



UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI MILANO
DIPARTIMENTO DI SCIENZE DELLA TERRA "ARDITO DESIO"



Anno accademico 2020-2021

Corso di Laurea in Scienze della Terra LM-74

Corso di

Esplorazione e Gestione delle Risorse Idriche e Laboratorio

ESERCITAZIONI

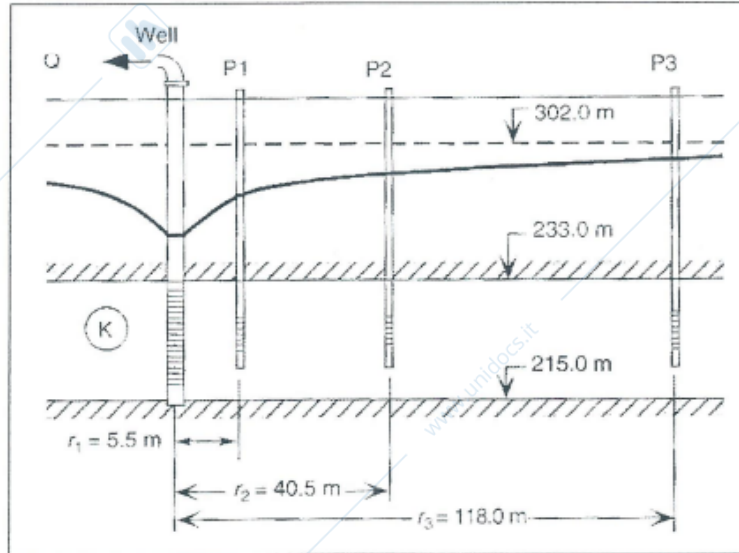
Professore G.P. BERETTA

Studente:
Simone Signorini
Matr. N°: 983668

ESERCIZIO 1 – Prova di Pompaggio

A) Dalla schematizzazione del sistema e dai dati ottenuti dalla prova di pompaggio in falda confinata, riportati di seguito:

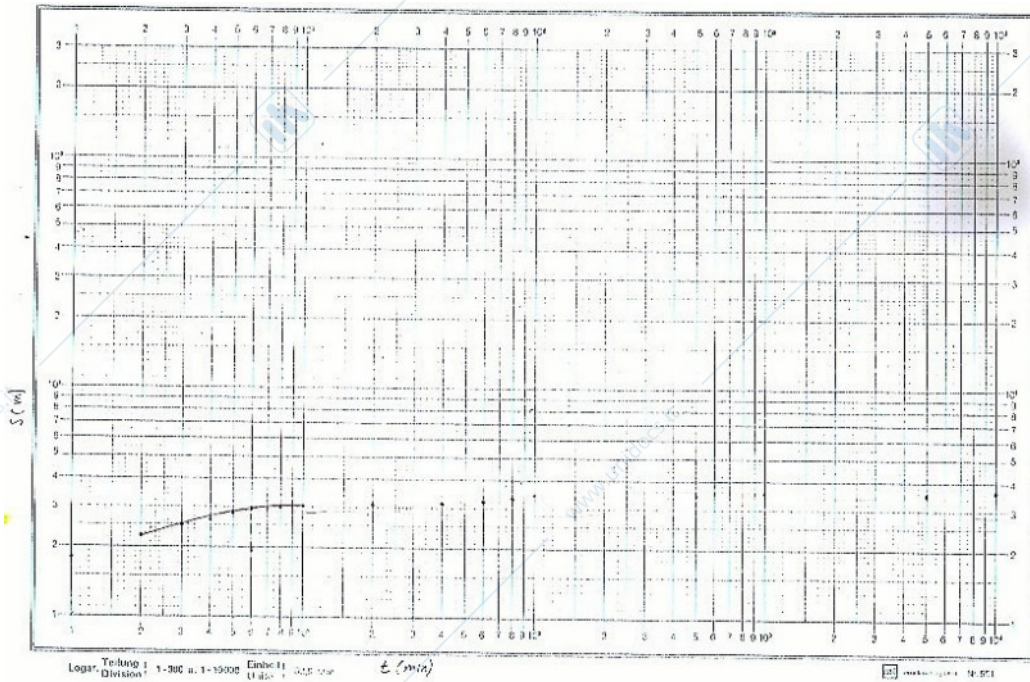
PROVA DI POMPAGGIO IN FALDA CONFINATA (Q = 8 l/s)



Time		Drawdown (in m)				Time		Drawdown (in m)			
min	s	P1	P2	P3	Well	min	s	P1	P2	P3	Well
1	60	1.875	0.412	0.041	6.407	120	7200	4.115	2.437	1.507	8.658
2	120	2.288	0.684	0.105	6.831	150	9000	4.175	2.513	1.593	8.717
3	180	2.495	0.862	0.175	7.038	180	10,800	4.254	2.59	1.667	8.795
4	240	2.651	0.992	0.241	7.197	210	12,600	4.319	2.655	1.731	8.861
5	300	2.757	1.092	0.302	7.302	240	14,400	4.408	2.73	1.792	8.95
6	360	2.839	1.172	0.357	7.384	270	16,200	4.429	2.765	1.839	8.971
7	420	2.906	1.24	0.407	7.451	300	18,000	4.498	2.824	1.887	9.04
8	480	2.965	1.298	0.451	7.509	330	19,800	4.537	2.862	1.926	9.08
9	540	3.016	1.348	0.492	7.56	360	21,600	4.574	2.989	1.963	9.117
10	600	3.06	1.394	0.53	7.605	390	24,400	4.607	2.931	1.996	9.151
12	720	3.146	1.471	0.594	7.691	420	25,200	4.637	2.961	2.027	9.181
14	840	3.212	1.535	0.65	7.757	450	27,000	4.666	2.989	2.056	9.21
16	960	3.267	1.592	0.7	7.812	480	28,800	4.692	3.016	2.083	9.245
18	1080	3.316	1.641	0.745	7.861	540	32,400	4.718	3.054	2.128	9.259
20	1200	3.36	1.686	0.786	7.904	600	36,000	4.791	3.177	2.178	9.332
25	1500	3.436	1.771	0.87	7.979	660	39,600	4.822	3.151	2.217	9.364
30	1800	3.534	1.854	0.94	8.078	720	43,200	4.861	3.188	2.253	9.403
35	2100	3.579	1.913	1.002	8.121	780	46,800	4.894	3.22	2.285	9.437
40	2400	3.651	1.974	1.005	8.194	840	50,400	4.924	3.25	2.315	9.467
45	2700	3.702	2.024	1.104	8.247	900	54,000	4.952	3.277	2.343	9.495
50	3000	3.73	2.064	1.147	8.273	960	57,600	4.977	3.303	2.37	9.521
55	3300	3.782	2.108	1.186	8.325	1020	61,200	5.002	3.328	2.394	9.545
60	3600	3.821	2.145	1.222	8.364	1080	64,800	5.024	3.351	2.418	9.568
70	4200	3.868	2.202	1.283	8.41	1140	68,400	5.046	3.372	2.44	9.59
80	4800	3.945	2.268	1.338	8.489	1200	72,000	5.066	3.393	2.461	9.61
90	5400	3.975	2.309	1.387	8.517	1260	75,600	5.085	3.412	2.481	9.63
100	6000	4.036	2.361	1.431	8.579	1320	79,200	5.105	3.434	2.501	9.647
110	6600	4.076	2.401	1.471	8.621	1380	82,800	5.124	3.453	2.52	9.666

Si è utilizzato il metodo di Theis per ottenere il grafico della curva sperimentale, in due differenti modi.

- Riproduzione a mano:



I cui valori di trasmissività, immagazzinamento e conducibilità idraulica sono stati calcolati:

$$Q = 8 \text{ L/s} = 0,008 \text{ m}^3/\text{s} \quad P(1,7; 120,2; 100)$$

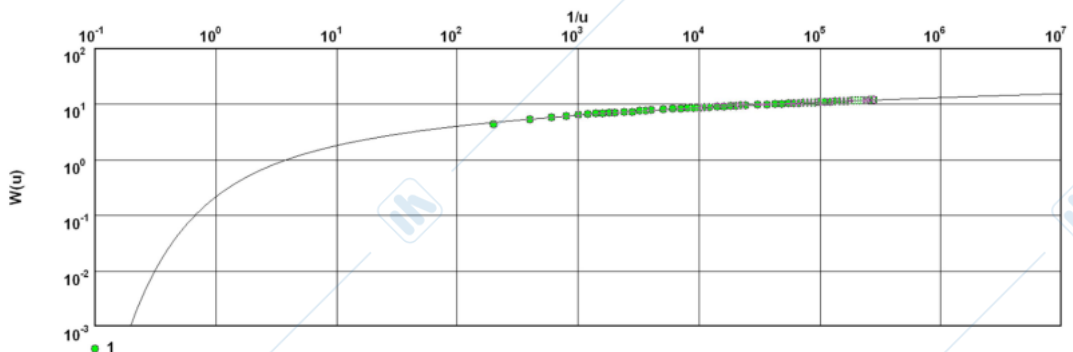
$$\rightarrow T = \frac{Q}{4\pi S} \cdot (W(u)) = \frac{0,008 \text{ m}^3/\text{s}}{4\pi \cdot 1,7} \cdot 2 = 7,5 \cdot 10^{-6} \text{ m}^2/\text{s}$$

$$S = \frac{4Tt}{r^2} (u) = \frac{4 \cdot 0,00075 \text{ m}^2/\text{s} \cdot 7200 \text{ s}}{(5,5 \text{ m})^2} \cdot \frac{1}{100} = 7,1 \cdot 10^{-3}$$

$$K = \frac{T}{b} = \frac{7,5 \cdot 10^{-6} \text{ m}^2/\text{s}}{(233 - 215) \text{ m}} = 4,1 \cdot 10^{-5} \text{ m/s}$$

- Riproduzione tramite software:

Metodo de Theis - Aquifero confinato



I cui valori di trasmissività, immagazzinamento e conducibilità idraulica sono:

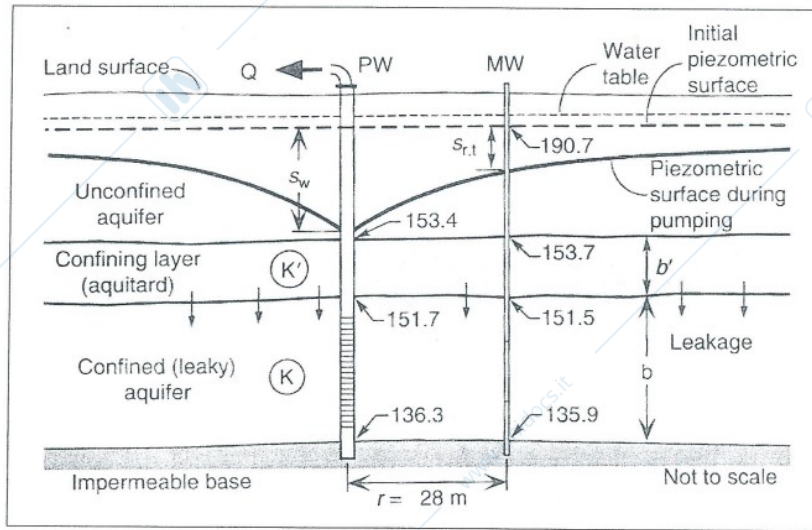
Trasmissività [m²/s]: 1.47×10^{-3}

Coef. di immagazzinamento 5.81×10^{-5}

K = $7,35 \times 10^{-5} \text{ m/s}$

B) Dalla schematizzazione del sistema e dai dati ottenuti dalla prova di pompaggio in falda semi-confinata, riportati di seguito:

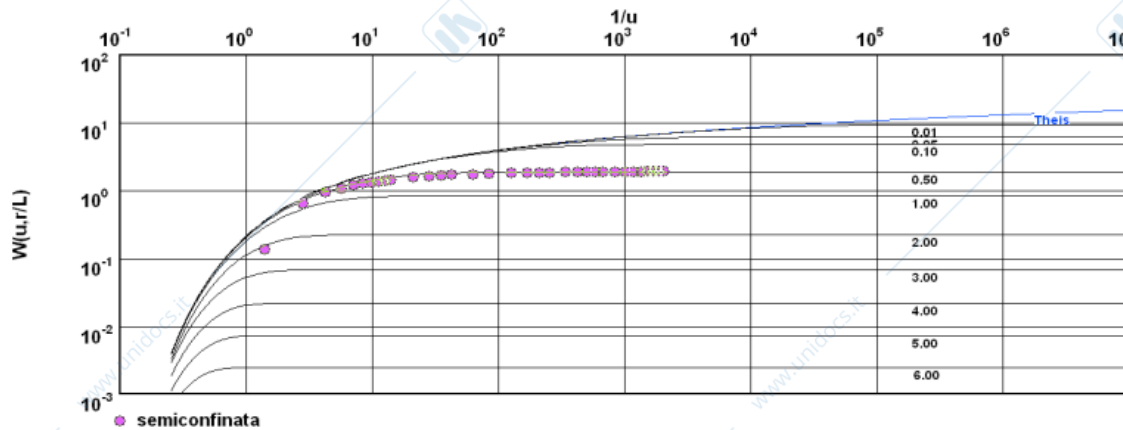
PROVA DI POMPAGGIO IN FALDA SEMICONFINATA ($Q = 37 \text{ l/s}$)



t (min)	s (m)	t (min)	s (m)
1	0.11	120	1.46
2	0.52	150	1.47
3	0.75	180	1.48
4	0.86	240	1.49
5	0.96	300	1.5
6	1.01	360	1.5
7	1.05	420	1.51
8	1.08	480	1.51
9	1.11	600	1.51
10	1.14	720	1.51
15	1.24	840	1.52
20	1.28	960	1.52
25	1.33	1080	1.53
30	1.36	1200	1.53
45	1.39	1320	1.53
60	1.43	1440	1.53
90	1.45		

Si è utilizzato il metodo di Hantush per ottenere il grafico della curva sperimentale, attraverso una riproduzione con software:

Metodo di HANTUSH - Acuifero disperdente, con aquitardo ad immag. nul



I cui valori di trasmissività, immagazzinamento e conducibilità idraulica del acquitardo sono:

DATI

$$Q = 37 \text{ l/s} = 0,037 \text{ m}^3/\text{s} \quad P(1; 140,1; 100)$$

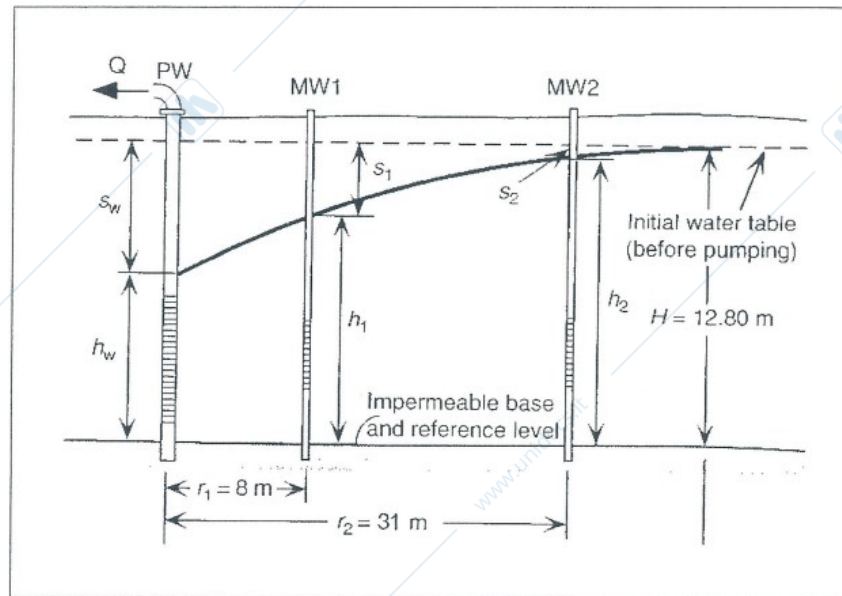
$$T = \frac{Q}{4\pi S} \quad w(u, \frac{r}{B}) = \frac{0,037 \text{ m}^3/\text{s} \cdot 1}{4\pi \cdot 1 \text{ m}} = 2,9 \cdot 10^{-3} \text{ m}^2/\text{s}$$

$$S = \frac{4TE}{r^2} \quad u = \frac{4 \cdot 0,0029 \text{ m}^2/\text{s} \cdot 8400 \text{ s} \cdot 1}{(28 \text{ m})^2} = 1,2 \cdot 10^{-3}$$

$$K = \frac{T \cdot b'}{B^2} = \frac{2,9 \cdot 10^{-3} \text{ m}^2/\text{s} \cdot (153,7 - 151,8) \text{ m}}{(56 \text{ m})^2} = 2 \cdot 10^{-6} \text{ m/s}$$

- C) Dalla schematizzazione del sistema e dai dati ottenuti dalla prova di pompaggio in falda non confinata, riportati di seguito:

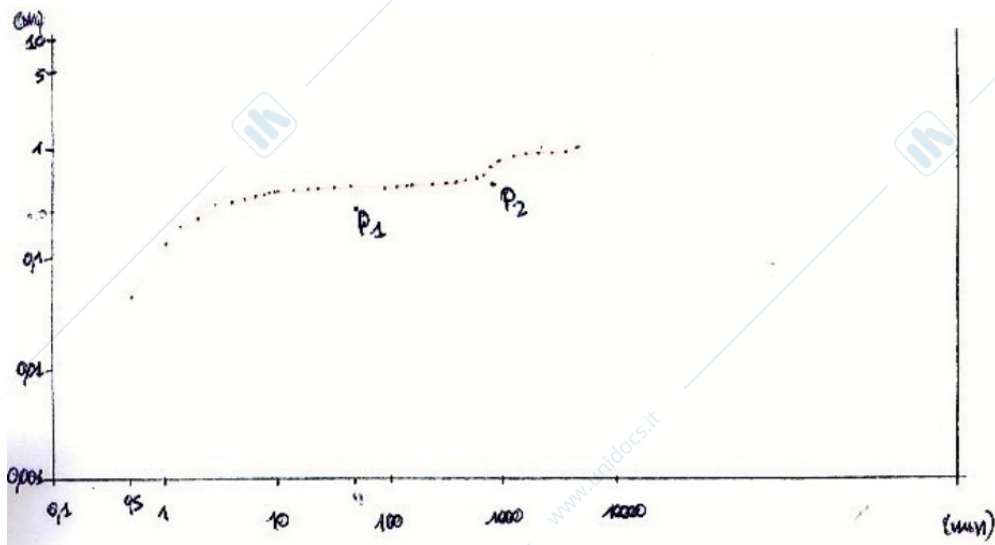
PROVA DI POMPAGGIO IN FALDA NON CONFINATA ($Q = 35 \text{ l/s}$)



t (min)	s (m)	t (min)	s (m)	T (min)	s (m)
0.25	0	15	0.34	300	0.53
0.5	0.04	20	0.34	360	0.57
1	0.14	25	0.35	420	0.6
1.5	0.22	30	0.36	480	0.63
2	0.25	45	0.37	540	0.65
3	0.3	60	0.38	600	0.68
4	0.31	75	0.39	720	0.72
5	0.31	90	0.4	840	0.77
6	0.32	105	0.42	960	0.8
7	0.32	120	0.43	1080	0.86
8	0.33	150	0.45	1200	0.91
9	0.33	180	0.47	1320	0.99
10	0.33	240	0.5	1440	1.08

Si è utilizzato il metodo di Neuman per ottenere il grafico della curva sperimentale, in due differenti modi.

