

## الخصائص الهيدروكيميائية للمياه الجوفية

### لحوض وادي عوينة شمال غرب الموصل - العراق

محمد عبيد قاسم ، صبار عبد الله صالح ، نجم عبد الله كامل الكراعي  
قسم علوم الأرض التطبيقية، كلية العلوم، جامعة تكريت، تكريت، العراق  
mohammed.obaid@st.tu.edu.iq

#### مستخلص:

جمعت تسعة عشر عينة من المياه الجوفية من عدة إبار جوفية تقع على أعماق ومواقع متباينة في جميع أنحاء حوض وادي عوينة، تم جمع العينات في شهر تشرين الثاني 2024، ويهدف البحث إلى التأكد من أن تراكيز العناصر ضمن الحدود المقبولة في معايير مياه الشرب العراقية، كذلك صلاحية هذه المياه للاستخدام الحيواني والري، تم إجراء الفحص لمجموعة الأيونات ( $Na^+$ ,  $Mg^{+2}$ ,  $Ca^{+2}$ ) والكاتيونات الرئيسية ( $Cl^-$ ,  $So_4^{-2}$ ,  $Hco_3^{-2}$ ) والتي تركزت نسبها في وسط الحوض وإجمالي المواد الصلبة الذائبة والرقم الهيدروجيني (PH) إضافة إلى التوصيلية الكهربائية وبقية الخصائص الأخرى، كما تم تصنيف عينات المياه الجوفية بالاعتماد على تصنيف بابير 1944، وستيف 1951، حيث أشارت النتائج إلى أن جميع العينات للمياه الجوفية غير صالحة للاستهلاك البشري وذلك لارتفاع معدلات العناصر عن المحددات العراقية والعالمية لمياه الشرب، كما تم حساب العسرة الكلية لنماذج المياه وأشارت نتائج العسرة أن أغلب نوعية المياه في حوض وادي عوينة من النوع العسر جدا، وأن صلاحية نماذج المياه للاستهلاك الحيواني صالحة بدرجة جيدة إلى جيدة جدا، أما معدلات نتائج التحليل للمياه من الناحية الري تبين النتائج أن المياه تمتاز بارتفاع نسب تراكيز (المغنيسيوم، الكبريتات، البيكربونات) عن النسب المسموح بها، أما بالاعتماد على قيمة كربونات الصوديوم المتبقية (RSC) تعد جميع العينات للآبار صالحة للري.

**الكلمات المفتاحية:** الخصائص الهيدروكيميائية، حوض وادي عوينة، المياه الجوفية.

## Hydrochemical Properties of Groundwater in Valley Awaina Basin, Northwest of Mosul, Iraq

Mohammed Obaid Qasim ، Sabbar Abdullah Saleh ، Najm Abdullah Kamel Al-Karai  
Department of Applied Earth Sciences, College of Science, Tikrit University, Tikrit, Iraq  
mohammed.obaid@st.tu.edu.iq ، mohamedgeo85@gmail.com

#### Abstract:

Nineteen groundwater samples were collected from several groundwater wells located at different depths and locations throughout the Valley Awaina basin. The samples were collected in November 2024. The research aims to ensure that the concentrations of elements are within the acceptable limits of the Iraqi drinking water standards, as well as the suitability of this water for irrigation. Testing was conducted for a group of anions ( $Na^+$ ,  $Mg^{+2}$ ,  $Ca^{+2}$ ) and the main cations ( $Cl^-$ ,  $So_4^{-2}$ ,  $Hco_3^{-2}$ ) whose concentrations were concentrated in the center of the basin, total dissolved solids, pH, electrical conductivity, and other properties. The groundwater samples were classified based on the classification of Baber (1944), Steiff (1951). The results indicated that all groundwater samples are unfit for human consumption due to the high levels of elements exceeding the Iraqi standards for drinking water. The total hardness of the water samples was also calculated, and the hardness results indicated that most of the water quality in the Valley Awaina basin is very hard. As for the rates of water analysis results from the irrigation aspect, the results show that the water is characterized by high concentrations of (magnesium, sulfates, bicarbonates) above the permissible levels. As for relying on the value of residual sodium carbonate (RSC).

**Keywords:** Hydrochemical properties, Valley Awaina basin, groundwater.

**مقدمة:**

المناطق ولا سيم مشاريع الاسالة، لذا تعد دراسة نوعية الخصائص الهيدروكيميائية لهذه المياه ضروري جدا كونه يلامس صحة التجمعات البشرية التي تعتمد في معيشتها على هذه المياه سواء للشرب او لسقي الحيوانات او الري والاستخدامات الأخرى. وفي الآونة الأخيرة نرى ازدياد في الطلب على موارد المياه، حيث أدت الضغوط الناجمة عن الطلب المرتفع على الموارد المائية، والانخفاض المستمر في معدلات كميتها إلى تغييرات كبيرة في الوضع الهيدرولوجي في العراق خلال الثلاثين سنة الماضية، إضافة الى الهدر الكبير في ملف المياه والتي يهدر خلالها 90% من اجمالي المياه في العراق من أنظمة الصرف التقليدية والغير متوازنة وفي المقابل لا يلبي القطاع الزراعي سوى نسبة ضئيلة من احتياجات البلد من الغذاء (Al-Ansari et al, 2021).

**اهداف الدراسة:**

1. تقييم جودة المياه الجوفية لمنطقة الدراسة من خلال دراسة الخصائص الفيزيائية والكيميائية.
2. دراسة هيدروكيميائية المياه الجوفية لمنطقة الدراسة.
3. تقييم ملائمة المياه الجوفية لشرب الانسان واستعمالات المياه للري.
4. تصنيف نوعية المياه بالاعتماد على تصنيف المياه لعدة علماء منهم ستيف وبابير.

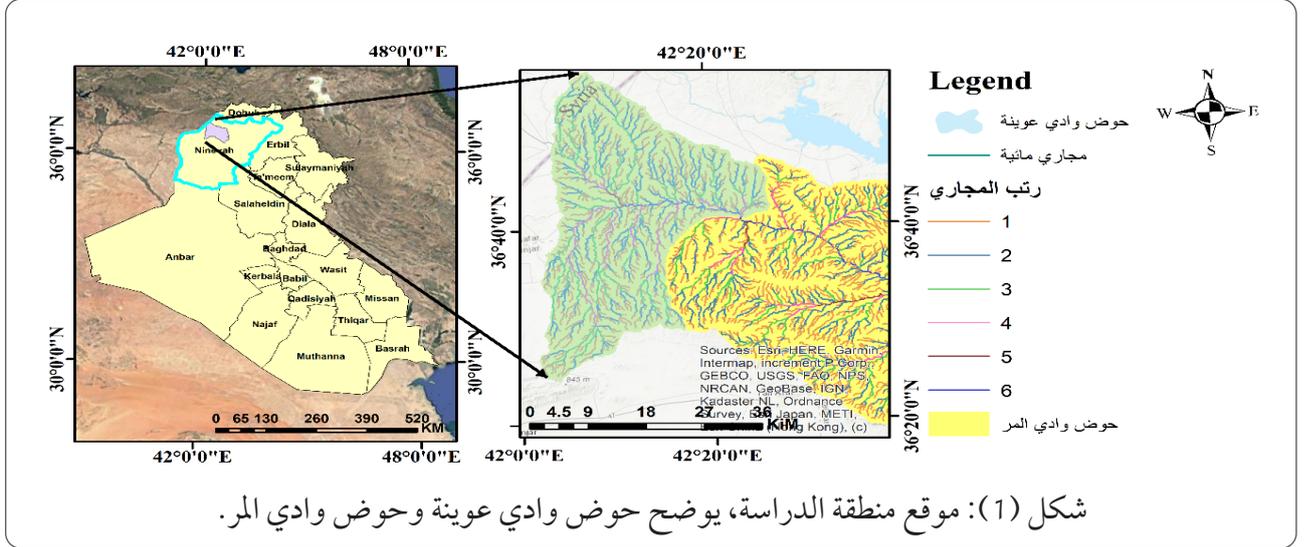
**المواد وطرق البحث:****منطقة الدراسة:**

يقع حوض وادي عوينة شمال غرب مدينة الموصل على مسافة 95 كم، بين خطي طول خطي طول (42° 26' 47" - 42° 00' 55") شرقا، ودائرتي عرض (36° 24' 48" - 36° 56' 27") شمالا، حيث بلغ طول الحوض (57.54) كم

تُعد هيدروكيميائية المياه الجوفية من المجالات الحيوية التي تسلط الضوء على التفاعلات الكيميائية التي تحدث بين المياه الجوفية والمواد الجيولوجية المحيطة بها، تلعب هذه التفاعلات دورًا محوريًا في تحديد جودة المياه الجوفية ومدى صلاحيتها للاستخدامات المختلفة، سواء كانت زراعية، صناعية، أو حتى للشرب، مع التطور التكنولوجي الحديث، أصبحت المصادر الحديثة مثل تقنيات التحليل الكيميائي المتقدمة من الأدوات أساسية لفهم أعمق لهذه التفاعلات، يهدف هذا البحث إلى استكشاف العلاقة بين هيدروكيميائية المياه الجوفية وجيولوجية حوض الدراسة لوادي عوينة، بالإضافة إلى إذابة المواد الصخرية، فإن العمليات الأخرى التي تغير التركيب الكيميائي للمياه الجوفية هي تبادل الأيونات والترشيح الغشائي واختزال الكبريتات، كما يؤثر المناخ وطول مسار التدفق على جودة المياه (Singhal & Gupta, 2010).

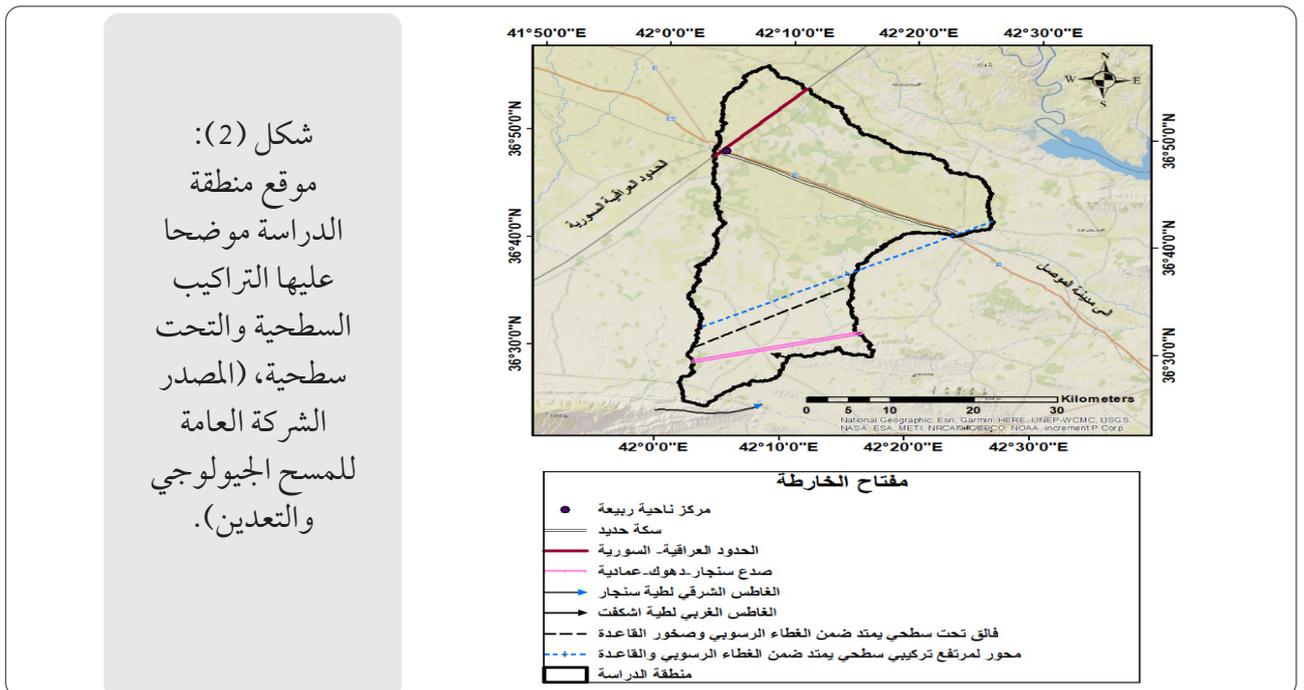
إن جودة المياه وتوفرها من المؤشرات المهمة لتنمية الموارد المائية لما للمياه دور فعال في التنمية الاقتصادية، كما إن تقييم جودة المياه لأي مصدر للمياه أمر حيوي لجميع الأغراض (Sokolo & Chapma, 1974)، وقد طورت الأمم المتحدة الحق في المياه ضمن مجموعة من المؤشرات القائمة على ثلاثة عناصر رئيسية: توافر المياه، وجودة المياه، وإمكانية الوصول إليها (Gain et al. 2016)، مما دفع الى عمل مثل هذه الدراسات والبحوث في الآونة الأخيرة هي ازدياد حفر الابار في محافظة نينوى واستخدامها للأغراض المتنوعة والسبب الرئيسي يعود الى انخفاض او انعدام وصول المياه الى هذه

