

**POZZO NOP00126 (ex n° P63b)
VIA VOLTA - NOVARA**

**PROVA DI POMPAGGIO
DIAGRAMMI INTERPRETATIVI
DETERMINAZIONE DEI PARAMETRI IDROGEOLOGICI**



A. PROVA DI POMPAGGIO – MODALITA' DI ESECUZIONE

Per la determinazione delle principali caratteristiche idrodinamiche della captazione è stata eseguita una prova di pompaggio con gradini di portata crescenti fino al raggiungimento della portata massima di 62,0 l/s, con due pompe in funzione.

Prova di portata a gradini

I valori di portata emunta con ciascun gradino sono di seguito riportati:

- I° gradino $\Rightarrow 14,80 \text{ l/s} = 0,0148 \text{ mc/s}$
- II° gradino $\Rightarrow 29,30 \text{ l/s} = 0,0293 \text{ mc/s}$ (massima portata con una pompa)
- III° gradino $\Rightarrow 62,0 \text{ l/s} = 0,0620 \text{ mc/s}$ (massima portata con due pompe)

Prima di eseguire la prova di pompaggio a gradini il pozzo è stato inattivo per circa 1 giorno.

Le misure ed i tempi impiegati sono riportati nelle tabelle di seguito allegate ed il rapporto fra di essi è rappresentato nei grafici, anch'essi riportati di seguito.

Nota: le misure dei livelli statici e dinamici riportate negli elaborati di prova di seguito allegati si riferiscono alla quota della testa pozzo, rilevata di +0,30 m rispetto il piano campagna.

B. MISURE PROVA DI POMPAGGIO

Gradino di pompaggio n° 1		DATA: 24/11/2010	
Comune di Novara		LOCALITA': Via Volta	
Pozzo NOP00126		LIVELLO STATICO da b.p.: - 6,75 m	
Tempo in minuti dall'inizio del pompaggio	Portata lt/sec	S (m)	S-S (m)
4	14,80	8,60	1,85
10	14,80	8,60	1,85
15	14,80	8,60	1,85
20	14,80	8,60	1,85

Gradino di pompaggio n° 2		DATA: 24/11/2010	
Comune di Novara		LOCALITA': Via Volta	
Pozzo NOP00126		LIVELLO STATICO da b.p.: - 6,75 m	
22	29,30	10,14	3,39
23	29,30	10,39	3,64
24	29,30	10,51	3,76
25	29,30	10,57	3,82
30	29,30	10,66	3,91
35	29,30	10,68	3,93
40	29,30	10,72	3,97
45	29,30	10,75	4,00
50	29,30	10,76	4,01
55	29,30	10,76	4,01
60	29,30	10,76	4,01

Gradino di pompaggio n° 3		DATA: 24/11/2010	
Comune di Novara		LOCALITA': Via Volta	
Pozzo NOP00126		LIVELLO STATICO da b.p.: - 6,75 m	
62	62,00	14,25	7,50
63	62,00	14,73	7,98
64	62,00	14,93	8,18
66	62,00	15,11	8,36
67	62,00	15,21	8,46
70	62,00	15,41	8,66

73	62,00	15,60	8,85
75	62,00	15,63	8,88
77	62,00	15,65	8,90
82	62,00	15,67	8,92
85	62,00	15,69	8,94
90	62,00	15,70	8,95
95	62,00	15,70	8,95
100	62,00	15,70	8,95

CURVA IN SALITA – RICARICA		DATA: 17/11/2010	
Comune di Novara		LOCALITA': Via Spinetta - Pernate	
Pozzo NOP00137		LIVELLO STATICO da b.p.: - 1,40 m	
Tempo in minuti	Portata lt/sec	S (m)	S-S (m)
101	0,00	11,10	4,35
102	0,00	8,91	2,16
103	0,00	8,48	1,73
104	0,00	8,00	1,25
105	0,00	7,78	1,03
106	0,00	7,65	0,90
107	0,00	7,55	0,80
108	0,00	7,47	0,72
110	0,00	7,36	0,61
111	0,00	7,33	0,58
112	0,00	7,31	0,56
113	0,00	7,27	0,52
114	0,00	7,25	0,50
115	0,00	7,24	0,49
160	0,00	6,90	0,15
170	0,00	6,87	0,12
190	0,00	6,85	0,10
280	0,00	6,75	0,00

C. GRAFICI, INTERPRETAZIONE E DETERMINAZIONE DEI PARAMETRI IDROGEOLOGICI

Di seguito si allegano i grafici relativi alla prova di portata e grafici di interpretazione dei dati con analisi di dettaglio.

