

هيدروكيميائية ونوعية المياه لمجموعة من الآبار المنتشرة في منطقة وانة شمال العراق

حازم جمعة محمود

مركز بحوث السدود والموارد المائية

جامعة الموصل

(تاريخ الاستلام ٢٠٠٩/١٠/٦ ، تاريخ القبول ٢٠٠٩/١١/١٢)

الملخص

يهتم البحث الحالي بدراسة هيدروكيميائية المياه لمجموعة من الآبار السطحية في منطقة وانة، وتحديد نوعيتها وصلاحيتها لأغراض الري، من خلال إجراء التحاليل الفيزيائية والكيميائية لمياه (١٣) بئر موزعة على منطقة الدراسة.

وقد أظهرت نتائج البحث وجود عاملين رئيسين يسيطران على هيدروكيميائية المياه في آبار منطقة الدراسة، العامل الأول هو عامل طبيعي يتمثل بنوعية المكونات الصخرية لمنطقة الدراسة، والثاني هو عامل غير طبيعي يتمثل بالنشاطات الزراعية في المنطقة. ونتيجة لتأثير العامل الأول فان مياه منطقة الدراسة تميل إلى سيادة العسرة الغير كاربونية بتأثير صخور المتبخرات العائدة لتكوين الفتحة. وعلى الرغم من التأثير الكبير لصخور تكوين الفتحة على نوعية المياه في منطقة الدراسة إلا أن التغذية المباشرة من مياه نهر دجلة لمياه الآبار تحول دون ارتفاع تراكيز الايونات بشكل كبير، الأمر الذي ساعد على صلاحية مياه الآبار لأغراض الري.

Hydrochemistry and Water Quality of Some Wells Distributed at Wana Area Northern Iraq

Hazim J. M. Al-Nuaimy

Dams and Water Resources Research Center

Mosul University

ABSTRACT

The present work, deals with hydrochemistry and water quality of some shallow wells in Wana area, northern Iraq and its validity for irrigation, through the physical and chemical analyses of 13 water samples selected from these wells distributed in the study area.

The results revealed that there are two factors controlling the hydrochemistry of water in the area. The first is natural factor represented by type of rock components of the studied area, and the second is anthropogenic factor which is human activities. Owing to the natural factor, the analyzed water tend to be of non carbonate hardness by the influence of the evaporates of Fat'ha formation. Despite the great influence of Fat'ha formation rocks on water quality in the area, however the direct feeding of Tigris river to the well waters prevents the increasing of the concentration of ions and this made these waters valid for irrigation purposes.

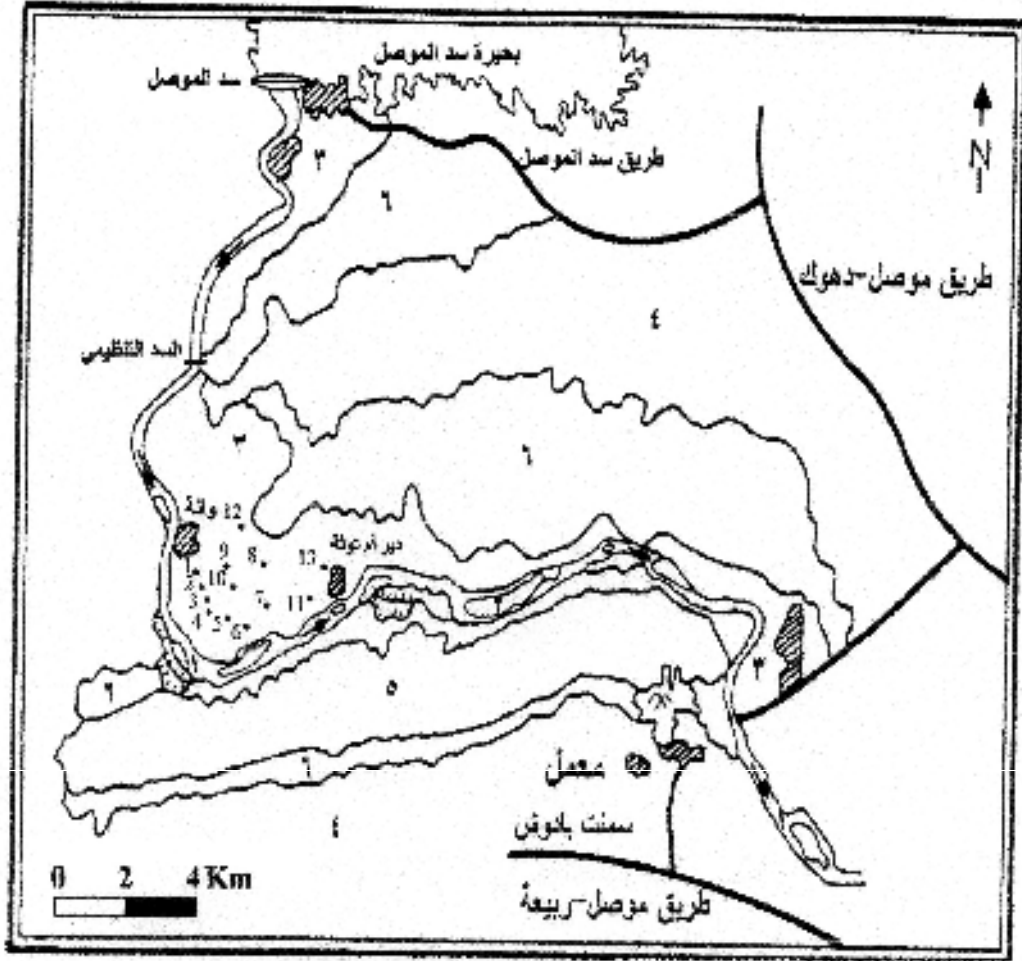
المقدمة

تعتمد مجالات استخدام المياه الجوفية على نوعيتها والتي بدورها تعتمد على خصائصها الكيميائية، لذا فإن من الضروري جدا إجراء الدراسات الهيدروكيميائية للمياه الجوفية قبل البدء باستعمالها في مختلف المجالات، خاصة أن المياه الجوفية تمر عبر الفراغات والمسامات للطبقات الصخرية ولذلك فإنها غالبا ما تمتاز بارتفاع تراكيز الايونات الكيميائية مقارنة بمياه الأنهار (Todd, 1980).

لقد أجريت حديثا عدد من الدراسات والبحوث التي تهتم بواقع المياه الجوفية في محافظة نينوى، نظرا لأهمية هذا الموضوع، خاصة بعد بروز مسألة الأمن المائي والتحديات المستقبلية في ظل إقامة السدود التركيبية. إلا انه لا تزال هناك الكثير من المناطق التي لم تحضى بالاهتمام والدراسة والتي لا يوجد لها بيانات كافية عن كمية ونوعية المياه الجوفية ومن ضمنها مناطق تمتاز بوجود أعداد كبيرة من الآبار وبكميات وفيرة من المياه، وتستعمل في مختلف المجالات دون أن يتم إجراء أي دراسة عليها في سبيل تحديد نوعيتها ومعرفة ملائمتها للاستخدامات المختلفة، مثال ذلك منطقة الدراسة الحالية الواقعة ٥٠ كم شمال غرب مدينة الموصل والمتمثلة بالأراضي الزراعية الممتدة بمحاذاة نهر دجلة والمحصورة بين مركز ناحية وانة وقرية دير أم توثة (الشكل ١).