وعرضه (21.965) كم، يعتبر حوض وادي عوينة وحوض ثانوي لوادي المر الذي يتكون من عدة وديان وتكون وادي المر الذي يصب في نهر دجلة عند قري اسكي موصل شكل (1).



سنجار ضمن منطقة الدراسة وهي طية غير متناظرة طولية واسعة ذات اتجاه شرق - غرب، ينكشف في لب الطية تكوين شرانش، شكل (2)، ما اغلب منطقة الدراسة تتألف من ترسبات العصر الرباعي، وتتكشف التكوينات التالية في منطقة الدراسة من الاقدم الى الاحدث، جدول (1):

طباقية وجيولوجية المنطقة:  
تحتوي منطقة الدراسة على أجزاء من طيتي سنجار وأشكفت المحدثين، (طية أشكفت تتكون من قبتين بطول حوالي 40 كم ذات اتجاه شرق - غرب ويشكل تكوين الفتحة الكتلة الرئيسية لها)، اما طية سنجار يتواجد الجزء الشمالي الشرقي من طية



جدول (1): التابع الطباقى للتكاوين المنكشفة ضمن منطقة الدراسة.

العصر	العمر	البيئة	التكوين الجيولوجي
Quaternary	Holocene (Pleistocene)	قارية	الترب المتبقية
			ترسبات المنحدرات
			المصاطب النهرية
Tertiary	Pliocene	قارية عذبة	المقدادية
	Upper Miocene	بحرية قارية	انجانة
	Middle Miocene	بحرية	الفتحة (المستوى العلوي)
	Middle Miocene	بحرية	الفتحة (المستوى السفلي)
	Lower Miocene	مياه بحرية عميقة	سريكانني
	Middle Eocene	مياه عميقة ودافئة مع ملوحة اعتيادية	جدالة

الطفل وحجر الكلس، سمك التكوين ضمن طية نجار يصل الى (300) متر، وبيئة الترسيب هي المياه البحرية العميقة (الشركة العامة للمسح الجيولوجي والتعدين، 2007).

### 3. تكوين الفتحة (Middle Miocene):

ينكشف تكوين الفتحة عند طيتي سنجار وأشكفت وبعض الوديان، مشكلاً كتلة الطيات الرئيسية بعضويه العلوي والسفلي، ويغطي 38.92 كم<sup>2</sup> (%3.54 من مساحة الدراسة). يتألف من الجبس والحجر الكلسي والطفل، ويبلغ سمكه 630 م في سنجار و350 م في أشكفت، بيئة ترسيب لاقونية عالية الملوحة ناتجة عن انفتاح وانغلاق اللاكون مع مياه البحر وفترات تبخر مرتفعة (الشركة العامة للمسح الجيولوجي والتعدين، 2007). في المقطع المثالي، سمك العضو السفلي 220 م ويضم وحدة قاعدية من الحجر الجيري العضوي الدُرقي والأنهيدرايت ومارل دولومانياتي أخضر، يليه أنهيدرايت متداخل دورياً مع المارل

التكوينات الجيولوجية المنكشفة ضمن منطقة الدراسة:

### 1. تكوين جدالة (Middle Eocene):

ينكشف التكوين ضمن منطقة الدراسة في طية سنجار على شكل شريط بمساحة تقدر بحوالي 2 كم<sup>2</sup> بنسبة مئوية تقدر بحوالي 0.18 % من مساحة منطقة الدراسة، ويتكون تكوين جدالة من الطفل وحجر الكلس الطفلي في طبيعة تعايقية، شكل (3)، سمك التكوين في طية سنجار حوالي 500 متر، بيئة الترسيب بيئة مياه عميقة ودافئة مع ملوحة اعتيادية (الشركة العامة للمسح الجيولوجي والتعدين، 2007).

### 2. تكوين سريكانني (Miocene Lower):

ينكشف هذا التكوين في طية سنجار على شكل شريط بمساحة قليلة تقدر بحوالي 0.719 كم<sup>2</sup> فقط بنسبة مئوية تقدر بحوالي (%0.065) من مساحة منطقة الدراسة، يتكون هذا التكوين من الحجر الكلس الطفلي، حجر الكلس الرملي،

سنجار يبلغ 700 متر، بيئة الترسيب بيئة مياه عذبة حيث تم الترسيب في احواض سريعة الهبوط مقابل مناطق جبلية سريعة العلو (الشركة العامة للمسح الجيولوجي والتعدين، 2007).

#### 6. تربة متبقية (Pleistocene-Holocene):

ان معظم منطقة الدراسة هي عبارة عن تربة متبقية ناتجة من تعرية الصخور الام للتكوينات المنكشفة حول وداخل منطقة الدراسة، وان أصل هذه الترب هي نواتج التعرية والتجوية المائية والهوائية التي تؤثر على الصخور الاصلية وتؤدي الى تفككها وبالتالي نقلها الى منطقتها الحالية، هذه التربة تكون ذات نوع رملي او تربة مزيجيه وفي بعض الاحيان جبسية، وان المساحة التي يغطيها تقدر بحوالي 950.76 كم<sup>2</sup> من مجموع المساحة الكلية المقدرة ب 1095.11 كم<sup>2</sup>.

#### 7. ترسبات المراوح الفيضية

#### (Pleistocene-Holocene):

تتواجد المراوح الفيضية على أطراف طيبي سنجار وأشكفت المحدثين وتتكون من قطع صخور حجر الكلس والدولستون ومواد سمنتية من الرمل والطين والكلس.

#### 8. ترسبات المنحدرات (Pleistocene-Holocene):

عبارة عن قطع صخرية من حجر الكلس والدولستون والمواد الأسمنتية تتمثل بالمواد الرملية الغرينية والكلسية، تتواجد في جنوب منطقة الدراسة عند سفوح الجبال، جدول (2).

والحجر الجيري الرقيق. أما العضو العلوي فسمكه 400 م ويتكون من تتابع دوري من الحجر الطيني الأخضر والأحمر والجبس مع طبقات قليلة من الحجر الجيري (Oolitic) أو القشري المعاد التبلور، وتوجد قرب القمة طبقات حجر جيري من نوع Calcarenite (Jassim & Goff, 2006).

#### 4. تكوين انجانة (الفارس الاعلى)

#### (Upper Miocene):

ينكشف التكوين في مناطق صغيرة ومتناثرة ضمن منطقة الدراسة عادة (على سفوح الطيات والوديان) لان غالبية منطقة الدراسة تكون مغطاة بالرواسب الرباعية، وتبلغ المساحة التي يغطيها بحوالي 15.1 كم<sup>2</sup> من مجموع مساحة منطقة الدراسة وبنسبة مئوية تقدر بحوالي 1.37٪ من مساحة منطقة الدراسة، يتكون بصورة رئيسية من تعاقبات من الحجر الرملي والحجر الغريني والحجر الطيني على شكل دوري، سمك التكوين في طية أشكفت 383 متر، بيئة الترسيب بيئة مياه نهريه عذبة الى بيئة انتقالية (من لاكون بحري حقيقي الى بيئة قارية) (الشركة العامة للمسح الجيولوجي والتعدين، 2007).

#### 5. تكوين المقدادية (Pliocene):

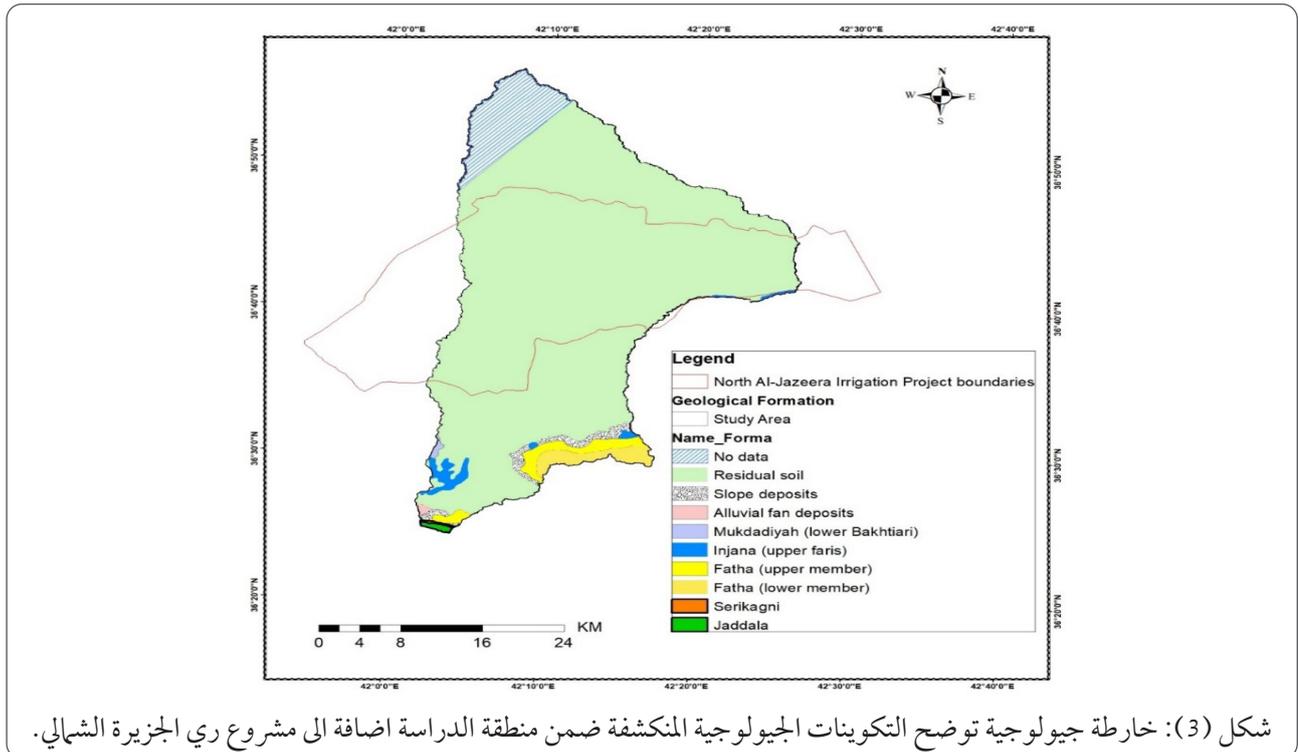
ينكشف هذا التكوين ضمن منطقة الدراسة في بعض الوديان على بعد حوالي 7 كم شمال طية سنجار (ولا ينكشف هذا التكوين في جنوب طية سنجار) بمساحة صغيرة تقدر بحوالي 1.35 كم<sup>2</sup> بنسبة مئوية تقدر بحوالي 0.12٪ من مساحة منطقة الدراسة، يتألف التكوين من حجر رملي حصوي، حجر رملي، حجر غريني وحجر طيني، مع انخفاض واضح في سمك تطبق الحجر الرملي في الدوريات نحو الاعلى، سمك التكوين في طية

جدول (2) المساحات والنسب المئوية للتكوينات الجيولوجية المنكشفة في منطقة الدراسة.

