------ مجلة علوم الرافدين، المجلد 16، العدد 1 خاص بعلوم الارض، ص 136-151، 2005 ------

دراسة هيدروجيوكيميائية وجيوفيزيائية لآبار عميقة مختارة في منطقة الحمدانية شمال العراق

قتيبة توفيق اليوزبكي **يوسف فرنسيس اقليمس**

مركز بحوث البيئة و الموارد المائية

جامعة الموصل

(تاريخ الاستلام 2002/12/21 ، تاريخ القبول 2004/2/28)

الملخص

تعد منطقة الحمدانية الواقعة شرق نهر دجلة-شمال العراق ذات طبيعة زراعية وسكانية مهمة، لذا كثر الاهتمام بالاستفادة من الموارد المائية فيها والمتمثلة بالمياه الجوفية. وتتناول الدراسة الحالية تحديد أعماق هذه المياه وامتداد الخزانات الجوفية الحاملة لها، من خلال بيانات الآبار المحفورة في المنطقة وبعض نقاط الجس الكهربائي العمودي، فضلاً عن إجراء تحاليل كيميائية لنماذج مياه الآبار لغرض تحديد نوعية المياه وصلاحيتها للاستخدامات المختلفة، والتعرف على امتداد هذه المياه من خلال البيانات الجيوكيميائية المتمثلة بدراسة الدالة الحامضية والأيصالية الكهربائية وتراكيز الأيونات الموجبة (Ca^{2+}, Mg^{2+}, K^{+}, Na^{+}) والأيونات السالبة ($CO_3^{=}$, HCO_3^{-}, $SO_4^{=}$, Cl^{-}, NO_3^{-}) وتركيز المواد الصلبة الذائبة الكلية والعسرة الكلية. أظهرت الدراسة تباين في نوعية المياه يعتمد على نوع الطبقات الصخرية الحاملة لها، حيث إن بعضها تتواجد ضمن تكوين انجانة والمتمثلة بالمناطق الشمالية والشمالية الشرقية وتمتاز هذه المياه بشكل عام بان تراكيز الأيونات فيها قليلة نسبةً إلى المياه الموجودة في المناطق الغربية والجنوبية الغربية والتي تتواجد ضمن تكوين الفتحة.

Hydrogeochemical and Geophysical Study of Selected Deep Boreholes in Al-Hamdanyia Area, North Iraq

Kotayba T. Al-Youzbakey **Yousif F.M. Eclimes**

Research Center for Environment and Water Resources

Mosul University

ABSTRACT

Al-Hamdanyia district is located east of Tigris River, northern Iraq. It is regarded as an important agricultural land. Consequently, it is necessary to give great deal to the water resources particularly the ground water. The present study deals with water level and extension of ground water reservoir through the data gathered from the drilled

boreholes and vertical geoelectrical sounding. Additionally, water samples were collected and analyzed to evaluate ground water quality and its uses for different purposes. The study also concentrates on the contents of the cations; Ca^{2+}, Mg^{2+}, Na^{+} and K^{+} and anions; $CO_3^{=}$, HCO_3^{-}, $SO_4^{=}$, Cl^{-} and NO_3^{-} in addition to pH, Ec, T.D.S and T.H.

The study reveals wide differences in water quality and may be related to the type of bedrocks of the ground water reservoir. Aquifers are located within Injana Fn. in the northern and northeastern parts of the study area. The aquifers are characterized by low T.D.S in comparative with aquifer within Fat'ha Fn. Which is located in the middle, western and western south parts.

المقدمة

تقع منطقة الدراسة بين أنهار دجلة شرقاً والزاب الكبير جنوباً والخازر في الشمال الشرقي، وتمثل مساحة حوالي 950 كم^2 والتي تشمل جزءاً كبيراً من قضاء الحمدانية (شكل 1).

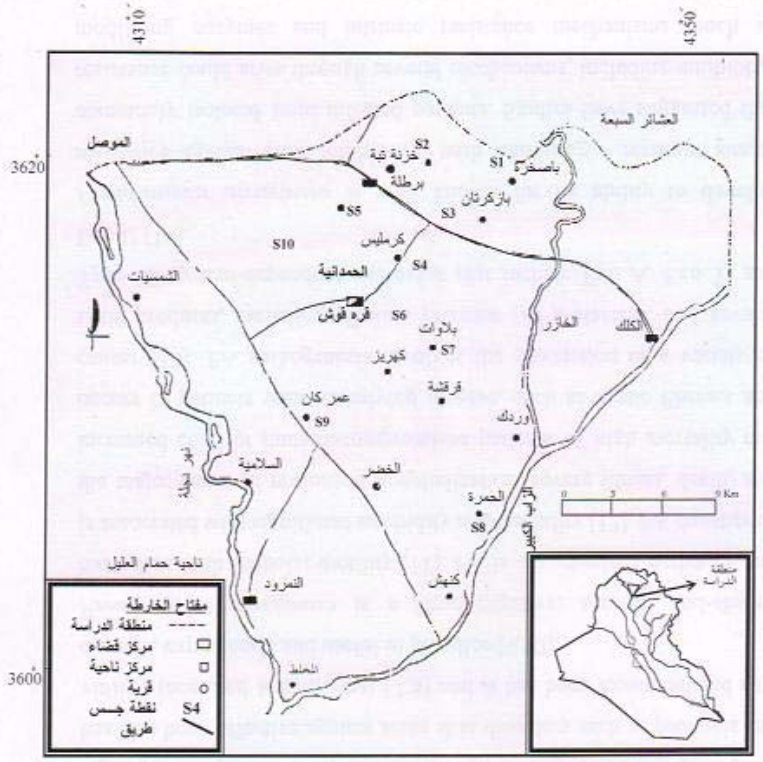
وتمتاز المنطقة بصورة عامة بتباين تضاريسها الأرضية، حيث تكون بين مستوية إلى قليلة الانحدار والتموج باتجاه الجنوب الغربي، ويتراوح معدل ارتفاعها ما بين 300-400 متر فوق سطح البحر. يقع جبل عين الصفرة شمال منطقة الدراسة والذي يبلغ ارتفاعه حوالي 600 متر، وتتخلل المنطقة مجموعة من الوديان الرئيسة والفرعية باتجاه الجنوب والجنوب الغربي نحو نهر دجلة والزاب الكبير.

