Jacob Methods

(1) t vs.s (2) s vs.r (3) t/r^2 vs.s

1- The first method: indicates the relationship between time and the drawdown (direct relationship), yields values of T & S using the late time drawdown data.

العلاقة بين الزمن والانخفاض ((علاقة طردية)) ومنها نوجد قيم T&S باستخدام البيانات المتأخرة.

2 -The second method gives the relationship between the drawdown and the distance (inverse relationship). At least 3 wells must be used and can be used to calculate T & S in addition to radius of influence and well loss.

العلاقة بين الانخفاض والمسافة ((علاقة عكسية)) ولابد من استخدام عدد من الآبار(≤3) ويمكن منها حساب T&S ونصف قطر التاثير اضافه إلى فقد البئر.

3-The third method similar to the first and relates the drawdown with time divided by the square of the distance.

تشبه الأولى وفيها تكون العلاقة بين الهبوط مع الزمن مقسوما على مربع المسافة.

Jacob methods were based on Theis's formula and thus have the same assumptions, plus:

1 - The value of u is very small ($u < 0.01$)

2 – Time is long.

1- First method of Jacob

According to Theis's formula:

$$W_{(u)} = -0.5772 - \ln u + u - u^2/2.21 + u^3/3.31 - u^4/4.41 + \ldots.$$

From $u = r2S/4Tt$, it will be seen that u decreases as the time of pumping t increases and the distance from the well **r** decreases. Accordingly, for drawdown observations made in the near vicinity of the well after a sufficiently long pumping time, the terms beyond (In u) in the series become so small that they can be neglected. So for small values of u (u < 0.01), the drawdown can be approximated by:

وجد جاكوب ان قيم u بعد الحد الثاني في السلسلة ln u يمكن اهماله

$$W(u) = -0.5772 - Ln\frac{r^2 S}{4Tt}$$

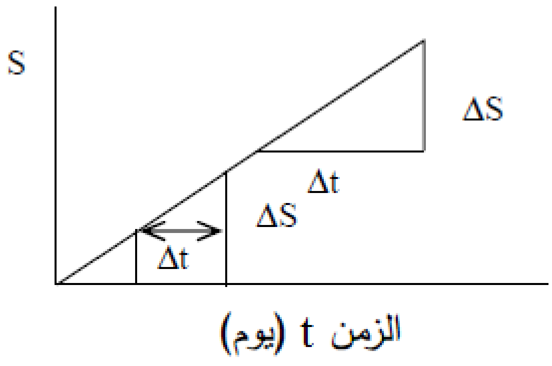
$$S = \frac{Q}{4\pi T} W(u) = \frac{q_w}{4\pi T}\left[-0.5772 - Ln\frac{r^2 S}{4Tt}\right]$$

$$S = \frac{Q}{4\pi T}\left[Log\frac{4Tt}{r^2 S} - 0.5772\right] \qquad \ln\frac{1}{x} = -\ln x$$

$$S = \frac{2.3Q}{4\pi T}\left[Log\frac{4Tt}{r^2 S} - \frac{0.5772}{2.3}\right]$$

$$S = \frac{2.3Q}{4\pi T} Log\frac{4Tt}{1.783 r^2 S}$$

$$\therefore \quad S = \frac{2.3Q}{4\pi T} Log\frac{2.25Tt}{r^2 S}$$



وحيث أن :

$$(2.3Q / 4\pi T) \neq 0$$

وحيث أن لوغارتم الواحد يساوي صفرا فيكون:

$$1 = 2.25Tt_0 / r^2 S$$

أي أن

$$S = 2.25Tt_0 / r^2$$

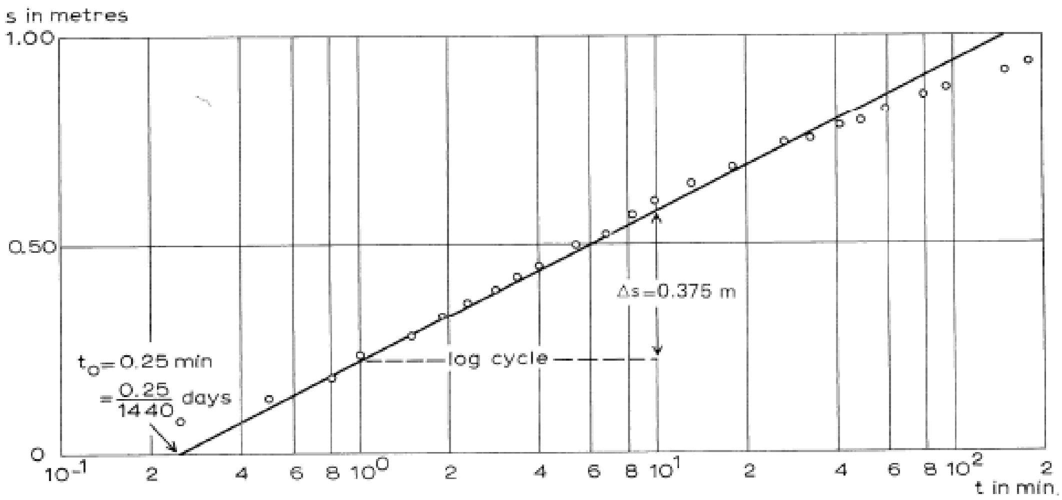
وتسمى المعادلتان التاليتان معادلتي جاكوب (الطريقة الأولى) وتستخدمان لإيجاد قـيم T & S وذلك باستخدام ورقه شبه لوغارتميه وتوقيع البيانات الحقلية عليها ومـن ثـم رسـم الخـط المستقيم المار في البيانات المتاخره ومد الخط المستقيم حتى يتقاطع مع محور الزمن حيـث تكون نقطة التقاطع هى t_0 كما يتم قياس ميل الخط المستقيم (Δs) بين دورتين لوغـارتميتين متتاليتين وبالتالي تطبق المعادلتين 1 و 2 لحساب الخواص الهيدروليكيه للمتكون.

$$T = 2.3Q / 4\pi\Delta s \qquad (1$$

$$S = 2.25\, Tt_0 / r^2 \qquad (2$$

The' slope of the straight line, i.e. the drawdown difference Δ **s** as per log cycle of time ($\log t/t_o = 1$), is equal **to 2.30Q**/4πT,

be plotted on semi-log paper. Subsequently, a straight line can be drawn through the



شكل يوضح كيفية تطبيق طريقة جاكوب الأولى

2- Second Method of Jacob

Cooper-Jacob Method (Distance-Drawdown)

Similarly, it can be shown that, for a fixed time **t**, a plot of Δ **s** versus r on semi-log paper forms a straight line and the following equations can be derived:

$$T = \frac{2.30Q}{2\pi(\Delta s)_r}$$

$$S = \frac{2.25Tt}{R^2}$$

لتطبيق هذه الطريقة لابد من استخدام ثلاثة آبار منها على الأقل بئري رصد حيث تسجل بياناتها كما يلي:

Time (min)	Drawdown(s) r_1	r_2	r_3
t_1	s_{11}	s_{21}	s_{31}
t_2	s_{12}	s_{22}	s_{32}
t_3	s_{13}	s_{23}	s_{33}
t_n	s_{1n}	s_{2n}	s_{3n}

يتم بعد ذلك اختبار قيمة الهبوط في مستوى المياه الجوفية في الآبار المختلفة عند زمن ما ويفضل استخدام آخر قراءة وإسقاطها على الورقة شبه اللوغاريتمية وهي $(t_n, s_{1n}, s_{2n}, s_{3n})$.