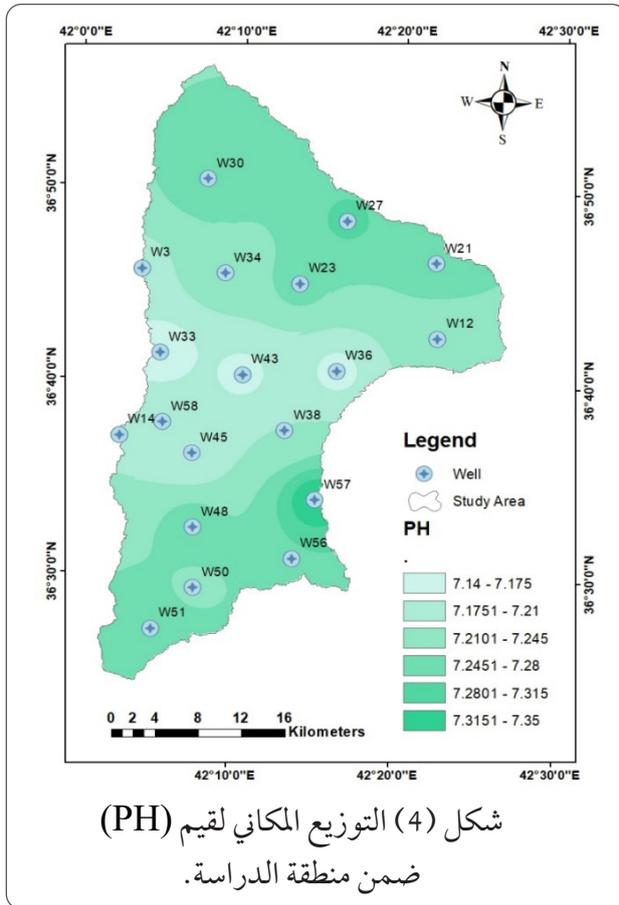
ت	اسم التكوين المنكشف	المساحة المنكشفة (كم <sup>2</sup> )	نسبة المساحة المنكشفة للتكوينات الجيولوجية بالنسبة للمساحة الكلية لمنطقة الدراسة (%)
1	جدالة	2	0.18%
2	سريكانني	0.719	0.066%
3	الفتحة	38.92	3.55%
4	انجانة	15.1	1.38%
5	المقدادية	1.35	0.12%
6	ترب متبقية	950.76	86.7%
7	ترسبات المراوح الفيضية	1.15	0.1%
8	ترسبات المنحدرات	15.63	1.43%
9	أراضي حوض منطقة الدراسة في القطر السوري	69.5	6.47%
10	مساحة منطقة الدراسة الكلية	1095.11	100%

مياه الري الزائدة يتم اضافتها الى وادي عوينة مما يؤدي الى تغييرات مستقبلية في نوعية المياه ضمن منطقة الدراسة، شكل (3).

اضافة الى اهمية موقع منطقة الدراسة ان مشروع ري الجزيرة الشمالي التي يقع على مساحات واسعة من منطقة الدراسة، مما يعطي اهمية كبيرة حيث يسقي مساحات واسعة من منطقة الدراسة وكمية



السالب لتركيز أو فعالية أيون الهيدروجين، ويُعد مقياساً للحامضية والقاعدية في الظروف الاعتيادية (Langmuir, 1997). يؤثر مباشرة في التفاعلات الكيميائية والجيوكيميائية للمياه الجوفية، ويُعبر عنه بالمعادلة:  $pH = -\log[H^+]$ . في الماء النقي تكون القيمة متعادلة ( $pH = 7$ )، أما في المياه الجوفية فتتراوح غالباً بين 6.5-8.5، مع احتمال انخفاضها في بعض الينابيع الحارة (Boyd, 2000). في منطقة الدراسة تراوحت القيم بين 7.14-7.35 (شكل 4، ملحق (1)).



## 2. إجمالي المواد الصلبة الذائبة (TDS):

إجمالي المواد الصلبة الذائبة (TDS) هو مقياس لجودة المياه، ويعبر عن كمية المواد الصلبة المتبقية (ملغم/لتر) بعد تبخر العينة حتى الجفاف.

## المواد وطرق العمل:

تمثلت الدراسة الهيدروكيميائية للمياه الجوفية في منطقة الدراسة عمل تحليلات كيميائية للأيونات الرئيسية والمتمثلة: بالأيونات الموجبة (Cations) وشملت ايونات الصوديوم (+Na)، والكالسيوم (+Ca)، والمغنيسيوم (Mg<sup>++</sup>)، إضافة الى الايونات السالبة (Anions) وشملت الكلوريد (-Cl)، والكبريتات (SO<sub>4</sub><sup>-</sup>)، والبيكربونات (HCO<sub>3</sub><sup>-</sup>)، كما تم قياس الصفات الفيزيوكيميائية للمياه الجوفية والمتمثلة بالتوصيلية الكهربائية (- Conductivity Electrical) والمواد الصلبة الذائبة (Total Dissolved Salts) إضافة الى الرقم الهيدروجيني (pH).

الاستخدام التقليدي لتحليلات المياه في علم الهيدروولوجيا هو إظهار التوزيع الإقليمي لتركيبات المياه على خريطة، تُفيد هذه الخرائط الجهات البيئية، ومديري موارد المياه، وعمال الحفر، وغيرهم من الممارسين في تحديد طبقات المياه الجوفية ذات جودة المياه الجوفية الجيدة، كما أنها مفيدة لإجراء تقييم أولي للعلاقة بين معادن طبقة المياه الجوفية وتركيب المياه الجوفية، على سبيل المثال، من المرجح أن تحتوي المياه الجوفية من طبقة المياه الجوفية الجيرية على تركيزات عالية من الكالسيوم والبيكربونات (Appelo & Postma, 2004).

تم جمع 19 نموذج مياه للآبار ضمن منطقة الدراسة، وتم تحليلها في مختبر الهيئة العامة للمياه الجوفية في بغداد، وتم توزيع نتائج التحليلات مكانياً ضمن خرائط منطقة الدراسة بالاعتماد على تراكيز العناصر وقيم الخصائص الفيزيوكيميائية.

## 1. الرقم الهيدروجيني (PH)

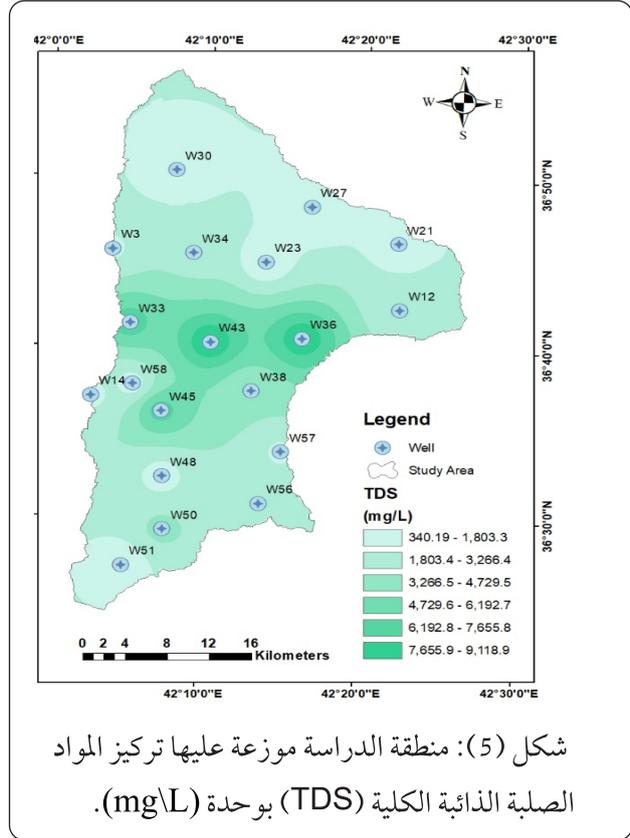
الأس الهيدروجيني (pH) هو اللوغاريتم

جدول (3) تصنيف مياه الشرب حسب تصنيف منظمة الصحة العالمية بدلالة التوصيلية الكهربائية.

ت	نوعية المياه	التوصيلية الكهربائية بوحدة ميكرو سيمنز / سم $\mu\text{S/cm}$
1	مياه ممتازة	400 – 50
2	مياه جيدة	750 – 400
3	مياه متوسطة	1500 – 750
4	مياه ذات املاح معدنية عالية	أكبر من 1500

وكانت قيم التوصيلية الكهربائية لنماذج مياه الابار منطقة الدراسة تتراوح ما بين (504 – 14130)  $\mu\text{S/cm}$  بمعدل (4505,8)  $\mu\text{S/cm}$ ، وبمقارنة نتائج القيم ال (19) مع جدول (3)، يتبين بأن (15) منها يندرج تحت مياه ذات املاح معدنية عالية و (3) منها مياه متوسطة و (1) يندرج تحت صنف مياه جيدة، وعند توزيع نسبة التوصيلية الكهربائية على منطقة الدراسة نلاحظ تركيز نسبة التوصيلية الكهربائية في وسط منطقة الدراسة متماشية مع نسب ال TDS شكل (6).

يتكون أساساً من الكاتيونات ( $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ ,  $\text{Na}$ ) والأيونات ( $\text{Cl}^-$ ,  $\text{SO}_4^{2-}$ ,  $\text{HCO}_3^-$ ,  $\text{CO}_3^{2-}$ )، إضافةً إلى السليكا غير الأيونية التي قد تشكل مكوناً رئيسياً، وتشكل هذه العناصر معظم المادة المعدنية في المياه) (Fetter, 2001) شكل (5).

