

Prof. Nicola Matarrese

**Prove di determinazione della conducibilità idrica
con tubo perforato**



GRUPPO GIORNALISTICO EDAGRICOLE

estratto da **L'IRRIGAZIONE**

Anno XXVII - N. 1-2 - Marzo-Giugno 1980

Edizione digitale, Bari 2010

Prove di determinazione della conducibilità idrica con tubo perforato

Prof. Nicola Matarrese (1)

RIASSUNTO

Sono state condotte « in situ » delle serie di misure della velocità di risalita dell'acqua con il metodo « della trivella »:

- a) con la tecnica convenzionale;
- b) con l'impiego di tubi perforati di protezione.

È stato rilevato che nel caso b) la velocità di risalita è maggiore rispetto al caso a).

Il diverso comportamento sembra dovuto alla influenza esercitata dalla dimensione e dal numero dei fori del tubo (fattore di convergenza m) nei riguardi del fattore di forma A/r (Boast e Kirkham, 1971).

È stato trovato che la formula per la determinazione della conducibilità idrica K può essere corretta con l'introduzione del coefficiente di strozzamento $\mu = \frac{m}{2\pi} \frac{A}{r}$

Pertanto, nel caso d'impiego di tubi perforati di protezione, le formule risolutive per K (Matarrese, 1979) potrebbero essere così modificate:

$$K = \frac{864 r m/2}{f_{R_1} y t} \frac{\Delta y}{t}, \text{ oppure}$$

$$K = \frac{864 r m/2}{f_{R_2} y t} \frac{dy}{dt}$$

(1) Docente di idraulica agraria della Facoltà di Agraria dell'Università di Bari. L'A. ringrazia il dr. ing. Cornelio Budzagan ed il dr. agr. Christos Kostilidis (all'epoca dei rilevamenti Assistenti presso lo Istituto di Bari del « Centre International de Hautes Etudes Agronomiques Méditerranéennes ») per la collaborazione prestata nel rilevamento dei dati di base.

SUMMARY

RECOVERY TEST FOR DETERMINING HYDRAULIC CONDUCTIVITY WITH PERFORATED TUBE.

Measurements «in situ» of water rising level in the hole have been performed with:

- a) conventional techniques of the auger hole method;
- b) use of the screening perforated tube in the hole.

The rising rate, $\Delta y/t$ or dy/dt , of the water level in the hole is not a constant, it decreases with decreasing yt and is higher in case b).

The different behaviour is due to the influence of slots on the seepage rate into a slotted hole with boring tube (size and spacings of perforations).

Have been found that the equation developed by Boast and Kirkham (1971) and integrated with filling factors f_{R_1} , or f_{R_2} , (Matarrese, 1979) can be employed introducing a constant μ defined by:

$$\mu = \frac{m}{2\pi} \frac{A}{r}$$

(m = convergence factor and A/r is the partial shapefactor determined by Boast and Kirkham, 1971).

However, the saturated hydraulic conductivity, with use of the perforated tube can be calculated according to the simplified equations

$$K = \frac{864 r m/2}{f_{R_1} yt} \frac{\Delta y}{t}, \text{ or}$$

$$K = \frac{864 r m/2}{f_{R_2} yt} \frac{dy}{dt}$$

1 - Introduzione

Per lo studio e la progettazione delle opere di irrigazione e di drenaggio è necessaria, tra l'altro, la conoscenza del valore della *conducibilità idrica* K . Questa, per ciascun terreno omogeneo ed isotropo, è una costante che caratterizza, infatti, la proprietà di questo a lasciarsi attraversare dall'acqua.

Tra i numerosi metodi suggeriti per la determinazione di K , per i terreni saturi, « in situ », quello cosiddetto « della trivella » (*auger-hole*) sembra essere il più diffuso, anche se l'adozione di alcuni importanti e non facili parametri (quale, ad esempio, il fattore di forma) ha dato luogo a qualche perplessità (MATARRESE, 1978).

Con la introduzione del *fattore di riempimento* f_R (MATARRESE, 1979), il fattore adimensionale A/r (BOAST e KIRKHAM, 1971) può essere facilmente applicato nei calcoli di K senza alcuna limitazione teorica (in pratica è consigliabile non oltrepassare un grado di riempimento I_R del foro, o buca, del 70%).

Tuttavia, il metodo « della trivella » conserva rilevanti limiti applicativi nei casi, tutt'altro che infrequenti, in cui la buca viene praticata in terreni sciolti. Lo smottamento delle pareti, infatti, impedisce la misura della velocità di risalita dell'acqua e rende perciò vano il buon esito di tutte le operazioni conseguenti.

Occorre, pertanto, procedere alla protezione di dette pareti, ponendo nella buca, di raggio r , un tubo perforato (per es. di lamiera metallica o di PVC) di raggio esterno $r_e = r$.

Scopo della presente nota è quello di riferire sui risultati ottenuti con l'impiego di tubi perforati in comparazione con quelli relativi a buche senza protezione.

