

جيوكهربائية الأنطقة المائية لتكوين فتحة/ شمال غرب العراق

مروان متعب^١ ، محمود سلمان الفاضل^٢

^١ قسم علوم الارض ، كلية العلوم ، جامعة الموصل ، الموصل ، العراق

^٢ مركز التحسس النائي ، جامعة الموصل ، الموصل ، العراق

(تاريخ الاستلام: ٢٧ / ٥ / ٢٠١٠ ----- تاريخ القبول: ١٣ / ١٢ / ٢٠١٠)

الملخص

تقع منطقة الدراسة في الجزء الشمالي من العراق على بعد 45 كم جنوب شرق مدينة الموصل وعلى الضفة اليمنى لنهر دجلة في منجم كبريت المشراق. تم تحليل سجلات المقاومة من النوع الاعتيادي الطويل (64"N) لواحد وأربعين بئراً في الدراسة الحالية وحسبت قيم المقاومة الحقيقية لـ(792) وحدة صخرية ضمن سلسلة صخور تكوين فتحة للخران الجوفي المحصور والمقسم إلى ثلاثة انطقه حاملة للمياه واقعة تحت منسوب الماء المتحرك.

تم تمثيل المعاملات الجيوكهربائية للانطقة المائية الثلاثة على هيئة خرائط للسلك المتماثل والتوصيل الطولي والمقاومة المستعرضة والمقاومية الطولية الحجمية والمقاومية المستعرضة واللاتماثل الكهربائي والمقاومية المعدلية والمقاومة المستعرضة (الحجمية) . ابرزت تلك الخرائط ثلاث حقائق مهمة ، الأولى عدم ملاحظة أي علاقة واضحة بين الظواهر التركيبية (الطبقات المحدبة والمقعره والقوقل بأنواعها) وتغاير قيم السمك للانطقة الصخرية الحاملة للمياه. والثانية أن ارتفاع قيم التوصيل الطولي والايصالية الكهربائية وانخفاض قيم المقاومة الحجمية والمقاومة المستعرضة الحجمية عند الغاطس الجنوبي الشرقي لطيه المشراق الرئيسة ومنطقة القوقل الوسطية غرب نهر دجلة في الانطقة المائية الثلاثة للخران الجوفي المحصور، يمكن أن يعطي تفسيراً واضحاً يشير إلى زيادة حركة المياه الجوفية أفقياً وعمودياً في تلك المنطقة والتي تتوافق مع الدراسات الهيدروجيولوجية السابقة. أما الثالثة فهي وجود تماثل كهربائي وهمي في النطاقين الثاني والثالث بشكل واضح في منطقة القوقل الوسطية غرب نهر دجلة إذ تصل القيمة إلى (1.09) ، والتي تعكس مقدار انخفاض وتقارب قيم المقاومة المستعرضة والمقاومية الحجمية مما يدل على وجود الكسور العمودية والفجوات الطولية بكثافة مع حركة المياه عمودياً وأفقياً في هذه المنطقة والتي لها مدلولات مهمة في الواقع الهيدروجيولوجي لمنطقة الدراسة .

المقدمة

تقع منطقة الدراسة في الجزء الشمالي من العراق على بعد 45 كم جنوب شرق مدينة الموصل على الضفة اليمنى لنهر دجلة، عند تقاطع فالق الحضر- بخمة (Hadhar-Bakhma fault) وفالق كركوك (Kirkuk fault) ضمن نطاق اقدام التلال [1] . تعد طية المشراق واحدة من مجموعة من الطبقات المتجاورة والتي يكون اتجاهها شمال غرب-جنوب شرق ويوجد في الطرف الجنوبي الغربي من طية المشراق الرئيسة عدة طبقات ثانوية يكون اتجاهها مشابه لاتجاه ألية الرئيسية (الشكل-1) . تنتشر القوقل ضمن التكوينات الرسوبية لمنطقة الدراسة إذ تتميز بنوعها الاعتيادي والمعكوس ويكون النوع الاعتيادي أكثر انتشاراً، والاتجاه العام للقوقل شمال غرب- جنوب شرق وشمال شرق-جنوب غرب والذي يشابه الاتجاه العام للفواصل في المنطقة [2].

تتكشف في منطقة الدراسة تكاوين العصر الثلاثي والمتمثلة بتكوين الفتحة(Middle Miocene) وتكوين الانجانة (Upper Miocene) والعصر الرباعي المتمثلة بالترسبات النهرية الحديثة (Holocene) . تم الحصول على معلومات التتابع الطباق من خلال الآبار التي تم حفرها من قبل [3] إذ اخترقت تكوين الفرات الجبيري (Lower

هي السائدة في تكوين الفتحة. يهدف البحث الحالي إلى اجراء تحليل سجلات المقاومة لواحد وأربعين بئراً تغطي منطقة الدراسة وتخرق الانطقة المائية لخران طبقات إنتاج الكبريت في تكوين الفتحة. وإجراء مقارنة بين خرائط المعاملات الجيوكهربائية (Geoelectric parameters) والظواهر التركيبية والتكتونية والتكهنات وطبيعة حركة المياه في منطقة الدراسة،

من عدد من الخزانات الثانوية [6]. والخزانات الرئيسية من الأعلى إلى الأسفل هي :

1- خزان الطبقات الغطائية (Overburden layers aquifer)

يتألف هذا الخزان من خمسة طبقات حاملة للمياه الجوفية تمثل ترسبات العصر الرباعي وسلسلة الكبريتات الفتاتية والجزء العلوي من سلسلة الكاربونات-الفتاتية والجزء السفلي من سلسلة الكاربونات-الفتاتية والجزء الأوسط من سلسلة الكبريتات . معظم هذه الخزانات تتميز بأنها غير مستمرة وضعيفة الجريان إذ أن تجهيز المياه لهذه الخزانات يتم من الجانب الشمالي الغربي من منطقة الترسيب وعلى طول اتجاه الطية الرئيسية . تتصف نوعية المياه الكبريتية باحتوائها على أيونات متعددة ودرجة الحرارة للمياه في نطاق الغطاء (23 oC) بالإضافة إلى وجود عدد من العيون (Springs) التي تأخذ المياه من الطبقات الغطائية بعضها موسمية قليلة الجريان وبعضها دائمة الجريان حسب معدل مجموع المواد الصلبة الذائبة (Total TDS Dissolved Solids; والتي تساوي 2794 ppm) ومعدل نسبة كبريتيد الهيدروجين (Hydrogen Sulphate content) فكان mg/l 50 [3] . توجد طبقات سميكة نسبياً من الجبس والطين يصل سمكها إلى ثلاثة أمتار أسفل خزان الطبقات الغطائية تفصلها عن خزان الطبقات الإنتاجية .

2- خزان الطبقات الإنتاجية (Productive layers aquifer)

يعد هذا الخزان أكبر خزانات المياه الجوفية في منطقة الدراسة حيث يمتد على جانبي نهر دجلة والذي يشمل الطبقات الكبريتية للجزء السفلي من تكوين الفتحة ، وبسبب وجود الطبقة المارلية في الجزء العلوي من تكوين الفرات الجيري والطبقات السميكة من الجبس والطين في الجزء السفلي من الطبقات الغطائية فقد عملت كطبقات حاصرة للخزان من الأسفل والأعلى لذلك يعد الخزان الجوفي من النوع المحصور المتعدد حيث يتواجد في جميع مواقع منطقة الدراسة الحالية ، ويلاحظ عدم استمرارية هذا الخزان بفعل تواجد الفوالق إذ إن عدم الاستمرارية تعتمد على الإزاحة العمودية على طول مستويات الفوالق .

إن الاختلاف في الطبيعة الصخرية والتطبيق جعلت الطبقات الحاوية على الماء والخواص الهيدروليكية لها تتغير في الاتجاهين الأفقي والعمودي فالتغير الأفقي للطبقات الإنتاجية يتواجد على طول الانحدار الذي تتحول على طولها طبقات الكبريت إلى طبقات الجبس والانهيدريرات . أما من الناحية الهيدروليكية فإن الخزان يشغل مساحة كبيرة وتسير فيه المياه من كل الجوانب إذ يكون التصريف الطبيعي لهذه المياه نحو النهر لوجود الاتصال الهيدروليكي مع النهر نتيجة لتعري الطبقات الغطائية ووجود الفوالق عند منطقة النهر [6] .

نوعية المياه في خزان الطبقات الإنتاجية تختلف عن نوعية المياه في خزان الطبقات الغطاء وذلك لأن خزان الطبقات الإنتاجية يتميز بأنه محصور ومستمر وكذلك وجود الاتصال الهيدروليكي مع النهر

بالإضافة إلى الجريان المستقر إذ اثبت ذلك خلال عمليات الضخ الاختباري ، وبصورة عامة فإن المياه تقع ضمن طبقات من الحجر الجيري الكبريتي المتكهن والحجر الجيري الطيني ومعدل سمك المياه في خزان الطبقات الإنتاجية استناداً إلى المعلومات المتوفرة من الآبار الهيدروجيولوجية حوالي 100م [7] .

