

UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI NAPOLI FEDERICO II



**SCUOLA POLITECNICA E DELLE SCIENZE DI BASE**

Dipartimento di ingegneria civile, edile ed ambientale

Corso di Laurea Magistrale in  
INGEGNERIA PER L'AMBIENTE E IL TERRITORIO

***ABSTRACT***

**ANALISI DELL'EFFICIENZA DI POZZI DRENANTI IN  
REGIME 3 D**

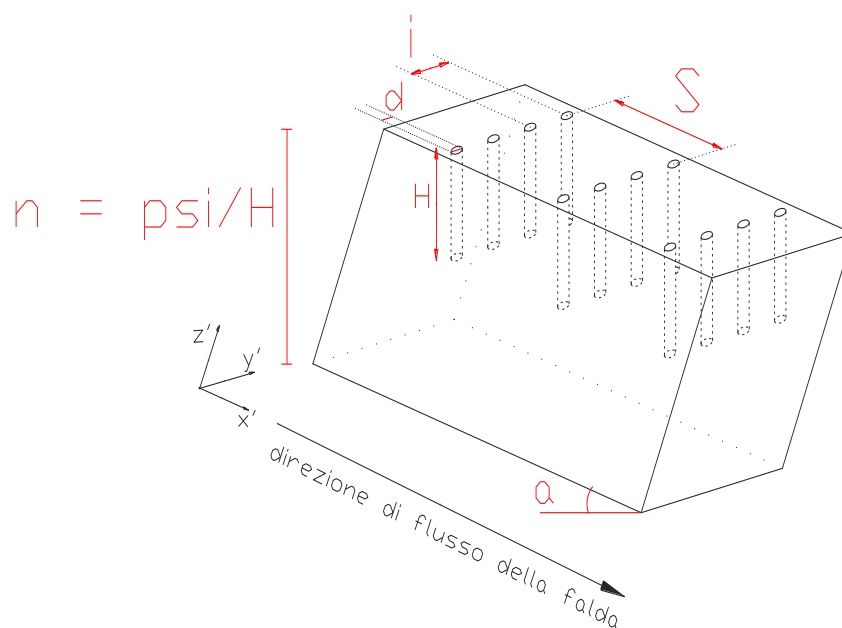
RELATORE:  
Ch.mo Prof. Ing. Gianfranco Urciuoli  
CORRELATORE:  
Ing. Ferdinando Aloï

CANDIDATO:  
Manuela De Falco  
matr. M67/57

ANNO ACCADEMICO 2013/2014

Nel presente elaborato di tesi vengono studiati gli interventi di drenaggio, focalizzando l'attenzione sulla modellazione numerica dei *pozzi drenanti*, una tecnologia innovativa in questo campo di lavoro, che sfrutta la soluzione tradizionale per la realizzazione di pozzi di piccolo-medio diametro, utilizzando macchine di uso comune nella pratica (trivelle) , accoppiate alla tecnologia di perforazione teleguidata da piano campagna (HDD), che offre la possibilità di realizzare scavi di fondo per creare un sistema di smaltimento per le acque raccolte da un pozzo drenante con tubazioni di scarico, senza la necessità di dovere accedere al fondo dello scavo per calarvi le macchine perforatrici. Alternando elementi con la sola funzione drenante, ad elementi ispezionabili necessari per la realizzazione dello scarico di fondo dal loro interno, le moderne tecniche di perforazione orizzontale consentirebbero una riduzione considerevole del numero di elementi ispezionabili, o addirittura l'eliminazione. D'altra parte si realizza, in questo modo, una "trincea profonda puntuale", con tutti i vantaggi in termini di tempi e costi di realizzazione. I pozzi drenanti presentano, dunque, i vantaggi di dar luogo ad una notevole riduzione dei volumi di scavo rispetto alle trincee, pur raggiungendo elevate profondità, e di comportare tecniche di sostegno dello scavo più semplici. Obiettivo di questo elaborato è stato valutarne le prestazioni dal punto di vista idraulico.