تتمثل منطقة الدراسة من الناحية الجيولوجية بترسبات المصاطب النهرية، وبالتحديد المرحلة الرابعة من المصاطب النهرية (AL-Dabbagh and AL-Naqib, 1991)، والتي تتكون من الطين والغرين والرمل والحصى، والطبقة الرملية الحصوية تعد هي الطبقة الحاوية للمياه في المنطقة. وتمتد تحت الترسبات النهرية طبقات تكوين الفتحة، التي تتكشف في جميع المناطق المحيطة بالترسبات النهرية، وتتكون المكاشف الصخرية من تكوين الفتحة في منطقة الدراسة من دورات رسوبية من المارل وطبقات سميكة من الجبسوم والحجر الجيري.

تنتشر ضمن الترسبات النهرية في المنطقة عدد كبير من الآبار التي تتغذى من مياه نهر دجلة وتستعمل في الزراعة بشكل رئيس. تهدف الدراسة الحالية إلى دراسة مياه هذه الآبار من الناحية الهيدروكيميائية وتحديد نوعيتها ومدى صلاحيتها لأغراض الري.



٠	مواقع الآبار	٦	التلال الشعرية المسيطر عليها تركيبيا
١	مجرى نهر نجلة	٣	المرتجات النهر
٢	السهل الفيضي	٤	أقدام الانحدار
		٥	الوحدات الجبلية التركيبية المركزية لجبل علان

الشكل ١: خارطة جيومورفولوجية أولية (الطائي، ٢٠٠٣) موضح عليها مواقع آبار

النمذجة وطرق العمل

تم اختيار ١٣ بئر سطحي موزعة على منطقة الدراسة. تتراوح أعماقها بين ٦ - ٢٢ م وتم قياس المسافة بين هذه الآبار ومجرى نهر نجلة بشكل تقريبي باستخدام عداد السيارة، لاحظ (جدول ١). ولغرض مراقبة مدى تأثر مياه الآبار بموسم الجفاف وموسم الأمطار، أجريت عملية النمذجة خلال فترتين، الأولى كانت في شهر أيلول ٢٠٠٨ والثانية في نيسان ٢٠٠٩.

أجريت قياسات الدالة الحامضية (pH) والايصلالية الكهربائية (E.C.) والأملاح الكلية الذائبة (T.D.S) باستخدام جهاز من نوع (HANN). وأجريت قياسات العسرة الكلية (T.H.) والايونات (Ca^{+2} , Mg^{+2} , HCO_3^- , Cl^-) باستخدام طرق التسحيح، وتم قياس (NO_3^- , SO_4^{-2}) بالطرق اللونية أما

(Na⁺, K⁺) فقد تم قياسهما باستخدام جهاز طيف اللهب. أجريت القياسات في مختبر مركز بحوث السدود والموارد المائية ما عدا قياس (NO₃⁻, Na⁺, K⁺) فقد تم قياسها في مختبرات قسم الكيمياء في كلية العلوم، وحسب (Jenkins, et. al , 1980) و (عباوي و حسن، ١٩٩٠).

الجدول ١: مستوى مياه آبار الدراسة والمسافة بينها وبين نهر دجلة

رقم البئر	عمق المياه من السطح (م)	بعد البئر عن النهر (م)
١	٦	٤٥٠
٢	٩	٥٠٠
٣	١١	٥٤٠
٤	١١	٧٠٠
٥	١٠	١٠٠٠
٦	٨	٦٠٠
٧	١٥	١٠٠٠
٨	٢٠	١٤٠٠
٩	١٠	١٥٠٠
١٠	١٠	١٠٠٠
١١	٩	١٠٠٠
١٢	١٦	٢٠٠٠
١٣	٢٢	٩٠٠
المعدل	١٢	٩٦٩

النتائج والمناقشة

يبين (الجدول ٢) الخصائص الفيزيائية لنماذج مياه آبار منطقة الدراسة وخلال مرحلتي النمذجة وفيما يلي مناقشة النتائج.

يلي مناقشة النتائج.

الجدول ٢: الخصائص الفيزيائية لمياه آبار منطقة الدراسة خلال فترتي النمذجة

نهاية موسم الأمطار				نهاية موسم الجفاف				الآبار
E.C. (μs)	pH	T.H (ppm)	T.D.S (ppm)	E.C. (μs)	pH	T.H (ppm)	T.D.S (ppm)	
٥٣٠	٧.٧	٢٨٤	٢٦٠	٢٥٧	٦.٩	٢٨١	١٢٩	١
٧٥٠	٧.٨	٤٢٢	٣٨٠	٦٢٢	٧.٢	٣٧١	٣١٤	٢
٩٨٠	٧.٥	٥٣٣	٤٩٠	٧٦٠	٧.١	٥٠٩	٣٨٣	٣
١١٣٠	٧.٣	٥٩٣	٥٧٠	٨٩٧	٧.١	٦٢٦	٤٥٠	٤
١٣٠٠	٧.٢	٧٠٠	٦٥٠	١٠٦٣	٧.٠	٦٤٠	٥٣٧	٥
٨٩٠	٧.١	٤٤٠	٤٤٠	٥٩٥	٧.٢	٤١٢	٢٩٠	٦
١٧٧٠	٧.٦	٩٧٤	٨٨٠	١٤٩٧	٧.١	١٠٣٥	٧٦٠	٧
٢٠١٠	٧.٧	٩٢٣	١٠٢٠	١٧٤٢	٧.٢	٩٨٠	٨٧٥	٨
٩٣٠	٧.٦	٤٨٦	٤٦٠	٧٨٤	٧.٣	٤٦٢	٣٩٢	٩
٩٦٠	٧.٥	٥٢١	٤٩٠	٨٠١	٧.٣	٥٦٦	٤١٠	١٠
١٤٤٠	٧.٤	٦٦١	٧٢٠	١١٤٠	٧.٣	٨٦٩	٥٧٣	١١
١٦٨٠	٧.٠	٩٦٠	٨٤٠	١٣٧٦	٧.٠	١٠٠١	٦٩١	١٢
١٧٣٠	٧.٣	٩٦٠	٨٦٠	١٣٣٦	٧.٢	٩٠١	٦٧٠	١٣
١٢٣٨	٧.٤	٦٥٠	٦٢٠	٩٩٠	٧.٢	٤٩٨	٤٩٨	المعدل

الدالة الحامضية (pH):

تؤثر قيم الدالة الحامضية بشكل مباشر على كيميائية المياه، وان الانخفاض والارتفاع في الدالة الحامضية قد يحدث بشكل طبيعي، بسبب حركة المياه الجوفية واختلاطها مع نوعيات مختلفة من المياه ومرورها عبر طبقات صخرية مختلفة (Sen, 2008)، وقد يحدث التذبذب في الدالة الحامضية نتيجة لوصول الملوثات إلى المياه الجوفية (Hem, 1971). تراوحت قيم الدالة الحامضية بين (٦.٩ - ٧.٨) وبمعدل (٧.٢) في نهاية موسم الجفاف و (٧.٤) في موسم الأمطار، وهي تقع ضمن الحدود الطبيعية والمناسبة للاستخدامات المختلفة.

