



دراسة زيادة تلوث المياه الجوفية باستخدام طريقة المقاومة النوعية الكهربائية في منطقة هوانة- قرهكول/ جنوب شرق السليمانية للفترة ما بين 2009 و 2016

بيشوا محمد علي

قسم الجغرافيا، كلية العلوم الانسانية، جامعة السليمانية

الخلاصة

استخدمت طريقة المقاومة النوعية الكهربائية لدراسة زيادة مستوى التلوث في المياه الجوفية في منطقة هوانة وقرهكول جنوب شرق مدينة السليمانية للفترة ما بين عامي (2009 و 2016). أجرى المسح بطريقة المقاومة النوعية الكهربائية و تقنية الجس الكهربائي العمودي (VES) باستخدام ترتيب شلمبرجر للاقطاب حيث استخدم جهاز المسح الجيوفيزيائي (Terrameter SAS 300B) لجمع البيانات في الفترتين الزمنيتين في نفس النقاط. واختير (12) مواقعاً في منطقة هوانة موزعة على طول وادي تانجرو الاكثر اهمية في المنطقة وذلك بسبب تزايد النفايات البلدية والصناعية و (7) مواقع اخرى في منطقة قرهكول. تم تفسير البيانات الحقلية باستخدام برنامج (IPI2win) وتم إعداد مقاطع توزيع المقاومة مع العمق مقابل نماذج العمق لكل موقع حيث حلت النتائج واستخرجت المقاطع الجيوكهربائية التحت سطحية على امتداد مسارين، احدهما طولي وبموازاة مضرب الطبقات في المنطقة وضمت عدد من نقاط المسح الكهربائي العميق والمسار الاخر اختيرت بامتداد الميل العام في المنطقة وضمت عددا اخر من نقاط المسح العميق. النتائج التي تم الحصول عليها من البيانات المفسرة تشير إلى ثلاث طبقات جيوكهربائية. النطاق الثاني بشكل عام كان المنطقة المشبعة بالمياه الجوفية وذلك من خلال دراسة الابار المحفورة في المنطقة، في منطقة هوانة تراوحت مقاومته بين (7 - 10) اوم - متر و بسمك وبسمك (16 - 23) متر في مسح سنة 2009 انخفض قيمة مقاومتها في مسح سنة 2016 الى (5.5 - 7.2) اوم- متر وازداد سمكها الى (18 - 24.7) متر. وفي منطقة قرهكول ايضا لوحظ انخفاض في مقاومة الطبقات الجيوكهربائية في المسحين حيث لوحظ ان مقاومة النطاق الجيوكهربائي الثاني كان بين (10 - 16) اوم - متر و بسمك وبسمك (14 - 17) متر في مسح سنة 2009 انخفض قيمة مقاومتها في مسح سنة 2016 الى (7 - 12) اوم- متر وازداد سمكها الى (16 - 20) متر. اثبتت الدراسة اتساع رقعة و سمك عمود المياه الملوثة في المناطق المدروسة مما يتطلب تدخلاً فورياً لايقاوم مسبات التلوث والتي سيكون كارثية في السنوات القادمة، وان استخدام تقنية المسح الكهربائي هي طريقة ناجحة وفعالة في تحديد نطاقات التلوث للمياه التحت سطحية.

Article Info

Received: April, 2019

Revised: April, 2019

Accepted: April, 2019

Keywords

Corresponding Author

المقدمة

يشكل خطورة كبيرة على الصحة العامة (حافظ، 1995). وان التقدم العلمي والتطور المدني والعمري وزيادة النشاط الانساني هو السبب الرئيسي في زيادة انواع النفايات الصلبة والسائلة التي باتت تهدد سلامة الانسان وبيئته. (Keller, 1985) تنتشر في منطقة هوانة العديد من المنشآت الصناعية كتكرير النفط الثقيل واعادة انتاج الدهون وكذلك معامل اذابة واعادة تصنيع الحديد المستعمل والتي تحتاج الى صرف كميات كبيرة من المياه يوميا وتعاد صرفها الى نهر تانجرو فضلا عن ان المنطقة تعتبر كمنفذ لصرف المياه الثقيلة لمدينة السليمانية، اما في منطقة قرهكول فتوجد مجزرة الحيوانات الرئيسية في السليمانية والتي ايضا تعتبر مصدر خطر للتلوث في المنطقة والتي تصرف كميات

التلوث هو اي تغيير في توازن مكونات البيئة الطبيعية وذلك بإدخال مواد أو منتجات ضارة في شكل مباشر أو غير مباشر نتيجة الأنشطة المختلفة للانسان، ويعد تلوث البيئات المائية واحداً من المشاكل البيئية الكبيرة التي تواجه الانسان في العصر الحديث حيث استخدمت الاوساط المائية ولا تزال الى يومنا هذا كمنصة لتصريف المخلفات البشرية والصناعية المختلفة مما تفاقم مشكلة تلوث المياه العذبة والانهار والخزانات المائية الجوفية (رياض بلدية، 2010).

ان دخول مياه المجاري والنفايات الصناعية الى الطبقات المائية يعتبر مصدراً واضحاً لتدهور نوعية المياه الجوفية وتلوثها وهذا

أخرون، 1996) وضمن حزام الطيات العالية حسب تقسيم بودي (Buday and Jassim, 1984) كما في الشكل (2).

من الناحية الجيولوجية يظهر في المناطق المحيطة بمنطقة الدراسة العديد من التكوينات الجيولوجية والعائدة للحقب الجيولوجي المتوسط (Mesozoic Era) كتكوين الكوميتان والشيرانش و الحقب الحديث (Cenozoic Era) كتكوين الكولوش والجركس ولكن في المنطقة المدروسة بالتحديد يظهر التكوينات الجيولوجية التالية:

1- تكوين التانجيرو (Tanjero formation)

هذا التكوين يعود لعمر ماسترخي - الكامباني الأعلى (Maastrichtian - Campanian Upper) ويمتاز هذا التكوين بتتابع من السحنات الفتاتية ويتألف من ثلاثة أقسام: القسم السفلي يتألف من تتابعات من السجيل والحجر الرملي والحجر الطيني والمدملكات، والسجيل هو الغالب (Kamal, 2006). أما القسم الأوسط فيتألف من صخور غير متماسكة من الطفل والمارل والقسم العلوي يتألف من تتابع السجيل والحجر الرملي والحجر الغريني والمدملكات. يتأسن تكوين التانجيرو في الجزء الأعلى مع تكوين عقرة - بخمة الذي يتألف من صخور كلسية مستحاثية. سمك التكوين هو بحدود (1030 متر) .

2- الترسبات الحديثة (Recent Deposits)

تمثل هذه الترسبات عمر البلايستوسين وهي تتمثل في ترسبات الشرفات النهرية، ترسبات أقدام الجبال، ترسبات المراوح الغرينية، ترسبات السهول الفيضية لنهر تانجيرو. وهو يشتمل على سهلي السليمانية وشهرزو وبتراوح سمكه ما بين (1-3 م) في المناطق المنبسطة وأكثر من (5 م) في المناطق المنخفضة والوديان. الشكل (2) يوضح جيولوجية منطقة الدراسة.

الخلفية النظرية لطريقة المقاومة النوعية الكهربائية (Theoretical):

(Background)

استخدمت طريقة المقاومة الكهربائية في العديد من الجوانب لدراسة تلوث المياه الجوفية، حيث يدل انخفاض المقاومة الناتجة عن وجود ملوحة أو مواد ملوثة في المياه الجوفية وبدوره يساعد على تحديد مناطق التلوث وتحديد درجة التلوث لها (Gnanasundar & Elango, 1999).

يعتبر قانون أوم الأساس الذي يعتمد عليه العلاقات الكهربائية (Keller and Frischknecht, 1970) حيث:

$$R = \Delta V / I$$

R: المقاومة وتقاس بالأوم (Ω)

ΔV : فرق الجهد بالفولت

I: التيار المرسل بالأمبير

في طريقة المقاومة النوعية الجيوكهربائية، يتم حقن تيار متحكم (I) في الأرض بواسطة قطبين فولاذين ويتم قياس انحدار الجهد (ΔV) أو فرق الجهد الحاصل نتيجة تمرير التيار بين قطبين آخرين (Store et al., 2000)، ويتم تحديد المقاومة النوعية الظاهرية (ρ_a) على النحو التالي:

$$\rho_a = K \cdot \Delta V / I$$

كبيرة من المياه الملوثة إلى نهر تانجيرو ولهذا السبب تم اختيار المنطقتين أعلاه لغرض الدراسة ومعرفة تأثير هذه المواد الملوثة على مستودعات المياه الجوفية حيث أن المنطقة تمتاز بضعف مستوى المياه الجوفية:

إن مياه الصرف الصحي تحتوي على أنواع من الجراثيم والبكتريا الضارة نتيجة للمخلفات التي تلقى فيها ولا تحلل بيولوجياً ما يؤدي إلى انتقالها إلى مياه الأنهار والبحيرات وبدورها إلى خزانات المياه الجوفية لذلك درست منطقة هوانة من قبل العديد من الباحثين منها دراسة (Mustafa, 2006) وذلك لمعرفة تأثير مياه الصرف الصحي على بيئة وحوض نهر تانجيرو في مدينة السليمانية. وبينت الدراسة بعد جمع (68) نموذجاً من مياه الآبار من الأماكن المختلفة ومن أعماق مختلفة وتحليلها أن غالبية مياه الآبار في منطقة الدراسة ملوثة بالنترات، ويأتي تلوث المياه الجوفية بالنترات في مدينة السليمانية من مياه الصرف الصحي ومياه هذه الآبار غالبية غير صالحة للشرب.

في هذه الدراسة تم تسليط الضوء على فائدة استخدام طريقة المقاومة النوعية الكهربائية في المسح الجيوفيزيائي في تحديد الزيادة في كمية التلوث في الطبقة السطحية الحاملة للمياه الجوفية وتحديد سمك وامتداد الطبقات المائتة بالمواد الملوثة المختلفة في المنطقة المدروسة، حيث يمكن استنتاج توغل المياه الملوثة بالأيونات المختلفة إلى الأماكن الجوفية مما يؤثر على جودة المياه الجوفية (Srinivas et al, 2014)، كما وتعد تقنية المقاومة النوعية الكهربائية من أفضل الطرق الجيوفيزيائية التي تستخدم بشكل واسع منذ عدة عقود في الدراسات الجيولوجية والهندسية والبيئية والهيدروجيولوجية لما تعطيه من بيانات دقيقة وخصوصاً للأهداف القريبة من السطح (Al-hameedawie, 2013).

