

دراسة بيئية في حقل المشرق - ١ في ضوء التصوير المقاومي ثنائي البعد والمسح المقاومي الإتجاهي

بشار عزيز الجريسي

ثابت داؤد محضر باشي

مروان متعب

قسم علوم الارض

كلية العلوم

جامعة الموصل

(تاريخ الاستلام ٢٠٠٨/٦/١٥ ، تاريخ القبول ٢٠٠٩/٥/١٤)

الملخص

تم دراسة التأثير البيئي لعملية استخراج الكبريت بعد مضي ثلاثة عقود وذلك بتطبيق قياسات وينر الازاحي وباستخدام اسلوبين، الاول هو باجراء التصوير المقاومي ثنائي البعد عبر أربعة خطوط. الخط-١ (بطول ٨٠٠م) والخط ١-١ (بطول ٩٩م) يقعان بموقع بعيد نسبيا عن مناطق استخراج خام الكبريت حيث بينت النتائج للخطين أن قيم مقاومة الصخور كانت متطابقة إلى حد كبير لقيمتها المحسوبة من سجلات المقاومة للآبار التي حفرت قبل عملية الاستخراج، وهذا يؤكد عدم تأثر الصخور عند ذلك الموقعين. اما الخط ٢- (٨٠٠م) والخط ٢-١ (٩٩م) فيقعان قرب مناطق الاستخراج اذ بينت نتائج التصوير المقاومي أن قيم مقاومة معظم صخور تكوين الفتحة تحت موقع الخطين قد تناقصت بشكل كبير بالمقارنة مع قيمها المحسوبة من سجلات المقاومة للآبار التي حفرت قبل عملية الاستخراج حيث ادت هذه العملية الى زيادة ملوحة المياه الجوفية وزيادة حجم الفراغات والفجوات وتغلغل مياه الحقن الساخنة وحدوث الهبوط الارضي لصخور الغطاء نتيجةً الى تفتت وتكسر صخور الانتاج.

أما الأسلوب الثاني فقد تم باجراء المسح الاتجاهي للمقاومية باربعة اتجاهات في منطقتين، إحداها بعيدة عن مواقع الاستخراج (A1) والأخرى قريبة منها (A2). أوضحت النتائج معلومات جيدة ساعدت في تحديد بعض اتجاهات الكسور تحت السطحية في المناطق البعيدة الغير متاثرة بعملية الاستخراج بينما ظهر تأثير تلك العملية من خلال نتائج المسح الاتجاهي وذلك بفقدان تواجد تلك الكسور بفعل تهشم الصخور.

Environmental Study in Mishraq-1 Sulphur Field from 2DRI and ARS

Marwan Mutib Thabit D. Mahder-Bashi Bashar A. Al-Juraisy

*Department of Geology
College of Science
Mosul University*

ABSTRACT

The study includes the environmental impact of three decades of extraction of Mishraq's Sulphur using offset Wenner measurements by two main methods. The first method is applying 2D resistivity imaging through four lines. Line-1 (800m.length) and line1-1 (99m.length) are situated relatively far from the extraction sites. The results show the resistivity values of subsurface rocks were in agreement with their values calculated from the borehole resistivity logs, which assert the absence of effect for the process of extraction on the rocks at those sites. While Line-2 (800m.length) and line2-1 (99m.length) were fixed near the extraction site. The results obtained show that the resistivity values of most Fat'ha Formation rocks decreased substantially in comparison with those values calculated from the borehole resistivity logs before the process of extraction, which proves the effect of extraction on those rocks.

The second method was done by conducting Azimuthal Resistivity Survey in two regions, one (A1) far from the extraction site, and the other (A2) was near from it. The former results have given a good information which helped in determining some directions of the subsurface fractures, while the results of the latter have indicated that the loss of fractures was due to the effect of subsidence following the process of sulphur extraction.

المقدمة

تقع منطقة الدراسة (حقل المشراق - ١) في الجزء الشمالي من العراق عند الجهة الغربية المقابلة لالتقاء نهر دجلة برافد الزاب الكبير على بعد حوالي ٤٥ كم جنوب شرق مدينة الموصل. حقل المشراق - ١ (M-1) هو الحقل الوحيد الذي تمت فيه عملية استخراج الكبريت من بين ثلاثة حقول، أما الحقلان M-2، M-3 فيقعان عند الجزء الشرقي للنهر ويفصل بينهما رافد الزاب الكبير. تعد منطقة المشراق من المناطق المتميزة في طبيعتها البنيوية والترسيبية إذ تحوي فضلا عن التركيب الرئيس والمتمثل بطية المشراق المحدبة على عدد من التراكيب الثانوية مثل الطيات الثانوية والفوالق متعددة الأنواع والاتجاهات (الشكل ١).

بدأت أولى عمليات استخراج الكبريت منذ أواخر عام ١٩٧١ (Centrozap, 1971) باستخدام طريقة فراش (Frasch method) حيث يتم حقن المياه الساخنة بدرجة حرارة ١٥٠°م وضغط يتراوح بين 7-8 ضغط

جوي داخل الآبار، والتي تعمل على إذابة الكبريت وسحبها إلى السطح. لقد تم حقن أكثر من ٥٠ مليون م^٣ من المياه الساخنة.

ان انتاج الكبريت وتسرب المياه الحارة خلال الصخور عن طريق الفراغات والكسور سببت مشاكل هندسية وبيئية خطيرة لعل أهمها حالات الهبوط الأرضي الذي وصل إلى ٩ متر مما أدى إلى حدوث حركات أفقية نتج عنها تشققات وانهيارات في حقل المشراق وصلت عمقا إلى الطبقات الانتاجية وتوقف ما لا يقل عن ثلاثون بئرا انتاجيا نتيجة تكسر الانابيب وتوقف المراجل المائية، إضافة إلى ظهور الكبريت السائل داخل نهر دجلة وعلى شكل بركان وتكون الأبخرة والغازات السامة وخروجها إلى السطح عن طريق الآبار والشقوق ملحقة أضرارا متنوعا بالمزروعات والحيوانات وتهدم وتصعد للأبنية القريبة من المنطقة.

ان المشاكل اعلاه قد حدثت اصلا بفعل تواجد الكسور والفجوات في تكوين فتحة وتأثير عمليات انتاج الكبريت في زيادة حجم الفراغات وتهشم الصخور والهبوط الارضي حيث تنطلق اهداف البحث في تطبيق ترتيب وبنر الازاحي وباسلوب التصوير المقاومي ثنائي البعد والمسح المقاومي الاتجاهي بهدف امكانية تحديد تلك الظواهر الجيولوجية المعقدة التي ادت الى التأثيرات الهندسية والبيئية ذات الابعاد الصحية والاقتصادية الخطيرة. لقد برزت أهمية استخدام التصوير المقاومي ثنائي البعد في الدراسات البيئية والهندسية حيث إن من أهم ما يميز هذا المسح هو أخذه بنظر الإعتبار التغيرات الجانبية والعمودية في قيم المقاومة عند إجراء عملية التفسير لتلك القيم (Ramirez et al, 1999)، (Dahlin, 2001)، (Reynolds, 2003)، (Sharma, 2000) على العكس من المسح التقليدية أحادية البعد والتي تقترض عند إجراء عملية التفسير بان التغيرات بالمقاومية ينتج فقط عن التغيرات العمودي دون الجانبية بافتراض تجانس وتمائل الصخور كهربائيا بالإتجاه الجانبي علما أن الافتراض الاخير نادر التواجد في الواقع الجيولوجي، ونتيجة لذلك فان معظم تفسيرات مسح المقاومة أحادية البعد خاصة التي تجرى في المناطق التي تتميز باللاتمائل الكهربائي (Anisotropy) أو عدم التجانس (Heterogeneity) تعطي نتائج غير دقيقة (Loke, 2007).