التوصيل الكهربائي (E.C.):

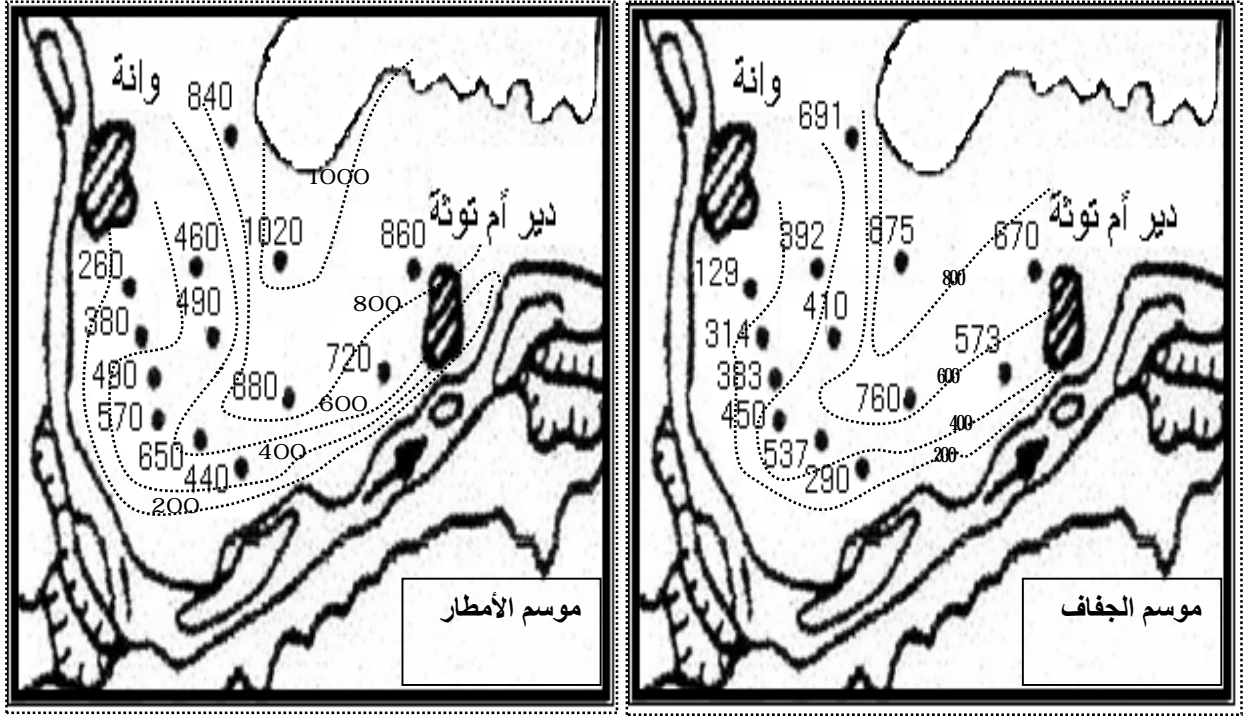
تعكس قيم التوصيل الكهربائي محتوى المياه من الأملاح المذابة بشكل نسبي وتتراوح بين عشرات من المايكروسيمينز (μs) في المياه الجوفية ذات المحتوى الواطئ من الأملاح والى آلاف الـ (μs) في المياه الجوفية ذات المحتوى العالي من الأملاح (Freez and Cherry, 1979). وان العلاقة بين التوصيل الكهربائي والأملاح الكلية الذائبة تكون علاقة خطية ويعبر عنها بالمعادلة التالية:

$$TDS = A * EC$$

حيث A عبارة عن ثابت يتراوح بين (0.65-0.9) في مدى واسع من المياه الطبيعية (Fitts, 2002). وقد بلغ معدل التوصيل الكهربائي في موسم الجفاف (990 μs) وبلغ معدله في موسم الأمطار (1238 μs) ويبين الشكل (٣) العلاقة بين (T.D.S) و (E.C.) لمياه منطقة الدراسة ومقارنتها مع نفس العلاقة لمياه كلوريد الصوديوم (NaCl waters) ومياه بيكاربونات الكالسيوم (Ca(HCO₃)₂)، حسب (Langmuir and Mahoney, 1985. in Langmuir, 1997).

الأملاح الكلية الذائبة (T.D.S):

تعبر قيم (T.D.S) عن ملوحة المياه، وهي من الصفات الفيزيائية المهمة التي يعتمد عليها في تقييم استخدامات المياه وتعتمد قيم (T.D.S) على تراكيز الايونات الكيميائية. وهي تعطي فكرة أولية عن نسبة الايونات الكيميائية الموجودة في المياه. بلغ معدل تركيزه في موسم الجفاف (498ppm) وبلغ في نهاية موسم الأمطار (620ppm). وان الزيادة في التراكيز في نهاية موسم الأمطار قد يكون بسبب عمليات الغسل والإذابة للأملاح الموجودة في الطبقات الواقعة فوق مستوى المياه الجوفية، بواسطة مياه الأمطار، فضلا عن توقف عمليات سحب المياه في فصل الشتاء وهذا يتفق مع ما أشار إليه (اليوزيكي والبناء، ٢٠٠٨) حول ارتفاع تراكيز الأملاح الكلية في موسم الأمطار في المياه الجوفية ضمن مدينة الموصل. وبشكل عام تتخفف قيم الأملاح الكلية الذائبة في منطقة الدراسة باتجاه النهر، الشكل (٢)، وهذا أمر متوقع نتيجة لتناقص المسافة بين مصدر التغذية (نهر دجلة) والآبار، وبالتالي قصر المسافة التي تقطعها المياه ضمن الترسبات قبل الوصول إلى الآبار القريبة.



الشكل ٢: منطقة الدراسة موضح عليها مواقع الآبار المدروسة والخطوط الكنتورية لقيم

العسرة الكلية (T.H):

تعتمد قيمة العسرة الكلية على تراكيز الايونات المتعددة التكافؤ، ويعد الكالسيوم والمغنيسيوم من أكثر الايونات المسببة للعسرة في المياه الطبيعية (Manahan, 2005). تراوحت قيم العسرة الكلية في آبار الدراسة بين (ppm 1035-281) وبمعدل (ppm ٦٦٦) في نهاية موسم الجفاف و (ppm ٦٥٠) في نهاية موسم الأمطار. تتأثر قيم العسرة بشكل رئيس بطبيعة مكونات الطبقات الصخرية الحاوية للمياه (Todd, 1980)، وتشكل صخور المتبخرات والكاربونات والمكونات الفتاتية العائدة لتكوين الفتحة المصدر الرئيسي لارتفاع قيمة العسرة الكلية في بعض آبار منطقة الدراسة. وتصنف مياه منطقة الدراسة اعتمادا على قيم العسرة الكلية ضمن صنف المياه العسرة جدا لاحظ (الجدول ٣).

الجدول ٣: تصنيف عسرة المياه حسب (Todd and Mays, 2005)

صنف المياه	العسرة الكلية بدلالة كاربونات الكالسيوم
يسر	أقل من ٧٥
عسر نسبيا	75-150
عسر	150-300
عسر جدا	أكثر من ٣٠٠

الخصائص الكيميائية

تتمثل الخصائص الكيميائية للمياه بمحتواها من الأيونات السالبة والموجبة، وتعتمد تراكيز هذه الأيونات على عدد من العوامل من أهمها نوعية الصخور الملامسة للمياه (Devilliers, 2005) وفيما يلي مناقشة الأيونات الرئيسية التي تم تحليلها في مياه آبار منطقة الدراسة، (جدول ٤).