تم إجراء عمليات الضخ الاختباري في عدد من الآبار لتحديد الناقلية المائية (Transmissivity) لخزان الطبقات الإنتاجية حيث تم تحديد بعض المناطق التي تميزت بالناقلية المائية العالية وخاصة المناطق القريبة من النهر إذ تراوحت بين (1000-3000) م²/يوم ، فضلاً عن مناطق أخرى عالية الناقلية تمتد على طول محور الطية الرئيسي وكذلك تحديد مناطق ذات ناقلية مائية واطنة تتراوح بين (26-100) م²/يوم تقع في الجزء الشمالي بالإضافة إلى تحديد معدل الناقلية المائية لخزان الإنتاج كانت (165) م²/يوم (7) .

أشار [8] إلى أن قيم الناقلية المائية لخزان الطبقات الإنتاجية تتراوح بين (24-1000) م²/يوم عند الآبار 5-XIV و 9-XV على التوالي إذ تنخفض هذه القيم بشكل عام في الاتجاه الشمالي الغربي من المنطقة في حين ترتفع بالاتجاه الشرقي (باتجاه النهر) وتزداد بشكل كبير قرب الغاطس الجنوبي الشرقي لطية المشراق وهذا الارتفاع ربما يعزى إلى حركة المياه الجوفية في المنطقة نتيجة تواجد الفجوات الممتدة باتجاه النهر .

واستناداً إلى الدراسات التي قام بها [3] و [6] فقد تم تقسيم خزان الطبقات الإنتاجية إلى ثلاثة خزانات جوفية (انطقه مائية) إذ تم ملاحظة اختلاف في مستويات المياه الجوفية من خلال قياسات آبار المراقبة والتي تبعد مسافة عن الاتصال الهيدروليكي مع النهر وهذا الاختلاف يقل كلما ابتعدنا عن نهر دجلة باتجاه الغرب وهذه الخزانات من الأعلى إلى الأسفل وهي:

النطاق المائي الأول (I)

يحتوي على (3-4) انطقه ثانوية حاوية على المياه تفصل بينها طبقات رقيقة من الصخور الجيرية الدولومائيتية تتغير هذه الطبقات إلى صخور جيبسيه في بعض الأماكن في الجهة الغربية من منطقة الدراسة ويحتوي النطاق المائي الأول على فجوات كبيرة نسبياً لوحظت خلال قياسات الجس الجيوفيزيائي ومن خلال قياس قطر البئر (Caliper logs) في عدد من الآبار وخاصة البئر 8-XI والبئر 9-XI.

النطاق المائي الثاني (II)

يتكون هذا النطاق من طبقتين سميكتين نسبياً تفصل بينهما طبقة من الصخور الجيرية الدولومائيتية ويحتوي على عدد من الفجوات والتي لوحظت في عدد من الآبار (3-XV ، 3-XXI ، 5-p ، 1-XV) .

النطاق المائي الثالث (III)

يتكون من طبقتين من الحجر الجيري الأولى سميكة يصل سمكها إلى حوالي (17) م، والثانية يصل سمكها حوالي (6) م حيث تتحول إلى صخور جيبسيه في المنطقة القريبة من نهر دجلة وتحتوي على عدد

الجدول (1) : احتساب المقاومة الحقيقية للصخور من السجل البئر الاعتيادي الطويل وفق [8]

Bed thickness	Qualifications	Device	Response
h>20 ft (>4AM)		Long normal	$\rho_t = \rho_a$
h=15 ft (3AM)	$\rho_a / \rho_s \geq 2.5$	Long normal	$\rho_t = 3/2 \rho_a$
h=15 ft (3AM)	$\rho_a / \rho_s \leq 1.5$	Long normal	$\rho_t = \rho_a$
h=10 ft (2AM)	$\rho_a / \rho_s \geq 2.5$	Long normal	$\rho_t = 2\rho_a$
h=10 ft (2AM)	$\rho_a / \rho_s = 1.5$	Long normal	$\rho_t = 3/2 \rho_a$

تم اختيار السجل البئر الطويل وذلك لأنه يمتاز بالشكل البسيط والمتناظر حول النقطة الوسطية بالإضافة إلى أن القيمة القصوى للمنحنى تمثل منتصف المسافة الفعلية بينما على العكس من ذلك فإن السجل الجانبي الذي يتميز بالتقاطه الطبقات الرقيقة إلا أنه غير متناظر ومعقد الشكل ولا يمكن تحديد سمك الطبقة الفعلي ومقاوميتها الحقيقية بشكل دقيق [13] .

اعتماداً على بيانات السجل الجيولوجي ومخططات الآبار والتي استندت على منسوب المياه الجوفية والمنفذة من قبل [3] والتي اعتمدت على نماذج اللباب الصخري (Core samples) ومخططات التسجيل الجيوفيزيائي ، تم تقسيم الخزان الجوفي المحصور إلى ثلاثة انطقه حاملة للمياه (Water bearing horizon) والتي تمثل النطاق المائي الأول والنطاق المائي الثاني والنطاق المائي الثالث .. إذ تم حساب قيم المقاومة الحقيقية لـ (792) وحدة صخرية (Rock unit) للخزانات الجوفية الثلاثة والتي تقع تحت منسوب الماء المتحرك (Dynamic water level) إذ أجريت كافة القياسات للمقاومة تحت هذا المنسوب .

خرائط المعاملات الجيوكهربائية للنطاق المائي الأول

Geoelectrical parameters maps of the first water horizon

خارطة السمك المتماثل (Isopach map ; H)

يوضح الشكل (2) تغيرات السمك المتماثل للنطاق الجوفي الأول المشبع بالمياه (Saturated horizon) والذي يقع تحت مستوى الماء المتحرك ، إذ يلاحظ وجود زيادة في قيم السمك في الجزء الشمالي الشرقي والجزء الجنوبي والجنوبي الغربي من منطقة الدراسة مع وجود انخفاض في قيم السمك في المنطقة الفاصلة بينهما . يتضح مما سبق عدم وجود علاقة واضحة في تغيرات السمك لمناطق الطيات المحدبة والمقعرة ، بينما يلاحظ بشكل عام وجود انخفاض في قيم السمك في المناطق التي توجد فيها الفوالق بأنواعها .

خارطة التوصيل الطولي (Longitudinal conductance) (; S

يبين الشكل (3) وجود زيادة في قيم التوصيل الطولي في الجزء الجنوبي الشرقي عند الغاطس الجنوبي الشرقي لطية المشرق الرئيسية بالقرب من نهر دجلة ، كما تزداد قيم التوصيل الطولي أيضاً في الجزء الجنوبي من منطقة الدراسة والذي يعكس سريان التيار الكهربائي بشكل موازي للطبقات حيث إن ذلك يمثل زيادة في حركة المياه الجوفية أفقياً في المنطقتين المذكورتين أعلاه [17] . وبإجراء مضاهاة بين الخارطة الحالية والشكل (2) يلاحظ عدم وجود زيادة في قيم السمك في

من الفجوات الكبيرة كما يلاحظ من قياسات الجس الجيوفيزيائي للآبار P-5 ، XII-8 ، XV-3 ، XV-9 ، XIV-9 .

درس [9] هايدروجيولوجية وهايدروكيميائية للمنطقة قبل وبعد الإستخراج باستعمال الموديلات الرياضية وكذلك الانتشار الحراري وكميات المياه المتسربة الى نهر دجلة خلال عملية الاستخراج . كما قام [10] بدراسة هايدروجيولوجية حقل كبريت المشرق . واستنتج [11] الى تأثير بعض المتغيرات الصخرية (تركيز المواد القيرية) والتركيبية على المعاملات الجيوكهربائية لحقل كبريت المشرق (M-1) شمال العراق .

تحليل وتمثيل سجلات مقاومة الآبار

(Analysis and presentation of borehole resistivity logs)

