

هيدروكيميائية المياه الجوفية ومدى صلاحيتها للاستخدام في منطقة الشعباني – البوارة، وسط غرب العراق

شهلة صالح زكي المصلح¹

الاستلام: 16 / 3 / 2010، القبول: 29 / 12 / 2011

الكلمات الدالة: هيدروكيميائية، منطقة الجزيرة، مياه كبريتية وكلوريدية، التحليل العنقودي، النترات، مخطط ستيف

المستخلص

يتناول هذا البحث الخصائص الكيميائية للمياه الجوفية في منطقة الشعباني - البوارة التي تغطي الجزء الوسطي والجنوبي من منطقة الجزيرة في وسط غرب العراق، وذلك من خلال المعلومات المتوفرة في هيئة المسح الجيولوجي العراقية. بينت المعلومات الجيولوجية إن الطبقة الرئيسية الحاوية على المياه الجوفية تعود إلى ترسبات العصر الرباعي، وقد تتصل تلك الطبقة مع الطبقة الصخرية التي تحتها والتي تعود لتكوين الفتحة (المايوسين الأوسط) مكونةً مكامن مائي جوفي، وفي بعض المواقع تعود إلى تكوين إنجانة (المايوسين الأعلى).

استخدمت تصانيف متعددة لتقييم المياه اعتماداً على المتغيرات الكيميائية الرئيسية المحللة والتي تشمل Ca^{2+} و Mg^{2+} ، K^+ ، Na^+ ، Cl^- ، SO_4^{2-} ، HCO_3^- ، NO_3^- ، TDS والكورديدية وحصل خلط في بعض النماذج المائية لوحظ ارتفاع تركيز ايون النترات عن الحدود المسموح بها للاستخدامات المختلفة في تلك المواقع. وقد استخدمت مخططات توضيحية تبين درجة التغير في النسب بين مواقع المياه الجوفية في المنطقة ومدى صلاحيتها للاستخدامات المختلفة. كما استخدم الاختبار الإحصائي للتحليل التجميعي (Cluster Analysis) لتمييز المقاطعات أو المناطق الجيوكيميائية المختلفة.

HYDROCHEMISTRY OF THE GROUNDWATER IN SHA'ABANI - BAWARA AREA, CENTRAL WEST IRAQ

Shehla S. Z. Al-Muslih

ABSTRACT

This study deals with the hydrochemical evaluation of the groundwater in Sha'abani – Bawara area, which is located in the middle and southern parts of Al-Jazira Area, central west Iraq. The study regarded that the Quaternary sediments are the main water bearing horizons in the study area, and may be connected with Fatha Formation (Middle Miocene), which consists of cyclic sediments; each cycle consists of green marl, limestone and gypsum. The cycles are repeated, with irregular thicknesses for each cycle and even each rock constituent. The main characteristic of the formation is the karstification, which had increased the porosity and permeability of the formation.

The Injana Formation consists of cyclic deposits; each cycle consists of reddish brown sandstone, siltstone and claystone. Very rarely thin (5 – 25 cm) horizons of limestone and gypsum may occur in the lowermost part of the formation. In some locations, Injana Formation (Upper Miocene) contains water, and is considered as the first aquifer below the Quaternary aquifer.

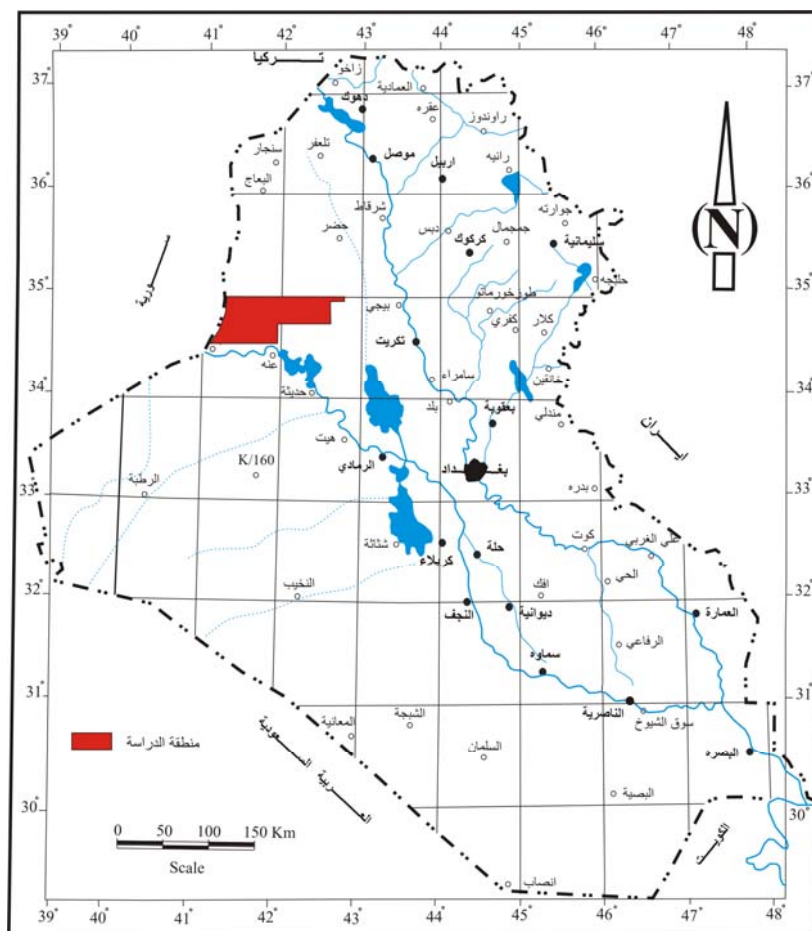
¹رئيس جيولوجيين أقدم، هيئة المسح الجيولوجي العراقية
e-mail: shehla_almuslih@yahoo.com

The results of the chemical analysis are graphically represented in several classifications (Hem, Sulin classification, and Scholler – Sulin diagram). Further more, mathematical evaluation (cluster analysis) of the results were achieved to identify the origin of the ground water and mineral resources, and to support the more soluble salts in the groundwater, which include Sodium Chloride (NaCl), Magnesium Nitrate $[Mg(NO_3)]$, Calcium Bicarbonate $[Ca(HCO_3)_2]$, and Calcium Sulphate ($CaSO_4$).

In conclusion, the ground water in Sha'abani – Bawara area is saline, not good quality water and not suitable for human consumption. Nitrate concentration (52 – 827 mg/l) is slightly high in several wells. The relatively high proportion of nitrate is most probably due to the impact of fertilizers used by human activities. The water type is proved to be mainly of Sulphate and Chloride types.

المقدمة

اعتمدت المعلومات الهيدروكيميائية على دراسة 62 موقع مائي جوفي في منطقة الشعباني - البوارة التي تغطي الجزء الوسطي والجنوبي من منطقة الجزيرة في وسط غرب العراق (شكل 1)، إضافة إلى النماذج المحللة عام 1976، خلال أعمال المسح الجيولوجي الإقليمي للعراق والذي نفذته هيئة المسح الجيولوجي العراقية، وشملت الناحية الجيولوجية والطباقية والتركيبية ورسمت الخرائط الجيولوجية بمقاييس مختلفة لمساحة تبلغ حوالي 12000 كم² (Al-Jumaily, 1976). إن الطبقة الرئيسية الحاوية على المياه تعود إلى ترسبات العصر الرباعي، وأحياناً يحصل اتصال مع الطبقة التي تحتها والتي تعود إلى تكوين الفتحة (المايوسين الأوسط)، كما إن في بعض المواقع تعود إلى تكوين إنجانة (المايوسين الأعلى).