GRAFICO 1 (ABBASSAMENTI – TEMPI)

In tale grafico si riportano gli abbassamenti del livello dinamico durante l'esecuzione della prova di portata a gradini (grafico abbassamenti / tempi); il tratto finale della curva rappresenta la risalita del livello nel pozzo, a seguito dello spegnimento della pompa. Si noti come ogni aumento di portata sia avvenuto solo a seguito della stabilizzazione del livello dinamico nel pozzo.

I dati ricavati dalla prova di pompaggio sono i seguenti:

Gradino	PORTATA Q (mc/s)	ABBASSAMENTO MISURATO (m)
1	0.0148	1,85
2	0.0293	4,01
3	0.0620	8,95

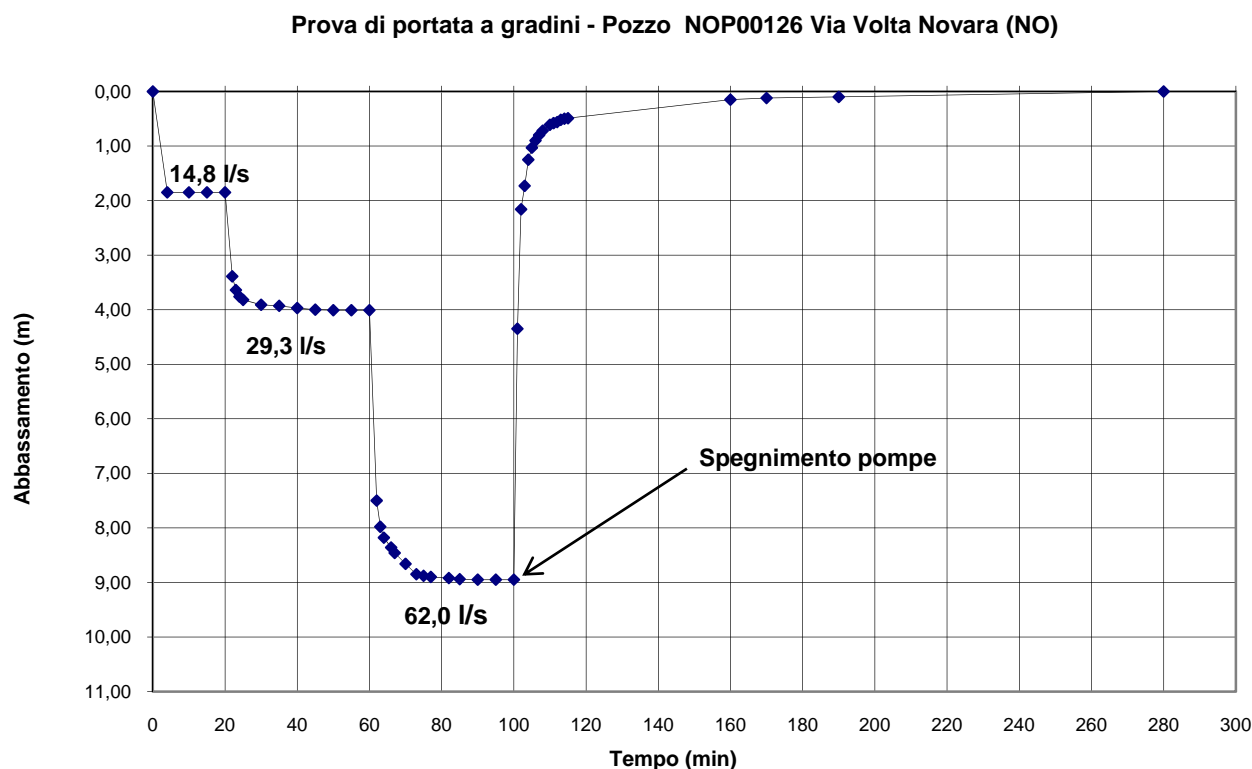


GRAFICO 2 (ABBASSAMENTI SPECIFICI – PORTATE)

