- **العلاقة بين منسوب الماء الجوفي وتصريف البئر ومعامل التوصيل الهيدروليكي في حالة الجريان غير المستقر Unsteady flow**

ان استمرار ضخ الماء من البئر المنشأ في مكمن ماء جوفي غير محصور سوف يؤدي الى نقصان معدل انحدار خط الشحة الهيدروليكية, اي ان $\frac{dh}{dr}$ يتغير مع الزمن.

$$Sw= \frac{Q}{4\pi t} (ln \frac{4Tt}{r^2 s^-} - 0.5772)$$

حيث:

T: معامل الامرار

s^-: معامل التخزين: وهو حجم المياه المنسابة من خزان غير محدود المساحة مقدارها وحدة واحدة من سطحه وبتغير في الضغط العمودي على هذا السطح قدره وحدة واحدة.

t: الزمن منذ بداية ضخ تصريف البئر

Example 1:

In the case of an unconfined aquifer, if the flow rate from the well (Q)= 1500 m^3/s, transmissivity (T)= 1200 m^2/d, radius of influence of the well (re)= 500 m, and radius of the well (rw)= 0.3 m. determine the drawdown at a distance of 30 m from the well after 2 days of pumping, What is the time needed to reach drawdown equal to 0.56 m at a distance of 30 m from the well, note that s^-= 0.1

Solution:

$$Sw = \frac{Q}{4\pi T}\left(\ln\frac{4Tt}{r^2 S} - 0.5772\right)$$

$$Sw = \frac{1500}{4*\pi*1200}\left(\ln\frac{4*1200*2}{30^2*0.1} - 0.5772\right)$$

$$\therefore Sw = 0.41\ m$$

$$0.56 = \frac{1500}{4*\pi*1200}\left(\ln\frac{4*1200*t}{30^2*0.1} - 0.5772\right)$$

$$\therefore t = 9.3\ days.$$

التداخل ما بين الابار

في بعض الحالات يكون الانخفاض في منسوب المياه الجوفية غير كافٍ لاتمام العمل, مما يتطلب حفر اكثر من بئر واحد للحصول على انخفاض كافي ولمسافات اكبر. الا ان ذلك يعني حصول تداخل بين هذه الابار Interference (منطقة تأثير مشتركة). بصورة عامة يكون مقدار الانخفاض الحاصل في مستوى الماء الجوفي عند اي نقطة مساوي لمجموع الانخفاضات الناتجة عن تأثير ضخ كل بئر على حدة. اي ان:

$$S_T = S_1 + S_2 + S_3 + S_4 + \ldots\ldots + S_n$$

حيث:

S_T = الانخفاض الكلي عند اي نقطة في الحقل

S_1 , S_2 = الانخفاضات عند تلك النقاط نتيجة ضخ هذه الابار

- **التأثير الناتج عن ضخ ابار متعددة في مكمن ماء جوفي غير محصور**

عند ضخ n من الابار المتداخلة في مكمن ماء جوفي غير محصور فان الانخفاض في مستوى سطح الماء عند اي نقطة في الحقل يمكن التعبير عنه بالمعادلة التالية:

$$h_e^2 - h^2 = \sum_{i=1}^{n} \frac{Q_i}{\pi k} \ln (r_{ei} / r_i)$$

حيث ان

h_e = منسوب الماء الجوفي قبل الضخ

h = منسوب الماء الجوفي الناتج عن عملية الضخ

Q_i = التصريف الثابت للبئر i

r_i = المسافة من النقطة P الى البئر i

r_{ei} = نصف قطر دائرة التأثير للبئر

k = نفاذية التربة للمكمن المائي

ملاحظة:

- اذا كان تصريف الابار متساوي اي ان:

$$Qi = Qn = \frac{Q}{n}$$

حيث ان Q هو التصريف الكلي للابار, وان نصف قطر دائرة التأثير للابار كافة متساوية ايظا, فان المعادلة تصبح:

$$h_e^2 - h^2 = \frac{Q}{\pi k} \ln (r_e / \bar{r})$$

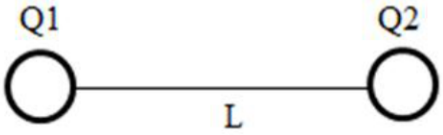
حيث ان

$$\bar{r} = (r1\ r2\ r3\ \ldots . rn)^{1/n}$$

وفي معادلات تصريف الابار التالية نفرض ان كل الابار لها نفس القطر ونفس التصريف وتخترق المكمن المائي غير المحصور كليا.