- Riproduzione a mano:



I cui valori di trasmissività, immagazzinamento e di conducibilità idraulica nelle varie direzioni sono stati calcolati:

$$P = (0,1) \quad P_1 (1; 100; 4P; 0,29) \quad Q = 354/s = 0,035 m^3/s$$

$$T_A = \frac{Q}{4iS} \quad S_A = \frac{0,035 m^3/s \cdot 1}{4i \cdot 0,29 m} = 9,6 \cdot 10^{-3} m^2/s$$

$$S_A = \frac{T \cdot E}{k^2 \cdot L_s} = \frac{9,6 \cdot 10^{-3} m^2/s \cdot 20000}{(31 m)^2 \cdot 100} = 2,8 \cdot 10^{-4}$$

$$T_B = \frac{0,035 m^3/s \cdot 1}{4i \cdot 0,50 m} = 5,5 \cdot 10^{-3} m^2/s$$

$$S_B = \frac{5,5 \cdot 10^{-3} \cdot 48000}{(31 m)^2 \cdot 1000} = 2,7 \cdot 10^{-6}$$

$$\rightarrow T = \frac{T_A + T_B}{2} = 7,5 \cdot 10^{-3} m^2/s$$

$$S \approx S_v = 2,9 \times 10^{-1}$$

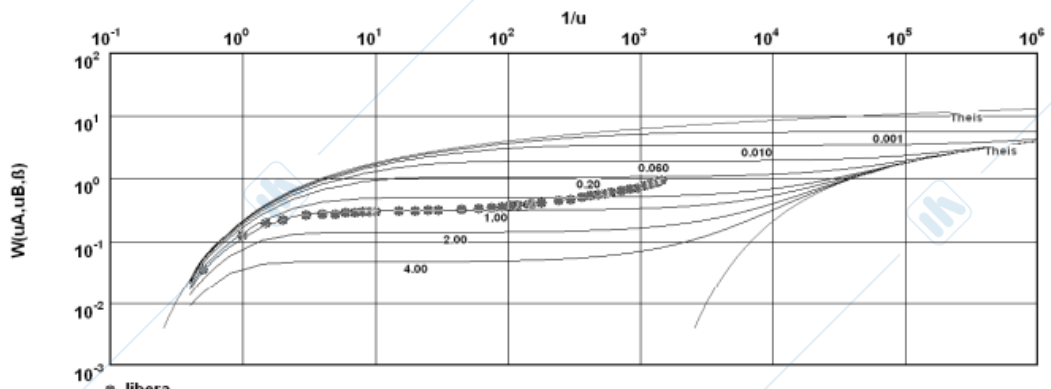
$$K_v = \frac{T}{b} = \frac{7,5 \cdot 10^{-3} m^2/s}{12,8 m} = 5,8 \cdot 10^{-6} m/s$$

$$K_D = \frac{P \cdot b^2}{k^2} = \frac{0,1 \cdot (12,8 m)^2}{(31 m)^2} = 1,7 \cdot 10^{-2} m/s$$

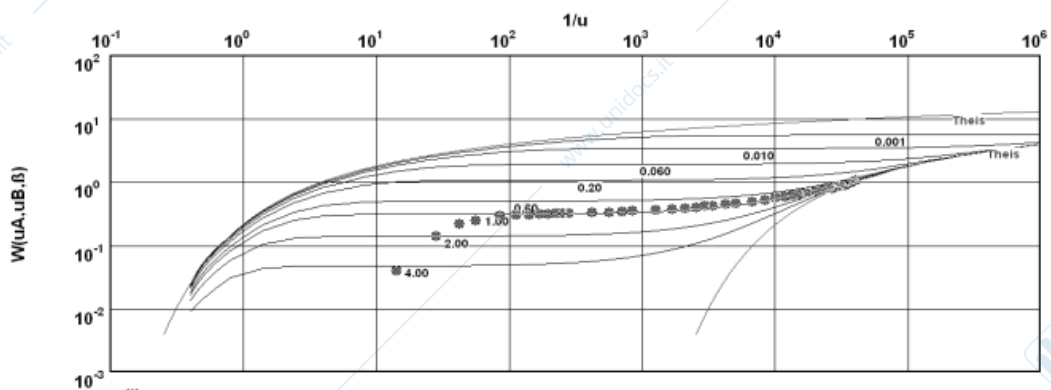
$$K_z = K_D \cdot K_v = 9,8 \cdot 10^{-6} m/s$$

Riproduzione tramite software:

Metodo di NEUMAN



Metodo di NEUMAN



I cui valori di trasmissività sono rispettivamente:

Trasmissività [m²/min]: 1.48×10^{-1}

e

Trasmissività [m²/min]: 1.67×10^{-1}

ESERCIZIO 2 – Prova Lugeon

In una prova Lugeon sono stati misurati, a diverse pressioni di iniezione, gli assorbimenti indicati in Tabella.

Il perforo ha un diametro di 101 mm e il tratto di prova è posto a 11.8-13.0 m dal piano campagna. Determinare la conducibilità idraulica della roccia e rappresentare il diagramma pressioni-assorbimento.

La conducibilità idraulica è stata calcolata con la formula:

$$k = \frac{Q}{P_e} \frac{\gamma_w}{C}$$

In cui:

Q è la portata immessa (m³/s)

Pe è la pressione effettiva (kg/m²)

C è il fattore di forma (2,37 m)

γ_w è il peso di volume dell'acqua (1000 kg/m³)

Pe è stato calcolato con la formula:

$$P_e = P_m + \gamma_w (H - H_p)$$

In cui:

Pm è la pressione del manometro (kg/m²)

H è l'altezza della colonna d'acqua (m)

Hp sono le perdite di carico (m)

Mentre C è stato calcolato con la formula:

$$C = 2 \pi D \frac{[(L/D)^2 - 1]^{1/2}}{\ln\{L/D + [(L/D)^2 - 1]^{1/2}\}}$$

In cui:

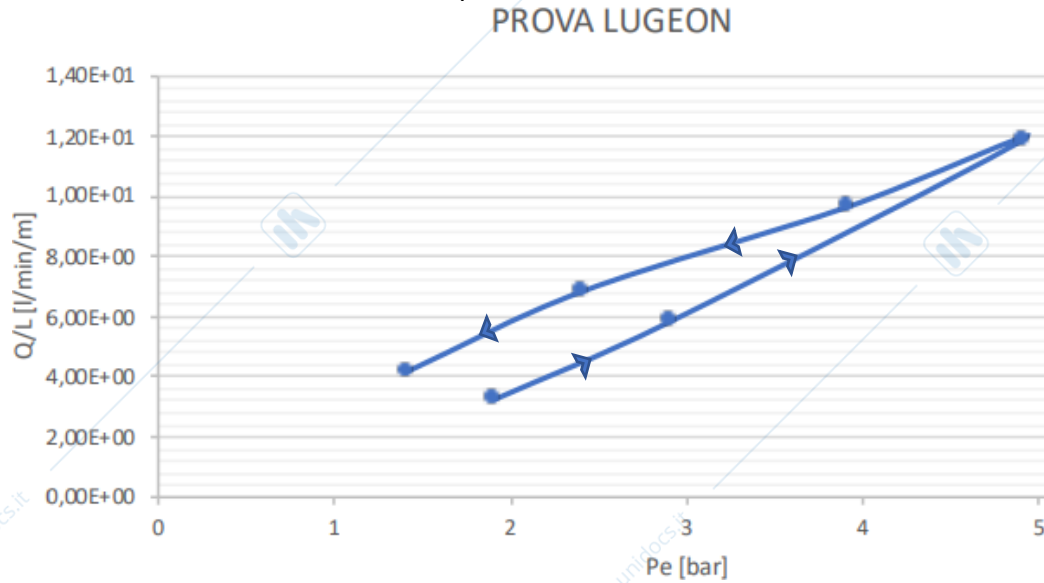
L è la lunghezza del tratto di foro di prova (1,2 m)

D è il diametro del tratto di foro di prova (0,101 m)

Da questi è stato possibile calcolare la conducibilità idraulica per ogni valore di pressione riportato:

Sondaggio N.5				
Pm (bar)	Pe (bar)	kg/cm ²	Q assorbita (m ³ /s)	k (m/s)
1	1.908	1,945	6.5 · 10 ⁻⁵	1,41 · 10 ⁻⁶
2	2.908	2,965	1.17 · 10 ⁻⁴	1,6 · 10 ⁻⁶
4	4.908	5,005	2.38 · 10 ⁻⁴	2 · 10 ⁻⁶
3	3.908	3,398	1.93 · 10 ⁻⁴	2,04 · 10 ⁻⁶
1.5	2.408	2,455	1.37 · 10 ⁻⁴	2,35 · 10 ⁻⁶
0.5	1.408	1,435	8.33 · 10 ⁻⁵	2,4 · 10 ⁻⁶

Con i dati ottenuti si è identificata la curva sperimentale:



Dalla curva ottenuta è stato possibile comprendere che dopo la pressione effettiva massima le portate sono aumentate rispetto i valori di andata. Questo rappresenta una apertura delle fessure all'aumentare delle pressioni.

ESERCIZIO 3 – Reticolo di flusso

Dalla schematizzazione della situazione:

ESEMPIO DI RICOSTRUZIONE DI RETICOLO DI FLUSSO IN UN MEZZO ETEROGENEO-ISOTROPO



Ubicazione discarica e piezometri di controllo

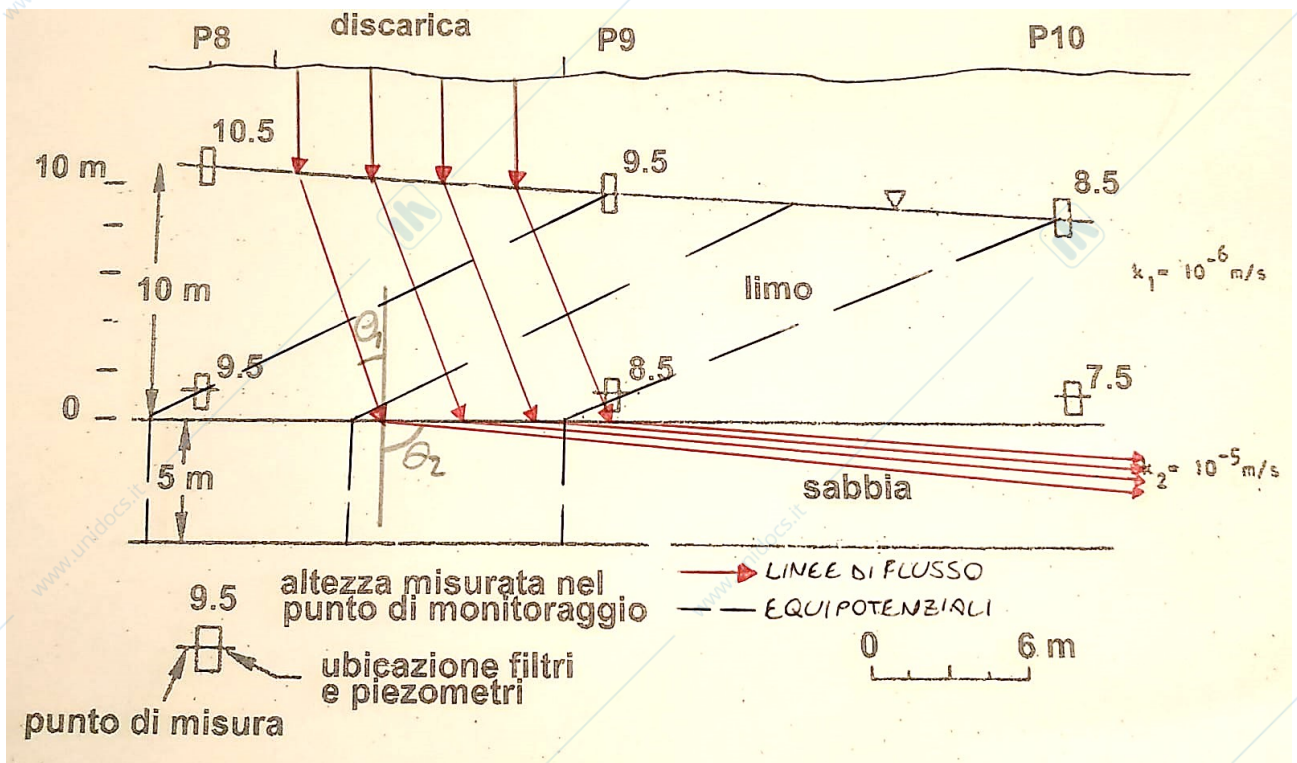
È stato possibile ricostruire un reticolo di flusso e posizionare punti di monitoraggio tramite un procedimento:

- ➔ Tracciare le equipotenziali presenti nel limo e nella sabbia;
- ➔ Misurare gli angoli di incidenza θ_1 e di rifrazione θ_2 , tenendo conto che θ_1 è circa 31° , utilizzando la legge di Snell applicata a questo caso: $K_1 / K_2 = \text{tg}(\theta_1) / \text{tg}(\theta_2)$.