2 - Prove svolte

Le prove hanno mirato a rilevare l'esistenza o meno di interferenze delle perforazioni del tubo sulla velocità di risalita dell'acqua nella buca rispetto ad analoghe non protette.

Sono state scelte due località diverse dell'arco jonico tarantino per comparare detto comportamento in terreni saturi, con valori di K notevolmente differenti tra loro.

Una località è stata il Campo sperimentale irriguo « Tara », gestito dall'Ente Irrigazione di Puglia e Lucania, con superficie di falda (nella zona lontana dalla esistente ed efficiente rete di drenaggio) a 89 cm dal p.c., l'altra località, l'azienda Catalano, con superficie di falda (anche in questo caso nel mese di gennaio) a 26 cm dal p.c.

La porosità totale del terreno saturo, nello spessore attraversato dalla buca trivellata, è risultata essere in media:

- del 37,41% nel Campo sperimentale « Tara »;
- del 52,01% nell'azienda Catalano.

Lo strato impermeabile, in ambedue le località, è da considerare, agli effetti delle prove di cui alla presente nota, a profondità infinita.

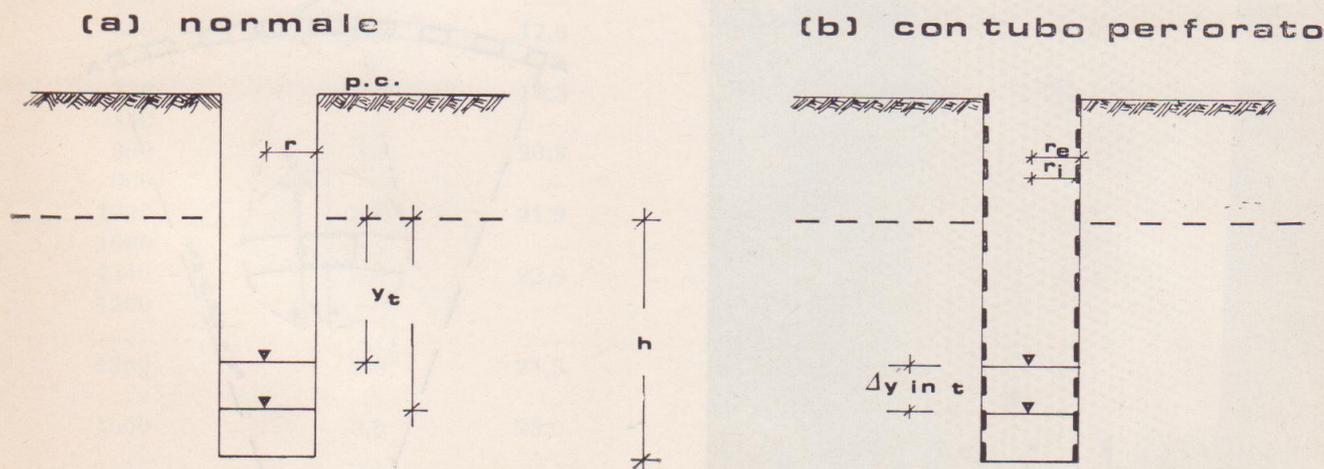


Fig. 1 - Schema delle due buche.

Per ciascuna località sono state eseguite due serie di prove:

- una, con buche trivellate senza tubo perforato di protezione, indicate con il n. (1) quella del « Tara » e con il n. (6) quella di Catalano;
- l'altra, con buche trivellate protette da tubo perforato, n. (3) « Tara » e n. (9) Catalano.

Tutte le buche sono state di raggio r di 12,3 cm, (vedasi schema fig. 1) mentre la profondità di affondamento h al disotto della superficie di falda è stata di:

- 32,8 cm per le buche n. (1) e n. (3) « Tara »;
- 39,0 cm per la buca n. (6) Catalano;
- 37,5 cm per la buca n. (9) Catalano.

La non perfetta uguaglianza nel valore di h è stata dovuta a fattori accidentali verificatasi nella prima serie di misure; ovviamente si è preferito lasciare dette profondità costanti in tutte le serie di misure successi-

