

تقييم أداء آبار ضخ المياه من طبقة المياه الجوفية المضغوطة في بانياس اعتماداً على تجربة مراحل الهبوط والنهوض

الدكتور شريف بدر حايك*

(تاريخ الإيداع 14 / 2 / 2008. قُبِلَ للنشر في 2008/6/4)

□ الملخص □

يتضمن البحث دراسة تحليلية لتجارب أداء البئر، اعتماداً على تجربة الهبوط على مراحل والنهوض في بئر ضخ مفردة في بانياس، محفورة في طبقة حاملة لمياه جوفية مضغوطة في توضع الكريتاسي. تسهم الدراسة التحليلية بتقييم بارامترات فواقد البئر الخطية وغير الخطية ومعامل جدار البئر، وقيمة الناقلية المائية للطبقة الحاملة للمياه الجوفية المضغوطة، إضافةً إلى استنتاج معادلة الهبوط - تصريف للحصول على التصريف الأمثل للبئر، الأمر الذي يمكننا من الإدارة المثلى للموارد المائية الجوفية المتاحة. تسمح تجربة أداء البئر المفردة في بانياس والتي تتميز بسهولة التنفيذ وانخفاض التكاليف، بتحديد غزارة البئر والتي تقدر بـ $600 \text{ m}^3/\text{h}$ مقابل هبوط لايزيد على 6m، وذلك بعد تنفيذ عمليات تطوير جيدة للطبقة الحاملة للمياه الجوفية.

الكلمات المفتاحية: تجربة أداء البئر، تجربة مراحل الهبوط، فواقد الطبقة الحاملة للمياه، فواقد بئر الضخ، جدار البئر.

* مدرس - قسم الهندسة المائية والري - كلية الهندسة المدنية - جامعة تشرين - اللاذقية - سورية.

Evaluation of Well Performance for Water Pumping from the Confined Aquifer in Bantias, depending on the Experiment of drawdown and recovery stages

Dr. Sharif B. Hayek*

(Received 14 / 2 / 2008. Accepted 4 / 6 / 2008)

□ ABSTRACT □

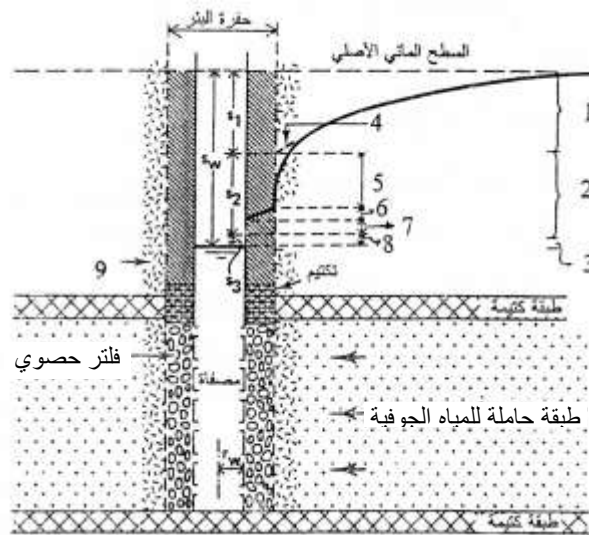
This research contains an analytical study of well performance tests, depending on the experiment of drawdown and recovery stages in a single pumping well in Bantias. This well is drilled in a confined aquifer in cretaceous deposits. The analytical study contributes to evaluating the parameters of linear and nonlinear head losses, and calculating the well skin and transmissivity of the aquifer, as well as deducing the equation of the discharge – drawdown to get the optimum discharge of the well, which makes the optimum management of the groundwater resources available. The well performance test in the pumping well of Bantias involves simple execution and low costs, and gives us 600 m³/day and drawdown of no more than 6m. But before the test, the aquifer must undergo certain developmental processes.

Keywords: Well performance test, Steps – drawdown and recovery tests, Aquifer losses, Well losses, Skin.

* Assistant Professor, Water and Irrigation Engineering Department, Faculty of Civil Engineering, Tishreen University, Lattakia , Syria.

مقدمة:

تتمثل تجارب أداء البئر Well - performance tests بنمطين اثنين: تجربة مراحل الهبوط Steps- drawdown test، وتجربة النهوض Recovery test. ينتج الهبوط في بئر الضخ من مركبتين أساسيتين: فواید الطبقة الحاملة للمياه الجوفية Aquifer losses، وفواید البئر Well losses (الشكل -1)، حيث تمكننا تجربة أداء البئر من تحديد هذه الفواید بواسطة تقييم البارامترات [1] P, C, B.



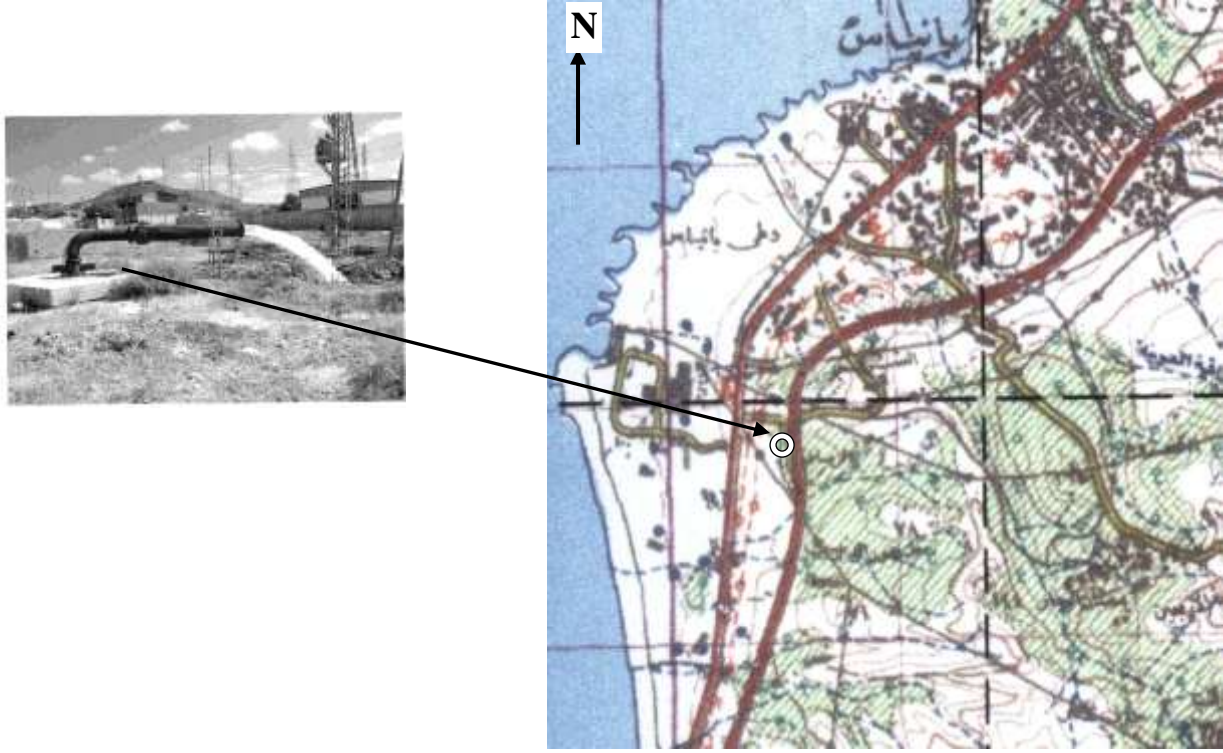
الشكل -1. فواید الضاغظ المختلفة في بئر الضخ

