تقييم نوعية المياه الجوفية لمناطق مختارة شمال شرقي مدينة الموصل وصلاحيتها للاستخدامات المدنية والزراعية

قتيبة توفيق اليوزبكي **علي محمد سليمان**

مركز بحوث السدود والموارد المائية

جامعة الموصل

(تاريخ الاستلام 2020/1/21 ، تاريخ القبول 2020/5/2)

الملخص

تناولت الدراسة الحالية تقييم صلاحية مياه الآبار الجوفية لأغراض الشرب والاستخدامات المدنية والزراعية لمناطق مختارة شمال شرقي مدينة الموصل. تم إختيار منطقتين؛ الاولى تقع بين مدينة الموصل وجبل بعشيقة، والثانية بين طريق الموصل–القوش وسلسلة جبال الشيخان ودهقان والقوش. وتعد كلتا المنطقتين من المناطق الزراعية التي تنتشر فيها القرى. ويستخدم سكان هاتين المنطقتين مياه الآبار للأغراض المدنية والزراعية بسبب عدم كفاءة مياه الأسالة في تغطية احتياجات سكان هذه القرى. تضمنت هذه الدراسة استخدام معامل نوعية المياه (WQI) في تقييم مدى جودة استخدام مياه هذه الآبار لأغراض الشرب. وتم استخراج قيم هذا المعامل من خلال مجموع المعاملات الفيزيائية والكيميائية وهي (الدالة الحمضية والإيصالية الكهربائية والاملاح الكلية المذابة والعسرة الكلية وتراكيز الأيونات الموجبة (الكالسيوم والمغنيسيوم والصوديوم والبوتاسيوم") والأيونات السالبة ("البيكربونات والكبريتات والكلوريد والنترات")). صنفت مياه الآبار في المنطقة الأولى بموجب قيم معامل النوعية بأنها من الصنف الرديء (WQI= 56–73) لوجود مكامنها ضمن الصخور الرملية المتأثرة بارتشاح المياه السطحية عبر أنطقة التربة الحاوية على نواتج تعرية صخور الكربونيت والجبسم المنقولة اليها بفعل عوامل التعرية، فضلا عن الآبار الواقعة على طول الطريق بين مدينة الموصل وجبل بعشيقة لتي تعد مياهها رديئة جدا الى غير ملائمة (QWI= 76–135) لكونها ضمن صخور تكوين فتحة، باستثناء مياه بئري مزرعة البنت والفاضلية1 التي صنفت بانها جيدة وصالحة للشرب (WQI< 50). أما آبار منطقة سهل القوش فقد صنفت بأنها صالحة للشرب ضمن الصنفين ممتازة وجيدة (WQI= 15–36) لوجود مكامن المياه الجوفية ضمن الصخور الرملية لتكوين انجانة باستثناء آبار كرا اسحاق وباطنايا والقوش التي تعد مياهها من الصنف الردئ (WQI=61) وبئري قرية الزيتون من الصنف غير الملائم للشرب (WQI=111–115) لوقوعها ضمن صخور الجبسم العائدة لتكوين فتحة. ومن جهة اخرى فان اغلب مياه آبار المنطقتين ملائمة للري.

الكلمات الدالة: معامل نوعية المياه، آبار سهل القوش، آبار بعشيقة، آبار الفاضلية. آبار الموصل.

Ground Water Quality of Selected Areas in the Northeastern Mosul City and their Assessments for Domestic and Agricultural Usage

Kotayba T. Al-Youzbakey **Ali M. Sulaiman**
Dams and Water Resources Research Center
University of Mosul

ABSTRACT

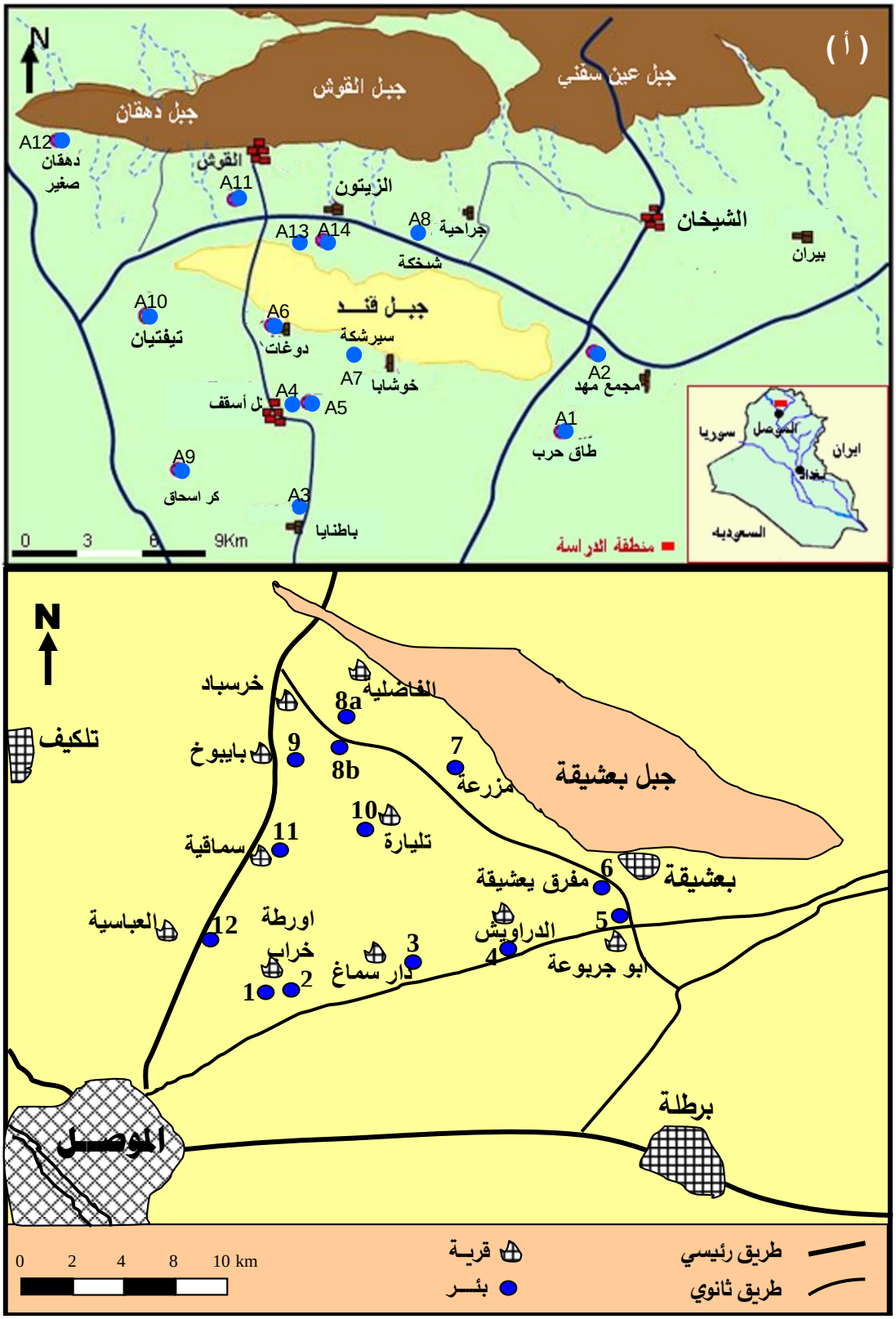
The present study focuses on the assessment of groundwater for domestic and agricultural usages in two areas northeastern Mosul city: the first is located between Mosul city and Bashiqa Mountain, and the second is located between the road of Mosul-Alqosh and Shikhan – Dahqan – Alqosh Mountains which represents the Alqosh plain. These two locations were classified as agricultural areas. And their villagers use the groundwater for domestic and irrigation. The present study evaluates the groundwater for drinking using the water quality index (WQI). The assessment is achieved by calculating the (WQI) index from the physical and chemical parameters (pH, E.C., T.D.S., T.H., Ca^{2+}, Mg^{2+}, Na^{+}, K^{+}, HCO_3^{-}, SO_4^{2-}, Cl^{-} and NO_3^{-}). The results confirm that the groundwater of the first area is classified as a poor class (WQI=56-73) for drinking due to its reservoir present within the sandstone layers of Injana Formation, which is affected by the infiltration of surface water through soil zone that contains the weathering fragments of carbonates and gypsum. The other wells of this area located along the road between Mosul city and Bashiqa Mountain are classified as very poor to unsuitable class for drinking (WQI=76-135) due to the presence of these wells within Fat'ha Formation rocks, except the Al-benit farm and Al-Fadelya1 groundwater that is classified as a good class for drinking (WQI<50). The Alqosh plain groundwater is classified as excellent to good class for drinking (WQI=15-36) because of their reservoir is present within sandstone layers of Injana Formation, except the wells of Kir-Ishaq, Batnaya, and Alqosh, and Alzayton village which is classified as poor (WQI=61) and unsuitable class (WQI=111-115) for drinking respectively because of their reservoirs are present within gypsum layers of Fat'ha Formation.

Keywords: WQI, Alqosh wells, Bashiqa wells, Mosul wells

المقدمة

تضمنت الدراسة الحالية تقييم نوعية المياه لمناطق مختارة شرقي الى شمال شرقي مدينة الموصل. وتم اختيار منطقتين؛ تمتد الأولى بين الحدود الشرقية لمدينة الموصل وجبل بعشيقة، والثانية تتمثل بسهل ألقوش (بطول حوالي 27 كيلومترا وبمعدل عرض 7 كيلومترات) الممتد بين مدن الشيخان وألقوش شمالا وتلكيف وبطنايا جنوبا وطريق موصل–دهوك غربا (الشكل 1).

