تحديد منسوب المياه الجوفية في مزرعة فدك / محافظة النجف باستخدام تقنية المسح الزلزالي الانكساري السطحي ثنائي البعد

حسين عباس حسن سندس خالد ماجد يعقوب حسين كاظم

وزارة العلوم والتكنولوجيا / دائرة الفضاء والاتصالات – مركز الجيوفيزياء والموارد المائية
بغداد– العراق

الخلاصة

استخدمت تقنية المسح الزلزالي الانكساري بطريقة الرسم السطحي ثنائية الابعاد لتحديد منسوب المياه الجوفية في مزرعة فدك الواقعة في منطقة بحر النجف في محافظة النجف الأشرف. إذ استخدم جهاز السيزموغراف Strata Visor-NZ امريكي المنشأ لهذه التقنية، أخذت المعطيات الحقلية باستخدام (24 لاقطة ارضية) و التي نشرت بمسافة فاصلة (4 متر) بين لاقطة وأخرى (عمودية لتوليد موجات تضاغطية) . نفذت التقنية بمسارين متداخلين بطول كلي 188 متر، بإجراء ضربات متعددة 24 ضربة (باستخدام المطرقة) على امتداد خطوط النشر لغرض الحصول على بيانات تحديد منسوب مستوى المياه الجوفية. استخدم برنامج (Reflex W) في تحليل البيانات ورسم مقاطع المسح السطحي ثنائية الابعاد. تراوحت بين m/s (537–794) السرعة للطبقة الأولى التي تراوح عمقها بين m(0–3.8)، بينما تراوحت سرعة الطبقة الثانية بين m/s(2747) ولعمق تراوح بين m(3.8–24) واخيرا كانت السرعة m/s(3186) للطبقة الثالثة ولعمق بلغ حوالي اكثر من 24 متر ضمن تكوين الدمام الذي يمثل الخزان الرئيسي للمياه الجوفية في المنطقة.

الكلمات المفتاحية: المسح الزلزالي الانكساري ، الرسم السطحي و المياه الجوفية.

Determining the Ground Water Table Level in Fadak Farm / Najaf Province by Using Seismic Refraction Tomography (2D) Technique.

Hussein Abbas Hassan Sundus Khalid Majid Yaqoob Hussein Kadhim

Ministry of Science and Technology / Space and Communication- Center of Geophysics and Water Resources
Baghdad - Iraq
E_mail: husseingis2008@yahoo.com

Abstract

A seismic refraction survey using 2D tomography technique achieved to determine the groundwater table level in Fadak farm which located in the area site called Sea of Najaf at the province of Najaf. Strata Visor –NZ seismograph instrument was used to achieve the survey using 24 geophones (P-wave type) spread along a profile of 188 m in length.

The research includes choosing a suitable location to obtain the required reading using (24 channels) seismograph with a geophone interval of 4 m to determine the extension depth of the ground water table level. This has been achieved by taking multi shots (24 shots) by using a sledge hammer along spread lines. Reflex W software used to analyze the data and drawing the survey sections of 2D Tomography. The velocities of the first layer was ranged between (537-794) m/sec and its depth ranged between (0-3.8) m. The velocity of the second layer was (2747) m/sec and its depth ranged between (3.8-24) m. The velocity of the third layer was (3186) m/sec and its depths were more than (24) m represents Dammam formation and considered within the groundwater aquifer.

Key Words: Seismic Refraction, Tomography and Ground Water.

المقدمة

تعد الطريقة الزلزالية من أكثر التقنيات الجيوفيزيائية تطبيقاً في العمل الاستكشافي وذلك لامتلاكها دقة عالية وقابلية كبيرة على الاختراق وتوفر طرائق تحليلية عالية الدقة ومناسبة لتحسين المعطيات الزلزالية. لذلك تستخدم هذه الطريقة في البحث عن مصادر المياه الجوفية باستخدام الموجات التضاغطية (P-waves).

إن مبدأ الطريقة الزلزالية هو توليد الموجات عند نقطة معينة والتقاط أزمنة الوصول الأول باللاقطات للطاقة المنكسرة من السطوح الفاصلة بين الطبقات الصخرية المختلفة (Dobrin, 1976).

عند توليد الموجات الزلزالية بوساطة المطرقة أو المتفجرات فإنه يتم التقاط هذه الموجات وتسجيلها، وان اللاقطات القريبة من المصدر تسجل الموجات المباشرة التي تنتقل خلال الطبقة الأولى(Overburden) بسرعة (V_1)، أما اللاقطات البعيدة فأنها تسجل الموجات الرأسية (Head Waves) التي تنتقل في الجزء العلوي من الطبقة الثانية بعد الانكسار الحرج عند السطح الفاصل بسرعة (V_2) وتصل إلى السطح وتسجل على شكل موجات الوصول الأول(Sjogern & Dobrin , 1980). واعتمادا على أزمنة الوصول الأول يتم حساب سرع الموجات الزلزالية خلال الطبقات تحت السطحية وأعماقها المختلفة، ويمكن حساب الأعماق في نقاط المصدر وفي نقاط استلام الموجات أما باستخدام زمن القطع (Intercept Time) أو استخدام المسافة الحرجة (Critical Distance).(Haeni,1986) وتعتمد سرع الموجات الزلزالية للصخور على معاملات المرونة والكثافة (Sharma , 1997). تتراوح قيمة سرعة الموجات الزلزالية للطبقات في منطقة الدراسة في جنوب العراق بين m/s (1500-1450) للماء العذب في الحجر الرملي وحوالي اكثر من (1600)m/s للمياه المتوسطة الملوحة في الحجر الجيري(Khorshid,2011).