شكل 1: خريطة موقعية لمنطقة الدراسة

المناخ

يمتاز مناخ منطقة الجزيرة بكونه شبه مداري – قاحل، حار جاف صيفاً وبارد شتاءً مع رطوبة قليلة واختلاف كبير في درجات الحرارة بين الليل والنهار. ينحصر موسم الأمطار بين شهري تشرين الأول ونيسان، وأعلى مستوى للأمطار يكون في شهر آذار ونيسان. المعدل السنوي للأمطار الساقطة يتراوح بين (200 – 300) ملم، اعتماداً على أطلس مناخ العراق للفترة بين (1941 – 1998).

الدراسات السابقة

- أجرت شركة Parsons (1955 a and b) دراسة هيدروجيولوجية لمنطقة الجزيرة.
- أعد Al-Rawi (1968) تقرير حول وجود الأملاح في منطقة الجزيرة.
- أعد الراوي (1970) تقريراً حول المصادر الملحية العراقية.
- أجرى Al-Rawi and Tesh (1971) دراسة هيدروجيولوجية حول ترسبات أملاح البوارة.
- أعد Al-Rawi et al. (1973) دراسة للظروف البيئية لمملحة البوارة واختبار الملح المنتج منها.
- أجرى Al-Jumaily (1976) مسح جيولوجي إقليمي ورسم الخريطة الجيولوجية لمنطقة البوارة – الشعباني.
- أعد Araim (1983) التقرير الهيدروجيولوجي الإقليمي للعراق، تضمن منطقة الدراسة الحالية.
- أجرى البدر (1986) تحريات جيولوجية وتقدير الاحتياطي الملحي لأهم ممالح وسط الجزيرة .
- أجرت المصلح (1994) دراسة هيدروكيميائية لأملاح منطقة الجزيرة، وقد وضحت تلك الدراسة أن في منطقة الشعباني – البوارة ترتفع نسبة ايونات الكبريتات والكالسيوم بصورة رئيسية مع نسب متفاوتة من ايونات الكلوريد والبيكاربونات والصوديوم، وهناك عدة مواقع حصل خلط فيها. إن نوعية معظم النماذج المائية كبريتية وذات أصل قاري.
- أجرى Al-Jiburi and Al-Basrawi (2009) بحثاً في دراسة نوعية مياه منطقة الجزيرة غرب العراق، وقد تم التطرق إلى منطقة الدراسة الحالية من خلال المعلومات المستنبطة من الآبار اليدوية المحفورة في المنطقة، حيث تراوحت قيمة الملوحة بين (3000 - 5863) ج.م.م. وقد صنف الماء الجوفي ضمن المالح الغني بالأيونات، خاصةً الكبريت والبيكاربونات والكلوريد مما يجعله ماءً غير صالحاً للاستخدام البشري، وذلك لان المنطقة تعتبر منطقة تصريف وليست منطقة تغذية للمياه الجوفية.

جيولوجية المنطقة

تعتبر منطقة الشعباني- البوارة ارضاً منبسطة تمتاز بقلة الظواهر الطبوغرافية عدا وجود بعض التلال المتفرقة، أعلاها هو جبل طيارات في الجنوب الغربي من المنطقة، وذلك نتيجة لتعرض المنطقة للحركات البنيوية خلال الأحقاب الماضية (Al-Jumaily, 1976)، حيث ظهرت بعض التراكيب الجيولوجية وأهمها:

طية طيارات المحدبة ذات الاتجاه SW – NE وتقع في جنوب غرب المنطقة، **طية خليصية المحدبة** (أبو راسين) ذات الاتجاه WNW – SSE تقع في شمال غرب المنطقة، و**طية محدبة جنوب قرية الشعباني ذات اتجاه SSE – WNW** قد تكون امتداد لطية خليصية المحدبة، وفي الجزء الشرقي من المنطقة توجد طية ذات ميل (10 – 15) درجة وتسمى **طية الكناطر**.

ليست هناك أية فوالق تذكر في منطقة الدراسة، وتوجد مجموعتين من الفواصل، لوحظت في الجزء الشمالي من المنطقة وهي ذات اتجاه N – S و W – E وتلاحظ بوضوح في الصخور الطينية قرب أبو زلة، وتكون عادةً مملوءة بالجبس الثانوي أو السيلينايت.

إن التكوينات المتكشفة في منطقة الدراسة هي الفتحة وإنجانة والمقدادية وقشرة قليلة السمك من رواسب العصر الرباعي، وفيما يلي وصفا موجزا لكل تكوين:

تكوين الفتحة: يغطي هذا التكوين حوالي 80% من منطقة الدراسة (Al-Jumaily, 1976) الذي يمتاز بدورات ترسيبية منتظمة ومتكررة (Salih, 1976) وتمثلة بالأنطقة التالية.

(A) نطاق الصخور الصلصالية.

(B) نطاق الصخور الصلصالية المتكلسة.

(C) نطاق الصخور الجيرية.

(D) نطاق الصخور الجبسية.

يتمثل تكوين الفتحة بصورة عامة من الصخور التالية: الصخر الجيري الصلصالي والصخر الجيري الطباشيري والصخر الجيري المدلمت، وقد يوجد الجبس الثانوي بين طبقات الصلصال الذي يتناقص سمكه من الغرب إلى الشرق، إضافةً إلى الصخور الجبسية التي تشكل أحد المكونات الرئيسية للتكوين. كما أن سمك تكوين الفتحة يقل بنفس الاتجاه السابق الذكر. تتباين صلابة الصخور الكلسية بين صخور ذات صلابة عالية إلى صخور متكسرة نتيجة لوجود التكسرات والشقوق والكهوف الصغيرة التي قد يكون بعضها مملوء بالكالسايت الثانوي. تعلو هذه الوحدة الصخور الصلصالية ذات اللون الأصفر المخضر مشكلاً وحدة صخرية متباينة السمك من موقع إلى آخر. الحد الفاصل بين تكوين الفتحة وتكوين إنجانة الذي يعلوه هو سطح توافقي (conformable) المتكون من طبقة خضراء من الصلصال الرملي، وبشكل عام يصل سمك التكوين إلى أكثر من 400 متر.

تكوين إنجانة: يتكشف تكوين إنجانة (المايوسين الأعلى) في الأجزاء الشمالية والشمالية الغربية من منطقة الدراسة، وتعتبر مملحة البوارة الحد الفاصل بين صخور تكويني الفتحة وإنجانة ويعتبر المقطع الواقع شمال المملحة من أفضل المقاطع الممثلة لهذا التكوين. تمتاز ترسباته بتعاقب الصخور الطينية التي يتراوح لونها بين بني إلى بني محمر وتكون أحياناً غرينية، مع الصخور الرملية ذات اللون البني والرصاصي المخضر وذات حجم حبيبي متباين، مع ندرة تداخل طبقات الكلس والجبس، في الجزء السفلي من التكوين، وكذلك يوجد الأخير كمركبات ثانوية في التشققات والفواصل الموجودة بكثرة في طبقات الصخور الرملية في الجزء العلوي من تكوين إنجانة (Al-Jumaily, 1976).

تكوين المقدادية: يتكشف تكوين المقدادية بمنطقة محددة في الشعباني - البوارة، وفي الطرف الشمالي من الطبقة المحدبة أبو راسين ويتكون بصورة عامة من صخور رملية وغرينية وطينية، وبعض طبقات الصخور الرملية تحتوي على الحصى الناعم.