تمتاز منطقتا الدراسة بصورة عامة بأنها تتبع مناخ البحر المتوسط الذي يمتاز بفترات ممطرة في الشتاء، مما يساعد على الزراعة الديمية وخاصة زراعة الحنطة، ومما يساعد على هذا النوع من الزراعة إن عموم



الشكل 1: خارطة موقعية لآبار منطقتي الدراسة (أ) منطقة سهل القوش، (ب) المنطقة المحصورة بين مدينة الموصل وجبل بعشيقة.

المناطق الزراعية في شمالي العراق هي أراضٍ متموجة لا يمكن سقيها إلا بالطريقة الديمية، عدا المناطق السهلة والمنبسطة المحصورة بين تلك الأراضي. ولذلك انتشرت في كلتا المنطقتين قرى زراعية (أكثر من 50 قرية) تعتمد كلها بشكل كبير على الزراعة الديمية وفق الساقط المطري أثناء فصلي الشتاء والربيع، لاسيما وان المنطقة تقع ضمن النطاق المطري 400 ملم سنويا (بحسب بيانات محطة الموصل للأنواء الجوية). إلا إن الحاجة تبرز لأستخدام مياه هذه الآبار لأغراض الزراعة عند تعرض المنطقة الى فترات من انحسار الأمطار من جهة وعدم تزامن الريات التي يحتاجها النبات وخاصة في مراحل النمو الأخيرة مع فترات تساقط الأمطار، ولذلك يعول على استخدام مياه الآبار لسد هذا الأحتياج.

تعد دراسة الخصائص الكيميائية للمياه الجوفية من الجوانب المهمة التي تحدد مجال استخدامها سواء المدنية او الزراعية او الصناعية، فضلا عن دراسة المكمن الجوفي من حيث الموقع والأمتداد ونوع الصخور الخازنة (Shah *et al*., 2000). كما إن أي مواد تضاف الى المياه الجوفية سوف تؤثر على نوعيتها وتعتمد على نوع النشاط سكانيا أم زراعيا أم صناعيا (Deming, 2002)، وهذا التأثير إما إن يكون واسع النطاق او بشكل موضعي كما هو الحال في منطقة الدراسة التي تمتاز بنشاطها الزراعي مع انتشار عدد من المجمعات السكنية الصغيرة المتمثلة بالقرى والمزارع الموزعة أغلبها بالقرب من طرق المواصلات. ولذلك سيكون لاستخدام الأسمدة أو طرح المياه بسبب النشاط المدني تأثير على التركيب الكيميائي للمياه الجوفية. فضلا عن إن التركيب الكيميائي للمياه الجوفية يتأثر بشكل كبير بالفعاليات الجيوكيميائية الناجمة من تفاعل المياه وخاصة مياه الأمطار المرتشحة والمتأثرة بضغط غاز ثاني أوكسيد الكربون مع المعادن المكونة للطبقات الخازنة وأيضا الموجودة ضمن أنطقة التربة (Aghazadeh and Mogaddam, 2010). وبالأخص ذوبان معادن الكربونيت والكبريتات والكلورايد والتي تعد المصدر الرئيس للملوحة في صخور الكربونيت والمتبخرات (Wagner, 2011).

يعتمد تقييم المياه الجوفية على نوعية مياه التغذية والساقط المطري والمياه السطحية وتأثير الفعاليات السطحية وتحت السطحية وخاصة فعالية الأذابة (Vasanthavigar *et al*., 2010) فضلا عن العوامل الهيدروجيوكيميائية مثل النشاط الكيميائي للماء والبايوكيميائي للأحياء المجهرية في فعاليات تجوية المعادن المؤلفة للصخور الخازنة والتي تتحكم بالتركيب الكيميائي للمياه الجوفية (Raju *et al*., 2011). ولذلك من الضروري تقييم نوعية المياه الجوفية التي تحدد مدى ملاءمة المياه للأستخدامات المختلفة المدنية والزراعية والصناعية.

أجريت عدة دراسات تناولت كمية ونوعية المياه الجوفية في المنطقة ومدى صلاحيتها للاستخدامات المدنية والزراعية لآبار في منطقتي الدراسة والمناطق المجاورة لها ومنها:

درس الجباري وآخرون (2002) الآبار الجوفية حول مدينة الموصل ضمن دائرة مسح بقطر50 كيلومترا مركزها مدينة الموصل والتي تقع ضمنها منطقتا الدراسة، واستنتجوا عدم وجود تغذية للمياه الجوفية من بحيرة سد الموصل. بينما تناولت دراسة الجبوري وآخرون (2003) بعضا من آبار المنطقة ضمن مجموعة آبار تناولتها الدراسة في محافظة نينوى لتنفيذ تجارب الري التكميلي بالمرشات لتحديد كمياتها ونوعيتها وتحديد الآبار التي

تصلح مياهها للري، وقد أشارت الدراسة الى تباين المواصفات الكيميائية للمياه وتباين مجالات استخدامها بحسب نوعية الصخور الخازنة.

وفي دراسة (Al-Hamadani and Al-Naqib, 2006) للمياه الجوفية في منطقة مهد، فقد أشارت الدراسة الى وجود المياه في خزانين جوفيين ضمن صخور تكوين مقدادية وتكوين إنجانة، ويتراوح عمق المياه (20–25) مترا وبإنتاجية حوالي 7–9 لتر/ثانية. كما تناول (Al-Hamadani, 2008) دراسة نوعية المياه الجوفية في المنطقة نفسها وذكر بان تراكيز كل من الأيونات الموجبة والسالبة الرئيسة تقع ضمن الحدود المسموح بها. أشار اليوزبكي وسليمان (2012) الى إن مياه آبار منطقة تلكيف –القوش وخاصة تلك التي تكون غير عميقة تمتاز بإمكانية استخدامها لأغراض الشرب والري التكميلي في فترات انحسار الساقط المطري، لاسيما وان محتوى المياه من الأيونات الرئيسة الموجبة والسالبة وقيم إمتزاز الصوديوم كانت معظمها ايجابية للاستخدامات الزراعية. واستنادا إلى المعطيات الهيدرولوجية والهيدروجيوكيميائية والجيولوجية لآبار مختارة في منطقة سهل القوش فقد أشار اليوزبكي واقليمس (2018) الى إن الصخور الخازنة للمياه الجوفية مكونة بشكل رئيس من الحجر الرملي العائدة لتكويني إنجانة ومقدادية التي تمتاز بكونها ليست عميقة وذات إنتاجية جيدة الى مسموح بها لاستخدامها في الري، كما تمتاز نوعية المياه بصلاحيتها للشرب والري والاستخدامات المدنية. أفرزت التحاليل الكيميائية التي قام بها اليوزبكي وآخرون (2018) لتصنيف آبار منطقة الموصل–بعشيقة–الشلالات الى ارتفاع نسبة الأملاح في الآبار التي توجد ضمن طبقات الجبسوم/انهايدرايت العائدة لتكوين فتحة، أما الآبار التي توجد ضمن الطبقات والترسبات التي تعود الى تكوين إنجانة والرواسب الحديثة المشتقة منها فتظهر تراكيز الأيونات فيها أوطأ مما في المياه الجوفية للمجموعة الأولى.

تهدف الدراسة الى التقييم الكيميائي للمياه لأغراض الشرب والاستخدامات المدنية باعتماد معيار معامل نوعية المياه (water quality index: WQI) نظرا لشحة المياه المجهزة عن طريق شبكة الإسالة.