جمع وتفسير ومناقشة بيانات مسح المقاومة

تضمن العمل الحقلية إجراء مسح ثنائي البعد للمقاومية الكهربائية على امتداد خطين طول كل منهما ٨٠٠م، يقع الخط ١- (L-1) في منطقة بعيدة إلى حد ما عن مواقع استخراج خام الكبريت، أما الخط ٢- (L-2) فيقع في منطقة قريبة من تلك المواقع (الشكل ١). كما تم إجراء نفس المسح على امتداد خطين بطول ٩٩م لكل منهما، الخط ١-١ (L١-١) يقع ضمن المنطقة (A1) البعيدة نسبيا عن مناطق استخراج خام الكبريت، أما الخط ١-٢ (L٢-١) فإنه يقع ضمن المنطقة (A2) القريبة من تلك المناطق (الشكل ١). كما تضمن المسح إجراء عملية قياس المقاومة الكهربائية عند محطتي جس كهربائي عمودي (VES)

الأولى (1t) تقع على الخط-١ عند مسافة ٤٥٠م عن النهاية الجنوبية الشرقية للخط أما الثانية (2t) فتقع على الخط-٢ عند منتصفه. إضافة لما تقدم تم إجراء مسح اتجاهي للمقاومية في منطقتين أحدهما بعيدة نسبياً عن المناطق التي تمت فيها عملية استخراج خام الكبريت (A1) والثانية (A2) قريبة نسبياً من تلك المناطق (الشكل ١). وبسبب عدم توفر الأجهزة الحديثة فقد تم إجراء هذا المسح بصعوبة بالغة باستخدام جهاز قياس المقاومة ذي التيار المستمر (ABEM DC terrameter) المكون من وحدتين منفصلتين هما وحدة التيار ووحدة فرق الجهد حيث يرتبط بالجهاز مجهّز فولتية خارجي يتمثل ببطارية ١٢ فولت.

تم إجراء عملية جمع بيانات مسح المقاومة ثنائي البعد وفق الضوابط الحقلية لترتيب وينر الازاحي على امتداد الخطوط اعلاه واعتماداً على صيغة الإدخال الخاصة ببرنامج تفسير بيانات مسوحات المقاومة ثنائية البعد (RES2DINV) حيث تم إعادة عملية المسح على طول كل خط من الخطين (L-1 و L-2) حوالي (٢٦) مرة باستخدام ترتيب وينرويفواصل قطبية (a) مختلفة (١٠، ٢٠، ٣٠،، ٢٦٠م). كما تم إعادة مسح خطي L1-1 و L2-1 حوالي (١١) مرة لكل خط بفواصل قطبية (٣، ٦، ٩،، ٣٣م) وبذلك فقد بلغ مجموع عدد قياسات المقاومة الكهربائية في خطوط المسح أعلاه ٢٤٥٨ قياساً. ولاغراض المظاهرة بين الجس العمودي والصوري، فقد تم قياس المقاومة عند محطتي الجس الكهربائي العمودي (1t و 2t) باستخدام ترتيب شلمرجر المتناظر وبفاصلة قطبية قصوى (AB/2) بلغت 400 م.

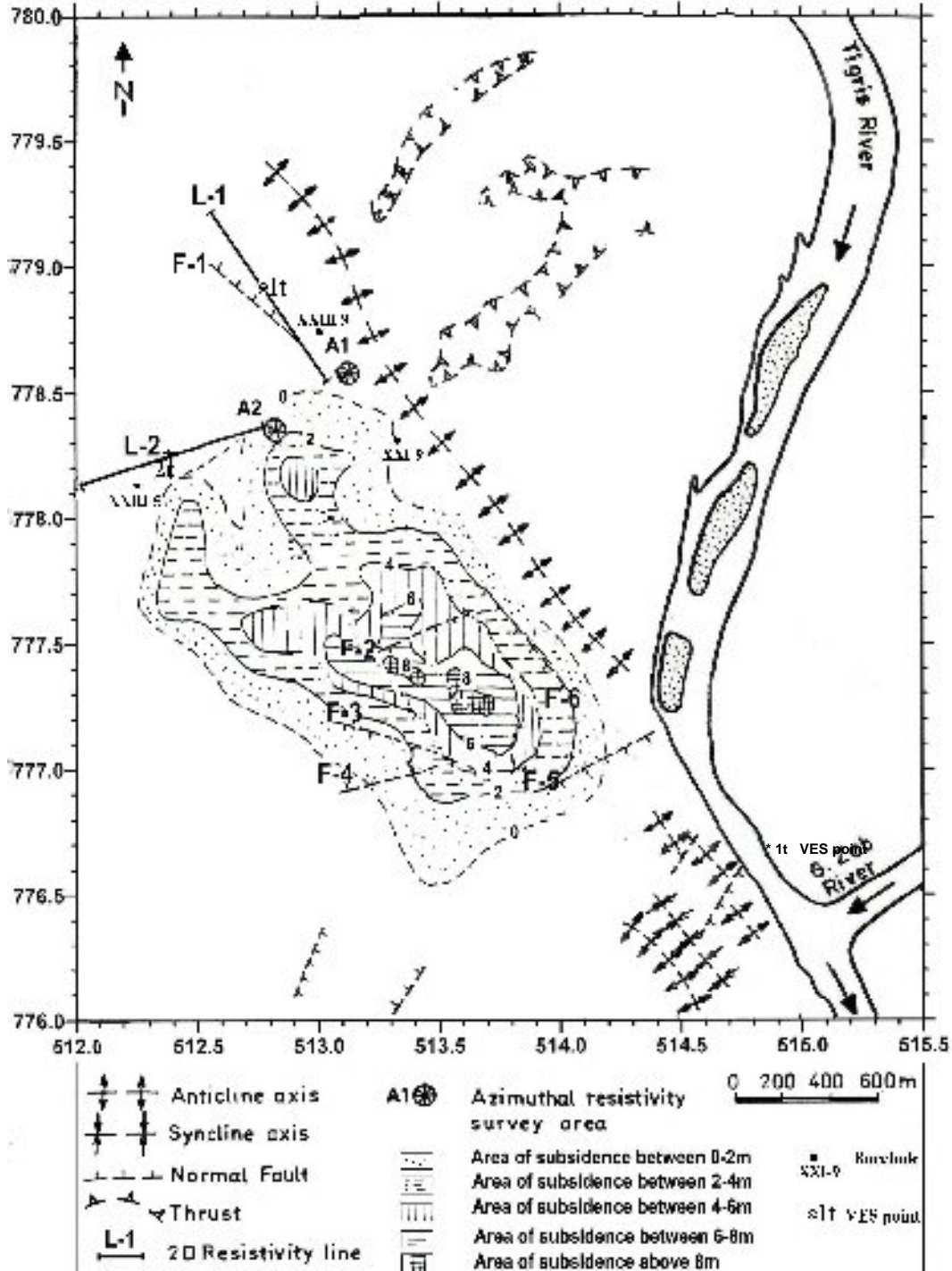
كما تم جمع بيانات مسح المقاومة الأتجاهي عن طريق إجراء قياسات المقاومة الكهربائية (RD1, RD2) عبر أربعة خطوط متحدة المنتصف ومختلفة الاتجاه في الموقعين (A1, A2) وفق ترتيب وينر الأزاحي بالفواصل القطبية (٦ و ٩ و ١٢م) وباتجاهات اربعة هي $١٢٠^\circ / ١٩٢^\circ$ و $٥٧^\circ / ٢٣٧^\circ$ و $١٠٢^\circ / ٢٨٢^\circ$ و $١٤٧^\circ / ٣٢٧^\circ$.