الجدول ٤: تراكيز ومعدلات الأيونات الرئيسية (ppm) لمياه آبار الدراسة وخلال الموسمين

الموسم	رقم البئر	Ca ⁺²	Mg ⁺²	Na ⁺	K ⁺	HCO ₃ ⁻	SO ₄ ⁻²	CL ⁻	NO ₃
نهاية موسم الجفاف	١	٦٨	٢٧	١٥	٣	١٥٩	٥٥	٨٤	٦
	٢	١٠٤	٢٧	٢٣	٢	١٥٣	٢٠٦	٤٨	٣
	٣	١٤٠	٣٩	٤٨	٤	١٦٥	٣٣٧	٩٤	٤
	٤	١٧٥	٤٦	٣٢	٥	١٤٦	٤٠٠	٧٢	٣
	٥	١٣٦	٧٣	٤٤	٦	١٨٩	٤٩٨	٩٦	٥
	٦	١٢٤	٢٥	٢٤	٤	١٢٢	٢٤٣	٨٨	٤
	٧	٢٣٠	١١٢	٩٥	١١	١٨٣	٨١١	٢٠٦	٧
	٨	٢٣٣	٩٧	١٧٠	٥	٢٦٨	٨٣٦	٢٠٦	٥
	٩	١٢٤	٣٧	٧٥	٤	٢٣٢	٣١٩	٧٠	٣
	١٠	١١٨	٦٦	٤٣	٣	١٦٥	٣٦٢	٩٦	٢
	١١	٢٢٨	٧٣	٦٠	٨	١٩٥	٦٨٨	١١٤	٨
	١٢	٢٦١	٨٥	٧٨	٥	١٨٩	٧٧٧	١٣٧	٢
	١٣	٢٤٩	٦٨	٣٢	٨	١٧١	٦١٢	١٣١	٨
المعدل		١٦٩	٦٠	٥٧	٥	١٨٠	٤٧٣	١١١	٥
نهاية موسم الأمطار	١	٦٦	٢٩	١٤	٢	١٦١	١٥٦	٢٦	٥
	٢	٩٠	٤٨	٢٣	٢	١٥٦	٢٧٨	٢٠	٣
	٣	١٣٦	٤٧	٣٨	٣	١٥١	٤٠٤	٤٦	٤
	٤	١٤٢	٥٨	٥٣	٣	١٧١	٤٨٢	٦٢	٤
	٥	١٦٠	٧٣	٦٦	٢	١٦٦	٥٨٨	٦٠	٣
	٦	١١٢	٣٩	٣٨	٩	١٦٦	٣٠٥	٣٦	٧
	٧	١٦٨	١٣٥	١٠٦	٥	١٩٠	٩٣٤	٧٠	٥
	٨	٢٢٨	٨٦	١٦٠	٤	٢٠٥	٩٥٥	٧٤	٤
	٩	١٠٤	٥٥	٦٠	٣	١٨٧	٣٩٥	٢٧	٢
	١٠	١٢٨	٤٩	٥٣	٣	١٧١	٤٤٦	٢٠	٣
	١١	١٤٨	٧١	١١٥	٥	٢٤٤	٦١٨	٥٠	٦
	١٢	٢٤٨	٨٣	٩٣	٣	٢٦٧	٨٣٤	٤٨	٢
	١٣	٢٢٨	٩٥	٩٣	٥	٢٨٤	٨٢٢	٥٠	٦
المعدل		١٥١	٦٧	٧٠	٤	١٩٤	٥٥٥	٤٥	٤

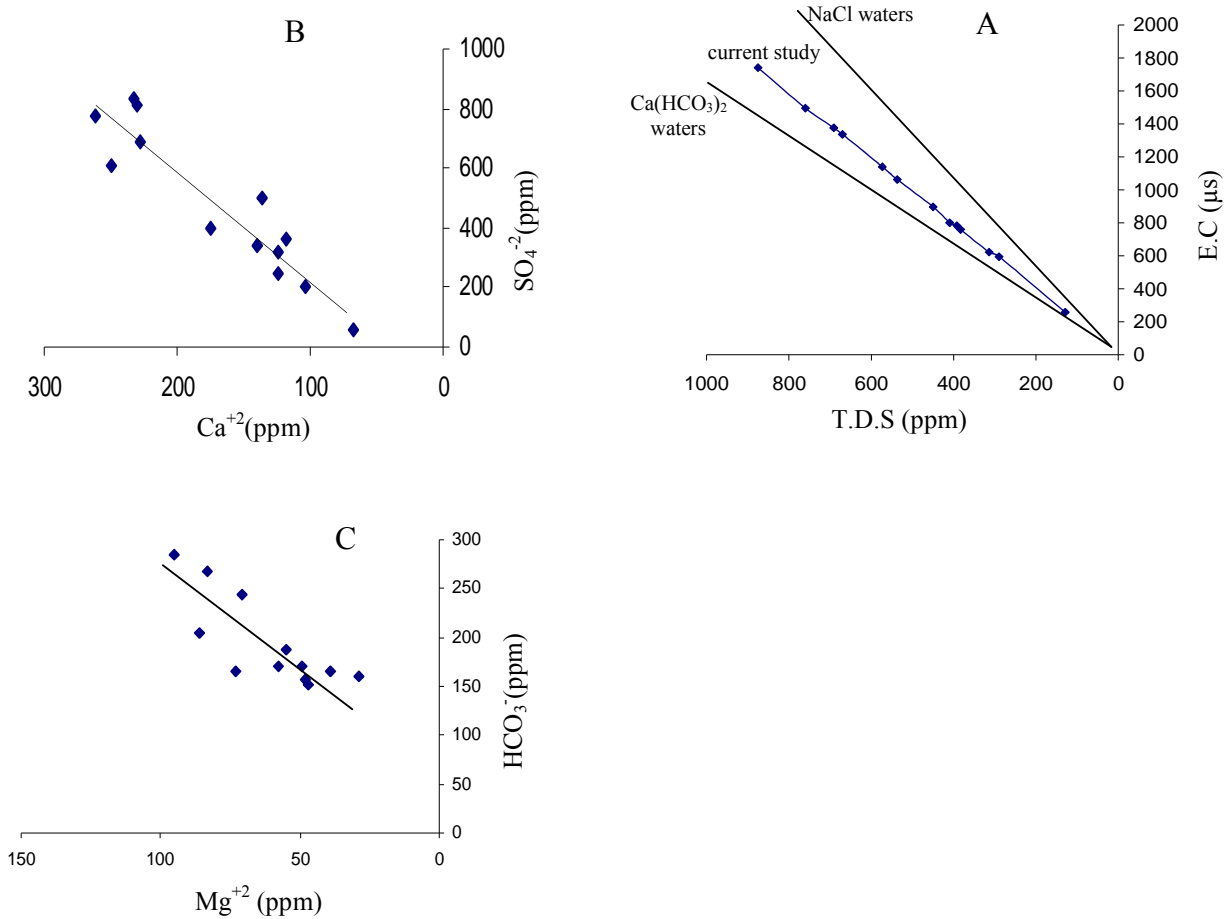
الكالسيوم (Ca⁺²):

تراوحت قيم تركيز ايون الكالسيوم في مياه منطقة الدراسة بين (66-261 ppm). وتعد عملية التجوية الكيميائية للصخور الكربوناتية، وصخور المتبخرات المصدر الرئيسي لهذا الايون في المياه الطبيعية (Bouwer, 1978)، وتتمثل هذه الصخور في منطقة الدراسة بصخور طبقات تكوين الفتحة والمكونات الفتاتية للتكوين. وتشير العلاقة الطردية بين Ca⁺² و SO₄⁻² في (الشكل ٣) إلى أن المصدر الأساس

للكالسيوم في المنطقة هو صخور المتبخرات لتكوين الفتحة، ويؤيد ذلك أيضا علاقة الربط الموجبة القوية (0.869) بين الكالسيوم والكبريتات، كما تشير علاقة الربط الموجبة بين الكالسيوم والبيكارونات والتي بلغت (0.534) إلى المصدر الثاني للكالسيوم في صخور الفتحة والمتمثلة بالصخور الكاربوناتية.