La geometria di progetto è mostrata in figura 1. Il problema è stato studiato facendo variare solo alcuni di questi parametri; in particolare, fissati  $d=1$  m,  $\alpha=20.3^\circ$ ,  $H=15$  m, sono stati fatti variare gli interassi nelle due direzioni e la profondità dello strato impermeabile. In particolare sono stati studiati i casi riportati in tabella 1:



**Figura 1: Geometria di progetto**

S	i (m)	n=psi/H
10	2	1
25	3	2
40	5	
	8	
	10	

**Tabella 1: Parametri geometrici oggetto di studio**

In primo luogo, sono state condotte analisi numeriche comparative per confrontare diversi criteri di modellazione di un sistema di pozzi drenanti: sono stati presi in considerazione due tipi di modellazione 2D, che analizzano unicamente il regime di flusso bidimensionale, ed un modello 3D, che, invece, schematizza il regime di flusso tridimensionale, integrando numericamente l'equazione della consolidazione di Terzaghi-Rendulic in condizioni transitorie. Il parametro di confronto tra i diversi approcci di modellazione è l'efficienza idraulica media in condizioni stazionarie.

Il modello 3D risolve per via numerica l'*equazione della consolidazione di Terzaghi-Rendulic* in condizioni transitorie con regime di flusso tridimensionale, ricorrendo all'ausilio di un programma di calcolo scritto in *codice Matlab*. L'equazione della consolidazione di Terzaghi-Rendulic è un'equazione differenziale alle derivate parziali del secondo ordine di tipo *parabolica*, di cui si richiama l'espressione :

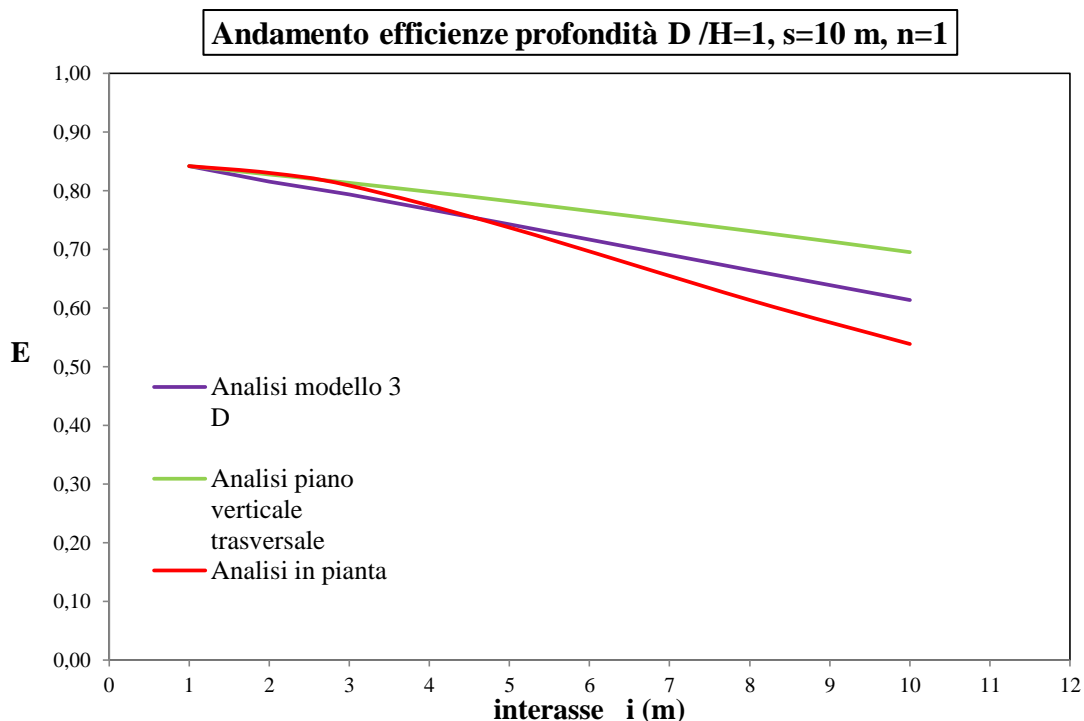
$$\frac{\partial}{\partial x} \left( K_x \frac{\partial h}{\partial x} \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left( K_y \frac{\partial h}{\partial y} \right) + \frac{\partial}{\partial z} \left( K_z \frac{\partial h}{\partial z} \right) = \gamma_w \frac{3 \cdot (1 - 2\nu')}{E'} \cdot \frac{\partial h}{\partial t} \quad (1)$$