ان طريقة المسح الزلزالي الانكساري باستخدام الرسم السطحي من الطرائق الجيوفيزيائية لتفسير المعلومات الحقلية للمسح الزلزالي الانكساري وذلك باستخدام تقنية الانقلاب لحساب السرعة بنماذج ثنائية وثلاثية الابعاد.

ان مبدأ الرسم السطحي يقسم الشكل الى تقسيمات صغيرة والتي تدعى (Pixels) في ثنائي الابعاد (2D) ، من خلال التصوير للرسم السطحي لتوزيع السرعة للطبقة الصخرية والتي يمكن حسابها ضمن الصورة الجانبية المعاكسة للنمذجة modeling كسرعة للطبقات. هذه التقنية تحسب بشكل تكراري زمن الوصول الاولي للنموذج الابتدائي، والتي يمكن اعادة تكوينها قبل البدء بالانقلاب، عندئذ يمكن تعديل النموذج الابتدائي الى ان يخفض الى حد أدنى ممكن للتطابق لزمن الوصول المحسوب (Al-Heety & Al-Saigh, 2014) .

ان الجذر التربيعي المتوسط مربع للخطأ Root-mean square(RMS) error) للنموذج النهائي المأخوذ يجب ان يكون عند اقل قيمة، كما لا يمكن تقليصه، وهو عادة يحدث بعد عشر تكرارات. ان تقنية الرسم السطحي للمسح الزلزالي الانكساري اصبحت من طرائق الجيوفيزياء المميزة في معظم الدراسات الحديثة وفي العديد من الحالات، في حين فشلت تقنيات المسح الزلزالي الانكساري التقليدية، مثل تراكيب السرعة (Velocity Structures) مع الوجه الجانبي والانحدار العمودي للسرعة (Stefani, 1995).

يهدف البحث الحالي الى تطبيق تقنية المسح الزلزالي الانكساري بطريقة الرسم السطحي ثنائية الابعاد لتحديد منسوب المياه الجوفية ، يتضمن البحث إجراء القياسات المطلوبة باستخدام جهاز المسح الزلزالي الانكساري و (24 لاقطة ارضية) لغرض أخذ البيانات المطلوبة من خلال نشر

اللاقطات الارضية بمسافة فاصلة (4 متر) بين لاقطة وأخرى.

المواد وطرائق العمل

منطقة الدراسة

تقع منطقة الدراسة بين خطي الطول (44°3'366''-44°3'442'') شرقاً وخطي عرض (31°58'931''-31°58'949'') شمالاً على بعد 35 كم عن مركز محافظة النجف الأشرف باتجاه بحر النجف في مزرعة فدك التابعة للأمانة العامة للعتبة العلوية المقدسة شكل رقم (1).

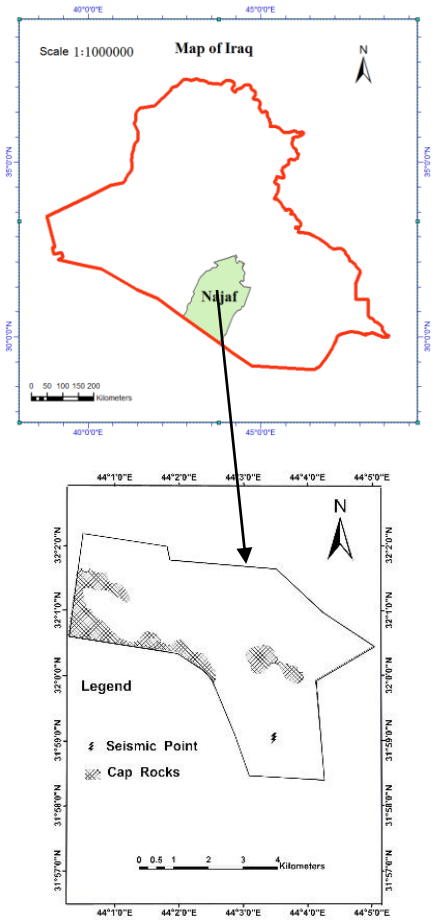
جيولوجية المنطقة

تركيبياً ، تقع منطقة الدراسة في الرصيف غير المستقر للصفيحة العربية ضمن السهل الرسوبي في الحافة الشمالية الغربية منه والتي تحاذي الرصيف المستقر من الجهة الغربية، حيث نطاق السلمان – الحضر. تمثل رواسب العصر الرباعي(الترسبات الحديثة) الجزء الاكبر من ترسبات المنطقة والتي هي جزء من ترسبات نطاق السهل الرسوبي التي تتأثر مناطقه بالحركات التكوينية الحديثة المستمرة بالهبوط مع استمرار امتلاء الحوض بالترسبات النهرية وغيرها (Buday and Jassim, 1987).

أما ترسبات ماقبل العصر الرباعي فمتمثلة بكل من التكوينات الجيولوجية الدمام، الفرات،الفتحة وانجانة (Barwary and Nasira, 1996) وكما مبين في الشكل(2).

تعتبر منطقة الدراسة جزءاً من نطاق السلمان ضمن منطقة الرصيف المستقر Stable shelf وهي منطقة تحول بين الرصيف المستقر والرصيف غير المستقر وينكشف فيها تكوين الدمام(الايوسين الاوسط والاعلى) الذي يعتبر بمثابة طبقة المياه الجوفية الهامة في منطقة الصحراء الغربية (شكل رقم 2) . وتبعاً الى التتابع الطباقي فأن تكوين الدمام يقع تحته تكوين الرص وفوقه تكوين الفرات بحدود لا توافقية (Unconformable) .