ويمتاز مناخ المنطقة بصورة عامة بأنه شبه جاف ويبلغ المعدل السنوي للساقط المطري حوالي 425 ملم/سنوياً (القصاب، 1987).

تنكشف في المنطقة صخور تعود إلى عدة تكوينات (شكل 2)، حيث تمثل صخور الحجر الجيري تكوين بلاسبي (الأيوسين الأوسط – الأعلى) الذي ينكشف عند جبل عين الصفرة (في لب تركيب عين الصفرة المحدب)، وتمتاز هذه الصخور بأنها جيرية متدلمتة قليلة المتحجرات بيضاء اللون في جزئها السفلي، بينما تمتاز صخور الجزء العلوي بأنها تتكون من الحجر الجيري الكتلي المتبلور مع وجود حزام من المارل والطين الصفائحي وعقد الصوان. يبلغ سمك الصخور المنكشفة حوالي 200 متر، وحدوده العليا غير متوافقة مع صخور تكوين الفتحة (المايوسين الأوسط) حيث يفصل بينهما طبقة رقيقة من المدملكات القاعدية. تتراوح مسامية الصخور بين (0.1-10%) وذلك بسبب كثرة الفواصل والكسور، كما تتراوح النفاذية بين (10^{-4}-10) غالون/يوم/قدم^2 (ثابت والعشو، 1993).

يشتمل تكوين الفتحة على عدة دورات ترسيبية من الحجر الجيري والمارل الأخضر والأحمر والجبس والأنهايدرايت، يتالف هذا التكوين من عضوين، السفلي مكون من تعاقب صخور المارل مع الحجر الجيري مع وجود حجر الطين الأخضر والمتبخرات، والعلوي يتكون من تعاقبات حجر الطين الأحمر والحجر الرملي الناعم مع المتبخرات (Al-Mubarak and Yokhanna, 1977). ولا ينكشف هذا التكوين في منطقة الدراسة إلا في مناطق محدودة مثل منطقة عين الصفرة (تركيب عين الصفرة) وفي الجزء الجنوبي والجنوبي الغربي بالقرب من نهر دجلة في منطقة الحميرة ووادي اصلان. وقد تم التعرف

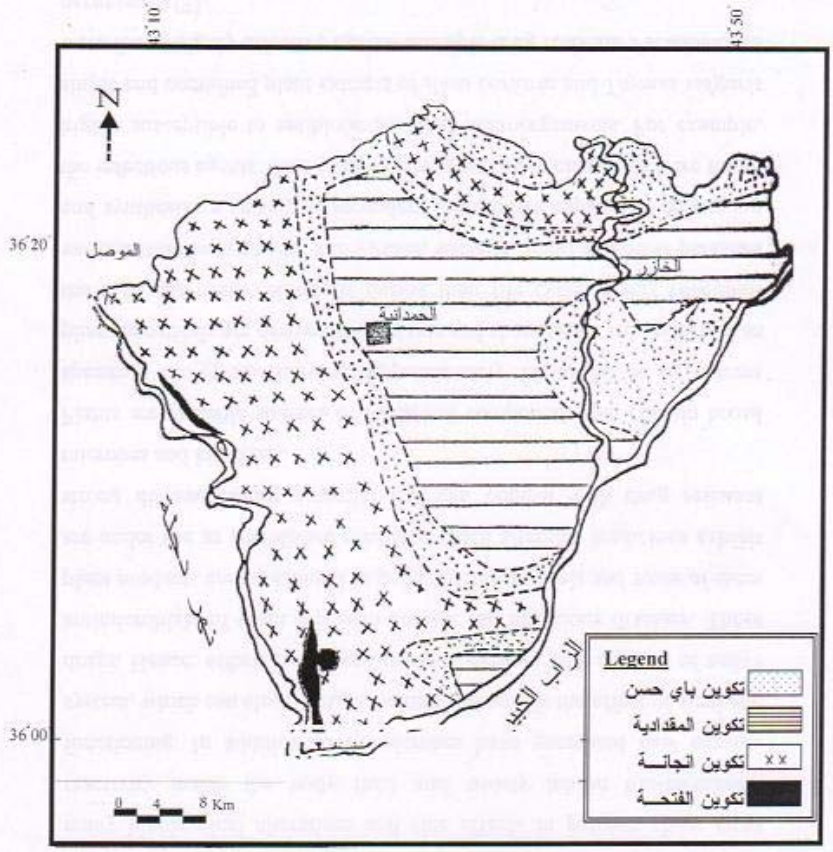
على التكوين من خلال عدة آبار محفورة في المنطقة (شكل 1). حدد الجبوري (1977) مسامية هذا التكوين في منطقة الدراسة بين 5.7–7% عند الجهة الغربية وتصل الى 22% في الجهة الشرقية من المنطقة. وبشكل عام تمتاز صخور هذا التكوين بنفاذية واطئة (البريفكاني، 1987).



شكل 1: موقع منطقة الدراسة وتوزيع نقاط الجس الكهربائي.

يعقب تكوين انجانة (المايوسين الأعلى) تكوين الفتحة، ويحدد سطحه السفلي بسطح انتقالي تدريجي حيث تزداد المواد الفتاتية على حساب المواد الكاربوناتية (الجبوري، 1988). يتألف تكوين إنجانة من تعاقبات من حجر الرمل وحجر الغرين وحجر الطفل ويشكل هذا التكوين معظم الرواسب تحت السطحية في المنطقة. يتراوح سمك هذا التكوين حوالي 200 متر في الجهة الشرقية (عند قرية كرملیس) ويقل

باتجاه الجنوب والجنوب الغربي حيث يصل إلى 120 متر كما في بئر BH2 (عند قرية خراب سلطان). تمتاز صخور هذا التكوين بمسامية جيدة تتراوح بين (5-25%)، أما النفاذية فتتراوح بين (10^{2}-10^{7}) غالون/يوم/قدم^{2} (ثابت والعشو، 1993) وهي تمثل صخور جيدة الخزن.



شكل 2: خارطة جيولوجية للتكاوين المنكشفة في منطقة الدراسة.