المغنيسيوم (Mg^{+2}):

تعد صخور الدولومايت من أهم المصادر الطبيعية لارتفاع تركيز ايون المغنيسيوم في المياه الجوفية وتشير العلاقة الطردية بين المغنيسيوم والبيكارونات في (الشكل 3) إلى صخور الدولومايت كمصدر للمغنيسيوم في مياه منطقة الدراسة، ويؤيد ذلك علاقة الارتباط الموجبة بين المغنيسيوم وكل من الكالسيوم والبيكارونات (جدول 5)، وربما تشير العلاقة الموجبة بين المغنيسيوم والكبريتات في (الجدول 5) إلى صخور تكوين الفتحة كمصدر لهذه الايونات في المنطقة.



الشكل 3: (A) العلاقة بين الأملاح الكلية والايصلالية الكهربائية

(B) العلاقة بين ايون الكالسيوم والكبريتات

(C) العلاقة بين ايون المغنيسيوم والبيكارونات

هيدروكيميائية ونوعية المياه لمجموعة من الآبار المنتشرة في منطقة واحة

SO_4^{-2}	HCO_3^-	K^+	Na^+	Mg^{+2}	Ca^{+2}	E.C	pH	T.H	T.D.S	Dis.	Dep.	Variables
793	.575	.309	.647	.683	.832	.817	-.035	.828	.818	.482	1.000	Dep.
634	.616	.076	.621	.512	.616	.592	-.129	.617	.592	1.000		Dis.
976	.670	.324	.863	.880	.815	1.000	.092	.912	1.000			T.D.S
964	.584	.496	.726	.903	.943	.911	-.142	1.000				T.H
028	-.054	-.350	.115	.039	-.264	.092	1.000					pH
976	.674	.323	.861	.879	.814	1.000						E.C
869	.534	.498	.624	.708	1.000							Ca^{+2}
921	.547	.407	.732	1.000								Mg^{+2}
830	.743	.199	1.000									Na^+
386	.129	1.000										K^+
634	1.000											HCO_3^-
1.000												SO_4^{-2}
												Cl
												NO_3^-

الصوديوم والبوتاسيوم:

يمتاز الصوديوم والبوتاسيوم بقابليتهما العالية على الذوبان، وان مصادرها متعددة وقد ينتقلان من مصادر بعيدة مع المياه الجوفية. وان ارتفاع تركيزهما قد يشير إلى تلوث المياه الجوفية بمياه الصرف الصحي، ومياه الأسمدة الكيماوية المستعملة في الزراعة (الصائغ وطاقة، ٢٠٠٢) و(مصطفى، ٢٠٠٧). بلغ معدل تركيز الصوديوم في موسم الجفاف (ppm 57)، وفي موسم الأمطار بلغ (ppm 70). إن الزيادة في التركيز في موسم الأمطار ناتج عن سببين الأول غسل الأملاح وإذابتها بمياه الأمطار، والثاني توقف السحب من الآبار في موسم الأمطار يساعد على ارتفاع تراكيز الايونات الكيماوية بسبب قلة التغذية من مياه نهر دجلة. وان العلاقة الموجبة بين الصوديوم والكبريتات والبيكارونات والكالسيوم في (الجدول 5) تشير إلى تواجد الصوديوم ضمن المتبخرات العائدة لتكوين الفتحة. أما ايون البوتاسيوم فقد بلغ معدل تركيزه في موسم الجفاف (ppm 5) وفي موسم الأمطار بلغ (ppm 4). وتشير العلاقة بين البوتاسيوم والنترات في (الجدول 5) إلى المصدر الغير طبيعي لهذا العنصر في آبار الدراسة، والمتمثل بالأسمدة الكيماوية الزراعية خاصة وان هذه الأسمدة تكون غنية بالنترات والبوتاسيوم.

البيكارونات والكبريتات:

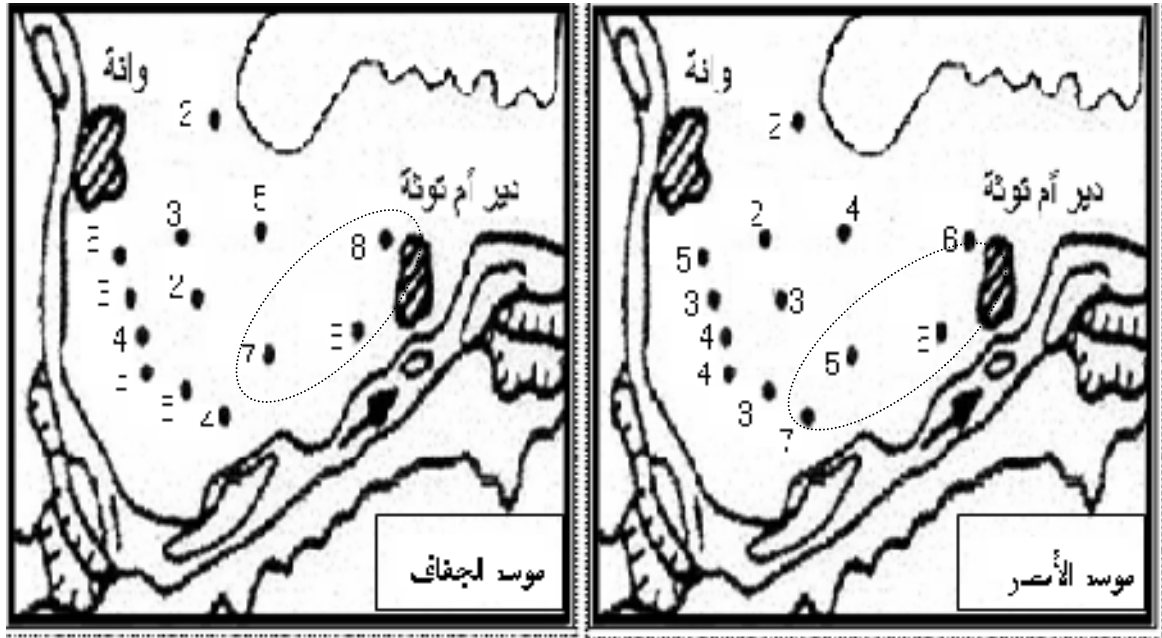
تحتوي جميع المياه الطبيعية على نسبة من البيكارونات والكبريتات، وتختلف هذه النسبة اعتمادا على المصدر المائي، ويزداد تركيزهما في المياه الجوفية اعتمادا على الظروف البيئية ونوعية ومكونات الصخور المتلامسة مع المياه (Merkel and Friedrich, 2002) وتشكل صخور تكوين الفتحة المصدر الرئيس للبيكارونات والكبريتات في آبار منطقة الدراسة، ويؤيد ذلك علاقة الارتباط الموجبة بين الكبريتات والبيكارونات في (الجدول 5)، ونلاحظ تأثر هذين الايونين بموسم الأمطار ليبلغ البيكارونات (ppm 194) و الكبريتات (ppm 555) في حين كان معدل كل منهما في موسم الجفاف (ppm 180) و (ppm 473) على التوالي.