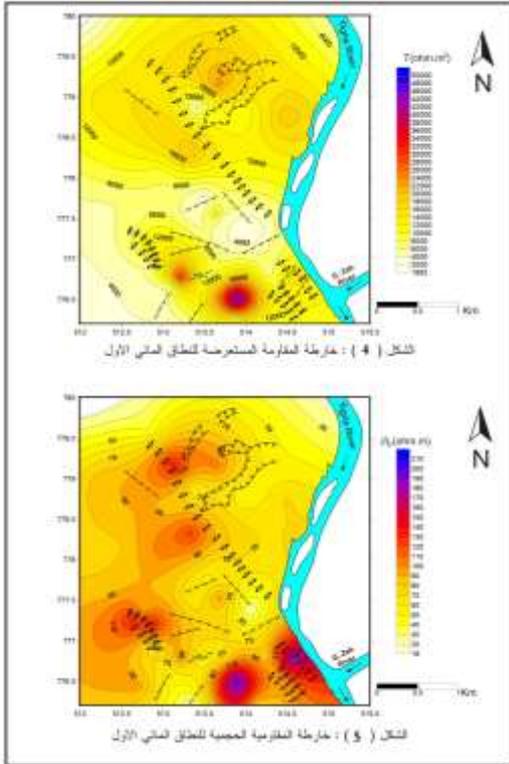
تتضمن بيانات السجلات قياس الخواص الفيزيائية للصخور تحت سطحية في الآبار المحفورة لهذا الغرض إذ تسجل القياسات المتنوعة كدالة مع العمق، إذ ازدادت أهمية هذه القياسات وذلك لقابليتها في إعطاء صورة واضحة عن سمك التكوينات الرسوبية وطبيعة الطبقات الصخرية وميل سطوح تماسها (Dipping of layer boundaries) والمسامية الفعالة والنفاذية والمحتوى المائي [12]. لقد أشار [13] إلى إن سجلات المقاومة الكهربائية تعد المصدر الأفضل في إعطاء معلومات تفصيلية وموثوقة تمثل السيطرة على المسوحات الجيوكهربائية السطحية وذلك من خلال حساب المعاملات الجيوكهربائية للصخور تحت سطحية . إضافة إلى ما تقدم فقد أكدت الدراسات في هذا المجال على أهمية سجلات المقاومة في إجراء مضاهاة (Correlation) بين التكوينات الجيولوجية المختلفة ، فضلا عن استخدام تلك السجلات في عمليات التحري والاستكشاف عن التراكبات الهايدروكربونية والكبريتية لأنها تشخص الخواص الموقعية (In-situ) للصخور الخازنة لتلك الخامات [14] . كما أشار [15] إلى إن السجلات البئرية يمكن أن تحدد صخور مكامن الخامات ومساميتها ونفاذيتها وطبيعة المحاليل الموجودة فيها .

تم الحصول على بيانات المقاومة الكهربائية من خلال تحليل تسجيل المقاومة الاعتيادي الطويل (64"N) لواحد وأربعين بئراً غطت منطقة الدراسة في منجم كبريت المشرق (Mishraq sulphur mine) والمنفذة من قبل [3] وكما موضح في الشكل (1) . يمثل منحنى قياس المقاومة في التسجيل البئر ، المقاومة الظاهرية (Apparent resistivity; ρ_a) التي تم قياسها مباشرة من السجل المقاوم ، تعكس هذه القيم التداخل لخمسة متغيرات هي مقاومة طين الحفر (Mud resistivity; ρ_m) ومقاومة الصخور المحيطة (Surrounding bed resistivity; ρ_s) ومقاومة التكوين (Formation resistivity; ρ_f) وقطر البئر (Hole diameter) والفاصلة القطبية (Electrode spacing) . لقد أشار [16] إلى أنه في حالة وجود الصخور متوسطة المقاومة التي تكون فيها النسبة ($10 < \rho_{16} < \rho_m < 50$) يكون استخدام السجل البئر الطويل مناسباً في تحديد قيم المقاومة الحقيقية وحسب الجدول (1) .

خارطة المقاومة الحجمية (Bulk resistivity ; ρ_b)

يوضح الشكل (5) وجود شذوذ ين رئيسيين للمقاومة الحجمية في منطقة الدراسة الأول يتجه شمال شرق - جنوب غرب في الجزء الشمالي الغربي والجنوبي الغربي من المنطقة تصل سعته إلى (150) اوم . متر ، بينما يقع الشذوذ الثاني في أقصى الجزء الجنوبي الشرقي بالقرب من النهر حيث تصل أقصى قيم للمقاومة إلى (210) اوم . متر . وبمقارنة الخارطة الحالية مع خارطة السمك المتماثل يلاحظ عدم وجود علاقة واضحة بينهما مما يتبين بشكل قاطع تأثير الطبيعة الصخرية وتواجد الكسور .

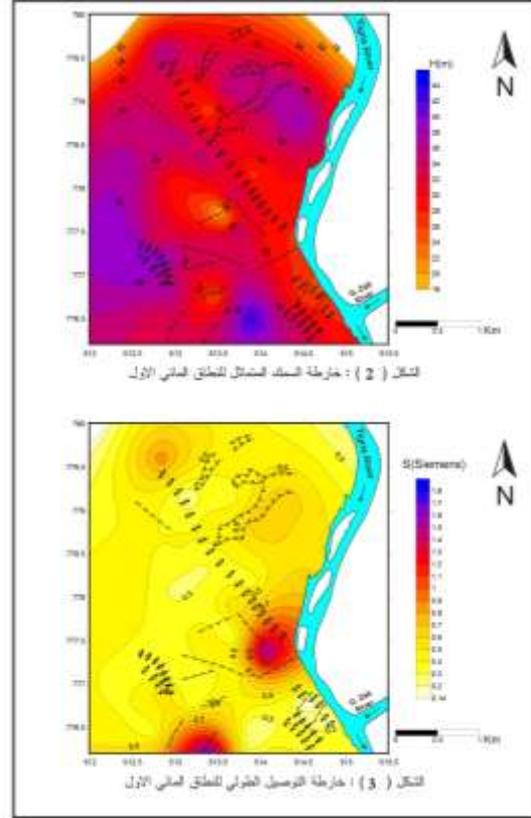
فضلا عما سبق يلاحظ وجود انخفاض في قيم المقاومة الحجمية في المناطق التي تقع بالقرب من الغاطس الجنوبي الشرقي أي بالقرب من منطقة الفوالق الوسطية غرب نهر دجلة ، مما يدل على وجود نوع من التشابه بين المقاومة الحجمية التي تتأثر بالجهد المقاس من التيار الذي يسري باتجاه الطبقات من جهة وخارطة التوصيل الطولي من جهة أخرى (الشكل - 3) الذي يمثل نفس الخصائص . وبذلك فإن هذا التشابه يعد دليلا على عدم تأثير سمك النطاق المائي على المعاملات الجيوكهربائية .



خارطة المقاومة المستعرضة (Transverse resistivity; ρ_T)

الشكل (6) يمثل قيم المقاومة الناتجة بفعل سريان التيار الكهربائي بشكل عمودي على مستويات التطبيق والذي يمكن أن يكون متأثر بعاملين الأول الطبيعة الصخرية والثاني هو حركة المياه بشكل عمودي في النطاق المائي أي وجود تسربات بين الطبقات الصخرية . تبين الخارطة وجود شذوذ ين ذات قيم مرتفعة ، الشذوذ الأول في الجزء الشمالي من منطقة الدراسة حيث يصل إلى (700) اوم . متر

منطقتي الارتفاع في قيم التوصيل الطولي ، لذلك يمكن الاستدلال بأنه لا يوجد تأثير واضح للسمك على ذلك . تمت مضاهاة العمود الصخري والمخطط الجيوفيزيائي لسجل قياس قطر البئر (Caliper log) إذ لوحظ وجود عدد من الفجوات والتكهفات الكبيرة الحجم في المناطق التي ترتفع فيها قيم التوصيل الطولي ، بينما لوحظ انخفاض في قيم التوصيل في مناطق أخرى في الأجزاء الشمالية والجنوبية الغربية وفي وسط منطقة الدراسة .



خارطة المقاومة المستعرضة (Transverse resistance ; T)

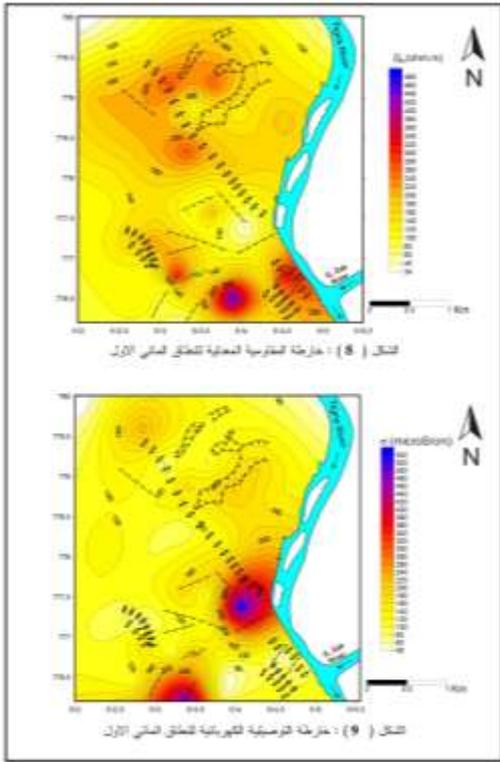
يبين الشكل (4) وجود شذوذ عالي للمقاومة المستعرضة في الجزء الشمالي من المنطقة يصل إلى (22000) اوم . متر مربع ، كما يلاحظ وجود شذوذ أكثر حدة في الجزء الجنوبي الغربي يصل إلى (48000) اوم . متر مربع . يفصل بين الشذوذ ين السابقين انخفاض واضح في القيم ذات محور يمتد من الغرب إلى الشرق إذ تمثل أدنى قيمة لهذا الانخفاض عند منطقة الفوالق الوسطية وبالقرب من الغاطس الجنوبي الشرقي لطية المشرق الرئيسية . وبمقارنة المعلومات الحالية مع خارطة السمك المتماثل يتضح وجود علاقة بين المنطقة قليلة السمك والممتدة بنفس الاتجاه مما قد يدل على وجود تأثير أكبر لقيم المقاومة في تلك المنطقة .

