Il caso “impermeabile” inclinato con le curve $\vartheta(s)$ e $K(s)$ ricavate dalla granulometria del materiale reale risulta quello più efficace a valle dei giorni più gravosi per quanto riguarda l'intensità di pioggia con un incremento del coefficiente di sicurezza ΔFS pari a 0.247. Quindi, com'era negli obiettivi iniziali, si è dimostrato che in terreni piroclastici non saturi è possibile utilizzare questa tipologia di intervento nei casi in cui sia richiesto un incremento del livello di sicurezza.

Inoltre si può affermare che il lavoro svolto durante l'attività di tirocinio può essere l'inizio di ulteriori ricerche volte a studiare il contributo dei dreni non singolarmente (com'è stato fatto nel presente lavoro considerando verticali di riferimento che intersecano un solo dreno) ma come “sistema”, tenendo conto delle distanze di interasse tra i dreni anche in un ottica 3D, dato che i moderni programmi permettono anche questo genere di elaborazione.

Di seguito si riporta l'andamento giornaliero del coefficiente di sicurezza FS nel caso definito "pendio con strato impermeabile inclinato e curva reale", cioè quello che ha mostrato la migliore efficienza, rapportato al pluviogramma utilizzato e al coefficiente di sicurezza FS calcolato nel caso in assenza di dreni. In questo modo è possibile notare il reale vantaggio che i dreni apportano al versante. Ovviamente si osserva una corrispondenza tra i valori del coefficiente di sicurezza e la pluviometria: all'aumentare delle piogge corrisponde un abbassamento del valore del coefficiente; al contrario, nei periodi in cui non piove, il valore di FS si incrementa gradualmente.

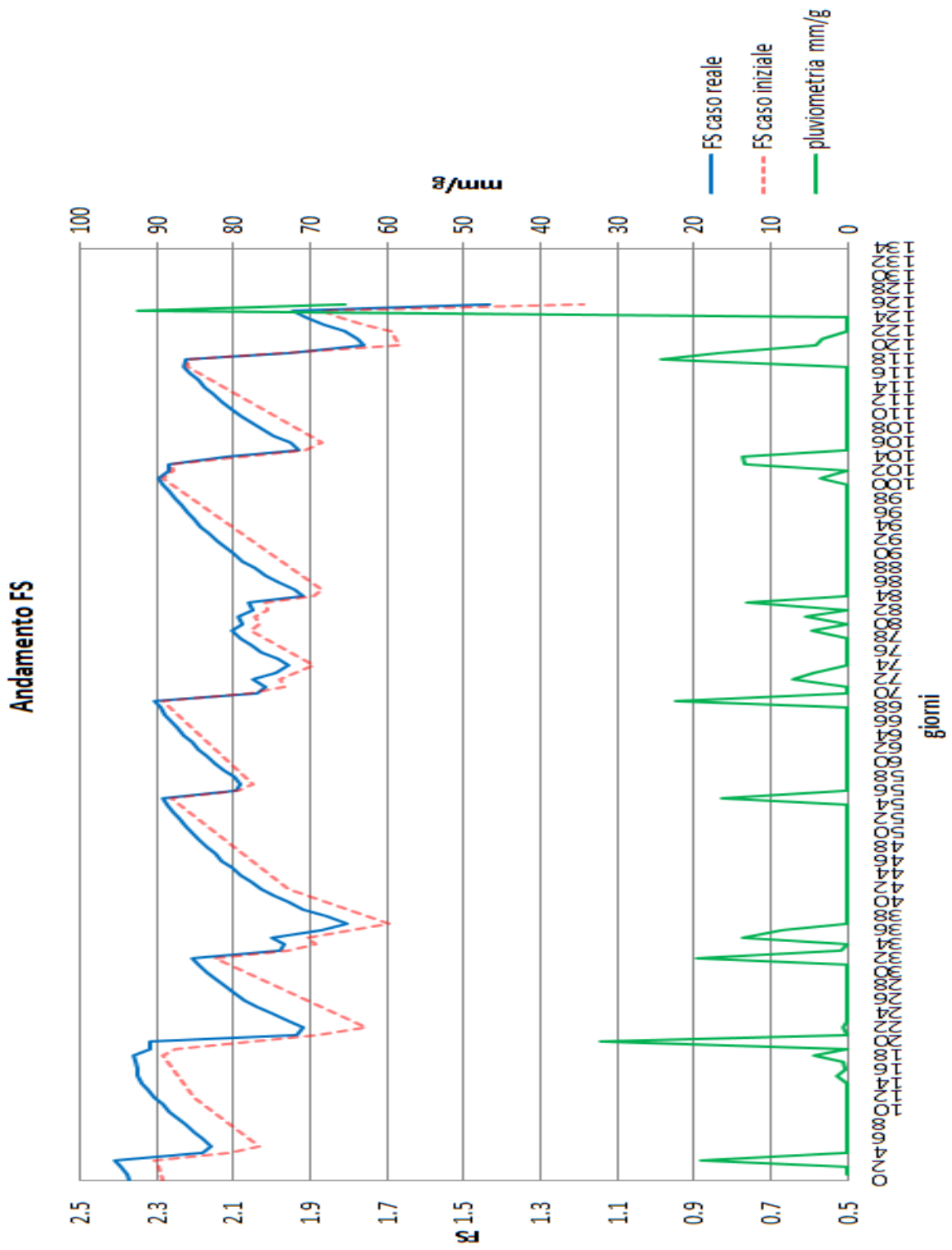


Fig. 5 - Andamento dei coefficienti di sicurezza