الكلوريد والنترات:

يمتاز هذين الايونين بقابلية الذوبان العالية، ومن الصعب أن يشتركان في تفاعلات الترسيب (Mason, 1966). وتوجد هذه الايونات في المياه بشكل طبيعي وبتراكيز قليلة (Hem, 1985)، وان الزيادة في تركيزهما قد يؤشر حدوث حالات من التلوث بمياه الصرف الصحي ومياه المبالل للأراضي الزراعية، والتي تعد أحد أهم أسباب ارتفاع تراكيز النترات والكلوريد في المياه الطبيعية (Heath, 1987) و (Yaan and Miyamoto, 2006). ويلاحظ ازدياد في تركيز كل من الايونين في منطقة الدراسة خلال موسم الجفاف ليبلغ معدل تركيز الكلوريد (ppm 111) ومعدل تركيز النترات (ppm 5)، بينما كان معدل الكلوريد (ppm 45) ومعدل النترات (ppm 4) في موسم الأمطار. من المرجح إن الزيادة في تركيزهما في موسم الجفاف هو ناتج عن تأثير استعمالات الأسمدة الزراعية في موسم الصيف والسقي بكميات كبيرة، خاصة وان طريقة الري في منطقة الدراسة تتسم بالري السحي مما يساعد على

تغلغل مياه الري المحملة بالايونات الكيميائية المتوفرة في الأسمدة الزراعية إلى المياه الجوفية، ويؤيد ذلك العلاقة الموجبة بين البوتاسيوم وكل من الكلوريد والنترات في (الجدول 5).

ومن الجدير ذكره إن تراكيز هذه الايونات لا تعتمد على المكونات الصخرية لمنطقة الدراسة وإنما تتأثر بالنشاطات الزراعية ومدى قرب المياه الجوفية من سطح الأرض وكميات الأسمدة الزراعية وطريقة الري، لاحظ (الشكل ٤) حيث يبين الشكل الارتفاع النسبي للنترات في موقع النموذج رقم (١) والذي يقع أسفل وبالقرب من المنطقة السكنية في وانة والذي ربما تأثر بالنشاطات المدنية في القرية فضلا عن تأثره بالنشاطات الزراعية، كما يلاحظ في الشكل ارتفاع تركيز النترات في المنطقة المحددة بالشكل البيضوي وخلال الموسمين والذي ربما يعود إلى كثرة استخدام الأسمدة الكيماوية من قبل المزارعين في هذه المنطقة خاصة وان هذه المنطقة تمتاز بالتربة المزيجية والرملية ذات النفاذية العالية.



الشكل ٤: مواقع آبار الدراسة موضح عليها تراكيز النترات (NO_3) بوحدة (ppm) وخلال فترتي

التحليل الإحصائي:

تم إدخال بيانات التحاليل الفيزيائية والكيميائية لمياه آبار الدراسة وللموسمين معا في البرنامج الإحصائي (SPSS) وتبين من خلال إجراء التحليل العاملي (Factor Analysis) وجود عاملين رئيسيين يمثلان أكثر من ٧٤% من التباين. حيث يمثل العامل الأول ٥٩% من التباين بينما يمثل العامل الثاني ١٥.٦% لاحظ (الجدول 6).

العامل الأول:

يشكل هذا العامل نسبة كبيرة من مجموع التباين (٥٩.٢%)، وهو عامل أحادي القطب ويتمثل بالتحميل الموجب للمتغيرات التالية (E.C, TDS., TH., Ca^{+2} , Mg^{+2} , Na^{+} , HCO_3^{-} , SO_4^{-2}) ، فضلا عن الصفات الحقلية للآبار من حيث عمق مستوى المياه (Dep.) والمسافة بين الآبار ونهر دجلة مصدر التغذية الرئيس في المنطقة (Dis.)، لاحظ(الشكل 6). ويمثل هذا العامل المكونات الصخرية في المنطقة والمتمثلة بصخور الكربونات والمتبخرات العائدين لتكوين الفتحة، الذي يعد المصدر الرئيس للأيونات الكيميائية في مياه المنطقة. ويؤيد ذلك التحميل الموجب للصفات الحقلية (Dep.) و (Dis.) على نفس العامل، وهذا أمر طبيعي إذ من المرجح أن تزداد تراكيز الأيونات الرئيسية في المياه كلما زادت المسافة بين الآبار ومصدر التغذية، نتيجة لزيادة المسافة التي تقطعها المياه قبل الوصول إلى الآبار.

الجدول 6: الحمل (loading) ومقدار التباين (Variance) و (Eigen values) و (Communalities)

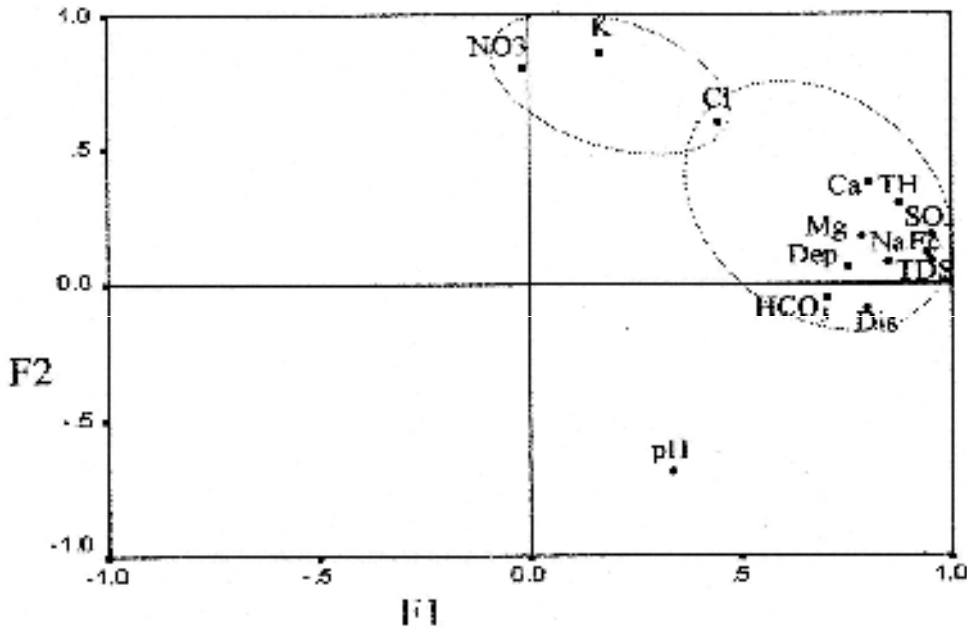
للعامل الأول والثاني

Oxide	Factor 1	Factor 2	Communalities
Dep.	.852	-.017	0.726
Dis.	.666	-.372	0.582
T.D.S	.957	-.169	0.944
T.H	.972	.077	0.951
pH	-.088	-.590	0.356
E.C	.956	-.170	0.943
Ca^{+2}	.904	.142	0.837
Mg^{+2}	.893	-.019	0.798
Na^{+}	.849	-.242	0.779
K^{+}	.461	.772	0.809
HCO_3^{-}	.708	-.239	0.558
SO_4^{-2}	.974	-.102	0.959
Cl^{-}	.545	.585	0.639
NO_3^{-}	.197	.744	0.592
Eigen values	8.284	2.188	
Variance(%)	59.169	15.632	
Cumulative(%)	59.169	74.801	

وبالتالي زيادة عمليات الغسل والإذابة لصخور وفتاتيات صخور تكوين الفتحة في منطقة الدراسة، وهذا الكلام ينطبق أيضا على زيادة أعماق الآبار ضمن المنطقة الواحدة، إذ إن زيادة العمق يؤدي إلى مرور مياه الأمطار والري ومياه التغذية من نهر دجلة عبر مسافة أطول من المكونات الصخرية قبل الوصول إلى مستوى المياه الجوفية، الأمر الذي يساعد على زيادة فرصة الإذابة وبالتالي زيادة تركيز الأيونات الرئيسية، نسبة إلى الآبار الضحلة تحت نفس الظروف، وهذا واضح أيضا من معاملات الارتباط الموجبة بين الصفات الحقلية والأيونات الرئيسية في (الجدول 5).