الخط ١ - (L-1):

يقع في الجزء الشمالي الغربي من المنطقة بعيداً نسبياً عن مناطق استخراج خام الكبريت عند المنطقة غير المتأثرة بالهبوط الأرضي الناتج من عملية الاستخراج (الشكل ١)، يمتد الخط باتجاه جنوب شرق- شمال غرب موازياً الى حد ما لاتجاه محور طية المشرق، ويقع الفالق (F-١) عند المسافة ٢٦٠م عن النهاية الجنوبية الشرقية للخط في حين يقع البئر ٩- XXIII على مسافة ١٠٠م شمال شرق تلك النهاية.

يبين العمود الصخاري للبئر ٩- XXIII في الشكل (a٢) بان حوالي ٧م من الطين العائد الى سلسلة الكربونات الفتاتية (Carbonate terrigene series; C.t.s) تعلو المنطقة، يليها حوالي ١٥م من الحجر الجيري و ٢٠م من الطين والتي تتخلله طبقة من المتبخرات ذات سمك يتراوح بين ٢-٣م، وعند عمق ٤١م تظهر صخور سلسلة الكبريتات (Sulphate series; S.s) بسمك ٥٤م وهي مكونة بشكل أساس من صخور

الجسم والصخور الطينية. تعقبها صخور نطاق الإنتاج (Productive zone; P.z) بسمك ٩٤.٢ م وهي مكونة من الحجر الجيري الذي يحوي على كميات متباينة من الكبريت والمواد القيرية وكذلك يحوي النطاق عند بعض أجزائه على صخور المارل.



الشكل 1: خارطة جيولوجية وموقعية مع منطقة الهبوط الارضي.

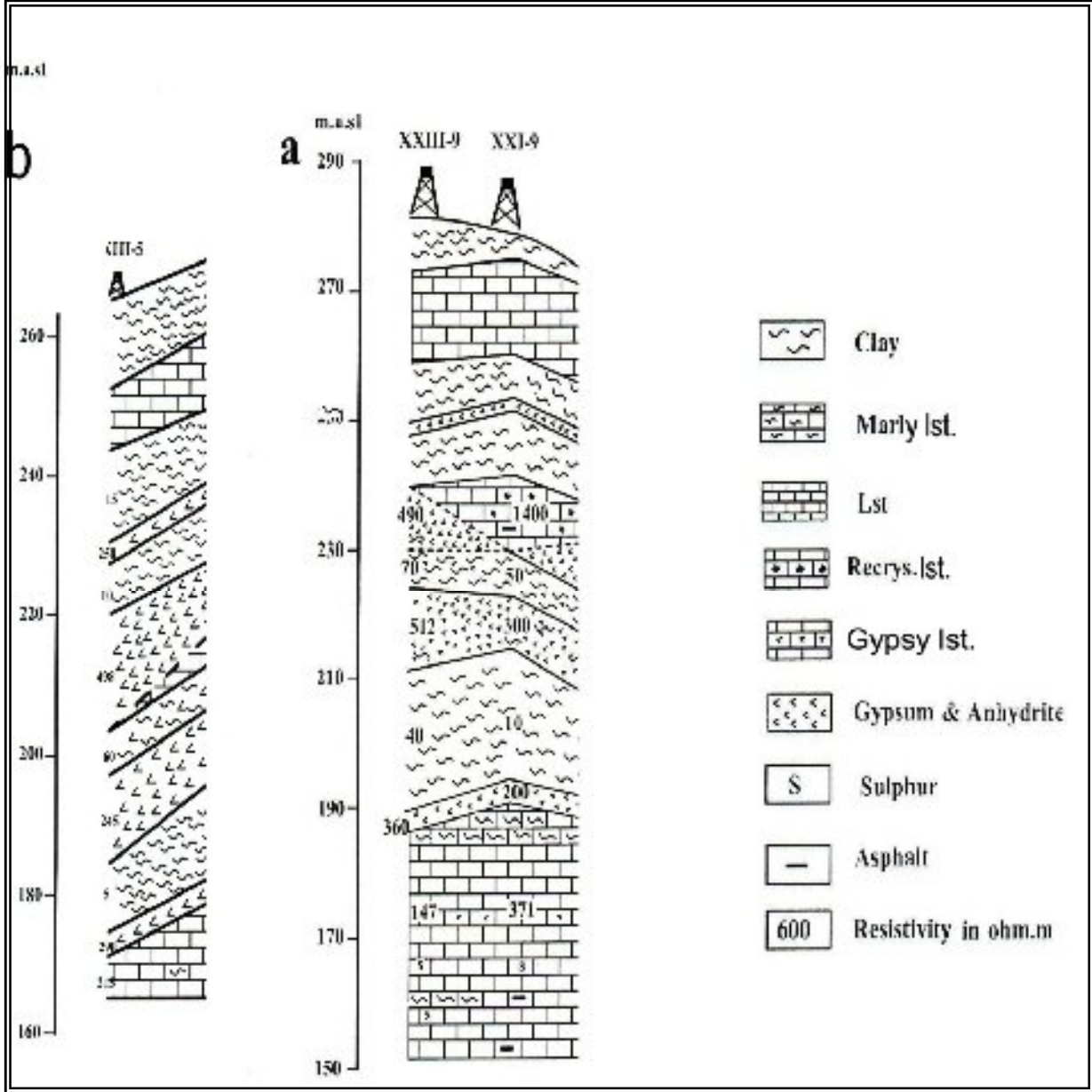
بينت نتائج تفسير مسح المقاومة ثنائي البعد (مقطع المقاومة العكسي، Invers model resistivity section) بان هنالك تطابقاً جيداً بين قيم المقاومة للمقطع العكسي (الشكل a³) مع قيمها المقاسة عن طريق سجل ألبيتر 9-XXIII (الشكل a²)، إذ تتراوح قيم المقاومة للنطاق الجيوكهربائي الذي يمثل سلسلة الكاربونات الفتاتية (C.t.z.) بين 2 و 2000 أوم.م يمثل أداها صخور الطين الواقعة عند الجزء العلوي والسفلي للسلسلة على حين تمثل أعلاها صخور الحجر الجيري الواقعة بين طبقتي الطين (الشكل a³ ; Inverse Model). وكما يلاحظ في الشكل ايضاً انكشاف صخور الحجر الجيري هذه على السطح عند المسافة 480 - 800م في النهاية الجنوبية الشرقية للخط متطابقة بشكل جيد مع قيم مقاومة هذه الصخور عند بعض الآبار القريبة والمستحصلة عن طريق تحليل سجلات المقاومة لتلك الآبار. أما النطاق الجيوكهربائي الذي يمثل سلسلة الكبريتات (S.z) فتتراوح قيمة المقاومة له بين 20 و 500 أوم.م يمثل أعلاها صخور الجبس التي تقع عند الجزء العلوي للسلسلة على حين يمثل أداها الصخور الطينية الواقعة عند الجزء السفلي له (الشكل a³ ; Inverse Model). أما النطاق الجيوكهربائي الذي يمثل صخور نطاق الإنتاج (Productive zone; P.z) فتتراوح قيمة المقاومة الكهربائية له بين 100 و 200 أوم.م (الشكل a³) متطابقة الى حد ما مع المقاومة المعدلية للسلسلة والمحسوبة من خلال سجل المقاومة للبيتر 9-XXIII.