Isolando la θ_2 si ottiene un angolo di 80° .

$$\frac{K_1}{K_2} = \frac{\text{tg}(\theta_1)}{\text{tg}(\theta_2)} \rightarrow \theta_2 = \arctg\left(\text{tg}(31^\circ) \cdot \frac{10^{-5}}{10^{-6}} \cdot \frac{m}{5}\right) = 80^\circ$$

La situazione è schematizzata nell'immagine seguente:

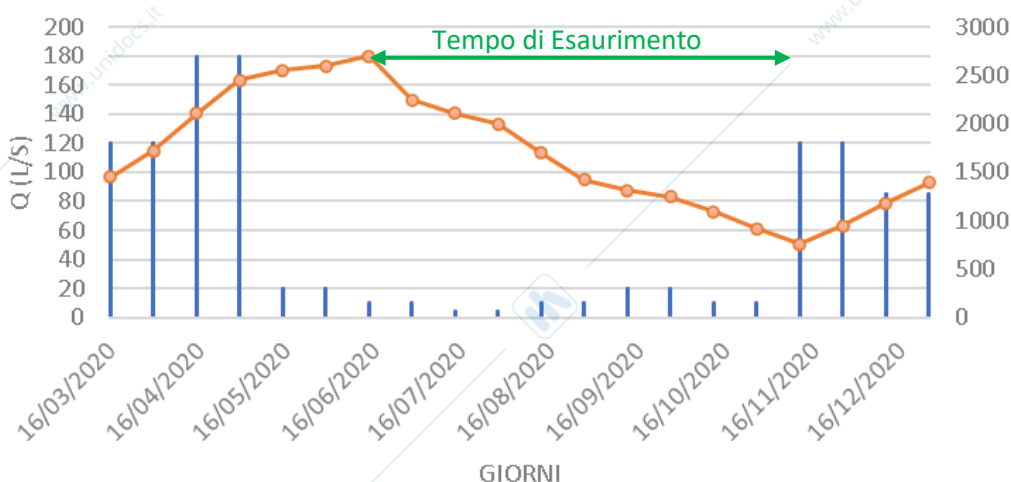


ESERCIZIO 4 – Curva di Esaurimento della Sorgente (Metodo di Maillet)

Utilizzando le misure di portata eseguite su una sorgente e riportate in tabella, determinare il coefficiente di esaurimento con il metodo di Maillet, l'immagazzinamento dinamico al tempo t_0 (capacità di svuotamento) e al tempo $t = 60$ giorni.

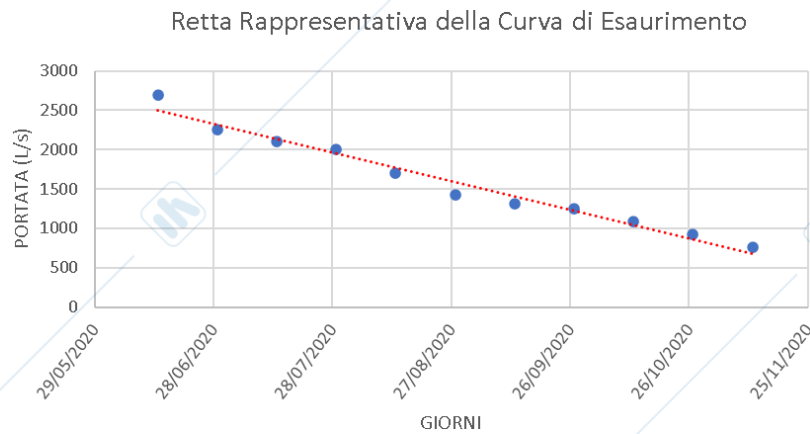
Data	Q (m ³ /s)	Mese	Precipitazioni (mm)
16/3	1.45	Marzo	120
31/3	1.72		
15/4	2.11	Aprile	180
30/4	2.45		
15/5	2.55	Maggio	20
30/5	2.6		
14/6	2.7	Giugno	10
29/6	2.25		
14/7	2.11	Luglio	5
29/7	2		
13/8	1.7	Agosto	10
28/8	1.42		
12/9	1.31	Settembre	20
27/9	1.25		
12/10	1.09	Ottobre	10
27/10	0.92		
11/11	0.76	Novembre	120
26/11	0.95		
11/12	1.18	Dicembre	85
26/12	1.39		

Per prima cosa è stato creato un grafico portate e precipitazioni nel tempo:
rapporto tra le precipitazioni
e le portate nel tempo



Il quale evidenzia un ritardo della modifica delle portate dopo un evento di precipitazione. E da cui è possibile individuare il tempo di esaurimento, che è individuato nel periodo di tempo compreso tra il 14/06/2020 fino 11/11/2020. In cui la portata della sorgente è rispettivamente $Q_0 = 2,7 \text{ m}^3/\text{s}$ e $Q_{tn} = 0,76 \text{ m}^3/\text{s}$.

In questo modo è possibile creare il grafico della retta rappresentativa della curva di esaurimento:



E calcolare secondo la legge di Maillet:

- Il Coefficiente di Immagazzinamento α

$$\alpha = \frac{\ln(Q_0) - \ln(Q_{tn})}{t_n} = 5,8 \cdot 10^{-3}$$

- L'immagazzinamento dinamico al tempo t_0

$$W(t_0) = \frac{Q_0}{\alpha} = \frac{241920 \text{ m}^3/\text{d}}{5,8 \cdot 10^{-3}} = 4,17 \cdot 10^7 \text{ m}^3$$

- L'immagazzinamento dinamico dopo 60 giorni

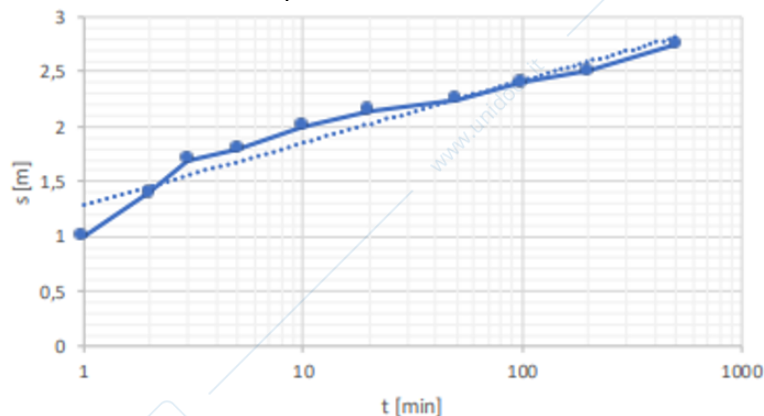
$$W(t=60d) = Q_0 = \frac{241920}{\alpha} \cdot e^{\alpha t} = 5,1 \cdot 10^{12} \text{ m}^3$$

ESERCIZIO 5 – Pozzo Barriera

Progettare la localizzazione e la portata di esercizio di un pozzo di risanamento di una discarica in una zona caratterizzata da una falda libera in cui è stato ricostruito l'andamento delle isopiezometriche indicato in Figura e dopo che è stata eseguita una prova di pompaggio a portata costante su un pozzo limitrofo che ha fornito i seguenti risultati:

t (minuti)	s (m)
1	1.0
2	1.4
3	1.7
5	1.8
10	2.0
20	2.15
50	2.25
100	2.4
200	2.5
500	2.75

Dai dati della prova di pompaggio a portata costante è possibile costruire un grafico tempo abbassamento e identificare la retta interpolatrice:



Con questi dati è possibile prendere un periodo di tempo, calcolarne l'abbassamento ottenuto, da cui poi ricavare la trasmissività:

$$\begin{aligned}
 t_1 = 100 \text{ min} &\rightarrow s_1 = 2,4 \text{ m} \\
 t_2 = 10 \text{ min} &\rightarrow s_2 = 1,9 \text{ m} \\
 &\left. \begin{array}{l} \\ \end{array} \right\} \Delta s = 0,5 \text{ m} \\
 Q = 35 \text{ L/s} &= 0,035 \text{ m}^3/\text{s} \\
 T = 0,183 \cdot \frac{Q}{\Delta s} &= 1,3 \cdot 10^{-2} \text{ m}^2/\text{s}
 \end{aligned}$$

Successivamente, calcolando alcuni parametri:

Fronte di alimentazione $F = 104 \text{ m}$

$\Delta H = 2 \text{ m}$

$\Delta L = 344 \text{ m}$

Gradiente idraulico $i = 6,1 \times 10^{-3}$

È possibile calcolare la portata per cui il pozzo, posto a 20 m dalla discarica, richiamerà tutte le acque derivanti dalla possibile sorgente di contaminazione:

$$Q = F \cdot T \cdot i = 104 \text{ m} \cdot 1,3 \cdot 10^{-2} \frac{\text{m}^2}{\text{s}} \cdot 6,1 \cdot 10^{-3} = 0,0082 \text{ m}^3/\text{s} = 2,9 \text{ L/s}$$

