حساب الخواص الهيدروليكية لخزان إنجانه ألجوفي في ناحية الشمال قضاء سنجار / شمال العراق

طه حسين السالم
مركز التحسس النائي
جامعة الموصل

عمر نبهان عبد القادر
كلية الزراعة والغابات / قسم علوم التربة والمياه
جامعة الموصل

(تاريخ الاستلام ٢٠/١/٢٠٠٨، تاريخ القبول ٣٠/٦/٢٠٠٨)

الملخص

تم إجراء الضخ الاختباري لثلاثة آبار للمجمعات السكنية (العروبة، القادسية و حطين) الموزعة في ناحية الشمال، شمال العراق والتي تخترق تكوين انجانه، وحلت معطيات الضخ الاختباري لهذه الآبار لحساب قيم الناقلية المائية (T) بطريقة حنتوش و ولتن وعودة المنسوب لثايس، حيث كانت معدل الناقلية المائية (10، 4.7 و 7.8) م^٢ / يوم للآبار العروبة، القادسية وحطين على التوالي، وبلغت معدل التوصيلية الهيدروليكية (٠.١٧، ٠.١٢ و ٠.٠٢) م / يوم للآبار اعلاه على التوالي. أظهرت نتائج معطيات الضخ الاختباري لتكوين انجانه ان سرعة التعويض نوعا ما جيدة للوحدات الصخرية الحاملة للمياه، والتي انعكست على النتائج من خلال عودة المنسوب الى الوضع الطبيعي المستقر خلال فترة ترواحت بين (30 - 40) دقيقة بعد إيقاف عملية الضخ البالغة (٦٠٠) دقيقة ضخ لكل بئر من الآبار الثلاثة.

Determination of Hydraulic Properties of Injana Aquifer of Al-Shimal District Sinjar / Northren Iraq

Taha H. Al -Salim
Remote Sensing Center
Mosul University

Umar N. Abdul Qader
College of Agriculture and Forestry
Department of Soil and Water Sciences
Mosul University

ABSTRACT

The pumping test and recovery data of the three wells Al-Ourba, Al-Qadiseya and Hettin distributed in the Al- Shimal District, north of Iraq. were analyzed using Hantush method, Walton method and Theis Recovery method to derive the hydraulic parameters such as transmissivity (T) and hydraulic conductivity (K) of the water bearing

formations. The results of analyzed data show that the average transmissivity (10, 4.7 and 7.8) m²/ day, of wells Al-Ourba, Al-Qadiseya and Hettin respectively, and the average hydraulic conductivity (0.17, 0.12 and 0.20) m/day of these well respectively.

The results of pumping test also show that water table return to static condition during (30-40) minute after (600) minute of pumping of each well.

المقدمة

إن أهمية الخواص الهيدروليكية للخزانات الجوفية تكمن في التعرف على بعض خواص الخزانات الجوفية كالإنتاجية وحركة المياه الجوفية وقابلية الخزانات على التعويض والتغذية خلال عملية الضخ.

تقع ناحية الشمال شمال غرب العراق على بعد (١١٥) كم شمال غرب مدينة الموصل ضمن قضاء سنجار وتتحصر جغرافيا بين خطي طول (٤٢ ° ٠٠ ' ٠٠ " - ٤٢ ° ٣٠ ' ٣٠ ") شرقا ودائرتي عرض (٣٦ ° ٣٨ ' ١٠ " - ٣٦ ° ٢٠ ' ٣٦ ") شمالا، (الشكل ١).

الخزان المائي عبارة عن تكوين او مجموعة تكاوين جيولوجية ذات نفاذية ومسامية جيدة ومشبعة بالمياه ولها القابلية على امرار كميات اقتصادية من هذه المياه عبر العيون او الابار (Walton, 1970). إن الهدف من هذه الدراسة هو حساب الخواص الهيدروليكية لثلاثة أبار ضمن تكوين انجانه والتعرف على التغيرات في منسوب الماء الجوفي نتيجة عملية الضخ.