يعقب تكوين المقدادية (البلايوسين) تكوين انجانة ويحدد بظهور أول طبقة من حجر الرمل الحاوي على الحصى (Bellen et al., 1959). ويتألف من تعاقب حجر الرمل والطفل والغرين مع وجود طبقات

من حجر الرمل الحاوي على الحصى. يشغل هذا التكوين مساحات واسعة منكشفة في الجهة الشمالية الشرقية تغطيه طبقة من الرسوبيات الحديثة. يبلغ معدل سمكه في المنطقة حوالي 60 متراً (عند بئر خزنة تبة). أما تكوين باي حسن (البلايوسين الأعلى) فيعقب تكوين المقدادية، ويحدد أول ظهور له بطبقة من المدملكات السميكة، ويتألف من تعاقب حجر المدملكات مع حجر الرمل والغرين والطفل وغالباً ما يكون مغطى أيضاً بالرسوبيات الحديثة. وبسبب محتوى التكوينين أعلاه فانهما يمتازان بمسامية ونفاذية عاليتين نسبياً (Barwary, 1983).

وتغطى التكوينات أعلاه ترسبات تعود إلى العصر الرباعي (Pleistocene)، وتتمثل بترسبات المصاطب النهرية المكونة من المدملكات الحاوية على عدسات رملية وغرينية ويصل سمكها إلى حوالي 40 متر. أما الطبقة العليا المتمثلة بالتربة فهي من نوع التربة الهوائية والنهرية المنقولة، وتكون ذات نسيج ناعم وذات لون قهوائي وتحتوي على نسبة عالية من الكبريتات والكاربونات، (شكل 3).

ولذلك تعد تكوينات انجانة والمقدادية وباي حسن ذات قيمة هيدروجيولوجية وخصوصاً تكوين انجانة الذي يمثل الطبقة الخازنة الرئيسة للمياه الجوفية في المنطقة.

العصر	التكوين	العمر	المكونات الصخرية
ترسبات العصر الرباعي	ترسبات التربة	البلستوسين- الهولوسين	تربة مزيجية، ورملية ومزيجية طينية، < 10 م
	المصاطب النهرية	هولوسين	تتكون من امتدادات المدملكات الحاوية على عدسات من ترسبات الرمل والغرين، تصل الى (40) متر.
ترسبات العصر الثالثي	باي حسن	البلايوسين العلوي	تعاقبات حجر المدملكات مع حجر الرمل وحجر الغرين وحجر الطفل. ويصل الى (50) متر.
	المقدادية	البلايوسين	تعاقب من حجر الرمل وحجر الغرين وحجر الطفل مع وجود آفاق من حجر الرملي الحاوي على الحصى، ويصل الى (60) متر.
	انجانة	المايوسين العلوي	تعاقب من حجر الرمل وحجر الغرين وحجر الطفل السمك مختلف يتراوح بين (120- 200) م.
	الفتحة	المايوسين الأوسط	الجزء العلوي حجر الطين الأحمر مع حجر رملي ناعم والمتبخرات. الجزء السفلي تعاقب المارل مع حجر الجير والطين والمتبخرات السمك (200) م

شكل 3: عمود طباقي مركب في المنطقة (عن مجسات الآبار لشركة أنكرا اليوغسلافية وشركة حفر الآبار العراقية).

الدراسات السابقة

وقد قامت عدة جهات بإجراء دراسات جيولوجية وهيدروجيولوجية عن تواجد المياه الجوفية في المنطقة مثل شركة ماكفادين (Mackfadyen, 1955) إلا إنها لم تحدد أعماق تلك المياه. كما درست شركة أنكرا اليوغسلافية (Ingra Co., 1967) المياه الجوفية في جزء من المنطقة وحددت نوعية المياه وصلاحيتها للاستعمالات المختلفة. وتناولت دراسة هاكوبيان وفيجلوبيك (Hagopian and Vejlupek, 1977) جيولوجية وتركيبية وهيدرولوجية منطقة الموصل–اربيل إلا إنها لم تحدد امتدادات الخزانات الحاملة للمياه الجوفية بشكل دقيق.

أشار صالح والشيخ (Saleh and Al-Shaikh, 1976) بأن المنطقة تحتوي على ثلاثة مكامن للمياه الجوفية مرتبطة كيميائياً مع صخارية المنطقة. كما درس الجبوري (1988) في الجزء الجنوبي الغربي من المنطقة وتناولت دراسته الوصف الصخاري ونوعية المياه وصلاحية استخدامها.

درس النعيمي (2000) هيدروجيولوجية حوض وادي الشور وذكر ان اهم خزان مائي موجود ضمن تكوين انجانة ، كما درس نوعية المياه واشار الى عدم صلاحيتها للشرب.

تهدف الدراسة الحالية إلى تحديد الطبقات الحاملة للمياه الجوفية من خلال المسح الجيوفيزيائي وكذلك تحديد نوعية هذه المياه من حيث استخداماتها المختلفة لاسيما وان المنطقة تمتاز بنشاطها الزراعي.

طرق التحليل

1. المسح الجيوفيزيائي:

تم القيام بمسح جيوفيزيائي باستخدام طريقة المقاومة النوعية الكهربائية التي تستخدم في تحديد عمق وسمك ومقاومة الطبقات المختلفة تحت سطح الأرض. وتعتمد هذه الطريقة على امرار تيار كهربائي الى داخل الأرض بوساطة قطبين كهربائيين ثم قياس فرق الجهد عبر قطبين آخرين وبمسافات مختلفة ومحددة ،لذلك فان أي تغيرات تحت سطحية في التوصيل الكهربائي سوف تغير من تدفق التيار وهذا بالتالي يؤثر على توزيع الجهد الكهربائي في دخل الأرض. وتم استخدام الجس الكهربائي العمودي (Vertical Electrical sounding VES) باستخدام جهاز قياس المقاومة النوعية الكهربائية (SAS300) ABEM. ويستعمل هذا الجس لتحديد التغاير العمودي للمقاومة النوعية للطبقات تحت السطحية فضلا عن تحديد العمق والسمك الى السطوح البينية والذي يعني اعطاء معلومات كمية مع العمق . وقد تم استخدام ترتيب شلمبرجر في المسح الحقلي لعشرة (10) نقاط جس كهربائي موزعة بين المقاطع الصخرية للآبار الليثولوجية الموجودة في منطقة الدراسة، لغرض تحديد الأنطقة الكهربائية مع العمق.ان مسافة النشر بين الأقطاب قد تم اختيارها بشكل يتناسب مع الأعماق التي تخترق الأبار المحفورة في المنطقة، وتم اختيار نقاط الجس بالقرب من هذه الأبار، وبلغت أقصى مسافة نشر بين قطبي التيار (500–600) متر.