ترسبات العصر الرباعي: تغطي ترسبات العصر الرباعي التكوينات الجيولوجية في معظم المنطقة كقشرة رقيقة يتراوح سمكها بين عدة سنتيمترات إلى 1.5 متر، خاصة في مناطق الوديان، وهي ترسبات ما بعد البلايستوسين منها ترسبات الأملاح وفتات الجبس والحجر الكلسي والرمال والترسبات النهرية والهوائية غير المستقرة.

هيدروجيولوجية المنطقة

ليس هناك انهار دائمية في منطقة الدراسة، بل توجد وديان موسمية تمتاز بالنمط الشجري وبعض المنخفضات السطحية التي تمتلئ بالمياه في فصل الشتاء ثم تجف في فصل الصيف تماماً تاركاً وراءها صبخة مثل: البوارة، أم دلي، كطارة، أشقر، ألبو-غارس ومصدرها الرئيسي المياه الجوفية المالحة من تكوين الفتحة، إضافةً إلى الغسل السطحي بمياه الأمطار. يشكل الهالايت المعدن الرئيسي في هذه الممالج بنسبة تتراوح بين (70 – 93) %، وهناك معادن أخرى مثل: البوليهاالايت والكالسايت والجبس والأنهيدرايت والدولومايت والمرو والعديد من المعادن الطينية (الراوي، 1970 والبدر، 1986).

تشكل ترسبات العصر الرباعي مكنم مائي جوفي رئيسي في منطقة الدراسة وأحياناً يحصل اتصال بين مياه العصر الرباعي مع المياه الجوفية المخزونة في تكوين الفتحة الذي يقع تحتها، حيث تشكل طبقة الجبس مع طبقة حجر الكلس التي تحتها والغنية بالتكسرات والشقوق مكنم مائي جوفي رئيسي في المنطقة. في حين يعتبر تكوين إنجانة غير مهم، لكونه متكون من طبقات متعاقبة من الصخور الرملية والغرينية التي يمكن أن تشكل مكنم مائي جوفي لكن لقلّة سمكه إضافةً إلى وجود عدسات من الصخور الطينية جعله يحمل مياه قليلة فقط. تستغل المياه الجوفية في المنطقة عن طريق العيون والآبار اليدوية.

توجد العيون والآبار اليدوية عادة عند حافات الوديان ويتراوح عمق الآبار المحفورة بين (2 – 10) متر، ويتذبذب بها مستوى المياه الجوفية حسب المواسم، حيث يقل المستوى في موسم الصيف نتيجةً لاستخدامها في سقي المزروعات وإرواء الحيوانات، في حين يرتفع مستوى المياه خلال فصل الشتاء. لوحظ أعلى مستوى للمياه الجوفية في شهر نيسان وأقل مستوى خلال شهر أيلول.

اتجاه حركة المياه الجوفية (شكل 2) يكون باتجاه المنخفضات الطوبوغرافية (السباخ)، كما إن وجود بعض التراكيب يحدد حركتها كما هو الحال مع طية طيارات المحدبة الذي يشكل خط تقسيم المياه (Water divide) وتجعل اتجاه المياه إلى الجنوب الشرقي والشمال الشرقي والشمال الغربي بعيداً عن محور طية طيارات المحدبة. أما المياه التي تقع شمال وغرب التراكيب، فأنها تتحرك باتجاه الجنوب الغربي باتجاه البوارة وألبو-غارس، أما المياه في الجزء الجنوبي فتتحرك باتجاه وادي الفرات (Araim, 1983).

■ هيدروكيميائية المياه الجوفية

تبين من نتائج التحليلات الكيميائية وجود توافق وتقارب كبير في تراكيز الأيونات في المواقع المختلفة (الملحق A) التي تمت دراستها وارتفاع نسب كل من الأيونات SO_4^{2-} و Cl^- و Ca^{2+} و Na^+ بصورة عامة. يمثل أيون الكبريتات الأيون السالب الرئيسي في تلك المياه لمعظم المواقع، في حين يحتل أيون الكلوريد المرتبة الأولى في بعض المواقع الأخرى. كما أن هناك مواقع يرتفع بها تركيز كل من أيوني الكالسيوم والصوديوم نتيجةً لحصول خلط في تلك المياه، وهذا يدل على أن الخزان الجوفي ذو عدة انطقة هيدروكيميائية نتيجةً لوجود عدد من الخزانات. وبصورة عامة، يلاحظ زيادة تركيز الأيونات الموجبة والسالبة الرئيسية مع اتجاه حركة المياه الجوفية، عدا أيون النترات الذي لا يرتبط بزيادة أو نقصان تركيزه مع اتجاه حركة المياه (شكل 2) (Araim, 1983). إن أقل التراكيز وجوداً هو في وسط وشمال غرب منطقة الدراسة، ثم تتدرج بالزيادة مع اتجاه حركة المياه، أي باتجاه المنخفضات الطبوغرافية وما تحدده التراكيب الجيولوجية الموجودة في المنطقة.

■ المواد الذائبة الكلية (TDS)

تتميز نوعية المياه الجوفية في منطقة الدراسة بأنها عالية الملوحة نسبياً (ملحق A)، حيث تتراوح قيم الـ TDS بين (2495 – 6772) ملغم/ لتر، وأحياناً يرتفع تركيزها إلى أكثر من هذه القيمة حتى تصل إلى 8164 ملغم/ لتر، كما هو الحال في المواقع 4 و 5 و 54 (شكل 2)، كما يلاحظ ارتفاعاً في تركيز بقية الأيونات الرئيسية في تلك المواقع، وقد يرجح السبب في ذلك إلى زيادة قابلية الذوبان في هذه المواقع وخاصةً ذوبان المعادن غير الكربوناتية (مثل الجبس والهالايت) التي تضيف أيونات متعددة مثل: Na^+ و K^+ و Cl^- و SO_4^{2-} للمياه الجوفية.

إن الأملاح الافتراضية الرئيسية في المنطقة هي: $CaSO_4$ و $NaCl$ و $MgCl_2$ و $NaNO_3$ إضافةً إلى وجود أنواع أخرى وبتراكيز أقل (المصلح، 1994). يشمل كبريتات الكالسيوم أعلى نسبة بين الأملاح الذائبة في حين أن بيكاربونات الكالسيوم يشكل نسبة قليلة جداً. إن كلوريد الصوديوم هو ثاني ملح من حيث نسبة وجوده لكن يزداد تركيزه بالقرب من المنخفضات الملحية، أما بقية الكبريتات (كبريتات الصوديوم والمغنيسيوم) فأنها تشكل تراكيز محدودة نسبياً. إن نترات الصوديوم عموماً لها نسب أعلى من نترات البوتاسيوم، وعادةً ذات نسب قليلة لكنها ترتفع في بعض المواقع. تكون نسبة كلوريد المغنيسيوم عادة قليلة ومحدودة الانتشار.

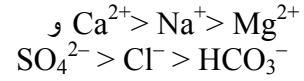
تعتبر صخور الجبس والأنهيدرايت وصخور الكلس العائدة إلى تكوين الفتحة من المصادر الرئيسية للكالسيوم وأيون الكبريتات المذابان في المياه الجوفية، كما أن معدن الهالايت يعتبر من المصادر الرئيسية للكلوريد وللصوديوم في تلك المياه، إضافةً إلى أن زيادة تركيز الكلورايد يرجح سببه إلى مياه الأمطار الحاوية على نسبة عالية من الكلورايد، أو أن مصدرها قد تكون المعادن الطينية. عند تصنيف المياه الجوفية استناداً إلى تركيز المواد الصلبة الكلية واعتماداً على تصنيف (Hem, 1970) (الجدول 1)، ظهر أن المياه الجوفية في منطقة الدراسة هي مياه متوسطة الملوحة.