العامل الثاني:

يشكل هذا العامل (١٥.٦%) من مجموع التباين، ويعد اقل تأثيراً من العامل الأول، وينحصر تأثيره بشكل رئيس على التحميل الموجب لايوني البوتاسيوم والنترات، ويتشارك مع العامل الأول في التأثير على الكلوريد والداالة الحامضية (الشكل ٥)، يتضح من المتغيرات المحملة على هذا العامل انه يمثل عامل التلوث في المنطقة، والذي يمثل المصدر الغير طبيعي لتزويد مياه الآبار ببعض الايونات الناتجة عن النشاطات الزراعية. حيث الاستخدام المفرط للأسمدة الكيميائية، ونتيجة لطريقة الري السحي ومياه الأمطار. يتم وصول بعض الايونات من المكونات الرئيسية للأسمدة الكيميائية إلى المياه الجوفية.



الشكل ٥ : مساقط نقاط العامل الأول والثاني بعد التدوير

وعلى العموم يمكن تلخيص نتائج التحليل العاملية لبيانات مياه آبار الدراسة، بان هناك عاملين رئيسيين يتحكمان بهيدروكيميائية المياه في المنطقة، العامل الأول والمسيطر هو عامل طبيعي يتمثل بالمكونات الصخرية في المنطقة، والتي يكون تأثيرها واضح في زيادة تراكيز معظم الايونات الرئيسية خاصة بالابتعاد عن مجرى النهر في المنطقة وهذا واضح من خلال زيادة قيمة (Factor Score) للعامل الأول بشكل عام مع زيادة البعد عن النهر، (الجدول 7).

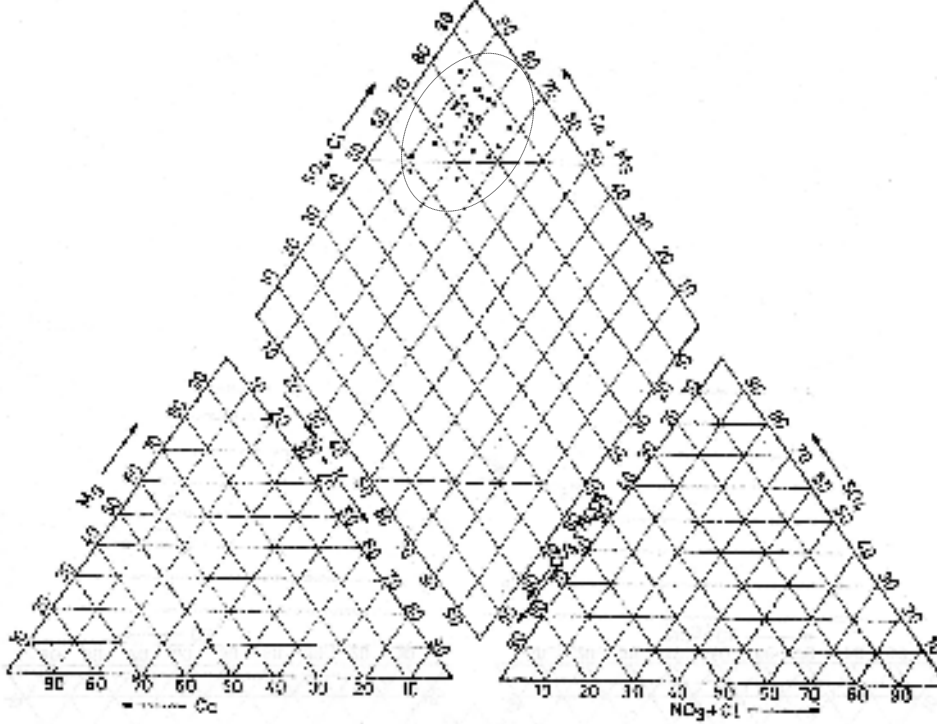
أما العامل الثاني فهو عامل غير طبيعي (عامل التلوث) ويتمثل بالنشاطات الزراعية في المنطقة، وهذا العامل لا يعتمد على البعد أو القرب عن النهر ولا على جيولوجية المنطقة وإنما يتأثر بكميات السماد المستخدم للأراضي الزراعية.

الجدول 7: (Factor Score) للعاملين الرئيسيين لأبار الدراسة

موسم الأمطار		موسم الجفاف		رقم البئر
Factor Score 2	Factor Score 1	Factor Score 2	Factor Score 1	
-0.8560	-1.3090	0.7042	-1.8098	١
-1.3277	-0.7488	-0.5097	-1.1166	٢
-0.4989	-0.5000	0.3328	-0.7627	٣
-0.3194	-0.2020	0.2725	-0.5609	٤
-0.6369	0.1977	0.7372	-0.2666	٥
1.2178	-1.0521	0.2769	-1.2472	٦
-0.2673	1.2775	2.4926	0.6767	٧
-0.9253	1.8379	0.6094	1.6725	٨
-1.5372	-0.0469	-0.7259	-0.1926	٩
-1.0551	-0.2391	-0.5293	-0.3866	١٠
-0.2275	0.4876	1.5192	0.0634	١١
-0.9210	1.5630	0.1671	1.0733	١٢
0.0933	1.3571	1.9142	0.2342	١٣

تصنيف المياه:

تم استخدام طريقة بايبر لتصنيف مياه آبار الدراسة، حيث تعد هذه الطريقة من أكثر الطرق استخداماً في التصنيف الهيدروكيميائي للمياه (Walton, 1970). وتبين من استخدام هذا التصنيف إن مياه البئرين (٩،١) لموسم الجفاف يقعان ضمن المنطقة (٩) التي لا يزيد فيها أي من الكتيونات والانيونات عن (٥٠%). أما باقي النماذج وخلال الموسمين، فقد وقعت في المنطقة رقم (٦) التي تمتاز بان العسرة غير الكاربونية (الملوثة الثانوية) تزيد عن (٥٠%)، (شكل ٦). يتضح من نتائج التصنيف تأثير مكونات صخور تكوين الفتحة على نوعية المياه في منطقة الدراسة، وخاصة تأثير صخور المتبخرات مما أدى إلى زيادة العسرة الغير كاربونية. وهذه النتائج تنطبق مع نتائج التحليل الإحصائي حول سيطرة صخور تكوين الفتحة على هيدروكيميائية مياه المنطقة.



الشكل ٦: مخطط بايير موضح عليها نماذج الدراسة.