قورنت المناطق ذات قيم المقاومة المستعرضة العالية مع وصف العمود الصخري حيث لوحظ وجود طبقات سميكة من الحجر الجيري المعاد التبلور والحاوي على الكبريت والمواد القيرية والتي تتصف بمقاوميتها العالية [8] إضافة إلى صعوبة انتقال التيار عموديا في الشذوذين أعلاه .

خارطتي المقاومة الحجمية (الشكل 4-) والمقاومية المستعرضة (الشكل-6) .

خارطة التوصيلية الكهربائية (σ) (Electrical conductivity ; σ)

الشكل (9) يمثل قيم التوصيلية الكهربائية حيث يلاحظ وجود شذوذ بين ذات قيم مرتفعة احدهما يقع بالقرب من الغاطس الجنوبي الشرقي للطفية الرئيسية والآخر في أقصى الجنوب تصل قيمة كل منهما إلى ما يقارب تصل قيمة التوصيل فيها إلى (0.9) سيمنس . بينما يلاحظ انخفاضاً في بقية مناطق الدراسة. وبإجراء مضاهاة بين الخارطة الحالية والخارطة السابقة للسلك (540) مايكروسيمنس/سم إذ يمثل كل من الشذوذ بين سريان عالي للتيار الكهربائي باتجاه موازي لسطح الطبقات نتيجة لتواجد التكهفات والقنوات في الطبقات الصخرية للمنطقتين في أعلاه.



خارطة المقاومة المستعرضة (الحجمية)

(Transverse resistance ; RT)

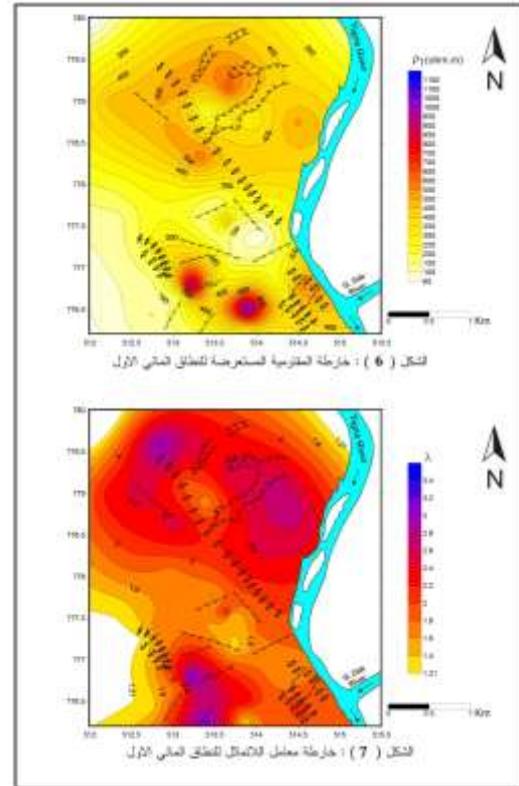
الشكل (10) يمثل قيم المقاومة المستعرضة الناتجة من حاصل ضرب المقاومة الحجمية في قيم سمك النطاق المشبع بالماء . يلاحظ بشكل ان عام خفاض في القيم ذات امتداد واسع وسعة قليلة تصل إلى (522) اوم. متر مربع بالقرب من الغاطس الجنوبي الشرقي للطفية الرئيسية. كما يتبين بان خارطة المقاومة المستعرضة الحجمية يمكن أن تمثل التفاعل بين خارطتي المقاومة المستعرضة و المقاومة الحجمية وبذلك يمكن أن تكون هذه الخارطة مصدر موثوق به في الحسابات التي ستذكر لاحقاً .

والشذوذ الثاني في الجزء الجنوبي الشرقي تصل قيمته القصوى إلى (1150) اوم . متر ، إذ يفصل بين الشذوذ بين شذوذ ذات قيم قليلة يصل أذناها إلى (50) اوم . متر قرب الغاطس الجنوبي الشرقي من طية المشراق الرئيسية.

خارطة معامل اللاتماثل (λ) (Coefficient of anisotropy ; λ)

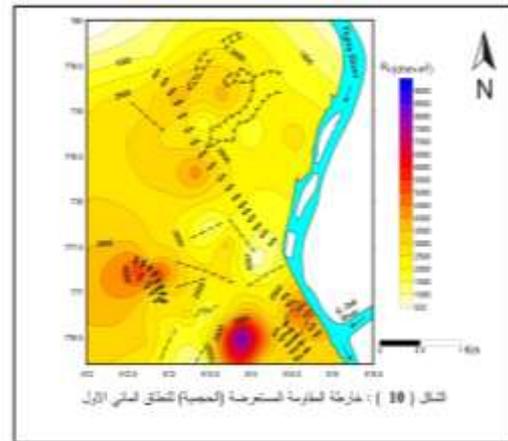
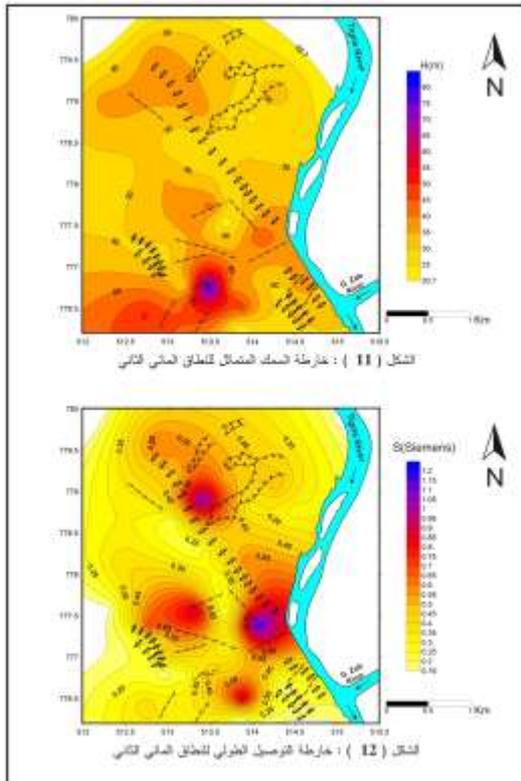
يبين الشكل (7) التغيرات في الخصائص الكهربائية عمودياً وأفقياً ، إذ يلاحظ وجود شذوذ واسع الامتداد وكبير السعة في الجزء الشمالي من منطقة الدراسة إذ تصل قيمة معامل اللاتماثل الكهربائي إلى (3.4) والذي يمكن أن يعكس تغيرات الطبيعة الصخرية في تلك المنطقة عن المناطق المجاورة لها كما مبين من خلال تحليل البيانات.

فضلا عما تقدم وجود شذوذ ثاني في الجزء الجنوبي الشرقي لمنطقة الدراسة يصل إلى (3.2) إذ يعكس نفس الخصائص للشذوذ السابق مع وجود اندماج بين الشذوذ بين ، بالإضافة إلى ذلك يتضح وجود تناقص في قيم اللاتماثل الكهربائي في الجزء الوسطي قرب الفوالق الوسطية حيث تصل قيمة اللاتماثل الكهربائي إلى (1.2) .



خارطة المقاومة المعدلية (pm) (Average resistivity ; pm)

يبين الشكل (8) وجود شذوذ بين الأول يقع في الجزء الشمالي من منطقة الدراسة والثاني في الجزء الجنوبي الشرقي ، بالإضافة إلى ذلك يتضح إن هنالك انخفاض كبير في قيم المقاومة المعدلية عند الغاطس الجنوبي الشرقي للطفية الرئيسية بالقرب من النهر ، حيث تتسجم هذه المعلومات مع المعطيات السابقة وخاصة المشار إليها في



خرائط المعاملات الجيوكهربائية للناطق المائي الثاني (Goelectrical parameters maps of the second) (water horizon

خارطة السمك المتمائل (Isopach map ; H)

يوضح الشكل (11) تغيرات السمك المتمائل للناطق المائي الثاني إذ يلاحظ وجود زيادة في قيم السمك في منطقتين ، الأولى قرب الغاطس الشمالي الغربي لطية المشراق الرئيسية حيث يصل السمك إلى (40) متر. بينما يزداد السمك قرب منطقة الفالق المضري (Strike slip fault) ليصل إلى (80) متر والتي تمثل أعلى قيمة للسمك في هذا النطاق .

يتضح مما سبق عدم وجود علاقة لتغيرات السمك في مناطق الطيات المحدبة والطيات المقعرة ، بينما يتبين بشكل عام وجود تزايد في قيم السمك في المناطق التي تتواجد فيها الفوالق بأنواعها المختلفة .