- 1- الفاقد في الخزان الجوفي. 2- الفاقد الخطي في البئر. 3- الفاقد غير الخطي في البئر.
- 4- الهبوط النظري. 5- فاقد الضاغظ الإضافي. 6- الفاقد في الضاغظ عند الغلاف الحصوي.
- 7- الفاقد عند دخول المصفاة. 8- الفاقد بسبب اضطراب الجريان. 9- المنطقة المتأثرة بسائل الحفر.

تقسم فواید البئر إلى فواید ضاغظ خطية Linear losses، وفواید ضاغظ غير خطية Non- Linear losses. تنتج فواید البئر الخطية عن تخرب الطبقة الحاملة للمياه الجوفية في أثناء عمليات حفر البئر وإكسائه Casing. بينما تنتج فواید البئر غير الخطية عن الاحتكاك مع إكساء البئر وأنابيب الضخ؛ ليصبح الجريان باتجاه البئر مضطرباً Turbulent flow [2].

تنفذ تجربة مراحل الهبوط Steps - drawdown test في بئر مفردة، حيث يبدأ الضخ بتصريف ثابت قليل حتى يستقر الهبوط في البئر خلال المرحلة الأولى، ومن ثم يُزاد التصريف على عدة مراحل يستقر فيها الهبوط في كل مرحلة حتى نصل أكبر تصريف ممكن في المرحلة الأخيرة [3].

لقد نُقِّدَتْ تجربة الهبوط على مراحل والنهوض في آبار باناياس المحفورة في توضع الكريتااسي عام 2003، بمشاركة فريق عمل جيولوجي هيدروجيولوجي من الجامعات السورية، وبإشراف الشركة السويسرية - الهولندية IBG / DHV الدارسة لمشروع " إمداد جزء من مدينة دمشق وضواحيها بمياه الشرب من فائض مياه الساحل السوري " (الشكل -2).



الشكل - 2. موقع تجربة الضخ من البئر في بانياس.

يحدد الهبوط في بئر الضخ الموافق لتصريف ما ثابت بمعادلة Jacob عام 1947:

$$S_w = B.(r_{ew}, t).Q + C.Q^2 \quad (1)$$

حيث:

$$B.(r_{ew}, t) = B_1.(r_w, t) + B_2 \quad (2)$$

معامل الفاقد الخطي للطبقة الحاملة للمياه الجوفية: $B_1(r_w, t)$

معامل الفاقد الخطي للبئر: B_2

معامل الفاقد غير الخطي: C

نصف القطر الفعال للبئر: r_{ew}

مدة الضخ: t

أجريت أبحاث عديدة لتحديد تغيرات الجريان من أو إلى الآبار فاقترح الباحث, Rorabaugh عام 1953 معادلة

الهبوط في البئر لتصبح معادلة Jacob السابقة بالشكل الآتي:

$$S_w = B.Q + C.Q^p \quad (3)$$

تتغير قيمة P بين (1,5-3,5) اعتماداً على قيمة التصريف، لكن Jacob أكد عملياً بأن $P=2$ هي القيمة الأكثر

قبولاً في العالم [4].

أهمية البحث وأهدافه:

تتميز تجارب أداء الآبار عن غيرها من تجارب الضخ بسهولة تنفيذها وكلفتها الرخيصة خاصة أنها تنفذ في بئر ضخ مفردة، إضافة إلى إمكانية الحصول على معلومات مهمة تتعلق بتحديد فواقد البئر الخطية وغير الخطية وفواقد الطبقة الحاملة للمياه والتنبؤ بمعدلات الغزارة المقترحة من البئر والهبوط المرافق لها. ويسهم تقييم تجربة أداء البئر باتخاذ القرار المتعلق باختيار المضخة المثلى للبئر، وضرورة تنفيذ تجربة ضخ طويلة أم لا في البئر، وهي تجربة مكلفة وتحتاج لأعباء كثيرة تتعلق بإعداد برامج العمل في بئر الضخ وآبار المراقبة، ويستمر العمل حتى خمسة أيام على الأقل، مترافقة برصد التركيب الكيميائي والجرثومي في الآبار. يهدف البحث إلى إجراء دراسة تحليلية لتجارب أداء البئر في بئر ضخ مفردة محفورة في طبقة حاملة لمياه جوفية مضغوطة في توضعات الكريناسي في المنطقة السهلية لبانياس، لتقييم حالة آبار الضخ وأدائها ومأمولية الطبقات الحاملة للمياه الجوفية المضغوطة، واستنتاج معادلة الهبوط - تصريف للحصول على التصريف الأمثل للبئر ومن ثم التنبؤ بالهبوط المتوقع داخلها تبعاً لسيناريوهات مقترحة للتصريف من البئر خلال زمن ما.