منطقة الدراسة: (Study Area)

تقع منطقة الدراسة ضمن الجزء الشمالي الشرقي من العراق والجنوب الشرقي لاقليم كردستان العراق وبالتحديد بين خطي الطول (45° 23' 20.6" - 45° 37' 3.54") شرقاً وخطي العرض (35° 20' 52.1" - 35° 29' 31.5") شمالاً، يحد المنطقة من جهة الشمالية والشمالية الغربية مدينة السليمانية ومن الناحية الجنوبية والجنوبية الشرقية مدينة عربت وقضاء شهرزور يتراوح ارتفاع المنطقة عن سطح البحر بين (630-680)م وتبلغ مجموع المساحة المسوحة (27 كم²)، والشكل (1) يوضح موقع منطقة الدراسة.

تكتونية وجيولوجية منطقة الدراسة (Geology and Tectonic Settings):

(Settings)

من الناحية التكتونية تقع منطقة الدراسة في الطرف الشمالي الشرقي للصفحة العربية وبالتحديد في المنطقة الواقعة بين نطاق الصدوع الزاحفة (Zone Thrust) ونطاق الطيات العالية (Folded Zone High) حسب تقسيم نعمان (1997. Numan) وضمن الرصيف غير المستقر (Unstable Shelf) حسب تقسيم (ألكاظمي و

الطريقة الكمية على أساس طريقة مطابقة المنحنى وطرق التفسير المحوسبة. (Uwamungu and Senthil, 2015)
1-التفسير النوعي للبيانات الحقلية (Qualitative interpretation) في هذه الطريقة تم رسم خرائط توزيع خطوط تساوي المقاومة النوعية الكهربائية (Iso-resistivity counters) ولسافات بين اقطاب التيار ($AB / 2 = 10, 30, 50 \text{ m}$) وباستخدام برنامج سيرفر 12. (Surfer 12)

اظهرت الخرائط كافة وفي كلا المنطقتين وللفترتين المذكورتين عن وجود تباين في المقاومة النوعية الكهربائية مع العمق وللفترتين (2009 - 2016) و بوجود تناقص بحدود (2 - 3.5) في قيم المقاومة النوعية الظاهرية سلبا بين الفترتين اعلاه مما يدل على زيادة التلوث في صخور الطبقات الحاملة للمياه الجوفية وكما يلي:

1-1: خرائط تساوي المقاومة لعمق $AB / 2 = 10 \text{ m}$

يبين في الشكل (7) قيم مقاومة المقاومة بعمق 10 أمتار في منطقة هوانة حيث يظهر تناقص قيم المقاومة في المنطقة الوسطى والقريبة من نهر تانجيرو من ($17 - 14 \Omega \text{m}$) في عام 2009 الى ($15.5 - 11.5 \Omega \text{m}$) بينما في المناطق الشمالية الشرقية في المنطقة تشير الى انخفاض طفيف في قيم المقاومة وذلك لبعدها عن مصدر المياه الثقيلة وتصريف الملوثات من المناطق الصناعية.

اما في منطقة قرهكول فيظهر تأثير واضح للمياه الأسنة والثقيلة القادمة من السليمانية بالاضافة الى المياه الثقيلة المجزرة الحيوانات في انخفاض قيم المقاومة النوعية في عمق ($AB / 2 = 10$) حيث انخفض المقاومة النوعية من ($17 - 14 \Omega \text{m}$) الى ($12 \Omega \text{m}$) و ظهر الانخفاض على شكل لسان ممتد باتجاه الجنوب الشرقي من المنطقة، الشكل (8).

2-1: خرائط تساوي المقاومة لعمق $AB / 2 = 30 \text{ m}$

في منطقة هوانة اظهرت قيم المقاومة النوعية الظاهرية للعمق المكافئ ل ($AB / 2 = 30 \text{ m}$) تناقصا سلبيا في فترة 2016 عند مقارنته بفترة 2009 وكما يبين في الشكل (9) حيث نرى سيطرة الخطوط الكنورية لقيم ($9 \Omega \text{m}$ ، 10، 11) بمحاذاة مجرى نهر تانجيرو في فترة 2016 والتي كانت قيمها بين (11، 12، 13) في عام 2009 مع ظهور انحدار في قيم المقاومة في الجزء الجنوبي من المنطقة . وهذه هي مؤشر ازدياد المواد الملوثة من المياه الثقيلة في المنطقة والداخلية في الصخور الحاملة للمياه الجوفية.

وفي منطقة قرهكول ولنفس العمق المكافئ ل ($AB / 2 = 30 \text{ m}$) اظهرت قيم المقاومة النوعية الظاهرية تأثير واضح للمياه الثقيلة القادمة من السليمانية الى هذه المنطقة بالاضافة الى المياه على قيم المقاومة النوعية الظاهرية حيث انخفض المقاومة النوعية من ($17 - 14 \Omega \text{m}$) الى ($15 - 11 \Omega \text{m}$) مع امتداد اللسان المنخفض لقيم المقاومة النوعية في المنطقة، الشكل (10).

حيث K هو عامل هندسي محدد بواسطة نوع الترتيب للاقطاب الكهربائية على السطح وهذا بدوره يؤثر على توزيع الجهد الكهربائي اعتماداً على شكل وحجم وموقع ومقاومة الطبقات او الاجسام تحت السطحية، لذلك فمن الممكن الحصول على معلومات عن الطبقات تحت السطحية من قياسات الجهد الكهربائي على السطح (Telford et al, and Sharma, 1976).

العمل الحقلية (Field Work)

تم في هذه الدراسة استخدام طريقة المسح الجيوفيزيائي الكهربائي (Electrical Resistivity Geophysical method) وباستخدام جهاز المسح المختص لهذه الطريقة وهي (Terrameter SAS 300B) وكما مبين في الشكل (3) وبعتماد اسلوب الجس الكهربائي العميق (Vertical Electrical Sounding) (VES) وباستخدام ترتيب شلمبرجر (Slumberger array) للقطاب في عملية التحري العميق وتم اختيار المسافة الفاصلة (200)م بين اقطاب التيار.

بدأ العمل الحقلية في شهر حزيران للعام 2009 في كلا المنطقتين حيث تم اختيار (12) موقعا في منطقة هوانة حسب هايدروولوجية وجيولوجية المنطقة وقربها من المواقع التي يعتقد انها مصدر غالبية الملوثات (الشكل 4).

اختير موقع ثاني يبعد عن المنطقة الاولى بحدود (6) كم وهي منطقة قرهكول لآخذ مسوحات جيوفيزيائية كهربائية فيه حيث اختيرت (7) مواقع وتم فحصها ، الشكل (5). تم اعادة مسح المنطقة وفي نفس الفترة الزمنية وذلك في عام (2016) حيث اختيرت نفس النقاط وبنفس طريقة المسح السابق.

النتائج وتفسيرها (Results and Interpretations) :-

ان المقاومة النوعية الكهربائية يعتمد على توصيلية الطبقات تحت سطحية ونوعية صخورها في اية منطقة. في هذه الدراسة تم تحليل وتفسير منحنيات المقاومة النوعية المستحصلة في الحقل في المدين المذكورتين سابقا بالطريقة التحليلية باستخدام برنامج (IP2Win version 3.0.1.a) الذي تم تطويره في جامعة موسكو .

تم تحديد المقاومة والعمق لثلاث و اربعة طبقات في كلا المنطقتين ولاعماق تراوحت بين (30- 50م) بشكل عام، واعتمادا على القيم النسبية لمقاومة الطبقات الجيوكهربائية فان المنحنيات المستحصلة في هذه الدراسات غالبيتها من نوع H و AH والتي تمثل حالة ثلاث وأربع طبقات على التوالي ، والشكل رقم (6) يبين نماذج من المنحنيات الحقلية في كلا المنطقتين.

إن هذه الأنواع من المنحنيات تعكس حالة انخفاض المقاومة النوعية الكهربائية مع العمق قد تكون نتيجة تشبع الطبقات تحت السطحية بالمياه .او ازدياد كمية المواد الموصله للتيار الكهربائي وهي المواد الملوثة المليئة بايونات سامة .

هناك نوعان من طرق التفسير لتحليل بيانات المقاومة. إحدى هذه الطرق هي الطريقة النوعية ، والتي تشمل تحديد ملامح المقاومة وانماط توزيعها مع العمق والتغاير في قيمها والطريقة أخرى هي

التانجيرو وغالبيتها طبقات رقيقة من صخور المارل والسلت والحجر الرملي ومشبعة بالماء الجوفي
C. أما النطاق الجيوكهربائي الثالث فهو ذو قيم مقاومة نوعية تتراوح بين (20.6 – 18.7 Ωm) والعمق من سطح الأرض الى الحد الاعلى من هذا النطاق يتراوح بين (25.7 – 31.9) متر، وصخره يمثل القسم العلوي من طبقة التانجيرو ومشبعة بالماء الجوفي. والشكل (13) يبين المقطع الجيوكهربائي للمسار الاول في منطقة هوانة.

عند مسح المنطقة في عام 2016 مرة اخرى ولنفس المسار اظهر المقطع الجيوكهربائي تناقص في قيمة المقاومة النوعية للنطاق الثاني بحيث اصبح يتراوح بين (7.2- 5.5 Ωm) ، في حين ازداد سمك النطاق بشكل عام واصبح يتراوح بين (18 – 24.3م) ، اما النطاق الثالث فكانت المقاومة النوعية له (18.4 Ωm 19.1) والعمق الى النطاق الثالث يتراوح بين (29.6 – 36.6 م) ، والشكل (14) يبين المقطع الجيوكهربائي للمسار الاول لسنة 2016.

اما بالنسبة للمقاطع الجيوكهربائية في منطقة قرهكول والمسار الاول فقد ضم المسار الاول نقاط المسح الكهربائي العميق (1,6 , 2 - VES) واظهر التفسير الكمي للمعلومات الحقلية المستحصلة في المنطقة ايضا وجود ثلاث انطقة كهربائية بشكل عام لكلا الفترتين 2009 و 2016 وكمايلي :

بالنسبة للمسح الكهربائي في سنة (2009) فان توزيع الانطقة الكهربائية كانت:

A. النطاق الجيوكهربائي الأول ذات مقاومة نوعية كهربائية تتراوح بين (22 - 20 Ωm) وبسمك يتراوح بين (1.4 – 2.8 م). وهذا النطاق يمثل الطبقة السطحية للترسبات الحديثة في المنطقة وامتكونة من تعاقبات من الحصى الناعم والممزوج بالرمل والطين وذات رطوبة عالية .

B. النطاق الجيوكهربائي الثاني ذات مقاومة نوعية كهربائية تتراوح بين (16.4 – 10.1 Ωm) وبسمك يتراوح بين (14.2 – 17.3 م) ، وهذا النطاق يمثل الصخور العائدة للقسم العلوي من طبقة التانجيرو وغالبيتها طبقات رقيقة من صخور المارل والسلت والحجر الرملي ومشبعة بالمياه الجوفية.