جيولوجية منطقة الدراسة :

ينكشف في منطقة الدراسة عدد من التكاوين الجيولوجية، علاوة على ترسبات العصر الرباعي (الشكل ٢) و التي تتراوح أعمارها ما بين (U. Cretaceous - Recent) وفيما يلي وصف لهذه التكاوين:
١- **تكوين شرانش:** وهو من أقدم التكاوين المنكشفة في لب طية سنجار المحدبة و يعود هذا التكوين الى العصر (U. Cretaceous) ويتكون من وحدات الصلصال و الحجر الجيري الصلصالي ووحدات من الحجر الجيري ذات السمك القليل (Maala, 1977).

٢- **تكوين سنجار:** يعود عمر هذا التكوين الى العصر (U. Paleocene) و الذي يتكون من صخور الحجر الجيري التي تشكل الهيكل الرئيسي للحاجز المركزي لتكوين سنجار المحدب (Maala, 1977).

٣- **تكوين انجانه:** يعود عمر هذا التكوين الى عصر (U. Miocene) و الذي ينكشف في بعض التلال واطئة الارتفاع وتكون هذه التلال صعبة التميز ومغطاة بالتربة المتبقية، كما يمكن ملاحظة التكوين في أكتاف بعض الوديان المختثرة لمنطقة الدراسة. وتتكون صخور هذا التكوين من سحنات مختلفة ومتناوبة مكونة من صخور الحجر الطيني الأحمر والسلت مع طبقات من الحجر الرملي ذي الحبيبات الناعمة- المتوسطة الحجم حيث تزداد نسبة المواد الفتاتية الخشنة باتجاه أعلى التكوين اما في جزئه

- الاسفل فيلاحظ نعومة الفتاتيات وازدياد المكونات الجيرية والطفل. إن سمك هذا التكوين متباين من موقع الى اخر لكن يعتقد ان اقصى سمك له بحدود (١٥٠) م (Mohi Al-Din et al., 1978).
- ٤- **تكوين المقدادية:** يعود هذا التكوين إلى عصر (Pliocene) و تتكون صخور هذه التكوين من طبقات من الرمل والحصى و الذي يزداد حجمها باتجاه أعلى التكوين و أنها مشتقة من نواتج تعرية الصخور المجاورة لحوض الترسيب (Buday, 1980).
- ٥ - **ترسبات العصر الرباعي:** تغطي هذه الترسبات جزء كبير من منطقة الدراسة و التي تتكون من الحصى و الترب الرملية و الغرينية، و ترسبات السهل الفيضي الذي تتكون من الرمل، الغرين و الطفل، و ترسبات المنحدرات المتمثلة بالصخور المتكسرة و المتشظية و الرمل والغرين المتماسكة قليلا، و ترسبات مدرجات الوديان التي تظهر على جانبي الوديان والتي تتكون من المدملكات الصخرية (conglomerate) مع بعض العدسات الرملية (Geosurev, 1996).

التكاوين الحاملة للمياه في منطقة الدراسة:

من خلال دراسة المقاطع الليثولوجية للابار الثلاثة المحفورة في منطقة الدراسة (الشكل 3)، تم تمييز خزانين حاملين للمياه هما :

١-خزان تكوين انجانه: Injana Formation Aquifer

يتكون هذا الخزان من وحدات صخرية مختلفة النفاذية (الحجرالرمل و السلت) وغيرنفاذة (الحجر الطيني) حيث يمكن اعتبار هذا الخزان من النوع الشبه محصور، وتتفصل صخور هذا الخزان عن الترسبات الحديثة بطبقة غير نفاذة من الصلصال في مواقع معينة وفي مواقع اخرى ترتبط معها هيدروليكيًا. يتغذى هذا الخزان بالمياه من الجريان تحت السطحي والتسرب من الخزان الأعلى والمواقع المنكشفة على السطح من تكوين انجانه ويعد الخزان الرئيسي الحامل للمياه في منطقة الدراسة.