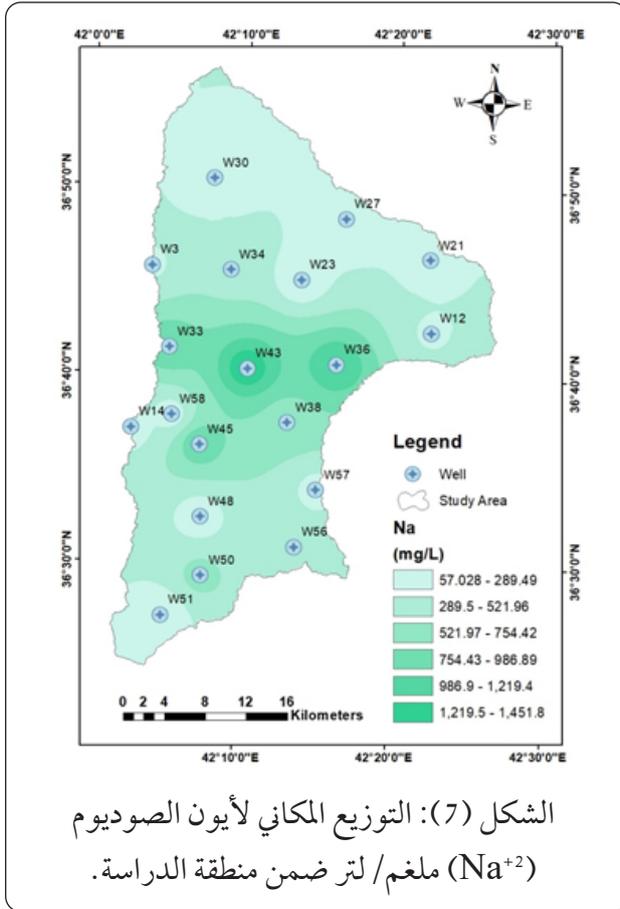


شكل (5): منطقة الدراسة موزعة عليها تركيز المواد الصلبة الذائبة الكلية (TDS) بوحدة (mg/L).

### 3. التوصيلية الكهربائية:

تعطي التوصيلية للمياه فكرة عن مستوى تركيز الأيونات والملوحة، حيث انه كلما زادت قيمة التوصيلية نتوقع بالتالي زيادة في تركيز الأيونات والملوحة، ويرجع السبب في ذلك الى ان التوصيل الكهربائي يحدث نتيجة وجود الأيونات القادرة على حمل التيار الكهربائي (Emhanna et al, 2018). وقد صنفت منظمة الصحة العالمية المياه الصالحة للشرب بدلالة التوصيلية الكهربائية كما في الجدول ادناه:

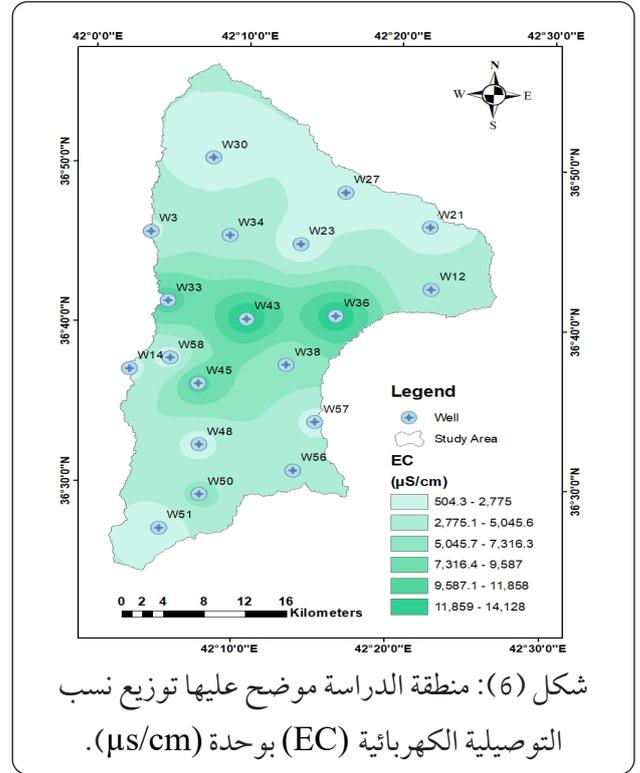
طعمًا مالِحًا عند اقترانه بالكلوريد لم تُحدد قيمة إرشادية صحية نظرًا لصالته مساهمته في مياه الشرب للاستهلاك اليومي (WHO, 2011)، في منطقة الدراسة تراوحت تراكيزه بين 57-1452 ملغم/ لتر، مع تركيز أعلى في الوسط (شكل 7).



الشكل (7): التوزيع المكاني لأيون الصوديوم ( $\text{Na}^{+2}$ ) ملغم/ لتر ضمن منطقة الدراسة.

## 2. ايون المغنيسيوم ( $\text{Mg}^{+2}$ )

عند تجاوز تركيز المغنيسيوم 0.1 ملغم/ لتر يسبب طعمًا غير مستحب، وقد يؤدي وجوده في مياه الشرب، كما هو الحال مع الحديد، إلى تراكم الرواسب في أنظمة التوزيع. التركيزات الأقل من 0.1 ملغم/ لتر مقبولة للمستهلكين، حتى عند 0.2 ملغم/ لتر (WHO, 2011)، بينما حددت منظمة الصحة العالمية الحد المسموح به في مياه الشرب



شكل (6): منطقة الدراسة موضح عليها توزيع نسب التوصيلية الكهربائية (EC) بوحدة ( $\mu\text{S}/\text{cm}$ ).

## الايونات الرئيسية:

تشمل الاملاح غير العضوية المتكونة من الكاتيونات الرئيسية الموجودة في الماء ( $\text{Mg}^{+2}$ ,  $\text{Ca}^{+2}$ ,  $\text{Na}^{+2}$ ) والانيونات سالبة الشحنة ( $\text{Hco}^{3-}$ ,  $\text{Cl}^{-}$ ,  $\text{SO}_4^{-2}$ ), في المياه الطبيعية تشكل هذه الأنواع الجيوكيميائية السبعة الرئيسية عموماً أكثر من 95% من المواد الصلبة الذائبة، وهي مشتقة من التجوية المعدنية إضافة إلى مصادر بشرية المنشأ مثل الأنشطة الصناعية والزراعية.

## الايونات الرئيسية الموجبة:

### 1. ايون الصوديوم ( $\text{Na}^{+2}$ )

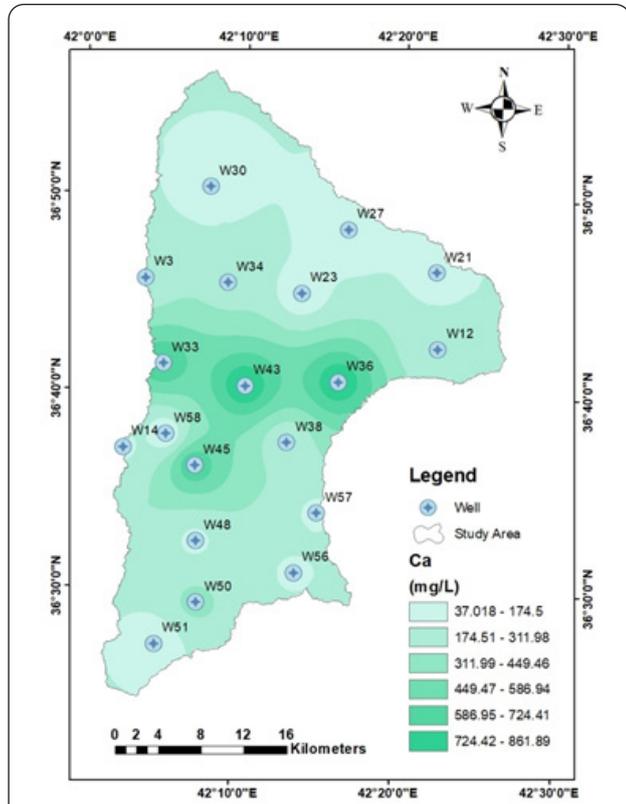
الصوديوم ( $\text{Na}^{+}$ ) أيون موجب صغير الحجم وسهل الذوبان، ويعد من أكثر الأيونات شيوعاً في المياه. يبلغ متوسط عتبة تذوقه نحو 200 ملغم/ لتر، ويؤثر في جودة التربة والزراعة، كما يزيد بتركيزاته العالية من خاصية التآكل ويكسب الماء

التجوية الكيميائية (Hem, 1991). تذيب المياه الغنية بحامض الكربونيك الصخور الجيرية، مما يؤدي إلى تكوين الكهوف والحفر البالوعية. حددت مواصفات مياه الشرب الحد الأقصى لتركيزه بـ 200 ملغم/ لتر (Gray, 2005) ..

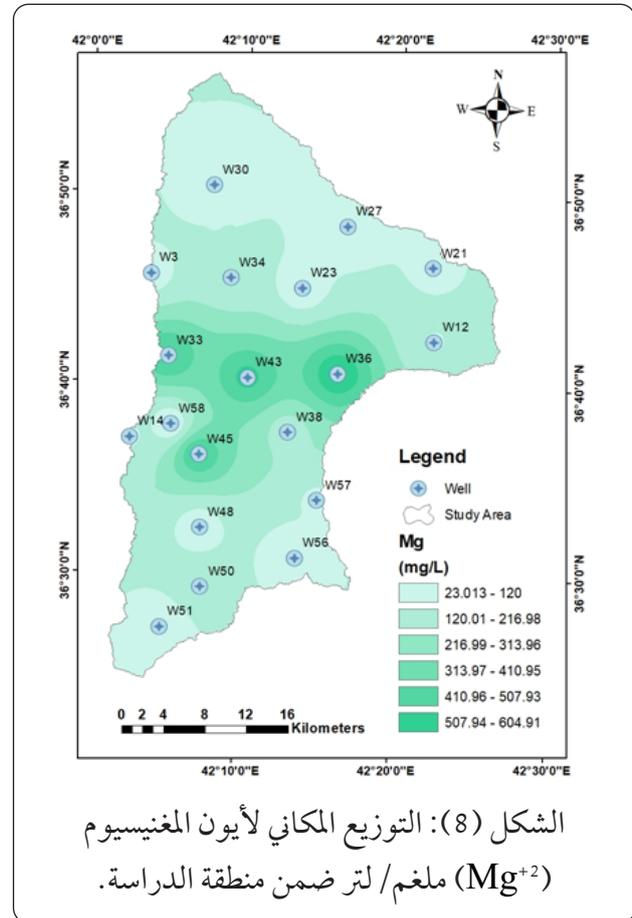
تراوحت قيم تركيز ايونات الكالسيوم في منطقة الدراسة ما بين (37 - 862) ملغم/ لتر، وكان توزيع كثافة ايون الكالسيوم في وسط منطقة الدراسة وكما موضح في الشكل (9).

بـ 150 ملغم/ لتر (WHO, 2004). من مصادره الطبيعية التربة والصخور المحتوية على الحجر الجيري والدولومايت والجبس، إضافة إلى كميات قليلة من الصخور النارية والمتحولة.

تراوحت قيم ايون المغنيسيوم في منطقة الدراسة ما بين (23-605) ملغم/ لتر، وكان توزيع كثافة ايون المغنيسيوم في وسط منطقة الدراسة وكما موضح في الشكل (8).



الشكل (9): التوزيع المكاني لأيون الكالسيوم ( $Ca^{+2}$ ) ملغم/ لتر ضمن منطقة الدراسة.



الشكل (8): التوزيع المكاني لأيون المغنيسيوم ( $Mg^{+2}$ ) ملغم/ لتر ضمن منطقة الدراسة.