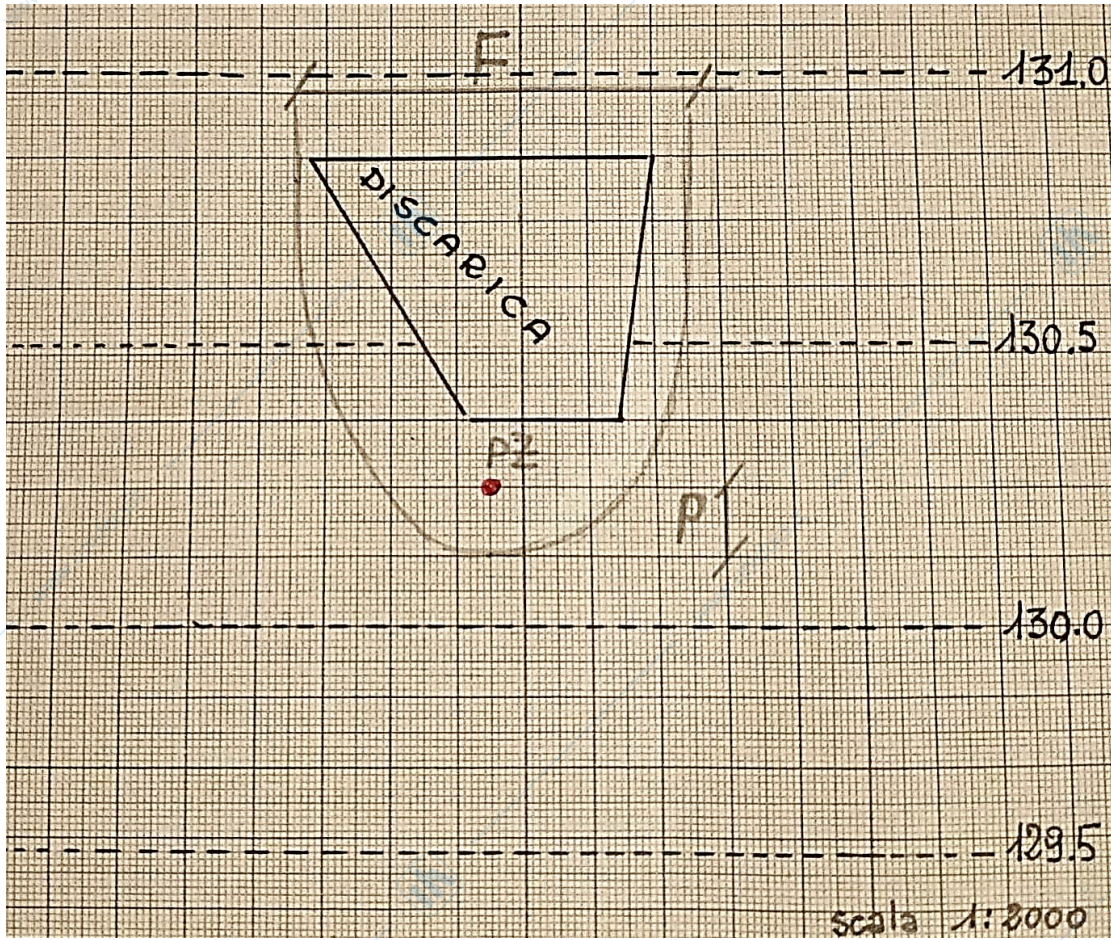
Il quale avrà un punto di stagnazione:

$$\rightarrow \text{PUNTO DI STAGNAZIONE} = \frac{Q}{2r \cdot T \cdot i} = \frac{0,0082 \text{ m}^3/\text{s}}{2 \cdot 20 \cdot 1,3 \cdot 6,1 \cdot 10^{-3} \text{ m/s}} = 16,95 \text{ m}$$

E una larghezza del cono di influenza:

$E = 52 \text{ m}$

La rappresentazione della situazione è riportata nell'immagine seguente:

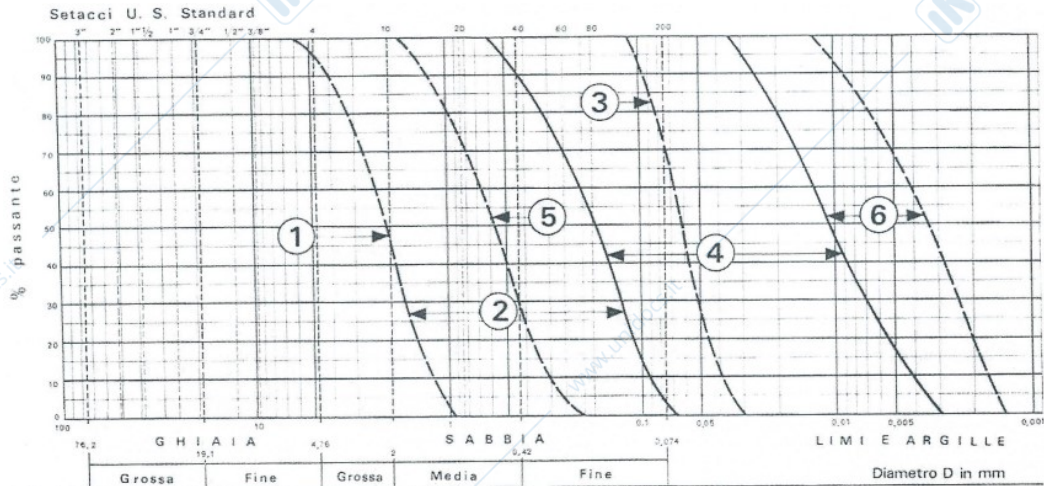


ESERCIZIO 6 – Drenaggio di una Falda per la costruzione di edifici

Si devono costruire alcuni edifici ad uso commerciale aventi un piano interrato da destinare a parcheggio per auto alla profondità di 4,5 m dal piano campagna e aventi uno sviluppo planimetrico di 50x50m.

Nel corso delle indagini geologiche in un sondaggio del diametro di 101 mm è stato misurato un livello della falda a 0,8 m di profondità dal piano campagna. Sono stati prelevati alcuni campioni di terreno di cui si allega il risultato di una prova granulometrica.

Inoltre è stata effettuata una prova Lefranc a carico costante alla profondità di 2.5-3.5 m che ha dato i seguenti risultati: per mantenere il livello nel sondaggio con un battente di 2 m sulla falda è stato necessario introdurre una portata di 1.2 l/minuto. Dopo aver valutato le caratteristiche geologiche e idrogeologiche del sito, si progetta a livello preliminare un sistema di abbassamento del livello della falda al fine di costruire delle fondazioni degli edifici in asciutta, consentendo quindi il dimensionamento dei costi per la realizzazione dell'opera.



1 obbligo di realizzare lo scavo sott'acqua o di eseguire un diaframma di iniezioni
 2 drenaggio per gravità 3 limite teorico del drenaggio per gravità
 4 wellpoint e pozzi 5 limite teorico drenaggio wellpoint 6 elettrosmosi.

Dai dati ricavati dalle analisi granulometriche

ANALISI GRANULOMETRICA

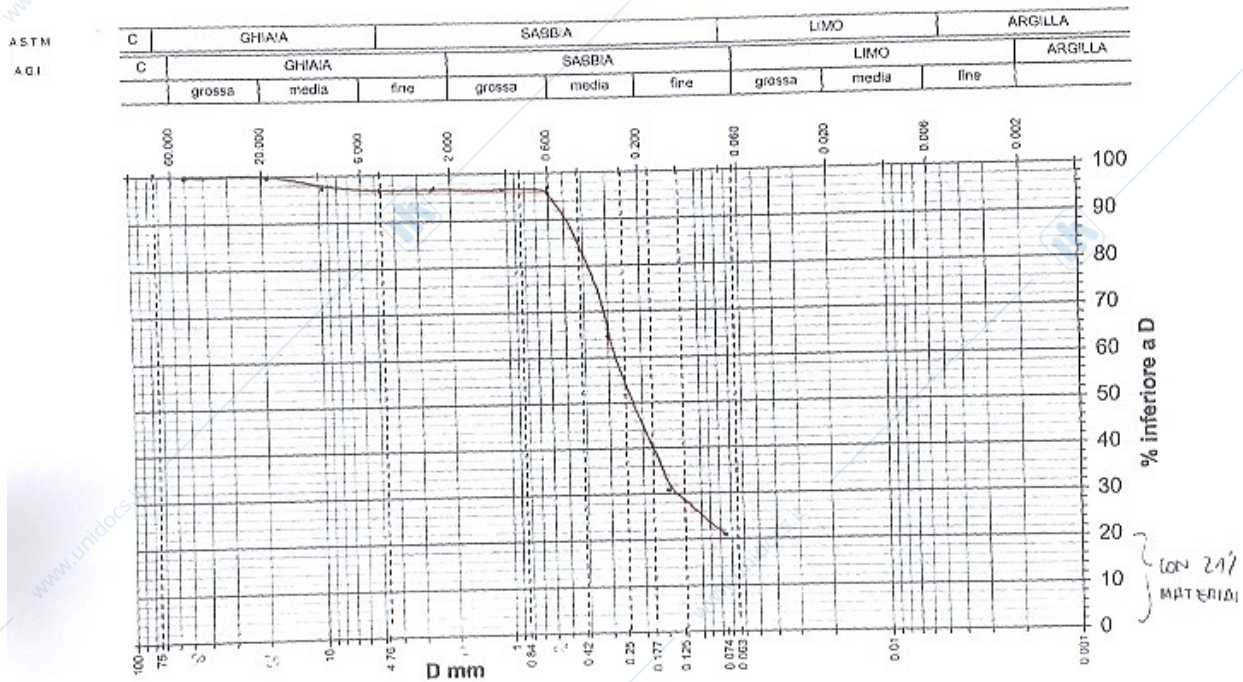
Data:	8-11-11	Località:		Operatore:	M.Perfido		
Committente	AIPO		Sondaggio	907	Campione	S07 - 04	Profondità (cm) 300,00 - 300,60
Peso campione secco	759.6	599.9		19 100	0.074 21.0		x= 0.210
Diametro massimo (mm)	19	159.7		9.53 97.7	0.05692 18.7		k= 3216.995