تتجلى أهمية المقطع العكسي للمقاومية (الشكل a³) بظهور انقطاع واضح يمثل عدم استمرارية الصخور السطحية تحت المسافة 260م، والذي يعكس تأثير الفالق (F-1) الذي يقطع الخط عند هذه المسافة والمثبت من قبل (Centrozap, 1971)، أما الانخفاض في قيم المقاومة تحت تلك المسافة فيمكن عزوها الى تسرب المياه السطحية و/ أو ارتفاع المياه الجوفية عبر مستوى الفالق مما يخفض قيم المقاومة الكهربائية تحت تلك المنطقة.

إن عدم التطابق بين نتائج تحليل نقطة الجس العمودي (VES- 1t) المفسرة عن طريق برنامج تفسير المقاومة (IPI2WIN) والموضحة في الشكل (b³) مع نتائج المقطع العكسي هو بسبب التباين الجانبي للمقاومية بفعل تأثير الفالق والتغايرات الصخرية الجانبية مما أدى الى نتائج خاطئة في تحديد سمك ومقاوميات الانطقة الكهربائية في تفسير منحني البعد الواحد.

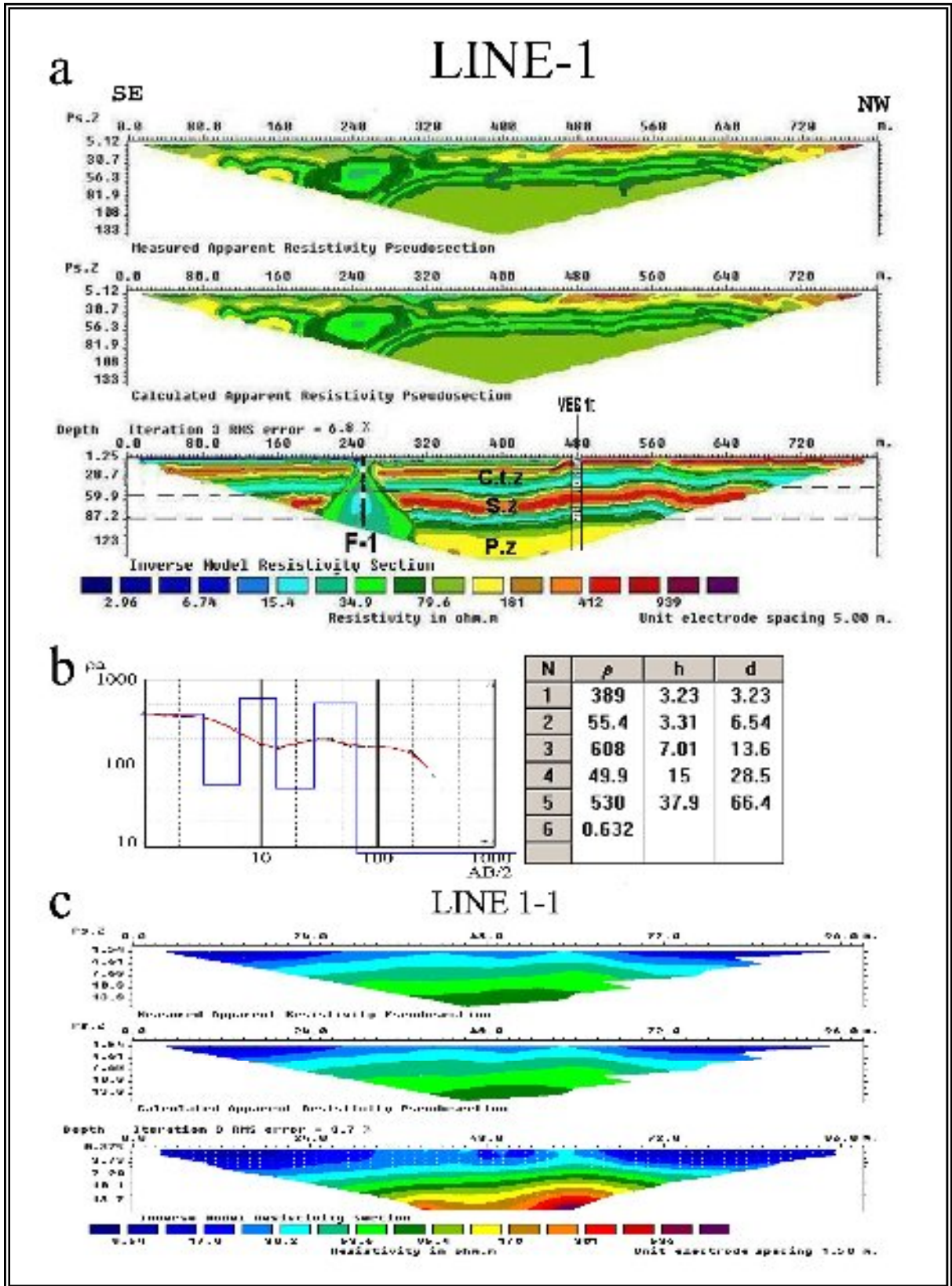
بهدف التأكد من عدم تأثر المنطقة بالهبوط الأرضي الناتج عن عملية الاستخراج والذي عادةً ما ينعكس على الصخور السطحية فقد تم إجراء مسح المقاومة ثنائي البعد وعلى امتداد الخط 1-1 موازياً للخط 1-1 وبالقرب من النهاية الجنوبية الشرقية له حيث أوضحت نتائج تفسير المسح (الشكل c³) أن النطاق الجيوكهربائي العلوي تتراوح مقاومته بين 5 و 30 أوم.م بسمك يتراوح بين 5 و 7 أمتار والذي يمثل طبقة الطين السطحية في المقطع الصخري للبيتر 9-XXIII القريب عن موقع الخط، تتدرج المقاومة ارتفاعاً الى حوالي 900 أوم.م ولأعماق تزيد عن 16م بقليل والتي تمثل صخور الحجر الجيري معاد التبلور العائد الى صخور سلسلة الكاربونات الفتاتية بحسب المقطع الصخري للبيتر المذكور في أعلاه.