يمتد التكوين على مسافات كبيرة في الصحراء الغربية والجنوبية ، وقد ترسب في بيئات نرتية ضحلة (Neritic Environments) ، يتكون أساساً من صخور كربونية (الحجر الجيري والدولوميت) مع أنواع من متحجرات النيوملايت (Nummulite Species) .



شكل(1) خريطة العراق وموقع الدراسة

يمكن تقسيم التكوين من الأعلى الى الاسفل وفقاً للتسلسل الطباقي لجيولوجية منطقة النجف الى الأعضاء التالية :

أ – العضو العلوي (Upper Member) : يتكون بصورة رئيسة من الحجر المارلي ، والحجر الجيري الطباشيري المعاد التبلور (Recrystallized Chalky Limestone) في معظم الأجزاء . يحتوي العضو العلوي على فجوات وبالوعات إذابة (Sinkholes) ناتجة عن تخلل مياه الأمطار من خلال الكسور السطحية .

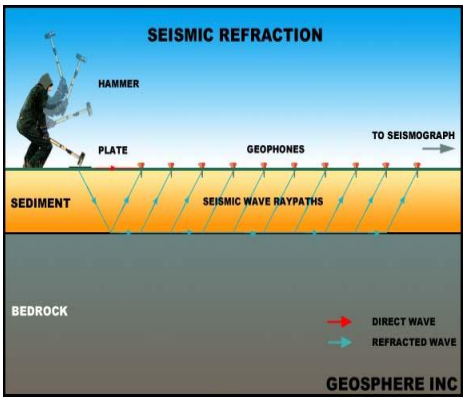
ب- العضو الأوسط (Middle Member) : يتألف من الدولوميت الحاوي على المتحجرات (Fossiliferous Dolomite) ومن الحجر الجيري المتدلمت (Dolomitic Limestone) تتخللها طبقات من المارل والصوان العقدي (Nodular Chert) في بعض الاعماق . يتسم هذا العضو بوجود الشقوق والفجوات ، لذلك اصبح حاملاً جيداً للمياه الجوفية .

الأجهزة المستخدمة في العمل الحقلي

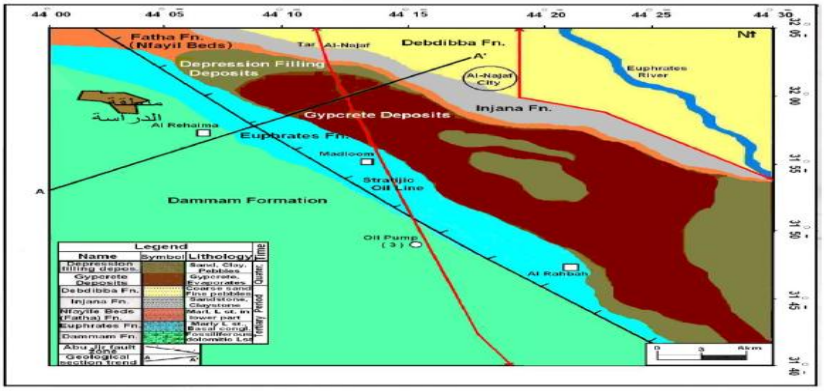
استخدم في العمل الحقلي جهاز السيزموغراف (Strata Visor-NZ) أمريكي المنشأ من شركة (Geometrics) المبين في الصورة (1) وهو جهاز حديث ذو إمكانيات عالية في التسجيلات الزلزالية ، بالاضافة الى اللاقطات الارضية Geophones ذات تردد طبيعي مقداره 10 هيرتز ، استخدمت اللاقطات الارضية من نوع العمودي لاستلام الموجات الطولية P-wave والتي يكون فيها اتجاه الملف داخل اللاقطة عموديا على سطح الارض، هذا النوع من اللاقطات له إمكانية الوصول الى أعماق تبلغ 40 متر.

العمل الحقلي

أجري المسح الزلزالي الانكساري في منطقة بحر النجف لتحديد منسوب مستوى المياه الجوفية (ground water level) ودراسة سرع الموجات الزلزالية للطبقات، شمل العمل الحقلي تنفيذ مسارين للنشر للموجات الزلزالية بطريقة الرسم السطحي بطول كلي 188متر لتوليد الموجات الطولية، وأجريت 24 ضربة على طولي المسارين لتوليد الموجات الزلزالية باستخدام مطرقة (Sledge Hammer) بوزن 10 كغم حيث تم الطرق على صفيحة معدنية مثبتة على الارض، وبسبب ضعف الطاقة المولدة بهذه الطريقة أحيانا تجمع عدة ضربات مع بعضها وذلك بالاستفادة من خاصية الجمع (Stacking) لتقوية نسبة الاشارة إلى الضوضاء وكما موضح في الشكل (3).



شكل(3) الموجات المباشرة والرأسية (Geosphere INC,internet)