L'integrazione nel tempo richiede la definizione delle *condizioni iniziali*, rappresentate dalla distribuzione delle quote piezometriche preesistente all'intervento; l'integrazione spaziale, invece, richiede di imporre le *condizioni al contorno*. Il risultato fornisce il valore della quota piezometrica  $h$  in ciascun punto del dominio di coordinate  $(x', y', z')$  al variare del tempo  $t$ . Dal momento che tale equazione non ammette una soluzione in forma chiusa, essa può essere risolta facendo ricorso ad un metodo numerico, e nello specifico è stato utilizzato uno dei *metodi alle differenze finite*, il metodo esplicito forward di Eulero.

I modelli 2D considerano la geometria di progetto esclusivamente nel suo sviluppo longitudinale, ed analizzano il flusso di acqua in questo piano, ipotizzando che esso si svolga nello stesso modo

in tutti i piani ad esso paralleli. Una modellazione di questo tipo può essere effettuata nei casi in cui è lecito supporre che la sezione drenante possa essere schematizzata come un piano drenante. Dal momento che, tuttavia, per quanto riguarda un intervento di pozzi drenanti, il funzionamento è chiaramente tridimensionale, trascurare la componente di flusso nella sezione trasversale rispetto alla direzione di massima pendenza del pendio determinerebbe un errore nel calcolo delle efficienze idrauliche del sistema di drenaggio. Viene, pertanto, assegnata una distribuzione lineare di pressioni come condizione al contorno, permettendo così di costruire una sezione drenante equivalente.

Dal confronto dei risultati (fig. 2) si evidenzia che i modelli bidimensionali, benché manipolati per avere una soluzione 3D-equivalente, sono inefficaci nel rappresentare le modalità di funzionamento di un sistema di pozzi drenanti, poiché le stime dell'efficienza idraulica si discostano sensibilmente dal modello tridimensionale. Tale modalità di intervento, quindi, richiede necessariamente una modellazione di tipo tridimensionale.



**Figura 2: Variazione efficienza idraulica con l'interasse i, fissati  $D=15$ m,  $s=10$  m,  $n=1$**

Ulteriori elaborazioni sono state svolte con il modello 3D, al fine di comprendere meglio le modalità di funzionamento dei pozzi drenanti, ossia riguardo a come ciascun parametro incide nella valutazione delle prestazioni dell'intervento di drenaggio. All'aumentare degli interassi i ed S (fig. 3), le prestazioni del sistema peggiorano, e quindi l'efficienza idraulica diminuisce. Per

superfici di scorrimento poste a profondità maggiori rispetto alla profondità del pozzo, si notano delle brusche cadute di efficienza (fig. 4).