Nel grafico sono riportate le portate estratte e gli abbassamenti specifici correlati, ricavati questi ultimi mediante l'espressione $\Delta h_s = \Delta h / Q$

Portata Q (mc/s)	Abbassamento misurato nel pozzo Δh (in m)	Abbassamento specifico Δh_s (in m)
0,0000	0,00	0,00
0,0148	1,85	125,00
0,0293	4,01	136,86
0,0620	8,95	144,35

La retta di interpolazione permette di ricavare i coefficienti B e C, valori che tengono conto rispettivamente delle perdite di carico lineari (deflusso laminare dell'acquifero) e perdite di carico quadratiche (per flusso turbolento correlato al pompaggio).

Il coefficiente B corrisponde all'intercetta della retta sull'ordinata e risulta pari a B=125, il coefficiente C al coefficiente angolare, con valore C=357,14.

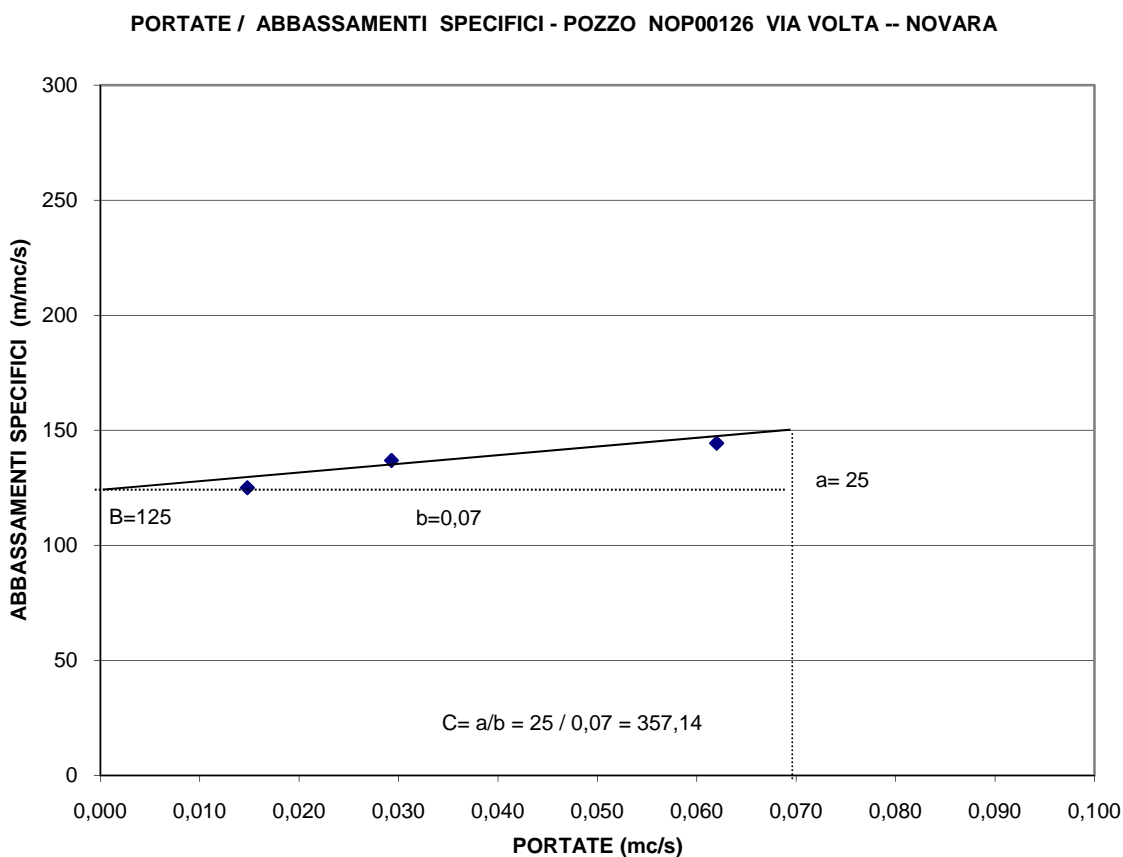


GRAFICO 3 (CURVA CARATTERISTICA DEL POZZO)