Letture Densimetro	Hr	Tempo (h)	Tempo (min)	Tempo (s)	TEMPO (s)	V _{sed}	Viscosità (P _s =2,65 kg/m ³)	γ _s	γ _L	Φ mm (Stokes1)	Φ mm (Stokes2)	Δ (mm)
1.0301	9.808972203	0	0	30	30	0.3270	10	2.65	1.0025	0.057	0.060	0.00358719
1.0264	10.5769722	0	1	0	60	0.1763	10	2.65	1.0025	0.042	0.044	0.00248710
1.0222	11.44875599	0	2	0	120	0.0954	10	2.65	1.0025	0.031	0.033	0.00182969
1.0187	12.17524248	0	4	0	240	0.0507	10	2.65	1.0025	0.022	0.024	0.00133420
1.0163	12.67340464	0	8	0	480	0.0264	10	2.65	1.0025	0.016	0.017	0.00096253
1.0132	13.3168641	0	15	120	1020	0.0131	10	2.65	1.0025	0.011	0.012	0.00067685
1.0110	13.77351275	0	30	0	1800	0.0077	10	2.65	1.0025	0.009	0.0092	0.00051817
1.0089	14.20940464	1	0	0	3600	0.0039	10	2.65	1.0025	0.006	0.0066	0.00037216
1.0072	14.56226951	2	0	0	7200	0.0020	10	2.65	1.0025	0.004	0.0047	0.00026640
1.0061	14.79059384	4	9	0	14940	0.0010	10	2.65	1.0025	0.003	0.0033	0.00018638
1.0053	14.95664789	8	0	0	28800	0.0005	10	2.65	1.0025	0.002	0.0024	0.00013499
1.0032	15.39253978	27	10	0	97800	0.0002	10	2.65	1.0025	0.0012	0.0013	0.00007431

D Grani	Peso Grani	Parziale	Trattenuto	Passante
mm	g	%	%	%
50.58	0	0.0	0.0	100.0
19.5	0	0.0	0.0	100.0
9.53	17.7	2.3	2.3	97.7
4.76	1.2	0.2	2.5	97.5
2.4	0.7	0.1	2.6	97.4
1.2	0.3	0.0	2.6	97.4
0.6	3.1	0.4	3.0	97.0
0.3	246.5	32.5	35.5	64.5
0.15	252.2	33.2	68.7	31.3
0.074	78.2	10.3	79.0	21.0

Tempo	Densità miscela	Densità acqua	Differenza di densità	Diametro grani	Parziale	Somma
	g/cm ³	g/cm ³	g/cm ³	mm	%	%
30 s	1.0301	1.0025	0.0276	0.05692	88.8	18.7
1 min	1.0264	1.0025	0.0239	0.04180	76.9	16.2
2 min	1.0222	1.0025	0.0197	0.03075	63.4	13.3
4 min	1.0187	1.0025	0.0162	0.02242	52.1	11.0
8 min	1.0163	1.0025	0.0138	0.01618	44.4	9.3
15 min	1.0132	1.0025	0.0107	0.01137	34.4	7.2
30 min	1.011	1.0025	0.0085	0.00871	27.3	5.7
60 min	1.0089	1.0025	0.0064	0.00625	20.6	4.3
2h	1.0072	1.0025	0.0047	0.00448	15.1	3.2
4h	1.0061	1.0025	0.0036	0.00313	11.6	2.4
8h	1.0053	1.0025	0.0028	0.00227	9.0	1.9
24h	1.0032	1.0025	0.0007	0.00125	2.3	0.5

È stato possibile creare la curva caratteristica del terreno

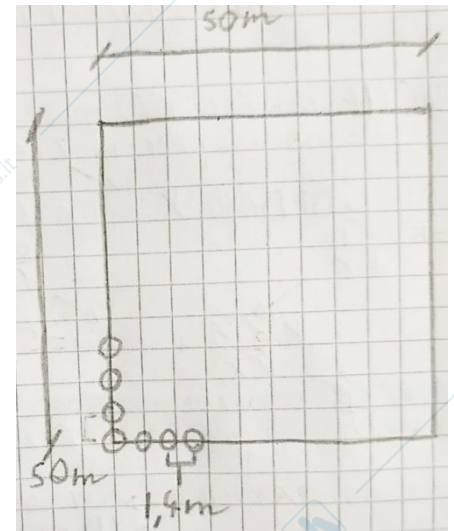


Il quale terreno, con la classificazione A.S.T.M., è stato definito come SABBIA LIMOSA/ARGILLOSA

SABBIA 76,5 %
LIMO e ARGILLA 21%
GHIAIA 2,5 %
=> SABBIA LIMOSA/ARGILLOSA

Dato che la curva granulometrica ricade tra le curve teoriche 4-5, è possibile utilizzare il metodo con Well-Point.

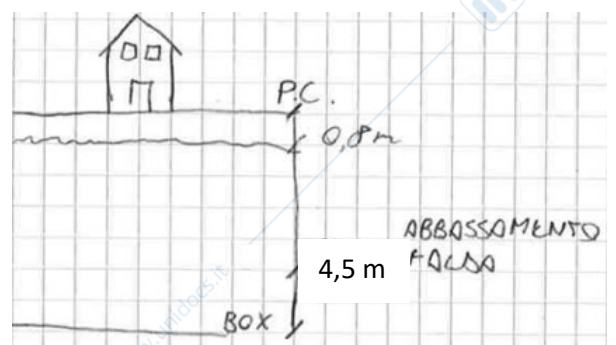
Tramite l'abaco di riferimento, in base al tipo di terreno (sabbia fine) e l'abbassamento da raggiungere (4,5 m), identifico il distanziamento tra i Well- Point di 1,4 m. dunque andrò a posizionare un numero di W-P pari al rapporto tra il perimetro dell'area (50 m x 4 = 200 m) e la distanza tra W-P (1,4), così da ricavare 143 Well-Point.



Infine, con l'utilizzo del grafico in allegato, è stato possibile individuare la portata estratta da ogni W-P, pari a 25 L/min.

Così, lungo tutto il perimetro sarà estratta una portata di 25 L/min x 143 = 3575 L/min.

Considerando poi che ogni Well-Point costi 9,24 €/m³ e che il nostro volume considerato è di 11.250 m³ (50 m x 50 m x 4,5 m), il costo totale dell'opera sarà di 103.950 €.



ESERCIZIO 7 – Pompe di calore (circuito aperto)

Nella località al centro della cartografia (reticolo geografico di 1 km) si deve progettare un sistema di pompa di calore a circuito aperto a servizio della biblioteca nel parco antistante (Fig. 1).

E' stimata una portata di 4.5 l/s per alimentare il sistema di condizionamento (raffrescamento, riscaldamento) con pompe di calore.

Secondo gli orientamenti della Pubblica Amministrazione competente, la captazione delle acque e la loro restituzione nel sottosuolo deve essere unicamente all'interno del Gruppo Acquifero A.

A tal proposito nelle zone limitrofe è presente una perforazione di un pozzo ad uso industriale ad una quota di 104 m s.l.m. per il quale è stata ricostruire la stratigrafia del sottosuolo (Fig. 2); la soggiacenza media della falda è stata misurata in 16 m.

Inoltre per il Gruppo Acquifero A è stata stimata una conducibilità idraulica di $2 \cdot 10^{-3}$ m/s, mentre per il Gruppo Acquifero B una conducibilità idraulica di $8 \cdot 10^{-5}$ m/s.

Schematizzare le caratteristiche del pozzo di presa e di quello di resa delle acque.

Valutare la posizione e la distanza tra il pozzo di presa e quello di resa al fine di minimizzare il ricircolo delle acque, con conseguente diminuzione del potenziale termico delle acque sotterranee.

Dalla stratigrafia presente si è deciso di creare un pozzo di presa profondo 47 m e porre i filtri a 37 a 47 m di profondità, e un pozzo di resa profondo 28 m con i filtri da 16 a 25 m

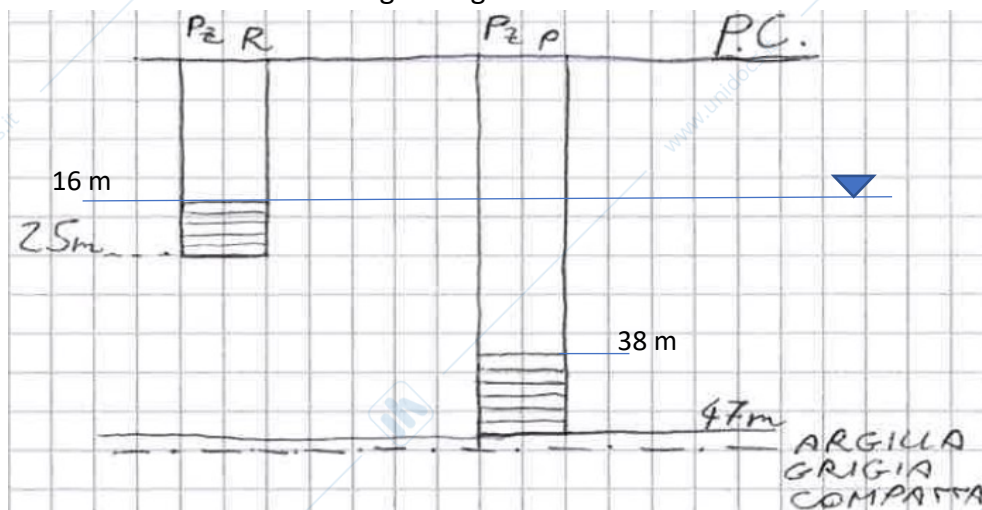
In questo modo è possibile calcolare M con la formula $M = 2Q/bdv$

$$M = \frac{2 \cdot Q \cdot 0,0045 \text{ m}^3/\text{s}}{3 \text{ km} \cdot 198 \text{ m} \cdot 1,1 \cdot 10^{-6} \text{ m/s}} = 130$$