خارطة التوصيل الطولي (Longitudinal conductance ; S)

يبين الشكل (12) خارطة التوصيل الطولي للناطق المائي الثاني حيث يتضح وجود زيادة في القيم تصل إلى (1.2) سيمنس في الجزء الشمالي الشرقي من الجناح الشمالي الشرقي وكذلك قرب الغاطس الجنوبي الغربي للتيبة الرئيسية ، كما يتواجد ارتفاع في وسط المنطقة وجنوبها (الشكل 11) يمكن الاستدلال بتباين تأثير السمك على تزايد قيم التوصيل الطولي في المنطقتين المذكورتين في أعلاه . ومن خلال ملاحظة التسجيل الجيوفيزيائي والعمود الصخري للآبار في المناطق التي يوجد فيها زيادة في قيم التوصيل الطولي لوحظ وجود عدد من طبقات الحجر الجيري الطيني (Marly limestone) التي تحتوي على المسامات (Porous) والكسور (Fractured) والفجوات الأفقية (Horizontal cavities) التي تصل أقطارها إلى (100) ملم [3] .

خارطة المقاومة المستعرضة (Transverse resistance ; T)

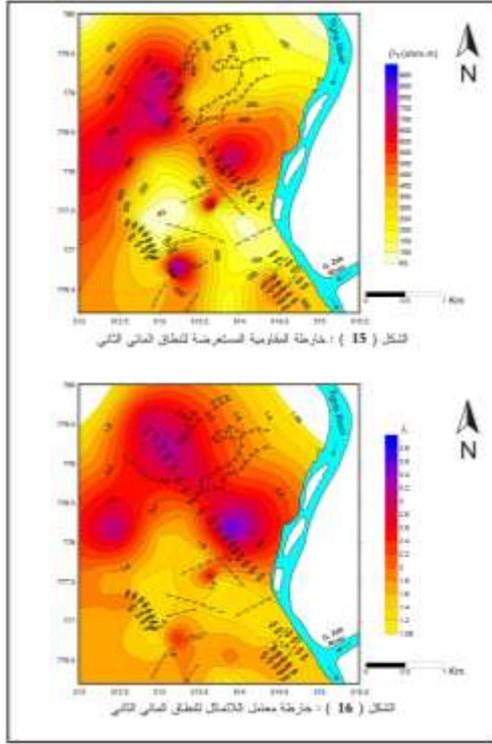
يبين الشكل (13) وجود شذوذ عالي للمقاومة المستعرضة حول منطقة الغاطس الشمالي الغربي للتيبة الرئيسية حيث يصل القيمة إلى (26000) اوم . متر مربع وكذلك وسط محور الطية ، كما يلاحظ وجود شذوذ أكبر حدة في المنطقة الجنوبية بالقرب من الفالق المضري يصل إلى (38000) اوم . متر مربع . يفصل بين الشواذ السابقة انخفاض يصل إلى (2457) اوم . متر مربع وخاصة قرب منطقة الفوالق الوسطية يقع في وسط منطقة الدراسة . وبمضاهاة الخارطة الحالية مع قيم التوصيل الطولي (الشكل- 12) يتضح تطابق شواذ منطقة الفوالق الوسطية .

قورنت قيم شواذ المقاومة المستعرضة العالية مع مخططات السجلات الجيوفيزيائية والعمود الصخري حيث لوحظ وجود عدد من طبقات الحجر الجيري المعاد التبلور (Recrystallized limestone) الحاوي على الكبريت والمواد القيرية التي تتصف بمقاوميتها العالية ، بالإضافة إلى وجود تباين في تأثير قيم السمك العالية في زيادة المقاومة المستعرضة في المناطق المذكورة في أعلاه .

خارطة المقاومة الحجمية (Bulk resistivity ; ρ_b)

يوضح الشكل (14) المقاومة الطولية (الحجمية) التي تمثل سريان التيار بشكل أفقي موازي لسطح الطبقات [18] ، إذ يتبين وجود ارتفاع في قيمها في الجزء الجنوبي والجنوبي الغربي من منطقة الدراسة فضلا عن منطقة الجناح الجنوبي الغربي من طية المشراق الرئيسية حيث تصل قيم المقاومة الحجمية (150) اوم . متر ، بالإضافة إلى ذلك وجود زيادة في القيم في الجزء الجنوبي الشرقي والجنوبي الغربي تصل أقصاها (220) اوم . متر بالقرب من الطيات الصغيرة المحدبة

للمناطق التي تمتلك زيادة في قيم اللاتماثل الكهربائي ، إذ وجد ارتفاع في طبقات الحجر الجيري المعاد التبلور والحاوي على الكبريت والمواد القيرية [11] .



خارطة المقاومة المعدلة (Average resistivity ; pm)

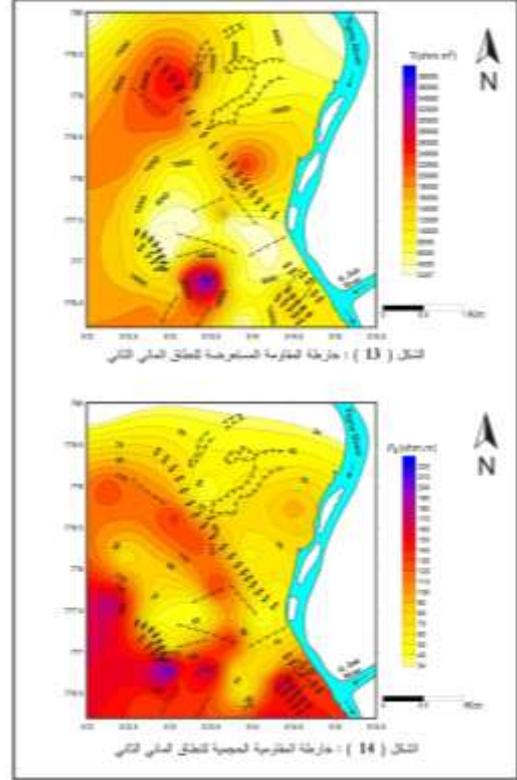
يبين الشكل (17) وجود شواذ عالية القيم وواسعة الامتداد تغطي معظم مناطق الطيات الرئيسية والثانوية ، حيث تصل أقصى قيمة لها (360) اوم .متر . بينما يلاحظ انخفاض في قيم المقاومة المعدلة ليصل الى (65) اوم . متر في منطقة الفوالق الوسطية غرب نهر دجلة .

خارطة التوصيلية الكهربائية (Electrical conductivity ; σ)

يوضح الشكل (18) وجود شواذ عالية القيم التوصيل الكهربائي ذات امتداد واسع يغطي الجناح الشمالي الشرقي من الطية الرئيسية وغطاسيها ، فضلا عن وجود ارتفاع في قيم التوصيلية الكهربائية في منطقة الفوالق الوسطية تصل أقصاها (290) مايكروسيمنس/سم ، تفصل الشواذ السابقة انخفاض في قيم التوصيلية الكهربائية تصل إلى (46) مايكروسيمنس/سم.

لوحظت مخططات التسجيل الجيوفيزيائي والعمود الصخري للأبار في المناطق التي فيها ترتفع قيم التوصيلة الكهربائية وقد وجد أن طبقات الحجر الجيري الطيني المسامي الحاوي على الفجوات والتكسرات الأفقية تكون هي السبب الرئيسي في زيادة التوصيلية الكهربائية في تلك المناطق .

والمقورة . بينما يلاحظ انخفاض في قيم المقاومة في الجزء الشمالي الشرقي والشمالي الغربي بالإضافة إلى الجزء الجنوبي الغربي عند الغاطس الجنوبي الغربي الذي يمثل أدنى قيم المقاومة الحجمية حيث يصل إلى (34) اوم.متر . وبمقارنة الخارطة الحالية مع خارطة السمك (الشكل-11) يلاحظ عدم وجود تأثير للسمك على قيم المقاومة الحجمية ، مما يدل على وجود تأثير مهم للطبيعة الصخرية وتواجد الكسور والفجوات .



خارطة المقاومة المستعرضة (Transverse resistivity ; pT)

يبين الشكل (15) قيم المقاومة الناتجة بفعل سريان التيار بشكل عمودي على مستوى الطبقات ، حيث تتميز الخارطة بوجود شذوذ واسع الامتداد واقع على محور الطية الرئيسية ويمتد إلى غرب المنطقة ذات قيم مرتفعة تصل الى (742) اوم . متر . كما يلاحظ وجود شذوذ بين ذات امتداد متغير بالقرب من منطقة الفالق أمضربي تصل قيمته القصوى الى (900) اوم . متر والثاني في أقصى جنوب شرق منطقة الدراسة ، إذ يفصل بين هذه الشواذ شذوذ ذات قيم قليلة يصل أداها (63) اوم . متر عند الغاطس الجنوبي الغربي لطية المشراق الرئيسية بالقرب من نهر دجلة .