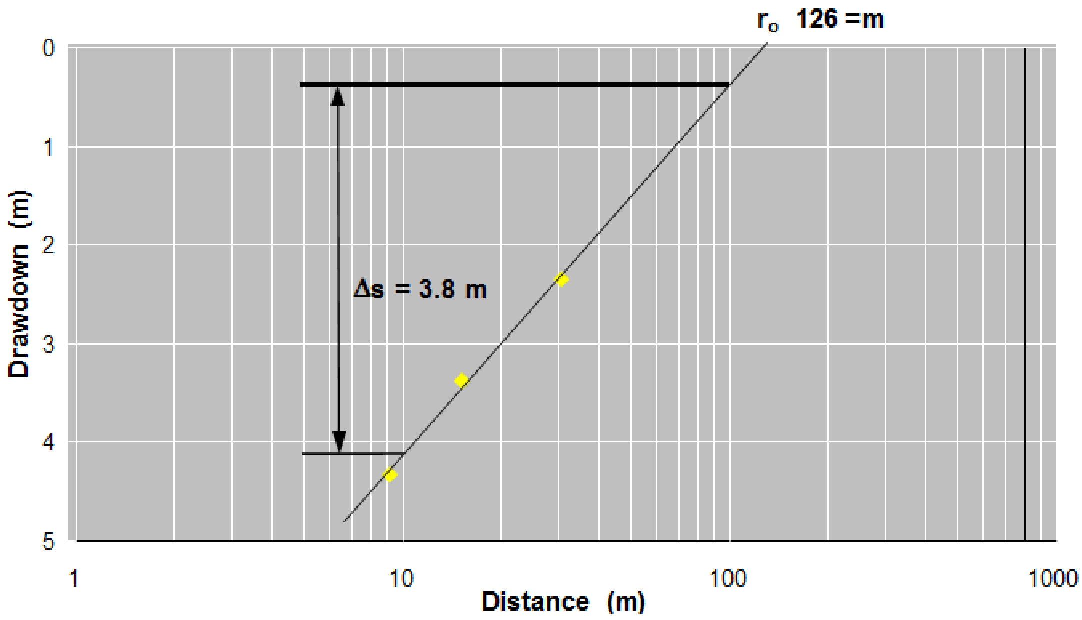
يمرر خط مستقيم بعد ذلك ليتقاطع مع محور المسافة حيث تكون نقطة التقاطع مع محور المسافة مساوية لنصف قطر التأثير **R** ويمكن إيجاد قيمة **S,T** من المعادلتين المذكورتين اعلاه.

t هنا بمعادلة حساب قيمة **S** اعلاه هي الزمن المقابل لقيم الانخفاض التي تم اختبارها أي $\mathbf{t_0}$.

يمكن من هذه الطريقة إيجاد نصف قطر التأثير كما سبق إيضاحه.

The estimates of T and S from log(time)-drawdown and log(distance)-drawdown plots are independent of one another and so are recommended ***.as a check for consistency in data derived from pump tests.***

Ideally 4 or 5 observation wells are needed for the distance-drawdown graph and it is recommended that T and S are computed for several .different times.



<u>Example:</u> t = 0.35 days and Q = 1100 m^3/d

T = 0.366 x 1100 / 3.8 = 106 m^2/d

S = 2.25 x 106 x 0.35 / (126 x 126) = 5.3 x 10^{-3}

Determining the well loss

ايجاد فقد البئر

Well loss is the difference between the head in the aquifer immediately outside the well to the head inside the casing during pumping.

يمكن إيجاد قيم فقد البئر well loss **وهو الفرق بين هبوط مستوى الماء الجوفي المقاس داخل البئر وفي التكوين المائي المحيط به، ويحدث هذا الفرق نتيجة تدهور كفاءة البئر بسبب انسداد مصافي الآبار بواسطة الرواسب الرملية الدقيقة .يتناسب فقد البئر عكسيا مع كل من نفاذية التكوين المائي ونصف قطر البئر .**

يتم استخدام معادلات جاكوب في فحص اختبار الانخفاض المتدرج Step- drawdown test لاختيار أداء البئر في حالة وجود الجريان العشوائي . لإجراء الاختبار يضخ البئر لفترة ما بمعدل تصريف معين (Q1) وبعد فترة من الزمن تؤخذ قيمة الانخفاض في بئر الضخ sw1 وتسجل، وبعد فترة أخرى يؤخذ قياس آخر وفي حالة ثبات قيمة sw1

يتم زيادة معدل التصريف الى (Q2) ويقاس الانخفاض الجديد sw2 بعد فترة من زمن التصريف الثاني بعد ذلك يتم زيادة التصريف الى Q3 ويتم قياس الانخفاض sw3 وهكذا يتم

تكرار الزيادة في معدلات التصريف ثلاثة أو خمسة مرات ،ويقاس الانخفاض الناشئ عن تلك الزيادات. ولتسهيل الحسابات يتم اخذ القياسات على فترات زمنية ثابته بين كل زيادة بالتصريف.

ترسم العلاقة بين معدل التصريف Q والهبوط في مستوى الماء s_W على ورقة عادية فيلاحظ أن العلاقة على شكل منحنى، حيث ان:

$$W_{(u)} = \frac{4\pi T s_W}{Q}$$

فان

$$s_W = \frac{W_{(u)} Q}{4\pi T}$$

اذا فرضنا أن

$$B = \frac{W_{(u)}}{4\pi T} = \text{ثابت}$$

فان

$$s_W = BQ$$

حيث أن B ثابت ويسمى فقد الطبقة، وهذه العلاقة خطية وتكون فقط في حالة الجريان الخطي.