C. أما النطاق الجيوكهربائي الثالث فهو ذو قيم مقاومة نوعية تتراوح بين (28 – 25.3 Ωm) والعمق من سطح الأرض الى الحد الاعلى من هذا النطاق يتراوح بين (20.5 - 21.4 م) ، وصخره يمثل القسم العلوي من طبقة التانجيرو ومشبعة بالمياه الجوفية.

والشكل (15) يبين المقطع الجيوكهربائي للمسار الاول في منطقة قرهكول لعام 2009.

3-1: خرائط تساوي المقاومة لعمق $AB/2 = 50 m$ اظهر قيمة التلوث في العمق المكافئ ل ($AB/2 = 50 m$) تغيرا طفيفا عند مقارنة الخطوط الكنتورية لتوزيعات المقاومة في الفترتين 2009 و 2016 حيث نلاحظ ان قيمة الانخفاض في قيم المقاومة النوعية تراوحت بين (1 - 0.5 Ωm) مما يدل على عدم بلوغ التلوث في صخور المنطقة القيم التي تأثر بها في الاعماق الضحلة، الشكل (11).

اما في منطقة قرهكول فنلاحظ ان قيم المقاومة قلت بمقدار (Ωm 1 - 2) بشكل عام عند مقارنة خريطة التوزيعات لقيم المقاومة النوعية الظاهرية للفترة 2009 و 2016 مما يدل على ان المنطقة وبحكم بعدها عن السليمانى فان الانشطة الصناعية الموجودة على طول نهر تانجيرو لها تأثير واضح على ازدياد المواد الملوثة الى المياه والصخور الجوفية ، الشكل (12) يبين خطوط التوزيعات في المنطقة ولعمق مكافئ ل ($AB/2 = 50 m$).

2-التفسير الكمي للبيانات الحقلية (Quantitative interpretation):

إن الهدف الرئيسي في التفسير الكمي للبيانات الكهربائية هو تحديد عدد الطبقات التي يمثلها منحنيات المقاومة النوعية الكهربائية وتحديد سمك الطبقات ومقاومتها . تم تفسير البيانات الحقلية للفترتين 2009 و 2016 لكافة نقاط الجس العمودي للمسح (VES) باستخدام برنامج (IPI2win) ، تم إعداد مقاطع توزيع المقاومة مع العمق لمسارين متعامدين في كل منطقة حيث اشتمل كل مسار على عدد من نقاط الجس العمودي (VES) المسار الاول اختيرت باتجاه خطوط المضرب للطبقات في السليمانية وهي شمال غرب – جنوب شرق وكما مبين في الشكل () والمسار الثاني اختيرت بحيث يكون باتجاه ميل الطبقات في السليمانية وهي شمال شرق – جنوب غرب وكانت النتائج كما يلي لكل منطقة في المسارين المختارين:-

1-2: المقطع الجيوكهربائي للمسار الاول في منطقة هوانة وقرهكول: ضمت هذا المسار في منطقة هوانة نقاط المسح الكهربائي العميق (4 , 9 , 7 - VES) واظهر التفسير الكمي للمعلومات الحقلية المستحصلة في المنطقة وجود ثلاث انطقة كهربائية بشكل عام لكلا الفترتين 2009 و 2016 وكمايلي: بالنسبة للمسح الكهربائي في سنة (2009) فان توزيع الانطقة الكهربائية كانت:

A. النطاق الجيوكهربائي الأول ذات مقاومة نوعية كهربائية تتراوح بين (22 - 6 Ωm) وبسمك يتراوح بين (0.75 – 5م) ، وهذا النطاق يمثل طبقة الترسبات الحديثة السطحية في المنطقة والمتكون من تتابعات رقيقة من الحصى الناعم والممزوج بالرمل والطين والانية من تعرية الصخور للتكاوين الجيولوجية وذات رطوبة عالية.

B. النطاق الجيوكهربائي الثاني ذات مقاومة نوعية كهربائية تتراوح بين (10 - 7 Ωm) وبسمك يتراوح بين (16 – 23.7) متر، وهذا النطاق يمثل الصخور العائدة للقسم العلوي من طبقة

للمعلومات الحقلية المستحصلة في المنطقة وجود ثلاث انطقة كهربائية بشكل عام لكلا الفترتين 2009 و 2016 وكمايلي:

A. بالنسبة لتوزيع الانطقة الكهربائية في مسح للمنطقة 2009 فان قيم المقاومة النوعية عن نقطة المسح العمودي (VES-6) والواقعة بالقرب من مجري نهر تانجيرو هي اقل عند مقارنته بالنقطتين (VES-3&4) البعديتين فقد تراوحت تراوحت قيم المقاومة النوعية للنطاق الثاني بين (10.4 – 10.1 Ω m) وبسبك تراوحت بين (16.0 – 16.5) متر بينما كانت في المناطق البعيدة من النهر في الاتجاه الشمالي الشرقي والجنوب الغربي وتحت نقاط المسح (4 & 3 - VES) بين (14.5 – 12.0 Ω m) وبسبك تراوحت بين (12.4 – 15.9 م). والشكل رقم (19) يبين المقطع الجيوكهربائي للمسار الثاني في منطقة قرهكول لعام 2009.

B. اما في مسح المنطقة في عام 2016 ولنفس المسار اصبح قيمة المقاومة النوعية في نقطة المسح العميق (VES-6) بين (7.5 – 7.0) وازداد سمكه حيث تراوحت بين (20 – 21 م) اي بزيادة ما بين (3 – 3.5) متر عن مسح 2009 ، ايضا انخفضت المقاومة النوعية لهذا النطاق في المناطق البعيدة من النهر في الاتجاه الشمالي الشرقي والجنوب الغربي وتحت نقاط المسح (4 & 3 - VES) حيث تراوحت بين (12.6 – 9.2 Ω m) وبسبك تراوحت بين (15.5 – 19.0) متر. والشكل رقم (20) يبين المقطع الجيوكهربائي للمسار الثاني في منطقة قرهكول لعام 2016.

الاستنتاجات: (Conclusions)

1. اظهرت هذه الدراسة ان المياه الجوفية في منطقة جنوب شرق مدينة السليمانية وبالقرب من نهر تانجيرو في هوانة الى منطقة قرهكول قد ازداد التلوث فيها بنسبة عالية خلال سبعة سنوات وذلك بسبب عدم الاهتمام بمعالجة المياه الثقيلة (مياه الصرف الصحي) وملوثات المعامل التي تفتقر لابسبب معايير السلامة البيئية وان بوادر زيادة هذا التلوث خلال السنوات القادمة سوف تكون كارثية.
2. المسح الكهربائي اظهر ان سمك المنطقة الملوثة في طبقة التانجيرو والمشبعة بالمياه الجوفية في منطقة هوانة وقرهكول تكاد تكون متساوية حيث زاد سمك الطبقة المتأثرة بالتلوث في عام 2016 في منطقة هوانة بمقدار (4 – 5) متر بينما كانت الزيادة في سمك الطبقة المتأثرة بالتلوث في منطقة قرهكول في عام 2016 بمقدار (4 – 6) متر وهذا دليل على ان المناطق الواقعة بالقرب من قرهكول لها نفس التأثير في زيادة التلوث في المياه الجوفية.
3. اثبتت الدراسة نجاعة الطريقة الكهربائية في تحديد التلوث ونوصي باستخدامها بشكل واسع في الدراسات المستقبلية.

في مسح منطقة قرهكول عام 2016 تبين ولنفس المسار في المقطع الجيوكهربائي تناقص في قيمة المقاومة النوعية في النطاق الثاني بحيث اصبح يتراوح بين (12.9 – 7.5 Ω m). وازداد سمك النطاق الثاني بين (16.2 – 20.5 م) ، اما النطاق الثالث فكانت المقاومة النوعية له (19.1 – 18.4 Ω m) و العمق الى النطاق يتراوح بين (24.1 – 27 م) ، والشكل (16) يبين المقطع الجيوكهربائي للمسار الاول لسنة 2016.

2-2: المقطع الجيوكهربائي للمسار الثاني في منطقة هوانة وقرهكول

اختبر المسار الثاني في كلا المنطقتين بحيث يكون باتجاه ميل الطبقات في السليمانية وهي شمال شرق – جنوب غرب وكانت النتائج كما يلي لكل منطقة:

ضم هذا المسار في منطقة هوانة نقاط المسح الكهربائي العميق (VES 1 , 2 , 8 , 10,11) واطهر التفسير الكمي للمعلومات الحقلية المستحصلة في المنطقة وجود ثلاث انطقة كهربائية بشكل عام لكلا الفترتين 2009 و 2016 وكمايلي:

A. بالنسبة لتوزيع الانطقة الكهربائية في مسح للمنطقة 2009 لوحظ وجود انخفاض تدريجي لقيم المقاومة النوعية من جهة الشمال الشرقي الى اتجاه الجنوب الغربي وبينت المنطقة الواقعة بالقرب من نهر تانجيرو والتي تصب فيه المياه الثقيلة لمدينة السليمانية انخفاضاً واضحاً بحيث تراوحت قيم المقاومة النوعية لهذا النطاق بين نقطتي المسح العميق (11 & 10 - VES) بين (11.8 – 7.1 Ω m) وبسبك تراوحت بين (15.6 – 16.9 م) بينما كانت مقاومة النطاق الثاني في المناطق البعيدة من النهر في الاتجاه الشمالي الشرقي وتحت نقاط المسح (1 & 2 - VES) بين (23.5 – 16.4 Ω m) وبسبك تراوحت بين (12.1 – 15.3 م). والشكل رقم (17) يبين المقطع الجيوكهربائي للمسار الثاني في منطقة هوانة لعام 2009.

B. اما في مسح المنطقة في عام 2016 ولنفس المسار ازداد قيمة الانخفاض في المقاومة النوعية بين نقطتي المسح العميق (VES-11 & 10) حيث تراوحت بين (7.94 – 5.69 Ω m) وازداد سمكه حيث تراوحت بين (16.8 – 21.3) متراي بزيادة ما بين (1 – 4) متر عن مسح 2009 وهذا دليل قاطع على زيادة نسبة التلوث في المنطقة ، ايضا انخفضت المقاومة النوعية لهذا النطاق . في المناطق البعيدة من النهر في الاتجاه الشمالي الشرقي وتحت نقاط المسح (1 & 2 - VES) حيث تراوحت بين (12.8 – 19.1) وبسبك تراوحت بين (12.5 – 12.8) متر. والشكل رقم (18) يبين المقطع الجيوكهربائي للمسار الثاني في منطقة هوانة لعام 2016.