إن انتظام قيم المقاومة وتطابقها بشكل واضح مع نتائج تفسير الخط-١ عند جزئه العلوي يؤكد إن صخور المنطقة السطحية لم تتعرض إلى التكسر الناتج بفعل الهبوط الأرضي.



الشكل ٢: مقاوميات وصخرية وفق السجل البئري (Well resistivity log)

a - البئر XXI-9 والبئر XXI-9 - b البئر XXIII-5

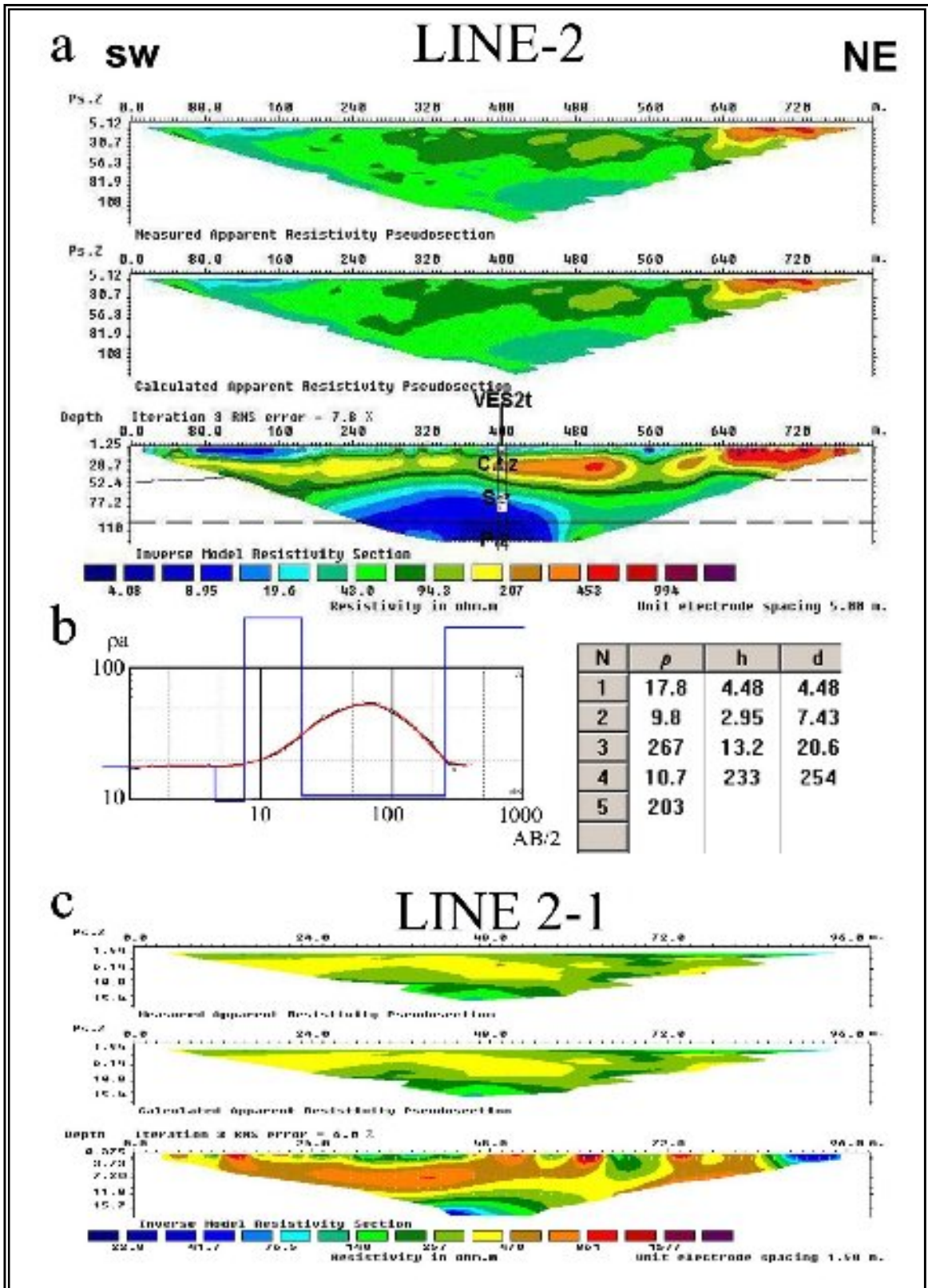


الشكل ٣: a- المقاطع الزائفة والمقطع العكسي لمسح المقاومة ثنائي البعد للخط-١.
 b- نتائج التفسير أحادي البعد لنقطة الجس العمودي VES-1t.
 c- المقاطع الزائفة والمقطع العكسي لمسح المقاومة ثنائي البعد للخط 1-1.

أخط -٢ (L-2) :

يمتد باتجاه ميل الطرف الجنوبي الغربي لطية المشرق بالقرب من مناطق استخراج خام الكبريت، كما انه يقع ضمن المناطق المتأثرة بالهبوط الأرضي الناتج بفعل عملية الاستخراج (الشكل ١) وعلى مسافة حوالي ١٠٠ م الى الجنوب من الخط يقع البئر ٥-XXIII. يوضح العمود الصخاري للبئر في الشكل (b٢) أن صخور سلسلة الكاربونات الفتاتية تمثل الصخور السطحية في المنطقة بسمك ٤٤ م وهي مكونة من تعاقب الطبقات الطينية الجبسم والحجر الجيري والجبسم تليها صخور سلسلة الكبريتات بسمك ٤٨ م مكونة من تعاقب صخور الجبسم والطين، وتحت هذا السلسلة تتواجد صخور نطاق الإنتاج بسمك ١٠٨ م وهي مكونة من تعاقب طبقات الحجر الجيري الحاوية على كميات متباينة من الكبريت والمواد القيرية وصخور المارل كما يحوي النطاق على طبقات سميكة نسبيا من صخور الجبسم والانهايدرايت.