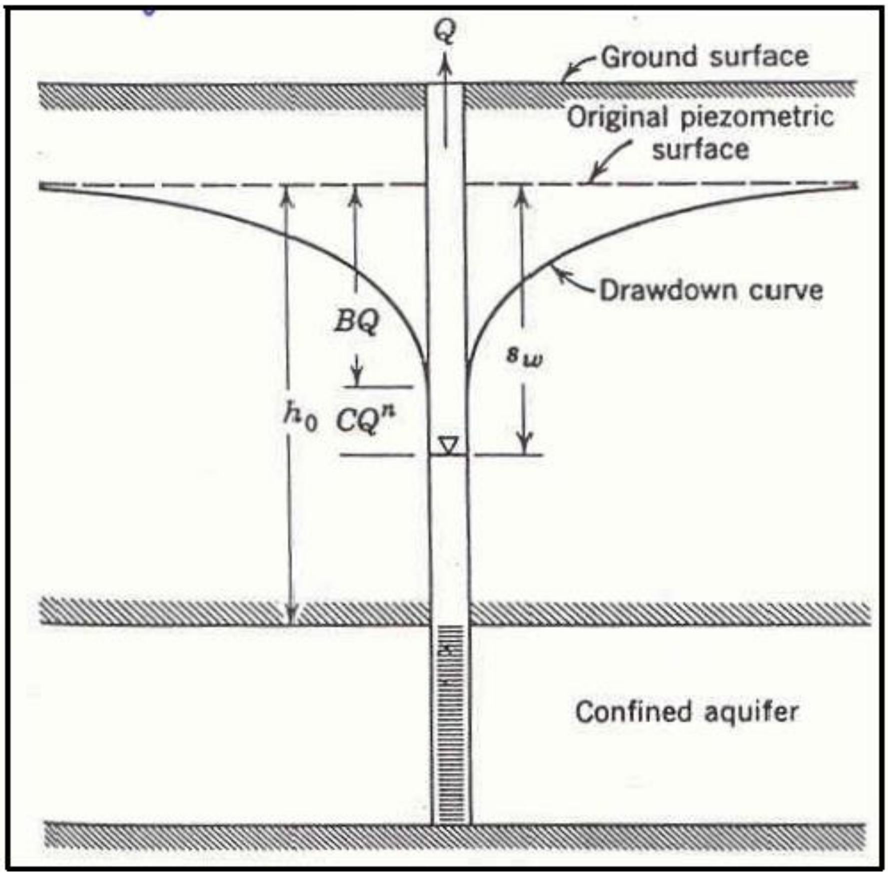
وفي حالة الجريان العشوائي تصبح العلاقة كما يلي:

$$s_W = BQ + CQ^2 \quad (2)$$

حيث C هو فقد البئر(Well loss) ويكون BQ يمثل الجريان الخطي، CQ^2 هو فقد الطبقة (Aquifer loss) يمثل الجريان العشوائي وهو الفقد في الطاقة Head loss الناتج عند عدم كفاءة البئر.

لتحديد قيمة C, B نقسم المعادلة 2 على Q فتصبح

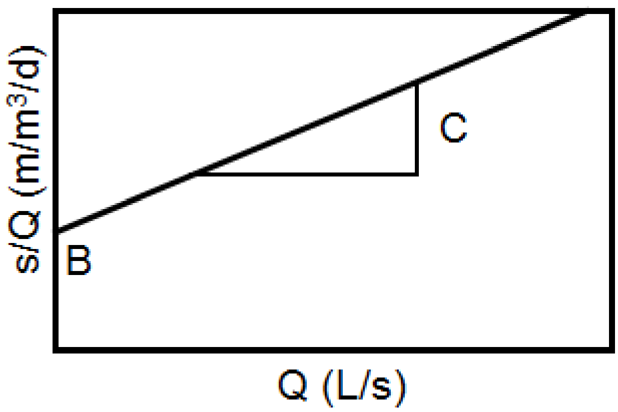
$$\frac{S_W}{Q} = B + CQ \qquad (3)$$



حيث S_W/Q هو السعة النوعية specific capacity وهـذه العلاقة خطية لعدم وجود الأس. لو رسمنا قيمة S_W/Q مقابل Q على ورقة عاديــة نحصل على خط مستقيم، وتكون:

B = التقاطع مع محور s_W/Q

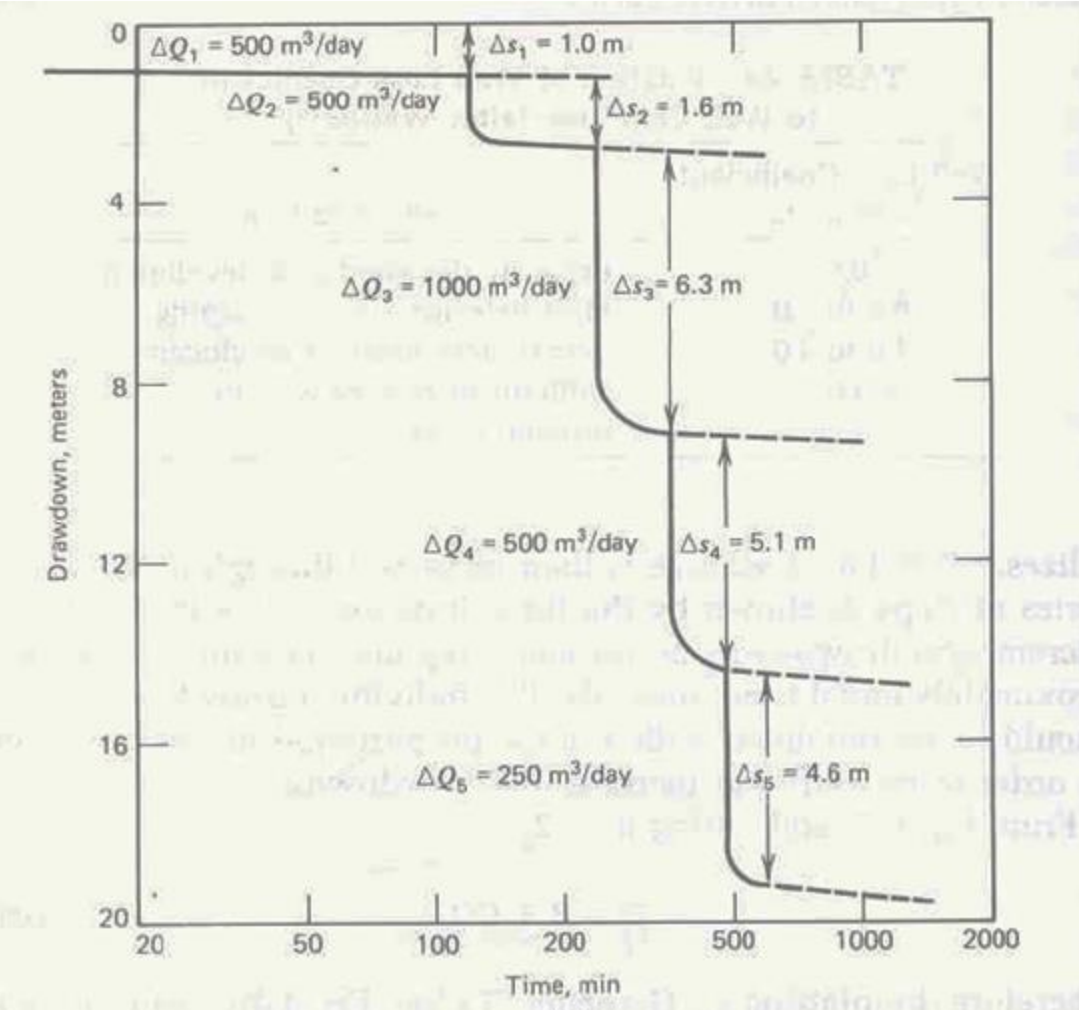
و C = ميل الخط المستقيم.