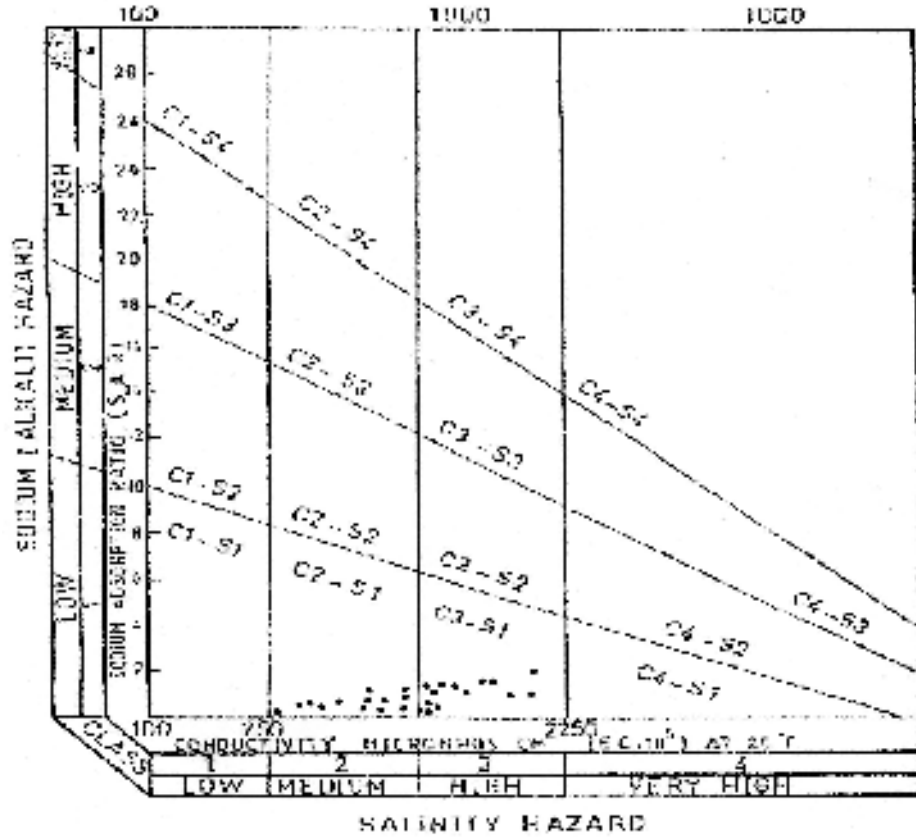
صلاحية المياه لأغراض الري:

إن مياه منطقة الدراسة تستخدم في ري المحاصيل الحقلية بشكل رئيس، لذلك فقد تم التركيز على صلاحيتها لأغراض الري، من خلال استخدام تصنيف ريجارد (Richards classification) الذي يعتمد على أهم عاملين من العوامل المؤثرة على نوعية مياه الري، وهما المقدار الكلي للملوحة معبر عنه بالتوصيل الكهربائي، ونسبة امتصاص الصوديوم (SAR) التي تعد من العوامل الهيدروكيميائية المهمة والتي لها تأثير ضار على التربة (Todd,1980). ويقاس (SAR) بوحدة epm للايونات في المعادلة التالية.

$$SAR = Na / ((Ca + Mg) / 2)^{0.5}$$

ويتضح من (الشكل ٧) إن مياه منطقة الدراسة، وخلال موسمي الجفاف والأمطار تقع ضمن الحقلين C2S1 و C3S1. ويذكر إن الحقل C2S1 يصنف بأنه جيد للري والحقل C3S1 يصنف بأنه مسموح به

للاستخدام في الري. وبهذا فان جميع الآبار المدروسة في منطقة الدراسة تصلح لأغراض الري حسب تصنيف ريجارد.



الشكل ٧ : تصنيف ريجارد لمياه الري موضح عليه نماذج

الاستنتاجات

- ١- سيطرة المكونات الصخرية لتكوين الفتحة على هيدروكيميائية المياه الجوفية في منطقة الدراسة.
- ٢- تأثر مياه آبار الدراسة بالنشاطات الزراعية في المنطقة.
- ٣- زيادة العسرة غير الكربونية في مياه الآبار بتأثير صخور المتبخرات العائدة لتكوين الفتحة.
- ٤- تنخفض تراكيز الايونات الكيميائية في الآبار القريبة من نهر دجلة بسبب قرب مصدر التغذية.
- ٥- صلاحية مياه آبار الدراسة لأغراض الري.

المصادر العربية

- الصائغ، عبد الهادي يحيى وطاقة، أروى شاذل، ٢٠٠٢. التلوث الكيميائي، الدار الجامعية للطباعة والنشر والترجمة، فرع الموصل، ٢٤٨ صفحة.
- الطائي، بسمان يونس حميد، ٢٠٠٣. استخدام تقنيات التحسس النائي في تقييم المواقع لتطوير الغابات في نينوى، أطروحة دكتوراه غير منشورة، كلية الزراعة والغابات، جامعة الموصل، ٢٣٥ صفحة.
- البيوزيكي، فتيبة توفيق والبناء، نبيل يوسف، ٢٠٠٨. التقييم النوعي للمياه الجوفية في آبار مختارة من منطقتي الطوافة والجوسق في الجانب الأيمن لمدينة الموصل. وقائع المؤتمر العلمي الدوري السادس لمركز بحوث السدود والموارد المائية، جامعة الموصل، تشرين الأول، ٢٠٠٨. صفحة ٩١-١٠٣.
- عباوي، سعاد عبد وحسن، محمد سليمان، ١٩٩٠. الهندسة العملية للبيئة. فحوصات الماء، دار الحرية للطباعة والنشر، ٢٩٦ صفحة.
- مصطفى، معاذ حامد، ٢٠٠٧. التباين النوعي لمصادر المياه في موقع قرية حسن شامي. وقائع المؤتمر العلمي الأول لمركز بحوث البيئة والسيطرة على التلوث-جامعة الموصل، ٥-٦ حزيران، ٢٠٠٧. صفحة ٢٤-٣٤.

المصادر الأجنبية

- Al-Dabbagh, T. H. and Al-Naqib, S. Q., 1991. Tigris River Terraces Mapping in Northern Iraq and the Geotechnical Properties of the Youngest Stage. Quaternary Engineering Geology, 25th Annual Conf. of Eng. Group, Geol. Soc., Heriot-Watt Univ., Sept. 10-12, 1989. Spec., Publ., pp. 603 - 609.
- Bouwer, H. 1978. Ground Water Hydrology. MC Graw-Hill New York, 480 p.
- Devilliers, S. 2005. The Hydrochemistry of Rivers in Kwazulu –Natal. Water SA, Vol. 31, No. 2, pp. 193 - 198.
- Fitts, C. R. 2002. Groundwater Science, Academic Press, 450 p.
- Freeze, R. A. and J. A. Cherry. 1979. Groundwater, Prentice Hall, Englewood Cliffs, N.J.
- Heath, R. C. 1987. Basic Ground-Water Hydrology, Fourth printing, USGS., 84 p.
- Hem, J. D. 1970. Study and interpretation of the chemical characteristics of natural water, 2nd Edition U.S. Geological Survey Water Supply Paper, 1473, 363 p.
- Hem, J. D. 1985. Study and interpretation of the chemical characteristics of natural water, 3rd Edition U.S. Geological Survey Water Supply Paper 2254. 263 p.
- Jenkins, D., Snoeyink, L., Fergus, J. F. and Leckie, J. O., 1980. Laboratory manual water chemistry, John Wiley and Sons, New York, 183 p.
- Langmuir, D. 1997. Aqueous Environmental Geochemistry. Prentice Hall, USA, 600 p.
- Manahan, S. E. 2005. Environmental chemistry, CRC press, 8th ed., Washington, USA. 783 p.
- Mason, B. 1966. Principals of Geochemistry. 3rd Edition. Willey International Publication. 324 p.

- Merkel, B. J. and Friedrich, B. P. 2002. Groundwater Geochemistry, Springer Berlin, 191 p.
- Sen, Z. 2008. WADI HYDROLOGY, CRC Press, Taylor and Francis Group, 339 p.
- Todd, D. K., 1980. Ground Water Hydrology. John Wiley& Sons, Inc. Toppan Printing Company (Ltd). New York and London, 535P.
- Todd, D. K. and Mays, L., 2005. Ground Water Hydrology, (3rd ed.) John Wiley and Sons, Inc, 636 p.
- Walton, W. G. 1970. Ground Water, Resource Evaluation, Mc Graw Hill Int. Book Comp. New York, 664 p.
- Yuan, F. and Miyamoto, S. 2006. Changes in major Element hydrochemistry of the Pecos River in the American South West Science 1935.