جدول 1: تصنيف المياه اعتماداً على تركيز المواد الصلبة الكلية (Hem, 1970)

صنف المياه	تركيز T.D.S (ملغم/لتر)
عذب	أقل من 1.000
متوسط الملوحة	1.000 – 3.000
مالح	3.000 – 10.000
مالح جداً	10.000 – 35.000
أجاج	أكثر من 35.000

■ مخطط شولير- سولن

يعتمد مخطط شولير- سولن (Hassan, 1981) أساساً على دمج فكريتي شولير وسولن، وهو تقسيم حسابي لتمييز مجاميع المياه وعوائلها ونوعها واصلها (شكل 3). يستنتج من هذا التصنيف إن معظم النماذج تمتاز بنسب متقاربة من الأيونات الموجبة والسالبة، فالأيون السالب الغالب في تلك المياه هو أيون الكبريتات، يليه أيون الكلور، وإن أيون البيكاربونات قليل في معظم النماذج. يشكل أيون الكالسيوم أعلى القيم بالنسبة للأيونات الموجبة في معظم النماذج، يليه أيون الصوديوم ثم أيون المغنيسيوم، أي إن الترتيب التنازلي للأيونات الموجبة والسالبة هو:



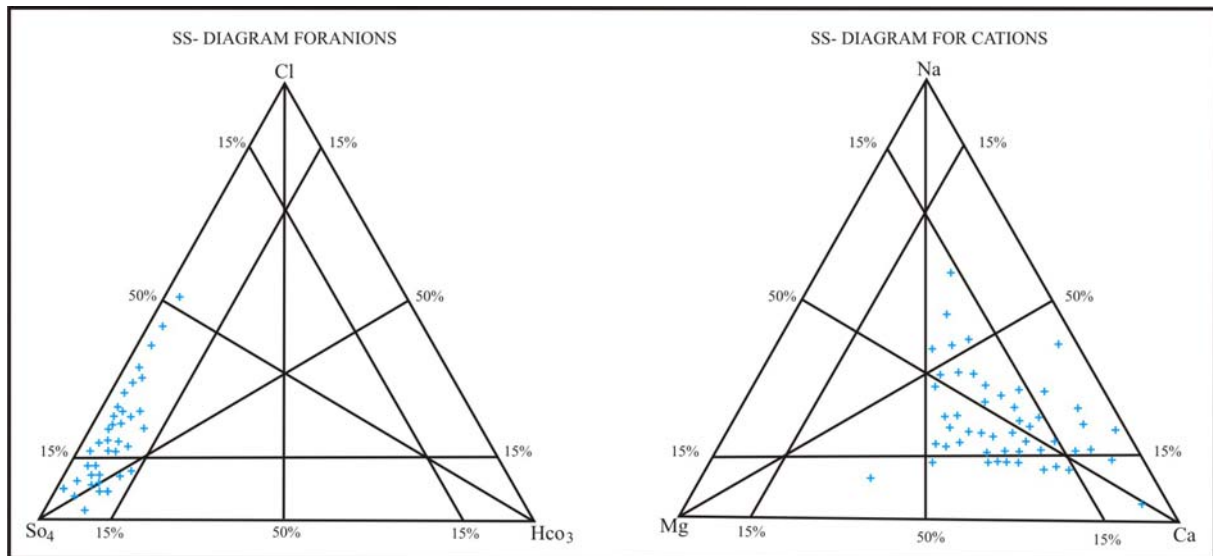
عليه وحسب هذا التصنيف يظهر نوع المياه بمجموعتين رئيسيتين هما:

كالسيوم – كلوريد – كبريتات (Ca – Cl – Sulphate)

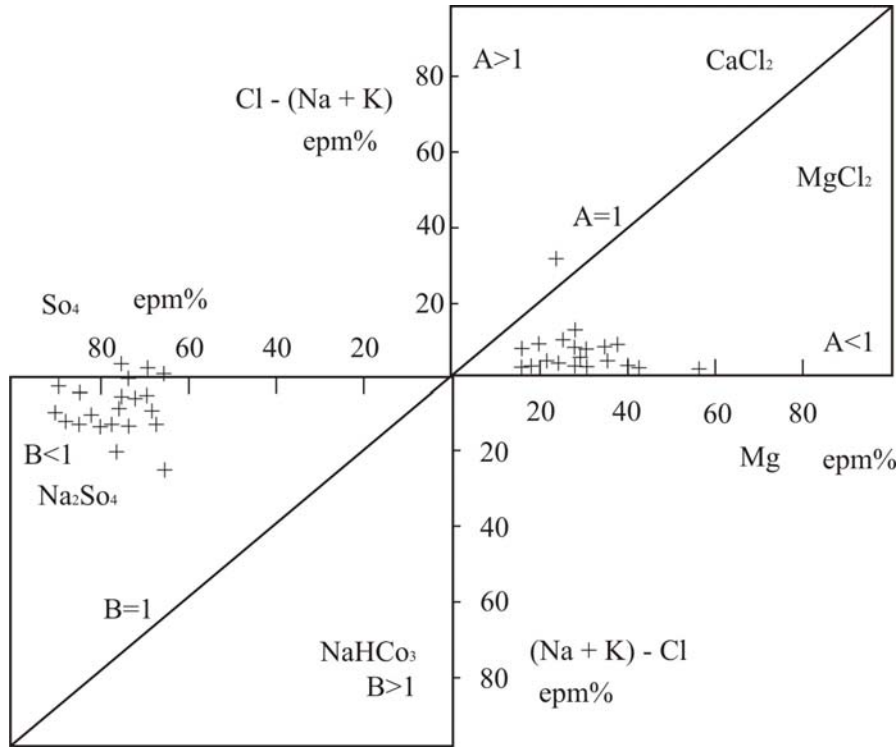
وصوديوم – كبريتات – كلوريد (Na – SO₄ – Chloride)

مع كميات لا بأس بها من بقية الأيونات.

يتضح إن المياه في منطقة الدراسة ذات أصل جوي (Meteoric)، حيث يمثل أيون الكبريتات الأيون السالب الرئيسي في معظمها، وفي بعض المواقع يزداد تركيز أيون الكلوريد عن الكبريتات مكوناً ملح الطعام (NaCl)، وبعد تكونه يذهب الفائض من أيونات الكلوريد إلى أيون المغنيسيوم مكوناً ملح كلوريد المغنيسيوم (MgCl₂)، الذي يدل على أصل بحري، أو قد يزداد تركيز كبريتات الصوديوم في بعض المواقع (الشكل 4، مخطط سولن) (المصلح، 1994).