1- بئران يبعد احدهما عن الاخر بمسافة L ويتم ضخها في وقت واحد لمدة غير قصيرة من الزمن t بحيث:

$$(L^2 \mu / 4kDt) < 0.05$$



فان تصريف هذه الابار هو:

$$Q_1 = Q_2 = \frac{\pi k (h_e^2 - h_w^2)}{\ln (2.25\, kDt / L \mu r_w)}$$

حيث ان:

μ = المسامية المؤثرة effective porosity للمكمن المائي

D = السمك المشبع saturated thickness للمكمن المائي

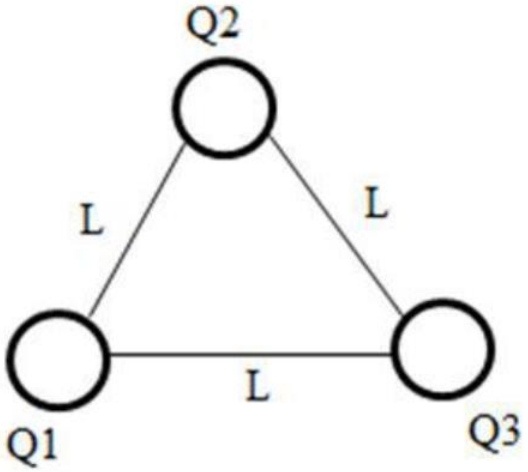
L = المسافة بين البئرين

t = زمن الضخ

❖ **اذا كان اكبر من (0.05) فلا يوجد تداخل بين البئرين**

2- ثلاث ابار مكونة مثلثا متساوي الاضلاع طول ضلعه L بحيث:

$$(L^2\mu / 4KDt) < 0{\cdot}05$$

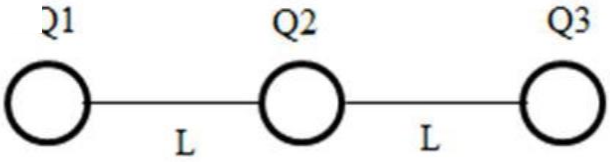


فان تصريف هذه الابار هو:

$$Q_1 = Q_2 = Q_3 = \frac{\pi k (h_e^2 - h_w^2)}{ln(R^3 / L^2 r_3)}$$

اما في حالة ضخ ثلاث ابار تقع على خط مستقيم والمسافة بين كل بئرين متجاورين L فان تصريف البئر الوسطي يختلف عن تصريف البئرين الخارجيين. وفي حالة كون:

$$(L^2\mu / 2kDt) < 0{\cdot}05$$



فان تصريف البئر الوسطي هو:

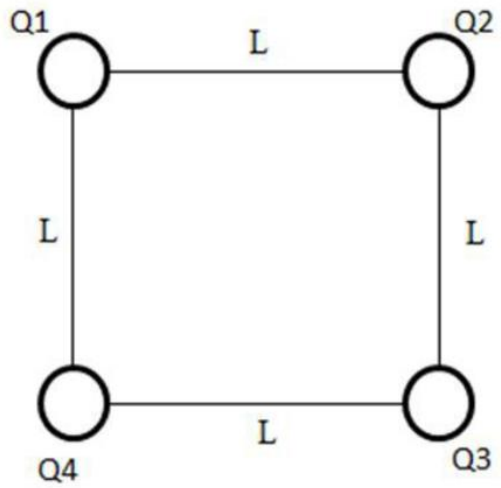
$$Q_2 = \frac{\pi k (h_e^2 - h_w^2) \ln(L/2r_w)}{2 \ln(R/L) \ln(L/r_w) + \ln(L/2r_w) \ln(R/r_w)}$$