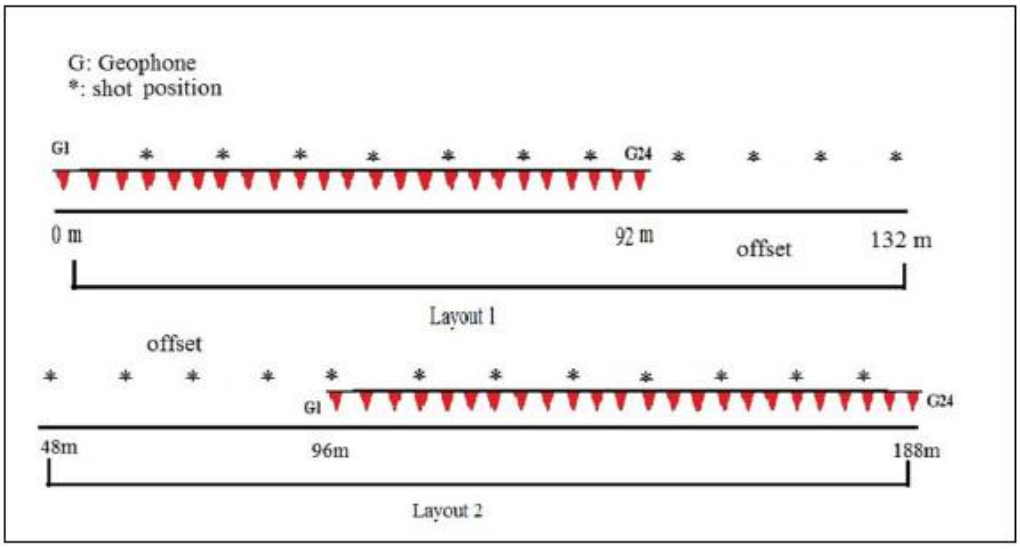


شكل(2) خريطة جيولوجية لمنطقة الدراسة .(Barwary and Nasira, 1996)

طريقة النشر

ان طريقة النشر تمت بخطين(طول كل خط 92 متر) طول نشر كلي بلغ 188م بالنسبة للطبقتين الاولى والثانية، في هذه الطريقة نشر 24 جيوفون والمسافة بين الجيوفون والآخر 4 متر، وكما مبين في الصورة (2) تكون الضربات للمسار الاول عند الجيوفون الأول والرابع والسابع والعاشر والثالث عشر والسادس عشر والتاسع عشر والثالث والعشرون وخارج خط النشرة الاولى (offset) بمسافة 4 متر عن الجيوفون الاخير وثم مضاعفة المسافة ونكمل 12 ضربة ويسمى(الخط الاول بطول 92 متر) للطبقة الاولى وتعلّم أماكن الضربات. يحركّ خط النشر بمسافة 4 متر عن آخر جيوفون يتم البدء الضربات من منتصف النشرة الاولى عند 48 م عند مكان الجيوفون الاول والجيوفون الرابع والسابع والعاشر في النشرة الاولى وتكون خارج النشرة الثانية (offset) ثم اجراء ضربة عند الجيوفون الاول والرابع والسابع والعاشر والثالث عشر والسادس عشر والتاسع عشر والثاني والعشرون في النشرة الثانية وكما ليتضح في الشكل(4) الذي يمثل طريقة النشر.

صورة(1) جهاز السيزموغراف (Strata Visor-NZ) مع جيوفون نوع (P-wave) ومقطع عرضي للجيوفون



شكل (4) طريقة النشر (www.geotomographie.de)

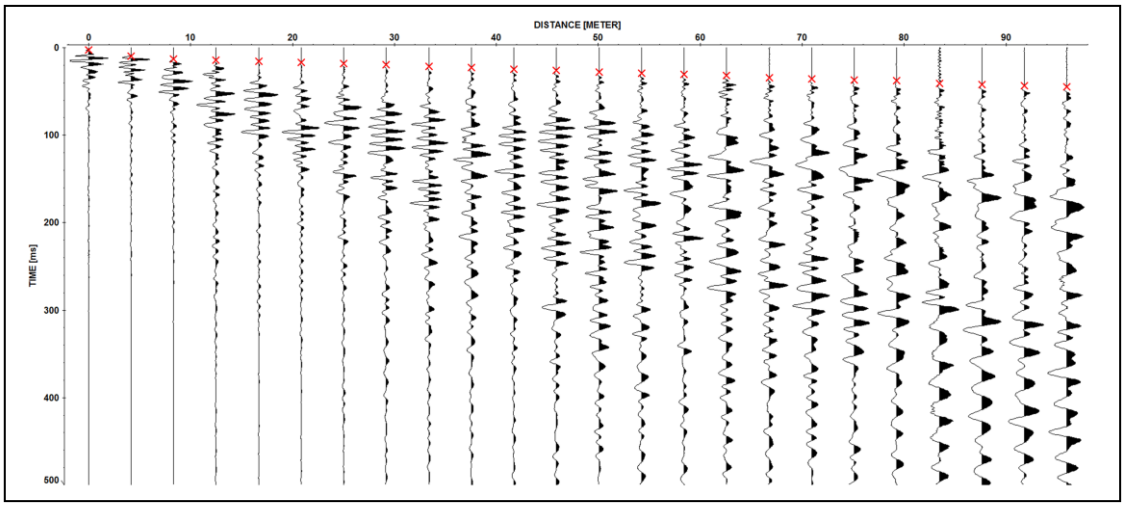
يمكن تنفيذ الطريقة التقليدية في المسح الزلزالي الانكساري بثلاث ضربات ، ولكن على حساب وضوحية التفسير، بينما تتطلب بطريقة الرسم السطحي ضربات متعددة المسافة بينهما قريبة ولكن على حساب المسافة المغطاة والتي يمكن تغطيتها بزيادة عدد المسارات الممسوحة وتعطي صورة واضحة عن المنطقة الممسوحة. إن العمق المطلوب الوصول إليه بحدود 30 م.