خارطة معامل اللاتماثل (Coefficient of anisotropy ; λ)

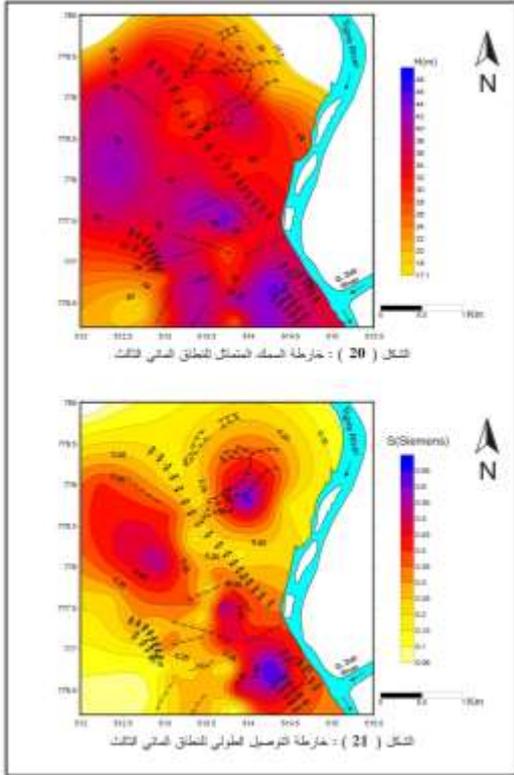
يوضح الشكل (16) التباير في الخصائص الكهربائية للطبقات الصخرية عمودياً وأفقياً [12] ، حيث يلاحظ وجود شذوذ عالي للقيم فوق معظم الطية الرئيسية في الجزء الشمالي وبشكل موازي للطية الرئيسية تصل أقصاها (3.7) . كما يلاحظ وجود انخفاضات في قيم اللاتماثل الكهربائي في منطقة الفوالق الوسطية إذ تصل إلى ادنى قيمة (1.09) . قورنت مخططات التسجيل الجيوفيزيائي والعمود الصخري

خارطة السمك المتماثل (Isopach map ; H)

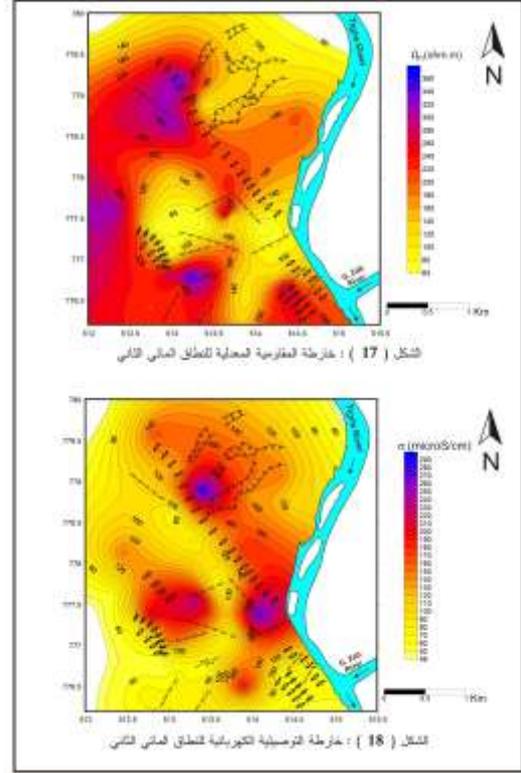
يبين الشكل (20) وجود زيادة في سمك النطاق المائي الثالث في مناطق متفرقة من منطقة الدراسة ، يتضح عدم وجود علاقة واضحة لتغيرات السمك في مناطق الطيات المحدبة والطيات المقعرة والفوالق المختلفة .

خارطة التوصيل الطولي (Longitudinal conductance ; S)

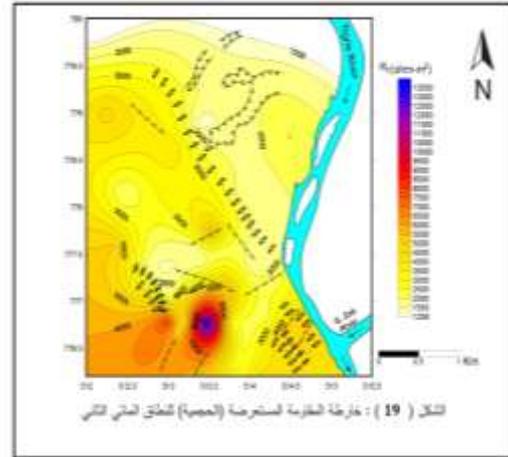
يوضح الشكل (21) وجود ارتفاع في قيم التوصيل الطولي في ثلاثة أجزاء من منطقة الدراسة الأول الشمالي الشرقي والثاني الشمال الغربي والثالث الجنوبي الشرقي، وبإجراء مضاهاة بين الخارطة الحالية والخارطة السابقة (الشكل 20) يمكن الاستدلال بأنه لا يوجد تأثير للسمك على تزايد قيم التوصيل الطولي في المناطق المذكورة أعلاه . وبمضاهاة التسجيل الجيوفيزيائي والعمود الصخري للآبار في المناطق التي ترتفع فيها قيم التوصيل الطولي يلاحظ وجود عدد من طبقات الحجر الجيري الطيني (Marly limestone) التي تحتوي على المسامات (Porous) والتكسرات (Fractured) والفجوات الأفقية (Horizontal cavities) التي تصل أقطارها إلى عدة سنتيمترات والتي تكون هي السبب في زيادة قيم التوصيل الطولي في تلك الانطقة ، بينما لوحظ أن المناطق التي تنخفض فيها قيم التوصيل الطولي تتميز بتواجد طبقات سميكة من الجبس .

**خارطة المقاومة المستعرضة (Transverse resistance ; T)**

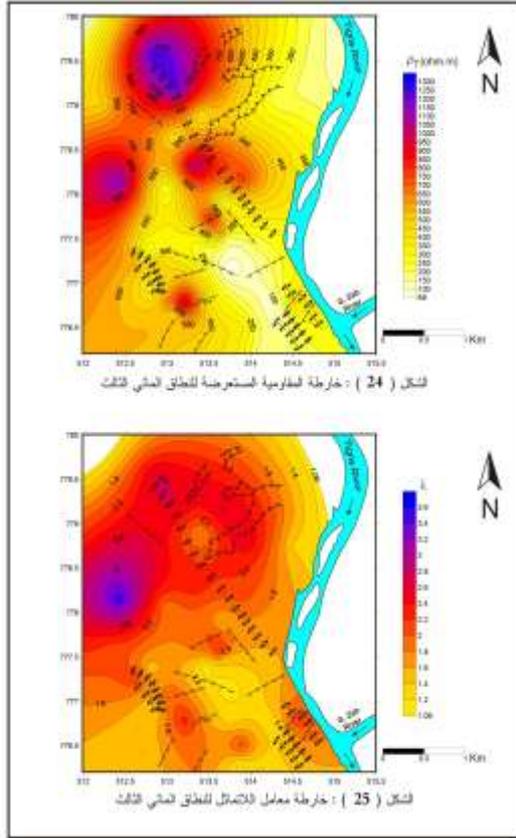
يبين الشكل (22) وجود شذوذ عالي للمقاومة المستعرضة في الجزء الشمالي الغربي واسع الامتداد قرب الغاطس الشمالي الغربي للطية الرئيسية يصل إلى (50000) اوم. متر مربع . كما يلاحظ وجود شواذ صغيرة الامتداد اقل حدة في وسط منطقة الدراسة وبالقرب من منطقة

**خارطة المقاومة المستعرضة (الحجمية)****(Transverse resistance ; RT)**

الشكل (19) يمثل قيم المقاومة المستعرضة الناتجة من حاصل ضرب المقاومة الحجمية للنطاق المائي مع سمك النطاق المائي المشبع بالماء [19]، يلاحظ وجود ارتفاعا كبيرا في قيم المقاومة في الجزء الجنوبي والجنوبي الغربي من منطقة الدراسة حيث تبلغ أقصاها (14000) اوم . متر مربع عند منطقة الفالق المضربي ، بينما يلاحظ انخفاض في قيم المقاومة المستعرضة تبلغ أدناها عند الجناح الشمالي الشرقي ومنطقة الفوالق الوسطية غرب نهر دجلة وتصل (1258) اوم . متر مربع .

**خرائط المعاملات الجيوكهربائية للنطاق المائي الثالث
(Geoelectrical parameters maps of the third water horizon)**

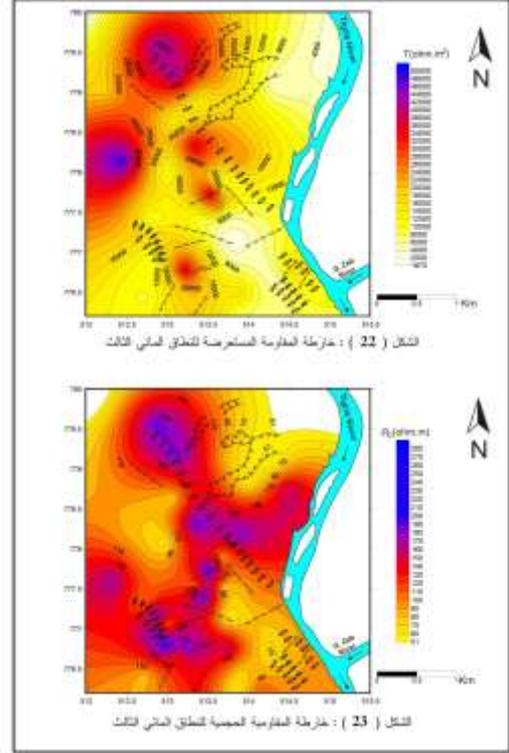
خارطة معامل اللاتماثل (λ ; Coefficient of anisotropy)
يوضح الشكل (25) وجود شذوذ واسع الامتداد وعالي القيم في الجزء الشمالي الغربي تصل أقصاها (3.54) ، وكذلك وجود شذوذ آخر اقل حدة من الشذوذ السابق في الجزء الجنوبي والجنوبي الشرقي من منطقة الدراسة . كما يلاحظ وجود انخفاض في قيم اللاتماثل الكهربائي في المناطق التي تفصل بين الشواذ السابقة تصل ادناها إلى (1.09) في منطقة الفوالق الوسطية غرب نهر دجلة لتمتد إلى الجناح الجنوبي الشرقي في بعض الطيات الصغيرة . وبمقارنة امتداد الشواذ المرتفعة في الخارطة الحالية مع خارطة المقاومة المستعرضة (الشكل - 24) يتبين التطابق الكبير بينهما مما يدل على تأثير التغيرات الصخارية على ذلك. والتكسرات الأفقية والتي تكون هي السبب الرئيسي في زيادة التوصيلية الكهربائية في هذه المنطقة.



