African Journal of Advanced Pure and Applied Sciences (AJAPAS)
Online ISSN: 2957-644X
Volume 5, Issue 1, 2026
Page No: 1-15
Website: https://aaasjournals.com/index.php/ajapas/index
ISI 2025: 1.126 SJIFactor 2024: 6.752 معامل التأثير العربي: 1.62

Assessment of Selected Groundwater Quality Parameters in the Suknah area and Their Relationship to Geological Formations Using Geographic Information Systems (GIS) and Their Role in Supporting Sustainable Development

Nabeel Salih Ali Omar [1 *], Emhemed Saleh Abdelhadi Khalifa [2]
[1] Department of General Sciences, Faculty of Natural Resources, Al-Jufra University, Hun, Libya
[2] Department of Geography, Faculty of Arts, Al-Jufra University, Hun, Libya

تقييم بعض الخصائص النوعية للمياه الجوفية وعلاقتها بالتكوينات الجيولوجية بمنطقة سوكنة باستخدام نظم المعلومات الجغرافية (*GIS*) ودورها في التنمية المستدامة

نبيل صالح علي عمر [1*]، امحمد صالح عبد الهادي خليفة [2]
[1] قسم العلوم العامة، كلية الموارد الطبيعية، جامعة الجفرة، هون، ليبيا
[2] قسم الجغرافيا، كلية الآداب، جامعة الجفرة، هون، ليبيا

[*]Corresponding author: nabeel49omar@ju.edu.ly

Received: October 15, 2025	Accepted: December 22, 2025	Published: January 04, 2026

Abstract:

This study was carried out in the Suknah area of Jufra Municipality with the aim of assessing the qualitative characteristics of groundwater and evaluating their suitability for domestic, agricultural, and industrial purposes. The study also examined the relationship between these characteristics and the prevailing geological formations using Geographic Information Systems (GIS). Spatial distribution maps for the key groundwater quality parameters were generated through GIS analysis. Nine groundwater samples were collected from wells within the study area. The sampling sites were selected in a representative manner based on hydrogeological characteristics and the spatial distribution of geological formations. The measured parameters included pH, electrical conductivity (EC), total dissolved solids (TDS), chloride (Cl^-), and bicarbonate (HCO_3^-) .GIS interpolation (IDW) was used to generate spatial maps. The results indicate that most wells contain water with highly salinity, with salinity levels exceeding the permissible limits set by both Libyan standards and World Health Organization guidelines. Consequently, the groundwater is unsuitable for drinking and various industrial uses, but remains suitable for irrigating high-salinity-tolerant crops. The findings further reveal that the dominant geological formations, particularly limestone and gypsum, significantly influence the concentrations of dissolved salts in the groundwater. The study provides essential spatial data that can support sustainable water-resource management in the region.

Keywords: groundwater, water quality, GIS, geological formations, salinity.

الملخص

أجريت هذه الدراسة في منطقة سوكنة ببلدية الجفرة، بهدف تحديد بعض الخصائص النوعية للمياه الجوفية وتحديد مدى ملائمتها للاستخدامات البشرية والزراعية والصناعية، اضافة الى تحليل العلاقة بين هذه الخصائص والتكوينات الجيولوجية باستخدام نظم المعلومات الجغرافية (GIS)، جُمعت تسع عينات من آبار المنطقة أُختيرت بصورة تمثيلية وفق الخصائص الهيدروجيولوجية والتوزيع المكاني للتكوينات الجيولوجية بالمنطقة. شملت التحاليل قياس الأس الهيدروجيني (pH)،

 Copyright: © 2026 by the authors. Submitted for possible open access publication under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution (CC BY) license (https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/).

التوصيل الكهربائي (EC)، الأملاح الذائبة الكلية (TDS)، أيون الكلوريد (Cl^-)، وأيون البيكربونات (HCO_3^-)، كما استُخدمت طريقة الاستيفاء الموزون للمسافة العكسية (IDW) لإنتاج خرائط التوزيع المكاني للخصائص المدروسة. أظهرت النتائج أن معظم الآبار تمتاز بمياه ذات ملوحة عالية ، تجاوزت الحدود المسموح بها وفقاً للمعايير الليبية ومعايير منظمة الصحة العالمية، مما يجعلها غير صالحة للشرب والصناعات المختلفة، في حين تبقى صالحة للاستخدام الزراعي للمحاصيل عالية التحمل للملوحة، كما بينت الدراسة أن التكوينات الجيولوجية السائدة خاصة الصخور الكلسية والجبسية، كان لها دوراً رئيسياً في تحديد تركيز الأملاح الذائبة، تُسهم نتائج الدراسة في دعم جهود التنمية المستدامة من خلال توفير البيانات المكانية التي تساعد في إدارة الموارد المائية بشكل أفضل، وتقليل المخاطر البيئية المرتبطة بتدهور نوعية المياه.