اما بالنسبة لمنطقة قرهكول فقد ضم المسار الثاني نقاط المسح الكهربائي العميق (4 & 6 , 3 - VES) واطهر التفسير الكمي

Press, Oxford, 517.

Keller, E. A. (1985): Environmental Geology, Bell & Howell Company, 480 p

Kamal, H.K., (2006). Sequence Stratigraphy of Upper Cretaceous Tanjero Formation in Sulaimaniyah Area, NE Iraq. (KAJ) Kurdistan Academicians Journal, 2006, Vol. 4, No.1, part A, pp. 19- 43.

Mustafa, O. Impact of Sewage Wastewater on the Environment of Tanjero River and Its Basin within Sulaimaniyah City, NE Iraq. Master's Thesis, University of Baghdad, Baghdad, Iraq, 2007.

Numan, N.M.S., 1997. A Plate Tectonic Scenario for the Phanerozoic Succession in Iraq. Journal of Geol. Soc. Iraq, Vol. 30, No. 2.

Srinivas, Hudson Oliver, Stanley Raj, Chandrasekhar: Delineation of groundwater potential zones along the coastal part of Kanyakumari district, Tamilnadu. Journal of Indian geophysics. Union 2014 v.18, no.3, pp: 356-362

Store H., Storz W., Jacobs F., 2000. Electrical resistivity tomography to investigate geological structures of earth's upper crust. Geophys. Prospect., 48, 455-471 .

Sharma, P. V., (1976) Geophysical Methods in Geology. Amsterdam, Elsevier Scientific Pub. Co. Netherland.

Uwamungu and Senthil, 2015. Data Interpretation for groundwater detection in tittagudi taluk of Cuddalore district, Tamil Nadu, India. International Journal of Research in Engineering and Technology. Volume: 04 Issue: 10 | OCT-2015

المصادر العربية:

رياض بلدية . (2010). دراسة حول تلوث المياه الجوفية ضمن منطقة بساتين أبي جرش. مجلة جامعة دمشق للعلوم الزراعية حافظ سحر، (1995) ، الحماية القانونية لبيئة المياه العذبة. الدار العربية للنشر والتوزيع، القاهرة، مصر
ألكاظمي، جاسم، ساذكيان وفاروجان .(1996) خارطة العراق التكتونية – الشركة العامة للمسح الجيولوجي والتعدين، بغداد

المصادر

Ali, S.S., 2007: Geology and Hydrogeology of Sharazor – PIRAMAGROON BASIN, Sulimani area, NE Iraq, Phd Thesis, Dep. of Hydrogeology, Belgrade Univ., Fac. Of Mining and Geology.

Al-Hameedawie, M. M.A. (2013) Comparison between Different Electrode Array in Delineating Aquifer boundaries by Using 1D and 2D Techniques in North Badra Area, Eastern Iraq. Unpublished M.Sc. Thesis. College of Science, Univ. of Baghdad, 154.

Buday, T., and Jassim, S. Z., 1987. The Regional Geology of Iraq, Vol. 2, Tectonism, Magmatism, and Metamorphism, Directorate of Geological Survey and Mineral Investigation, Baghdad, 352 p .

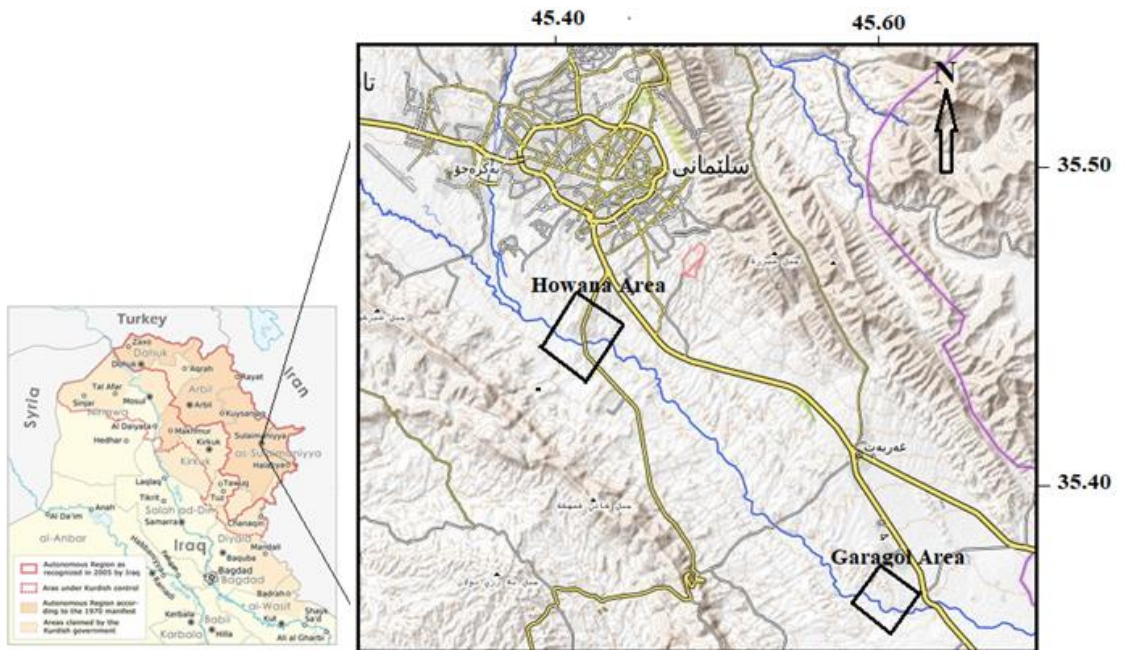
Gnanasundar, D. Elango, L. Dept. of Geology Anna University Chennai (Madras), India Journal of Environmental Hydrology Volume 7 Paper 2 January 1999

IPI, win 2.0 Software, version 2.1., 2002. Moscow State University. Dept. of Geophysics

Jassim, S.Z.; Goff, J.C. Geology of Iraq, 1st ed.; Dolin, Prague and Moravian Museum: Prague, Czech Republic, 2006.

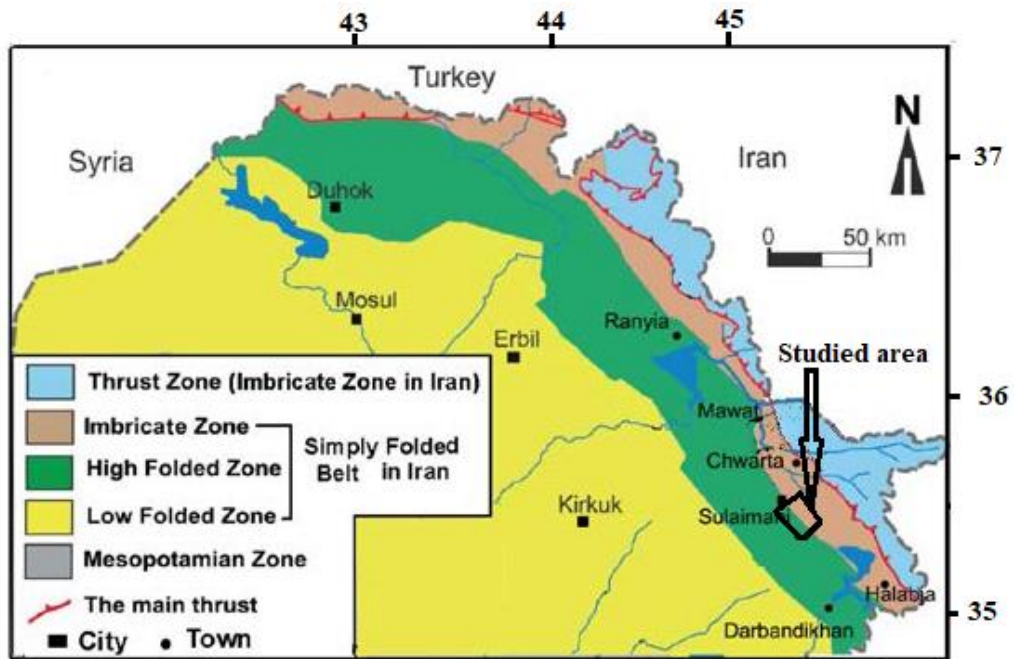
Keller, G. V., and Frischknecht, F.C., (1970) Electrical Method in Geophysical Prospecting, Pergamon

الشكل (1): يبين خارطة الاقليم ومحافظة السليمانية والمنطقة المدروسة . المصدر



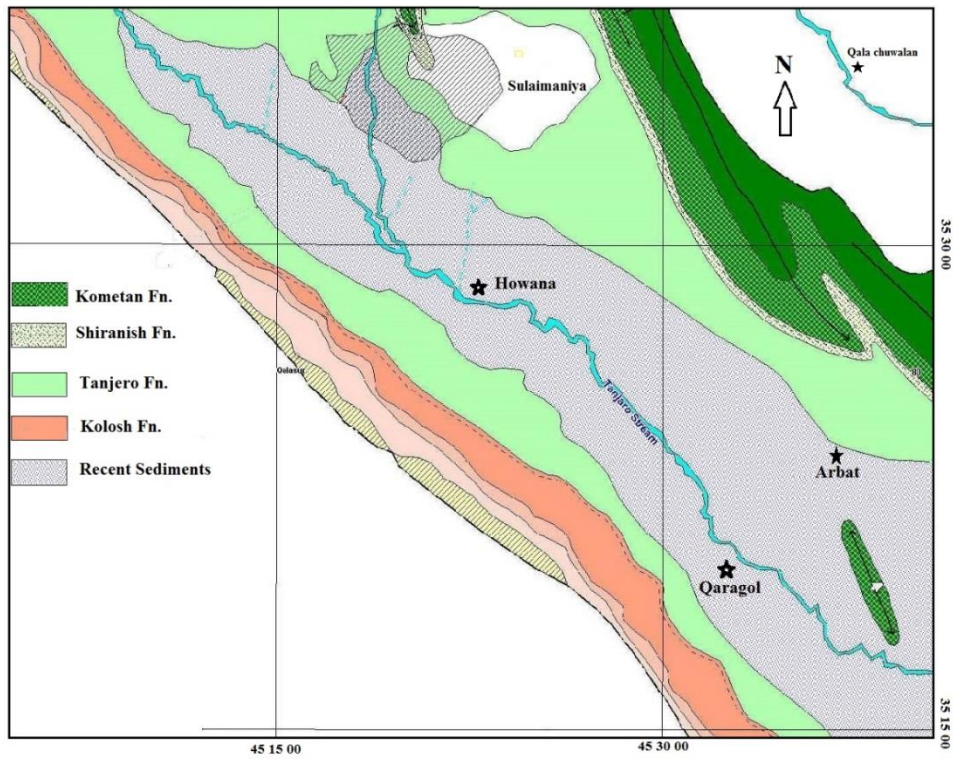
(Science & Engineering Mapping GPS (Global Positioning System) Terra Incognita)

الشكل(2): تكتونية منطقة الدراسة .