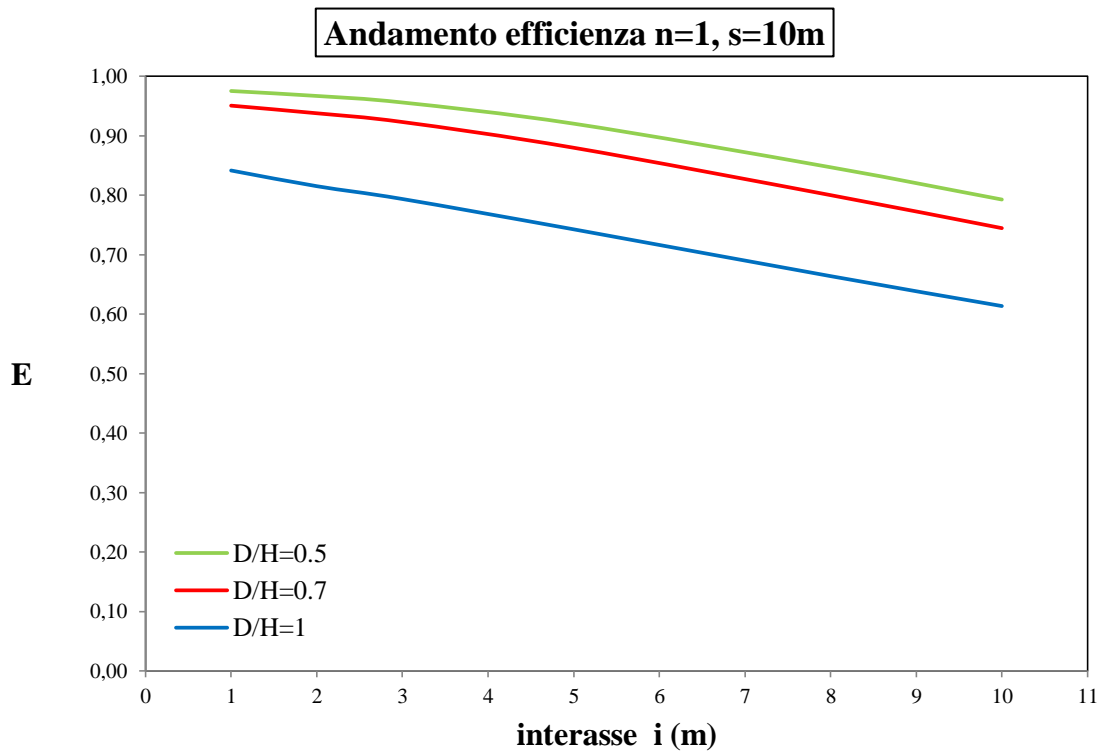


Figura 3: Variazione efficienza idraulica con l'interasse i a varie profondità, fissati s=10 m, n=1