الكلمات المفتاحية: المياه الجوفية، الخصائص الفيزيائية والكيميائية، التكوينات الجيولوجية، GIS، ملوحة المياه.

مقدمة

تُعدّ المياه الجوفية أحد أهم الموارد الطبيعية التي تعتمد عليها التجمعات السكانية، لاسيما في المناطق الجافة وشبه الجافة، التي تعاني من ندرة الأمطار ومحدودية الموارد المائية السطحية، وتمثل مياه الآبار المصدر الرئيس لتلبية الاحتياجات المنزلية والزراعية والصناعية في هذه المناطق، ومع تزايد الطلب على المياه الجوفية، برزت الحاجة الملحّة إلى تقييم نوعيتها وفهم العوامل المؤثرة فيها، وعلى رأسها التكوينات الجيولوجية التي تلعب دورًا رئيسيًا في تحديد الخصائص الفيزيائية والكيميائية للمياه من خلال عمليات الإذابة والتجوية والتفاعل مع الصخور الحاملة للمياه. وتُعدّ دراسة الخصائص النوعية للمياه الجوفية خطوة أساسية ذات اولوية قصوى لضمان استدامة هذا المورد الحيوي، ودعم خطط التنمية المستدامة لارتباطها المباشر بقضايا تحقيق الأمن المائي والغذائي. إلا أنّه بمرور الزمن ظهرت مؤشرات حديثة تُشير الى أن جودة وكميات المياه الجوفية باتت مهددة بشكل متزايد لعدة اسباب منها الاستخدام المفرط وغير المرشد، والانشطة الزراعية، اضافة الى التكوينات الجيولوجية التي تشكل عاملاً رئيسًا في مكونات المياه الجوفية وتركيز الأملاح والعناصر الذائبة فيها، وليتحقق الهدف من هذه الدراسة، استخدمت نظم المعلومات الجغرافية (GIS) كأحد الادوات الفعّالة لتحليل البيانات المكانية وإنتاج خرائط توضحية تُسهِم في فهم التوزيع الجغرافي لخصائص المياه وعلاقتها بالبيئات الجيولوجية المختلفة، وذلك من خلال تقييم بعض الخصائص النوعية للمياه الجوفية في منطقة سوكنة، وتحليل مدى تأثرها بالتكوينات الجيولوجية السائدة، تكمن اهمية هذه الدراسة في إرساء قاعدة معرفية تساعد في إدارة الموارد المائية في المنطقة بصورة مستدامة، وتوجيه الاستخدام الأمثل للمياه الجوفية وفق معايير علمية دقيقة.

مشكلة الدراسة:

تواجه منطقة سوكنة كأحد مناطق بلدية الجفرة، تحديات متزايدة تتعلق بتدهور نوعية المياه الجوفية نتيجة العوامل الطبيعية والبشرية، إضافة إلى محدودية الدراسات التي تربط بين الخصائص النوعية للمياه الجوفية والتكوينات الجيولوجية للخزان الجوفي، لذا تتمثل مشكلة الدراسة في الاجابة عن الأسئلة التالية:

1- هل تتغير الخصائص النوعية لمياه الآبار في منطقة سوكنة بتغيير مواقعها؟
2- ما مدى تأثير التكوينات الجيولوجية للخزان الجوفي على الخصائص النوعية للمياه الجوفية؟
3- ما مدى ملائمة المياه الجوفية للاستخدامات البشرية والزراعية والصناعية؟
4- ما شكل التوزيع المكاني لخصائص المياه الجوفية بمطقة الدراسة بناءً على تقنية(GIS)؟

أهداف الدراسة:

- تقييم بعض الخصائص النوعية لمياه الآبار الجوفية بالمنطقة.
- تحليل علاقة الخصائص النوعية بالتركيب الجيولوجي للخزان الجوفي بالمنطقة.
- تحديد مدى صلاحية مياه الآبار لأغراض الشرب والاستعمالات المختلفة وفقا للمعايير الليبية ومنظمة الصحة العالمية (WHO).
- توظيف نظم المعلومات الجغرافية(GIS) لإنتاج خرائط توضح التوزيع المكاني لخصائص المياه الجوفية.
- بيانات علمية حديثة تساعد في دعم الإدارة المستدامة للموارد المائية في المنطقة.