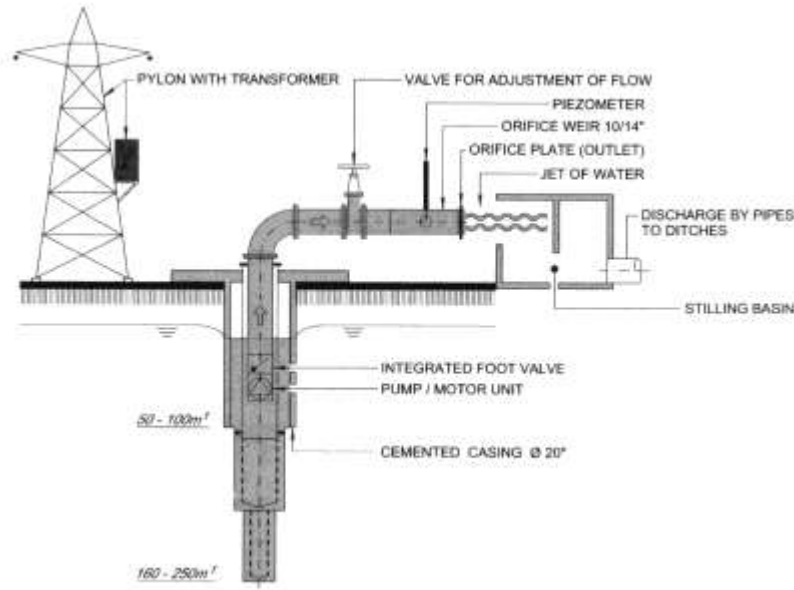
مواد البحث وطرائقه:

يعتمد البحث على تنفيذ تجربة الهبوط على مراحل والنهوض في بئر ضخ مفردة في بانياس، لتقييم حالة هذه البئر وأدائها، ومن ثم بعد إجراء دراسة تحليلية لطرائق تحليل هذه التجربة، اعتمدت طريقة Hantush - Bierschenk التي تلائم الخصائص الهيدروجيولوجية للطبقات الحاملة للمياه الجوفية المضغوطة المدروسة، وذلك لتقييم معاملات الهبوط في البئر B, C، واستنتاج معادلة الهبوط - تصريف للحصول على التصريف الأمثل للبئر. كما اعتمدت طريقة Eden - Hazel لتقييم بارامترات فاقد البئر والناقلية المائية للطبقة الحاملة للمياه الجوفية، ومن ثم لابد من تدقيق لقيمة الناقلية المائية بوساطة تجربة النهوض في بئر الضخ باستخدام طريقة Eden - Hazel أيضاً.

ومن الجدير ذكره، أن تطبيق الطرائق التحليلية السابقة يعتمد على جملة افتراضات تحققها الخصائص الهيدروجيولوجية لمنطقة البحث، والمتعلقة بكون الطبقة الحاملة للمياه الجوفية مضغوطة، وذات امتداد مساحي كبير نسبياً، والسطح البيزومتري للمياه الجوفية قبل الضخ أفقي تقريباً في المساحة التي ستتأثر بمعدلات الضخ المقترحة، إضافة إلى أن الضخ يتم على مراحل بمعدلات ضخ متزايدة وباستخدام مضخة عمودية، كما أن الجريان غير مستقر باتجاه البئر، التي تخترق كامل السماكة المشبعة للطبقة الحاملة للمياه. وتستقبل البئر المياه فقط عن طريق الجريان الأفقي.

إن من أهم المواد المستخدمة في البحث (الشكل - 3):

- مضخة غاطسة نوع: CAPRARI Type: E 14 S 64/ 1A, + M 10180، يصل الضاغط المانومتري الإجمالي لها إلى 50 m، و طاقة محركها 132 K.W. تتطلب كابلات ضمن البئر $3 (1 \times 70) \text{ mm}^2$.
- مقياس غزارة التصريف باستخدام هدار ذي فتحة دائرية Circular Orifice Weir 10/14 Inch.
- مقياس أعماق المياه الجوفية كهربائي ضوئي، نموذج KLL، مزود بكابل طوله 100 m مدرج بالسنتيمتر، دقة القياس $\pm 0.5 \text{ cm}$.
- برنامج Logplot 2000، إضافة إلى Microsoft Office 2003.