خارطة المقاومة المعدلية (ρ_m ; Average resistivity)
يبين الشكل (26) وجود امتداد واسع ذات قيم عالية تصل إلى (473) اوم . متر فوق معظم محور الطية الرئيسة والجزء الشمالي الغربي من المنطقة . ينما يلاحظ انخفاض في قيم المقاومة المعدلية تصل أدناها (92) اوم . متر مربع في الجزء الجنوبي الشرقي قرب الغاطس الجنوبي الشرقي لطية المشراق ليمتد إلى وسط المنطقة ، إذ تتسجم هذه المعلومات مع المعطيات السابقة الذكر والموضحة سابقا في خارطتي المقاومة الحجمية (الشكل - 14) والمقاومة المستعرضة (الشكل - 15) .

الفالق المضربي تصل إلى (28000) اوم . متر مربع ، يفصل بين الشواذ السابقة انخفاض في قيم المقاومة المستعرضة تصل إلى (1870) اوم . متر مربع خاصة عند الغاطس الجنوبي الشرقي من الطية الرئيسية وفي مناطق الفوالق الوسطية غرب نهر دجلة.

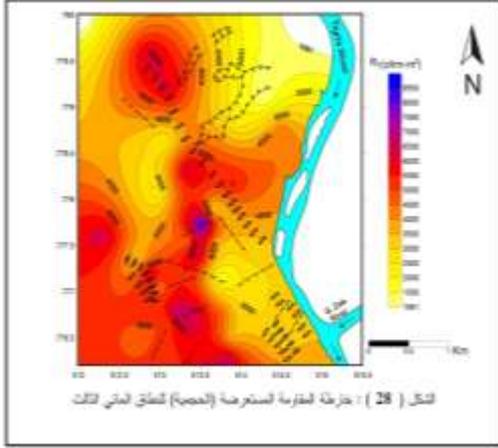
خارطة المقاومة الطولية الحجمية (ρ_b ; Bulk resistivity)
يوضح الشكل (23) تزايد في قيم المقاومة الحجمية في معظم أجزاء منطقة الدراسة تصل أقصى قيمة للمقاومة إلى (285) اوم . متر ، بينما يلاحظ انخفاض في قيم المقاومة الحجمية في مناطق الفوالق الوسطية والمناطق الشمالية الشرقية والشمالية الغربية والجنوبي الشرقي بالقرب من نهر دجلة يصل أدناها إلى (51) اوم . متر . وبمقارنة الخارطة الحالية مع خارطة السمك (الشكل - 20) يلاحظ عدم وجود تأثير واضح للسمك على قيم المقاومة الحجمية ، مما يدل على تأثير الطبيعة الصخرية والتكهفات والكسور على ذلك .



خارطة المقاومة المستعرضة (ρ_T ; Transverse resistivity)
يبين الشكل (24) وجود شذوذ عالي للمقاومة واسع الامتداد في الجزء الشمالي الغربي ، حيث تبلغ أقصى قيمة للمقاومة (1264) اوم . متر قرب الغاطس الشمالي الغربي لطية المشراق الرئيسية . كما يلاحظ وجود شذوذ بين صغيري الامتداد واقل حدة يقعان وسط محور الطية الرئيسية وفي الجزء الجنوبي بالقرب من منطقة الفالق المضربي . بالإضافة إلى ذلك وجود انخفاض في قيم المقاومة المستعرضة في عدة أجزاء تصل أدناها إلى (68) اوم . متر خاصة قرب منطقة الفوالق الوسطية .

الشرقية والشمالية الغربية والجنوبية الشرقية تصل أداها (1061) اوم

. م .



المناقشة والاستنتاجات

بمقارنة خرائط السمك المتماثل للانطقة الصخرية الحاملة للمياه الجوفية الثلاثة، يلاحظ التباين الواضح في مواقع تزايد قيم السمك وتناقصها ، فضلا عن تشابه قيمة السمك الأقصى للنطاقين الأول والثالث (48) مترا ، بينما يرتفع السمك الأقصى للنطاق المائي الثاني ليصل إلى (80) مترا وخاصة في منطقة الفالق المضري الاراضي . عموما لم يلاحظ أي علاقة واضحة بين الطيات المحدبة والطيات المقعرة والقوق بأنواعها المختلفة وتزايد وتناقص قيم السمك للانطقة الصخرية الحاملة للمياه. قورنت المعلومات في أعلاه مع خرائط التوصيل الطولي وخرائط المقاومة المستعرضة ، لوحظ عدم تزايد أو علاقة واضحة بين قيم السمك والشواذ المرتفعة القيم مما يدل بشكل مؤكد على موثوقية اعتماد الشواذ عالية القيم على متغيرات الطبيعة الصخرية والفجوات والكسور .

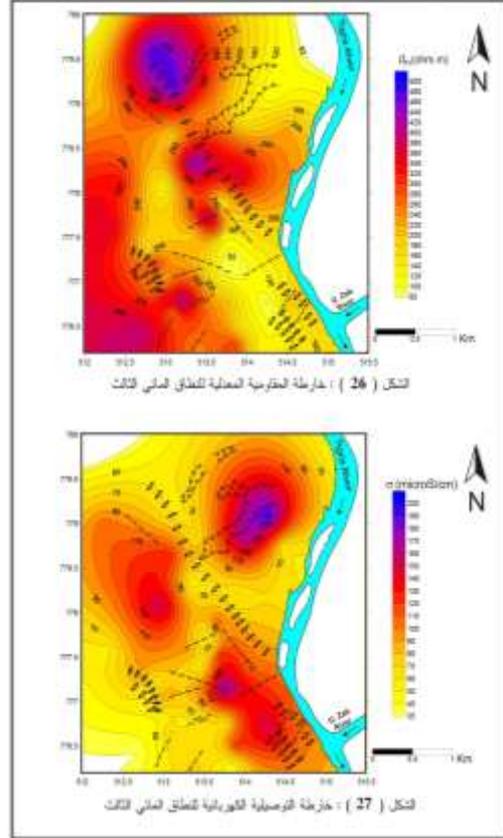
إن ارتفاع قيم التوصيل الطولي وانخفاض قيم المقاومة المستعرضة عند الغاطس الجنوبي الشرقي لطية المشرق الرئيسية ومنطقة القوالم الوسطية غرب نهر دجلة في الانطقة المائية الثلاثة للخزان الجوفي المحصور مع تواجد المسامية الثانوية (الفجوات والتكسرات) يمكن أن يعطي تفسيراً واضحاً عن زيادة حركة المياه الجوفية أفقياً وعمودياً في تلك المنطقة. مع الأخذ بنظر الاعتبار انخفاض قيم التوصيل الطولي للنطاق المائي الثالث بالمقارنة مع النطاقين الأول والثاني . كما يلاحظ تزايد في قيم التوصيل الطولي في جناحي طية المشرق الرئيسية للانطقة المائية.

الثلاثة والمتقارب مع القيم المنخفضة لخرائط المقاومة الحجمية . إن هذا التقارب في القيم والمواقع يبين بشكل قاطع حركة المياه الجوفية أفقياً وعمودياً والناتج من المسامية الثانوية المتواجدة في الوحدات الصخرية في تلك المواقع من منطقة الدراسة .

إن إجراء مقارنة بين خارطتي اللاتماثل الكهربائي للنطاقين الثاني والثالث تبين بشكل واضح وجود تماثل كهربائي وهمي (Pseudo isotropic) في منطقة القوالم الوسطية غرب نهر دجلة حيث تصل

خارطة التوصيلية الكهربائية (Electrical conductivity ; σ)

يوضح الشكل (27) وجود ارتفاع في قيم التوصيلية الكهربائية في الجزء الشمالي الشرقي والشمالي الغربي من محور طية المشرق الرئيسية تصل أقصاها (200) مايكروسيمنس/سم ، بينما يلاحظ انخفاض في قيم التوصيلية الكهربائية في المسافة الفاصلة بين الشوذ بين تصل أداها (35) مايكروسيمنس/سم ، قورنت مخططات التسجيل الجيوفيزيائي والعمود الصخري للآبار في المناطق التي فيها زيادة في قيم التوصيلية الكهربائية إذ لوحظ وجود عدد من طبقات الحجر الجيري الطيني المسامي الحاروي على الفجوات والتكسرات الأفقية والتي تكون هي السبب الرئيسي في زيادة التوصيلية الكهربائية في هذه الانطقة.