صورة (2) نشر الجيوفونات مع الكيبلات لحظة اجراء الضربات مع التسجيل

النتائج والمناقشة

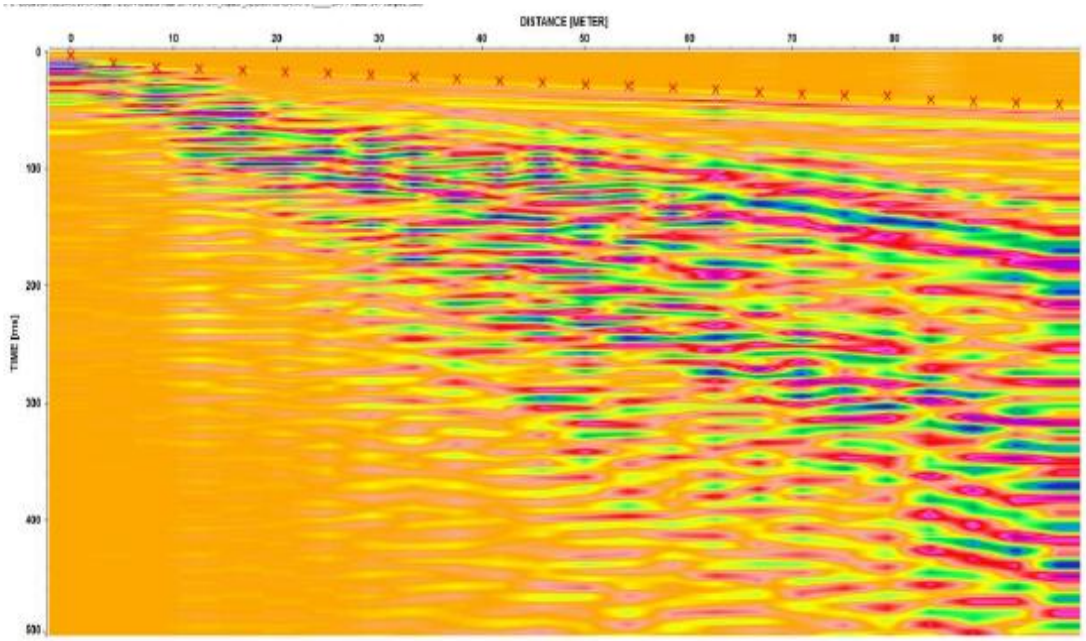
حللت البيانات المستحصلة من القياسات الحقلية باستخدام برنامج (Reflex W)، يمثل الشكل(5) نموذجاً للتسجيل الزلزالي بواجهة (Wigglemode) باستخدام ذلك البرنامج مع عملية الالتقاط الزمن الوصول الأولي للموجة (Picking) حيث يمثل هذا الشكل النموذج الأساسي المستخدم في التفسير.

من خلال هذا البحث استطعنا الحصول على تفسير بالطريقة التقليدية وطريقة الرسم السطحي.



شكل(5) نموذج للتسجيل الزلزالي بواجهة (Wigglemode)باستخدام برنامج (Reflex W) مع عملية الالتقاط لزمن الوصول الأولي للموجة (Picking)

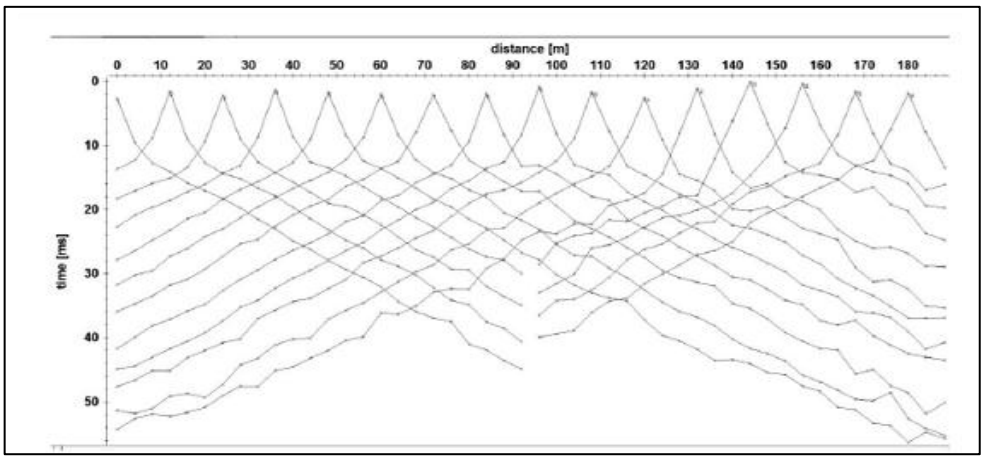
ومن خلال الشكل (6) يتم التأكد من عملية الإلتقاط لنفس نموذج التسجيل الزلزالي.



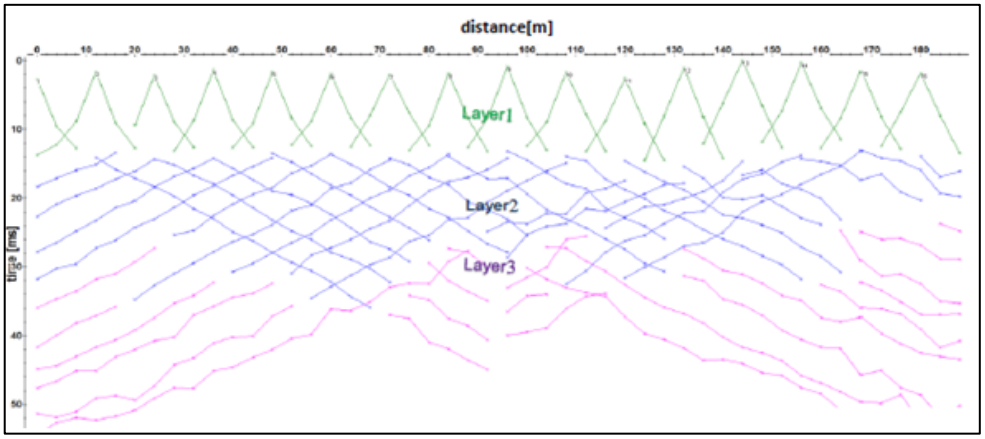
شكل(6) نموذج للتسجيل الزلزالي بواجهة (Pointmode) باستخدام برنامج (Reflex W) مع عملية الالتقاط لزمن الوصول الأولي للموجة.