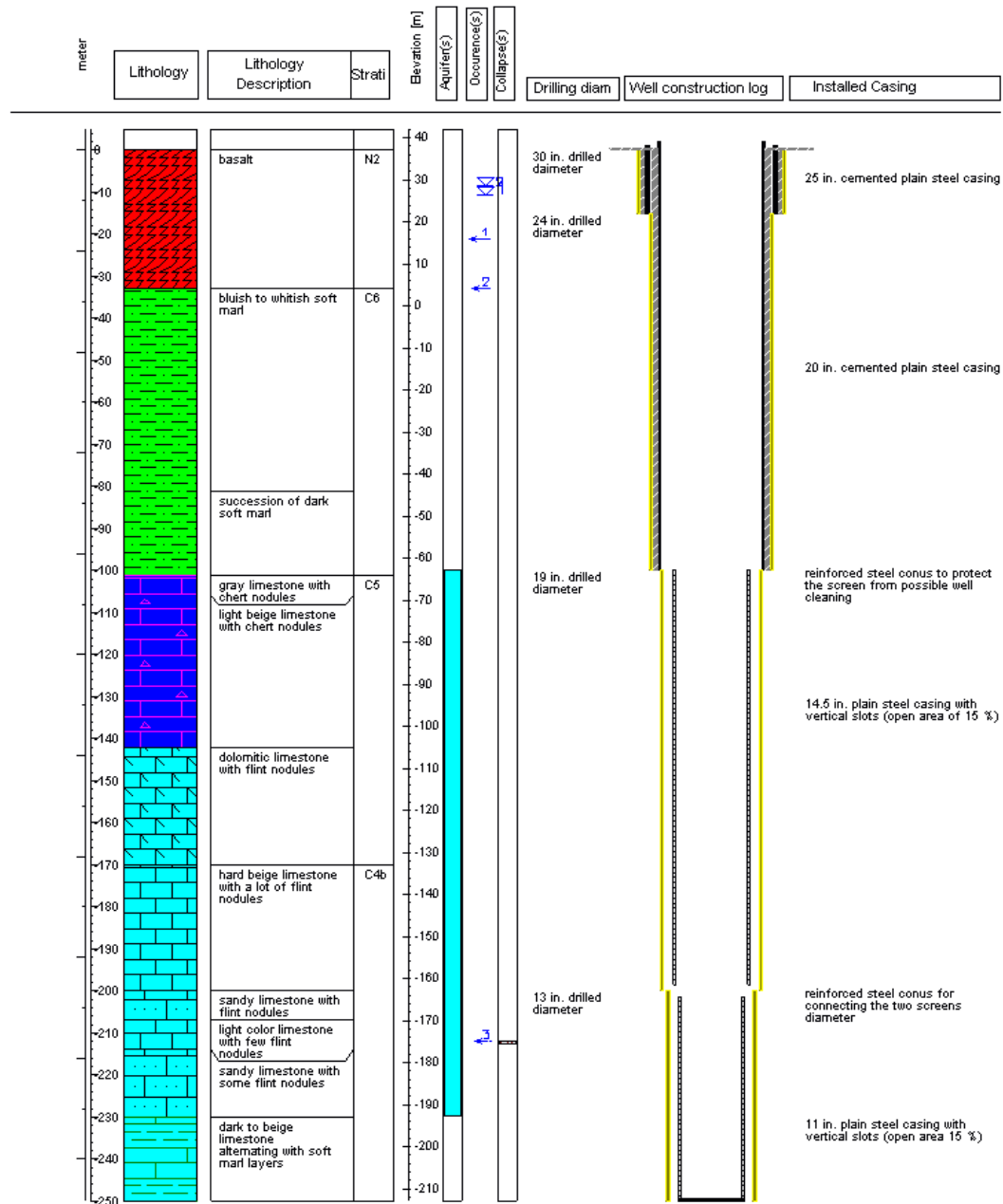


الشكل - 3. التجهيزات المستخدمة في تجربة الضخ على مراحل والنهوض من بئر بانكاس.

الوضع الجيولوجي:

تنتشر في المنطقة الساحلية أنواع مختلفة من الجبال والهضاب والأراضي المنخفضة والوديان المؤلفة من تشكيلات جيولوجية تعود إلى عصر الميزوزويك والرباعي. تتألف هذه التوضعات في منطقة الدراسة من طبقات سميكة متلاحقة من الكربونات المغطاة بالبازلت، حيث تتشكل هذه الطبقات بدورها من تناوبات دولوميت، وصخور كلسية دولوميتية، وصخور كلسية مغطاة بطبقات سميكة إلى متوسطة السماكة من الحصى الصوانية (الشكل 4-). وتعود إلى ما بين الحقب الجوراسي الأوسط والكريتاسي الأوسط، تقدر سماكتها الوسطى بـ 1200م [5]. تُصادف بعض طبقات المارل الأفقية ذات سماكة كبيرة ضمن تشكيلات الكريتاسي الأوسط، وتصادف صبات من البازلت والطف والحمم والبريشيا البركانية سماكتها الوسطية 100م، ضمن طبقات الكريتاسي. إن أكثر الطبقات الواعدة بوجود مصادر للمياه الجوفية فيها هي الطبقات الكارستية في المنطقة الساحلية، مع أن معالم الكارست معقدة جداً، حيث تتناوب الطبقات الحاملة للمياه والطبقات الكتيمة. وتتأثر حركة المياه بشكل كبير بالبنية التكتونية والمعالم البركانية.

يترافق الكارست مع توضع طبقات سميكة من الصخور الكربوناتيية التي تعود إلى الجوراسي الأعلى والكريتاسي الأوسط، خاصةً الحجر الكلسي العائد لتشكيل السينومانيان والتورونيان ومن الجدير ذكره أن بداية تشكل الكارست تعود إلى فترة انحسار البحر وحت الطبقات التي تعود إلى عصر الكريتاسي [6].



Drilled by (contractor): Muhannad Ahmad Ameen

Dates:

Started work: 14.09.02

Finished work: 18.11.02

GPS Position: X: 35.9341

Y: 35.17154

Elevation: Z: 37.05

الشكل-4. العمود الليتولوجي لبئر الضخ في بانياس.

بدأت الحركات التكتونية في العصر الثلاثي الأوسط بتشكيل انهدام الغاب وتطور البنية الكارستية في المنطقة الساحلية حيث نهضت الطبقات وانحدرت بلطف نحو الغرب. تصطم الحركات التكتونية خاصة الشمالية الشرقية -

الجنوبية الغربية بالفوالق شبه الشاقولية المنزلة، التي تعمل بوصفها مناطق ترشح منها المياه إلى الحوامل المائية العميقة وأقنية الصرف الرئيسة المتواجدة في المناطق المشبعة، فعندما يحدث تلامس بين الحوامل المائية الكلسية والطبقات الكتيمة فإن الفوالق عندها تسمح للمياه الجوفية بالارتفاع حتى السطح تبعاً للمنسوب البيزومتري لها.

فيما يتعلق بالجريان القاعدي، فإن المياه التي تنتقل ضمن طبقات ذات نفوذية منخفضة تعد المساهم الرئيس في تغذية الآبار الارتوازية والينابيع. تبقى المياه وقتاً طويلاً نسبياً ضمن الطبقة الحاملة للمياه وتنتقل بشكل رئيس ضمن الطبقات ذات النفوذية الأخفض. خلال موسم ارتفاع مناسيب المياه تتحرك أكثر من نصف كمية المياه الراشحة نتيجة الهطول المطري بسرعة ضمن الطبقات الحاملة عبر الفوالق الرئيسة [7].

إن الطبقات الحاملة للمياه الجوفية ارتوازية، وتتوضع تحت الطبقات غير النفوذة، تدرجها الهيدروليكي عالٍ في بعض المواقع، تتوضع طبقات المارل غير النفوذة بشكل متناوب مع طبقات الحجر الكلسي الكريتاسية، فتتشكل عدة طبقات حاملة للمياه.

النتائج والمناقشة:

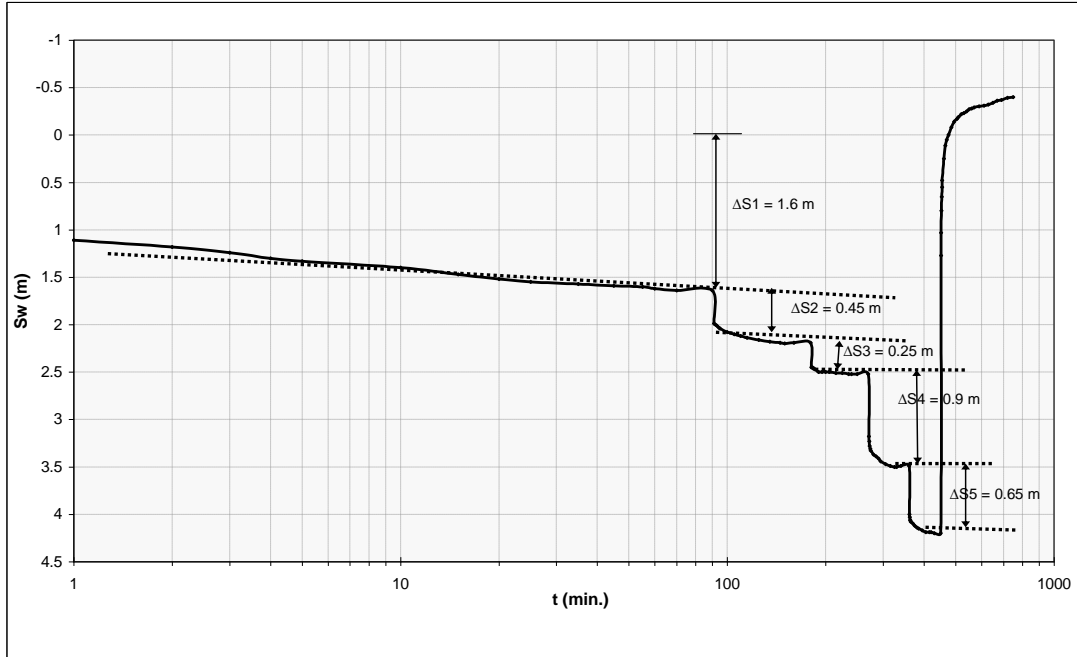
1- تحليل معطيات تجربة الهبوط على مراحل باستخدام طريقة Hantush – Bierschenk:

يعبر Hantush عن الهبوط في بئر الضخ خلال n مرحلة من تجربة مراحل الهبوط [1]:

$$S_{w(n)} = \sum_{i=1}^n \Delta Q_i \cdot B \cdot (r_{ew}, t - t_i) + CQ_n^2 \quad (4)$$

$$\sum_{i=1}^n \Delta Q_i = Q_n \quad (5) \quad \text{حيث أن:}$$

نحسب تغير الهبوط $\Delta S_{w(i)}$ لكل مرحلة خلال فاصل زمني ثابت Δt وليكن $\Delta t = 50 \text{ min}$ (الشكل-5).



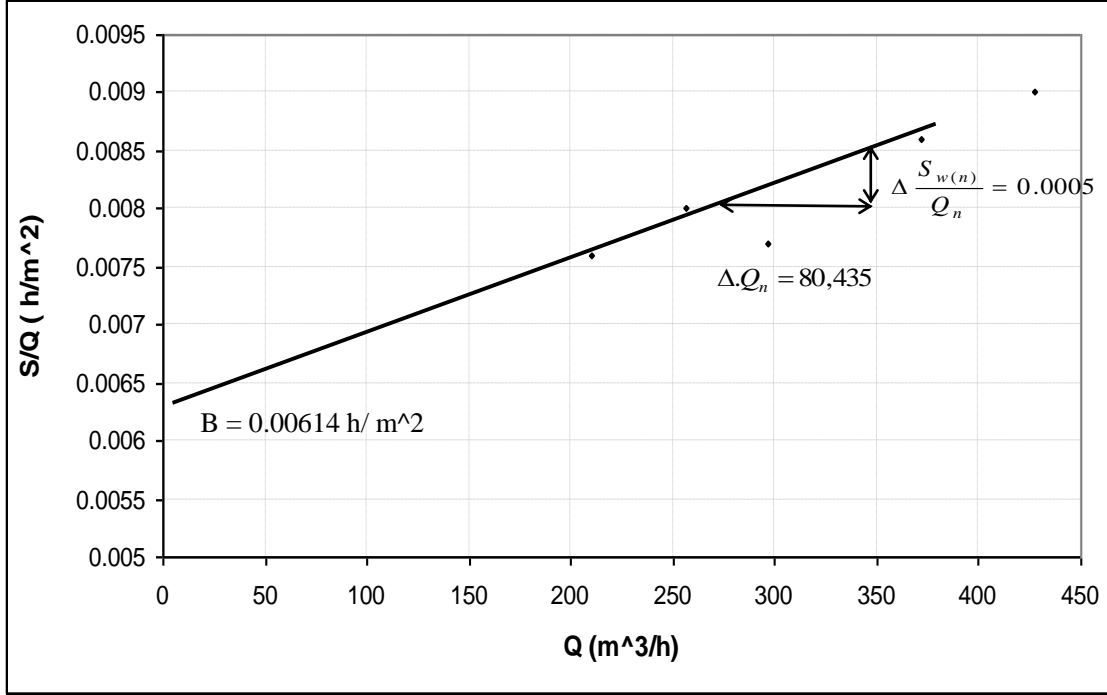
الشكل-5. هبوط سطح المياه الجوفية مع الزمن في تجربة مراحل الهبوط

تبعاً لـ Hantaush – Bierschenk method

يمكن كتابة (المعادلة 4-) كالتالي:

$$\frac{S_{w(n)}}{Q_n} = B(r_{ew}, \Delta t) + CQ_n \quad (6)$$

نرسم علاقة $\frac{S_{w(n)}}{Q}$ مع Q_n ونبحث عن أفضل مستقيم ملائم يمر من النقاط الخمس والذي يمثل (المعادلة 6-)، (الشكل 6-):



الشكل 6- علاقة تغير Q مع S/Q

ميل هذا المستقيم C:

$$C = \frac{\Delta \frac{S_{w(n)}}{Q_n}}{\Delta Q_n} = \frac{0.0005}{80.435} = 6,22 \cdot 10^{-6} \text{ hour}^2 / \text{m}^5 = 6,22 \cdot 10^{-4} \text{ hour}^2 / \text{m}^5 \ll 0,5$$

وبالتالي فإن تصميم البئر جيد، وقد طوّر أيضاً بشكل جيد قبل تجربة الضخ على مراحل، إضافة إلى عدم وجود اضطرابات في الجريان ضمن مسامات الطبقة الحاملة للمياه الجوفية.

نمدد الخط المستقيم؛ ليتقاطع مع المحور الشاقولي الممثل لـ $\frac{S_{w(n)}}{Q_n}$ والموافق لـ $Q = 0$ فينتج لدينا:

$$B = 0,00614 \text{ hour} / \text{m}^2 = 0,37 \text{ min} / \text{m}^2$$

عند $\Delta t = 50 \text{ min.}$

$$S_w = B(r_{ew}, \Delta t)Q_n + CQ_n^2 \quad (7)$$

$$S_w = 0,00614 \cdot Q + 6,22 \cdot 10^{-6} \cdot Q^2$$

فيمكن الحصول على غزارة مقدارها $600 \text{ m}^3/\text{h}$ من بئر الضخ مقابل هبوط لا يتجاوز 6 m فقط.