المصدر (Jassim and Goff, 2006)

الشكل (2): جيولوجية منطقة الدراسة



المصدر (Ali, 2007)

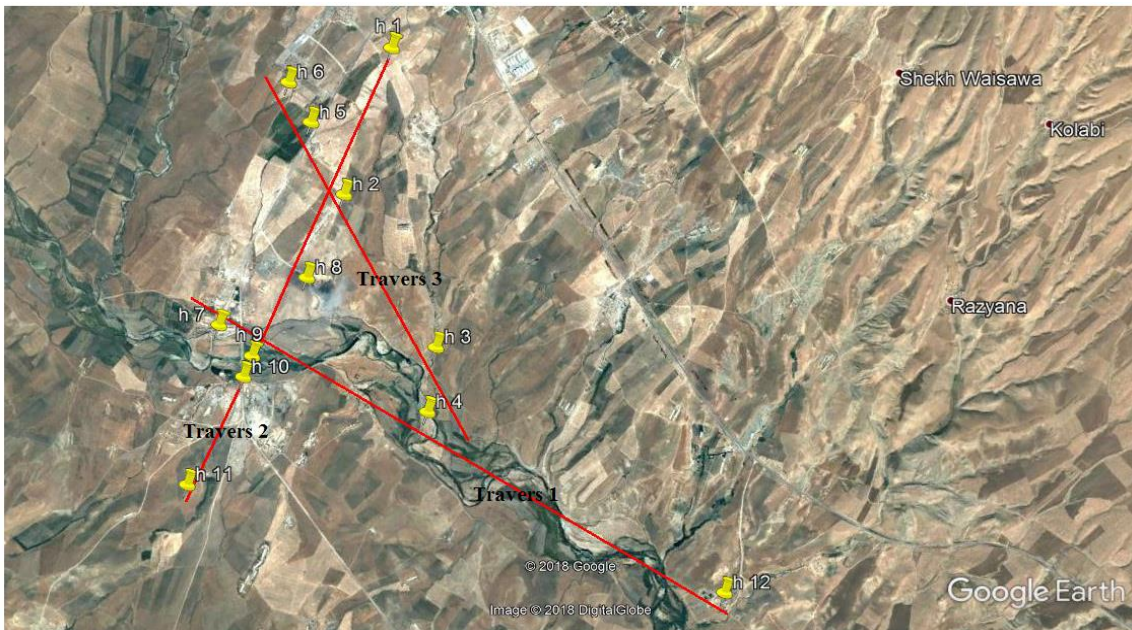
الشكل (3): جهاز المسح الكهربائي (Terrameter SAS 300B) المستخدم في العمل الحقل



الشكل (4): يبين توزيع نقاط المسح الكهربائي والمسارات المختارة في منطقة هوانة



الشكل (5): يبين توزيع نقاط المسح الكهربائي والمسارات المختارة في منطقة قره كول



جدول رقم (1) : المعلومات الحقلية في منطقة هوانة عام (2009)

RESISTIVITY DATA FOR HOWANA SITE 2009													
AB/2	MN/2	VES-1	VES-2	VES-3	VES-4	VES-5	VES-6	VES-7	VES-8	VES-9	VES-10	VES-11	VES-12
1.5	0.5	19.3	20.9	19.6	21.9	23.1	23.8	22.6	21.3	18.9	18	19.5	16.7
2	0.5	20.4	21.2	19.4	21.1	22	23.4	21.9	20.8	18.3	17.5	18.2	15.8
3	0.5	19.9	22.6	19	20.6	21.9	22.5	21.9	20.2	17.7	15.3	16.7	14.4
4	0.5	19.7	23.1	18.1	19.8	21.4	22.1	20.3	19.6	16.2	14.6	15.6	12.5
5	0.5	21.8	22.2	17.5	17.9	21	21.3	18.6	17.3	15.6	13.4	14.4	11.2
6	1	22.4	21.4	16.2	16.4	20.5	20.1	15.1	16.5	13.9	11.8	14.1	10.8
8	1	21.6	20.8	15.8	15.2	19.8	19.4	13.8	15.2	13.2	10.9	13.4	9.8
10	1	20.3	20.3	13.4	14.7	18.6	18.3	11.7	13.4	12.4	9.7	12.7	9.1
15	2	18.9	19.6	12.3	13.4	18	17.9	11.2	12.8	11.6	9	11.1	8.8
20	2	18.5	18.7	11.1	12	16.7	17.3	10.8	11	9.7	8.7	10.2	8.1
30	5	18.2	19.3	11.6	11.3	15.6	16.9	10.1	10.6	9.1	8.1	9.9	7.9
40	5	19.9	20.1	11.9	11.1	16.1	17.3	10	9.6	8.3	7.8	9.4	7.7
50	5	22.4	20.9	12.3	10.5	17.3	18.1	11.3	9.5	8.7	7.6	10.1	8.1
60	10	23.1	22.9	12.9	10.7	17.9	18.9	11.8	10	8.9	7.9	10.9	8.7
80	10	23.6	23.7	13.2	11.4	18.6	19.6	12.9	11.5	9.8	8.9	12.4	9.5
100	10	24.2	24.1	13.7	13.1	19.9	20.4	13.4	13.1	11.4	9.6	13.8	10.2

جدول رقم (2) : المعلومات الحقلية في منطقة هوانة عام (2016)

RESISTIVITY DATA FOR HOWANA SITE 2016													
AB/2	MN/2	VES-1	VES-2	VES-3	VES-4	VES-5	VES-6	VES-7	VES-8	VES-9	VES-10	VES-11	VES-12
1.5	0.5	17.2	19.8	18.5	21.3	22.3	23.5	20.2	19.8	17.1	16.1	17.5	16.8
2	0.5	18.5	21.2	18.2	20.5	21.3	22.9	21.3	19.3	16.2	14.3	16.8	15.3
3	0.5	18.9	22.1	17.9	19.1	21.5	21.7	22.7	19.1	16.4	13.2	15.6	13.8
4	0.5	19.8	22.8	17.5	18.8	20.4	21.1	19.2	18.4	15.3	11.9	14.3	11.1
5	0.5	21.3	21.2	16.9	17.2	20.3	20.5	17.2	16.8	14.9	10.7	13.7	10.2
6	1	22.5	20.8	15.2	15.8	19.8	19.1	14.7	14.3	13.2	10.1	13.5	9.5
8	1	20.6	20	14.1	14.6	18.5	18	13.3	13.5	12.5	9.3	12.4	9.1
10	1	18.4	19.8	12.9	13.2	17.2	17.7	10.2	11.8	11.1	8.5	11.8	8.6
15	2	17.5	18.6	11	12.2	16.7	17.1	10.9	10.1	10	8.4	10.6	8.2
20	2	16.9	17.5	9.9	10.6	15.5	16.8	10.1	9.8	9.1	8	9.8	7.8
30	5	17.8	18.7	10.2	10.9	14.3	16.2	9.5	9.2	8.4	7.3	9.1	7.1
40	5	19.1	19.9	10.5	10	15.6	16.9	9.9	8.2	7.6	7.1	8.8	6.8
50	5	21.3	20.4	10.9	9.8	15.9	17.6	10.9	8.9	7.8	6.9	9.2	6.5
60	10	22.7	22.6	11.1	10.5	16.4	18.9	11.2	9.5	8	7.3	10.3	6.9
80	10	22.9	23.2	11.5	11.1	17.8	18.2	11.9	11.3	9.3	8.1	11.6	7.3
100	10	23.8	24.1	12.6	12.8	19.5	19.9	11.6	12.5	10.2	8.3	12.7	7.8

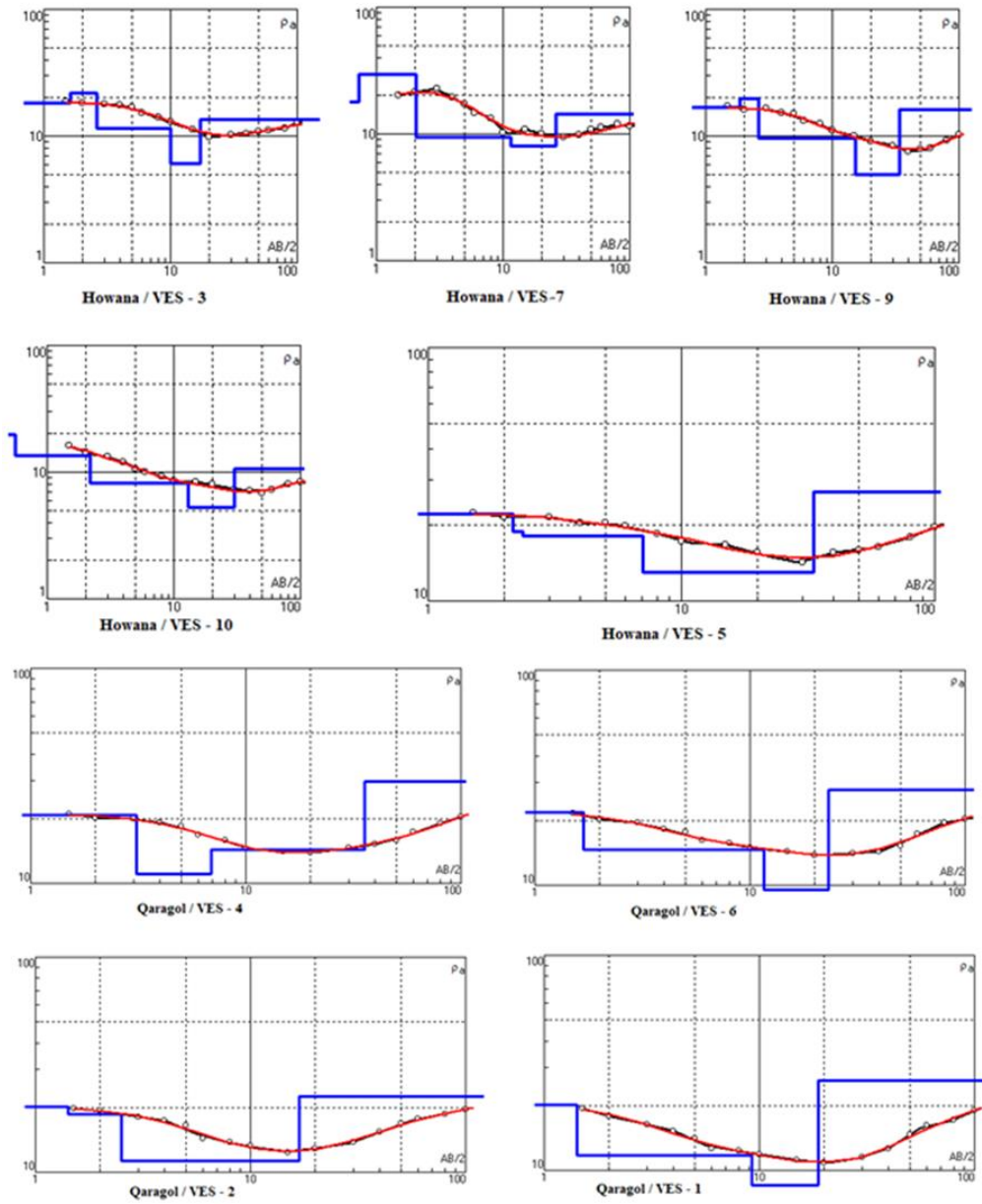
جدول رقم (3) : المعلومات الحقلية في منطقة فرةكول عام (2009)