شكل 3: مخطط شولير – سولن للأيونات الموجبة والسالبة في المياه الجوفية في منطقة الدراسة



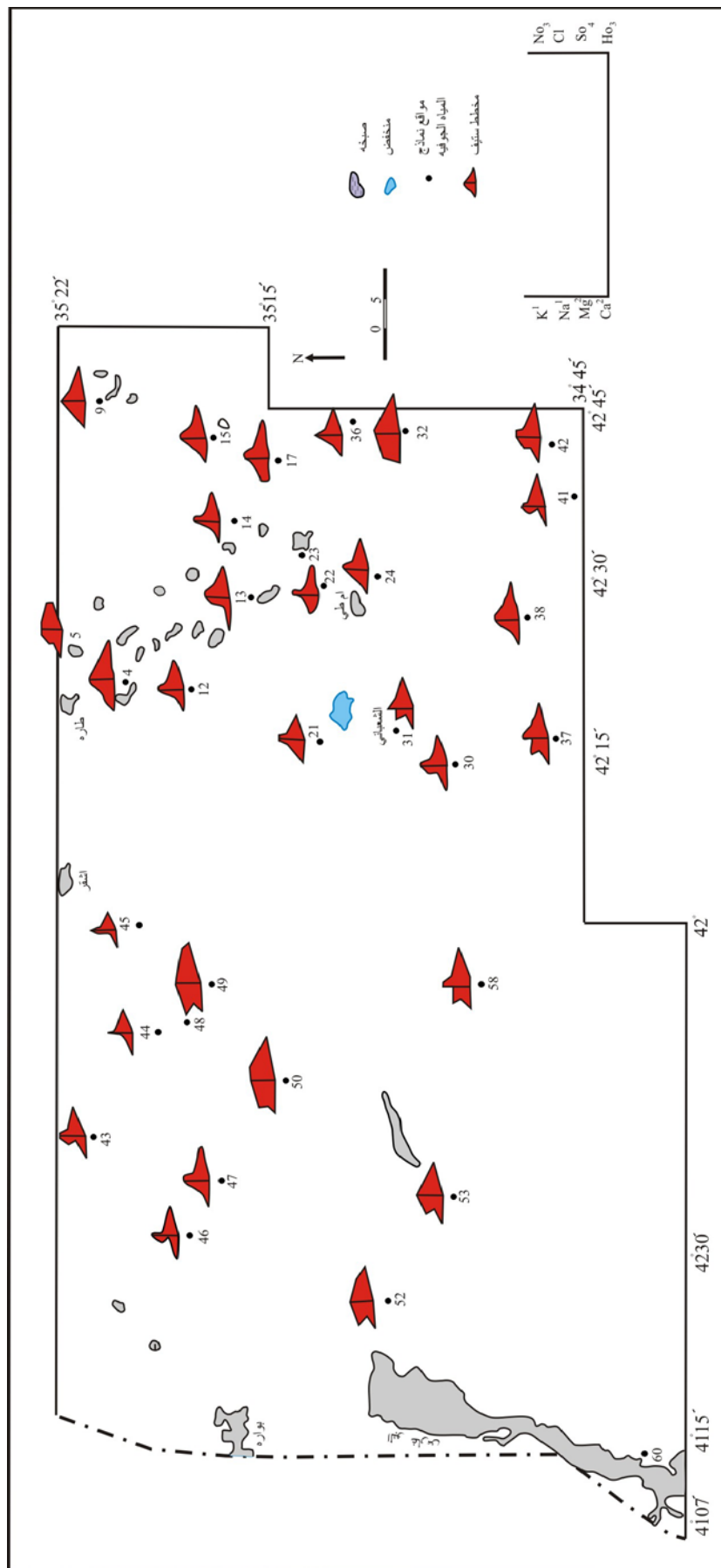
الشكل 4: مخطط سولن للنماذج المائية الجوفية في منطقة الدراسة

مخطط ستيف (Stiff, 1951)

رسمت أشكال ستيف لمعظم النماذج المائية المدروسة من خلال استخدام تراكيز الأيونات التالية: NO_3^- و HCO_3^- و SO_4^{2-} و Cl^- و Mg^{2+} و Ca^{2+} و K^+ و Na^+ بوحدة نسبة الأوزان المكافئة (الشكل 5). أشارت النتائج إلى أن معظم الأشكال متشابهة إلى حد ما نتيجة لكون نسب الأيونات وتراكيزها متقاربة من بنر إلى آخر، وتؤكد تلك الأشكال ارتفاع في نسب كل من الأيونات SO_4^{2-} و Ca^{+2} و Na^+ على بقية الأيونات.

■ أيون النترات (NO_3^-)

يعتبر أيون النترات من المجاميع الثانوية في المياه الجوفية وغير رئيسي لكنه مؤثر خطير على صحة الإنسان والحيوان. فالتراكيز المسموح بها في المياه هي 50 ملغم/لتر بحالته الأيونية، ويمكن أن تكون النترات معبراً عنها بصورة النتروجين (N) وفي هذه الحالة يكون التركيز بحدود 10 ملغم/لتر. تبين التحليلات الكيميائية المتوفرة في منطقة الدراسة إن تركيز أيون النترات في جميع المواقع يفوق الحد المسموح به مما يجعلها مياه ملوثة وغير مقبولة للاستخدامات البشرية ولشرب الحيوان. أعلى قيمة سجلت لهذا الأيون هو في الموقع رقم 53 (الشكل 2) والبالغة 827 ملغم/لتر، أما أقل قيمة فقد لوحظت في الموقعين 47 و 55 وبلغت 52 ملغم/لتر (الملحق A) وجد (Dermine and Lamberts, 1987) أن هناك علاقة بين تراكيز أيونات النترات في المياه مع فصول السنة وهذه الاختلافات موضحة في الشكل (5)، فمن خلال تسقيط تركيز أيون النترات المقاس بالملغم/لتر لمواقع الآبار في منطقة الدراسة والتي تعود جميع مياهها لتكوين الفتحة، لوحظت زيادة في قيم التراكيز المقاسة خلال شهر حزيران/ 1976 عن تلك المقاسة في شهر كانون الأول من نفس السنة بصورة واضحة. ويرجع السبب في ارتفاع نسب هذا الأيون إلى التلوث الحاصل من تفسخ المواد العضوية للحيوانات والمتجمعة حول الآبار، إضافة إلى تأثير استخدام الأسمدة والمبيدات في الزراعة بعد غسلها من التربة، حيث تتشكل في التربة عن طريق تأكسد المواد العضوية بتأثير الأحياء المجهرية.

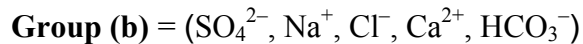
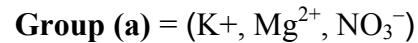


شكل 5: الخريطة الهيدروكيميائية لنوعية المياه الجوفية في النماذج المدروسة بأشكال سنيف (Stiff, 1951)

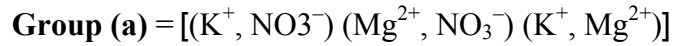
التحليل التجميعي أو العنقودي (Cluster analysis)

فسر الاختيار الإحصائي للمعلومات المتوفرة من خلال استخدام التحليل التجميعي والذي يعني به وضع المعلومات في أماكن متجانسة بشكل مجاميع تكون لها نفس الصفات ومتشابهة اعتماداً على ما يمتلكه كل نموذج من متغيرات وإيجاد العلاقة بين هذه المجاميع بترتيبها بشكل عناقيد شجرية (Dendograms) حسب ذلك التشابه (Davis, 1973). إن قوة ارتباط المتغير تمثل بمعامل الارتباط (r) (Correlation coefficient) الذي يكون قوياً اعتباراً من $r = 0.5 \pm$ ، لذا اعتمدت هذه القيمة كحد أدنى لقياس شدة الترابط بين مجاميع المتغيرات المختلفة في التحليل التجميعي لجميع النماذج.