2- تحليل معطيات تجربة الهبوط على مراحل باستخدام طريقة Eden – Hazel:

تعتمد طريقة الباحثين Eden & Hazel عام 1973 في تحديد فواقد الضاغظ في البئر وتقييم الناقلية المائية

للطبقة الحاملة للمياه الجوفية على طريقتي Jacob and Theis المعروفتين في تحليل

تجارب الضخ [8]، وباعتبار فواقد البئر غير الخطية ($C.Q^2$) تصبح معادلة الهبوط في البئر:

$$S_{w(n)} = a.Q_n + b.H_n + C.Q_n^2$$

$$(8) \quad H_n = \sum_{i=1}^n \Delta Q_i \cdot \log(t - t_i)$$

حيث أن:

$$a = \frac{2,3}{4\pi K.D} \log \frac{2,25K.D}{r_{ew}^2.S} \quad (9)$$

$$b = \frac{2,3}{4\pi K.D}$$

نحسب H_n لكل مرحلة وخلال الفواصل الزمنية Δt_i لكل مرحلة على حدة، علماً أن تصارييف البئر خلال

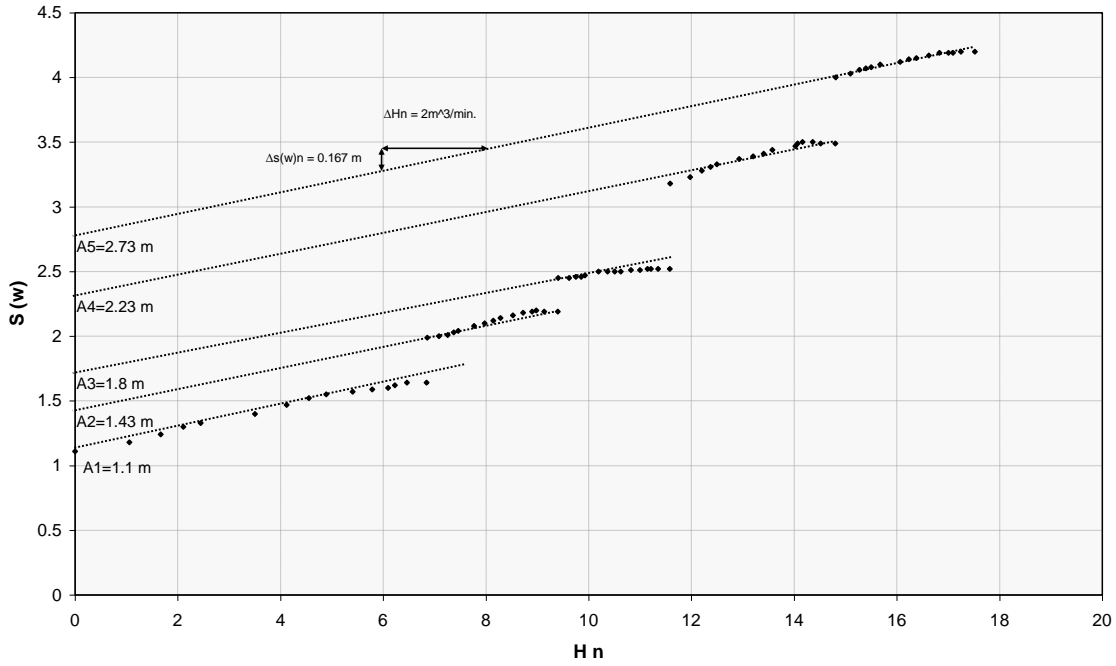
المراحل الخمس هي $Q_1 = 5040 \text{ m}^3/\text{day}$ ، $Q_2 = 6144 \text{ m}^3/\text{day}$ ، $Q_3 = 7128 \text{ m}^3/\text{day}$ ،

$Q_4 = 8928 \text{ m}^3/\text{day}$ ، $Q_5 = 10248 \text{ m}^3/\text{day}$. فنجد بعد رسم تغير قيم H_n لكل مرحلة من مراحل تجربة الهبوط

مع الهبوط $S_{w(n)}$ (الشكل 7-)، أن $b = \frac{\Delta S_{w(n)}}{\Delta H_n} = 5,8.10^{-5} \text{ day}/\text{m}^2$ ، وقِيم المعاملات

A_n المتعلقة بالهبوطات $S_{w(n)}$:

$$A_1 = 1.1\text{m}, A_2 = 1.43\text{m}, A_3 = 1.8\text{m}, A_4 = 2.23\text{m}, A_5 = 2.73\text{m}$$



الشكل 7- علاقة H_n مع $S_{(w)}$

ثم نجد أن قيمتي $C = \frac{\Delta(A_n)}{\Delta Q_n} = 8.10^{-9} \text{ day/m}^5$ ، $a = 0.000216 \text{ day/m}^2$ من رسم نسبة تغير

مع قيم Q_n لكل مرحلة من مراحل الهبوط (الشكل - 8).

تحدد الناقلية المائية من العلاقة:

$$K.D = \frac{2,3}{4\pi.b} = \frac{2,3}{4.\pi.5,8.10^{-5}} = 3155,7 \text{ m}^2 / \text{day}.$$

معادلة الهبوط لبئر الضخ:

$$S_w = (0,000216 + 5,8.10^{-5} \log t).Q + 8.10^{-9}.Q^2$$

فعند $t = 100 \text{ min}$ ، يمكن الحصول على غزارة مقدارها $600 \text{ m}^3/\text{h}$ يقابلها هبوط في بئر الضخ لا يتجاوز 5 m .

3- تحليل معطيات تجربة النهوض باستخدام طريقة Eden - Hazel:

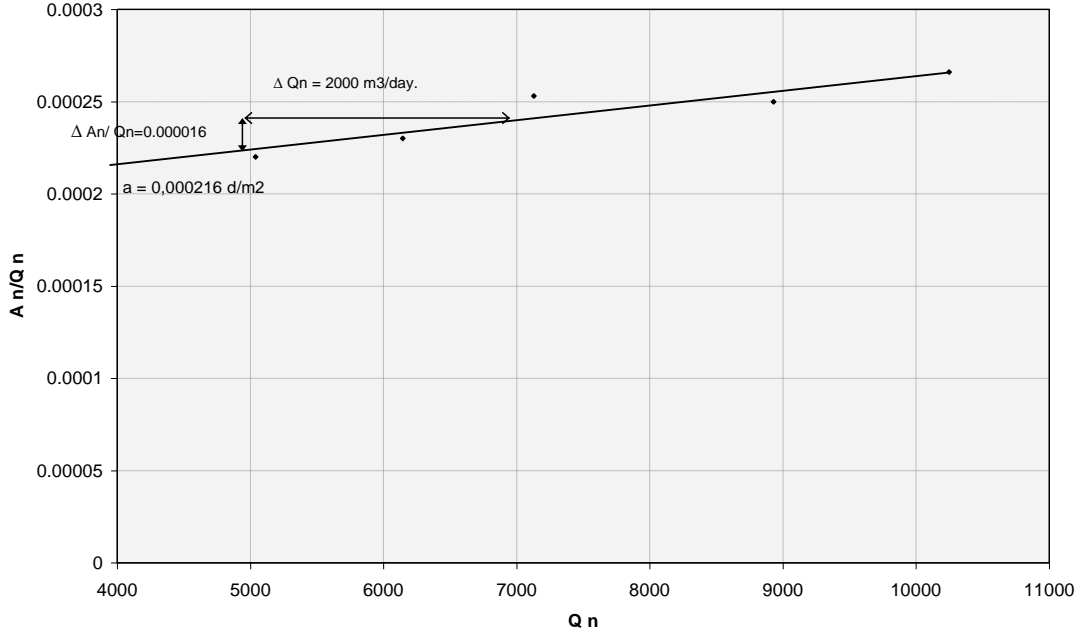
من الناحية العملية يجب تطبيق طريقة Eden - Hazel باستخدام معطيات الهبوط والنهوض Recovery، حيث تمتاز معطيات النهوض غالباً بموثوقية أكبر من معطيات الهبوط:

تصبح معادلة H_n لمعطيات النهوض:

$$H_n = 3,5.\log t + 0,767.\log(t - 90) + 0,683.\log(t - 180) + 1,25.\log(t - 270) + 0,917.\log(t - 360) - 7,117.\log(t - 450)$$

نرسم على ورقة ميليمترية تغير الهبوط المتبقي $S'_{w(n)}$ مع قيم H_n لمرحلة النهوض ونبحث عن أفضل مستقيم

موائم لهذه النقاط، فنجد أن ميل هذا المستقيم: $\frac{\Delta S'_{w(n)}}{\Delta H_n} = 7,6 \cdot 10^{-5} \text{ day/m}^2$ (الشكل 9).

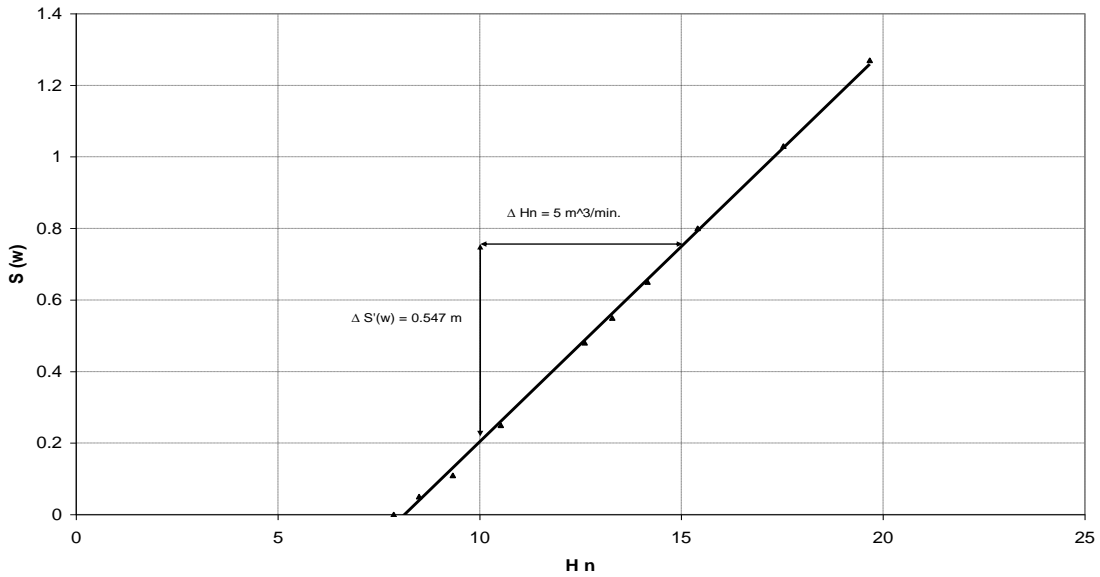


الشكل 8- علاقة تغير Q_n مع A_n/Q_n

وبالتالي فإن الناقلية المائية للطبقة الحاملة للمياه الجوفية:

$$T = K.D = \frac{2,3 \cdot \Delta H_n}{4 \cdot \pi \cdot \Delta S'_{w(n)}} = 2408 \text{ m}^2 / \text{day}.$$

وهذا ما يؤكد أن الطبقة الحاملة للمياه الجوفية المضغوطة ذات مأمولية عالية جداً [9].



الشكل 9- علاقة تغير H_n مع $S_{(w)}$ لمرحلة النهوض.

4- تحديد معامل جدار البئر Skin بواسطة اختبارات النهوض Recovery tests:

يمكن بواسطة اختبارات النهوض لتجربة الهبوط على مراحل تحديد معامل جدار البئر، فإذا كان نصف القطر الفعال r_{ew} أكبر من نصف القطر الحقيقي لحفرة البئر r_w يكون عندها معامل جدار البئر موجباً، أما إذا كان أصغر من نصف القطر الحقيقي لحفرة البئر فإن معامل جدار البئر سالب، وبالتالي فإن أعمال حفر البئر ليست جيدة، أو أن فلتر البئر مغلق Clogged.

عند توقف المضخة عن العمل تبدأ مرحلة النهوض، فإن الهبوط المتبقي s'_w في البئر من أجل

$$: t' > 25.r_w^2.s / K.D$$

$$s'_w = \frac{Q}{4.\pi.K.D} \left[\ln \frac{2,25.K.D.t}{r_w^2.S} + 2.(skin) \right] - \frac{Q}{4.\pi.K.D} \left[\ln \frac{2,25.K.D.t'}{r_w^2.S} + 2.(skin) \right] = \frac{2,3}{4.\pi.K.D} \log \frac{t}{t'} \quad (10)$$

حيث أن: t - الزمن منذ بداية الضخ.

t' - الزمن منذ إيقاف الضخ.