أهمية الدراسة:

تأتي أهمية الدراسة من أهمية المياه الجوفية كأحد الموارد المائية في استمرار الحياة وديمومتها، وبالتالي ستوفر هذه الدراسة بيانات حديثة حول خصائص المياه الجوفية في منطقة تعاني من تدهور بشكل كبير في جودة المياه ، كذلك إبراز دور التكوينات الجيولوجية في تحديد الخصائص النوعية الكيميائية للمياه، بالإضافة الى ذلك يمكن إنتاج خرائط مكانية دقيقة يمكن الاعتماد عليها في تخطيط وإدارة الموارد المائية، وبالتالي دعم الجهات المحلية في اتخاذ القرارات المناسبة لتطوير مصادر المياه وتحسين وترشيد استخدامها وفق أُسُس علمية دقيقة.

 Copyright: © 2025 by the authors. Submitted for possible open access publication under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution (CC BY) license (https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/).

فرضيات الدراسة:

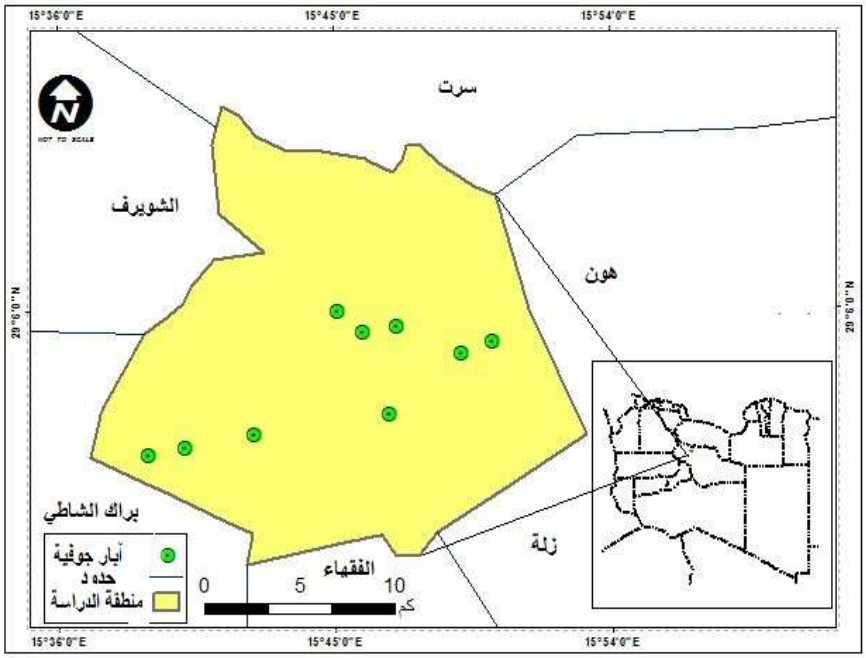
1- تباين الخصائص النوعية للمياه الجوفية مما يجعلها غير صالحة للشرب.
2- تعد التكوينات الجيولوجية من أكثر العوامل تأثيراً في تحديد نوعية المياه الجوفية بالإضافة للعوامل البشرية الأخرى.
3- يمكن تمثيل التوزيع المكاني لنتائج الدراسة باستخدام نظم المعلومات الجغرافية (GIS).

منهجية الدراسة:

اعتمدت الدراسة على الأسلوب الوصفي التحليلي، وذلك بجمع معلومات عن آبار المياه الجوفية بمنطقة الدراسة، ثم تحديد عدد ومواقع العينات بما يتناسب مع مساحة منطقة الدراسة(204.38 كم²) وطبيعة وحداتها الهيدروجيولوجية، ومن تمّ أخذ عينات من تلك الآبار وإجراء التحاليل اللازمة لتحديد بعض الصفات النوعية لمياه الآبار الجوفية، والتأكد من مدى جودة وصلاحية المياه للشرب والاستخدامات المختلفة، وذلك من خلال مقارنة النتائج المتحصل عليها بالمواصفات القياسية الليبية والمعايير الصادرة عن منظمة الصحة العالمية (WHO)، وتحليل العلاقة بين جودة المياه والتكوينات الجيولوجية بالاعتماد على الخرائط الجيولوجية وتقارير الدراسات السابقة وإدخال البيانات المكانية والوصفية للعينات، كما استُخدم نظام تحديد المواقع العالمي (GPS) لتحديد الإحداثيات، وبرنامج ArcGIS 10.8.1 لمعالجة البيانات المكانية وإنتاج الخرائط باستخدام طريقة IDW.