2. التحليل الكيميائي:

تم نمذجة المياه الجوفية من 16 بئر عميق في منطقة الدراسة تتراوح أعماقها 70-210 متر، لغرض دراسة نوعية المياه. وقد تم تحليلها كيميائياً وقياس محتواها من الأيونات الموجبة (Ca^{2+}, Mg^{2+}, K^{+}, Na^{+}) والسالبة ($CO_3^{=}$, HCO_3^{-}, $SO_4^{=}$, NO_3^{-}, Cl^{-})، فضلاً عن قياس الدالة الحامضية والأيصالية الكهربائية والعسرة الكلية ومحتواها من المواد الصلبة الذائبة TDS وفق الطرق القياسية المعتمدة، في مديرية المسح الجيولوجي والتعدين عام 1995.

وقد أجريت عدة معالجات إحصائية بهدف توظيف البيانات التي تم الحصول عليها من المسح الجيوفيزيائي والتحليل الكيميائي لتحديد نوعية المياه وطبيعة المكمن الخازن لها.

النتائج والمناقشة

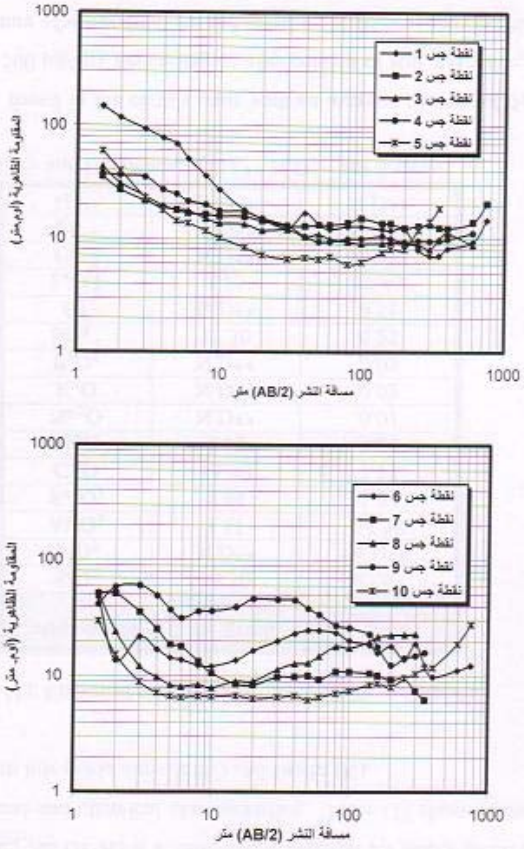
نتائج الجس الكهربائي

يمثل الشكل (4) المنحنيات الحقلية لنقاط الجس، تم تفسير المنحنيات الحقلية بمظاهاتها مع المنحنيات النظرية وبمساعدة المخططات المساعدة (Orellana and Mooney, 1966) وتم منها ايجاد المقاومة النوعية الحقيقية للطبقات وسمكها، جدول (1)، وظهر من نتائج التفسير ان اغلب انواع المنحنيات

جدول 1: نتائج تفسيرات الجس الكهربائي.

نقطة الجس	الموقع	المقاومة النوعية الحقيقية						سمك الطبقات			نوع المنحنى	ارتفاع النقطة(م)
		$\rho 1$	$\rho 2$	$\rho 3$	$\rho 4$	$\rho 5$		E1	E2	E3		
S1	باصخرة	200	40	12	3.6			1	4.3	180	QHK	322
S2	خزنة تبة	42	17	12	26			0.88	6.1	228	QH	289
S3	برطلة	54	16	9	20			0.8	4.2	380	QH	300
S4	كرمليس	50	15	5	45	2.5		1.5	18	40	QH	302
S5	باشبينة	100	16	2.2	7.2			0.7	3.4	182	QH	278
S6	كبرلى	48	10	36	12			1.8	9.4	39	HK	288
S7	بلاوات	59	9	4.2	30			1.7	1.8	46	Q	258
S8	الحمرة	100	10	12	25			0.65	10.5	19.7	HA	240
S9	عمركان	74	30	60	15			1	11	25	HK	280
S10	علي رش	27	8	15	7			1.1	5.2	84	HK	278

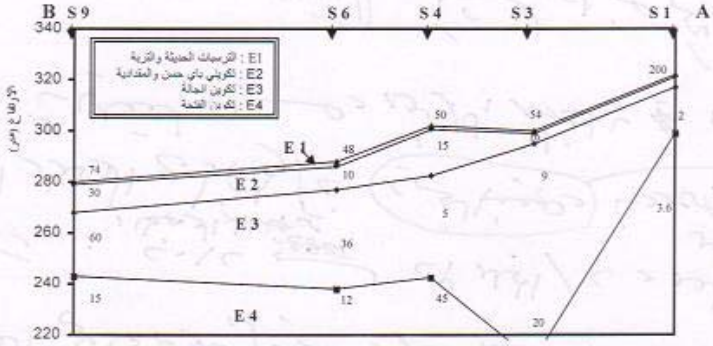
الحقلية هي من نوع QH، HKH حيث تعكس منحنيات QH اربع طبقات مختلفة المقاومة وعند المقارنة مع المقاطع الصخارية للآبار المتوفرة يتبين ان الطبقة الاولى ذات المقاومة العالية $\rho 1$ ترسبات نهرية حديثة وتليها الطبقة الثانية والثالثة ذات مقاومة حقيقية واطئة $\rho 3$ و$\rho 2$ وتشير المقاطع الصخارية الى انها تتكون من صخور مشبعة بالمياه تعود الى تكوينات باي حسن والمقدادية وانجانة.



شكل 4: منحنيات المقاومة الظاهرية الحقلية.

أما المنحني HKH رباعي الطبقة والذي يتوسط منطقة الدراسة المتمثل ببئر كبرلي فيعكس عدة طبقات؛ الطبقة الأولى $\rho 1$ تعكس وجود التربة الجافة والترسبات الحديثة، أما الطبقة الثانية والثالثة فهي ذات مقاومة حقيقية واطئة وتشير الى ترسبات تكوينات باي حسن والمقدادية وانجانة. أما المنحني QHK فيعكس حالة نقصان المقاومة مع العمق ويظر في الجهة الشمالية من منطقة الدراسة عند بئر عين الصفرة حيث تظهر الطبقة الاولى $\rho 1$ والثانية $\rho 2$ ويليها طبقة ذات مقاومة حقيقية اقل وتمثل جميعها صخور تكوين إنجانة.