من أجل $t > 25.r_w^2.s / K.D$ ، فإن توقيع قيم s'_w مع t / t' على شبكة نصف لوغاريتمية، ومن ثم إيجاد

الخط المستقيم الموائم (الشكل -10). يمكننا من حساب ناقلية الطبقة الحاملة للمياه الجوفية المضغوطة:

$$\Delta s'_w = \frac{2,3.Q}{4.\pi.K.D} = 0,77m \Rightarrow K.D = T = 2,3.10248 / 0,77.4.\pi = 2435,9m^2 / day.$$

ومن أجل: $t = t_p$ (الزمن الكلي للضخ) تصبح معادلة الهبوط بالشكل الآتي:

$$S_w(t_p) - S'_{wi} = skin \left(\frac{Q}{2.\pi.K.D} \right)$$

$$\frac{2,25.K.D.t_p}{r_w^2.S} = \frac{t_p + t'_i}{t'_i} = \frac{2,25.2435,9.475 / 24.60}{(0,475)^2.4,2} = 1907,8 \quad \text{لذلك نحدد النسبة:}$$

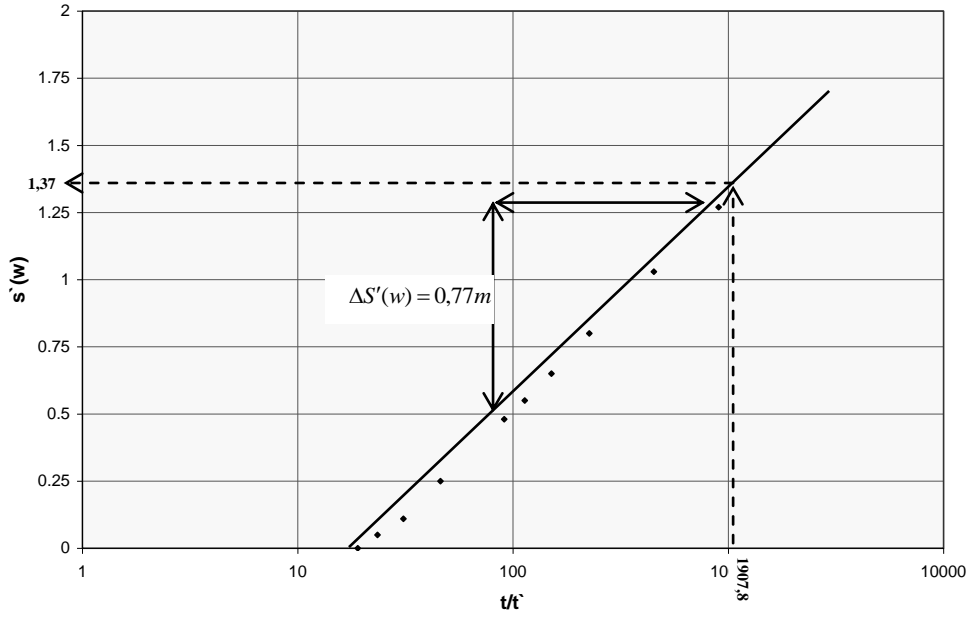
نقرأ قيمة s'_w الموافقة لقيمة النسبة: $1907,8 = \frac{t_p + t'_i}{t'_i}$ من (الشكل -10) فنجد أن: $s'_w = 1,37m$

ثم نحسب قيمة معامل جدار البئر:

$$S_w(t_p) - S'_{wi} = skin \left(\frac{Q}{2.\pi.K.D} \right) \Rightarrow 4,2 - 1,37 = skin \frac{10248}{2.\pi.2435,9} \Rightarrow skin = +4,23 \approx 4$$

بما أن قيمة معامل جدار بئر الضخ موجبة، فإن أعمال حفر البئر كانت جيدة، وكان فلتر إكساء البئر Screen

ذا مواصفات فنية جيدة أيضاً.



الشكل -10. تغير قيم الهبوط المتبقي $S'(w)$ مع نسبة t / t'

الاستنتاجات والتوصيات:

- 1- تتميز آبار الضخ في بانياس بكفاءة وأداء جيدين، وهي ذات مأمولية عالية جداً، تصل ناقلية الطبقة الحاملة للمياه الجوفية إلى $3156 \text{ m}^2/\text{day}$.
 - 2- اعتماداً على استنتاج معادلة التصريف - هبوط لتجربة أداء بئر الضخ المحفورة في طبقة المياه الجوفية المضغوطة ضمن توضع الكريتناسي في بانياس ، يمكن الحصول على غزارة مقدارها $600 \text{ m}^3/\text{h}$ ، مقابل هبوط يصل إلى 6 m فقط.
 - 3- إن قيمة معامل جدار البئر موجبة $+4$ ، Skin، الأمر الذي يؤكد أن أعمال حفر بئر الضخ في منطقة بانياس كانت جيدة، وأن فلتر البئر ذو مواصفات فنية جيدة من حيث نسبة المساحة المفتوحة للإكساء، وهو فلتر مفتوح المسام في أثناء الضخ بسبب عمليات التطوير المسبق للطبقة الحاملة للمياه الجوفية، التي أُجريت قبل بدء تجارب الضخ على مراحل.
- لذلك نوصي باعتماد تجارب أداء البئر في إدارة موارد المياه الجوفية المتاحة، وذلك بإعداد سيناريوهات مقترحة للتصريف من الطبقة الحاملة للمياه الجوفية. وهي تجارب غير مكلفة وسهلة التنفيذ مقارنةً مع تجارب الضخ الطويلة، ويفضل تنفيذها بعد إجراء عمليات تطوير جيدة للطبقة الحاملة للمياه الجوفية.

المراجع:

- 1- KRUSEMAN, G.P; DE RIDDER, N.A. *Analysis and Evaluation of Pumping Test*, 2nd edition, HOLLAND, 2000, 377.
- 2- DOMENICO, P.A; SCHWARTZ, F.W. *Physical and Chemical Hydrogeology*, U.S.A, 1990, 600.
- 3- WATSON, Ian; BURNETT, Alister D. *Hydrology An Environmental Approach* , U.S.A, 1995, 702.
- 4- RAGHUNATH, H.M. *Groundwater*, 2nd edition, NEWDELHI, India, 1987, 563.
- 5- الخارطة الجيولوجية لسورية. رقعة بانياس، مقياس 1:50000. مع المذكرة الإيضاحية، المؤسسة العامة للجيولوجيا والثروة المعدنية. دمشق 1980.
- 6- BREZNIK, M. *Storage Reservoirs and Deep Wells in Karst Regions*, HOLLAND, 1998, 251.
- 7- *Project of Supplying Part of the Water Demand of Damascus City and Its Country Side from the Syrian Coastal Area Water Surplus*, IBG/DHV Company, SWITZERLAND- HOLLAND, 2004.
- 8- ROSCOE, M. *Handbook of Groundwater Development*, U.S.A, 2000, 500.
- 9- الأسعد، علي محمد . *الهيدروجيولوجيا*، منشورات جامعة تشرين، 2006، 413.