توضح نتائج المسح الصوري ثنائي البعد للخط-٢ (الشكل ٤a ; Inverse Model) أن النطاق الجيوكهربائي العلوي يمتلك قيم للمقاومية تتراوح بين ٣ و ٢٠٠٠ أوم.م وبسمك يتراوح بين ٣٠ و ٥٠ م متطابقة الى حد ما مع سمك سلسلة الكبريتات الفتاتية في المقطع الصخاري للبئر ٥-XXIII، حيث تمثل أدنى قيم للمقاومية صخور الطين السطحية والتي تكون مطابقة لقيمتها المقاسة من خلال سجلات آبار المقاومة (١٠ أوم.م)، أما أعلاها فتمثل صخور الحجر الجيري الذي تتباين قيمة المقاومة له بين حوالي ١٥٠ أوم.م قرب النهاية الجنوبية الغربية للخط متطابقة الى حد كبير مع قيمها المقاسة من سجلات الآبار الى حوالي ٢٠٠٠ أوم.م بالقرب من النهاية الشمالية الشرقية للخط وهذه الزيادة في قيمة المقاومة سببه تباين الصخور الجيرية الى صخور جيرية معادة التبلور تحوي على كثير من الشقوق والكسور باتجاه محور طية المشرق وبالقرب من النهاية الشمالية الشرقية للخط حيث تتكشف هذه الصخور (الشكل ٤a ; Inverse Model) وهذا ما تمت ملاحظته أيضا بصورة واضحة من خلال الشواهد الحقلية. يلي النطاق الجيوكهربائي العلوي نطاق آخر تتراوح فيه المقاومة بين ٥٠ و ١٠٠٠ أوم.م وبسمك يزيد عن ٧٠ م والذي يمثل صخور سلسلة الكبريتات والجزء العلوي من صخور نطاق الإنتاج حسب المقطع الصخاري للبئر المذكور في أعلاه. إن التباين القليل في مقاومة أجزاء هذه الانطقة يجعل من غير الممكن تمييزها من خلال المقطع العكسي للمسح ثنائي البعد بعكس ما هو عليه الحال في سجلات المقاومة للبئر ٥-XXIII (قبل عملية الاستخراج)، إذ تؤدي عملية الهبوط الأرضي الناتجة بفعل عملية الاستخراج الى تكسر وتهشم الصخور تحت السطحية وبخاصة الجبسم مما يساعد ذلك على تغلغل المياه الساخنة داخل تلك الصخور وبالتالي خفض مقاومتها الكهربائية الى الحد الذي أصبحت فيه قيمة مقاومتها الكهربائية مقاربة الى الصخور المارلية والطينية المحيطة بها، حيث أوضحت نتائج قياس درجة حرارة المياه الجوفية للبئر 382/II القريب من موقع الخط إن درجة حرارة المياه عند الأعماق التي تمثل أعماق صخور سلسلة الكبريتات تتراوح بين (٥١-٦٩)°C وهي ضمن المدى الحراري الذي تزداد فيه قابلية ذوبان صخور الجبسم (Power, et al, 1966).



الشكل ٤: a- المقاطع الزائفة والمقطع العكسي لمسح المقاومة ثنائي البعد للخط-٢.

b- نتائج التفسير أحادي البعد لنقطة الجس العمودي VES-2t

c- المقاطع الزائفة والمقطع العكسي لمسح المقاومة ثنائي البعد للخط 2-1

يظهر مقطع المقاومة للخط أعلاه أن هنالك منطقة انخفاض كبير في قيم المقاومة تمتد تحت المسافة ٢١٠-٤٦٠م وعمق يزيد عن ٥٠ م أي العمق الذي يشمل سلسلة الكبريتات ونطاق الإنتاج (الشكل a٤ ; Inverse Model). أن هذا الانخفاض يعكس التأثير الكبير لعملية الاستخراج عند تلك المنطقة ربما بسبب جريان المياه الساخنة عند فترة الاستخراج عبر إحدى القنوات التي تقطع الخط تحت تلك المسافة خاصة إذا علمنا إن مواقع آبار الاستخراج اقتربت كثيرا من موقع الخط في السنوات القليلة التي سبقت المسح باتجاه تلك المنطقة. فضلاً عما تقدم يظهر مقطع المقاومة تأثير عملية الهبوط الأرضي على شكل الصخور السطحية تحت المسافة ٥٠٠-٦٠٠ م. حيث تتخسف الصخور التي تمثل سلسلة الكاربونات الفتاتية تحت تلك المسافة، وهذا ما يؤيده موقع الخط على خارطة الهبوط الأرضي إذ تزداد قيمة الهبوط الأرضي تحت تلك المسافة لتصل الى حوالي ٦ م.

لقد جاءت نتائج تفسير نقطة الجس العمودي (VES- ٢t) (الشكل b4) الواقعة عند منتصف الخط متباينة مع نتائج المسح الصوري ثنائي البعد تحت تلك النقطة، ويعزى ذلك الى التغيرات الجانبي في مقاومة الصخور التي تمتد عبرها أقطاب القياس حيث تتموضع هذه الأقطاب فوق انطقة صخرية مختلفة خاصة عند مسافات النشر المختلفة.

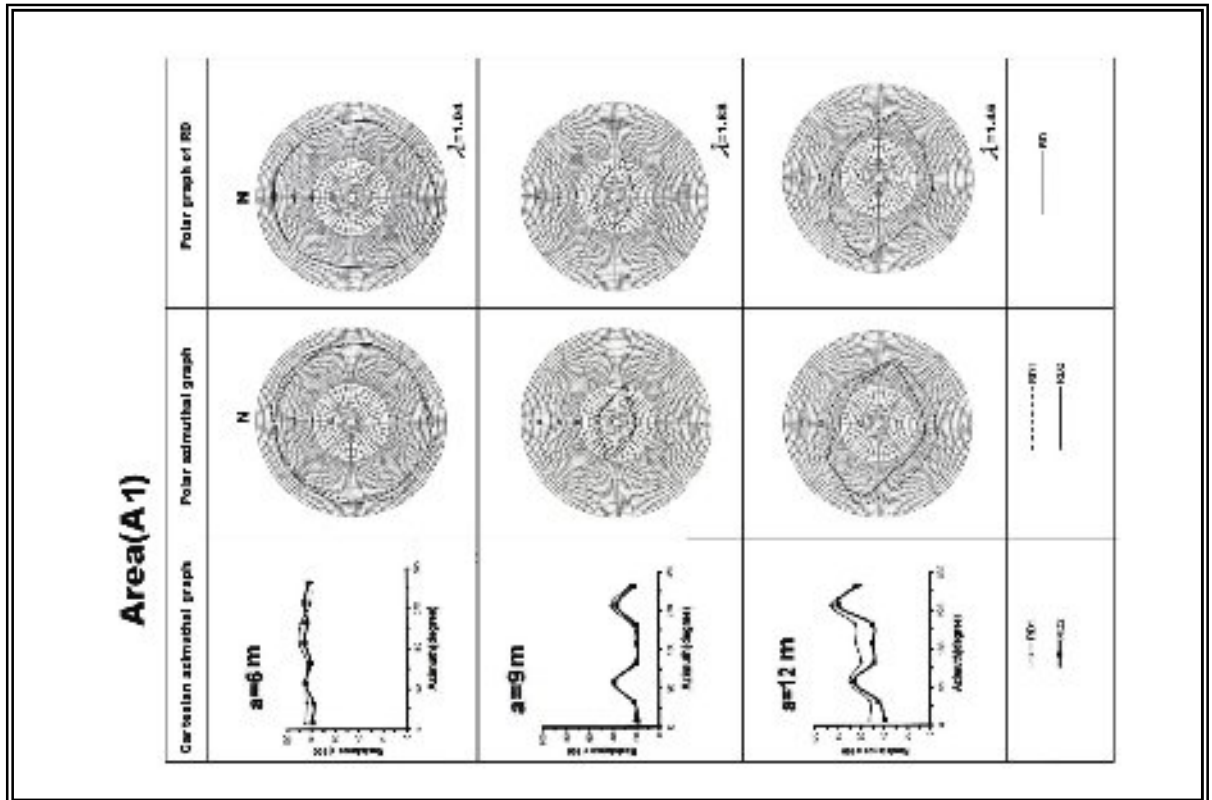
وبهدف معرفة تأثير الكسور والشقوق الناتجة بفعل الهبوط الأرضي على مقاومة الصخور تم إجراء المسح الصوري على امتداد الخط (١-٢) والتي تقع بالقرب من النهاية الشمالية الشرقية للخط -2 عند منطقة سطحية شديدة التكرس. أوضحت نتائج تفسير الخط المذكور في أعلاه (الشكل c٤) أن هنالك تبايناً كبيراً في مقاومة الصخور السطحية والمكونة من الحجر الجيري تحت معظم أجزاء الخط (وفقاً للملاحظات الحقلية) حيث ترتفع تلك القيم لتصل الى أكثر من ٢٠٠٠ أوم.م عند بعض مواقع الشقوق تحت المسافة ٥١ و ٦١ م. (الشكل c٤ ; Inverse Model) والتي تاكد ملاحظتها بشكل واضح من خلال المشاهدات الحقلية. كما أوضحت نتائج تفسير الخط وجود نطاق جيوكهربائي ذي مقاومة ٢٠ أوم.م تحت عمق يزيد بقليل عن ١٥م متطابق مع عمق صخور الطين بحسب المقطع الصخري للبئر 9- XXI (الشكل a٢) القريب من موقع الخط.