ومن خلال ما ذكر أعلاه يتبين ان منطقة الدراسة يمكن ان تقسم الى ثلاثة انطقة كهربائية (شكل 5)، النطاق الأول يتمثل بمقاومة حقيقية عالية وسمك لا يتجاوز عشرة امتار ويمثل التربة السطحية الجافة والترسبات الحديثة ويليه النطاق الثاني الذي يتمثل بقيم ذات مقاومة حقيقية لا تتجاوز 28 اوم.متر وبسمك يصل الى 40 متر عند بئر خزنة تبة والتي تمثل تكوينات باي حسن والمقدادية. أما النطاق الثالث فيتمثل بقيم مقاومة حقيقية بمدى تتراوح من 3.6 – 26 أوم.متر وبسمك يصل في بعض المناطق الى 180 متر وخاصة عند بئري كرمليس وكبرلي. وبالمقارنة مع نتائج جس الآبار الموجودة يتمثل هذا النطاق بصخور تكوين إنجانة.



شكل 5: المقطع الجيوكهربائي بامتداد المسار A–B.

المعطيات الجيوكيميائية

هنالك عدة عوامل تتحكم في التقييم الجيوكيميائي للمياه الجوفية واهمها؛ نوعية الصخور الحاملة وكمية ونوعية الأطوار المعدنية القابلة للذوبان ومساحة التماس بين الصخور والمياه (المسامية) وقابلية حركة المياه في الطبقات الصخرية ودرجة حرارة الوسط وضغط وسرعة جريان المياه (Toth, 1970).

يوضح الجدول (2) الصفات الفيزيائية لمياه منطقة الدراسة. ويبين الجدول (3) تراكيز الأيونات الموجبة والسالبة لمياه الأبار في منطقة الدراسة. وتتباين هذه المياه في محتواها من الكالسيوم والمغنيسيوم

والصوديوم، فبعضها أكثر من الحدود الطبيعـــة والبالغـــة (200ppm<) و (40 ppm<) و (100 ppm<) على التوالي (Hamil and Bell, 1986)، والتي عادة توجد في الآبار العميقة. بينما تكون تراكيـــز هـــذه الأيونات ضمن الحدود الطبيعية في الآبار الأقل عمق نسبياً. ويقع تركيز ايون البوتاسيوم في مياه الآبـــار ضمن الحدود الطبيعة والبالغة 5 ppm> (Davis and Dewist, 1966). أما محتوى المياه مـــن تراكيـــز الكاربونات والبيكاربونات فتقع أغلبها ضمن الحدود الطبيعية البالغة 10 ppm> و 400> على التـــوالي، بينما تكون تراكيز الكبريتات والكلوريدات أعلى من حـــدها الطبيعـــي والبـــالغ 100ppm> و 30ppm> (Hamil and Bell, 1986)، في جميع الآبار. وتفتقر مياه الآبـــار بمحتواها من النتـــرات عـــدا بعـــض بعض الآبار المتأثرة وبشكل قليل بالنشاط الأحيائي الناتج عن تأثير البكتريا على تفسخ المواد العضوية في مياه البئر، وهي قريبة من حدودها الطبيعة وبعضها تزداد الى الحدود المقبولة للشرب والبالغة 45 ppm> (Walton, 1970).

جدول 2: الصفات الفيزياوية لمياه آبار منطقة الحمدانية.

موقع البئر	رقم البئر	PH	Ec	TDS ppm	TH ppm
باصخرة	1	7.2	1260	716	560.34
باشيتة	2	7.4	6810	4158	1835.69
خزنة تبة	3	7.5	1370	782	403.81
مفرق كرمليس	4	7.4	4390	2646	1247.97
كرمليس 1	5	7	10179	6156	3304.07
كرمليس 2	6	7	4109	2476	1567.23
كرمليس 3	7	7.1	9630	1560	1056.80
يرغنتي	8	7.8	3780	2270	1160.91
عمركان	9	7.5	1390	786	451.34
بلاوات	10	7.7	970	562	247.18
كبرلي 1	11	7.9	995	508	289.23
كبرلي 2	12	7.7	1000	596	367.79
كبرلي 3	13	7.9	810	499	114.10
خرابة سلطان	14	7.7	935	787	785.45
كهريز	15	7.8	940	3316	971.39
الحمرة	16	7.5	1305	752	434.87

جدول 3: التحاليل الكيميائية لنماذج آبار مختارة من منطقة الحمدانية.

الأيونات السالبة (ppm)					الأيونات الموجبة (ppm)				البئر
NO_3^-	Cl^-	SO_4^{2-}	HCO_3^-	CO_3^{2-}	K^+	Na^+	Mg^{2+}	Ca^{2+}	
0	70.9	312.33	206.79	6.45	1.84	15.87	41.43	156.13	1
0	248.1	2185.36	370.94	13.2	12.9	507.15	244.42	332.36	2
0	106.35	192.12	405.11	12	1.95	138	55.57	70.14	3
0	354.5	1272.79	201.33	12	3.91	348.6	151.27	250.5	4
0	673.55	3077.9	434.39	18	8.6	562.58	441.77	595.19	5
0	248.15	1200.75	359.96	18	2.5	163.76	208.18	284.57	6
0	177.25	696.43	353.86	18	1.56	102.7	134	202.4	7
45.88	106.35	1104.69	331.89	27.6	1.56	229.54	153.22	212.42	8
55.8	70.9	264.11	237.94	24	1.56	96.37	54.96	90.18	9
25.42	70.9	137.85	215.98	18	1.56	102.12	26.02	56.11	10
0	106.35	101.82	197.67	24	1.17	75.9	35.02	58.12	11
35.96	70.9	168.11	207.43	18	1.17	63.02	37.09	86.17	12
0	70.9	120.07	174.49	20.4	1.95	131.33	11.92	26.05	13
8.9	261	936	305	10.2	1.5	382.4	95	158	14
14.6	738	1268	98	0	2.1	673.8	88	244	15
0	70.9	264.16	275.77	16.8	1.17	89.47	52.17	88.18	16