وبعد الانتهاء من عملية الالتقاط لـ 24 تسجيل زلزالي نحصل على مرتسم المسافة – الزمن والذي يمثل في الشكل(7).

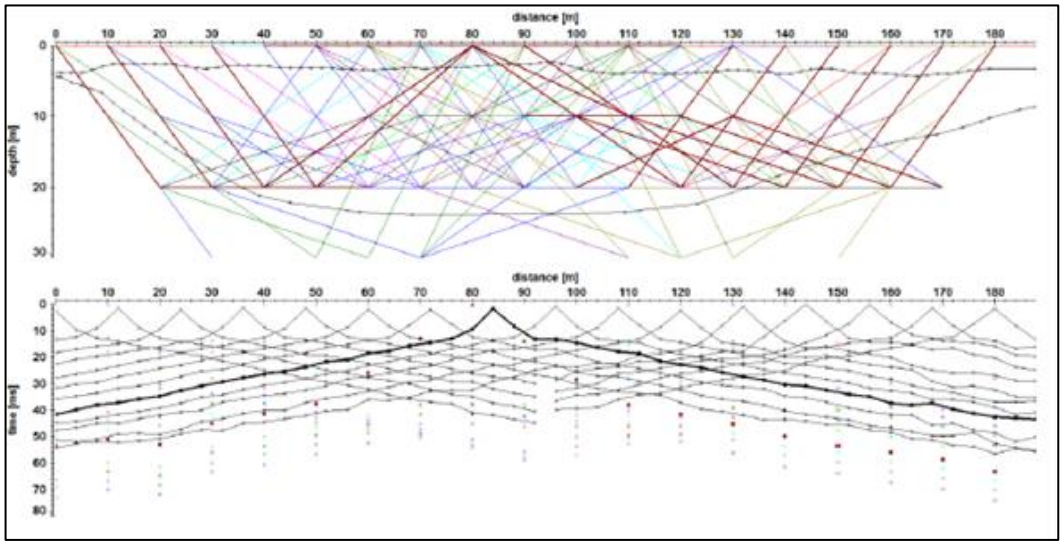
بعد الانتهاء من الالتقاط لزمن الوصول الأولي للموجة للتسجيلات الـ 24 يتم جمعها في travel (Time Analysis 2D) ضمن برنامج الـ (Reflex W) ومن خلال (assign) تم تحديد الطبقات وفقا للموجات المنكسرة حيث تمثل (Layer1) الطبقة الأولى والتي حددت من خلال الانكسار الحاصل بين هذه الطبقة والثانية وكذلك بين الطبقة الثانية (Layer2) والطبقة الثالثة (Layer3) (الشكل 8) . في النمذجة (Modeling) يتم تعيين انكسار الموجات من خلال (Ray trace) في الجزء الاعلى من الشكل،اما الشكل الاسفل فيمثل Wave Front-inversion الذي يحدد أعلى نقطة تسجيل تتابعاً وكما يتضح الشكل (9)(Haeni, 1986) .



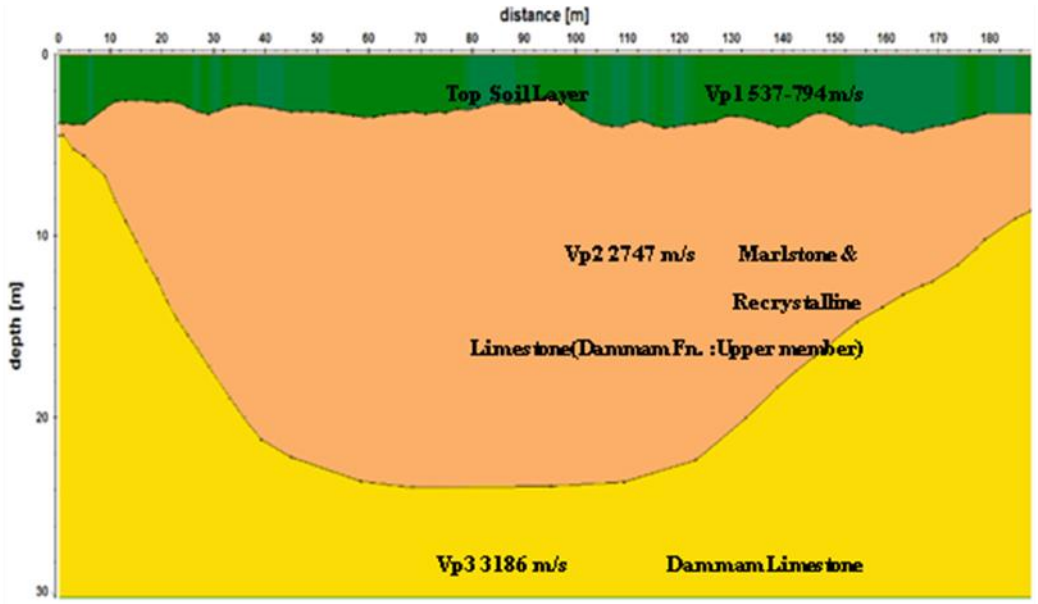
شكل(7) مرتسم الزمن – المسافة لـ 24 تسجيل زلزالي



شكل (8) يمثل عملية تحديد الطبقات من خلال مرتسم الزمن – المسافة ل24 تسيل



شكل (9) يمثل تحديد الطبقات من خلال النمذجة (Cover – trace).