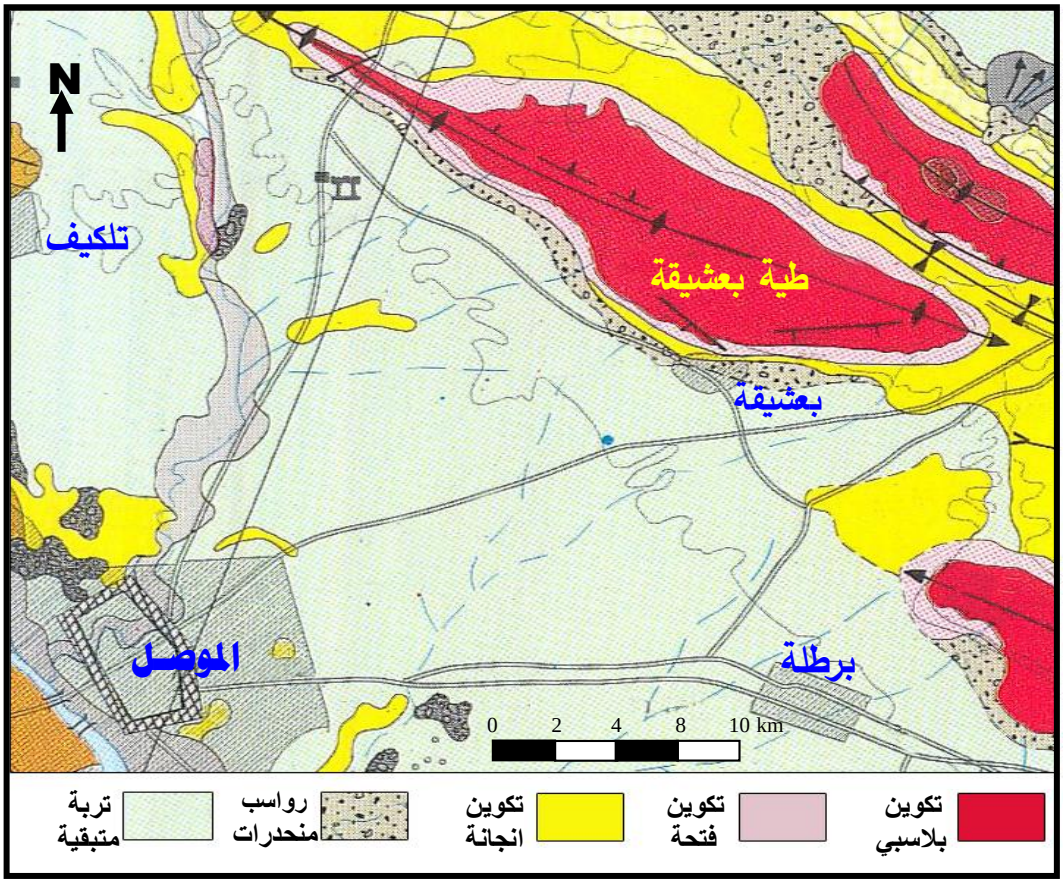
جيولوجية المنطقة

يمكن وصف المنطقة الأولى من الناحية الجيولوجية بوجود جبل بعشيقة الذي يقع بالقرب من الحدود الشمالية الشرقية للمنطقة (يبلغ ارتفاعه حوالي 600 مترا فوق سطح البحر) الذي يمثل طيتي بعشيقة والفاضلية. يتجه محور طيتي بعشيقة والفاضلية بالاتجاه شمال غرب جنوب شرق، ويتكون الجبل من صخور الحجر الجيري المتدلمت والدولومايت العائدة لتكوين بلاسبي (الأيوسين الأوسط–الأعلى) الذي يمثل لب الطيتين. تقع الى الجنوب الغربي من طية بعشيقة طية مقعرة قليلة الميل تمتد عرضيا بشكل واسع من جبل بعشيقة والى مدينة الموصل تتكون من تتابعات تكاوين بلاسبي وفتحة وانجانة تعقبها طبقة التربة المكونة من تعرية منكشفات هذه التكاوين (الشكل 2). (Buday, 1980).

أما سهل القوش فيقع الى الجنوب من جبال عين سفني وألقوش ودهقان. وتعد المنطقة بشكل عام منخفضة نسبيا عن ما حولها، لاسيما وان سلاسل الجبال تقع الى الشمال منها وتنحدر المنطقة طوبوغرافيا من هذه الجبال باتجاه نهر دجلة عبر منطقة الدراسة، وفي ضوء ذلك فان المنطقة تقع ضمن منطقة جابية للمطر

كبيرة نسبيا تساعد على تغذيتها بالمياه الجوفية، والتي تساعدها كثرة الأودية المتوازية الممتدة من المناطق الجبلية باتجاه هذه المنطقة (البناء، 2002).

كما أن السلاسل الجبلية التي تقع الى شمال سهل القوش فتمثل طيات باتجاه شرق – غرب مكونة من صخور تكوين بلاسبي. وبذلك يمثل سهل ألقوش طية كبيرة مقعرة (syncline) تضم جميع التكاوين الصخرية متعاقبة من بلاسبي الى مقدادية والتي تضم طبقات صخارية ذات مسامية ونفاذية تسمح باحتواء المياه وتكوين خزانات للمياه الجوفية (البناء، 2002).



الشكل 2: خارطة جيولوجية لمنطقة الدراسة المحصورة بين الموصل وجبل بعشيقة.

تتكون صخور تكوين بلاسبي (middle-upper Eocene) من صخور الحجر الجيري الكتلي المتدلمت الناعم التبلور ذات نسيج مسامي. تعقبها طبقات من الحجر الجيري والحجر الجيري الطباشيري والحجر الجيري المتبلور مع حزم من المارل وعقد غير منتظمة من الصوان (Buday, 1980). يعد هذا التكوين من أقدم التكاوين المنكشفة في المنطقة وتعد صخوره في منطقة الطية المقعرة خازنة للمياه الجوفية في التكهفات والفجوات تحت السطحية.

يتألف تكوين فتحة الذي يعقب تكوين بلاسبي من تعاقبات دورية لطبقات الحجر الجيري والجبسوم/ انهايدرايت والملح الصخري (الهالايت) والمارل، وتتباين سماكاته بين مناطق عدة، ويتعدى سمكه في منطقة الدراسة 70 مترا (Ahmad, 1980). ينكشف هذا التكوين في بعض المواقع في المنطقة وخاصة في نهاية سفوح

الجبال (الطيات)، (Shaban *et al.*, 1971)، وتختلف صخوره في خزنها للمياه الجوفية بحسب موقع المنطقة وتعرضها الى الساقط المطري مما ينعكس على تباين الخواص الهيدروكيميائية، إذ تعد صخور تكوين فتحة وخاصة الجبسوم/انهايدرايت والملح الصخري ذات قابلية كبيرة على الذوبان أدت الى ارتفاع نسبة الأملاح المذابة (Al-Jubori and Khattab, 1977).

أما تكوين إنجانة (Upper Miocene) الذي يعقب تكوين فتحة فإنه يتألف من تعاقب دورات رسوبية تتدرج بالتنعم نحو الأعلى لصخور الحجر الطيني الحمراء والرصاصية اللون والمارل والحجر الغريني والحجر الرملي المتوسط – الخشن (العكيدي, 2011 و Al-Rawi *et al.*, 1993)، يتراوح سمكه في منطقة الدراسة بين عدة أمتار الى 60 مترا (متعب، 2000). وتمتاز الصخور الرملية في هذا التكوين بكونها ذات مسامية ونفاذية عاليتين، الأمر الذي يسمح لها بخزن المياه الجوفية وكذلك السماح للمياه بالمرور الى طبقات تكوين فتحة التي تقع أسفلها خلال سطوح التكسرات. أما الصخور الطينية فتظهر غالبا باللون الأحمر وذات طبقات قليلة السمك وهشة الى قليلة الصلادة (Geosurve, 1995).

يلي التكوين اعلاه تكوين مقدادية بعمر البلايوسين والمكون من صخور رملية خشنة الى حصوية ذات مسامية ونفاذية عاليتين، تتعاقب مع طبقات قليلة السمك من الصخور الغرينية – الطينية (Barwary, 1983)، يصل سمك هذا التكوين الى حوالي 90 مترا وينكشف في بعض المناطق من سهل القوش. أما تكوين باي حسن فيعد أحدث التكوينات في المنطقة وهو بعمر (البلايوسين المتأخر) ويتكون من طبقة من المدملكات الهشة وتتعاقب أيضا مع صخور رملية وصخور غرينية – طينية، وبسبب قربه من سطح الأرض فغالبا ما يظهر بشكل طبقات قليلة السمك (لا تتجاوز 15 مترا) منفصلة وذات امتدادات قليلة (Al-Rawi *et al.*, 1993).

تغطي هذه التكاوين ترسبات العصر الرباعي التي تمتد بمساحات شاسعة من السهل ويتباين سمكها حسب المنكشفات الصخرية للتكاوين أعلاه، وتصل في بعض المناطق الى عدة أمتار. تتكون هذه الرواسب بشكل عام من نواتج تجوية التكوينات أعلاه المنكشفة والمعرضة الى فعاليات التجوية والتعرية بشكل رواسب المصاطب النهرية ورواسب المنحدرات وترسبات السهل الفيضي (البناء، 2002).

تنحدر المنطقة طوبوغرافيا من جبل بعشيقة باتجاه الجنوب الغربي ولذلك تنكشف تكاوين فتحة وانجانة عند أقدام جبل بعشيقة. ولا تظهر تراكيب جيولوجية بين طية بعشيقة ومدينة الموصل، ولذلك فان المنطقة مغطاة بشكل عام بترسبات حصوية ورملية وترسبات السهل الفيضي وترسبات المصاطب النهرية وتربة نهرية منقولة ذات نسيج ناعم وتحتوي على نسبة عالية من الكبريتات والكربونات الناجمة من تجوية صخور المتبخرات والحجر الجيري العائدة لتكوين فتحة (Al-Mubarak and Yokhanna, 1977). ولذلك تعد منطقة جابية للساقط المطري الذي يبلغ 360–400 ملم/سنويا بحسب بيانات الهيئة العامة للأنواء الجوية العراقية (منحي، 2011).

تشير المظاهر الجيومورفولوجية في منطقة سهل القوش الى وجود عدد كبير من الأودية ذات النمط المتوازي غالبا في سفوح الجبال المكونة من الحجر الجيري الذي يعود الى تكوين بلاسبي، وبعض الأودية ذات النمط الشجري في مكاشف الحجر الرملي لتكاوين إنجانة ومقدادية، وجميع هذه الأودية تنحدر طبوغرافيا باتجاه المناطق السهلة، مما يساعد على تغذية المياه الجوفية للمنطقة بعملية الأرتشاح لمياه الأمطار والمياه السطحية

الموسمية للسيول في الأودية المنحدرة من الجبال المحيطة، فضلا عن ذوبان الثلوج المتجمعة في المناطق المرتفعة من الجبال طوال فترة الشتاء.