٢- خزان رواسب العصر الرباعي: Quaternary Sediments Aquifer

يتكون هذا الخزان من ترسبات من (الحصى، الرمل و السلت) بالإضافة الى وجود القليل من الصلصال، وهو خزان مائي غير محصور يحده من الأسفل طبقات سميكة من الصلصال، إن عمق الترسبات الحديثة لايتجاوز (٢٠) م لاحظ (الشكل ٣) و يعتبر الساقط المطري المصدر الرئيس لتغذية هذا الخزان بشكل مباشر، بالإضافة الى المياه المترشحة من قيعان الوديان خلال عمليات الجريان السطحي. بالإضافة الى الخزانين اعلاه يوجد في منطقة سنجار و ماحولها عدد من التكاوين الجيولوجية الاخرى الحاملة للمياه وبكميات غزيرة مثل تكوين سريكاكني (Serikagni Fn.) و تكوين جريبي (Jeribe Fn.) وتكوين الفتحة (Al-Fat'ha Fn.) لكن الآبار المدروسة لم تصل الى هذه التكاوين.

الشكل ١ : موقع منطقة الدراسة.

طرائق تحليل معطيات الضخ الاختباري

تستخدم طرائق عديدة لتحليل معطيات الضخ الاختباري لتحديد الخصائص الهيدروليكية (الناقلية المائية، معامل الخزن والتوصيلية الهيدروليكية). إن الغاية من عملية الضخ الاختباري هي إيجاد الخواص الهيدروليكية للخرزان الجوفي عن طريق قياس انخفاض مستوى الماء الجوفي في آبار المراقبة. وفي الحالات التي ينعدم فيها وجود آبار للمراقبة يمكن الاعتماد على بئر الضخ نفسه لقياس الهبوط في مستوى الماء لإجراء التحليلات المطلوبة لحساب المعاملات الهيدروليكية (Hamill and Bell, 1986)، وتستمر القياسات وصولاً إلى حالة الانخفاض المستقر مع الزمن أي ثبوت المنسوب، وعند توقف عملية الضخ يقياس ارتفاع الماء في البئر مع الزمن، وتسمى هذه العملية بعودة المنسوب وقد تم قياس معطيات عودة المنسوب، لغرض التغلب على مشكلة تذبذب الماء الجوفي خلال عملية الضخ.

استخدمت طريقتي حنتوش (Hantush method) وطريقة وولتن (Walton method) لتطبيقها على معطيات الضخ التجريبي لخرزان انجانه الجوفي لحساب الخواص الهيدروليكية لأبار منطقة الدراسة، ومن شروط وفرضيات استخدام الطريقتين، أن يكون التكوين المائي من النوع شبه المحصور (Semi-confined Aquifer)، والجريان في الحالة غير المستقرة (Unsteady state flow)، ويكون التكوين متجانس وذو سمك منتظم، وأن قطر البئر صغير ومعدل التصريف ثابت (Kruseman and Deridder, 1979).

تم حساب الناقلية المائية بطريقة حنتوش من المعادلة التالية (Kruseman and Deridder, 1979) :

$$T = \frac{2.3 Q}{4 \pi \Delta sp} e^{-r/L} \quad \dots\dots\dots(1)$$

حيث أن T : معامل الناقلية (م^٢ / يوم).

Q : التصريف (م^٣ / يوم).

Δsp: مقدار الانخفاض في منسوب الماء خلال دورة لوغارتمية كاملة (م).

$e^{-r/L}$: يتم إيجاد الدالة من المعادلة التالية:

$$e^{-r/L} \text{ ko } (r/L) = 2.3 \frac{sp}{\Delta sp} \quad \dots\dots\dots(2)$$

Sp: يمثل نصف قيمة أكبر انخفاض في منسوب الماء في البئر (م)

القيمة التي نحصل عليها من المعادلة أعلاه نستخدمها للحصول على قيمة (x وهي نفسها r/L) من

جداول خاصة (Bouwer, 1978).