Nel successivo grafico sono messi in correlazione gli abbassamenti calcolati nel pozzo con le portate di pompaggio e permettono di ricavare la curva caratteristica del pozzo.

Oltre ai dati misurati nel suddetto grafico è stata introdotta anche la curva teorica, cioè la curva che si otterrebbe in condizioni di flusso esclusivamente laminare; gli abbassamenti teorici si ricavano mediante l'espressione:

$$\Delta h = BQ$$

Ove:

- Δh è la depressione teorica senza flusso turbolento
- B è il coefficiente adimensionale ricavato precedentemente ed indice delle sole perdite di carico laminari
- Q è la portata estratta.

I dati di portata e di abbassamento sono:

Portate	Livello dinamico misurato	Abbassamenti reali	Abbassamenti teorici (*)
mc/s	in m dal b.p.	in m	in m
0,0000	0,00	0,00	0,00
0,0148	8,60	1,85	1,85
0,0293	10,76	4,01	3,66
0,0620	15,70	8,95	7,75

Come si può notare nel grafico di seguito riportato la curva di interpolazione degli abbassamenti reali, in prossimità della portate maggiori, si discosta lievemente dalla curva teorica, ad indicare perdite di carico crescenti per flusso turbolento e correlato al pompaggio.

Tale grafico evidenzia inoltre che non è stata raggiunta la portata critica e che la portata di massima di prova di 62,00 l/s risulta ottimale.