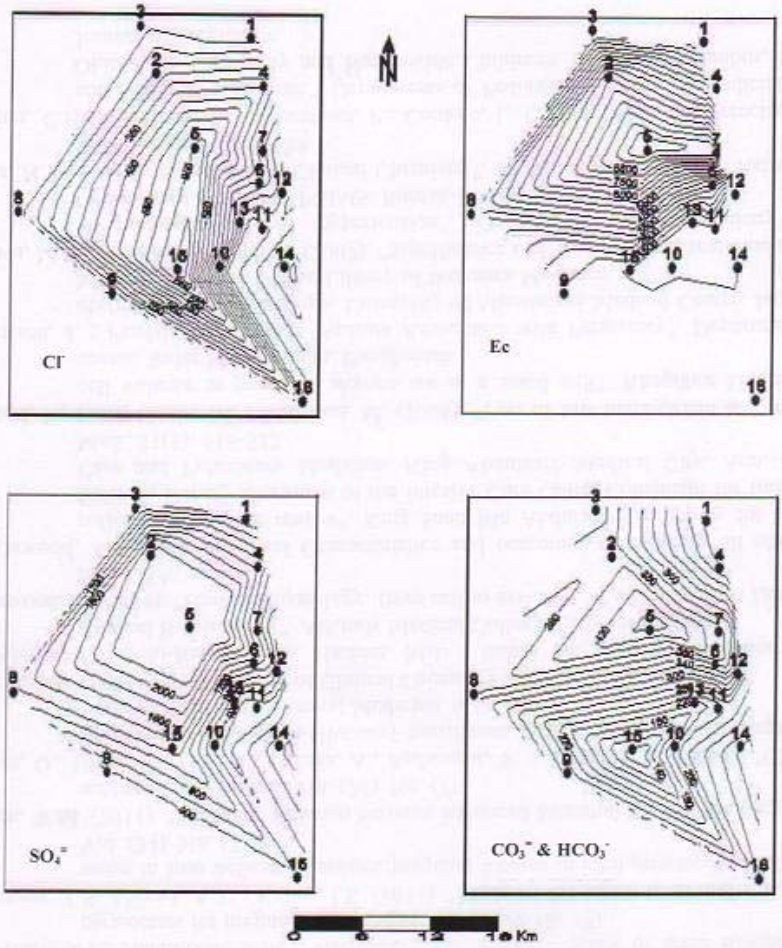
مجموع السالبة	مجموع الموجبة	الأيونات السالبة (epm)					الأيونات الموجبة (epm)				البئر
		NO_3^-	Cl^-	SO_4^{2-}	HCO_3^-	CO_3^{2-}	K^+	Na^+	Mg^{2+}	Ca^{2+}	
12.11	11.94	0.00	2.00	6.50	3.39	0.21	0.05	0.69	3.41	7.79	1
59.02	59.08	0.00	7.00	45.50	6.08	0.44	0.33	22.06	20.11	16.58	2
14.04	14.12	0.00	3.00	4.00	6.64	0.40	0.05	6.00	4.57	3.50	3
40.20	40.21	0.00	10.00	26.50	3.30	0.40	0.10	15.16	12.45	12.50	4
90.80	90.74	0.00	18.99	64.09	7.12	0.60	0.22	24.47	36.34	29.70	5
38.50	38.51	0.00	7.00	25.00	5.90	0.60	0.06	7.12	17.13	14.20	6
25.90	25.63	0.00	5.00	14.50	5.80	0.60	0.04	4.47	11.02	10.10	7
33.10	33.23	0.74	3.00	23.00	5.44	0.92	0.04	9.98	12.61	10.60	8
13.10	13.25	0.90	2.00	5.50	3.90	0.80	0.04	4.19	4.52	4.50	9
9.42	9.42	0.41	2.00	2.87	3.54	0.60	0.04	4.44	2.14	2.80	10
9.16	9.11	0.00	3.00	2.12	3.24	0.80	0.03	3.30	2.88	2.90	11
10.08	10.12	0.58	2.00	3.50	3.40	0.60	0.03	2.74	3.05	4.30	12
8.04	8.04	0.00	2.00	2.50	2.86	0.68	0.05	5.71	0.98	1.30	13
32.90	32.37	0.14	7.92	19.49	5.00	0.34	0.04	16.63	7.82	7.88	14
49.06	48.78	0.24	20.81	26.40	1.61	0.00	0.05	29.31	7.24	12.18	15
12.58	12.61	0.00	2.00	5.50	4.52	0.56	0.03	3.89	4.29	4.40	16

مجموع السالبة	مجموع الموجبة	الأيونات السالبة (epm %)					الأيونات الموجبة (epm %)				البئر
		NO_3^-	Cl^-	SO_4^{2-}	HCO_3^-	CO_3^{2-}	K^+	Na^+	Mg^{2+}	Ca^{2+}	
100.00	100.00	0.00	16.52	53.71	27.99	1.78	0.39	5.78	28.55	65.27	1
100.00	100.00	0.00	11.86	77.10	10.30	0.75	0.56	37.34	34.03	28.07	2
100.00	100.00	0.00	21.36	28.49	47.29	2.85	0.35	42.50	32.37	24.78	3
100.00	100.00	0.00	24.87	65.93	8.21	0.99	0.25	37.71	30.95	31.09	4
100.00	100.00	0.00	20.92	70.58	7.84	0.66	0.24	26.97	40.06	32.73	5
100.00	100.00	0.00	18.18	64.94	15.32	1.56	0.17	18.49	44.47	36.87	6
100.00	100.00	0.00	19.30	55.99	22.39	2.32	0.16	17.43	43.01	39.40	7
100.00	100.00	2.24	9.06	69.49	16.43	2.78	0.12	30.05	37.93	31.90	8
100.00	100.00	6.87	15.27	41.96	29.77	6.11	0.30	31.63	34.12	33.95	9
100.00	100.00	4.35	21.23	30.47	37.58	6.37	0.42	47.14	22.72	29.72	10
100.00	100.00	0.00	32.75	23.15	35.37	8.73	0.33	36.23	31.62	31.83	11
100.00	100.00	5.75	19.84	34.73	33.73	5.95	0.30	27.08	30.15	42.48	12
100.00	100.00	0.00	24.87	31.10	35.57	8.46	0.62	71.02	12.19	16.16	13
100.00	100.00	0.44	24.09	59.24	15.20	1.03	0.12	51.38	24.14	24.36	14
100.00	100.00	0.48	42.43	53.82	3.27	0.00	0.11	60.09	14.84	24.96	15
100.00	100.00	0.00	15.89	43.72	35.93	4.45	0.24	30.85	34.03	34.88	16