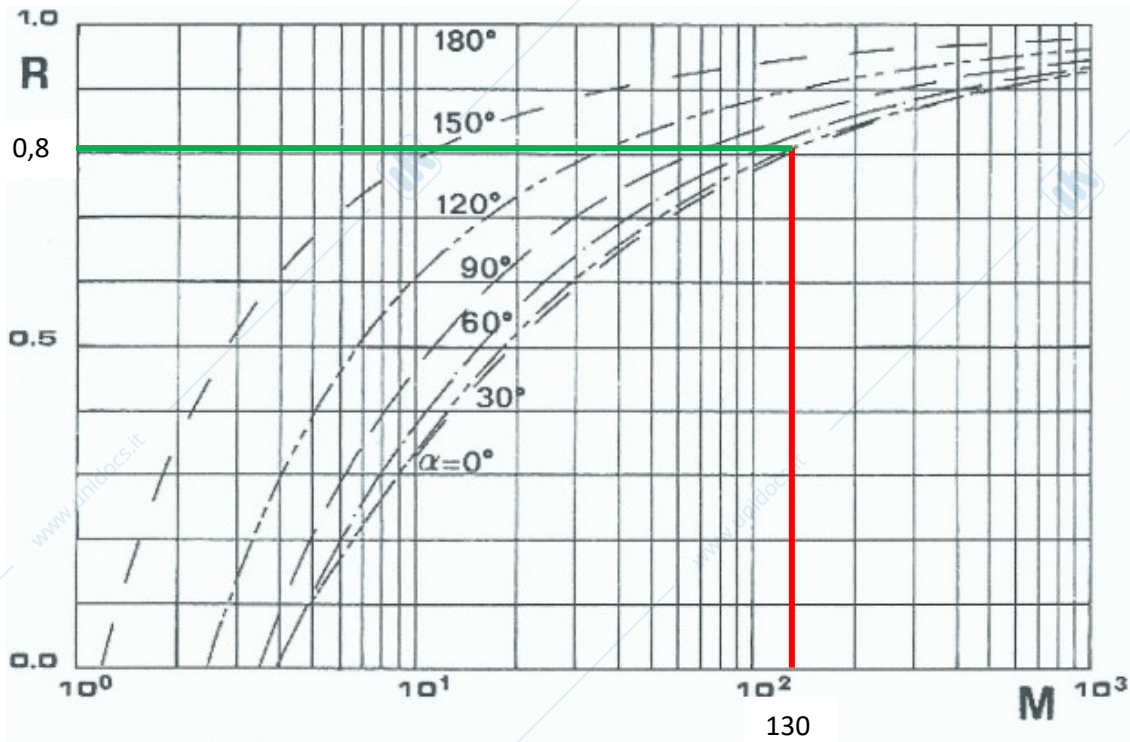
In cui la velocità è stata calcolata come

$$v = -k \cdot i = 2 \cdot 10^{-3} \text{ m/s} \cdot 5,5 \cdot 10^{-3} = -11 \cdot 10^{-6} \text{ m/s}$$

La situazione è schematizzata nell'immagine seguente:



Dopodiché è stato possibile calcolare graficamente il tasso di riciclaggio R e l'angolo tra la congiungente dei pozzi e la direzione del flusso di falda α :



Così da ottenere un valore $R = 0,8$ e un valore di $\alpha = 0^\circ$

Da questo risultato è stato possibile identificare la posizione più favorevole per costruire il pozzo di presa (1) e il pozzo di resa (2) con scopo geotermico affinché si minimizzi il ricircolo delle acque.

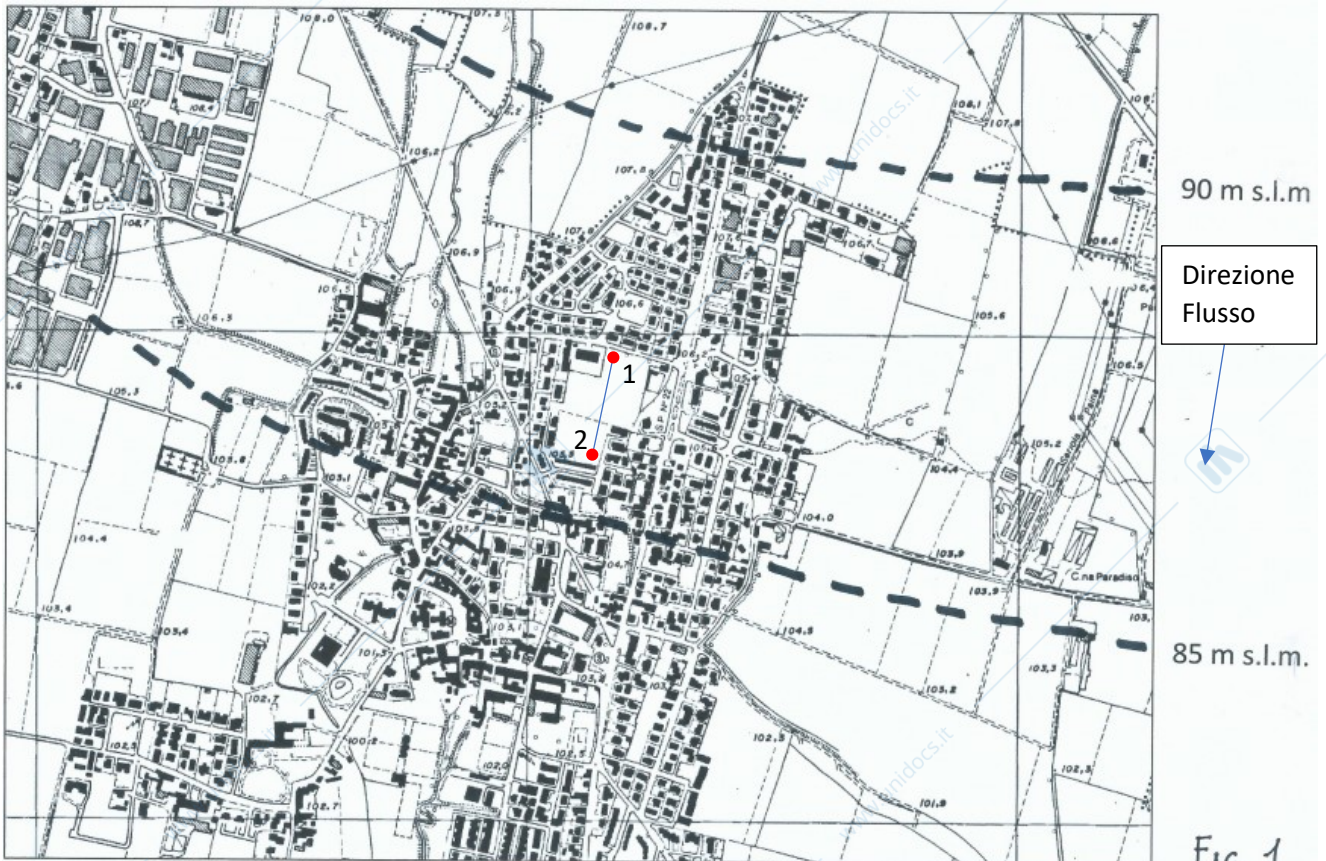


Fig. 1

ESERCIZIO 8 – Kriging

Il seguente problema si riferisce alla stima del valore assunto dalla variabile regionalizzata "frequenza di fessurazione" F (n. fratture/m) di un sistema di fratture 20/90, che è stato riconosciuto responsabile di venute d'acqua, in un punto P interessato da un lotto di scavo del tracciato.

Si tratta di un massiccio costituito da granito in cui la copertura è rappresentata da un conoide di detrito (si veda lo schema allegato) presente anche nel punto P .

Sulla base dei rilievi strutturali sono stati evidenziati nelle immediate vicinanze del punto P i seguenti valori di F :

$F_1 = 3.1 \quad F_2 = 0.9 \quad F_3 = 0.05$

La risoluzione del problema può così essere affrontata in termini generali.

ESERCIZIO sui KRIGING

1) $Y = mX + q \rightarrow 24,8 = m \cdot 6 + 1$

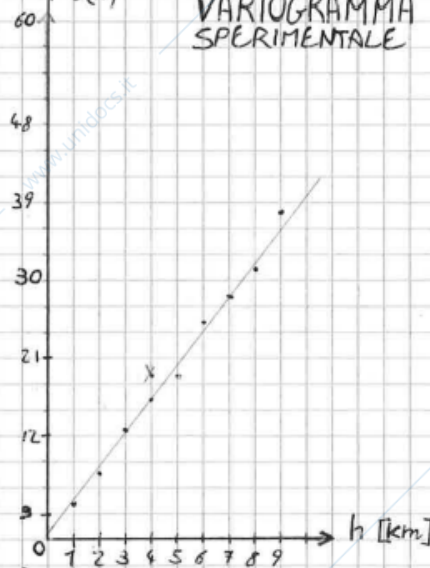
$\rightarrow m = 3,9$

$\Rightarrow 3,9X + 1 = Y$

$\rightarrow \gamma(h) = 3,9h + 1 \approx 4$

NON SI CONSIDERA PER
NON CONSIDERARE
L'EFFETTO NUGGETS

VARIOGRAMMA SPERIMENTALE



3a) $\gamma_{R_1-2} = 100$

$\gamma_{R_2-3} = 140$

$\gamma_{R_1-3} = 172$

$\gamma_{R_1-P} = 50 = 100\lambda_2 + 172\lambda_3 + \mu$

$\gamma_{R_2-P} = 68 = 100\lambda_1 + 140\lambda_3 + \mu$

$\gamma_{R_3-P} = 124 = 172\lambda_1 + 140\lambda_2 + \mu$

3c

3b)

COPPIA DI PUNTI	DISTANZA h [km]	$\gamma(h)$
1-2	25	100
2-3	35	140
1-3	45	172

3d) IMPOSTO LE MATRICI

$$A \left| \begin{array}{ccc|c} 0 & 100 & 172 & 1 \\ 100 & 0 & 140 & 1 \\ 172 & 140 & 0 & 1 \\ 1 & 1 & 1 & 0 \end{array} \right|$$

$$X \left| \begin{array}{c} \lambda_1 \\ \lambda_2 \\ \lambda_3 \\ \lambda_4 \end{array} \right| \quad B \left| \begin{array}{c} 56 \\ 68 \\ 184 \\ 1 \end{array} \right|$$

4)

$$\begin{aligned} D &= -584,39 \\ D_1 &= -373,12 \\ D_2 &= -206,74 \\ D_3 &= -4,54 \\ D_4 &= 489,11 \end{aligned}$$

$$X_1 = D_1/D = \lambda_1 = 0,638$$

$$X_2 = D_2/D = \lambda_2 = 0,354$$

$$X_3 = D_3/D = \lambda_3 = 0,008$$

$$X_4 = D_4/D = \lambda_4 = -0,837$$

3e) FREQUENZA DI FESSURAZIONE NEL PUNTO P

$$\begin{aligned} F_p &= \lambda_1 f_1 + \lambda_2 f_2 + \lambda_3 f_3 = 0,638(3,1) + 0,354(0,3) + 0,008(0,5) = \\ &= 2,298 \end{aligned}$$

3f)

$$\begin{aligned} \sigma_k^2 &= \mu + \sum_{i=1}^N \lambda_i \lambda_i p = -0,837 + [0,638(\mu) + 0,354(13,3) + 0,008(7,89)] = \\ &= 4,61 \end{aligned}$$

$$\rightarrow \sigma_k = 2,15 \rightarrow$$

QUESTO VALORE OTTENUTO RAPPRESENTA L'INCERTEZZA NELLA FREQUENZA DI FRATTURAZIONE, IN CUI C'È IL 95% DI PROBABILITÀ NEL TROVARE UN VALORE IN QUESTO INSIEME.