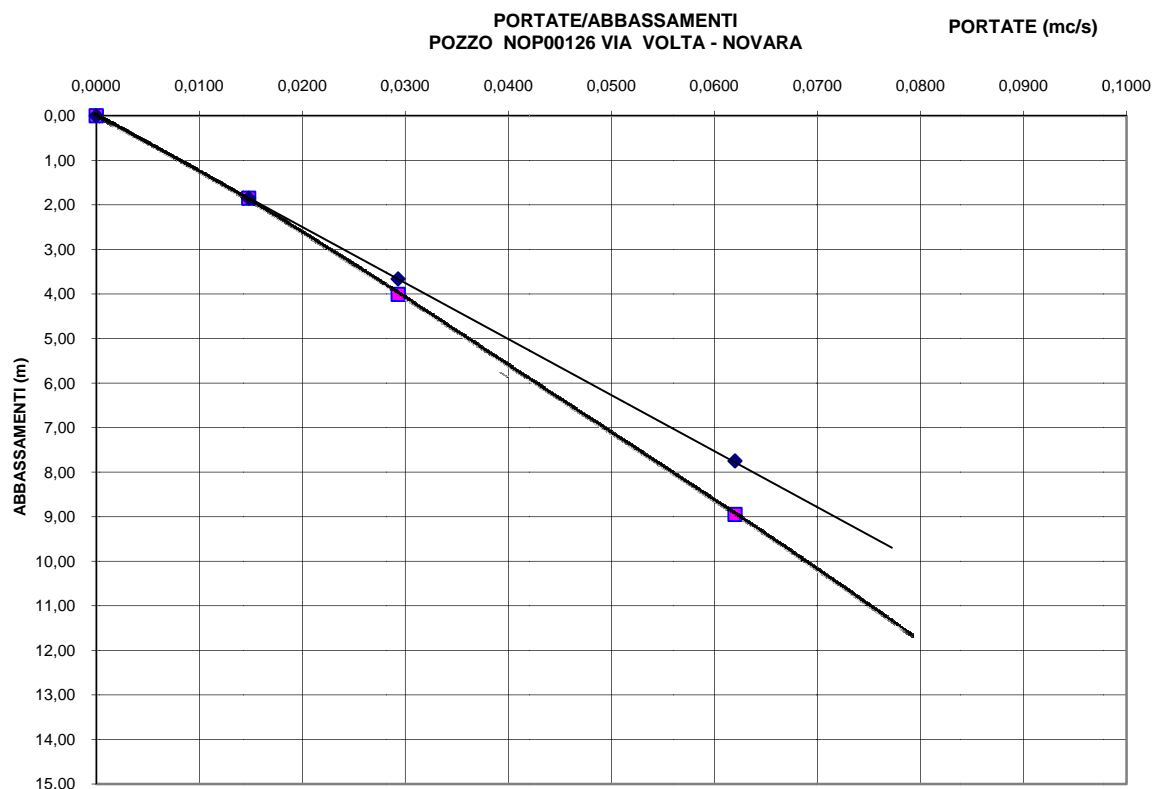


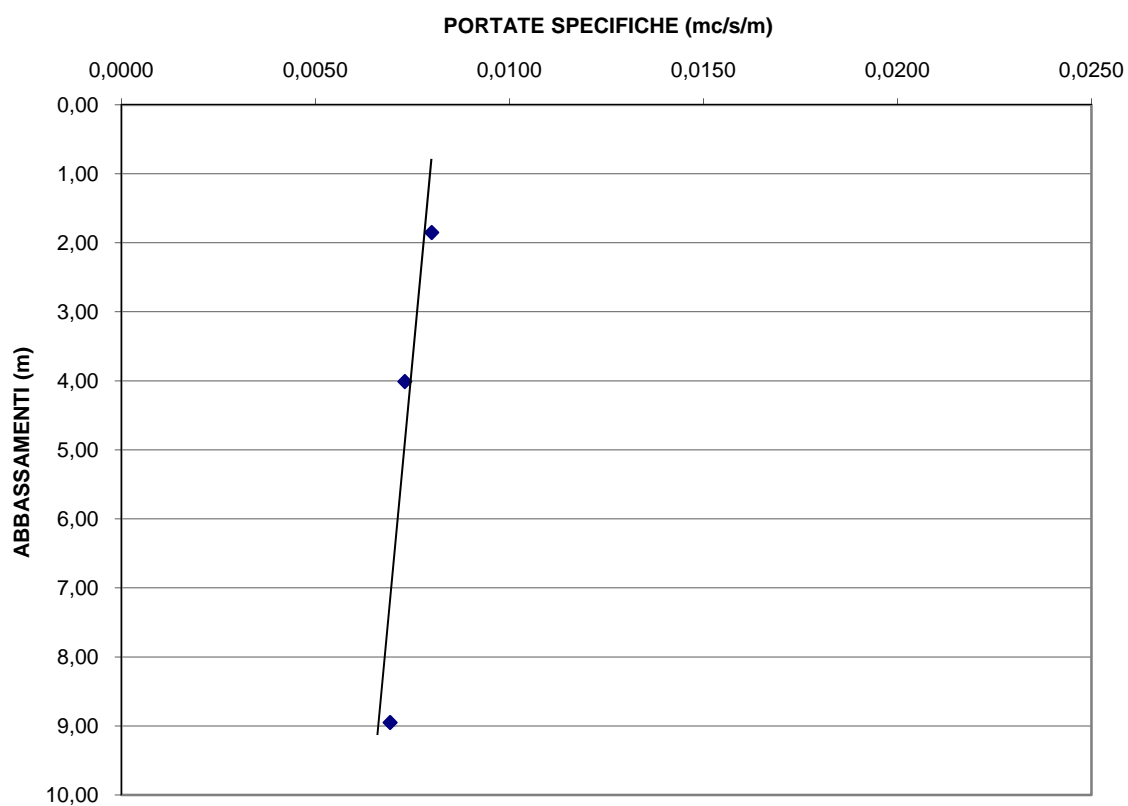
GRAFICO 4 (PORTATE SPECIFICHE – ABBASSAMENTI)

Nel grafico di correlazione di seguito riportato sono inseriti gli abbassamenti misurati nel pozzo e la portata specifica, ottenuta mediante l'espressione: $Q_s = Q/\Delta h$

Portata Q (mc/s)	Portata specifica pozzo Q _s (mc/s)	Abbassamento misurato nel pozzo Δh (in m)
0,0000	0,00	0,00
0,0148	0,0080	1,85
0,0293	0,0073	4,01
0,0620	0,0069	8,95

La retta di interpolazione permette di confermare la natura semiconfinata dell'acquifero, caratterizzato da modeste perdite di carico.