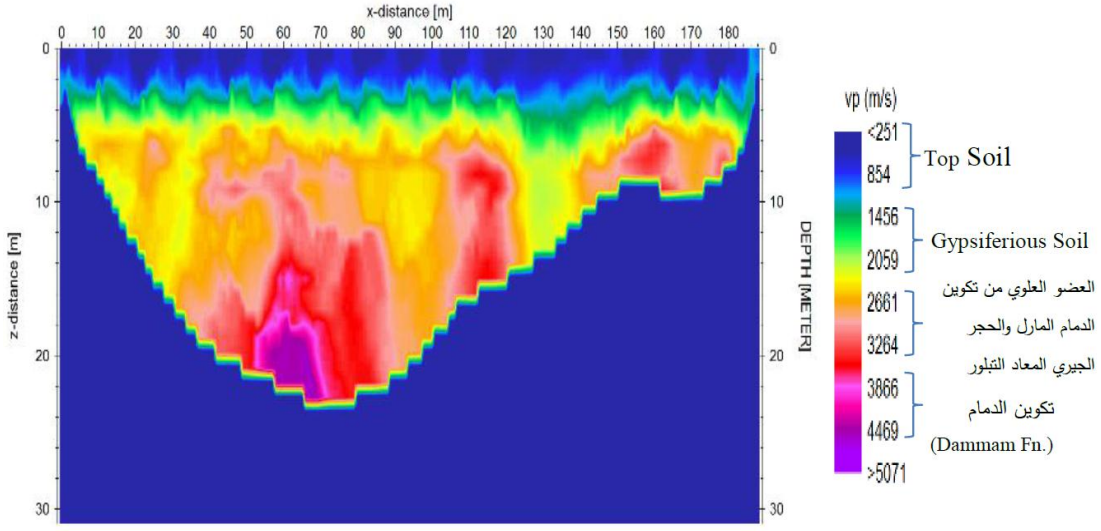
شكل(10) عدد الطبقات حيث كل لون يمثل طبقة من طبقات الارض لمنطقة الدراسة وتحديد سرع الموجات الزلزالية للطبقات مع العمق وهذه تمثل طريقة رسم نموذج (Model) في تفسير سرع وعمق الطبقات باستخدام برنامج (Reflex W).

من خلال الشكل (10) والذي يبين عدد الطبقات نلاحظ ان السرعة بالنسبة للطبقة الاولى تراوحت بين (537–794) m/s ولعمق تراوح بين (0–3.8) m من خلال قيمة السرع للطبقة ومقارنتها مع جيولوجية المنطقة من الدراسات السابقة حيث تمثل هذه الطبقة طبقة التربة العليا (Top Soil) وتمتد من مستوى الأرض الطبيعية (N.G.L) وتتكون من الرمل الناعم والطين(Sand and Clay) ، وسرعة الطبقة الثانية بحدود (2747) m/s ولعمق تراوح بين (3.8–24) m وهذه الطبقة كاتمة شبه نفاذة (مكونة من المارل والحجر الجيري معاد التبلور) يمثل العضو العلوي من تكوين الدمام والطبقة الثالثة كانت سرعتها (3186) m/s وتبدأ من عمق أكثر من 24متر والتي تتمثل بتكوين الدمام (Dammam Fn.) وهو يعتبر الخزان الجوفي الرئيسي. جاءت هذه النتائج مقاربة للدراسة التي قام بها مركز الجيوفيزياء والموارد المائية / دائرة الفضاء والاتصالات / وزارة العلوم والتكنولوجيا من خلال دراسة واقع حال المياه الجوفية باستخدام الطريقة الكهربائية بشكل تفصيلي (الدباغ،وأخرون2014).

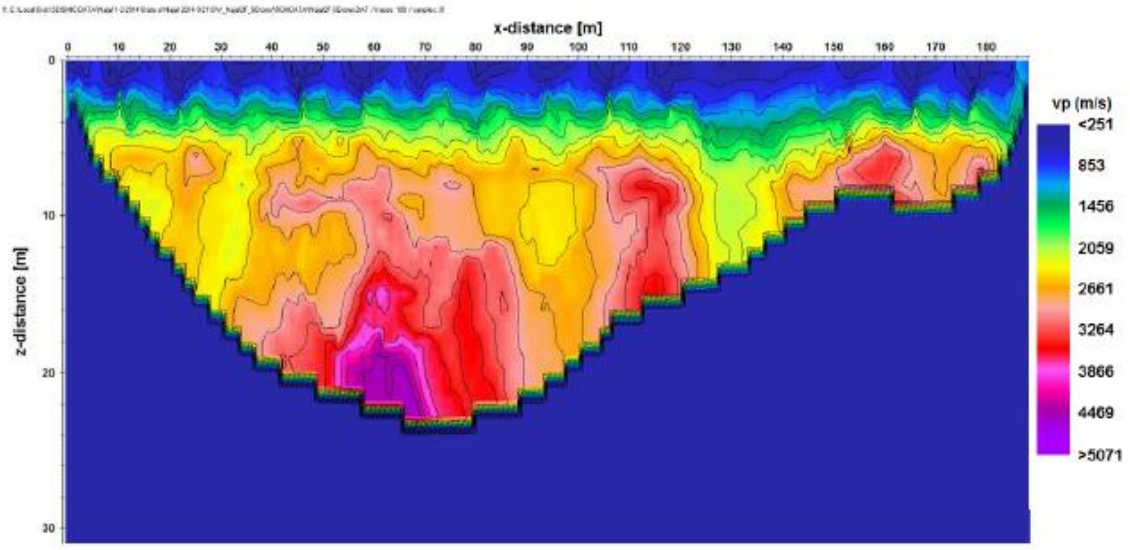
نلاحظ من الشكلين (11و12) توزيع قيمة السرع Vp بطريقة الرسم السطحي ثنائية البعد. ان قيمة السرعة التي تتراوح بين (251–853)m/s ولعمق (0–3.4)m تمثل طبقة التربة العليا (Top Soil) والسرع (1456–2059)m/s للعمق (2.3–13.1)m تمثل (Gypsiferious Soil) والتي تمثل تربة رملية مشبعة. من مقارنة القيم المستخرجة مع البحوث العلمية المنشورة سابقاً (Dobecki & Roming 1985) و(Khorshid,2011) والخريطة الجيولوجية للمنطقة فأن هذه الطبقة تمثل طبقة رملية مشبعة بالمياه مما يدل على وجود مياه جوفية. يبين جدول (1) قيم سرع (Vp) والصخارية المتوقعة لها. أما السرع بين (2661–3264) m/s ولعمق(5.6–22.6)m فتمثل امتداد طبقة كاتمة شبه نفاذة (مكونة من المارل والحجر الجيري المعاد التبلور) يمثل العضو العلوي من تكوين الدمام، و السرع (3866–4469) m/s لعمق (17.6–22.7) m فهي تمثل تكوين الدمام (Dammam Fn.) .