تعكس التحاليل الكيميائية الصفات الفيزيائية لمياه الآبار حيث تمثل أيونات الكبريتات والبيكاربونات والكلوريدات والكالسيوم والمغنيسيوم والصوديوم النسب العالية والغالبة تقريباً، بينما تكون بقية الأيونات بنسب واطئة. ولذلك تظهر مياه الآبار ذات ملوحة عالية وطعم مر نسبياً وخاصة الآبار الواقعة في الوسط باتجاه الغرب والجنوب الغربي للمنطقة، بينما تكون الآبار الواقعة في الجهة الشرقية والجنوبية الشرقية من المنطقة ذات ملوحة أقل.

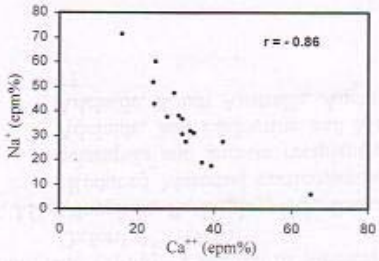
ويوضح الشكل (6) التوزيع الكنتوري لتراكيز مجموعة الكاربونات والبيكاربونات، والكبريتات والكلوريدات وهي الأيونات السالبة الرئيسة للأملاح المذابة، فضلا عن التوزيع الكنتوري للأيصالية الكهربائية (والذي يماثله توزيع العسرة الكلية والمواد الصلبة الذائبة). ويلحظ من الشكل ان زيادة التراكيز يكون في وسط المنطقة قرب قرية كرمليس والقرى المحيطة بها، حيث ان البئر عميق ويخترق تكوين الفتحة. ويأخذ هذا التوزيع بشكل عام استطالة قليلة باتجاه مقارب لأتجاه طية عين الصفرة المحدبة ويقارب محور طية الحمدانية المقعرة مائلاً باتجاة نهر دجلة.

ويعزى هذا المحتوى والتوزيع للأيونات (الأملاح المذابة) الى ان منطقة جبل عين الصفرة وطبوغرافية المنطقة واتحدارها باتجاه نهري دجلة والزاب الكبير تعد منطقة تغذية للمياه الجوفية السطحية منها والعميقة وان تركيب الطية المقعرة يساعد على تجمع وإمتداد الخزان الجوفي. فضلاً عن تأثير فعالية الذوبان للأطوار المعدنية المؤلفة لصخور التكوينات المنكشفة قرب جبل عين الصفرة والمكونة للتسرب المشتقة منها والحاوية على أطوار الكاربونات والكبريتات ذات قابلية التأثر بالمحاليل المذيبة. ان المحتوى العالي من أيونات الكبريتات والبيكاربونات والكالسيوم و المغنيسيوم يعزى الى جذر الكبريتات القادم من ذوبان صخور الجبس والأنهايدرايت المكونة من كبريتات الكالسيوم أما البيكاربونات فهي ناتجة من ذوبان معادن الصخور الجيرية (الكالسايت والدولومايت)، ويشير الشكل (7) الى العلاقة السالبة القوية بين الكبريتات من جهة والكاربونات والبيكاربونات من جهة اخرى ، ويدل ذلك الى ان المياه الغنية بالبيكاربونات والكالسيوم والمغنسيوم هي ناتجة من ذوبان صخور الدولومايت المتواجدة في الجزء العلوي من تكوين البلاسبي والجزء السفلي من تكوين الفتحة فضلا عن ذوبان بعض الأطوار المعدنية الموجودة في المارل الموجود في تكوين الفتحة في جزئه السفلي وهذا الأمتزاج ادى الى ارتفاع كل من الكبريتات والمغنسيوم في المياه، من خلال ارتفاع مستوى المياه الجوفية العميقة وامتزاجها مع المياه الموجودة في كل من تكوينات الفتحة وانجانة عبر التكسرات وقنوات الأذابة التي أدت الى اغتناء الأخيرة بكبريتات المغنيسيوم وبيكاربونات الكالسيوم، فضلا عن المياه السطحية الحاملة لنواتج ذوبان صخور الدولومايت وحجر الجير والجبس في اجزاء التكوينات المنكشفة. أما بالنسبة للكلوريدات والصوديوم فان الشكل (8) يوضح ايضاً وجود علاقة سالبة قوية بين الصوديوم والكالسيوم وهذا يعني عدم تواجد الصوديوم بتراكيز عالية في نفس الوحدة الصخرية وانما أتى الأغتناء بهذه الأيونات لأنها من الأملاح ذات القابلية العالية للذوبان والتي تتواجد عادة في المياه من خلال حركتها من السطح متوغلة الى الأعماق مع مرور الزمن

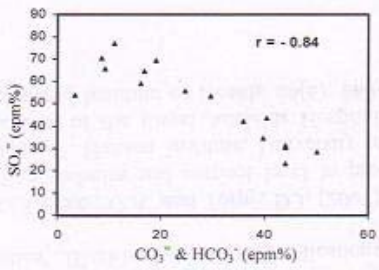


شكل 6: التوزيع الكنتوري للأنيونات الرئيسة والإيصالية الكهربائية في آبار الدراسة.

وتحمل املاح كلوريدات الصوديوم المذابة في المياه من خلال مرورها على الترب والـصخور الحاويـة على تراكيز (ولو انها قليلة) من الهلايت.



شكل (8) : العلاقة بين الكالسيوم والصوديوم.



شكل 7: العلاقة بين الكاربونات–البيكاربونات والكبريتات.