### 3. ايون الكالسيوم ( $Ca^{+2}$ ):

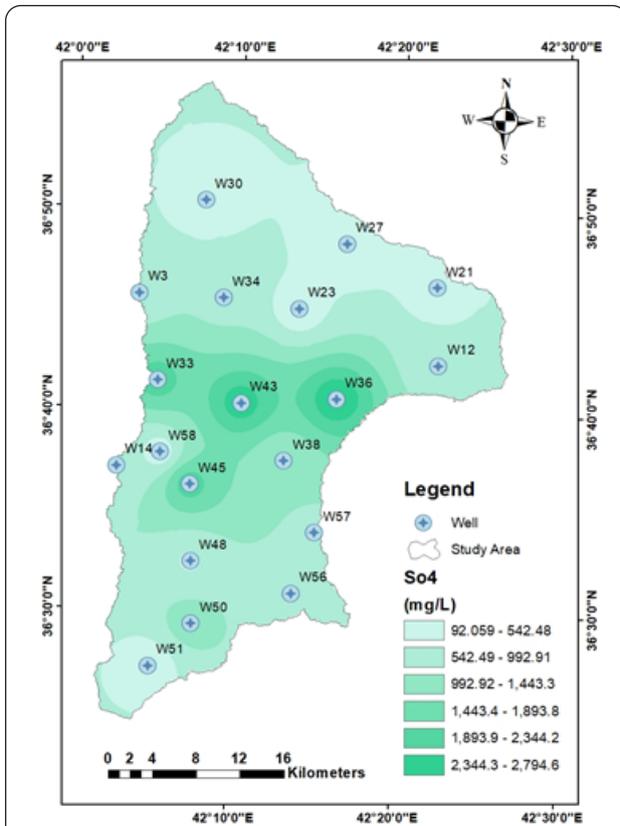
يُعد الكالسيوم عنصراً أساسياً للكائنات الحية، ويأتي في المياه الجوفية من إذابة الصخور الرسوبية (كالسايت، دولومايت، جبسوم) وبعض الصخور النارية (أمفيول، بايروكسين، ألبايت) بفعل

### الايونات السالبة:

#### 1. ايون الكلورايد ( $Cl$ ):

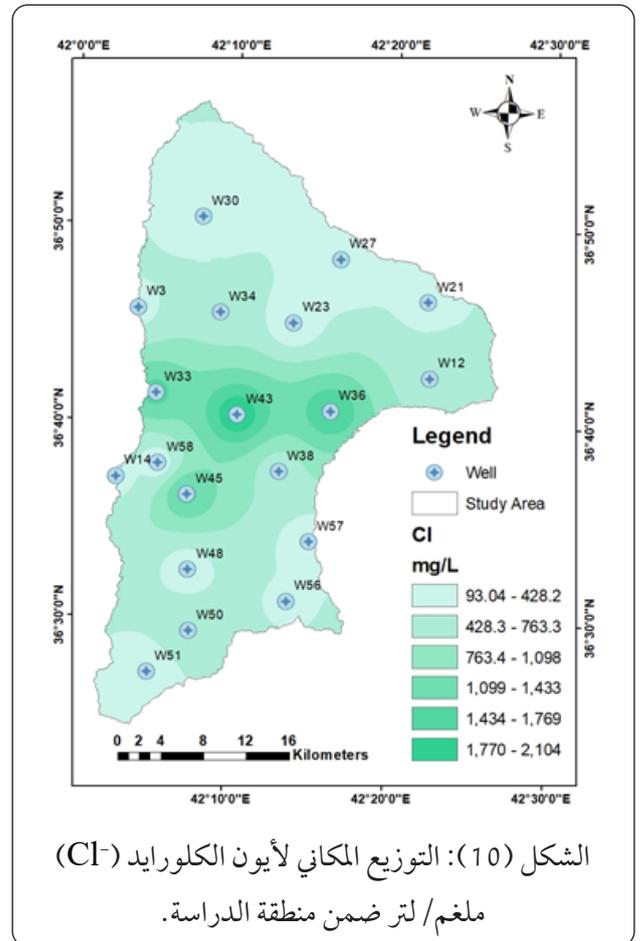
الكلور من أكثر الهالوجينات وفرة، ويوجد في المياه الطبيعية غالباً بتركيزات منخفضة مقارنة

في المياه هو أكسدة معادن البارايت والكبريتيدات في الصخور النارية والرسوبية بتواجد كربونات الكالسيوم (Rankama & Sahama, 1950). يتواجد ايون الكبريتات في المياه الجوفية بسبب تفكك وذوبان صخور المتبخرات (Evapo-rates) مثل الجبس (Gypsum)  $(CaSO_4 \cdot 2H_2O)$  والانيهيدرايت (Anhydrite)  $(CaSO_4)$  وقد ينتج من تحلل المواد العضوية ومن الأسمدة المستعملة في الزراعة (Sawyar & Mecariy, 1985). تراوحت قيم تركيز أيون الكبريتات في منطقة الدراسة ما بين (92 - 2795) ملغم/لتر، وكان توزيع كثافة ايون الكلورايد في وسط منطقة الدراسة وكما موضح في الشكل (11).



الشكل (11): التوزيع المكاني لأيون الكبريتات  $(So_4^{-2})$  ملغم/ لتر ضمن منطقة الدراسة.

بالكبريتات أو البيكربونات، باستثناء الحالات المتأثرة بالمياه الجوفية عالية الكلور أو النفايات الصناعية أو المد والجزر (Hem, 1991). مركباته مع المعادن القلوية وسهلة الذوبان في الماء. التركيزات العالية < (250 ملغم/لتر) تُكسب المياه طعمًا ملحًا يختلف باختلاف الكتيون المرافق لكن قد يتعود المستهلك على مستويات منخفضة من الكلوريد (WHO, 2011). في منطقة الدراسة تراوحت تراكيز الكلوريد بين 93-2104 ملغم/ لتر، مع تركيز أعلى في وسط المنطقة (شكل 10).



الشكل (10): التوزيع المكاني لأيون الكلورايد  $(Cl^-)$  ملغم/ لتر ضمن منطقة الدراسة.

## 2. ايون الكبريتات $(So_4^{-2})$ :

هو أيون مؤكسد يظهر ميلاً كبيراً لتكوين أنواع كثيرة من المركبات المعقدة الأخرى، مصدره

## تصنيف المياه الجوفية:

تعتمد معالجة نتائج التحاليل الكيميائية وتنظيمها وتهيتها للتفسيرات الكيميائية على استخدام عدة تصانيف وعلاقات، ويُعزى هذا التنوع إلى غياب تصنيف عالمي موحد للتركيب الكيميائي حتى الآن، وذلك بسبب الطبيعة الديناميكية متعددة المركبات للمياه الجوفية (العزوة، 2003).

ولتمثيل التركيب الكيميائي للنماذج المائية وتحديد مصادر المكونات الذائبة في الماء، بالإضافة إلى فهم التغيرات التي تطرأ على صفات المياه الجوفية أثناء مرورها عبر مناطق معينة، تُستخدم مجموعة من المخططات الهيدروكيميائية (Hy-dro-chemical Diagrams) من خلال هذه المخططات يمكن تفسير البيانات وربطها بالخرائط الهيدروكيميائية والمناطق الهيدروكيميائية المختلفة (Chadha, 1999).

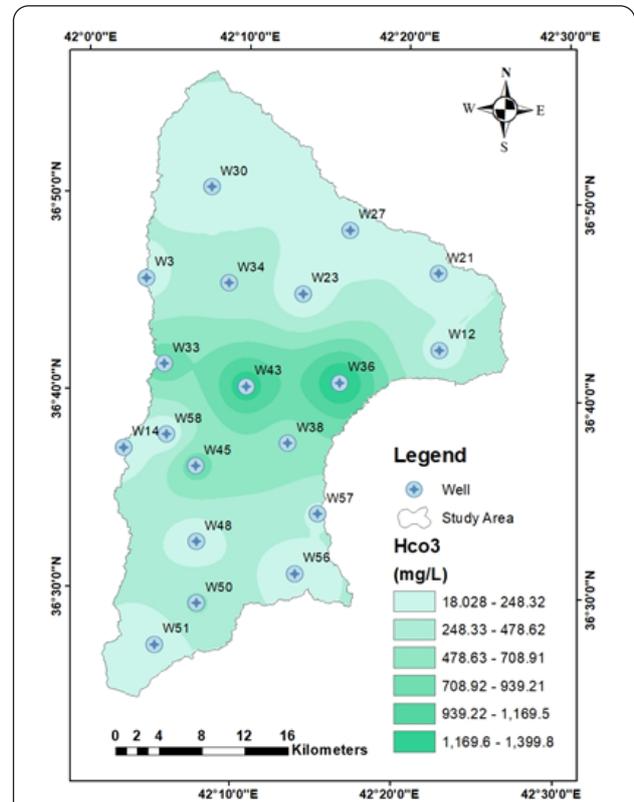
هنالك عدة أنظمة ومخططات وطرق تصنيفية هيدروكيميائية للمياه، تم تصنيف النماذج المائية في هذه الدراسة باستعمال برنامج (15) Rockworks حسب تصانيف هي (Piper, 1944)، (Stiff, 1951).

## 1- تصنيف باير 1944 Piper Classification

هو تمثيل بياني للمتغيرات الكيميائية المرتبطة بالعناصر الرئيسية الموجبة المتمثلة بالكاتيونات والسالبة المتمثلة بالأنيونات وهي تساعد في تحديد التشابه السريع لعينات المياه من خلال موقعها من مخطط باير (Piper, 1944)، حيث تعتمد هذه الطريقة على تمثيل نتائج التحليلات الكيميائية وعرضها لنماذج المياه الجوفية بشكل مثلثين وفوقه شكل معين والايونات السالبة والموجبة يمتدان على خط قاعدي منفصلين بزواوية (60°)، يستخدم

3. ايون البيكربونات ( $\text{HCO}_3^{-2}$ )

أيون البيكربونات هو أحد الايونات الرئيسية في المياه الطبيعية، غالباً يكون مصدر هذا الايون ناتج من تفكك حامض الكربونيك ( $\text{H}_2\text{CO}_3$ ) والذي يأتي بدوره من ذوبان غاز ( $\text{CO}_2$ ) المتواجد في الغلاف الجوي وكذلك من ذوبان الصخور الجيرية للتكوينات الجيولوجية (Mays, 1996)، ومن المرجح أن تحتوي المياه الجوفية في الطبقات الصخرية الجيرية على تركيزات عالية من الكالسيوم والبيكربونات (Appelo & Postma, 2004). تراوحت قيم تركيز ايونات البيكربونات في منطقة الدراسة ما بين (18 - 1400) ملغم/ لتر، وكان توزيع كثافة ايونات البيكربونات في وسط منطقة الدراسة وكما موضح في الشكل (12).

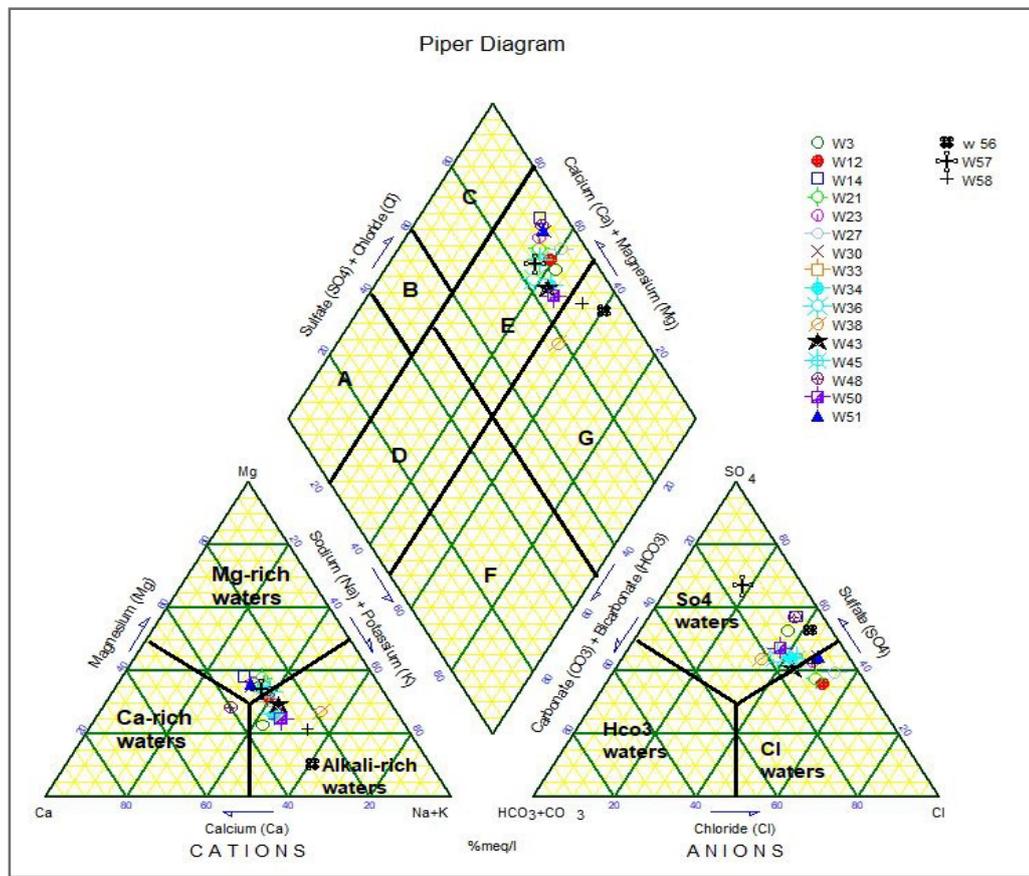


الشكل (12): التوزيع المكاني لأيونات البيكربونات ( $\text{HCO}_3^{-2}$ ) ملغم/ لتر ضمن منطقة الدراسة.