وتصريف البئرين الخارجيين هو:

$$Q_1 = Q_3 = \frac{\pi k (h_e^2 - h_w^2) \ln(L/r_w)}{2 \ln(R/L) \ln(L/r_w) + \ln(L/2r_w) \ln(R/r_w)}$$

3- اربعة ابار مكونة مربعا طول ضلعه L بحيث:

$$(L^2\mu / 4kDt) < 0{\cdot}05$$



فتصريف هذه الابار هو:

$$Q_1 = Q_2 = Q_3 = Q_4 = \frac{\pi k (h_e^2 - h_w^2)}{ln (R^4 / \sqrt{2}\, L^3 r_w)}$$

مثال 2:

استخدمت ثلاث ابار تقع على خط مستقيم في مكمن ماء جوفي غير محصور, المسافة بين كل بئرين متجاورين L= 100 م. مستوى سطح الماء الجوفي قبل الضخ كان على ارتفاع 50 م فوق قاعدة المكمن الجوفي المتكونة من طبقة غير نفاذة, وبعد ضخ الابار بشكل مستمر لمدة 20 يوما انخفض منسوب الماء الجوفي 3 م في كل بئر. فاذا كان μ= 0.1 و KD= 2000 م^2 /يوم ونصف قطر كل بئر r_w = 0.25 م, اوجد تصريف البئر الوسطي وتصريف البئرين الخارجيين.

الحل:

$$\frac{L^2 \mu}{KDt} = \frac{100^2 * 0.1}{2000 * 20} = 0.025$$

$$\therefore \frac{L^2 \mu}{KDt} < 0.05$$

$$R = 1.5 \left(\frac{KDt}{\mu}\right)^{1/2}$$

$$R = 1.5 \left(\frac{2000 * 20}{0.1}\right)^{1/2} = 948.7 \text{ m}$$

$$K = \frac{2000}{50} = 40 \text{ m/d}$$

تصريف البئر الوسطي

$$Q_2 = \frac{\pi K (h_e^2 - h_w^2) \ln\left(\frac{L}{2r_w}\right)}{2\ln\left(\frac{R}{L}\right)\ln\left(\frac{L}{r_w}\right) + \ln\left(\frac{L}{2r_w}\right)\ln\left(\frac{R}{r_w}\right)}$$

$$Q_2 = \frac{\pi * 40 (50^2 - 47^2) \ln\left(\frac{100}{2*0.25}\right)}{2\ln\left(\frac{948.7}{100}\right)\ln\left(\frac{100}{0.25}\right) + \ln\left(\frac{100}{2*0.25}\right)\ln\left(\frac{948.7}{0.25}\right)}$$

$$= 2743.31 \text{ m}^3/\text{d}$$

تصريف البئرين الخارجيين

$$Q_1 = Q_3 = \frac{\pi K (h_e^2 - h_w^2) \ln\left(\frac{L}{r_w}\right)}{2\ln\left(\frac{R}{L}\right)\ln\left(\frac{L}{r_w}\right) + \ln\left(\frac{L}{2r_w}\right)\ln\left(\frac{R}{r_w}\right)}$$

$$Q_1 = Q_3 = \frac{\pi * 40 (50^2 - 47^2) \ln\left(\frac{100}{0.25}\right)}{2\ln\left(\frac{948.7}{100}\right)\ln\left(\frac{100}{0.25}\right) + \ln\left(\frac{100}{2*0.25}\right)\ln\left(\frac{948.7}{0.25}\right)}$$

$$= 3102.20 \text{ m}^3/\text{d}$$

- **التأثير الناتج عن ضخ ابار متعددة في مكمن ماء جوفي محصور**

في حالة مكمن ماء جوفي محصور تطبق نفس المعادلات اعلاه مع استبدال:

$2bhe$ بـ he^2 و $2bhw$ بـ hw^2