RESISTIVITY DATA FOR GARAGUL SITE 2009								
AB/2	MN/2	VES-1	VES-2	VES-3	VES-4	VES-5	VES-6	VES-7
1.5	0.5	19.9	20.3	20.9	21	21.4	21.6	21.8
2	0.5	19.3	20	19.7	20.2	20.5	21.3	21.1
3	0.5	18.5	19.3	19.2	19.9	19.7	20.5	20.7
4	0.5	17.8	19	18.7	19.5	19.4	20.2	19.6
5	0.5	15.9	18.2	17.6	18.6	18.6	19.7	18.9
6	1	13.8	16.8	16.8	17.9	17.9	19.1	17.3
8	1	12.3	14.3	15.8	17.2	17.1	18.7	16.8
10	1	12	14.2	15.5	15.8	17.3	17.9	15.6
15	2	11.8	13.5	15.1	14.6	17.6	16.4	15.8
20	2	11.3	15	16.4	13.7	18.5	14.3	16.5
30	5	12.6	17.2	17.5	15.1	18.9	12.6	17.7
40	5	13.8	17.8	18.7	16.8	19.7	13.1	18.7
50	5	15.2	18.2	20.4	18	21.2	15.2	20
60	10	17.1	18.6	21.6	18.9	22.3	17.4	20.8
80	10	19.3	19.7	22.2	20.1	22.8	19.6	22.3

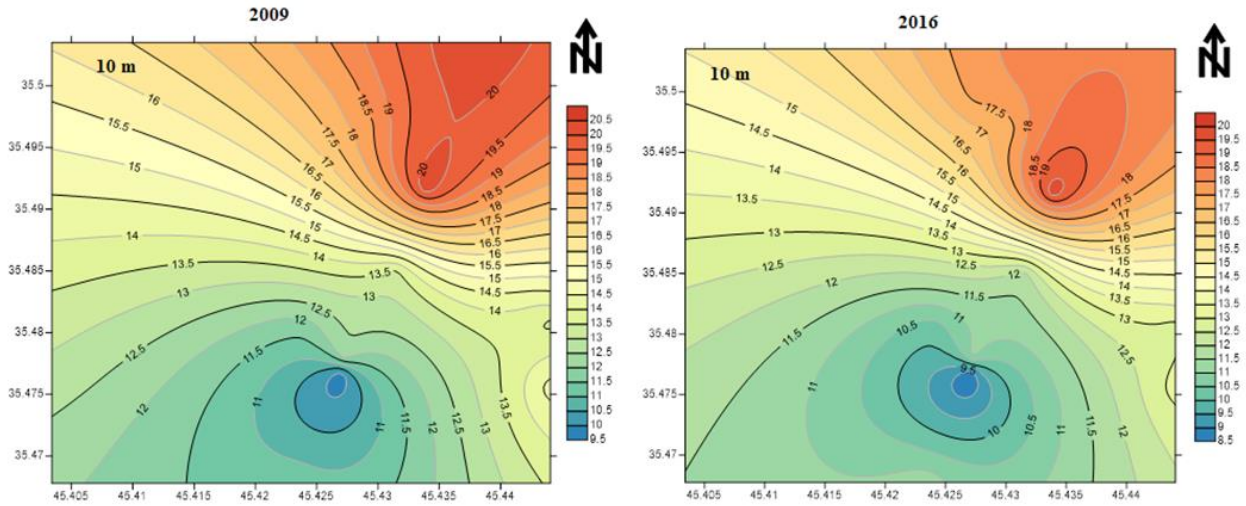
جدول رقم (4) : المعلومات الحقلية في منطقة فرةكول عام (2016)

RESISTIVITY DATA FOR GARAGUL SITE 2016								
AB/2	MN/2	VES-1	VES-2	VES-3	VES-4	VES-5	VES-6	VES-7
1.5	0.5	18.4	19.8	19.5	18.9	20.4	17.7	19.3
2	0.5	18.9	19.3	19.8	18.1	19.6	16.5	18.9
3	0.5	17.6	18.1	19.1	17.5	18.4	15.2	18.7
4	0.5	16.8	17.4	18.6	16.4	18.1	14.7	17.9
5	0.5	14.7	16.5	17.8	15.7	17.6	14	17.2
6	1	12.6	14.3	16.9	14.8	16.8	13.2	16.7
8	1	12.8	13.8	16.1	13.6	15.7	11.9	16.1
10	1	11.9	13.2	15.8	12.8	16.6	11.1	15.4
15	2	11.2	12.9	14.2	12.5	17.9	10.3	14.9
20	2	10.8	13.1	15.7	11.4	18.1	9.7	15.7
30	5	11.5	14.5	16.9	11.7	18.9	9.8	16.5
40	5	12.6	15.4	17.9	13.3	19.4	11.3	17.3
50	5	14.7	16.8	19	15.7	20.1	14.3	18.1
60	10	16.8	17.3	20.2	16.3	21.3	16.1	19.5
80	10	18.3	18.9	21.3	18.5	22.7	17.8	21
100	10	20.8	19.6	22.7	20.1	23.8	19.9	22.9

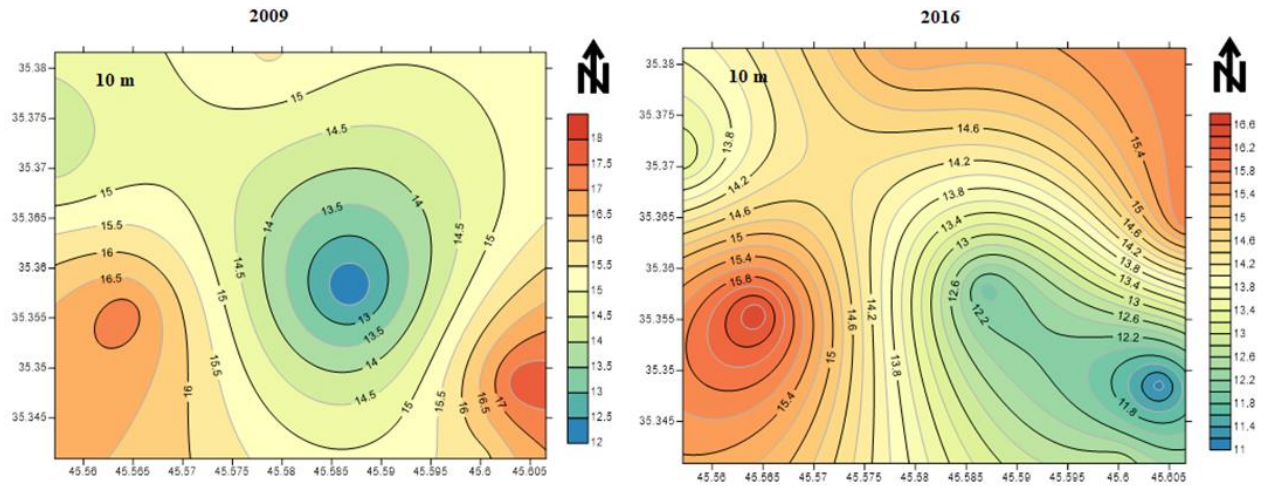
الشكل (6): نماذج من المنحنيات الحقلية في منطقتي الدراسة هوانة وقرهكول



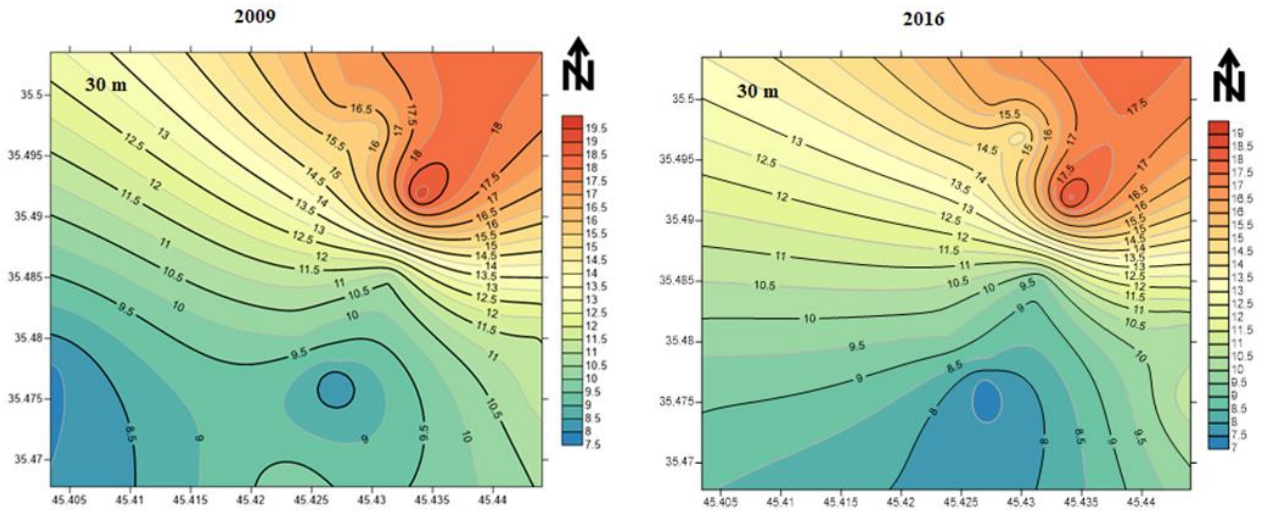
الشكل (7): خريطة توزيع خطوط تساوي المقاومة النوعية لعمق (AB/2 = 10) في هوانة للفترتين 2009 و2016