كما تم استخدام طريقة وولتن (Walton method) وتطبيقها على هذا النوع من الخزان نظرا لعدم مطابقة منحنى البيانات الحقلية مع منحنى ثايس النموذجي مما يدل على وجود تسرب (Leakage) في خزان انجانه وعليه تم استخدام طريقة وولتن (Walton, 1970) لتحليل معطيات الضخ الاختباري.

$$T = \frac{Q}{4 \pi S} W(u, r/B) \quad (3)$$

حيث ان

S : مقدار الانخفاض في منسوب الماء (م)

W(u, r/B) : الدالة يتم الحصول عليها من منحنى وولتن (Walton type curve)

أما طريقة ثايس لعودة المنسوب (Theis recovery method) فقد تم حساب الناقلية المائية باستخدام المعادلة التالية (Kruseman and Deridder, 1979)، لتحليل معطيات عودة المنسوب.

$$T = \frac{2.3Q}{4\pi\Delta s} \quad (4)$$

حيث أن Δs : مقدار الانخفاض خلال دورة لوغارتمية كاملة (م).

ولا تستخدم هذه الطريقة في حساب معامل الخزن (Micheal and Khepar, 1989).

نتائج تحليل الضخ التجريبي

أجريت عملية الضخ الاختباري خلال شهر أيلول ٢٠٠٦ على آبار (العروبة، القادسية و حطين) في منطقة الدراسة الموضحة في الجدول (1)، تم عملية الضخ على بئر العروبة وبتصريف قدره (١١.٧) لتر/ثانية حيث حقق انخفاض قدره (٣٢.٠٣)م خلال النصف ساعة الأولى من الضخ ثم استقر المنسوب بعدها تقريبا لغاية نهاية فترة تشغيل المضخة والذي استمر لمدة عشر ساعات. بينما أجريت عملية الضخ على بئر القادسية وبتصريف قدره (٧.٣١) لتر/ثانية حيث حقق انخفاض قدره (٤٧.٣)م بعد ساعتين من الضخ ثم استقر المنسوب بعدها تقريبا لغاية نهاية فترة تشغيل المضخة والذي استمر لمدة عشر ساعات. أما بئر حطين فقد أجريت عليه عملية الضخ بتصريف قدره (٩.٠٧) لتر/ثانية والذي حقق انخفاض قدره (٣٦.٣٩)م خلال الساعة الأولى من الضخ ثم استقر المنسوب بعدها تقريبا لغاية نهاية فترة الضخ والذي استمر لمدة عشر ساعات.

وبعد إيقاف عملية الضخ تم اخذ قراءات عودة المنسوب للآبار الثلاثة حيث رجع منسوب الماء الى مستواه الاستقراري (قبل الضخ) بعد (٣٠ دقيقة)، (٤٠ دقيقة) و (٣٥ دقيقة) للآبار العروبة، القادسية و حطين على التوالي وهي أقل بكثير من الفترة الزمنية للضخ الاختباري التي أجريت للآبار الثلاثة و البالغة (600)دقيقة لكل بئر، أي أن سرعة التعويض لخزان انجانه نوعا ما عالية للآبار الثلاثة.

تم تطبيق طريقتي حنتوش وولتن لاحظ الأشكال (4) و (5) وذلك لحساب الناقلية المائية (T)، كما تم تطبيق طريقة عودة المنسوب لثايس (الشكل 6)، كانت نتائج قيم الناقلية المائية الموضحة في الجدول (٢) للطرق الثلاثة نوعاً ما متقاربة.

أما التوصيلية الهيدروليكية فتم حسابها بالمعادلة أدناه (Kruseman and Deridder, 1979) (الجدول ٢).

$$K = \frac{T}{b} \dots\dots\dots (٥)$$

وكان معدل التوصيلية الهيدروليكية (٠.١٧) م/يوم لبئر العروبة لطبقة منتجة سمكها (٥٨) م، بينما كانت (٠.١٢) م/يوم لبئر القادسية لطبقة منتجة سمكها (٤٠) م، في حين كانت (٠.٢) م/يوم لبئر حطين لطبقة منتجة سمكها (٣٩) م، (الجدول 2).