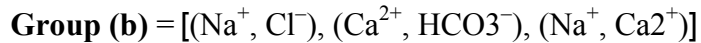
إن نتائج التحليل التجميعي موضحة في الجدول (2) الذي يبين أن العناصر الملتحمة تتباين من حيث التشابه والالتحام من مستوى عال بين العنصرين Na^+ و Cl^- إلى أدنى مستوى بين العنصرين Na^+ و K^+ ، كما ظهر من التخطيط البياني في الشكل (6) مجموعتين رئيسيتين، كان الارتباط بين متغيراتها عالياً، وتضم العناصر التالية:



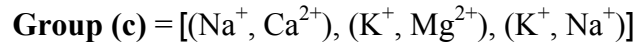
اعتماداً على قوة التشابه والتي تكون مقبولة إذا كانت أكبر من $0.5 \pm$ ، يتضح أن العناصر ذات التشابه المقبول تتمثل بالمجموعة (a) وهي:



أما المجموعة (b) تضم العناصر المتلاحمة التالية:



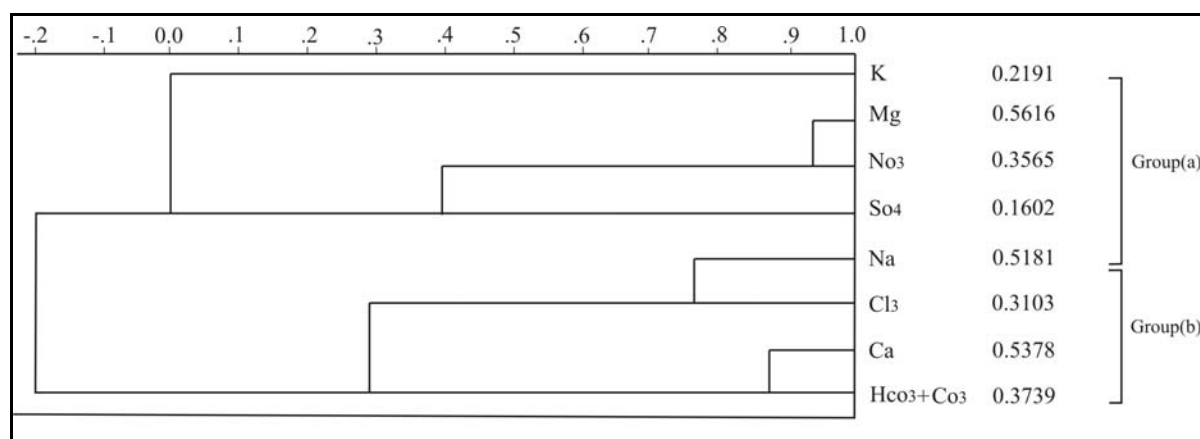
في حين أن العناصر ذات مستوى تشابه أقل من $0.5 \pm$ تتمثل بالمجموعة (c) وتضم عناصر ترابطها غير منطقي وضعيف وهي:



يستدل من هذه العلاقة إن الطبقات الصخرية الملحية لكوريد الصوديوم (NaCl) ونترات المغنيسيوم $[Mg(NO_3)_2]$ وبيكربونات الكالسيوم $[Ca(HCO_3)_2]$ وكبريتات الكالسيوم $(CaSO_4)$ هي المكونات الأكثر ذوباناً في المياه الجوفية باعتبارها تمثل العوامل المؤثرة، وبنسبة أقل كبريتات المغنيسيوم $(MgSO_4)$ وكبريتات الصوديوم (Na_2SO_4) .

جدول 2: يبين نتائج الربط المنفرد بالاعتماد على معامل الارتباط كمقياس للتشابه في نماذج منطقة الدراسة

المرحلة	مستوى التشابه	العناصر الملتحمة
1	0.5181	Na^+, Cl^-
2	0.5616	Mg^{2+}, NO_3^-
3	0.5378	Ca^{2+}, HCO_3^-
4	0.3103	Na^+, Ca^{2+}
5	0.3565	Mg^{2+}, SO_4^{2-}
6	0.2191	K^+, Mg^{2+}
7	0.1602	K^+, Na^+



شكل 6: يبين مخطط التحليل التجميعي لنماذج المياه الجوفية في منطقة الدراسة

صلاحية المياه للاستخدامات المختلفة

■ صلاحيتها لشرب الإنسان

اعتماداً على حدود تراكيز الأيونات الموجبة والسالبة عن القيمة القياسية المحددة التي فرضتها منظمة الصحة العالمية (WHO, 2006) المقاسة بجزء من المليون (ppm) وكذلك من مقارنتها مع المواصفات القياسية الأمريكية (U.S.P.H.S., 1962) والمواصفات القياسية العراقية (الجهاز المركزي للتقييس والسيطرة النوعية، 2001) (الجدول 3)، تعتبر مياه منطقة الدراسة ملوثة وغير صالحة للاستخدام البشري، إضافة إلى تلوثها بأيون النترات.

جدول 3: يبين المواصفات القياسية العالمية والأمريكية والعراقية

العناصر الرئيسية	المواصفات القياسية العالمية	المواصفات الأمريكية	المواصفات العراقية	مدى القيم للنماذج المدروسة
K ⁺	12	—	—	—
Na ⁺	200	200	200	1518 – 30
Mg ²⁺	50	50	50	354 – 15
Ca ²⁺	75	50	50	908 – 315
Cl ⁻	250	250	250	2208 – 19.96
SO ₄ ²⁻	250	250	250	8367 – 1463
HCO ₃ ⁻	350	—	—	299 – 67
T.D.S.	1000	1000	1000	10608 – 2495
NO ₃ ⁻	50	50	50	827 – 52

■ صلاحيتها لشرب الحيوانات

اعتمد تصنيفي (1972) Crist and Lowry و (1989) Ayers and Westcot لبيان صلاحية هذه المياه لشرب الحيوانات (الجدولان 4 و 5):

جدول 4: صلاحية المياه لشرب الحيوانات (حسب تصنيف (Crist and Lowry, 1972)

أنواع الحيوانات	الملوحة (ملغم/ لتر)
الدواجن	2860 ≥
الخيول	6435 ≥
مواشي الحليب	7150 ≥
مواشي اللحوم	10000 ≥
الأغنام	12900 ≥

جدول 5: صلاحية المياه لشرب الحيوانات (حسب Ayers and Westcot, 1989)

الملاحظات	صلاحية المياه	التوصيلية الكهربائية (مايكروموز/سم)
يستعمل لجميع أصناف الحيوانات	ممتاز	أقل من 1500
يستعمل لجميع الحيوانات ويحتمل حدوث إسهال وقتي للمواشي	مقبول جدا	1500 - 5000
يسبب إسهال وقتي للمواشي ويسبب موت للدواجن وتقليص النمو	مقبول للحيوانات وغير مقبول للدواجن	5000 - 8000
عدم إعطائه للحيوانات الحاملة والرضيعة وغير مقبول للدواجن	محدود استعماله للحيوانات وغير مقبول للدواجن	8000 - 11000
غير مقبول للحيوانات	محدود الاستعمال جدا	11000 - 16000
المخاطر عالية جدا ولا يوصى باستخدامه	لا يوصى باستخدامه	أكثر من 16000

بمقارنة قيم الملوحة لمياه الآبار ضمن منطقة الدراسة مع قيم الملوحة في التصنيفين المعتمدين (الجدولين 4 و 5) يتضح أن جميع المواقع غير صالحة لشرب الدواجن، لكن معظم المواقع صالحة لشرب بقية أنواع الحيوانات أو قد تكون قريبة إلى حد بداية زيادة المشاكل الصحية والتذوق.

■ صلاحيتها للأغراض الزراعية

لغرض تحديد صلاحية المياه للأغراض الزراعية، فقد تم الاعتماد على تصنيف Richards (1954) (الجدول 6)، الذي يعتمد على نسبة إمتزاز الصوديوم (SAR) والتوصيلية الكهربائية (EC)، كذلك تم الاعتماد على تصنيف Ayers and Westcot (1989) من أجل تحديد صلاحية المياه الجوفية لأغراض الزراعة (الجدول 7). اعتمادا على تصنيف Richard (1954) وحسب النتائج المسجلة في الجدول (6) تبين إن المياه الجوفية في المنطقة تنتمي إلى صنف ردي (C₄ - S₁) الذي يدل على عدم صلاحيتها لأغراض الزراعة. ويتضح من الجدول (7)، إن جميع المواقع تكون ملوحة المياه فيها أكثر من 2000 ملغم/ لتر، كما انه يلاحظ ارتفاع في قيم بعض الأيونات الموجبة والسالبة عن الحد المسموح به لاستخدامها في الزراعة.