بيانات مسح المقاومة الاتجاهي:

المنطقة A1

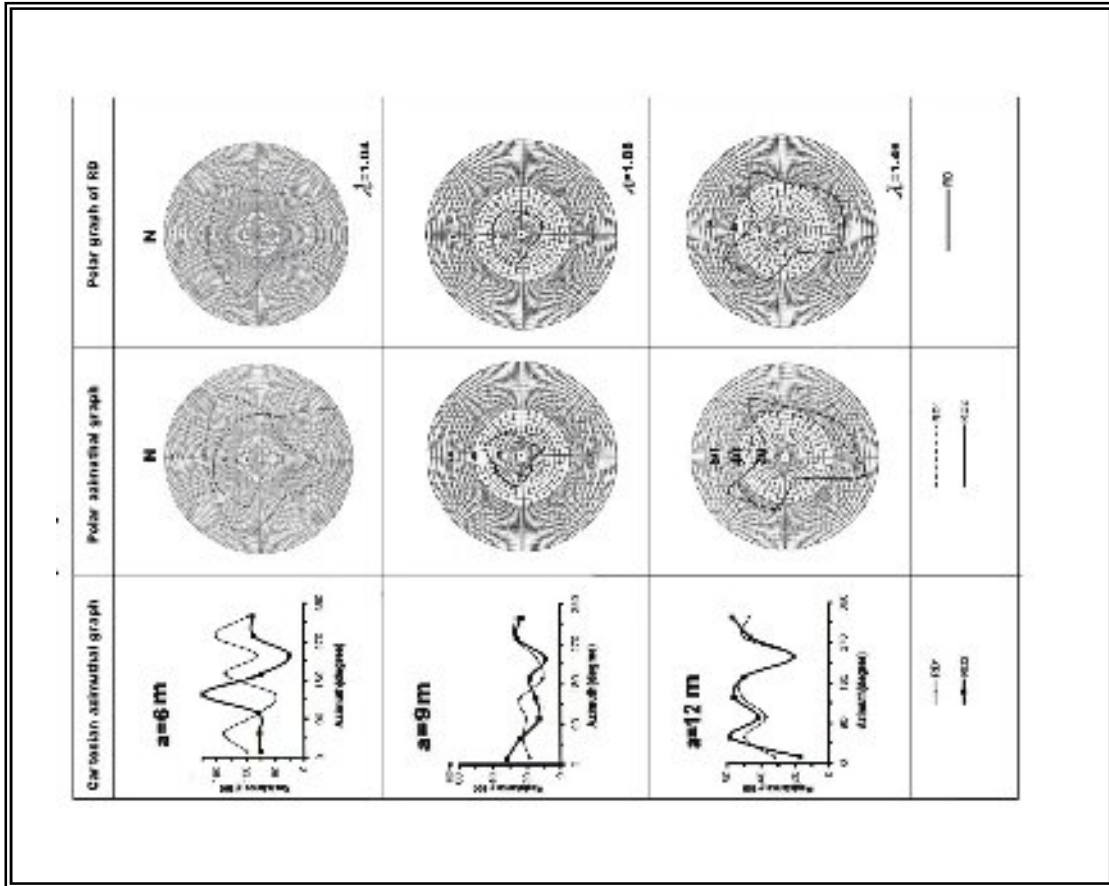
تقع المنطقة بالقرب من النهاية الجنوبية الشرقية للخط -١ ضمن المناطق غير المتأثرة بالهبوط الأرضي (الشكل ١)، لقد أوضحت نتائج تحليل مسح المقاومة الاتجاهي للمنطقة باستخدام طريقة واتسون و باركر (Watson and Barker, 1999)، (Watson and Barker, 2005) بأن توزيع قيم المقاومة (RD1 و RD2) للفاصلة القطبية ٦م قد أظهرت اتجاهات مختلفة غير واضحة المعالم (الشكل ٥)، ويمكن ملاحظة ذلك من خلال الشكل شبه الدائري التي تمثله تلك القيم على الشبكة القطبية. أما عند الفاصلة

القطبية ٩م فيمكن ملاحظة إن قيم المقاومة ترتفع نسبياً بالاتجاه ١٠٢° و ٢٨٢°، وهذه الزيادة يمكن ملاحظتها بنفس الاتجاه عند الفاصلة ١٢م. أن التباين البسيط في قيم المقاومة عند الفاصلة ٦م والتي تمثل الأعماق التي لا تزيد عن ٦م يكون نتيجة لسببين، الأول عدم التجانس الجانبي الناتج بفعل التغيرات الجانبي في المكونات الصخرية للتربة الطينية وكذلك تغير نسبة الرطوبة لهذه التربة بالاتجاهات المختلفة، أما الثاني فيكون نتيجة عدم انعكاس تأثير الكسور والفواصل على قيم المقاومة بسبب الطبيعة الصخرية للطين. أما عند الفاصلة ٩م التي تمثل الأعماق التي قد تصل الى ٩م والتي عندها تتواجد الصخور الجيرية التابعة لسلسلة الكاربونات الفتاتية بحسب المقطع الصخري للبر 9-XXIII.



الشكل ٥: المخطط الأتجاهي لقيم المقاومة عند المنطقة A1

فالارتفاع المنتظم في قيم المقاومة (باتجاه خطي واحد) للأتجاه ١٠٢ / 282° يمثل اتجاه الكسور الموازية لمحور طية المشرق والمنتشرة في المنطقة بشكل واسع حيث يتطابق هذا الاتجاه مع احد اتجاهي الفواصل الشائعة في المنطقة والتي أثبتتها الدراسة التي قام بها المكتب الاستشاري الجيولوجي (GUBGC, 1989) وكذلك مع اتجاهات التراكيب الخطية. وبنفس الاتجاه أعلاه تظهر الفاصلة ١٢م ارتفاعا منتظما في قيم المقاومة ويعزى هذا الارتفاع الى الامتداد العمودي للكسور.