النمذجة وطرق البحث

تم اختيار 13 بئرا في المنطقة المحصورة بين شرق مدينة الموصل باتجاه منطقة جبل بعشيقة موزعة على النحو الآتي: 1- ست آبار تقع على الجانب الأيسر من طريق موصل – بعشيقة والمتمثلة بالآبار (B1 و B2) من قرية أورطة خراب، والبئر (B3) في قرية دار سماغ، والبئر (B4) في قرية الدراريس، والبئر (B5) في قرية أبو جربوعة، والبئر (B6) قرب مفرق طريق بعشيقة–الموصل وبعشيقة–الفاضلية، تبعد مواقع هذه الآبار حوالي 150–200 مترا عن الطريق. 2- ثلاث آبار على طول طريق بعشيقة–الفاضلية والمتمثلة بآبار مزرعة البنت (B7) ومفرق الفاضلية (B8a) و (B8b) وتبعد 100–200 مترا عن الطريق. 3- أربع آبار من القرى الواقعة قرب طريق الفاضلية– موصل والمتمثلة بالبئر (B9) من المزرعة المقابلة لقرية بايبوخ، والبئر (B10) من قرية تليارة، وبئر (B11) من قرية سماقية، وبئر (B12) قرب المعمل المقابل لقرية العباسية، (الشكل، 1).

كما تم انتخاب 14 بئرا موزعة في القرى المنتشرة في سهل القوش وهي (طاق حرب (A1)، مهد (A2)، باطنايا (A3)، ومزرعة البنت قرب تل أسقف (A4) وتل أسقف2 (A5)، دوغات (A6)، سريشكة (A7)، شيخكة1 (A8)، كر اسحاق (A9)، نيفتيان (A10)، القوش (A11)، دهقان صغير (A12)، وقرية الزيتون (زيتون1 (A13) وزيتون2 (A14) قرب القوش) (الشكل، 1).

أجريت قياسات الدالة الحامضية (pH) بجهاز HANNA PH211 والأيصالية الكهربائية (Ec) بجهاز HANNA EC214 للمياه، والأملاح المذابة (Total dissolved solids; T.D.S.) والعسرة الكلية (Total hardness; T.H.)، فضلا عن التحاليل الكيميائية للأيونات الرئيسة الموجبة والسالبة في مختبرات مركز بحوث السدود والموارد المائية. واستخدمت الطرق الكيميائية التقليدية لتقدير (Ca^{2+}, Mg^{2+}, HCO_3^-, Cl^-, NO_3^-) بطرق التسحيح و (Na^+, K^+) باستخدام طيف اللهب (Flame-photometer) نوع JENWAY PEP7 بحسب (عباوي وحسن، 1990). وقدرت الكبريتات بطريقة العكورة باستخدام جهاز قياس العكورة. تمت عملية النمذجة واجراء التحاليل عام 2012.

يمثل معامل نوعية المياه (WQI) تحويل جميع البيانات المتعلقة بنوعية المياه الى رقم رياضي يعبر عن مستوى نوعية المياه (Kumar *et al.*, 2015, Udom *et al.*, 2016 and Leizou *et al.*, 2017) لتحديد مدى ملاءمة مياه آبار منطقتي الدراسة لأغراض الشرب والاستخدامات المدنية، وتم حساب معامل نوعية المياه (WQI) باستخدام جميع المعاملات أعلاه وبالأعتماد على معايير منظمة الصحة العالمية (WHO, 2006)، وحسب المعادلة الآتية (Gupta and Misra, 2016):

$$WQI = \sum Qi \times Wi / \sum Wi \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \quad (1)$$

$$Qi = 100 \times (Vm - Vi) / (Vs - Vi) \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \text{(لكل معامل)}$$

Qi = التقييم النوعي للمعامل

Vm = القيمة المقاسة للمعامل من التحاليل الكيميائية للنماذج (جدول، 1)

Vi = القيمة الافتراضية للمعامل وتؤخذ من الجداول القياسية، وقيمتها تساوي (0) لكل المعاملات عدا (الدالة الحامضية =7)

Vs = القيمة القياسية (standard values) للمعامل بحسب معايير منظمة الصحة العالمية (WHO, 2006) لمياه الشرب (جدول، 2)

Wi = K / Vs ; (K = 1), (جدول، 3)

Wi = الوزن النسبي للمعامل

تم حساب تراكيز الأيونات الموجبة والسالبة بصيغة ملي مكافيء/لتر لغرض حساب الموازنة المائية لنتائج التحليل التي تعكس دقة البيانات، فضلا عن إن بعض المعايير المستخدمة في تصنيف المياه الجوفية تعتمد على قيم التراكيز بصيغة ملي مكافيء/لتر مثل الصودية، ويتم حسابها للتعبير عن مدى تأثير الصوديوم على مياه الري مثل النسبة لمئوية للصوديوم (Na%) ونسبة امتزاز الصوديوم (Sodium Adsorption Ratio, SAR) وكمية كربونات الصوديوم المتبقية (Residual Sodium Carbonate, RSC)، (عباوي وحسن، 1990):

$$Na\% = Na^{+} \times 100\% \; / \; (Na^{+} + K^{+} + Ca^{2+} + Mg^{2+}) \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \quad (2)$$

$$SAR = Na^{+} \; / \; ((Ca^{2+} + Mg^{2+})/2)^{0.5} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \quad (3)$$

$$RSC = (CO_3^{2-} + HCO_3^{-}) - (Ca^{2+} + Mg^{2+}) \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \quad (4)$$

النتائج والمناقشة

يوضح الجدول (1) نتائج التحاليل المختبرية والحقلية (Vm) لعينات منطقتي الدراسة، ويوضح الجدول (2) القيمة القياسية (standard values, Vs) للمعامل بحسب معايير منظمة الصحة العالمية (WHO, 2006)، ويبين الجدول (3) قيم التقييم النوعي (Qi) لكل معامل كيميائي، ويمثل الجدول (4) الوزن النسبي للمعامل الكيميائي. أما الجدول (5) فيمثل قيم حاصل ضرب التقييم النوعي في الوزن النسبي لكل معامل كيميائي معتمد في حسابات معامل نوعية المياه لعينات آبار الدراسة.

تشير نتائج التحاليل والقيم الحقلية للمعاملات الكيميائية الى إن مجموعة الآبار على طول الطريق بين مدينتي الموصل وبعشيقة (آبار اورطة خراب ودار سماغ والدراريس وأبو جربوعة) تمتاز بارتفاع قيم المعاملات الكيميائية والتي تعكس تأثير الصخور الخازنة على تغذية المياه الجوفية بالأملاح المذابة، إذ إن صخور الجبسوم/الأنهايدرايت التي تعود لتكوين فتحة والتي تؤلف الطبقات الصخرية الممتدة بين مدينتي الموصل وبعشيقة تمتاز بقابليتها العالية على الذوبان. فضلا عن محتوى هذا التكوين من صخور الكربونيت المرافقة لصخور الجبسوم، التي تتأثر بنشاط مياه الأمطار المرتشحة عبر طبقة التربة التي تعلو تكوين فتحة. وقد لوحظ من خلال المشاهدات الحقلية إن العمق الأستقراري لمياه هذه الآبار يتراوح ما بين 10–30 مترا والذي يصل الى صخور تكوين فتحة، ولذلك شكلت صخور الجبسوم الصخور الحاضنة للمياه الجوفية في هذا الموقع من منطقة الدراسة. كما يلاحظ في الجدول (1) ارتفاع قيم الأيصالية الكهربائية وتراكيز الأملاح الكلية الذائبة والعسرة الكلية والكبريتات والكربونات والكالسيوم والتي تعكس قابلية صخور الجبسوم والكربونيت على الذوبان. وتجدر الأشارة

الى إن تركيز الكبريتات في المياه يؤثر عليه تركيز الكربونيت وهي في حالة توازن تبعا لقابلية ذوبان كل منهما في ظروف الصخور الحاضنة للمياه الجوفية (Chappelle, 2004). ويتحكم ضغط غاز ثاني اوكسيد الكاربون الناتج بفعل الفعاليات الحيوية للبكتريا ونشاط الأحياء الدقيقة في عملية التوزان بين الكبريتات والكربونيت (Phillips and Castro, 2004).

الجدول 1: المعاملات الكيميائية لعينات آبار منطقة الدراسة.