إن السلوك الهيدروليكي للخزان انجانه الجوفي يتغير بشكل واسع بسبب التركيب المختلف للترسبات المكونة للتكوين الجيولوجي الحامل للمياه حيث أن هذا التكوين يتألف من صخور الرمل و السلت و الطين و بسماكة مختلفة، عليه فإن الاختلاف في نوع الترسبات وسمكها يؤدي إلى التغير في الإنتاجية و توزيع الطبقات الصخرية الحاملة للمياه (Aquifer distribution) حتى وإن كانت ضمن مسافات قصيرة.

كما تم حساب السعة النوعية للآبار (Specific capacity) و التي تمثل النسبة بين تصريف البئر و الانخفاض في منسوب الماء في البئر (Heath, 1983).

$$\text{Specific Capacity} = Q/s_t \dots\dots\dots (6)$$

حيث أن s_t : الفرق بين منسوب الماء المتحرك و منسوب الماء المستقر (م)

إن الفائدة الأساسية من حساب السعة النوعية هو معرفة كفاءة البئر لإنتاج المياه وتعتمد على الخواص الهيدروليكية للخزان الجوفي وطريقة إنشاء البئر (Heath, 1983). وقد تم حساب السعة النوعية للآبار الثلاثة العروبة، القادسية و حطين حيث بلغت (21.53, 13.24, 31.29) م³/يوم/م (الجدول ٣).