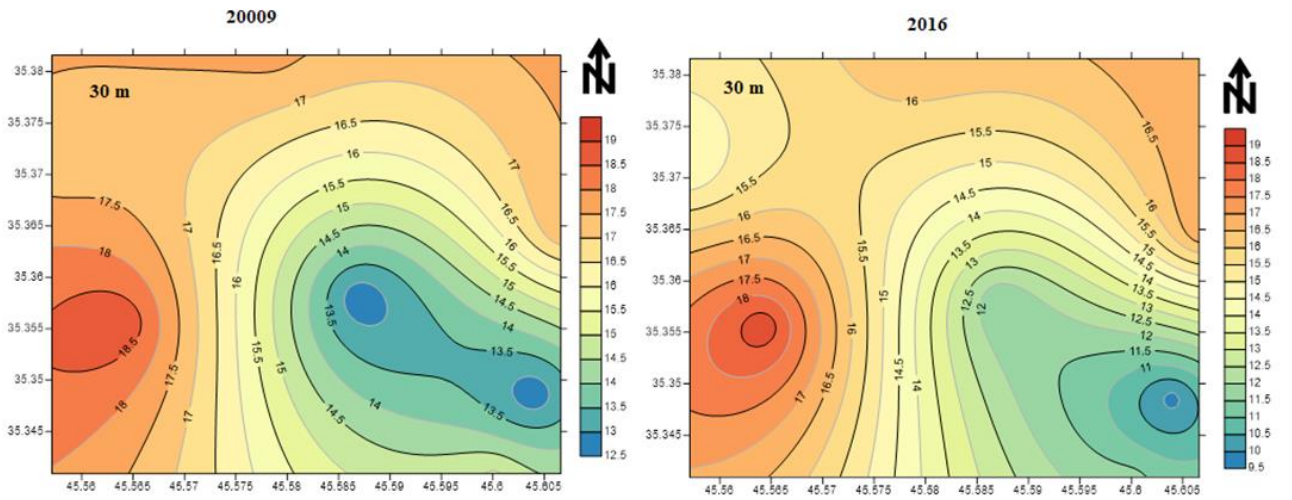
الشكل (8): خريطة توزيع خطوط تساوي المقاومة النوعية لعمق (AB/2 = 10) في قرعة كول للفترتين 2009 و2016



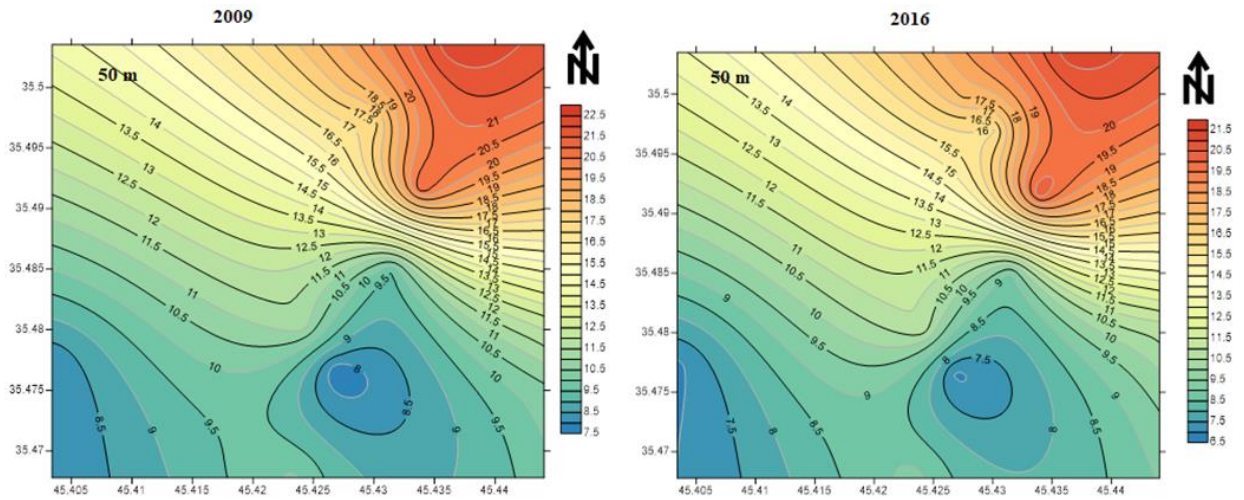
الشكل (9): خريطة توزيع خطوط تساوي المقاومة النوعية لعمق (AB/2 = 30) في هوانة للفترتين 2009 و 2016



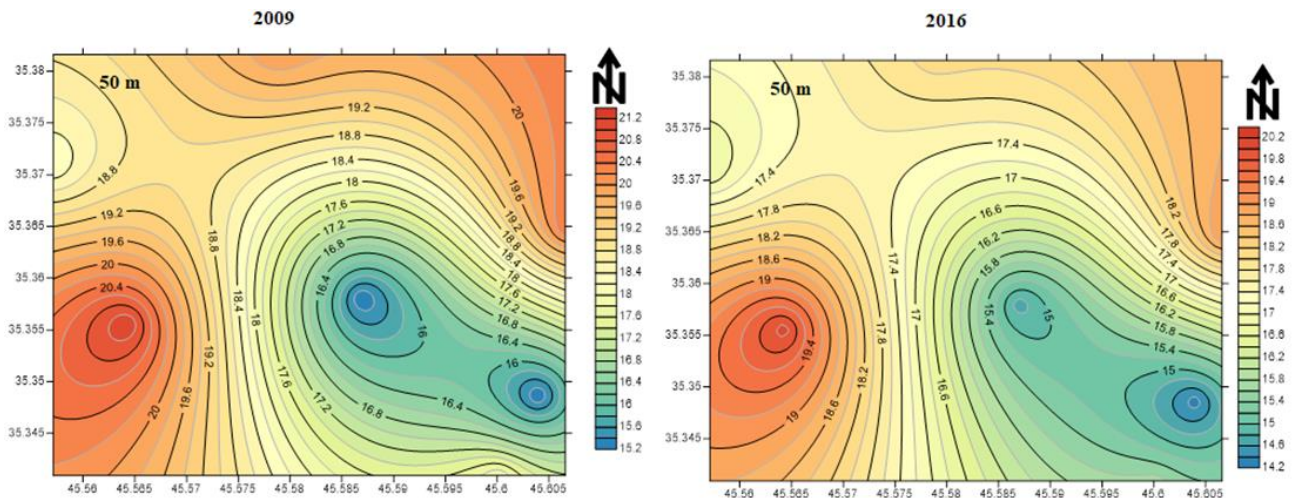
الشكل (10): خريطة توزيع خطوط تساوي المقاومة النوعية لعمق (AB/2 = 30) في قرعةكول للفترتين 2009 و 2016



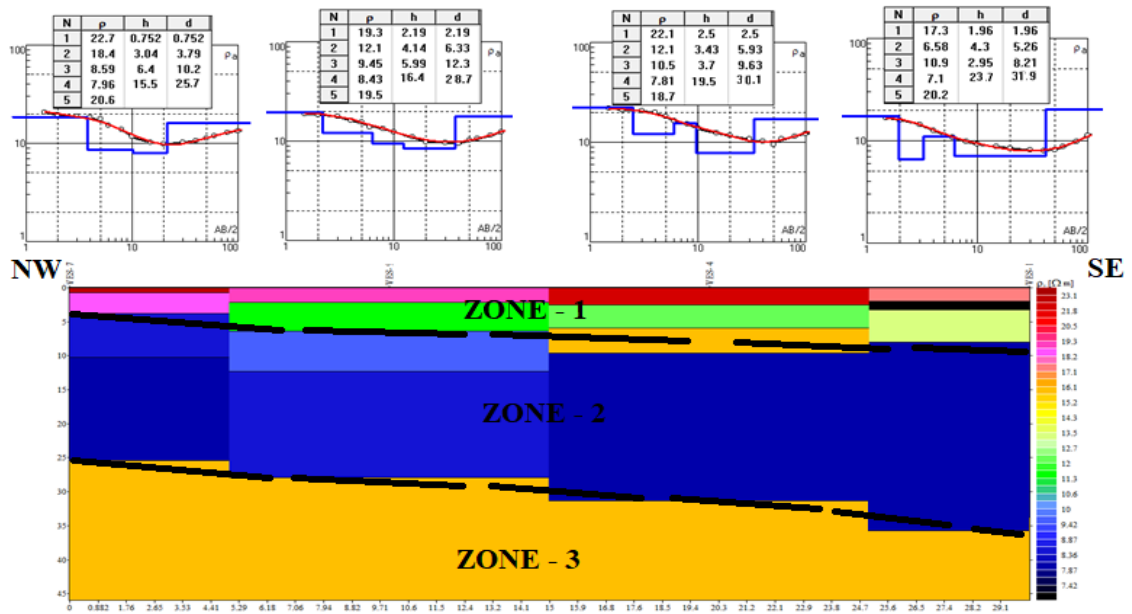
الشكل (11): خريطة توزيع خطوط تساوي المقاومة النوعية لعمق (50 = AB/2) في هوانة للفترتين 2009 و2016



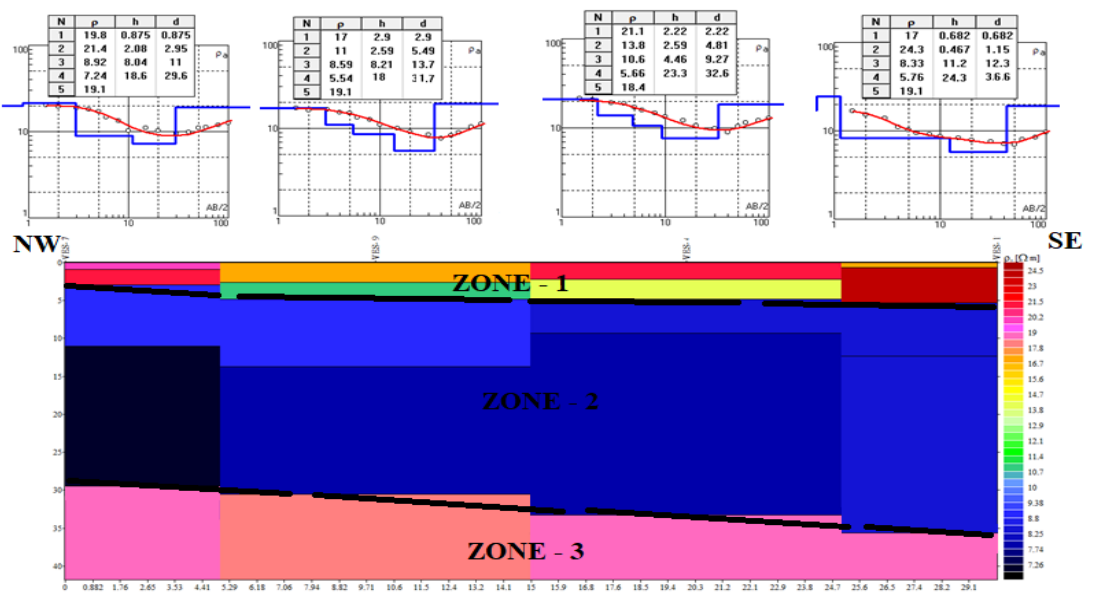
الشكل (12): خريطة توزيع خطوط تساوي المقاومة النوعية لعمق (50 = AB/2) في قرعة كول للفترتين 2009 و2016