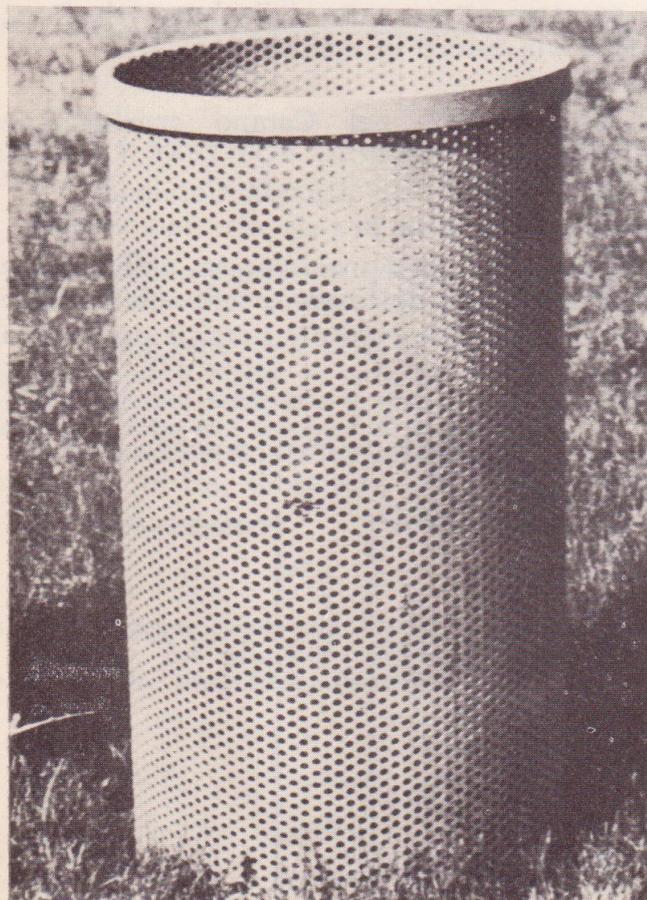


Fig. 2 - Tubo perforato impiegato.

ve di $y_t = (h - \Delta y_t)$. Infatti, per ciascuna serie di prove sono state effettuate, tre serie di misure di y_t ad intervallo di 60 s, per i primi 300 s e di 120 s per tutte successive misure di risalita.

Circa le *caratteristiche del tubo perforato* utilizzato sia nella buca n. (3) sia in quella n. (9) (fig. 2), è da segnalare che è stato preparato con una comune lamiera commerciale dello spessore di 3 mm e di altezza di 50 cm, con rinforzo sul bordo superiore. Il raggio interno r_i del cilindro è risultato quindi, di 12 cm e quello esterno r_e di 12,3 cm.

La perforazione è costituita da fori, del diametro costante di 5 mm, disposti a rombo (fig. 3).

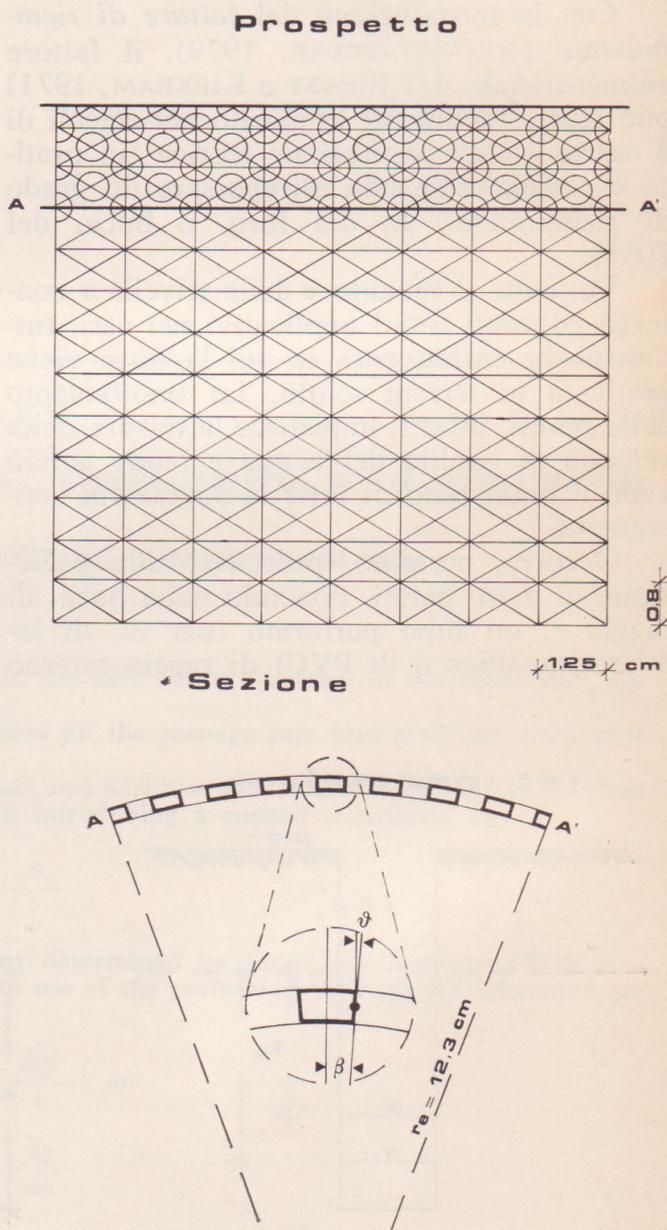


Fig. 3 - Schema delle perforazioni.

Il numero dei fori è risultato essere di 2,025 per cm² e quindi, su una striscia unitaria di 1 cm di altezza dell'intera circonferenza, n. 156,50 (2,025 x 77,2832).

La superficie di tubo afferente a ciascun foro, come sopra detto risulta quindi di 0,4938 cm² (77,28 cm²/156,50).