الجدول 1: قراءات الضخ التجريبي وعودة المنسوب في الآبار الثلاثة

Pumping Data						Recovery Data															
t(min.)	s(m)	p	t'	s'	t'																
0	0	601	1	22	601																
5	17.08	602	2	13.5	301																
10	23.62	603	3	7.4	201																
15	28.41	604	4	3.6	151																
20	30.5	605	5	1.7	121																
25	31.44	606	6	1.63	101																
30	32.03	607	7	1.59	86.7																
35	32.16	608	8	0.2	76																
40	32.21	609	9	0.16	67.6																
45	32.26	610	10	0.12	61																
50	32.28	615	15	0.1	41																
55	32.28	620	20	0.07	31																
60	32.30	625	25	0.06	25																
70	32.30	630	30	0	21																
80	32.31	Pumping test and Recovery Data for Al-Ourba well Q = 11.7 L/sec																			
90	32.31																				
110	32.31																				
150	32.31																				
180	32.31																				
210	32.31																				
240	32.31	Pumping test and Recovery Data for Al-Qadisya well Q = 7.31 L/sec																			
300	32.31																				
360	32.31																				
600	32.31																				
Pumping Data						Recovery Data															
										Pumping Data		Recovery Data									
		Pumping Data		Recovery Data																	
														Pumping Data		Recovery Data					
																		Pumping Data		Recovery Data	
Pumping Data						Recovery Data															
								Pumping Data		Recovery Data											
		Pumping Data		Recovery Data																	
												Pumping Data		Recovery Data							
																Pumping Data		Recovery Data			
																				Pumping Data	
Pumping Data						Recovery Data															
								Pumping Data		Recovery Data											
		Pumping Data		Recovery Data																	
												Pumping Data		Recovery Data							
																Pumping Data		Recovery Data			
																				Pumping Data	
Pumping Data						Recovery Data															
								Pumping Data		Recovery Data											
		Pumping Data		Recovery Data																	
												Pumping Data		Recovery Data							
																Pumping Data		Recovery Data			
																				Pumping Data	
Pumping Data						Recovery Data															
								Pumping Data		Recovery Data											
		Pumping Data		Recovery Data																	
												Pumping Data		Recovery Data							
																Pumping Data		Recovery Data			
																				Pumping Data	
Pumping Data						Recovery Data															
								Pumping Data		Recovery Data											
		Pumping Data		Recovery Data																	
												Pumping Data		Recovery Data							
																Pumping Data		Recovery Data			
																				Pumping Data	
Pumping Data						Recovery Data															
								Pumping Data		Recovery Data											
		Pumping Data		Recovery Data																	
												Pumping Data		Recovery Data							
																Pumping Data		Recovery Data			
																				Pumping Data	
Pumping Data						Recovery Data															
								Pumping Data		Recovery Data											
		Pumping Data		Recovery Data																	
												Pumping Data		Recovery Data							
																Pumping Data		Recovery Data			
																				Pumping Data	
Pumping Data						Recovery Data															
								Pumping Data		Recovery Data											
		Pumping Data		Recovery Data																	
												Pumping Data		Recovery Data							
																Pumping Data		Recovery Data			
																				Pumping Data	
Pumping Data						Recovery Data															
								Pumping Data		Recovery Data											
		Pumping Data		Recovery Data																	
												Pumping Data		Recovery Data							
																Pumping Data		Recovery Data			
																				Pumping Data	
Pumping Data						Recovery Data															
								Pumping Data		Recovery Data											
		Pumping Data		Recovery Data																	
												Pumping Data		Recovery Data							
																Pumping Data		Recovery Data			
																				Pumping Data	
Pumping Data						Recovery Data															
								Pumping Data		Recovery Data											
		Pumping Data		Recovery Data																	
												Pumping Data		Recovery Data							
																Pumping Data		Recovery Data			
																				Pumping Data	
Pumping Data						Recovery Data															
								Pumping Data		Recovery Data											
		Pumping Data		Recovery Data																	
												Pumping Data		Recovery Data							
																Pumping Data		Recovery Data			
																				Pumping Data	
Pumping Data						Recovery Data															
								Pumping Data		Recovery Data											
		Pumping Data		Recovery Data																	
												Pumping Data		Recovery Data							
																Pumping Data		Recovery Data			
																				Pumping Data	
Pumping Data						Recovery Data															
								Pumping Data		Recovery Data											
		Pumping Data		Recovery Data																	
												Pumping Data		Recovery Data							
																Pumping Data		Recovery Data			
																				Pumping Data	
Pumping Data						Recovery Data															
								Pumping Data		Recovery Data											
		Pumping Data		Recovery Data																	
												Pumping Data		Recovery Data							
																Pumping Data		Recovery Data			
																				Pumping Data	
Pumping Data						Recovery Data															
								Pumping Data		Recovery Data											
		Pumping Data		Recovery Data																	
												Pumping Data		Recovery Data							
																Pumping Data		Recovery Data			
																				Pumping Data	
Pumping Data						Recovery Data															
								Pumping Data		Recovery Data											
		Pumping Data																			

t: زمن الضخ (دقيقة) s: مقدار الارتفاع في بئر الضخ (م) t': زمن العودة دقيقة s': مقدار الانخفاض المتبقى في بئر الضخ (م)

الشكل ٤: تحليل بيانات الضخ الاختباري بطريقة حنتوش للآبار الثلاثة

الشكل ٥: تحليل بيانات الضخ الاختباري بطريقة وولتن للآبار الثلاثة.

الجدول ٢: الخصائص الهيدروليكية للآبار الثلاثة

Wells	Transmissivity (m ² /day)				average hydraulic conductivity (m/day)
	Hantush Method	Walton Method	Recovery Theis	average	
Al- Ourba,	٩.٩	١٢.٧	٧.٥	١٠	٠.١٧
Al- Qadiseya	٣.٨	٥.٥	٥.٠	٤.٧	٠.١٢
Hettin	٨.٤	٨.٥	٦.٤	٧.٨	٠.٢٠

الجدول ٣: الخصائص الهيدروجيولوجية العامة للآبار الثلاثة

Wells	Well depth(m)	Yield m ³ /day	Static water level (m)	Dynamic water level (m)	Specific capacity (m ² / day/m)
Al- Ourba	198	1011	19.1	51.4	31.29
Al-Qadiseya	170	632	12.3	60	13.24
Hettin	180	784	13.7	50.1	21.53