NO_3^-	Cl^-	SO_4^{2-}	HCO_3^-	K^+	Na^+	Mg^{2+}	Ca^{2+}	T.H	T.D.S	E.C	PH	الآبـــار	
41	219	1397	448	3	217	119	490	1760	3440	3528	7.24	اورطة خراب (B1)	المنطقـــــة الأولـــى
43	171	1116	388	2	181	127	322	1600	2900	3171	6.97	اورطة خراب (B2)	
28	167	1362	392	2	203	74	492	1480	2660	2898	7.01	دار سماغ (B3)	
40	159	2478	500	2	245	227	678	2900	5051	5480	7.06	الدراريس (B4)	
28	115	1759	344	2	130	164	559	2320	3129	3500	7.55	ابو جربوعة (B5)	
13	33	384	268	2	9	41	231	780	1060	1183	7.94	مفرق بعشيقة (B6)	
3	27	499	376	1	37	70	232	1200	1360	1376	6.94	مزرعة البنت (B7)	
11	31	498	392	1	20	50	252	920	1060	1271	7.24	فاضلية1 (B8a)	
10	23	556	388	2	20	72	277	1080	1449	1500	7.26	فاضلية2 (B8b)	
47	74	623	428	2	10	114	252	1380	1860	2048	7.31	بايبوخ (B9)	
47	186	480	412	2	62	87	266	1160	2048	2268	7.33	تليارة (B10)	
7	74	509	528	1	30	81	240	1020	1460	1649	7.37	سماقية (B11)	
8	68	362	512	1	69	74	168	900	1180	1523	7.5	العباسية (B12)	
1	35	24	290	4	100	11	19	94	381	510	7.2	طاق حرب (A1)	المنطقـــــة الثانيـــــة
12	13	83	105	10	28	20	24	98	279	350	7.4	مهد 6 (A2)	
1	15	179	438	2	10	86	97	740	524	542	7.84	باطنايا (A3)	
2	10	187	140	2	20	37	54	380	548	579	7.34	تل أسقف1 (A4)	
1	4	111	153	1	14	18	58	221	226	370	7.6	تل اسقف2 (A5)	
2	10	141	305	2	15	51	85	520	493	536	7.4	دوغات (A6)	
6	13	187	249	3	18	24	120	580	605	631	7.22	سريشكة (A7)	
14	19	32	207	9	42	35	16	74	388	490	7.2	شيخكة 1 (A8)	
8	97	692	536	11	192	126	144	878	1758	570	7.3	كرا اسحاق (A9)	
2	32	91	256	3	27	41	56	195	557	550	7.1	نيفتيان (A10)	
4	23	744	334	5	41	80	262	980	1396	450	7.4	القوش (A11)	
6	89	530	73	2	125	70	91	487	929	1000	7.1	دهقان صغير (A12)	
1	8	1835	134	3	12	68	661	2000	1480	1638	7.77	زيتون 1 (A13)	
1	24	1321	312	5	16	78	537	2100	1510	1685	8.13	زيتون 2 (A14)	

الجدول 2: يوضح المواصفات الكيميائية القياسية (Vs) (مليغرام/لتر) لمياه الآبار للاستخدام البشري حسب منظمة الصحة العالمية WHO (2006).

K^+	Na^+	Mg^{2+}	Ca^{2+}	NO_3^-	Cl^-	$SO_4^=$	HCO_3^-	T.H.	T.D.S	E.C.	pH
55	200	50	75	50	250	400	400	500	1000	1400	8.5

الجدول 3: التقييم النوعي للمعاملات الكيميائية (Qi).

NO_3^-	Cl^-	SO_4^{2-}	HCO_3^-	K^+	Na^+	Mg^{2+}	Ca^{2+}	T.H	T.D.S	E.C.	pH	الآبار
82.00	87.60	349.25	112.00	5.45	108.50	238.00	653.33	352.00	344.00	252.00	16.00	**B1**
86.00	68.40	279.00	97.00	3.64	90.50	254.00	429.33	320.00	290.00	226.50	-2.00	**B2**
56.00	66.80	340.50	98.00	3.64	101.50	148.00	656.00	296.00	266.00	207.00	0.67	**B3**
80.00	63.60	619.50	125.00	3.64	122.50	454.00	904.00	580.00	505.10	391.43	4.00	**B4**
56.00	46.00	439.75	86.00	3.64	65.00	328.00	745.33	464.00	312.90	250.00	36.67	**B5**
26.00	13.20	96.00	67.00	3.64	4.50	82.00	308.00	156.00	106.00	84.50	62.67	**B6**
6.00	10.80	124.75	94.00	1.82	18.50	140.00	309.33	240.00	136.00	98.29	-4.00	**B7**
22.00	12.40	99.50	98.00	1.82	10.00	100.00	336.00	184.00	106.00	90.79	16.00	**B8a**
20.00	9.20	139.00	97.00	3.64	10.00	144.00	369.33	216.00	144.90	107.14	17.33	**B8b**
94.00	29.60	155.75	107.00	1.82	5.00	228.00	336.00	276.00	186.00	146.29	20.67	**B9**
94.00	74.40	120.00	103.00	3.64	31.00	174.00	354.67	232.00	204.80	162.00	22.00	**B10**
14.00	29.60	127.25	132.00	1.82	15.00	162.00	320.00	204.00	146.00	117.79	24.67	**B11**
16.00	27.20	90.50	128.00	1.82	34.50	148.00	224.00	180.00	118.00	108.79	33.33	**B12**
2.00	14.00	6.00	72.50	7.27	50.00	22.00	25.33	18.80	38.10	36.43	13.33	**A1**
24.00	5.20	20.75	26.25	18.18	14.00	40.00	32.00	19.60	27.90	25.00	26.67	**A2**
2.00	6.00	44.75	109.50	3.64	5.00	172.00	129.33	148.00	52.40	38.71	56.00	**A3**
4.00	4.00	46.75	35.00	3.64	10.00	74.00	72.00	76.00	54.80	41.36	22.67	**A4**
2.00	1.60	27.75	38.25	1.82	7.00	36.00	77.33	44.20	22.60	26.43	40.00	**A5**
4.00	4.00	35.25	76.25	3.64	7.50	102.00	113.33	104.00	49.30	38.29	26.67	**A6**
12.00	5.20	46.75	62.25	5.45	9.00	48.00	160.00	116.00	60.50	45.07	14.67	**A7**
28.00	7.60	8.00	51.75	16.36	21.00	70.00	21.33	14.80	38.80	35.00	13.33	**A8**
16.00	38.80	173.00	134.00	20.00	96.00	252.00	192.00	175.60	175.80	40.71	20.00	**A9**
4.00	12.80	22.75	64.00	5.45	13.50	82.00	74.67	39.00	55.70	39.29	6.67	**A10**
8.00	9.20	186.00	83.50	9.09	20.50	160.00	349.33	196.00	139.60	32.14	26.67	**A11**
12.00	35.60	132.50	18.25	3.64	62.50	140.00	121.33	97.40	92.90	71.43	6.67	**A12**
2.00	3.20	458.75	33.50	5.45	6.00	136.00	881.33	400.00	148.00	117.00	51.33	**A13**
2.00	9.60	330.25	78.00	9.09	8.00	156.00	716.00	420.00	151.00	120.36	75.33	**A14**

الجدول 4: الوزن النسبي للمعاملات الكيميائية (Wi).

مجموع	NO_3^-	Cl^-	SO_4^{2-}	HCO_3^-	K^+	Na^+	Mg^{2+}	Ca^{2+}	T.H	T.D.S	E.C.	pH
0.2069	0.0200	0.0040	0.0025	0.0025	0.0182	0.0050	0.0200	0.0133	0.0020	0.0010	0.0007	0.1176

الجدول 5: نتائج حاصل ضرب التقييم النوعي في الوزن النسبي (Qi * Wi) لكل عامل في مياه آبار منطقة الدراسة.

مجموع	NO_3^-	Cl^-	SO_4^{2-}	HCO_3^-	K^+	Na^+	Mg^{2+}	Ca^{2+}	T.H	T.D.S	E.C.	pH	الآبار
20.37	1.64	0.35	0.87	0.28	0.10	0.54	4.76	8.71	0.70	0.34	0.18	1.88	**B1**
15.11	1.72	0.27	0.70	0.24	0.07	0.45	5.08	5.72	0.64	0.29	0.16	-0.24	**B2**
15.85	1.12	0.27	0.85	0.25	0.07	0.51	2.96	8.75	0.59	0.27	0.15	0.08	**B3**
27.94	1.60	0.25	1.55	0.31	0.07	0.61	9.08	12.05	1.16	0.51	0.28	0.47	**B4**
25.24	1.12	0.18	1.10	0.22	0.07	0.33	6.56	9.94	0.93	0.31	0.18	4.31	**B5**
14.67	0.52	0.05	0.24	0.17	0.07	0.02	1.64	4.11	0.31	0.11	0.06	7.37	**B6**
7.98	0.12	0.04	0.31	0.24	0.03	0.09	2.80	4.12	0.48	0.14	0.07	-0.47	**B7**
9.97	0.44	0.05	0.25	0.25	0.03	0.05	2.00	4.48	0.37	0.11	0.06	1.88	**B8a**
11.64	0.40	0.04	0.35	0.24	0.07	0.05	2.88	4.92	0.43	0.14	0.08	2.04	**B8b**
15.03	1.88	0.12	0.39	0.27	0.03	0.03	4.56	4.48	0.55	0.19	0.10	2.43	**B9**
14.54	1.88	0.30	0.30	0.26	0.07	0.16	3.48	4.73	0.46	0.20	0.12	2.59	**B10**
12.20	0.28	0.12	0.32	0.33	0.03	0.08	3.24	4.27	0.41	0.15	0.08	2.90	**B11**
11.60	0.32	0.11	0.23	0.32	0.03	0.17	2.96	2.99	0.36	0.12	0.08	3.92	**B12**
3.12	0.04	0.06	0.02	0.18	0.13	0.25	0.44	0.34	0.04	0.04	0.03	1.57	**A1**
5.47	0.48	0.02	0.05	0.07	0.33	0.07	0.80	0.43	0.04	0.03	0.02	3.14	**A2**
12.67	0.04	0.02	0.11	0.27	0.07	0.03	3.44	1.72	0.30	0.05	0.03	6.59	**A3**
5.76	0.08	0.02	0.12	0.09	0.07	0.05	1.48	0.96	0.15	0.05	0.03	2.67	**A4**
6.87	0.04	0.01	0.07	0.10	0.03	0.04	0.72	1.03	0.09	0.02	0.02	4.71	**A5**
7.45	0.08	0.02	0.09	0.19	0.07	0.04	2.04	1.51	0.21	0.05	0.03	3.14	**A6**
5.82	0.24	0.02	0.12	0.16	0.10	0.05	0.96	2.13	0.23	0.06	0.03	1.73	**A7**
4.49	0.56	0.03	0.02	0.13	0.30	0.11	1.40	0.28	0.03	0.04	0.03	1.57	**A8**
12.60	0.32	0.16	0.43	0.34	0.36	0.48	5.04	2.56	0.35	0.18	0.03	2.35	**A9**
4.10	0.08	0.05	0.06	0.16	0.10	0.07	1.64	1.00	0.08	0.06	0.03	0.78	**A10**
12.69	0.16	0.04	0.47	0.21	0.17	0.10	3.20	4.66	0.39	0.14	0.02	3.14	**A11**
6.68	0.24	0.14	0.33	0.05	0.07	0.31	2.80	1.62	0.19	0.09	0.05	0.78	**A12**
22.95	0.04	0.01	1.15	0.08	0.10	0.03	2.72	11.75	0.80	0.15	0.08	6.04	**A13**
23.91	0.04	0.04	0.83	0.20	0.17	0.04	3.12	9.55	0.84	0.15	0.09	8.86	**A14**