Le file verticali di fori (considerando la disposizione a rombo) sono 1,6 per cm; pertanto sulla intera circonferenza le file sono 123,71 (1,6 x 77,28). Conseguentemente ciascun foro è interessato ad un segmento orizzontale (diametro nominale d_n di lunghezza

di 0,625 cm (77,28/123,65).

Dato che ciascun foro ha un diametro effettivo d_e in mezzeria di 0,50 cm, risulta il seguente rapporto di riduzione

$$q = \frac{d_e}{d_n} = \frac{0,50}{0,625} = 0,80$$

In definitiva, tenendo conto del numero dei fori n_s (per unità di superficie del tubo) e del numero delle file verticali n_v per unità

TABELLA 1.

t	buca n. (1)			buca n. (3)		
	valori misurati (media 3 prove)		valori calcolati con la [2]	valori misurati (media 3 prove)		valori calcolati con la [2]
	y_t	Δy		y_t	Δy	
s	cm	cm	cm	cm	cm	cm
1	2	3	4	5	6	7
60	26,1	2,4	26,18	24,6	2,2	24,40
120	24,0	4,5	24,07	22,3	4,5	22,22
180	21,9	6,6	22,13	20,3	6,5	20,23
240	20,1	8,4	20,35	18,4	8,4	18,42
300	18,5	10,0	18,71	16,9	9,9	16,79
360	—	—	17,20	—	—	15,27
420	15,5	13,0	15,81	13,9	12,9	13,90
480	—	—	14,57	—	—	12,66
540	13,0	15,5	13,37	11,4	15,4	11,52
600	—	—	12,29	—	—	10,49
660	10,9	17,6	11,30	9,4	17,4	9,55
720	—	—	10,39	—	—	8,70
780	9,2	19,3	9,55	7,7	19,1	7,92
840	—	—	8,78	—	—	7,21
900	7,7	20,8	8,08	6,4	20,4	6,56
960	—	—	7,42	—	—	5,98
1020	6,6	21,9	6,83	5,3	21,5	5,44
1080	—	—	6,28	—	—	4,95
1140	5,6	22,9	5,77	4,4	22,4	4,51
1200	—	—	5,31	—	—	4,11
....
1380	4,0	24,5	4,12	3,1	23,7	3,10
....
1500	3,5	25,0	3,49	2,6	24,2	2,57
....

di circonferenza, si ricava il numero raggugliato unitario dei fori di flusso:

$$n = \sqrt{n_s \cdot n_v} = \sqrt{2,025 \cdot 1,6} = 1,80$$

3 - Analisi dei risultati

I valori medi delle tre misure di y_t per ciascun intervallo di tempo di 60 e di 120 s sono riportati nella tabella 1, per le buche n. (1) e n. (3) e nella tabella 2, le buche n. (6) e n. (9).

Detti valori misurati, sono stati riportati su carta log-normale sulla quale è stata tracciata, per ciascuna buca, la retta raddrizzatrice (fig. 4).

È stato, quindi, calcolato il valore di

$$\alpha = \frac{\ln (y_0/y_t)}{t} \quad [1]$$

che è risultato essere di:

0,001404 per la buca n. (1),
0,001568 per la buca n. (3),

0,007415 per la buca n. (6) e
0,007928 per la buca n. (9).

Con ciascuno di questi valori (posti, così, costanti per ogni buca) è stato calcolato:

$$y_t = y_0 e^{-\alpha t} \quad [2]$$

per intervalli di t pari a 60 s.

I valori ricavati con la formula [2] sono riportati nelle tabelle 1 e 2.

Nelle tabelle 3, 4, 5 e 6, invece, sono riportati i valori di y_t , per intervalli costanti di indice di riempimento I_R del 5% e dei relativi valori di t , $\Delta y/t$, dy/dt , nonché del prodotto tra i fattori di riempimento f_{R1} e f_{R2} (MATARRESE, 1979) ⁽²⁾ e A/r .

Nelle condizioni di acquifero omogeneo ed isotropo deve verificarsi l'uguaglianza

$$A f_{R1} K y_t = \pi r^2 \Delta y/t \quad [3]$$

(2) Si ricorda che

$$f_{R1} = \Delta y_t / \ln (y_0/y_t) y_t$$

$$f_{R2} = dy / \ln (y_1/y_2) y_2$$

TABELLA 2.

t	buca n. (6)			buca n. (9)		
	valori misurati (media 3 prove)		valori calcolati con la [2]	valori misurati (media 3 prove)		valori calcolati con la [2]
	y_t	Δy		y_t	Δy	
s	cm	cm	cm	cm	cm	
1	2	3	4	5	6	7
60	12,6	8,1	13,26	12,3	7,9	12,55
120	8,0	12,7	8,50	8,2	12,0	7,80
180	5,4	15,2	5,45	5,9	14,3	4,85
240	3,9	16,7	3,49	4,7	15,5	3,01
300	3,1	17,6	2,24	3,8	16,4	1,87
360	—	—	1,43	—	—	1,16
420	2,1	18,6	0,92	3,0	17,2	0,72
480	—	—	0,59	—	—	0,45
540	1,6	19,1	0,38	2,5	17,7	0,28
...