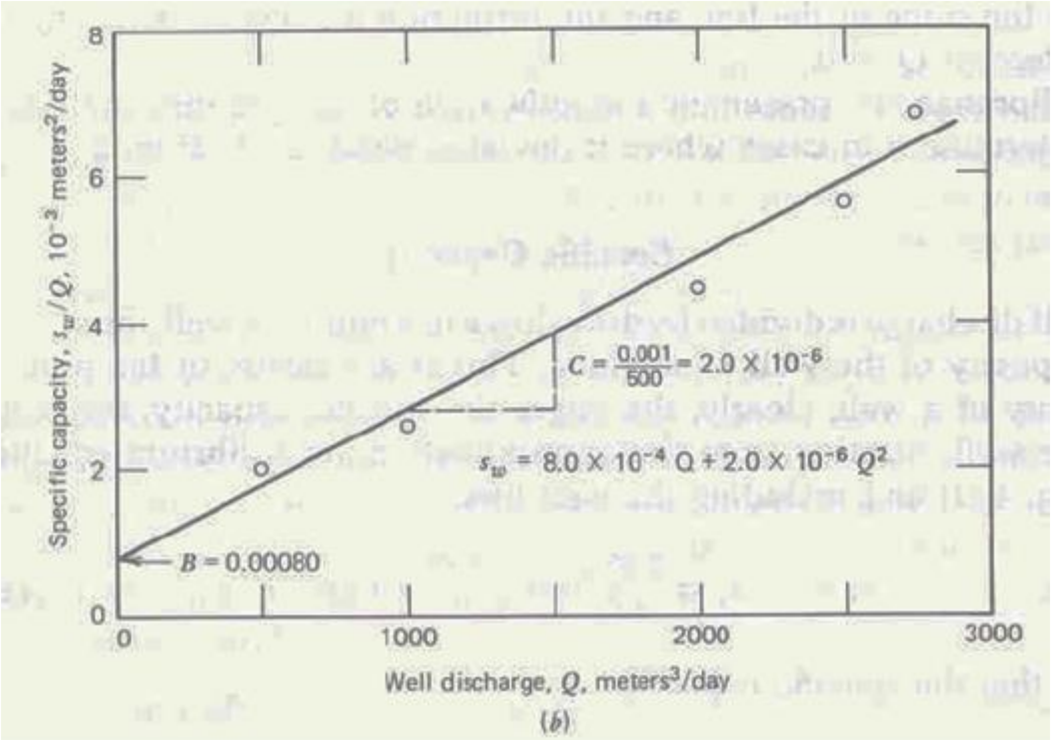
مثال توضيحي

To evaluate well loss a step-drawdown *pumping test* is required. This consists of pumping a well initially at a low rate until the drawdown within the well essentially stabilize. The discharge is then increased through a successive series of steps as shown by the time-drawdown data in **Figure a** below. Incremental drawdowns **Δ*s*** for each step are determined from *approximately equal time intervals*. The individual drawdown curves should be extrapolated with a slope proportional to the discharge in order to measure the incremental drawdowns.

From **Figure b** the well loss coefficient *C* is given by the slope of the line and the formation loss coefficient *B* by the intercept *Q*=0



(a)



تجربة الانخفاض المتدرج يمكن منها التعرف على النسبة المئوية للفقد الناتج عن الجريان الخطي Lp بالنسبة للفقد الكلي كما يلي

$$L_p = \frac{BQ \times 100}{BQ + CQ^2}$$

L_p is the ***ratio of laminar head losses to the total head losses*** (this parameter can be considered also **as well efficiency**).

السعة النوعية specific capacity (Sc) تعني كمية التصريف لكل وحدة انخفاض.

<u>Example</u> For Q = 2700 m3/d and s = 33.3 m the B = 0.012 m/m3/d

If C = 4 x 10^{-5}, then CQ^2 = 18.2 m

L_p **= 32.4/(32.4+18.2) = 65%**

<u>Example</u> : From a step-drawdown test we have determined the value of **Sc = 320 m3/d/m** of drawdown. And the static water level (**SWL**) in the borehole lies at **5 m** below ground level, and we want at least **2 m** of water in the hole **above the pump** during operation for safety reasons. if the client insists on a yield of **2000 m3/d. Find the water drawdown in the borehole below ground level.**

$$s_w = \frac{Q}{S_c} = \frac{2000}{S_c} = \frac{2000}{320} = 6.25\,m$$

Therefore, steady drawdown level will be at around **5 + 6.25 = 11.25 m** below ground level.

3-Third Method of Jacob

If all the drawdown data of all piezometers are used, the values of **s** versus **t/r2** can be plotted on semi-log paper. Subsequently, a straight line can be drawn through the plotted points.

طريقة جاكوب الثالثة تمثل العلاقة بين الهبوط (محور أفقي) مقابل الـزمن مقسـوما على مربع المسافةt / r^2 (محور رأسي).