أما مجموعة الآبار المنتشرة في وسط المنطقة المحصورة بين مدينة الموصل وجبل بعشيقة والتي من المتوقع انها تمثل موقع الطية المقعرة وتشمل آبار (مفرق بعشيقة، والمزرعة منتصف طريق بعشيقة–الفاضلية،

والفاضلية (2) وبايبوخ وتليارة وسماقية والعباسية) كانت المعاملات الكيميائية فيها أوطأ مما في المياه الجوفية للمجموعة السابقة نتيجة لوجود مياه هذه الآبار ضمن الطبقات والترسبات التي تعلو طبقات المتبخرات والتي تعود الى تكوين إنجانة والرواسب الحديثة.

أما بالنسبة لمنطقة سهل ألقوش فان الموقع الجغرافي للآبار وموضع الصخور الحاضنة من الناحية الجيولوجية تتحكم بنوعية المياه، إذ يمثل سهل القوش طية كبيرة مقعرة تضم تعاقبات عدة تكاوين ومنها تكوين إنجانة. لذلك تقع معظم مياه آبار (سريشكة وباطنايا ودوغات وتل أسقف (1 و2) ونيفتيان ومهد6 وطاق حرب وشيخكة) ضمن صخور إنجانة الرملية الطينية، وان تركيز الأيونات الموجبة والسالبة، فضلا عن المعاملات الكيميائية الأخرى تعكسها فعاليات ارتشاح المياه السطحية وما تحمله من أملاح مذابة نتيجة تأثير تجوية الفتاتيات المشتقة من صخور تكويني إنجانة وفتحة ضمن انطقة التربة. ولذلك تتباين قيم هذه المعاملات في هذه المياه بحسب الموقع الطوبوغرافي ونوعية المكونات الفتاتية التي توجد ضمن أنطقة التربة ودرجة التعرية والتجوية الكيميائية لكل موقع.

يلحظ من الجدول (1) إن بعض الآبار مثل الآبار الواقعة في القوش ودهقان يسبب قربها من منكشفات الصخور الجيرية والجبسوم لتكاوين بلاسبي وفتحة وخاصة وقوعها عند نهاية سفح جبل القوش في التأثير على مواصفات ونوعية مياه تلك الآبار، إذ يلحظ ارتفاع قيم المعاملات الكيميائية وخاصة تراكيز الكبريتات نسبة الى الآبار السابقة الذكر لنفس المنطقة. وأما الأرتفاع في المعاملات الكيميائية لبئري زيتون1 وزيتون2 فيعزى ذلك الى كون هذين البئرين هما بئران عميقان يبلغ عمقهما حوالي 80 مترا، وعليه فان الصخور الحاوية على المياه الجوفية هي من نوع المتبخرات المتمثلة بالجبسوم والأنهايدرايت والحجر الجيري والمارل العائدة لتكوين فتحة. وهذه إشارة واضحة الى احتمالية وجود المياه الجوفية في قنوات الإذابة ضمن صخور الجبسوم. ويظهر واضحا من الجدول (1) ارتفاع كبير جدا في المعاملات الكيميائية وبالأخص تراكيز الكبريتات في مياه آبار زيتون1 وزيتون2 التي تتراوح (1835 و1321) مليغرام/لتر على التوالي نسبة الى تركيز الكبريتات في الآبار الأخرى. وأما بالنسبة للبئر في كرا اسحاق فان عمقه الكبير البالغ حوالي 260 مترا يمثل وجود المياه ضمن صخور تكوين فتحة أيضا، لذلك يلاحظ ارتفاع تركيز الكبريتات فيه.

تصنيف مياه آبار الدراسة للأغراض المدنية والزراعية

لا تتوفر في المناطق التي تقع فيها آبار الدراسة شبكة مياه شرب متكاملة ومتطورة، الأمر الذي يستوجب من أهالي المنطقة التوجه الى الآبار لأستخدامها لأغراض الشرب والأستخدامات المدنية الاخرى. استخدمت معايير منظمة الصحة العالمية (WHO, 2006) وهي من اهم معايير تقييم المياه للأغراض المدنية (Obiefuna and Sheriff, 2011)، وكذلك معيار نوعية مياه الشرب (WQI) بالأعتماد على المعاملات الكيميائية لآبار منطقة الدراسة في تصنيف المياه الجوفية لهذه الآبار بحسب تقسيمات (Gupta and Misra, 2016) والموضحة في الجدول (6).

صنفت مياه بئري المزرعة والفاضلية1 بكونها مياه جيدة لأغراض الشرب والأستخدامات المدنية، إذ كانت قيم هذا المعامل 38 و48 على التوالي، ويوجد هذان البئران في المنطقة الواقعة بين بعشيقة وقرية بايبوخ. وصنفت بقية الآبار والتي تمثل الآبار الواقعة على طول طريق الموصل بعشيقة وطريق الموصل – فاضلية بانها مياه رديئة – رديئة جدا ولا تصلح لأغراض الشرب، فضلا ان البئرين الواقعين في قرية ابو جربوعة وقرية الدراريس يعدان غير ملائمين بحسب قيمة معامل نوعية المياه (WQI=122) و (WQI=135) على التوالي (جدول 7).

الجدول 6: مقياس معامل نوعية مياه الشرب (Gupta and Misra, 2016).

مقياس نوعية مياه الشرب	نوعية المياه للشرب
0 - 25	ممتاز
26 – 50	جيد
51 – 75	رديء
76 – 100	رديء جدا
100 <	غير ملائم للشرب

الجدول 7: معامل نوعية المياه (WQI) لعينات آبار منطقتي الدراسة.

البئر	WQI	الصنف	البئر	WQI	الصنف
مزرعة البنت (B7)	38.6	جيد	**طاق حرب (A1)**	15.1	ممتاز
فاضلية1 (B8a)	48.2	جيد	**نيفتيان (A10)**	19.8	ممتاز
العباسية (B12)	56.1	رديء	**شيخكة1 (A8)**	21.7	ممتاز
فاضلية2 (B8b)	56.3	رديء	**مهد6 (A2)**	26.4	جيد
سماقية (B11)	59.0	رديء	**تل اسقف1 (A4)**	27.8	جيد
تليارة (B10)	70.3	رديء	**سريشكة (A7)**	28.1	جيد
مفرق بعشيقة (B6)	70.9	رديء	**دهقان صغير (A12)**	32.3	جيد
بايبوخ (B9)	72.6	رديء	**تل اسقف2 (A5)**	33.2	جيد
اورطة خراب(B2)	73.1	رديء	**دوغات (A6)**	36.0	جيد
دار سماغ (B3)	76.6	رديء جدا	**كرا اسحاق (A9)**	60.9	رديء
اورطة خراب (B1)	98.4	رديء جدا	**باطنايا (A3)**	61.2	رديء
ابو جربوعة (B5)	122.0	غير ملائم	**القوش (A11)**	61.3	رديء
الدراريس (B4)	135.1	غير ملائم	**زيتون1 (A13)**	111.0	غير ملائم
			زيتون2 (A14)	115.6	غير ملائم

بينما صنفت الآبار الوقعة في سهل ألقوش بوصفها مياه صالحة لأغراض الشرب والإستخدامات المدنية الأخرى وخاصة تلك الواقعة وسط الطية المقعرة، إذ تراوح قيم معامل نوعية المياه بين 15 الى 36. وبالرغم من

ان مياه آبار كرا اسحاق وباطنيا والقوش عدت من صنف المياه الرديئة الا ان قيم معامل نوعية المياه قريبة من حدود صنف المياه الجيدة تقريبا كما في الجدول (7). بينما تعد مياه آبار قرية الزيتون بانها غير ملائمة.