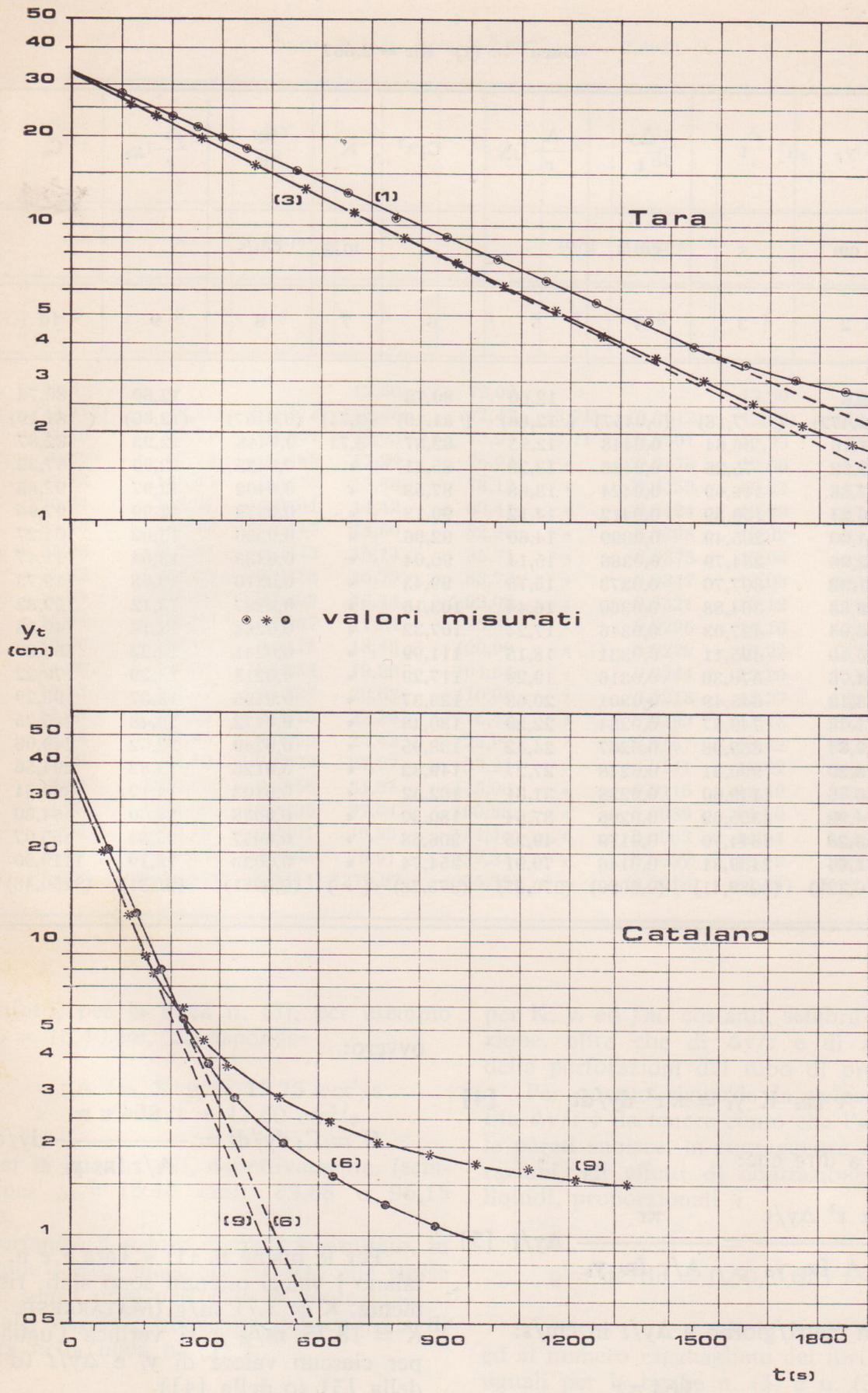


Fig. 4 - Curve di risalita.