جدول 6: صلاحية المياه للأغراض الزراعية (حسب تصنيف Richards, 1954)

SAR	Index	EC	Index
10-	S ₁	-250	C ₁
>10 - <18	S ₂	>250 - <750	C ₂
>18 - <26	S ₃	>750 - <2250	C ₃
>26	S ₄	>2250	C ₄
C ₁ S ₁		Excellent	ممتاز
C ₁ S ₂ , C ₂ S ₁ , C ₂ S ₂		Good	جيد
C ₁ S ₃ , C ₃ S ₁		Permissible	مسموح
C ₂ S ₃ , C ₃ S ₂ , C ₃ S ₃		Marginal	هامشي
C ₁ S ₄ , C ₂ S ₄ , C ₃ S ₄ , C ₄ S ₁ , C ₄ S ₂		Poor	ردي
C ₄ S ₃ , C ₄ S ₄		Very poor	ردي جدا

جدول 7: صلاحية المياه للأغراض الزراعية (حسب تصنيف 1989 Ayers and Westcot)

المتغير	الحد الأعلى للتركيز	وحدة القياس	المياه الجوفية في منطقة البحث
التوصيلية الكهربائية (EC)	3000	ميكروموز / سم	15154.3 - 1451.4
الأملاح الذائبة الكلية (TDS)	2000	ملغم / لتر	8164 - 2297
الصوديوم	920	ملغم / لتر	1518 - 30
المغنيسيوم	60	ملغم / لتر	396 - 30
الكالسيوم	400	ملغم / لتر	941 - 89.6
الكلوريد	1065	ملغم / لتر	2208 - 85
الكبريتات	960	ملغم / لتر	2843 - 1463
البكربونات	610	ملغم / لتر	299 - 67
البورون	2	ملغم / لتر	-
معامل امتزاز الصوديوم SAR	15	-	10.0 - 1.1
الحامضية pH	8.5	-	7.9 - 6.9

الاستنتاجات والتوصيات

- تتميز نوعية المياه الجوفية في منطقة الدراسة بأنها عالية الملوحة ولكنها تستخدم لتلبية احتياجات سكان المنطقة، وان الآبار القديمة قليلة الاستخدام وشحيرة الإنتاجية.
- إن مقدار ملوحة المياه الجوفية وتركيز الأيونات الموجبة والسالبة متقاربة نسبياً في المواقع المختلفة، لكن هناك ارتفاع في تركيز بعض الأيونات الرئيسية كالكلوريدات والكلورايد والصوديوم والكالسيوم، وارتفاع ملحوظ في تركيز أيون النترات الذي يصل إلى 827 ملغم/ لتر الذي يرجع إلى التلوث الحاصل من تفسخ المواد العضوية للحيوانات والمتجمعة حول الآبار، إضافة إلى تأثير استخدام الأسمدة والمبيدات في الزراعة بعد غسلها من التربة.
- إن المصدر الرئيسي لأيوني الكالسيوم والكلوريدات هو الصخور الجبسية الموجودة في تكوين الفتحة، كما تعتبر صخور الهالائيت المصدر الرئيسي لأيوني الصوديوم والكلورايد. فالمياه الجوفية الصاعدة عبر الشقوق تذيب الأملاح سريعة الذوبان وتنقلها ثم ترسبها على السطح لذلك تكون غنية بالـ $\text{Na}^+ \text{Cl}^-$ وفقيرة بالـ Ca^{2+} , Mg^{2+} , SO_4^{2-} .
- من خلال استخدام التحليل الإحصائي بواسطة الحاسب الآلي ظهرت نتائج مقارنة لتصنيف شولير - سولن، وقد دل على أن الطبقات الصخرية الملحية (NaCl) وطبقات الجبس (CaSO_4) المكونات الرئيسية لصخور المنطقة وهي الأكثر ذوباناً في المياه الجوفية نسبة إلى باقي الأنواع الصخرية باعتبارها تمثل أكثر العوامل المؤثرة.
- بينت الدراسة الحالية بصورة عامة إن المياه الجوفية في جميع المواقع غير صالحة للاستهلاك البشري وفي بعضها غير صالحة للزراعة وسقي الحيوانات وذلك للزيادة الحاصلة في تراكيز بعض العناصر الرئيسية.
- على ضوء الاستنتاجات أعلاه نوصي بجمع نماذج جديدة من مناطق مختارة بعيدة عن المناطق الملوثة بفضلات الحيوانات للتأكد من نسبة النترات في منطقة الجزيرة وعلى ضوء ذلك ممكن أن توضع خطة عمل مستقبلية لتحديد كمية النترات الموجودة في المياه، إضافة إلى تثبيت مدى تباين نسبها عن القيم الموجودة حالياً والتي تؤكد وجود قيم عالية جداً.