الاستنتاجات

أن تحديد الخواص الهيدروليكية لخزان انجانه الجوفي في منطقة الدراسة والتي لها علاقة مع الظروف الجيولوجية والتغذية والتصريف بينت النتائج التالية:

١- من خلال الدراسة الجيولوجية والهيدروجيولوجية تبين ان ترسبات العصر الرباعي تمثل خزان من النوع غير المحصور، أما تكوين انجانه فهو من النوع شبه المحصور وذلك لوجود طبقات من الـ (Clay) ذات النفاذية القليلة جدا والتي تفصلها عن الوحدات الصخرية الاخرى ضمن التكوين الجيولوجي وذلك بالاعتماد على المقاطع الليثولوجية للآبار.

٢- ترواحت إنتاجية الآبار الثلاثة بين (٢٥ - ٤٠) م^٣/ساعة.

٣- أظهرت نتائج تحليل معطيات الضخ الاختباري باستخدام طريقة حنتوش، وطريقة وولتن وطريقة عودة المنسوب لثايس، إن قيمة معدل الناقلية المائية لبئر العروبة (١٠) م^٣/يوم أما معدل التوصيلية الهيدروليكية فبلغت (٠.١٧) م/يوم، أما بئر القادسية فكانت قيمة معدل الناقلية المائية (٤.٧) م^٣/يوم و معدل التوصيلية الهيدروليكية (٠.١٢) م/يوم، بينما كانت قيمة معدل الناقلية المائية (٧.٨) م^٣/يوم و معدل

التوصيلية الهيدروليكية (٠.٢) م/يوم لبئر حطين، في حين تراوحت السعة النوعية للآبار الثلاثة بين (١٣.٢٤-٣١.٢٩) م^٣/يوم/م. يمكن القول ان كفاءة بئر القادسية اقل من حطين والعروبة واعتمادا على نتائج الجدول (٣).

٤- كانت تغذية و سرعة تعويض المياه للآبار الثلاثة عالية نوعا ما و ذلك من خلال ملاحظة عودة منسوب الماء في الآبار الثلاثة خلال فترة (٣٠-٤٠) دقيقة مقابل فترة ضخ للماء قدرها (١٠) ساعات ضخ لكل بئر.

REFERENCES

- Bouwer, H., 1978. Groundwater Hydrology, McGraw-Hill, London, 480P.
- Buday, T., 1980. The Regional Geology of Iraq, Vol 1, Stratigraphy and Paleogeography. Dar Al-Kuttub Publication, Mosul, Iraq, 445P.
- Geosurev, 1996. Geological Map of Mosul Quadrangle, Scale 1:250,000 Printed and Published in the Establishment of Geological Survey and Mining (GEOSERV), Baghdad, Iraq.
- Hamill, L. and Bell, F.G., 1986. Ground Water Resources Development, Butter Werths, London, 344P.
- Heath, R.C., 1983. Basic Ground Water Hydrology, US Geological Survey Water Supply paper 2220, 84 P.
- Kruseman, G.P., and Deridder, N.A., 1979. Analysis of Evaluation of Pumping Test Data, Int. Inst. Forland Reclamation and Improvement 209P.
- Maala, K.A., 1977. Geology of Sinjar Area , PTI ,SOM Library, Baghdad, Iraq.
- Micheal, A.M., and Khepar, S.D., 1989. Water well and pump engineering, Data McGraw-Hill Publishing Co., Ltd., New Delhi, 923P.
- Mohiad-Al-Din, R., Sisskian, V., K., Yousif, N.S., Amin, R.M., and Rofa, S.H., 19٧٨. The Regional Geological Mapping of Mosul-Telafar Area, SOM Library, Baghdad, Iraq, (Unpublished).
- Walton, W.C. 1970. Groundwater, Resource Evaluation, McGraw Hill Int. Book Comp. NewYork, 664p.