PORTATE SPECIFICHE / ABBASSAMENTI - POZZO NOP00126 VIA VOLTA - NOVARA



D. DETERMINAZIONE DEI PRINCIPALI PARAMETRI IDROGEOLOGICI ED IDRODINAMICI DELL'ACQUIFERO

Dall'analisi dei dati della prova di portata a gradini eseguita e dai grafici di interpretazione allegati si possono ricavare i principali e fondamentali parametri dell'acquifero sfruttato.

I valori di trasmissività e della conducibilità idraulica o permeabilità dell'acquifero sono stati ricavati utilizzando le misure di risalita del livello idrico nel pozzo a seguito dello spegnimento della pompa. Tali analisi è stata condotta con metodo di Jacob e con metodo di Cooper-Jacob.

D.1 Analisi della curva in risalita con analisi di Jacob

La prova di pompaggio con la portata massima di 62 l/s è stata spinta fino alla stabilizzazione del livello dinamico; successivamente si sono spente le pompe misurando progressivamente la risalita del livello nel pozzo, fino al raggiungimento del livello statico iniziale.

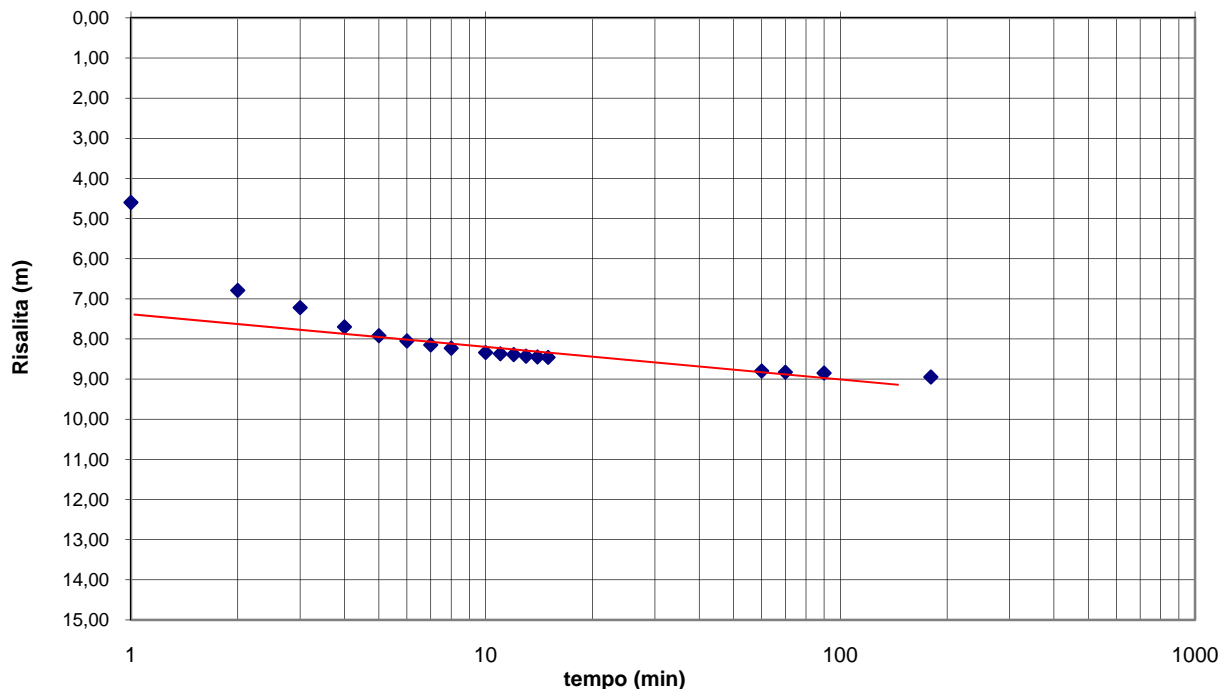
I dati impiegati per tale analisi sono i seguenti:

Tempo da spegnimento pompa (minuti)	Tempo da inizio pompaggio (minuti)	Livello misurato nel pozzo (in m)	Risalita del livello nel pozzo rispetto la massima depressione (in m)
1	101	11,10	4,60
2	102	8,91	6,79
3	103	8,48	7,22
4	104	8,00	7,70
5	105	7,78	7,92
6	106	7,65	8,05
7	107	7,55	8,15
8	108	7,47	8,23
10	110	7,36	8,34
11	111	7,33	8,37
12	112	7,31	8,39
13	113	7,27	8,43
14	114	7,25	8,45
15	115	7,24	8,46
60	160	6,90	8,80
70	170	6,87	8,83
90	190	6,85	8,85
180	280	6,75	8,95

Con il metodo di Jacob si inseriscono in un grafico con scala semilogaritmica in ascisse i tempi di misura ed in ordinata la differenza di misura tra il livello misurato ed il massimo abbassamento registrato durante il pompaggio, con la portata massima di prova.

GRAFICO 5 (CURVA DI RISALITA - ANALISI DI JACOB)

Curva in risalita Analisi di Jacob
Pozzo NOP00126 - Via Volta - Novara



Dalla retta di interpolazione si ricava il coefficiente adimensionale C (depressione in un ciclo logaritmico). Si trascurano i valori misurati nei primi 5 minuti dallo spegnimento delle pompe, periodo durante il quale la risalita del livello nel pozzo è più rapida.

La trasmissività dell'acquifero si ricava con la relazione di Jacob:

$$T = \frac{0,183 \times Q}{C}$$

dove :

T = trasmissività (mq/s)

Q = portata del pozzo (mc/s) = 0,062 mc/s (massima portata prova di pompaggio)

C = coefficiente della retta in un ciclo logaritmico (adimensionale) = 0,63

Sostituendo i valori nella formula si ottiene:

$$T = \frac{0,183 \times 0,062}{0,63} = 1,8 \times 10^{-2} \text{ mq/s}$$

Il valore di conducibilità idraulica (o permeabilità) è stata ricavata applicando la seguente espressione:

$$K = \frac{T}{H} = \frac{1,18 \times 10^{-2}}{16} = 1,13 \times 10^{-3} \text{ m/s}$$

dove :

T= trasmissività (mq/s)

K = conducibilità idraulica (m/s)

H= spessore dell'acquifero sfruttato corrispondente alla sommatoria dei tratti filtranti e pari a 16 m

D.2 Analisi della curva in risalita con analisi di Cooper-Jacob

Impiegando i medesimi dati si è proceduto al calcolo con apposito software (PTA Pumping Test Analyser) che utilizza il metodo di Cooper-Jacob con la seguente relazione:

$$D - s_t = \frac{Q}{4\pi T} \ln \frac{2,25T}{r^2 S} + \frac{Q}{4\pi T} \ln(t - t'')$$

dove:

D: depressione all'equilibrio con pompaggio (m)

S_t: depressione in risalita al tempo t (m)

Q: portata massima di pompaggio (mc/s)

T: trasmissività (mq/s)

t-t'': differenza di tempo dall'arresto del pompaggio

Sviluppando la suddetta relazione per l'incognita T (trasmissività) si ricava T= 1,83 x 10⁻² mq/s; il valore di conducibilità idraulica che si ricava è pari a k= T/H=1,14 x 10⁻³ m/s.

I valori ricavati con i due metodi di analisi sono pressoché identici.

Per le successive valutazioni ed interpretazioni si impiegheranno i valori medi e pari a:

Trasmissibilità	Conducibilità idraulica
T= 1,815 x 10 ⁻² mq/s.	k= 1,135 x 10 ⁻³ m/s.