ملحق A: الخواص الكيميائية للمياه الجوفية في منطقة الدراسة ونوعية المياه

رقم النموذج	pH	Ca ²⁺ (ppm)	Mg ²⁺ (ppm)	Na ⁺ (ppm)	HCO ₃ ⁻ (ppm)	SO ₄ ²⁻ (ppm)	Cl ⁻ (ppm)	NO ₃ ⁻ (Ppm)	EC	TDS (mg/l)	نسبة امتزاز الصوديوم (SAR)	نوعية المياه
1	7.3	676	239	584	116	3313	941	316	7355.7	5149	4.9	Ca-Na-Mg-Sulphate chloride
2	7.4	600	292	280	122	2245	600	220	6330	4431	2.3	Ca-Mg-Sulphate Chloride
3	7.2	941	173	198	134	1880	430	144	5625	3958	1.6	Ca-Sulphate
4	7.4	670	244	1518	146	2609	2208	44.2	-	7767	-	Na-Ca-Chloride Sulphate
5	7.4	646	161	206	124	1784	490.7	214	-	8164	-	Ca-Mg-Chloride
6	7.3	639	141	206	134	1834	290	158	6180	3426	1.9	Ca-Sulphate
7	7.2	616	196	214	155	1939	269	326	5380	3766	1.9	Ca-Mg-Sulphate
8	7.3	641	207	242	103	2028	330	72.5	5552	3887	2.1	Ca-Mg-Sulphate
9	7.2	604	135	230	152	2071	295	106	5395.7	3777	2.2	Ca-Sulphate
10	7.3	646	244	252	122	2257	632	300	6512.9	4559	2.1	Ca-Mg-Sulphate Chloride
11	7.5	896	228	224	122	2043	529	146	6045.7	4232	1.7	Ca-Mg-Sulphate Chloride
12	7	577	119	198	183	1929	146	240	4930	3451	2	Ca-Sulphate
13	6.9	639	118	122	195	1737	256	172	4748	3324	1.2	Ca-Sulphate
14	7.3	941	137	206	153	1812	415	260	5748	4024	1.7	Ca-Sulphate
15	7.4	600	104	146	122	1741	195	108	4357	3050	1.4	Ca-Sulphate
16	7.05	618	208	175	122	2257	632	300	5474.3	4559	1.6	Ca-Sulphate
17	7.2	593	157	124	159	1820	195	150	4622.9	3236	1.2	Ca-Mg-Sulphate
18	7.5	562	322	154	98	2331	323	220	5804.3	4063	1.3	Ca-Mg-Sulphate
24	7.2	315	314	80	146	1703	167	142	4138.6	2897	0.8	Mg-Ca-Sulphate
25	7.3	585	199	160	134	1997	270	150	5050	3523	1.5	Ca-Mg-Sulphate
26	7.3	612	30	46	159	2268	268	160	5755.7	4029	4.9	Ca-Na-Sulphate
27	7.4	688	197	170	122	1972	309	226	5320	3724	1.5	Ca-Mg-Sulphate
28	7.3	608	149	160	134	1878	341	86	4842.9	3390	1.5	Ca-Mg-Sulphate
29	7.5	600	145	140	140	1695	259	88	4438.6	5107	1.3	Ca-Mg-Sulphate
30	7.5	595	345	248	134	8367	568	284	15154.3	10608	2	Ca-Mg-Sulphate
31	7.25	596	234	283	140	2256	411	194	-	4165	-	Ca-Mg-Sulphate Chloride
33	7.1	626	102	220	134	1907	234	157	5000	3500	2.1	Ca-Sulphate
35	7.3	651	354	600	128	2522	451	128	8221.4	5755	4.7	Ca-Mg-Na-Sulphate
36	7.2	626	235	394	171	2268	504	171	6734.3	4714	3.4	Ca-Mg-Na-Sulphate
37	7.1	616	304	370	134	2365	554	134	6741.4	4719	3	Ca-Mg-Sulphate
38	7.15	651	339	629	171	2824	898	204	8305	5814	5	Ca-Mg-Na-Sulfate Chloride
39	7.9	601	343	787	134	2843	895	296	8567.1	5997	6.3	Ca-Mg-Na-Sulfate Chloride
40	7	908	174	182	67	2981	270	306	7154.3	5008	1.5	Ca-Sulfate
42	7.4	716	218	510	140	2385	817	306	7581.4	5167	4.3	Ca-Na-Mg-Sulphate
43	7.5	629	50	129	116	1748	85	151	4224.3	2957	1.3	Ca-Sulfate
44	7.4	637	47	223	79	1904	149	25	4491.4	3144	2.3	Ca-Sulfate
45	7.6	629	136	253	183	1463	356	213	5430	3861	2.3	Ca-Sulfate
46	7.7	669	43	230	92	1896	213	151	4881.4	3417	2.3	Ca-Sulfate
47	7.5	643	23	30	177	1520	32	52	3564.3	2495	0.3	Ca-Sulfate
48	7.6	601	29	105	110	1508	57	87	6060	3555	1.1	Ca-Sulfate
49	7.4	701	15	193	104	1778	128	220	5700	3170	3.8	Ca-Sulfate
50	7.4	649	162	215	177	2134	234	250	5584.3	3909	1.9	Ca-Mg-Sulfate
51	7.3	625	121	310	128	2209	341	130	5677.1	3974	3.7	Ca-Na-Sulfate
52	7.6	721	243	863	158	2283	1427	123	8368.6	5858	7.1	Na-Ca-Sulfate
53	7.6	804	396	745	146	2533	1853	827	9674.3	6772	5.4	Ca-Mg-Na-Sulfate Chloride
54	7.8	637	204	380	128	2329	501	54	-	4264	-	Ca-Mg-Na-Sulfate
56	7.6	737	190	450	158	2118	858	109	6617.1	4632	3.0	Na-Ca-Sulfate Chloride
57	7.6	789	344		299	2791	2183	177	1451.4	8016	10	Na-Ca-Chloride Sulfate
58	7.4	770	112	225	165	1760	469	189	5294.3	3706	2	Ca-Sulfate
60	7.4	651	142	280	159	2085	305	139	5050	3806	2.7	Ca-Sulfate
61	7.4	726	148	275	153	1891	19.96	130	5482.9	3832	2.4	Ca-Sulfate Chlorite

المصادر

- البدر، عباس صالح، 1986. التحريات الجيولوجية وتقدير الاحتياطي الملحي لأهم ممالح وسط الجزيرة، محافظة نينوى. جيسرف، تقرير داخلي رقم 1554.
- الراوي، إبراهيم، 1970. المصادر الملحية العراقية، جيسرف، تقرير داخلي رقم 426.
- الجهاز المركزي للتقييس والسيطرة النوعية، 2001. التقييس والسيطرة النوعية، المواصفة رقم 417، بغداد، العراق.
- المصلح، شهلة صالح زكي، 1994. دراسة هيدروكيميائية لأملاح منطقة الجزيرة. جيسرف، تقرير داخلي رقم 2215.
- Al-Jiburi, H.K. and Al-Basrawi, N.H., 2009. Hydrogeology of Al-Jazira Area, Iraqi. Bull. Geol. Min. Special Issue, No.3, p. 71 – 84.
- Al-Jumaily, R.M., 1976. Report on the regional geological mapping of Al-Jazira (Bawara – Ash-Sha'abani Area). GEOSURV, int. rep. no. 771.
- Al-Rawi, I.A., 1968. Report on salt occurrence in the Jazira. GEOSURV, int. rep. no. 329.
- Al-Rawi, N.N. and Tesh, H., 1971. Project report on Hydrogeological Investigation on the Boara salt deposit. GEOSURV, int. rep. no. 507.
- Al-Rawi, I.A., Al-rawi, N.N. and Ghazzoul, S.Y., 1973. Report on environmental conditions of Boara salt deposit and results of salt production experimentation. GEOSURV, int. rep. no. 564.
- Araim, H.I., 1983. Report on Regional Hydrogeology of the Jezera desert. GEOSURV, int. rep. no. 1411.
- Ayers, R.S. and Westcot, D.W., 1989. Water quality for agriculture. Irrigation and Drainage. Paper 29, Rev.1, FAO, Roma, Italy, 174pp.
- Crist, M.A. and Lowry, M.E., 1972. Ground water resources on Natrona County Wuyming. A study of the availability and chemical quality of groundwater, geological survey water supply paper 1897. U.S. Government Printing Office, Washington, 92pp.
- Davis, J.C., 1973. Statistics and Data Analysis in Geology. John Wiley and Sons, Inc. New York. 550pp
- Dermine, B. and Lamberts, L., 1987. Nitrate nitrogen in the Belgian course of the Meuse river-Fate of the concentration and origin of the inputs. Jour. of Hydrology, Vol.93, p. 91 – 99.
- Hem, J.D., 1970. Study and interpretation of the chemical characteristic of natural water, 2nd edit. U.S.G.S. Water Paper 1473, 363pp.
- Hassan, H.A., 1981. Hydrogeological condition of the centre of Erbil Basin, North of Iraq. Unpub. Ph.D. Thesis, Baghdad University.
- Parsons, R.Eng. Co., 1955a. Groundwater Resources of Iraq, Vol.2. GEOSURV, int. rep. no. 409.
- Parsons, R.Eng. Co., 1955b. Groundwater Resources of Iraq, Vol.5. GEOSURV, int. rep. no.412.
- Richard, L.A., (Ed.), 1954. Diagenesis and improvement of saline and alkali soils. Agric. Handbook, 60. U.S. Dept. Agric. Washington D.C., 160pp.
- Salih, H.A., 1976. Sedimentology of some Miocene – Pliocene sediments from southwest, Badiat Al-Jazira. GEOSURV, int. rep. no. 777.
- Stiff, H.A., 1951. The interpretation of chemical water analysis by means of patterns. Jour. Pet. Tech., Vol.3, No.10, p. 15 – 17.
- U.S.P.H.S., 1962. Drinking water standards. Public Health Service Pub. 956, 61pp.
- WHO, 2006. Guide lines for Drinking Water Quality. World Health Organization.