وفي ضوء نتائج حساب معامل نوعية المياه فان مياه الآبار التي لا تستخدم لأغراض الشرب يفضل استخدامها لأغراض الري من خلال تقييمها على ضوء معايير مواصفات مياه الري (الجدولان 8 و9) (اليوزبكي وأقليميس، 2018 واليوزبكي وآخرون، 2018). إذ يعد الصوديوم أحد أهم العوامل الرئيسة المسؤولة عن تقييم مياه الري، بسبب تغييره لخصائص التربة مثل النفاذية مقارنة بالأيونات الأخرى كالكالسيوم والمغنيسيوم. وتوجد عدة مؤشرات يتم حسابها للتعبير عن مدى تأثير الصوديوم على مياه الري مثل النسبة لمئوية للصوديوم (Na%) ونسبة إمتزاز الصوديوم (SAR) وكمية كربونات الصوديوم المتبقية (RSC)، (عباوي وحسن، 1990). ومن ملاحظة الجدول (9) نجد ان الصوديوم بشكل عام لا يؤثر على خصائص مياه الآبار في مجال استخدامها لأغراض الري، إذ تبلغ النسبة المئوية للصوديوم في جميع آبار المنطقة الأولى دون 25%، ولا تتعدى نسبة إمتزاز الصوديوم القيمة 2.5 (باستثناء البئرين B1 و B3)، حيث وقعت أغلب مياه آبار الدراسة ضمن صنف الصوديوم القليل (*S1*)، كما ظهر عدم وجود تأثير لكمية كربونات الصوديوم المتبقية (جدول 9) إذ ان جميع مياه الآبار دون 1.25 ملي مكافيء/لتر، وبذلك تعد المياه ملائمة أيضا للري بشكل عام بحسب تصنيف Willcox, 1955) في عباوي وحسن، 1990) وبأنها من الصنف (1). وعليه لا يعول على تأثير الصودية بشكل رئيس في تصنيف مياه الآبار. لذلك استخدم معيار مختبر الملوحة الأمريكي (في عباوي وحسن، 1990) وبالأعتماد على قيم الإيصالية الكهربائية وكمية الأملاح الذائبة الكلية بأنها مياه عالية الملوحة جدا من الصنف (*C4*) بالنسبة لمياه الآبار (B1 – B5) التي لا تلائم الزراعة سوى المحاصيل التي تتحمل الملوحة العالية لترب نفاذة وذات نظام بزل جيد وغسل مستمر للأملاح، بينما تصنف مياه الآبار (B6 – B12) بأنها عالية الملوحة (الصنف *C3*) والتي تلائم النباتات المقاومة للملوحة لترب ذات نظام بزل جيد.

حدد مختبر الملوحة الأمريكي رتب مجاميع مياه الري بحسب العلاقات بين حدود قيم (E.C.) و (SAR)، وعلى ضوء التأثير المشترك لكمية الأملاح التي تعكسها قيم الأيصالية الكهربائية ونسبة امتزاز الصوديوم، فقد وقعت الآبار (B1 ~ B5) ومن ضمنها البئر B10 ضمن الرتبة *C4–S1* التي تمتاز بكونها عالية الملوحة جدا – صوديوم قليل وتستخدم مياه هذا النوع مع الترب المتوسطة والخشنة النسجة وذات البزل الجيد ومع المحاصيل ذات التحمل الملحي العالي، أما الآبار (B6 ~ B12، باستثناء البئر B10) فتقع ضمن الرتبة *C3–S1* التي تمتاز بكونها عالية الملوحة – صوديوم قليل التي تستخدم في الترب التي تحتاج الى بزل ولمحاصيل ذات تحمل للملوحة.

أما فيما يخص آبار المنطقة الثانية ووفق تصنيف (Willcox, 1948) الوارد في (Todd, 1980) الذي يعتمد على E.C. وNa% فأن أغلب مياه الآبار هي ممتازة الى جيدة من ناحية استخدامها للري. وقد أيد تصنيف (Richard, 1954 في عباوي وحسن، 1990) الذي يعتمد على E.C. وSAR بأن مياه الآبار (A11–A1) تقع ضمن الحقل *C2–S1* وهي جيدة للأستخدام في مجال الري، كما تلائم المياه جميع المحاصيل

تقريبا بحسب مختبر الملوحة الأمريكي، إذ تعد من الصنف *S1* بالأعتماد على قيم SAR، بينما تقع مياه الآبار (A12–A14) ضمن الحقل *C3–S1* الذي يمثل مياه مسموح باستخدامها للري.

الجدول 8: نتائج المعاملات الكيميائية بالمليمكافيء/لتر (epm) لعينات مياه آبار الدراسة.

مجموع	NO_3^-	Cl^-	SO_4^{2-}	HCO_3^-	مجموع	K^+	Na^+	Mg^{2+}	Ca^{2+}	meq/l
43.26	0.66	6.18	29.08	7.34	**43.75**	0.08	9.43	9.79	24.45	**B1**
35.11	0.69	4.82	23.23	6.36	**34.43**	0.05	7.87	10.44	16.07	**B2**
39.94	0.45	4.71	28.35	6.43	**39.51**	0.05	8.83	6.09	24.55	**B3**
64.91	0.65	4.48	51.58	8.20	**63.20**	0.05	10.65	18.67	33.83	**B4**
45.95	0.45	3.24	36.62	5.64	**47.08**	0.05	5.65	13.49	27.89	**B5**
13.53	0.21	0.93	7.99	4.39	**15.34**	0.05	0.39	3.37	11.53	**B6**
17.36	0.05	0.76	10.39	6.16	**18.97**	0.03	1.61	5.76	11.58	**B7**
15.76	0.18	0.87	8.28	6.43	**17.58**	0.03	0.87	4.11	12.57	**B8a**
18.74	0.16	0.65	11.57	6.36	**20.66**	0.05	0.87	5.92	13.82	**B8b**
22.83	0.76	2.09	12.97	7.02	**22.41**	0.03	0.43	9.38	12.57	**B9**
22.75	0.76	5.25	9.99	6.75	**23.17**	0.05	2.70	7.15	13.27	**B10**
21.45	0.11	2.09	10.60	8.65	**19.97**	0.03	1.30	6.66	11.98	**B11**
17.97	0.13	1.92	7.54	8.39	**17.49**	0.03	3.00	6.09	8.38	**B12**
6.26	0.02	0.99	0.50	4.75	**6.30**	0.10	4.35	0.90	0.95	**A1**
4.01	0.19	0.37	1.73	1.72	**4.32**	0.26	1.22	1.64	1.20	**A2**
11.34	0.02	0.42	3.73	7.18	**12.40**	0.05	0.43	7.07	4.84	**A3**
6.50	0.03	0.28	3.89	2.29	**6.66**	0.05	0.87	3.04	2.69	**A4**
4.95	0.02	0.11	2.31	2.51	**5.01**	0.03	0.61	1.48	2.89	**A5**
8.25	0.03	0.28	2.94	5.00	**9.14**	0.05	0.65	4.19	4.24	**A6**
8.44	0.10	0.37	3.89	4.08	**8.82**	0.08	0.78	1.97	5.99	**A7**
4.82	0.23	0.54	0.67	3.39	**5.73**	0.23	1.83	2.88	0.80	**A8**
26.05	0.13	2.74	14.40	8.79	**26.18**	0.28	8.35	10.36	7.19	**A9**
7.02	0.03	0.90	1.89	4.20	**7.42**	0.08	1.17	3.37	2.79	**A10**
21.67	0.06	0.65	15.49	5.47	**21.56**	0.13	1.78	6.58	13.07	**A11**
14.84	0.10	2.51	11.03	1.20	**15.78**	0.05	5.43	5.76	4.54	**A12**
40.64	0.02	0.23	38.20	2.20	**39.17**	0.08	0.52	5.59	32.98	**A13**
33.30	0.02	0.68	27.50	5.11	**34.03**	0.13	0.70	6.41	26.80	**A14**

الجدول 9: المعاملات الكيميائية لتصنيف مياه آبار الدراسة لأغراض الري.

RSC	Na%	SAR	رقم البئر	RSC	Na%	SAR	رقم البئر
2.90	68.98	4.52	**A1**	-26.89	21.57	2.28	**B1**
-1.12	28.21	1.02	**A2**	-20.15	22.85	2.16	**B2**
-4.73	3.51	0.18	**A3**	-24.21	22.34	2.26	**B3**
-3.44	13.06	0.51	**A4**	-44.30	16.85	2.08	**B4**
-1.87	12.15	0.41	**A5**	-35.74	12.00	1.24	**B5**
-3.44	7.14	0.32	**A6**	-10.51	2.55	0.14	**B6**
-3.88	8.87	0.39	**A7**	-11.17	8.48	0.55	**B7**
-0.28	31.85	1.35	**A8**	-10.26	4.95	0.30	**B8a**
-8.76	31.89	2.82	**A9**	-13.38	4.21	0.28	**B8b**
-1.97	15.83	0.67	**A10**	-14.93	1.94	0.13	**B9**
-14.18	8.27	0.57	**A11**	-13.68	11.63	0.84	**B10**
-9.10	34.43	2.40	**A12**	-9.98	6.53	0.43	**B11**
-36.38	1.33	0.12	**A13**	-6.08	17.15	1.12	**B12**
-28.10	2.04	0.17	**A14**				

الأستنتاجات

استنادا إلى المعطيات الجيولوجية والهيدروكيميائية فان المنطقة الاولى تمثل منطقة جابية واسعة محصورة بين المرتفعات الجبلية المتمثلة بشكل عام بالانحدار من الشمال الشرقي حيث موقع جبل بعشيقة باتجاه الجنوب الغربي باتجاه مدينة الموصل، إلا ان اغلب مياه الآبار لا تصلح للشرب وانما يمكن استخدامها لأغراض الري. أما المنطقة الثانية تتمثل بسهل القوش المحاذي لسلسلة جبال الشيخان ودهقان والقوش والذي يعد منطقة جابية واسعة المساحة، تميزت مياه آبار المنطقة بأنها ممتازة الى جيدة وصالحة للشرب والأستخدامات المدنية، باستثناء كرا اسحاق وباطنايا والقوش، فضلا عن آبار زيتون1 و 2، التي لا تصلح لأغراض الشرب، وانما تصلح لأغراض الري.