موقع وحدود منطقة الدراسة:

تقع منطقة سوكنه في وسط ليبيا وهي إحدى المناطق التابعة لبلدية الجفرة, بالسفوح الشمالية لأطراف القسم الشرقي من جبال السوداء وتبدا في الارتفاع عن مستوى سطح البحر (275) إلى (600) متراً ويحدها من الشمال بلدية الشويرف ومن الغرب بلدية براك الشاطئ ، ومدينة هون إلى الشرق ومنطقة الفقهاء من الجنوب، وتقع فلكيا بين دائرتي عرض (58 :'29º - 56 :'29 º) شمال خط الاستواء وخطي طول (' 50 :15º - '54 :15º) خريطة رقم (1) شرق خط جرينتش، وتمتد منطقة سوكنة على مساحة (204.38 كيلومتر مربع) تقريبا وقد وضعت إدارياً في فرع بلدي واحد ضمن بلدية الجفرة. حيث يبلغ عدد سكانها حوالي (15022) نسمة.



الخريطة رقم (1) تبين موقع منطقة الدراسة.

المصدر/ من عمل الباحثين باستخدام برنامج:.GISARC MAP10.8. 1 بالاعتماد على الاطلس الوطني للجماهيرية ،1978 لبلدية الجفرة.

مناخ منطقة الدراسة:

تتميز منطقة الجفرة بصفة عامة بالمناخ الصحراوي حار جاف صيفا و بارد شتاءًا، حيث يشكل فصل الصيف أطول فتره تمتد من بداية شهر أبريل إلى نهاية شهر سبتمبر ويتخللها بعض العواصف الرملية و خاصة شهر أبريل، وتتراوح درجات الحرارة في فصل الصيف ما بين 35 – 40 درجة مئوية وأحيانا أكثر من ذلك، كما يتميز فصل الشتاء بشدة البرودة خاصة في الليل حيث تصل درجات الحرارة إلى الصفر المئوي بينما لا تتجاوز كمية الأمطار سنويا عن 30 ملم/سنة (الحداد وآخرون، 2013).

 Copyright: © 2025 by the authors. Submitted for possible open access publication under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution (CC BY) license (https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/).

الدراسات السابقة:

أجرى (Ahmed *et al*.2006) دراسة بعنوان تقييم المياه الجوفية في واحة الجفرة (وسط ليبيا) باستخدام الطرق الإحصائية، وقد وجد أن المياه الجوفية هي المصدر الرئيسي للماء في تلك المنطقة، كما أن الطبقة الجوفية في منطقتي سوكنة وودان تنحصر بين صخور تشمل الرمل والطين والحجر الرملي، كما تبين إن نوعية الماء في هذه الطبقة الجوفية جيدة جداً ومجموع المواد الصلبة المذابة يتراوح ما بين 1200 إلى 1500 جزء في المليون.

كما قام (الحداد وآخرون، 2013) بدراسة حول بعض الخواص الهيدروجيولوجية للمياه الجوفية بمشروع الفرجان الزراعي الاستيطاني بمنطقة سوكنة، وتمت فيه مقارنة التحاليل الكيميائية التي أجريت على المياه الجوفية بمنطقة الدراسة سنة (2013) مع الدراسات السابقة سنة (2000) وسنة إنشاء المشروع (1974)، واتضح أن المياه الجوفية بمنطقة الدراسة تعتبر مياه مستساغة وبالتالي فإنها صالحة للشرب و الزراعة، مع ملاحظة وجود تغير بسيط في التركيب الكيميائي للمياه.

دراسة (محمد وآخرون، 2019) لغرض نمذجة الخصائص النوعية الفيزيائية والكيميائية لمياه الآبار في بادية المثنى باستخدام (GIS)، اخذت (23) عينة من آبار موزعة توزيعاً عشوائياً، وتم تحليلها مختبرياً لتقييم مدى صلاحيتها والاستفادة منها للاستعمالات البشرية المختلفة بعد مقارنه نتائج التحاليل مع المعايير والمواصفات العراقية المعتمدة، اذ بوبت بياناتها ونمذجتها خرائطياً من خلال استخدام تقنيات نظم المعلومات الجغرافية ومنها (ARC GIS10.3)، توصلت الدراسة الى نمذجة خرائطية تتكون من ثلاثة مستويات ضم المستوى الأول المياه ذات الملائمة الممتازة بحسب القيم المفترضة، أي ان مياه الآبار فيها صالحة للاستهلاك البشري والاستعمالات الأخرى. اما المستوى الثاني فهي المياه ذات الملائمة المتوسطة، أي ان مياه ابارها لا تصلح للاستهلاك البشري وانما تصلح للاستعمالات الأخرى، اما المستوى الثالث فهي مياه الآبار غير الملائمة للاستهلاك البشري والاستعمالات الاخرى.