الشكل ٦ : المخطط الأتجاهي لقيم المقاومة عند المنطقة A2.

المنطقة A2

تقع المنطقة بالقرب من النهاية الشمالية الشرقية للخط ٢- ضمن المناطق المتأثرة بالهبوط الأرضي (الشكل ١)، وتتميز المنطقة بانكشاف الصخور الجيرية التابعة إلى سلسلة الكاربونات الفتاتية والتي تحتوي على عدد من الكسور ذات الاتجاهات المختلفة. يتبين من خلال ملاحظة نتائج تحليل المسح (الشكل ٦) إن هنالك تبايناً كبيراً وغير منتظماً في هذه القيم للفواصل القطبية الثلاث (٦، ٩، ١٢ م). وهذا التباين نتج بسبب عملية الهبوط الأرضي، حيث أدت هذه العملية إلى تكون كسور متقاطعة غير منتظمة في الصخور السطحية، بعض من هذه الكسور تتصل بكسور ذات امتدادات عميقة حيث يمكن تمييزها من خلال رائحة غاز ثاني كبريتيد الهيدروجين المنبعث منها والذي يدل على اتصال هذه الكسور بالكسور التي تمتد إلى صخور نطاق الإنتاج، أما القسم الآخر من هذه الكسور فتكون ذات امتدادات ضحلة عادة ما تحصر كميات من مياه الأمطار داخلها وهذا ما تم تمييزه حقلياً. أظهرت نتائج تحليل المقاومة عند الفاصلة ٦ م والتي تعكس الأعماق التي لا تتجاوز الستة أمتار بأنه لا يوجد سلوك منتظم لقيمتي المقاومة (RD1 و RD2) في معظم اتجاهات المسح وهذا ما يعكس تكسر وتهشم الصخور عشوائياً، كما تبين من خلال المسح عند الفاصلة القطبية ١٢ متر (الشكل ٦) أنه هنالك اتجاهين لإرتفاع قيم المقاومة هما ٤٥ و ١٣٥ وهذا ما يدل على تغير في اتجاهات الكسور بفعل تأثير عمليات استخراج الكبريت وما يصاحبها من هبوط أرضي مستمر في تلك المنطقة.

الاستنتاجات

لم يقتصر تأثير عملية الهبوط الارضي على الصخور تحت السطحية عند المناطق القريبة من مواقع الاستخراج بل شمل الصخور السطحية ايضا حيث انعكس ذلك على شكل كسور وتشققات تمت ملاحظتها حقليا بشكل واضح عند تلك المواقع، وهذا ما أكده ايضا التوزيع غير المنتظم في مقاومة تلك الصخور عند الخط ١-٢ الواقع ضمن مناطق الهبوط الارضي وكذلك اكدته نتائج مسح المقاومة الاتجاهي في المنطقة A2. بينما اظهرت نتائج تفسير المقاومة للخط ١-١ الواقع ضمن المناطق غير المتأثرة بالهبوط الارضي ان هنالك انتظاما في توزيع قيم المقاومة للصخور السطحية، وقد اكدت هذا الانتظام نتائج مسح المقاومة الاتجاهي للخط A1.

تأثرت المقاومة الكهربائية لصخور نطاق الانتاج عند المناطق القريبة من مواقع استخراج الكبريت بشكل كبير نتيجة لعملية حقن مياه الاستخراج الساخنة، وقد انعكس هذا التأثير على مقاومة الصخور نتيجة لعدة اسباب أهمها ارتفاع درجة حرارة المياه الجوفية، زيادة حجم الفراغات في الصخور الحاوية على خام الكبريت نتيجة لسحب الخام من تلك الصخور، تغير الخواص الكيميائية للمياه الجوفية، تكسر صخور النطاق بفعل الهبوط الارضي الذي يعقب عملية الاستخراج مما ادى كل ذلك الى تناقص كبير بقيم المقاومة في المقطع الصوري العكسي للخط ٢- بالمقارنة بقيمها في سجلات الابار التي تم تسجيلها قبل عملية الاستخراج كما تم تحديد موقع الفالق F-1 بدقة. وتبين وجود تطابق بين قيم المقاومة في المقطع العكسي للخط-١ وسجلات الابار القريبة منه.

ساعدت تقنية المسح الاتجاهي للمقاومية في تحديد بعض اتجاهات الكسور في حقل كبريت المشرق-١، وبذلك يمكن اعتماد هذه التقنية في تحديد مواقع واتجاه الكسور تحت السطحية في حقول المشرق التي لم تتم فيها عملية الاستخراج بعد، وبالتالي معالجة تلك المواقع قبل البدء بهذه العملية تلافياً للمشاكل الهندسية والاستخراجية والبيئية التي تسببها هذه الكسور.

REFERENCES

- Centrozap, 1971. Geological Documentation of Native Sulphur Deposits in Mishraq. Sulphur State Enterprise Library, 216p, (Unpublished).
- Dahlin T., 2001. The Development of DC Resistivity Imaging Techniques. Computers and Geosciences, Vol.27, pp. 1019-1029.
- GUBGC" Geological Union of Bureau for Geological Consultancy". 1989. Study to Overcome Excessive Hot Water Outflow from Mishraq Sulphur Mine, Report on Stage-I, Baghdad, 104p.
- IPI2WIN, 2004. 1D Interpretation of VES Profile, User Manual Interpretation of Field Curves, Moscow University, Russia, 25p.
- Keller, G.V. and Frischknecht, F.C., 1982. Electrical Methods in Geophysical Prospecting, Pergamon Press Inc., Oxford, 523p.

- Loke, M.H., 2007. 2D and 3D Electrical Imaging Surveys. "Tutorial". Available at: <http://www.geoelectrical.com>, 127p.
- Mahder-Bashi, T. D., 1986. Solution Mining of Sulphur in the Lower Fars Formation at Mishraq in Northern Iraq, Unpublished Ph. D. thesis, University of London, U.K., 507p.
- Power, W.H., Fabuss, B.M. and Satterfield, C.N., 1966. Transient Solute Concentrations and Phase Change of Calcium Sulphate in Aqueous Sodium Chloride. Journal of Chemical and Engineering Data, Vol. 11, pp.149-154.
- Ramirez, A., Daily, W., Binley, A. and LaBrecque, D., 1999. Complex Resistivity Tomography for Environmental Applications. 1st World Congress on Industrial Process Tomography, Buxton, Greater Manchester, pp.14-18.
- Reynolds, J. M., 2003. An Introduction to Applied and Environmental Geophysics, Wiley and Sons Ltd., England, 796 p.
- Sharma, P. V., 2004. Environmental and Engineering Eeophysics. Cambridge University Press, U.K., 475p.
- Watson, K.A. and Barker, R.D., 1999. Differentiation Anisotropy and Lateral Effects Using Azimothal Resistivity Offset Wenner Soundings. Geophysics, Vol.64, pp. 739-745.
- Watson, K.A. and Barker, R.D., 2005. Modeling Azimuthal Resistivity Sounding Over a Laterally Chancing Resistivity Subsurface. Near Surface Geophysics, Vol.3, pp. 3-11.