في هذه الطريقة تقسم قيم الزمن الواردة في بيانات اختبار الضخ على مربع المسـافة الفاصلة بين بئري الضخ والملاحظة. توقع هذه البيانات على ورقة شبه لوغارتمية ويوصـل بينها بخط مستقيم ويمد هذا الخط حتى يتقاطع مع المحور الأفقي حيث تكون نقطة التقـاطع هي $(t / r^2)_o$، يقاس ميل الخط المسـتقيم بـين دورتـين لوغـارتميتين (Δs). وبتطبيـق المعادلتين:

$$T = 2.3Q / 4\pi\Delta s \quad (1$$

$$S = 2.25T\,(t / r^2)_o \quad (2$$

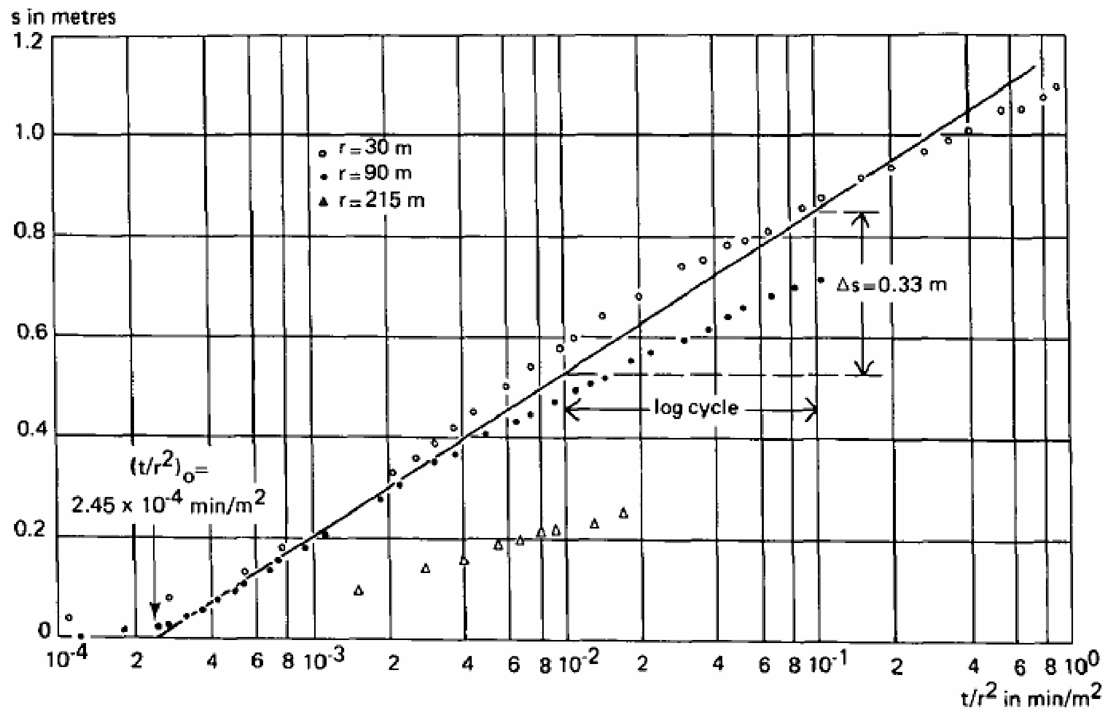
يمكن إيجاد قيمتي T & S.

Example: The s = 0 on the horizontal axis in $(t/r^2)_0 = 2.45 \times \mathbf{10^{-4}}$ min/m2 or $(2.45/1440) \times 10^{-4}$ d/m2. On the vertical axis, we measure the drawdown difference per log cycle of t/r2 as $\Delta s = 0.33$ m. The discharge rate Q = 788 m3/d. Introducing these values into Equation 1 gives:

$$\mathbf{T} = \frac{2.30Q}{4\pi\Delta s} = \frac{2.30 \times 788}{4 \times 3.14 \times 0.33} = 437\ \mathrm{m^2/d}$$

and into Equation 2:

$$S = 2.25KD(t/r^2)_0 = 2.25 \times 437 \times \frac{2.45}{1440} \times 10^{-4} = 1.7 \times 10^{-4}$$


s in metres
1.2
1.0
0.8
0.6
0.4
0.2
0
r = 30 m
r = 90 m
r = 215 m
Δs = 0.33 m
log cycle
(t/r2)o=
2.45 x 10-4 min/m2
10-4 2 4 6 8 10-3 2 4 6 8 10-2 2 4 6 8 10-1 2 4 6 8 100
t/r2 in min/m2