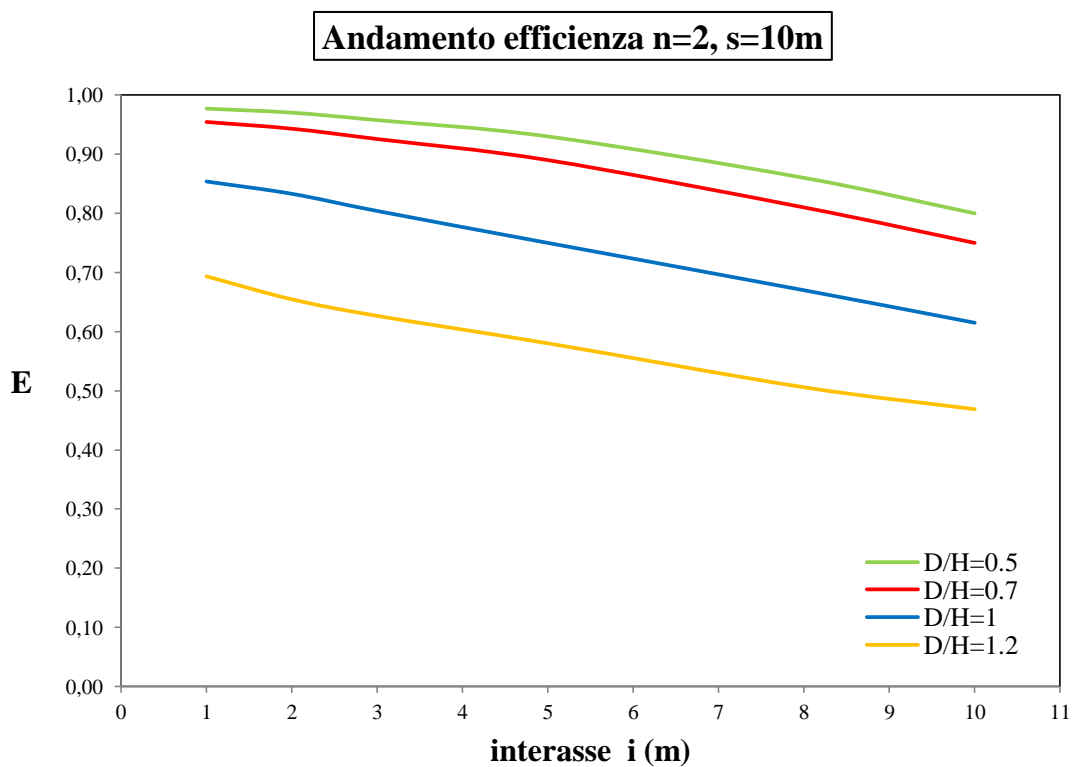


Figura 4: Variazione efficienza idraulica con l'interasse i a varie profondità, fissati s=10 m, n=2

L'effetto più sorprendente si ha confrontando le prestazioni di una trincea con uno schema di pozzi disposti in maglia quadrata ad interasse 10 m (fig. 5). A fronte di un utilizzo di appena il 10% della risorsa (terreno scavato e materiale drenante messo in opera), l'efficienza idraulica passa da un valore pari al 98% per la geometria trincea ad un valore pari al 79% per il sistema pozzi, cioè si evidenzia una caduta di prestazioni di appena il 18%. Questo dimostra che i pozzi drenanti sono di gran lunga preferibili dal punto di vista economico rispetto ad una trincea profonda.

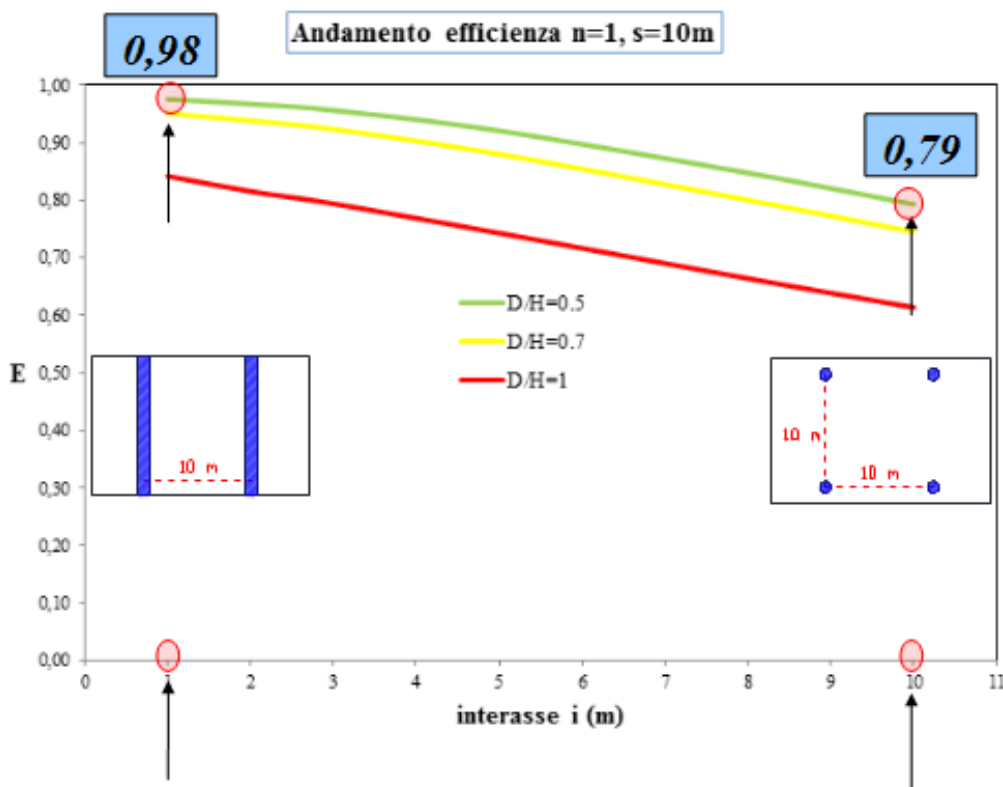


Figura 5: Confronto prestazioni trincea – pozzo drenante