على قلوئته وسيادة الايونات له شكل (13)، تعد طريقة باير طريقة جيدة لتفسير نتائج التحليل الكيميائي ولمعرفة نوعية المياه الجوفية اذ تعتمد على طريقة الرسم الثلاثي وهذه الطريقة تعتمد على مصدر المواد الذائبة في هذه المياه والتغير في نوعية المياه مع اتجاه الجريان وعلاقتها بالمشاكل الجيوكيميائية (Walton, 1970).

الشكل المعيني لإعادة تسقيط النسب المئوية لتراكيز الايونات الموجبة والسالبة، التي من خلالها يتم التعرف على تركيب المياه ونوعيتها تبعاً لأيوناته الموجبة والسالبة (Fetter, 2001).

ان لكل نموذج مائي يتم تسقيطه على مخطط باير تكون له ثلاثة نقاط للتسقيط الذي قسم بواسطة (Langguth, 1966) الى سبعة اقسام اعتماداً



الشكل (13): مخطط باير بواسطة (Langguth, 1966)، يوضح تمثيل النماذج حسب تصنيف باير لمعرفة نوعية المياه الجوفية في منطقة الدراسة.

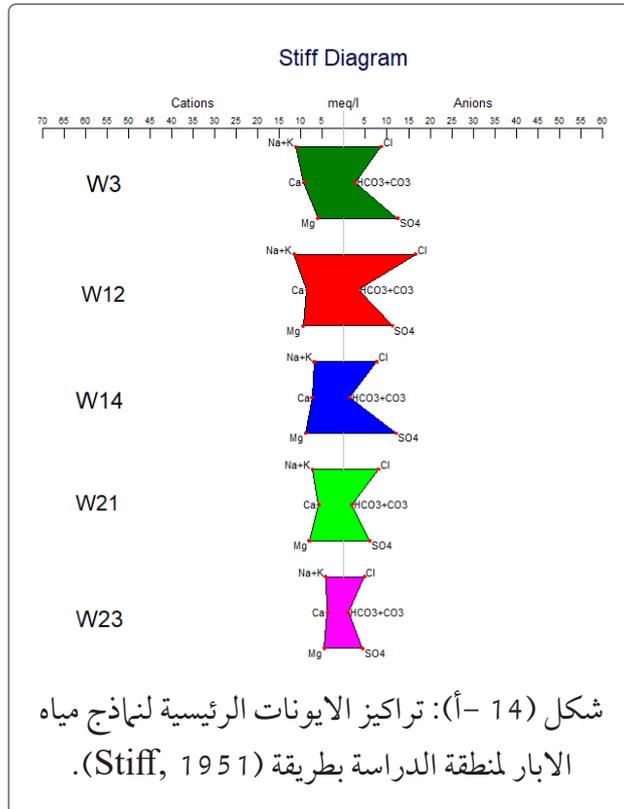
منطقة الدراسة على مخطط باير بواسطة (Langguth, 1966)، تكون نتيجة التصنيف كما في الشكل (18) الجدول (4).

تم استخدام برنامج (Rockworks 15) وباستعمال تصنيف باير ضمن هذا البرنامج تمت معرفة نوعية مياه الابار في منطقة الدراسة، ومن خلال اسقاط نتائج التحاليل الكيميائية لنماذج مياه

جدول (4): تصنيف المياه اعتمادا على مخطط باير (Langguth, 1966).

SI. No	Water Type	No. of Samples	%
A	Normal earth alkaline water with prevailing bicarbonate	---	---
B	Normal earth alkaline water with prevailing bicarbonate and sulfate or chloride	---	---
C	Normal earth alkaline water with prevailing sulfate or chloride	---	---
D	Earth alkaline water with increased portions of alkalis with prevailing bicarbonate	---	---
E	Earth alkaline water with increased portions of alkalis with prevailing sulfate and chloride	W3, W12, W14, W21, W23, W27, W30, W33, W34, W36, W43, W45, W48, W50, W51, W57, W58	89.47
F	Alkaline water with prevailing bicarbonate	---	---
G	Alkaline water with prevailing sulfate or chloride	W38, W56	10.52

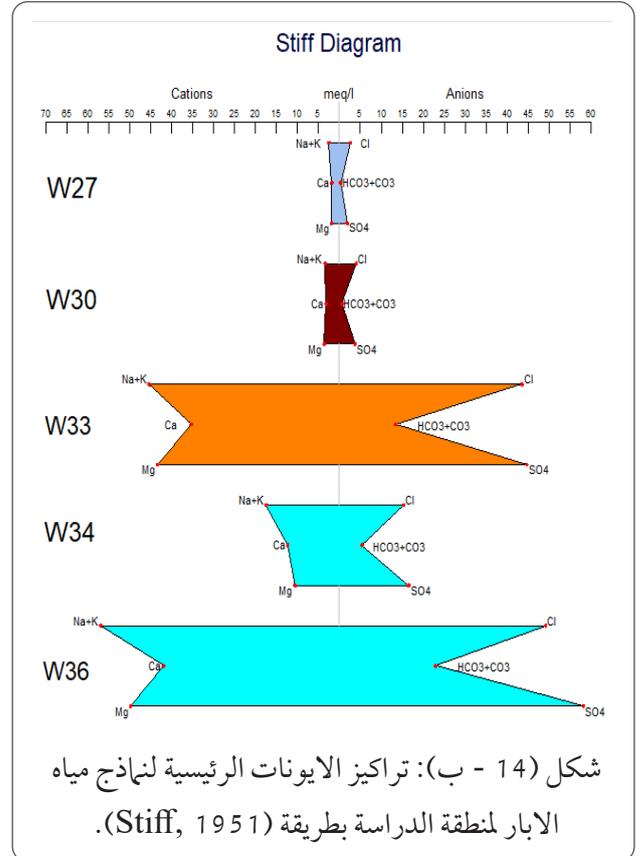
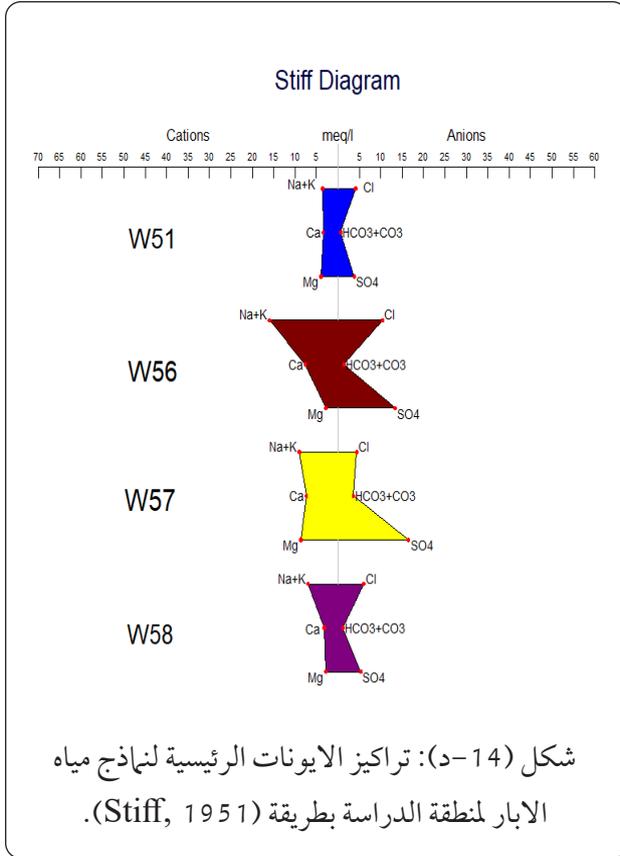
ممثلة بالأشكال (14 أ، ب، ج، د) والتي تعبر عن نوعية نماذج المياه الجوفية لأبار منطقة الدراسة:



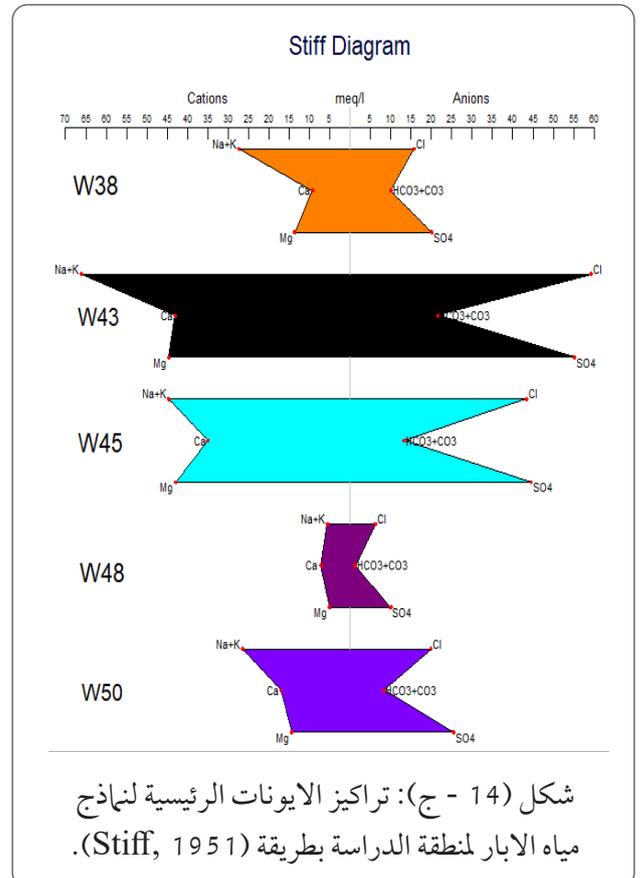
ومن ملاحظة الشكل (15) والجدول (4) أعلاه يتبين ان معظم نماذج المياه الجوفية من نوع القلوية الأرضية مع سيادة الكبريتات والكلوريد، ما عدا النموذجين (W38، W56) فتكون من النوع القلوية ذات التركيز العالي من الكبريتات او الكلوريد.