LO SCARTO PERÒ RISULTA ESSERE TROPPO AMPIO, SI CONSIGLIA DUNQUE MAGGIORI INDAGINI, PER RIDURRE L'INCERTEZZA.

ESERCIZIO 9 – MODFLOW

Con l'utilizzo del codice MODFLOW è stato possibile creare semplici modelli di flusso in cui si ha un acquifero libero isotropo ed omogeneo, con un flusso stazionario.

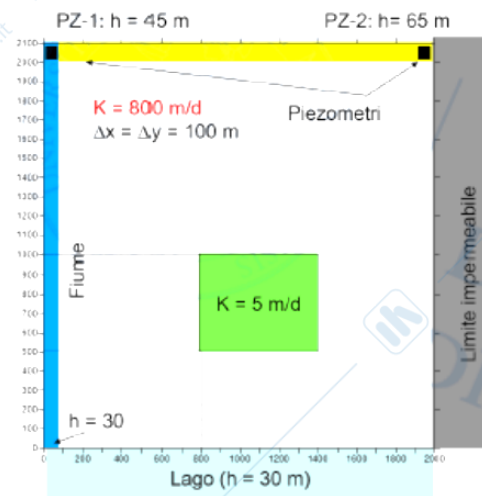
I modelli hanno una dimensione di 2000(x) x 2100(y) e sono posti due piezometri agli estremi alti della griglia. In particolare, quello in alto a sinistra presenta un carico idraulico $H_1 = 25$ m s.l.m., mentre quello a destra $H_2 = 65$ m s.l.m.

Le condizioni al contorno sono:

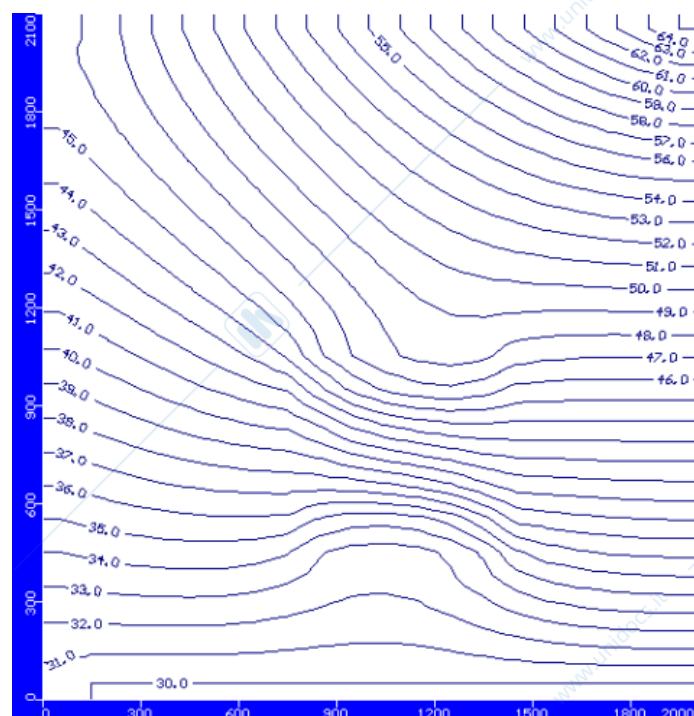
- Condizione di 2° tipo (no flow, limite impermeabile) sul limite destro;
- Condizione di 1° tipo (carico costante, $H = 30$ m s.l.m., lago) sul limite inferiore;
- Condizione del 3° tipo sul lato sinistro del modello (fiume).

Sono stati considerati due casi differenti, in cui variano i valori di conducibilità idraulica:

- 1) I valori di conducibilità idraulica nelle direzioni principali nel primo caso sono $K_x = K_y = 10K_z = 800$ m/d in quasi tutta l'area, in quanto al centro del modello è presente una zona a bassa conducibilità idraulica $K_x = K_y = 5$ m/d, $K_v = 0,5$ m/d.

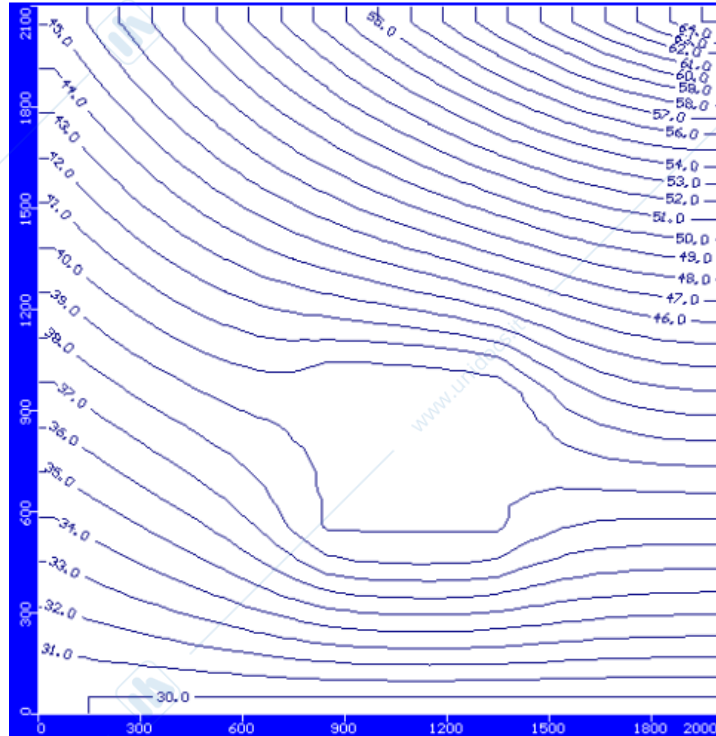


Il risultato del modello di flusso è rappresentato nell'immagine seguente in cui si osserva un andamento circa lineare delle equipotenziali fino a quando non si arriva nell'area a bassa permeabilità, dove si ravvicinano per una minore velocità di flusso.



- 2) Nel secondo modello i valori di conducibilità sono stati invertiti. Al centro del modello è presente una conducibilità maggiore paria a $K_x = k_y = 10K_z = 800$ m/d, mentre nel resto del modello è presente la conducibilità minore.

Il risultato del modello identifica un allontanamento delle equipotenziali nell'area a conducibilità idraulica maggiore, in quanto, appunto, il flusso scorre più velocemente.



ESERCIZIO 10 – Surfer

Sono stati create 2 carte in base alla variabile regionalizzata ricercata:

CASO 1: VARIABILE NON STAZIONARIA (carico idraulico)

Elaborando e interpretando i dati raccolti si crei la carta che meglio descriva l'andamento della falda superficiale, attraverso tecniche geostatistiche.

Fasi da eseguire:

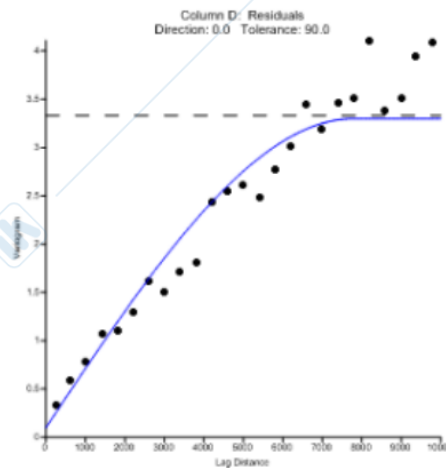
Fase 1: Scegliere l'estensione del modello, georeferenziare i punti noti, discretizzare la griglia;

Fase 2: Eseguire la regressione polinomiale per eliminare la tendenza, ottenendo la superficie media dei dati;

Fase 3: Calcolare le differenze di ogni punto rispetto alla superficie planare ottenuta per regressione polinomiale, i residui.

Fase 4: Creare il variogramma sperimentale basato sui valori residui.

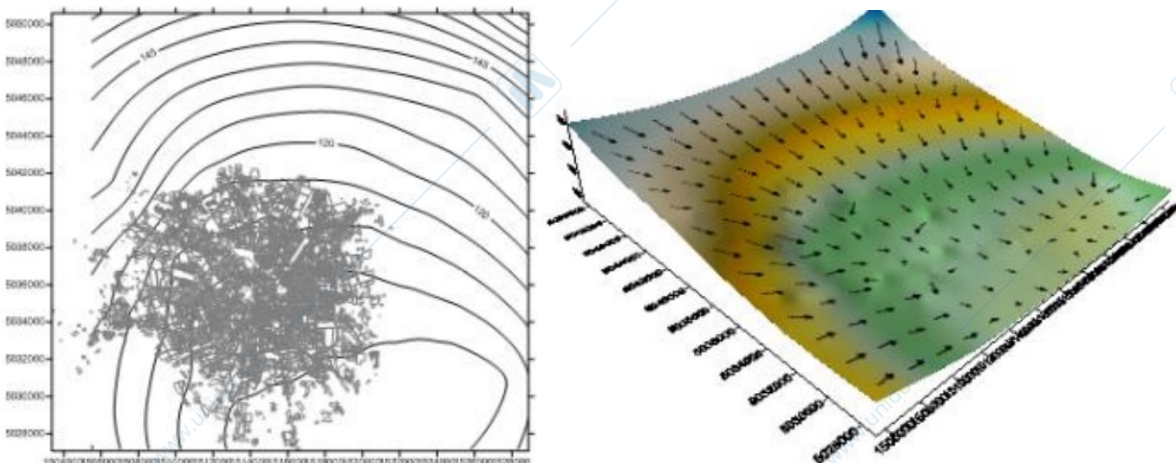
Fase 5: Scegliere il modello di variogramma più appropriato (inserendo l'effetto pepita e sferico);



Fase 6: Applicare il metodo KRIGING sui dati residui;

Fase 7: Creare la superficie piezometrica interpolando i punti senza un metodo statistico;

Fase 8: Sovrapporre la mappa dei residui e delle tendenze per costruire la carta della variabile regionalizzata carico idraulico.



CASO 2: VARIABILE STAZIONARIA (trasmissività)

Elaborando e interpretando i dati raccolti si crei la carta che meglio descriva l'andamento della trasmissività, attraverso tecniche geostatistiche.

Seguendo i passaggi effettuati nel caso 1 (tranne fase 2, 3), quindi individuando le dimensioni e caratteristiche del modello, creare il variogramma sperimentale (nell'immagine a lato), applicare il metodo Kriging, è stato possibile costruire la carta della variabile regionalizzata trasmissività.