جدول (1) قيم سرع Vp والصخارية المتوقعة لها

ت	مدى سرعة الموجة نوع Vp m/s	سمك الطبقة m	الصخارية المتوقعة
1	251–853	0–3.4	Top Soil
2	1456–2059	2.3–13.1	Gypsiferrous Soil
3	2661–3264	5.6–22.6	Marlstone & Recrystalline Limestone
4	3866–4469	17.6–22.7	Dammam Fn.



شكل(11) يمثل الرسم السطحي لمنطقة الدراسة وتحديد سرع الموجات الزلزالية للطبقات



الشكل (12) يمثل الرسم السطحي لمنطقة الدراسة وتحديد سرع الموجات الزلزالية للطبقات من خلال خطوط

الاستنتاجات والتوصيات

1. تتـرواح السـرع بالنسـبة للطبقـة الاولـى بين m/s (537–794)، والسرعة للطبقة الثانيـة والتـي تمثل طبقـة كاتمـة شبه نفاذة للمياه الجوفية بقيمـة m/s (2747)، أما السـرعة للطبقـة الثالثـة والتـي تمثـل تكـوين الدمام والذي يعتبر الخزان الجوفي الرئيسي بقيمة m/s (3186).
2. تمتد الطبقـة الاولـى بعمـق m 3.4 عن السطح والطبقة الثانية لعمق m (3.8–24) والطبقة الثالثة تمتد لعمق m 24.
3. أوضحت طريقة الرسم السطحي ثنائية البعد ومـن خـلال توزيـع قيمـة السـرعة (Vp) بالنسـبة للأعمـاق المختلفـة انهـا مثلـت امتدادات متداخلة للطبقات.

التوصيات

1- للحصول على العمق المطلوب يكون طول النشر 5- 6 مرات من العمق المحدد.
2- المسافة بين الجيوفون وآخر تكون أقل بمقدار (10/1) من عمق الاختراق .
3- تكون الضربات عند كل ثلاث جيوفونات .
4- تكون الضربات خارج خط نشر (offset) الجيوفونات.
5- يتم التأكد من وجود(3- 5) جيوفونات لالتقاط الموجة المباشرة (Direct wave).
6- يفضل استخدام مرشح (filter) للحصول على معلومات حقلية جيدة.

المصادر

الدباغ، حيدر عبد الزهرة،عبد الرزاق، زيدون طه وعزيز، نادية احمد (2014) (دراسة واقع حال المياه الجوفية وتحديد المواقع المفضلة لحفر الآبار في مزرعة فدك / بحر النجف)، مركز بحوث الجيوفيزياء والموارد المائية/ دائرة الفضاء والاتصالات/ وزارة العلوم والتكنولوجيا (دارسة غير منشورة).

Al-Heety, A. J. and Nabil H. Al-Saigh, (2014) Seismic Refraction Tomography and MASW Survey for Geotechnical Evaluation of Soil for the Teaching Hospital Project at Mosul University. Journal of Zankoy Sulaimani- Part A (JZS-A), 16 (1)

Barwary A.M., and Nasira A.S., (1996) Geological Map of Al Najaf Quadrangle Sheet NH-38-2 of Scale 1:250 000, 1st. ed. GEOSURV. Baghdad.

Buday, T. and Jassim, S. Z., Kassab, I. I. and Abbas, M. J., (1987) The Regional Geology of Iraq, Tectonism,Magmatism, and Metamorphism, Baghdad , 445P.

Website:(www.uwgb.edu/dutchs/structge/strsparm.htm).**Dobrin,** M.B. (1976) Introduction to Geophysical Prospecting, 3rd ed. McGraw- Hill Publ. Co., New York, 630p.**Dobecki,** T.L .and Roming, P.R.,(1985) Geotechnical and Ground Water Geophysics . Geophysics, 50, 2621-2636.

Geosphere INC, internet

Haeni, F.P., (1986) Application of Seismic Refraction Method in Ground Water Modeling Studied in New England. Geophysics 51, 236-249.

Khorshid, Salman Z(2011), Determination of Underground Water Contamination Zone and Water Table by Seismic Refraction Method at Al-Aziziyah City Wasit Province-Southern Iraq,J. of university of anbar for pure science :vol. 5(1), p7.

Sharma، P.، (1997): Environmental and engineering geophysics. Cambridge university press.

Sjogren, B. and Dobrin(1980) The law of Parallelism in Refraction Shooting. Geoph. Pros. 28, 716- 743.

Stefani, J.P., (1995), Turning-Ray Tomography: Geophysics, 60, 1917-1929