## 2- تصنيف ستيف (1951):

هو أسلوب بياني لعرض التحليل الكيميائية للأيونات الموجبة والسالبة، حيث تُرسم الموجبة يسار خط عمودي والسالبة يمينه، مع تحديد المقياس أسفل كل أيون. يُشار عادةً إلى الصوديوم ليشمل الصوديوم والبوتاسيوم والليثيوم. تُستخدم وحدة ملي مكافئ/ لتر، ويمكن تحويل القيم من ppm باستخدام الأوزان المكافئة. بعد تحديد النقاط على الرسم البياني، تُوصل بخطوط لتشكيل نمط مغلق يميز نوعية المياه، وتزداد مساحة الشكل بازدياد تراكيز الأيونات (Fetter, 2001). تم تمثيل البيانات لنتائج التحليل الكيميائي



وحسب المخططات أعلاه تكون نوعية مياه الابار  
كما في الجدول (5):



جدول (5): تصنيف مياه الابار حسب مخطط (Stiff, 1951).

No	No Wells	Groundwater type	No	No Wells	Groundwater type
.1	W3	Na <sup>+</sup> -So <sup>4-2</sup>	11.	W38	Na <sup>+</sup> -So <sup>4-2</sup>
.2	W12	Na <sup>+</sup> -Cl <sup>-</sup>	12.	W43	Na <sup>+</sup> -Cl <sup>-</sup>
	W14	Mg <sup>+</sup> -So <sup>4-2</sup>	13.	W45	Na <sup>+</sup> -So <sup>4-2</sup>
.3	W21	Mg <sup>+</sup> -Cl <sup>-</sup>	14.	W48	Ca <sup>+</sup> - So <sup>4-2</sup>
.4	W23	Na <sup>+</sup> -Mg <sup>+</sup> -Cl <sup>-</sup> -So <sup>4-2</sup>	15.	W50	Na <sup>+</sup> - So <sup>4-2</sup>
.5	W27	Na <sup>+</sup> -Cl <sup>-</sup>	16.	W51	Mg <sup>+</sup> -So <sup>4-2</sup>
.6	W30	Na <sup>+</sup> -Mg <sup>+</sup> -Cl <sup>-</sup> -So <sup>4-2</sup>	17.	W56	Na <sup>+</sup> -So <sup>4-2</sup>
.8	W33	Na <sup>+</sup> -So <sup>4-2</sup>	18.	W57	Na <sup>+</sup> -Mg <sup>+</sup> - So <sup>4-2</sup>
.9	W34	Na <sup>+</sup> -So <sup>4-2</sup>		W58	Na <sup>+</sup> -Cl <sup>-</sup>
.10	W36	Na <sup>+</sup> -So <sup>4-2</sup>			

ملائمة المياه للشرب البشري:

تتفاعل مع الصابون لترسيب بقايا غير ذائبة، وتعد مركبات (Ca<sup>+</sup>، Mg<sup>+</sup>) على شكل بيكربونات وكبريتات وكلوريدات السبب الرئيس للعسرة، إذ تؤثر هذه الايونات في عدم تكون رغوة عند استخدام الصابون ولحساب قيمة العسرة نستعمل المعادلة التالية (Todd, 1959):

$$TH=2.497 \times Ca + 4.115 \times Mg \dots\dots\dots (1)$$

حيث: TH: العسرة الكلية Ca، (ppm): تركيز ايون الكالسيوم Mg، (ppm): تركيز ايون المغنيسيوم (ppm).

والجدول ادناه يبين تصنيف المياه اعتمادا على العسرة الكلية على حسب ما جاء في (Todd, 1980).

لكي تكون المياه صالحة للشرب يجب أن تخلو من الملوثات الكيميائية والبيولوجية، وتلتزم بالمعايير الصحية التي تحدد نسب الأملاح ودرجة الحموضة والشوائب، مع إجراء فحوصات دورية للمصادر الجوفية والسطحية. تضع منظمة الصحة العالمية وجهاز التقييس والسيطرة النوعية العراقي مواصفات قياسية لضمان صلاحية المياه. أظهرت مقارنة نتائج التحاليل الكيميائية لمنطقة الدراسة مع هذه المعايير (IQS, 2001)؛ (WHO, 2017) أن جميع النماذج غير صالحة للاستهلاك البشري.

العسرة (TH): تعرف بانها تركيز الايونات التي

جدول رقم (6) جدول يبين تصنيف المياه اعتمادا على العسرة الكلية اعتمادا على (Todd 1980).

العسرة الكلية لكاربونات الكالسيوم (ملغم/ لتر)	نوعية المياه
0-75	يسر
75-150	متوسط
150-300	عسر
300<	عسر جداً

الجدول أعلاه نلاحظ ان جميع الابار تقع ضمن حقل (عسر جداً) ما عدا بئري (W27 ، W58)

تراوحت قيم العسرة الكلية للآبار ما بين (187.03-4587.06) ملغم/ لتر وبالمقارنة مع

$$RSC = HCO_3 - (Ca + Mg) \dots\dots\dots (2)$$

- جميع التراكيز بوحدة (epm).

ومن خلال النتائج يتم تصنيف مياه الري بناءً على (Heathcote & Lloyd, 1985) على أنها مناسبة عندما تكون النسبة  $> 1.25$  وهامشية إذا كانت قيمة الناتج ما بين  $1.25 - 2.5$  وغير مناسبة إذا كانت قيمة الناتج  $< 2.5$  (Sughosh et al, 2018).

من خلال تطبيق المعادلة السابقة على نماذج مياه منطقة الدراسة تبين أن جميع النماذج تقع ضمن القيم الأقل من  $1.25$  أي أن جميع مياه منطقة الدراسة مناسبة للري (جدول (7)، شكل (15)).

فتكون نوعية المياه فيها تحت حقل (عسر)، وذلك بسبب التركيز العالي لأيونات الكالسيوم والمغنيسيوم الناتجة من ذوبان الصخور الجيرية والجبسوم والانهيدرايت المتواجدة ضمن التكوينات الجيولوجية لمنطقة الدراسة وتعد عسرة دائمة.

كربونات الصوديوم المتبقية (RSC):

تعتبر كربونات الصوديوم المتبقية (RSC) معياراً لمياه الري، حيث يمثل ارتفاع كمية الكربونات أو البيكربونات في المياه الجوفية إلى مجموع الكالسيوم والمغنيسيوم على عدم ملائمة المياه الجوفية للري، ويمكن حساب نسبة (RSC) كما في المعادلة التالية (Ragunath, 1987):

جدول (7) يوضح تصنيف نماذج المياه لمنطقة الدراسة بالاعتماد على قيمة (RSC) بوحدة (epm) وحسب تصنيف (Sughosh et al, 2018).

N	Well-N	RSC (epm)	تصنيف فئة المياه بالاعتماد على (Sughosh et al, 2018)
1	W3	-10.35	مناسبة للري
2	W12	-11.50	مناسبة للري
3	W14	-13.56	مناسبة للري
4	W21	-10.32	مناسبة للري
5	W23	-6.57	مناسبة للري
6	W27	-3.15	مناسبة للري
7	W30	-4.15	مناسبة للري
8	W33	-51.90	مناسبة للري
9	W34	-12.18	مناسبة للري
10	W36	-45.89	مناسبة للري
11	W38	-2.89	مناسبة للري
12	W43	-44.62	مناسبة للري
13	W45	-51.40	مناسبة للري
14	W48	-9.77	مناسبة للري
15	W50	-14.83	مناسبة للري
16	W51	-6.08	مناسبة للري
17	W56	-7.70	مناسبة للري
18	W57	-8.82	مناسبة للري
19	W58	-3.57	مناسبة للري

على تدهور نوعية المياه في بعض المواقع.

### 2. أيون الكالسيوم ( $Ca^{2+}$ ):

سجلت التراكيز قيماً تراوحت بين (42 - 403) ملغم/ لتر، ويُلاحظ ارتفاعها في الجزء الجنوبي الشرقي من الحوض. هذا يشير إلى تفاعل المياه الجوفية مع الصخور الكربونية (مثل الحجر الجيري والدولوميت)، والتي تسود في تكوينات المنطقة مثل تكوين الفتحة. تشير هذه القيم إلى تأثير عمليات الذوبان المباشر من التكوينات الجيولوجية الحاملة.

### 3. أيون المغنيسيوم ( $Mg^{2+}$ ):

تراوحت التراكيز بين (31 - 141) ملغم/ لتر، وسُجلت أعلى القيم في الوسط الغربي من الحوض. يُعزى ارتفاع المغنيسيوم إلى ذوبان صخور الدولوميت والتفاعل مع المعادن الطينية. وتشير المستويات المرتفعة إلى إمكانية وجود ظروف تيسر التبادل الأيوني وزيادة في معدنية المياه.

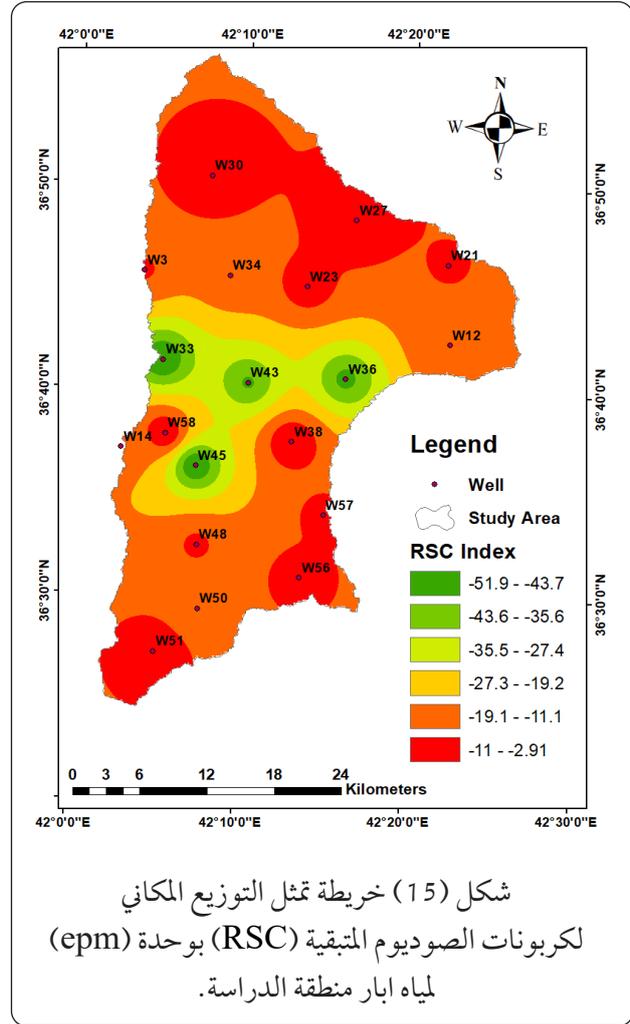
### ثانياً: الأيونات السالبة:

#### 1. أيون الكلوريد ( $Cl^-$ ):

سُجلت التراكيز بين (93 - 2104) ملغم/ لتر، وتشير القيم المرتفعة في الجزء الجنوبي الغربي من المنطقة إلى تأثير التبخر وتراكم الأملاح، إضافة إلى إمكانية تسرب مياه ملوثة أو صرف زراعي. تتجاوز بعض القيم الحد المسموح به لمياه الشرب (250 ملغم/ لتر)، مما يجعل المياه غير صالحة للشرب في بعض المواقع.

#### 2. أيون الكبريتات ( $SO_4^{2-}$ ):

تراوحت القيم بين (92 - 2795) ملغم/ لتر، وتشير القيم العالية إلى ذوبان معادن الجبس والأنهيدرايت المنتشرة في صخور المنطقة، لاسيما ضمن تكوين الفتحة. كما يمكن أن تسهم الأسمدة الزراعية في زيادة تراكيز الكبريتات.