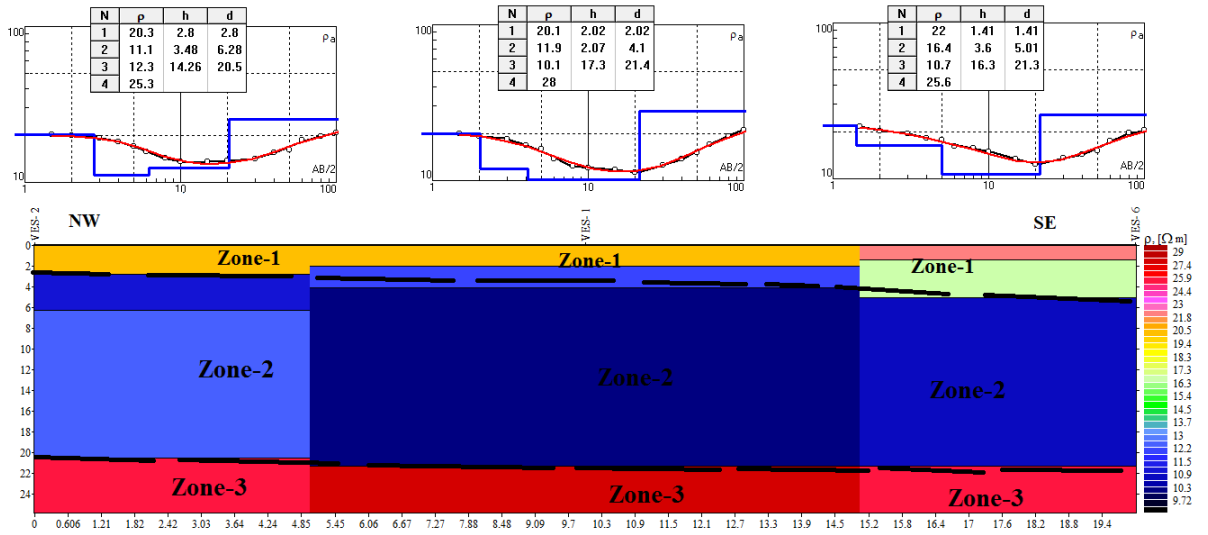
الشكل (13): المقطع الجيوكهربائي للمسار الاول في منطقة هوانة في مسح 2009



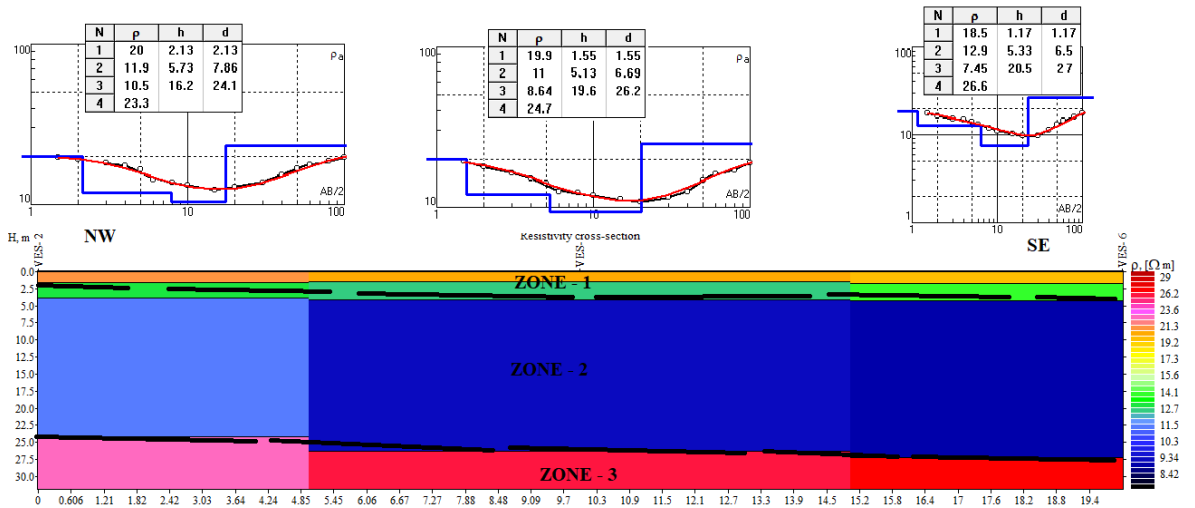
الشكل (14): المقطع الجيوكهربائي للمسار الاول في منطقة هوانة في مسح 2016



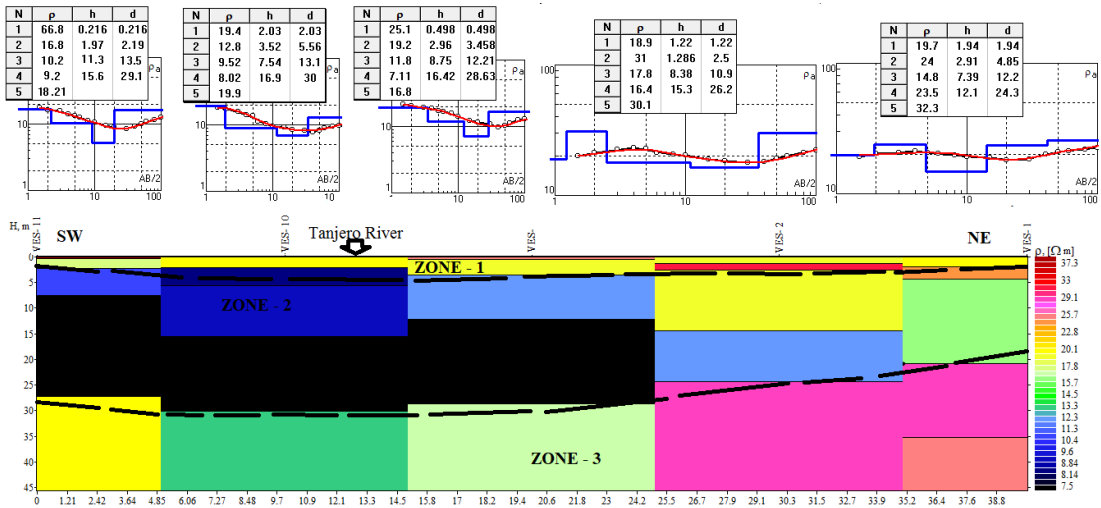
الشكل (15): المقطع الجيوكهربائي للمسار الاول في منطقة قرّةكول في مسح 2009



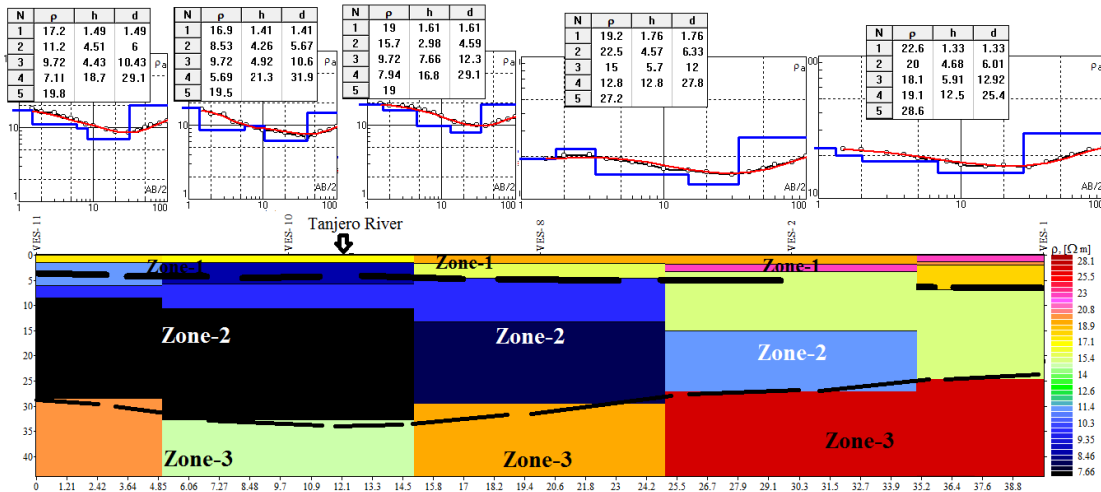
الشكل (16): المقطع الجيوكهربائي للمسار الاول في منطقة قرّةكول في مسح 2016



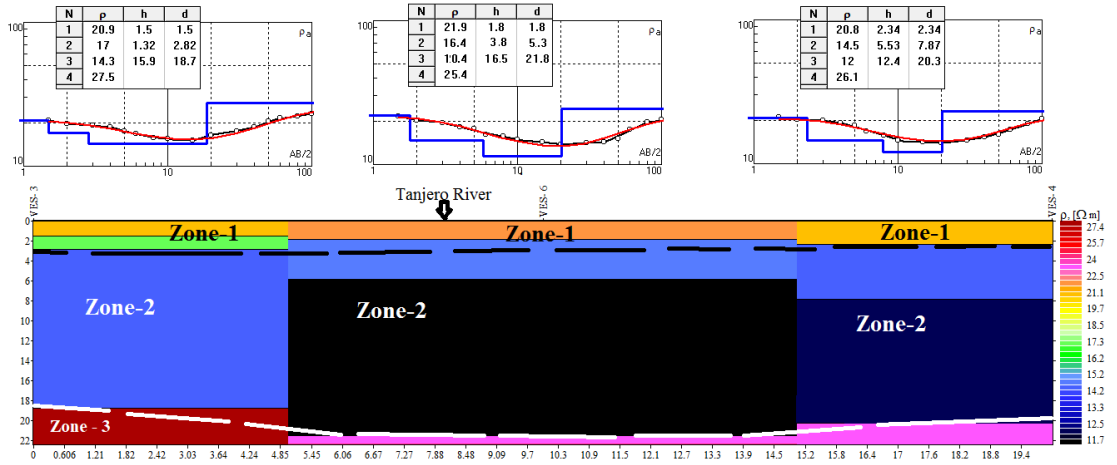
الشكل (17): المقطع الجيوكبرائي للمسار الثاني في منطقة هوانة لعام (2009)



الشكل (18): المقطع الجيوكبرائي للمسار الثاني في منطقة هوانة لعام (2016)



الشكل (19): المقطع الجيوكهربائي للمسار الثاني في منطقة قرعة كول لعام (2009)



الشكل (20): المقطع الجيوكهربائي للمسار الثاني في منطقة قرعة كول لعام (2016)