TABELLA 3. -

buca n. (1) $h/r = 2,667$

I_R	y_t	t	$\frac{\Delta y}{t}$	$\frac{A}{r} f_{R_1}$	C_1	K	$\frac{dy}{dt}$	$\frac{A}{r} f_{R_2}$	C_2	K
%	cm	s	cm/s			m/g	cm/s			m/g
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
0	32,8			12,60	80,78			12,60	80,78	
(1)	(32,472)	(7,18)	(0,0457)	(12,66)	(81,19)	(3,71)	(0,0457)	(12,66)	(81,19)	(3,71)
5	31,16	36,64	0,0448	12,93	82,87	3,71	0,0448	12,93	82,87	3,71
10	29,52	75,26	0,0436	13,29	85,11	«	0,0425	12,95	87,36	«
15	27,88	116,09	0,0424	13,68	87,53	«	0,0402	12,97	92,35	«
20	26,24	159,39	0,0412	14,12	90,13	«	0,0379	12,99	97,95	«
25	24,60	205,49	0,0399	14,60	92,96	«	0,0356	13,02	104,27	«
30	22,96	254,79	0,0386	15,14	96,04	«	0,0333	13,04	111,47	«
35	21,32	307,70	0,0373	15,75	99,43	«	0,0310	13,08	119,73	«
40	19,68	364,88	0,0360	16,44	103,16	«	0,0287	13,12	129,32	«
45	18,04	427,03	0,0346	17,24	107,32	«	0,0264	13,16	140,58	«
50	16,40	495,11	0,0331	18,18	111,99	«	0,0241	13,22	153,99	«
55	14,76	570,36	0,0316	19,29	117,29	«	0,0218	13,29	170,22	«
60	13,12	645,49	0,0301	20,63	123,37	«	0,0195	13,37	190,29	«
65	11,48	749,87	0,0284	22,29	130,48	«	0,0172	13,48	215,75	«
70	9,84	859,98	0,0267	24,42	138,95	«	0,0149	13,62	249,06	«
75	8,20	990,21	0,0248	27,27	149,32	«	0,0126	13,82	294,56	«
80	6,56	1149,60	0,0228	31,31	162,52	«	0,0103	14,12	360,51	«
85	4,92	1355,09	0,0206	37,64	180,30	«	0,0088	14,60	464,80	«
90	3,28	1644,70	0,0179	49,25	206,68	«	0,0057	15,54	655,07	«
95	1,64	2139,81	0,0146	79,91	254,74	«	0,0033	18,19	1119,90	«
(99)	(0,328)	(3289,41)	(0,0099)	(270,87)	(375,78)	(»)	(0,0011)	(31,31)	(3250,46)	(«)

oppure:

$$A f_{R_2} K y_t = \pi r^2 \frac{dy}{dt} \quad [4]$$

Vale a dire che:

$$K = \frac{\pi r^2 \Delta y/t}{A f_{R_1} y_t} = \frac{\pi r}{A/r f_{R_1} y_t} \Delta y/t \quad [5]$$

Con K in metri/giorno e $\Delta y/t$ in cm/s:

$$K = C_1 \Delta y/t = \frac{864 \pi r}{A/r f_{R_1} y_t} \Delta y/t \quad [6]$$

ovvero:

$$K = C_2 \frac{dy}{dt} = \frac{864 \pi r}{A/r f_{R_2} y_t} \frac{dy}{dt} \quad [7]$$

Per le buche n. (1) « Tara » e n. (6) Catalano i valori ottenuti sono stati, rispettivamente, $K = 3,71$ m/g (MATARRESE, 1979) e $K = 18,75$ m/g e si verifica l'uguaglianza, per ciascun valore di y_t e $\Delta y/t$ (o dy/dt), della [3] (o della [4]).

Nelle buche, con tubo perforato, n. (3) e n. (9), invece, l'uguaglianza non sussiste.

TABELLA 4

buca n. (3) $h/re = 2,667$; $\mu = 0,8924$

I_R	y_t	t	$\frac{\Delta y}{t}$	$\frac{A}{r} f_{R1}$	$C_1 \mu$	K	$\frac{dy}{dt}$	$\frac{A}{r} f_{R2}$	$C_2 \mu$	K
%	cm	s	cm/s			m/g	cm/s			m/g
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
0	32,8			12,60	72,09			12,60	72,09	
(1)	(32,472)	(6,41)	(0,0512)	(12,66)	(72,47)	(3,71)	(0,0512)	(12,66)	(72,47)	(3,71)
5	31,16	32,71	0,0501	12,93	73,95	3,71	0,0501	12,93	73,95	3,71
10	29,52	67,19	0,0488	13,29	75,94	«	0,0476	12,95	77,94	«
15	27,88	103,65	0,0475	13,68	78,12	«	0,0450	12,97	82,39	«
20	26,24	142,31	0,0461	14,12	80,41	«	0,0424	12,99	87,41	«
25	24,60	183,47	0,0447	14,60	82,95	«	0,0398	13,02	93,02	«
30	22,96	227,47	0,0443	15,14	85,71	«	0,0373	13,04	99,51	«
35	21,32	274,73	0,0418	15,75	88,73	«	0,0347	13,08	106,84	«
40	19,68	325,78	0,0403	16,44	92,09	«	0,0321	13,12	115,39	«
45	18,04	381,27	0,0387	17,24	95,80	«	0,0296	13,16	125,50	«
50	16,40	442,06	0,0371	18,18	100,00	«	0,0270	13,22	137,42	«
55	14,76	509,25	0,0354	19,29	104,64	«	0,0244	13,29	151,86	«
60	13,12	584,37	0,0337	20,63	110,08	«	0,0218	13,37	169,85	«
65	11,48	669,53	0,0318	22,29	116,43	«	0,0193	13,48	192,53	«
70	9,84	767,84	0,0299	24,42	123,99	«	0,0167	13,62	222,31	«
75	8,20	884,12	0,0278	27,27	133,24	«	0,0141	13,82	262,91	«
80	6,56	1026,43	0,0256	31,31	145,06	«	0,0115	14,12	321,65	«
85	4,92	1209,90	0,0230	37,64	160,88	«	0,0089	14,60	414,77	«
90	3,28	1468,49	0,0201	49,25	184,44	«	0,0063	14,54	584,53	«
95	1,64	1910,54	0,0163	79,91	227,34	«	0,0037	18,19	998,74	«
(99)	(0,328)	(2936,97)	(0,0111)	(270,87)	(335,35)	(«)	(0,0016)	(31,31)	(2901,16)	(«)