ويمكن من خلال معطيات التحاليل الكيميائية هذه تقييم نوعية المياه الجوفية وصلاحيتها. حيث تعد مياه آبار منطقة كرمليس وباشبيتة وبرغنتي وكهريز مياه ذات ملوحة متوسطة بينما بقية الآبار ذات ملوحة قليلة بالأعتماد على تركيز المواد الصلبة الذائبة (Bouwer, 1978). وحسب تصنيف بايبر (Piper, 1944) فأن أغلب آبار الدراسة (1، 2، 4–8) تشير الى كونها مياه مالحة لأن الملوحة الثانوية تزيد على 50%. أما الآبار (3، 9–12، 16) فتمثل ملوحة أقل لأن أي من الأيونات الموجبة والسالبة تقل عن 50%. كما تمتاز الآبار بان مياهها عسرة جداً بالأعتماد على قيم العسرة الكلية (Todd, 1980) ما عدا الآبار الواقعة الى الجهة الجنوبية الشرقية من منطقة الدراسة فتمتاز بانها عسرة نسبياً الى عسرة. وحسب تصنيف ولكوكس (Wilcox, 1955) لبيان صلاحية المياه لأغراض الري الذي يعتمد على العلاقة بين قيم الأيصالية الكهربائية والنسبة المئوية للصوديوم أن مياه آبار المنطقة تقع ضمن الحدود الجيدة الى المسموح بها لأستخدامات الري عدا منطقة كرمليس وباشبيتة فتعد مياه آبارها غير ملائمة للري.

الأستنتاج

اوضحت المسوحات الجيوفيزيائية باستخدام طريقة المقاومة الكهربائية وجود أربعة انطقة كهربائية؛ يتمثل النطاق الأول بسمك قليل وهو نطاق التربة والترسبات النهرية الحديثة، ويليه النطاق الكهربائي الثاني المتمثل بالترسبات العائدة لتكويني باي حسن والمقدادية، ثم النطاق الثالث وهو نطاق رئيسي ويمثل طبقات تكوين انجانة، أما النطاق الرابع فيمثل تكوين الفتحة.

على ضوء التقيمات الهيدروجيوكيميائية لآبار المنطقة تبين ان مياه الآبار الواقعة في الجهة الشرقية والجنوبية الشرقية من المنطقة والمتمثلة بالقرى الواقعة جنوب كرمليس تصلح مياهها لأستخدامات الشرب والري بينما بقية الآبار في منطقة كرمليس وباشبيتة وبرغنتي فهي غير ملائمة للري. ولكن من المفضل

عدم استخدام المياه الحاوية على تراكيز عالية من أيونات الكبريتات والمغنسيوم للشرب بسبب اضـــراره الصحية وحالات الأسهال المصاحبة لتناوله وخاصة مناطق عمركان وخرابة سلطان والحمرة بالأضـــافة كرمليس وباشبيتة.

شكر وتقدير

نتوجه بالشكر والتقدير الى السادة محمد شيت محمد رمزي طاقة والسيد محمد فوزي والسيد فيصل حمادي لجهودهما في توفير بعض المراجع المهمة للبحث.

المصادر العربية

البريفكاني، محمد جلال نوري، 1987. الجس الجيوتكنيكي لصخور الفتحة (الفارس الأسفل) في منطقـــة حمام العليل، أطروحة ماجستير غير منشورة، كلية العلوم، جامعة الموصل.

الجبوري، علي، 1977. الخواص الجيوتكنيكية للصخور الجيرية المستغلة لأغراض البناء فـــي منطقـــة الموصل. أطروحة ماجستير غير منشورة، كلية العلوم، جامعة الموصل.

الجبوري، منهل عبد السلام، 1988. جيولوجية منطقة الموصل شرق دجلـــة. رســـالة ماجـــستير غيـــر منشورة، كلية العلوم، جامعة الموصل.

القصاب، ابراهيم محمد حسون، 1987. أطلس العراق التعليمي. دار الكتب للطباعـــة والنـــشر، جامعـــة الموصل.

النعيمي، فيصل حمادي، 2000. هيدروجيولوجية حوض وادي الشور. رسالة ماجستير غير منـــشورة ، كلية العلوم، جامعة الموصل.

ثابت، كنانة محمد، العشو، محمد عمر، 1993. أسس الجيولوجيا الهندسية. إصدارات جامعة الموصـــل، 338 صفحة.

المصادر الأجنبية

Al-Mubarak, M.A.R. and Yokhanna, R.Y., 1977. Report of the regional geology mapping of Al-Fatha–Mosul, S.O.M. Library, Baghdad, Iraq.

Barwary, A.A., 1983. Report on regional geological survey of Khazir- gomel area. Un-published S.O.M. report, No. 1137, S.O.M. Library, Baghdad, Iraq.

Bellen, R.C., Van, Dunnington, H.V., Wetzel, R. and Morton, D.M., 1959. Lexique Stratgraphique International. V.3, Asic, Fasc. 10a, Iraq, Paris, 338p.

Bouwer, H., 1978. Ground water hydrogeology, McGraw Hill Co., New York, 480p.

Davis, S.N. and Dewiest, R.J.M., 1966. Hydrogeology. John Wiley and Sons, New York, 108p.

Hagopian, D.H. and Vejlupek, N., 1977. The regional geological mapping of Mosul–Erbil area. Unpublished S.O.M. report, S.O.M. Library, Baghdad, Iraq.

Hamil, L. and Bell, F.G., 1986. Ground water resource development, Butterworth, London, 344p.

Ingra, Co. P., 1967. One hundred and fourteen wells project, underground water, Mosul Liwa, Final report, No. 2.

Macfadyen, W.A., 1955. Water supplied in Iraq. Ministry of Development, Gover. Of Iraq. Publication No. 1, Report No. 13.

Orellana, E. and Mooney,H.M., 1966. Master tables and curves for vertical electrical sounding over layered structures. Interciencia Madrid, Spain.

Piper, A. M., 1944. A graphical procedure in the geochemistry interpretation of water analysis. Trans. Am. Geoph. Union., 6, pp.914 -923.

Saleh, S.A. and Al-Shaikh, Z.D., 1976. Geohydrological condition of Mosul area between Tigris and great Zab rivers, Northern Iraq. Mining Eng. Faculty of Engin. Cairo Univ., Egypt.

Todd, D.K., 1980. Ground water hydrology, 2nd Edition, John Wiley and Sons, New York, 278p.

Toth, J.A., 1970. A conceptual model of the groundwater regime and the hydrogeological environment. Jour. Hydro., 10, pp.164-167.

Walton, W.G., 1970. Ground water resource evaluation, McGraw Hill Co., New York, 222p.

Wilcox, L.V., 1955. Classification and use of irrigation water, U.S. Dept Agric. Circ. 969, Washington, D.C., 19p.