المصادر العربية

البناء، ريان غازي ذنون (2002) جيومورفولوجية تركيب قند شمال العراق باستخدام تقنيات التحسس النائي، رسالة ماجستير غير منشورة، كلية العلوم، جامعة الموصل، 119صفحة.

الجباري، حميد رشيد والكواز، حازم أمين والنقيب، سالم قاسم والبنا، نبيل يوسف والطائي، ثائر محمود، وسلمان، موفق احمد واليوزبكي، قتيبة توفيق وحسن، علي محمد سليمان والحافظ، إبراهيم عادل وعبد الهادي، نضال وخير الدين، عمر (2002) دراسة مشكلة المياه الجوفية في مدينة الموصل واستنباط المقترحات والتوصيات للحد منها. تقرير محدود التداول، مركز بحوث السدود والموارد المائية، جامعة الموصل.

الجبوري، جسام سالم جاسم والعبيدي، محمد علي جمال والحافظ، زهير يونس وعقراوي، خوشفي محمد (2003) دراسة نوعية مياه الآبار في بعض مناطق محافظة نينوى. مجلة العلوم الزراعية العراقية، 34(5).

العكيدي، رحمة صايل (2011) الرسوبية والطباقية التتابعية لتكويني إنجانه ومقدادية في منطقتي زاخو وعين سفني، دراسة مقارنة، رسالة ماجستير غير منشورة، قسم علوم الأرض، كلية العلوم، جامعة الموصل، 149صفحة.

اليوزبكي، قتيبة توفيق واقليمس، يوسف فرنسيس (2018) دراسة هيدروجيولوجية وهيدروجيوكيميائية لسهل ألقوش (شمالي العراق)، وقائع المؤتمر العلمي الدوري التاسع لمركز بحوث السدود والموارد المائية، جامعة الموصل، 28–29 تشرين الثاني 2018.

اليوزبكي، قتيبة توفيق وسليمان، علي محمد (2012) تقييم المياه الجوفية في منطقة تلكيف –القوش، شمال مدينة الموصل، العراق، وقائع المؤتمر العلمي الدوري الثامن لمركز بحوث السدود والموارد المائية، جامعة الموصل، 28–29 تشرين الثاني 2012.

اليوزبكي، قتيبة توفيق وسليمان، علي محمد واسماعيل، دعد احمد (2018) تقييم الخصائص الكيميائية لمياه آبار مختارة في المنطقة المحصورة بين الموصل – بعشيقة – الشلالات، محافظة نينوى – شمالي العراق ، وقائع المؤتمر العلمي الدوري التاسع لمركز بحوث السدود والموارد المائية، جامعة الموصل، 28–29 تشرين الثاني 2018.

عباوي، سعاد عبد وحسن، محمد سليمان (1990) الهندسة العملية للبيئة –فحوصات الماء. مطابع دار الحكمة للطباعة والنشر، جامعة الموصل، 296 صفحة.

متعب، مروان (2000) إضافات جديدة حول جيولوجية منطقة الموصل في ضوء التحري الجيوكهربائي، اطروحة دكتوراه غير منشورة، كلية العلوم – جامعة الموصل. 164ص.

منحي، سعدية عاكول (2011) أثر الساقط في الموازنة المائية في حوض دجلة والفرات، مجلة كلية الأداب – جامعة بغداد، العدد 100، صفحة 390–450.

المصادر الاجنبية

Aghazadeh, N. and Mogaddam, A. A. (2010). Assessment of Groundwater Quality and its Suitability for Drinking and Agricultural Uses in the Oshnavieh Area, Northwest of Iran. Journal of Environmental Protection, 1, 30-40.

Ahmad, N.M. (1980). Facies of the Fossiliferous Limestone Beds of Lower Fars Formation at some Localities in Northern Iraq. Unpublished M.Sc. Thesis, Mosul University.

Al-Hamadani, A. A. and Al-Naqib, S.Q., (2006). Study of Groundwater Evaluation in Al-Mahed Residential Complex. 2004-2005 Researches Plan Bulletin, Dams & Water Resources Research Center, Mosul Univ. pp1-10.

Al-Hamadani, A.A (2008). Grounwater Quality of Al-Mahed Residential Assemblage, Northern of Iraq.3rd Euro-Asian Conference on Hazardous Waste & Human Health, March 27-30, Istanbul, Turkey.

Al-Jubori, Z. A. and Khattab, S. I. (1977). The Dissolution of Calcium Sulphate Rocks below the Foundation of a large Hydraulic Structure. Raf. Jour. Sci., Vol. 8, pp 63-73.

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

Al-Rawi, Y.T., Sayyab, A.S., Al-Jassim, J.A., Tamar-Agha, M., Al-Sammarai, A.I., Karim, S.A., Basi, M. A., Hagopian, D., Hassan, K.M., Al-Mubarak, M., Al-Badri, A., Dhiab, S.H., Faris, F.M. and Anwer, F., (1993). New Names for some of the Middle Miocene-Pliocene formations of Iraq (Fat'ha, Injana, Mukdadiya and Bain Hassan formations). Iraqi Geological Journal, 25, pp1-17.

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

Buday, T. (1980). The Regional Geology of Iraq. Stratigraphy and Paleogeography. Edited by Kassab, I.I.M. and Jassim, S.Z., Dar Al-Kutub Pub., Mosul University.

Chappelle, F.H., (2004). Geochemistry of Groundwater. In: Holland, H.D. and Turekian, K.K. TREATISE on GEOCHEMISTRY, Surface and Ground Water, Weathering and Soils, 5: 425-449.

Deming, D. (2002). Introduction to Hydrogeology. McGraw-Hill Co. 468P.

Geosurve, (1995). Geological Map of Al-Mosul Quad. State Establishment of Survey and Mining, Baghdad, Iraq.

Gupta, R. and Misra, A. K. (2016). Groundwater quality analysis of quaternary aquifers in Jhajjar District, Haryana, India: Focus on groundwater fluoride and health implications. Alexandria Engineering journal (Available online, 2016).

Kumar, S. K., Logeshkumaran, A., Magesh, N. S., Godson, P. S. and Chandrasekar, N., (2015). Hydro-geochemistry and application of water quality index (WQI) for groundwater quality assessment, Anna Nagar, part of Chennai City, Tamil Nadu, India. Appl. Water Sci. Vol. 5, pp 335-343.

Leizou, K.E., Nduka, J. O. and Veria, A.W., (2017). Evaluation of Water Quality Index of the Brass River, Bayelsa State, South Nigeria. Jou. Res. Granthaalayah, Vol. 5, No. 8, pp 277-287.

Obiefuna, G.I. and Sheriff, A. (2011). Assessment of Shallow Ground Water Quality of Pindiga Gombe Area, Yola Area, NE, Nigeria for Irrigation and Domestic Purposes. Research Journal of Environmental and Earth Sciences 3(2): 132-142, ISSN: 2041-0492, Maxwell Scientific Organization,

Phillips, F.M. and Castro, M. C., (2004). Groundwater Dating and Residence-time Measurements. In: Holland, H.D. and Turekian, K.K. (2004) TREATISE on

GEOCHEMISTRY, Surface and Ground Water, Weathering and Soils, 5: 451-497.

Raju, N.J., Shukla, U. k. and Ram, P. (2011). Hydrogeochemistry for the assessment of groundwater quality in Varanasi: a fast-urbanizing center in Uttar Pradesh, India. International journal of Environmental Monitoring and Assessment, 2011, Volume 173, Issue 1–4, pp 279–300.

Shaban, S.K., Hakim, N.A. and Al-Ghallay, A.D., (1971). Geological Report of Jabal Kand, INCO, Baghdad.

Shah, T., Molden, D., Sakthivadivel, R. and Seckler, D. (2000). The Global Groundwater Situation: Overview of Opportunities and Challenges. International Water Management Institute. Colombo, Sri Lanka. ISBN 92-9090-402-X. 19P.

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

Udom, G. J. Nwankwoala, H.O. and Daniel, T.E., (2016). Determination of water quality index of shallow quaternary aquifer system in Ogbia, Bayelsa State, Nigeria. British J. of Earth Sci. Res. Vol. 4, No. 1, pp 23-37.

Vasanthavigar, M., Srinivasamoorthy, K., Vijayaragavan, K., Ganthi, R. R., Chidambaram, S., Anandhan, P., Manivannan, R. and Vasudevan S. (2010). Application of water quality index for groundwater quality assessment: Thirumanimuttar sub-basin, Tamilnadu, India. Environ Monit Assess 171:595–609 © Springer Science+Business Media B.V.

Wagner, W. (2011). Groundwater in Arab Middle East. Springer-Verlag, Berlin, Heidelberg, 443p.

WHO, (2006). Guideline for drinking water quality. Vol. Recommendation. World Health Organization, Geneva, 130P.