Infatti, per la buca n. (3), per esempio ad $y_t = 16,40$ cm, corrisponde:

$$A f_{R1} K y_t = 15,75 \text{ cm}^3/\text{s}$$

$$\text{e } \pi r^2 \Delta y/t = 17,60 \text{ cm}^3/\text{s}$$

Per la buca n. (9), rispettivamente, (sempre per $y_t = 16,40$ cm): 89,88 e 96,15 cm^3/s .

Pertanto, il valore di $\Delta y/t$ è risultato, in ambedue i casi, maggiore rispetto alle stesse buche senza tubo perforato di protezione.

Tale maggiore quoziente della portata di risalita nella buca n. (3)

$$\pi r^2 \Delta y/t / A f_{R1} K y_t = 17,60/15,75 = 1,118$$

e nella buca n. (9) $= 96,15/89,88 = 1,070$

per K , y_t ed f_{R1} costanti, sembra essere funzione, oltre che di $\Delta y/t$ e di A/r , anche delle perforazioni del tubo di protezione.

Per quanto riguarda la velocità di risalita $\Delta y/t$ è da tenere conto che l'afflusso dalle pareti subisce, in conseguenza delle perforazioni, gli effetti di contrazione dei filetti liquidi, proporzionali a

$$q = de/dn = 0,50/0,625 = 0,80$$

ed al numero ragguagliato dei fori $n = 1,80$; uguali per le buche n. (3) e n. (9), essendo uguali le perforazioni del tubo.

Tali effetti congiunti, possono essere con-

TABELLA 5.

buca n. (6) $h/r = 3,171$

I_R	y_t	t	$\frac{\Delta y}{t}$	$\frac{A}{r} f_{R_1}$	$C_1 \mu$	K	$\frac{dy}{dt}$	$\frac{A}{r} f_{R_2}$	$C_2 \mu$	K
%	cm	s	cm/s			m/g	cm/s			m/g
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
0	39,0			13,20	64,85			13,20	64,85	
(1)	(38,61)	(1,36)	(0,2877)	(13,27)	(65,18)	(18,75)	(0,2877)	(13,27)	(65,18)	(18,75)
5	37,05	6,92	0,2819	13,55	66,53	18,75	0,2819	13,55	66,53	18,75
10	35,10	14,21	0,2745	13,92	68,33	«	0,2674	13,56	70,13	«
15	33,15	21,92	0,2669	14,33	70,27	«	0,2530	13,58	74,14	«
20	31,20	30,09	0,2592	14,79	72,36	«	0,2385	13,61	78,63	«
25	29,25	38,80	0,2513	15,30	74,63	«	0,2240	13,64	83,71	«
30	27,30	48,10	0,2432	15,86	77,10	«	0,2096	13,67	89,49	«
35	25,35	58,10	0,2350	16,50	79,82	«	0,1951	13,70	96,12	«
40	23,40	68,89	0,2264	17,23	82,82	«	0,1806	13,74	103,82	«
45	21,45	80,63	0,2177	18,07	86,15	«	0,1661	13,79	112,86	«
50	19,50	93,48	0,2086	19,04	89,91	«	0,1517	13,85	123,62	«
55	17,55	107,69	0,1992	20,20	94,15	«	0,1372	13,92	136,65	«
60	15,60	123,57	0,1894	21,61	99,04	«	0,1227	14,01	152,77	«
65	13,65	141,58	0,1790	23,35	104,74	«	0,1083	14,12	173,21	«
70	11,70	162,37	0,1681	25,58	111,54	«	0,0938	14,27	199,94	«
75	9,75	186,96	0,1565	28,57	119,88	«	0,0793	14,48	236,48	«
80	7,80	217,05	0,1437	32,81	130,47	«	0,0648	14,79	289,42	«
85	5,85	255,85	0,1296	39,43	144,74	«	0,0503	15,30	373,13	«
90	3,90	310,53	0,1130	51,60	165,92	«	0,0357	16,28	525,90	«
95	1,95	404,01	0,0917	83,72	204,51	«	0,0209	19,04	899,03	«
(99)	(0,39)	(621,06)	(0,0622)	(283,77)	(301,67)	(«)	(0,0072)	(32,81)	(2609,46)	(«)

siderati proporzionali, a loro volta, al *coefficiente di convergenza*

$$m = q/n \quad [8]$$

Nel caso in esame: $m = 0,80/1,80 = 0,445$.