شكل (15) خريطة تمثل التوزيع المكاني لكاربونات الصوديوم المتبقية (RSC) بوحدة (epm) لمياه ابار منطقة الدراسة.

## النتائج والمناقشة:

### أولاً: الكتيونات:

#### 1. أيون الصوديوم ( $Na^+$ ):

تراوحت تراكيز الصوديوم بين (85 - 1042) ملغم/ لتر، وقد سُجلت أعلى القيم في الآبار الواقعة في الجزء الجنوبي الغربي من منطقة الدراسة. يُعزى ذلك إلى ذوبان المعادن الحاوية على الصوديوم وتراكم الأملاح نتيجة عمليات التبخر، بالإضافة إلى إمكانية وجود مصادر بشرية كالنشاط الزراعي واستخدام مياه ذات ملوحة عالية للري. تتجاوزت العديد من القيم الحد المسموح به حسب المعايير العراقية لمياه الشرب (200 ملغم/ لتر)، مما يدل

مع الصخور.

وجود نوع  $Ca-SO_4$  في بئر واحدة يشير إلى تأثير موضعي مباشر لصخور غنية بالكالسيوم والكبريتات (كطبقات الجبس).

جميع انواع المياه لنماذج الابار لا تصلح لشرب الانسان حسب المعايير والمواصفات القياسية للمواصفات العراقية (IQS, 2001) ومواصفات الصحة العالمية (WHO, 2017).

جميع انواع المياه لنماذج الابار صالحة للري بالاعتماد على تصنيف (Sughosh et al, 2018) للمياه.

جميع الابار تقع ضمن حقل (عسر جداً) ما عدا بئري (W58 , W27) فتكون نوعية المياه فيهما تحت حقل (عسر)، وذلك بسبب التركيز العالي لأيونات الكالسيوم والمغنيسيوم الناتجة من ذوبان الصخور الجيرية والجبسوم والانهيدرايت المتواجدة ضمن التكوينات الجيولوجية لمنطقة الدراسة وتعد عسرة دائمة.

3. أيون البيكربونات ( $HCO_3^-$ ):

سُجلت التراكيز بين (18 - 1400) ملغم/ لتر، وهي تمثل مؤشراً على تفاعل المياه الجوفية مع الصخور الكربونية، لا سيما الحجر الجيري، المنتشرة في التكوينات الجيولوجية للمنطقة. ترتفع التراكيز في المواقع ذات الحركة المائية البطيئة، مما يعزز التفاعل بين المياه والصخور.

تشير التحاليل الكيميائية إلى أن نوعية المياه الجوفية في منطقة الدراسة تتأثر بالعوامل الجيولوجية والهيدروجيولوجية المحلية، فضلاً عن النشاط البشري والزراعي. تجاوزت بعض الأيونات الحدود المسموح بها لمياه الشرب، مثل الصوديوم والكلوريد والكبريتات، مما قد يشير إلى تدهور في نوعية المياه الجوفية في أجزاء محددة من الحوض، خاصة في الجنوب الغربي.

كما أن توزيع التراكيز يؤكد وجود تأثيرات موضعية للتكوينات الجيولوجية، مثل الفتحة، وأثر للظروف المناخية الجافة والتبخر المرتفع. إضافة إلى أن بعض التراكيز المرتفعة للنترات تؤثر إلى تأثير الأنشطة الزراعية، مما يستدعي مراقبة مستمرة وحلول للإدارة المتكاملة للمياه الجوفية.

المياه الجوفية في المنطقة يغلب عليها الطابع الكبريتي والصوديومي، مما يعكس تأثير التكوينات الجيولوجية الحاملة للكبريتات، خاصة في الجزء الأوسط والجنوبي من الحوض.

ظهر  $Na-Cl$  في أكثر من موقع يؤثر إلى بداية تدهور نوعية المياه بسبب الملوحة، أو قد يشير إلى تداخل مياه ملوثة في النظام الجوفي.

الأنواع المختلطة  $Na-Mg-Cl-SO_4$  تعبر عن مياه أكثر تطوراً، قد تكون نتيجة الاختلاط بين مياه جوفية سطحية وعميقة، أو تفاعل طويل

ملحق (1): نتائج الفحوصات الكيميائية لآبار منطقة الدراسة.

N	Name	Easting	Northing	PH	EC	TDS	Ca+2	Mg+2	Na+	K+	Cl	HC03-2	SO4-2	NO3-
1	W3	238002.324	4072521.268	7.2	2470	1603	187	74	250	12	304	155	597	0.1
2	W12	265224.7269	4065706.999	7.22	2960	1918	174	115	258	14	588	203	540	0.3
3	W14	235884.2761	4056632.974	7.21	2120	1377	148	108	155	7	271	83	583	0.2
4	W21	265110.9734	4072869.488	7.27	1671	1087	118	98	168	2	284	111	286	0.4
5	W23	252538.7251	4070981.628	7.26	1040	684	78	56	96	1	167	59	206	0.6
6	W27	256932.7052	4076945.283	7.29	504	340	37	23	57	0.7	93	18	92	0.4
7	W30	244069.5171	4081008.658	7.28	861	571	65	44	77	2	142	83	180	0.5
8	W33	239643.9085	4064461.506	7.14	10690	6916	707	527	967	130	1543	818	2147	0.7
9	W34	245661.599	4072010.464	7.24	3840	2490	247	129	401	3	543	329	793	0.8
10	W36	255940.4114	4062644.743	7.16	13650	8816	840	605	1242	110	1742	1400	2795	0.4
11	W38	251122.9183	4057006.188	7.21	4880	3162	186	166	616	20	556	612	965	0.4
12	W43	247243.2632	4062342.293	7.16	14130	9120	862	542	1452	116	2104	1314	2650	0.6
13	W45	242536.8842	4054883.305	7.17	10610	6860	702	522	962	110	1538	813	2140	0.7
14	W48	242612.3637	4047796.908	7.27	1748	1140	144	62	126	6	222	77	480	0.2
15	W50	242655.2751	4042039.103	7.24	5570	3614	341	175	601	11	706	507	1221	0.5
16	W51	238724.4462	4038188.798	7.28	897	595	69	48	81	3	146	40	148	0.5
17	W56	251764.753	4044778.252	-	4440	2220	153	34.1	366	1	370	84	642	1.76
18	W57	253908.3994	4050384.768	7.35	1950	1562	148	105	207	-	156	220	792	44
19	W58	239830.2999	4057855.16	7.2	1580	1095	64	34	160	2	214	74	257	0.6

8. Gray, N.F. (2005). "Water Technology an Introduction for Environmental Scientists and Engineers". 2nd ed. (page:645) <https://books.google.iq/books?id=p9e8r-1b2UqwC>
9. Heathcote, J. A., & Lloyd, J. W. (1985). Natural inorganic hydrochemistry in relation to groundwater: An introduction (296 pp.). Clarendon Press/Oxford University Press. ISBN10: 0198544227; ISBN13: 9780198544227
10. Hem, J.D. (1991) 'Study and Interpretation of the Chemical Characteristics of Natural Water (Third.)', United States Government Printing Office [Preprint].
11. Iraqi Central Organization for Standardization and Quality Control. (2001). Drinking water standards: No. 417/2001. Central Agency for Standardization and Quality Control, Ministry of Planning, Republic of Iraq.
12. Jassim, S. Z., & Goff, J. C. (Eds.). (2006). Geology of Iraq. DOLIN, sro, distributed by Geological Society of London. page 246.
13. Langmuir, p., 1997: Aqueous Environmental Geochemistry prentice -Hall, USA, P.600.
14. Mays, Larry. (1996) 'Water Resources Handbook the McGraw', Hill Com.Inc., NewYork,875P.
15. Raghunath, H. M. (1987). Ground wa-

### References:

1. Al-Ansari, N., Saleh, S., Abdullah, T., & Abed, S. A. (2021). Quality of surface water and groundwater in Iraq. Earth Sciences and Geotechnical Engineering, 11(2), 161-199.
2. Appelo, C. A. J., & Postma, D. (2004). Geochemistry, groundwater and pollution. CRC press.
3. Boyd, C. E. (2000). Water quality: an introduction. Springer Science & Business Media, 440p.
4. Chadha, D. K. (1999). A proposed new diagram for geochemical classification of natural waters and interpretation of chemical data. Hydrogeology Journal, 7(4), 431-439.
5. Emhanna, Saleh & Alshiekhy, Saleh. (2016). Hydro chemical study of some groundwater wells in Ajdabiya city, Libya. (Arabic).
6. Fetter, C. W. (2001). Applied hydrogeology (4th ed.). Upper Saddle River, NJ: Prentice Hall. P 598. [ISBN-10: 0130882399](https://doi.org/10.1002/9781118130882)
7. Gain, A. K., Giupponi, C. and Wada, Y, 2016. Measuring global water security towards sustainable development goals. Environmental Research Letters, 11(12), 124015.

- assessment of groundwater quality for its suitability for drinking and irrigation purpose in rural areas of Sant Ravidas Nagar (Bhadohi), Uttar Pradesh, India. *Geology, Ecology and Landscapes*, 2(2), 127–136. <https://doi.org/10.1080/24749508.2018.1452485>
22. Walton, W. C. (1970). *Aquifer test design*. Groundwater Publications. 149P.
23. World Health Organization (WHO). (2004). *Guidelines for Drinking water Quality*. Geneva.
24. World Health Organization (WHO). (2011). *Guidelines for drinking-water quality* (4th ed). WHO chronicle, 38(4), 104-8.
25. World Health Organization. (2017). *Guidelines for drinking-water quality* (4th ed., incorporating the first addendum). World Health Organization. <https://apps.who.int/iris/handle/10665/254637>
- المصادر العربية:
26. الشركة العامة للمسح الجيولوجي والتعدين، 2007، دراسة هيدروجيولوجية وهيدروكيميائية لمنطقة لوجة الموصل،
27. العزوي، م. أ. (2003). *تحليل وتقييم نوعية المياه الجوفية باستخدام الطرق الهيدروكيميائية* (رسالة ماجستير غير منشورة). جامعة اليرموك، إربد، الأردن. <https://doi.org/10.1007/s100400050216>
- ter: Hydrogeology, ground water survey and pumping tests, rural water supply and irrigation systems (2nd ed., 563 pp.; ISBN 9780470206980). New Delhi: Wiley Eastern Ltd.
16. Rankama, K. and Sahama, T.G. (1950) 'Geochemistry', (Geochemistry), University of Chicago Press and Cambridge University Press, 910 p.
17. Sawyar, C.N., and Mecariy, P.L. (1985): *Chemistry of Environment Engineering*, 3rd.ed., McGraw-Hill, Handbook US-A, 350P.
18. Shihab, A. S., Alabdraubaa, W. M., & Khalel, A. (2013). *Distribution of Groundwater Quality Characteristics in Selected Areas in Ninevah Governorate by using Three Dimensions Contour Map*. *Tikrit Journal of Engineering Sciences*, 20(3), 16-37. (Arabic)
19. Singhal, B. B. S., & Gupta, R. P. (2010). *Applied hydrogeology of fractured rocks*. Springer Science & Business Media. page 212
20. Sokolo, A.A. & Chapma, T.G. 1974. *Methods for water balance computations, an international guide for research and practice*, (The Unesco Press, Paris). <https://doi.org/10.25130/tjes.20.3.11>
21. Sughosh Madhav, Arif Ahamad, Ashutosh Kumar, Jyoti Kushawaha, Pardeep Singh, & P. K. Mishra. (2018). *Geochemical as-*