خارطة المقاومة المستعرضة (الحجمية)

(Transverse resistance ; RT)

يبين الشكل (28) وجود زيادة في قيم المقاومة فوق معظم محور الطية الرئيسية وفي الجزء الجنوبي الغربي من منطقة الدراسة لتصل أقصاها (8638) اوم . متر مربع . بينما يلاحظ وجود انخفاض واضح جدا في قيم المقاومة المستعرضة في ثلاثة مناطق تمثل المناطق الشمالية بإجراء المضاهاة بين خرائط المقاومة الحجمية يتضح انخفاض قيمها في الجزء الشمالي الشرقي من الطية الرئيسية ومنطقة القوالم الوسطية غرب نهر دجلة ، بينما يلاحظ الانخفاض في قيم النطاق المائي الثالث عند غاطس الطيات الثانوية الجنوبية الشرقية وبعض مناطق القوالم الواقعة غرب نهر دجلة في منطقة الدراسة . فضلا عما تقدم يلاحظ وجود انخفاض في قيم المقاومة المستعرضة يصل إلى (60) اوم . متر في منطقة القوالم الوسطية غرب نهر دجلة للانطقة المائية

من مقارنة خرائط التوصيلية الكهربائية للانطقة المائية الثلاثة ، يلاحظ تقارب قيمها العليا للنطاقين الثاني والثالث (200,290) مايكروسيمنس/سم على التوالي . كما يلاحظ وجود شذوذين واسعي الامتداد شرق وغرب محور الطية الرئيسية للنطاقين في أعلاه ، بينما يلاحظ وجود زيادة في قيم التوصيلية الكهربائية للنطاق المائي الأول لتصل إلى (540) مايكروسيمنس/سم في مناطق الفوالق الوسطى. إن مقارنة خرائط المقاومة المستعرضة (الحجمية) للانطقة الثلاثة تبين عموماً ، وجود تطابقاً في مواقع تضاؤل القيم والتي تمثل مناطق الفوالق الوسطية والأجزاء الشمالية الشرقية والشمالية الغربية من منطقة الدراسة .

القيمة إلى (1.09) ، والتي تعكس مقدار انخفاض وتقارب قيم المقاومة المستعرضة والمقاومية الحجمية، مما يدل على تواجد الكسور العمودية والفجوات الطولية بكثافة مع حركة المياه عمودياً وأفقياً في هذه المنطقة .

إن إجراء مضاهاة بين خرائط المقاومة المعدلية للانطقة المائية الثلاثة توضح بشكل قاطع تضاؤل قيمها لتصل (34، 65، 92) اوم . متر على التوالي في منطقة الفوالق الوسطية غرب نهر دجلة والتي تعكس قيمها تزايد التوصيلية الكهربائية المعدلية واعتبارها شذوذاً مقاومياً منخفضاً (Low resistivity anomaly) له مدلولاته المهمة في الواقع الهيدروجيولوجي لمنطقة الدراسة .

المصادر

- 6-العمري، فاروق صنع الله، أنوري، مضر يوسف، محضر باشي، ثابت داود، (1998)، إجراء دراسة بحثية حول تقليل تسرب المياه التكنولوجية الحارة وبما يقلل التلوث وتخفيض كلف الإنتاج في حقل المشراق (1) ، بحث غير منشور، الشركة العامة لكبريت المشراق ، 45صفحة.
- 7-Al-Samarrie, A. M., (1975). Ground water movement in sulphur bearing strata with reference to sub-surface mining. Ph.D. thesis. The University of Newcastle Upon Tyne.328 p.
- 8-الجريسي، بشار عزيز محمود،(2006)، دراسة مقارنة للخصائص الجيوكهربائية لحقل كبريت المشراق (M-1) ، شمال العراق، أطروحة دكتوراه غير منشورة، كلية العلوم، جامعة الموصل، 140 صفحة .
- 9-Mahder-Bashi, T. D., (1986). Solution mining of sulphur in the lower Fars formation at Mishraq in northern, Iraq. Ph.D. thesis, University of London, 507p.
- 14-Sharma, P. V., (2004). Environmental and engineering geophysics. Cambridge University press, U. K., 475p.
- 15-Telford, W.M., Geldart, L.P., Sheriff, R.E. and Keys, D.A., (1976), Applied geophysics, University Press, Cambridge, 860 p.
- 16-Schlumberger, (1989). Log interpretation Principles /Applications. Schlumberger Educational Services, 5000 Gulf Freeway, Houston, Texas.
- 17- Kelly,W.E., and Reiter,P.F.(1984). Influence of anisotropy on relations between electrical and hydraulic properties of aquifers, J.Hydrolo 74,pp.311-321.
- 18-Reynolds, J. M., (2003). An introduction to applied and environmental geophysics. Wiley & Sons Ltd., England, 796 p.
- 19-Frohlich, R.K.,(1994). The electric – hydraulic relationship. A geophysical model. Trends in Hydrology, 1, pp.349-358.

- 1- Jassim, S., Z., and Goff, J., C., (2006). Geology of Iraq. Dolin, Prague and Moravian Museum 345p.
- 2-Barker, J.M. ,Cochran, D.E., and Semrad ,R. ,(1979).Economic geology of the Mishraq sulfur deposit, northern Iraq. J. Economic geology, 74, pp. 484-495.
- 3- Centozap, (1971). Geological documentation of native sulphur deposits in Mishraq. Sulphur state enterprise library, 216p, (Unpublished).
- 4-Al-Noori, M. Y., (1976). The effect of geological conditions of Mishraq sulphur deposit on the results of underground smelting of the deposit and on the post- exploitation surface deformations. Ph.D. thesis, Geology and Prospecting Faculty, The University of Stanislaw Staszic, 198 p.
- 5-Al-Sawaf, F. D. S., (1977).Sulfate reduction and sulfur deposition in the lower Fars formation, Northern Iraq. Economic geology, 72, pp. 608-618.
- 10 - محمد علي، عامر عبد الرحيم، (1989)، دراسة هيدروجيولوجية لحقل كبريت المشراق ، رسالة ماجستير غير منشورة، كلية العلوم، جامعة الموصل ، 104 صفحة.
- 11- متعب، مروان، محضر باشي، ثابت ،الجريسي، بشار، (2009a) ، تأثير بعض المتغيرات الصخرية على المعاملات الجيوكهربائية لحقل كبريت المشراق (M-1) / شمال العراق. المجلة العراقية لعلوم الأرض، المجلد 9 ، العدد 1 ، الصفحة 23-42 .
- 12-Koefoed, O., (1979). Geosounding principles 1: Resistivity sounding measurements. Elsevier Science Publishing Company, Amsterdam. 276 p.
- 13-Keller, G. V., and Frischknecht, F. C., (1982) . Electrical methods in geophysical prospecting. Pergamon Press Inc., Oxford, 523p.

Geoelectrics Of Aquifer Horizons Of Fat'ha Formation / North-West Iraq

M. Mutib¹, M. S. Alfadhel²

¹ Geology Dept., Science College, Mosul University, Mosul, Iraq

² Remote Sincere central, Mosul University, Mosul, Iraq

E-mail: drmarwanmutib@yahoo.com

(Received: 27 / 5 / 2010 ---- Accepted: 13 / 12 / 2010)

Abstract

The study area lies in the northern part of Iraq with 45 km distance to the south-west of Mosul city on the right bank of Tigris River at Mishraq sulphur mine. In the present study, resistivity logs of long normal array (64°N) for (41) wells were analyzed and true resistivity values were computed for (792) rock units covering the confined aquifer of the lower part of Fat'ha formation. The aquifer was divided to three water bearing horizons (WBH) underlying the dynamic water level.

Geoelectrical parameters of the three (WBH) were plotted as maps of isopach, longitudinal conductance, transverse resistance, longitudinal (bulk) resistivity, transverse resistivity, average resistivity, electrical conductivity, coefficient of anisotropy, and bulk transverse resistance. Those maps enhanced three important issues, first one is not obvious relation between the structural features (anticlines and faults) and thickness variations of the three (WBH).

The second one is the decreasing of bulk, transverse and average resistivity and the increasing of longitudinal conductance and electrical conductivity of (WBH) at the northeast & southwest parts of the main axis of Mishraq anticline and also at middle fault region near the river.

The third is a comparison between the second and third maps of (WBH) of coefficient anisotropy has indicated obviously the pseudo isotropic (1.09) at the middle fault region. This phenomena reflects the similarity of the transverse and longitudinal resistivities which are also characterized with very low values displaying a secondary porosity with high water movements in this region. The latest conclusion has important implications in the hydrogeological situation.