L'influenza del fattore di forma A/r , a sua volta, variabile con la geometria delle buche, può essere rappresentata dal rapporto

$$2\pi/A/r \quad [9] \quad (360^\circ = 2\pi \text{ rad.})$$

Ped cui l'interazione complessiva del tubo perforato potrebbe essere quantificata da un coefficiente di strozzamento totale

$$\mu = \frac{de}{dn \cdot n} \cdot \frac{A/r}{2\pi} = \frac{q}{n \cdot 2\pi} \cdot \frac{A}{r} \quad [10]$$

Nelle prove in esame si ha:

$$\mu = 0,071 \cdot 12,60 = 0,8946 \text{ per la buca n. (3)}$$

$$\mu = 0,071 \cdot 13,20 = 0,9372 \text{ per la buca n. (9).}$$

Peraltro, indicando con 2β l'angolo afferente a ciascun foro, si ha:

$$\frac{360^\circ}{77,2832} = 4^\circ,6582$$

$$2\beta = 4^\circ,6582/1,8 = 2^\circ,5879 = 0,0452 \text{ rad.},$$

$$\text{da cui } \beta = 0,0452/2 = 0,0226 \text{ rad.}$$

Indicando, inoltre, con 2θ l'angolo che il diametro di ciascun foro fa con il raggio r_e del tubo, si ha:

$$2\theta = 0,50/12,30 = 0,0407 \text{ rad.},$$

$$\theta = 0,0203 \text{ rad.}$$

proporzionale al prodotto tra il coefficiente di convergenza m [8] (legato al diametro ed al numero dei fori) ed il fattore di forma adimensionale di BOAST e KIRKHAM (1971) A/r .

Detto coefficiente $\mu < 1$ posto al numeratore della [6] o della [7] le modifica, dopo alcune semplificazioni, in:

$$K = \frac{864 r m/2}{f_{R1} y_t} \frac{\Delta y}{t} \quad [12]$$

$$K = \frac{864 r m/2}{f_{R2} y_t} \frac{dy}{dt} \quad [13]$$

BIBLIOGRAFIA

- 1) BOAST C. W., KIRKHAM D. (1971) - *Auger Hole Seepage Theory*. Soil Sci. Amer. Proc. 35 (3), p. 365-374.
- 2) BOUWER H., RICE R. C. (1976) - *A slug test for determining Hydraulic Conductivity of Unconfined Aquifers With Completely or partially penetrating Wells*. Water Resources Research, Vol. 12, n. 3, p. 423-428.
- 3) DAGAN G. (1978) - *A Note on packer, slug, and recovery test in Unconfined Aquifers*. Water Resources Research, Vol. 14, n. 5, p. 929-934.
- 4) DE BOER D. W. (1979) - *Comparison of three field methods for determining saturated hydraulic conductivity*. Trans of the ASAE, p. 569-572.
- 5) KIRKHAM D., SCHWAB G. O. (1951) - *The effect of circular perforations on flow into subsurface drain tubes. Part. I Theory*. Agricultural Engineering 32, p. 211-214.
- 6) KIRKHAM D., POWERS W. L. (1972) - *Advanced soil physics*. Wiley - Interscience New York, p. 534.
- 7) LUTHIN J. N., (1957) - *Measurement of hydraulic conductivity in situ. General description of method and theory*. Da Luthin J. N., ed. *Drainage of Agricultural lands*. P. 420-439, Am. Soc. of Agr., Madison. Wisc.
- 8) MATARRESE N. (1978) - *Idraulica agraria*. Laterza, Bari, p. 338.
- 9) MATARRESE N. (1978) - *Sulla determinazione della conducibilità idrica nei terreni saturi*. Annali della Facoltà di Agraria - Università di Bari, Vol. XXX, p. 309-332.
- 10) MATARRESE N. (1979) - *L'influenza del grado di riempimento del foro sulla determinazione della conducibilità idrica con il metodo « della trivella »*. Estratto da Atti del III Convegno Naz. A.I.G.R. Catania 16 - 19 Maggio 1979, p. 27-49.
- 11) SCHWAB G. O., KIRKHAM D. (1951) - *The effect of circular perforations on flow into subsurface drain tubes. Part. II Experiments and results*. Agricultural Engineering 32, p. 270-274.
- 12) SKAGGS R. W., TANG Y. K. (1979) - *Effect of drain diameter, opening and envelopes on water table drawdown*. Trans. of ASAE, p. 326-335.
- 13) STRACK O. D L., ASGIAN M. I. (1978) - *A new function for use in the hodograph method*. Water Res. Research, Vol. 14, n. 6, p. 1045-1058.
- 14) VAN BEERS W. F. I. (1970) - *The auger-hole method. A field measurement of the hydraulic conductivity of soil below the water table*. International Institute for land Reclamations and Improvement, Wageningen, p. 32.