أجرى (Nouria El Hadi *et al* .2019) دراسة هيدروكيميائية لتقييم جودة المياه الجوفية في وادي جارف بمدينة سرت – ليبيا بهدف تحديد خصائصها الكيميائية ومدى ملائمتها لأغراض الشرب والري. شملت الدراسة تحليل عدد من العينات المائية لقياس المتغيرات الأساسية مثل درجة الحموضة (pH)، التوصيلية الكهربائية (EC)، الأملاح الذائبة الكلية (TDS) ، إضافة إلى الأيونات الرئيسة (Na^{+}، Ca^{2+}، Mg^{2+}، Cl^{-}، SO_4^{2-}، HCO_3^{-}).أظهرت النتائج أن معظم المياه تتميز بارتفاع قيم EC وTDS مما يشير إلى زيادة الملوحة، وأرجع الباحثون ذلك إلى تأثير التكوينات الجيولوجية الرسوبية وعمليات التجوية والذوبان، مع وجود تأثير محدود للأنشطة البشرية، وخلصت الدراسة إلى أن المياه غير مناسبة للشرب وفق المعايير الليبية ومعايير منظمة الصحة العالمية بسبب ارتفاع نسبة الأملاح، بينما تُعد صالحة جزئيًا للري ضمن حدود الاستخدام الحذر، وأوصت بضرورة مراقبة نوعية المياه الجوفية وإدارتها بشكل مستدام في المنطقة.

دراسة (حسين، سفير2020) أثر الخصائص الصخارية للتكوينات الجيولوجية على الخصائص النوعية للمياه الجوفية ل (70) بئراً تنتشر في أجزاء مختلفة من بادية محافظة المثنى بالعراق، حيث تم التعرف فيه على الخصائص النوعية للمياه والتي تضمنت الأس الهيدروجيني ومحتوى المواد الصلبة والتوصيلية الكهربائية، ويستدل من قيمها بأن المياه الجوفية في منطقة الدراسة تتسم بارتفاع محتواها الملحي وهذا يعود إلى الطبيعة الصخرية للتكوينات الجيولوجية السائدة في منطقة الدراسة والتي كانت في مجملها صخور جيرية و الدولومايت والجبس والانهدرايت.

دراسة (El-Rawy *et al*. 2024) لغرض تقييم جودة المياه الجوفية في المناطق الصحراوية (محافظة أسيوط، مصر) باستخدام مزيج من الأساليب المتقدمة منها نظم المعلومات الجغرافية (GIS)، وتقنيات تعلّم الآلة. تم تحليل بيانات من 217 بئر، مع ما يقارب 12 متغيرًا كيميائيًا مثل TDS، الموصلية الكهربائية (EC)، الكلوريد (Cl^{-})، الحديد (Fe^{2+})، الكالسيوم (Ca^{2+})، المغنيسيوم (Mg^{2+})، الصوديوم (Na^{+})، الكبريتات (SO_4^{2-})، المنغنيز (Mn^{2+})، البيكربونات (HCO_3^{-})، البوتاسيوم (K^{+})، ودرجة الحموضة (pH). تم حساب مؤشر جودة المياه (WQI) لتصنيف جودة المياه، واستخدمت خرائط GIS لغرض التوزيع المكاني لهذا المؤشر، وخلصت الدراسة الى أن التركيزات المرتفعة لبعض الأيونات مثل Na، K، Ca، Mg، Mn، وFe كانت مرتبطة بالمناطق الصناعية والمكتظة سكانيًا، مما يدلّ على تأثير الأنشطة البشرية على نوعية المياه الجوفية، كما برهنت نماذج تعلم الآلة على قدرة جيدة في التنبؤ بجودة المياه، مما يوفّر أداة فعّالة لإدارة الموارد المائية بشكل مستدام في المناطق ذات ندرة المياه.

قام (Hossain *et al.* 2024) بدراسة الخصائص الهيدروكيميائية وتقييم جودة المياه الجوفية في المنطقة الجنوبية الغربية من بنغلاديش باستخدام نظم المعلومات الجغرافية(GIS)، تم جمع عدد من العينات من آبار المياه الجوفية وتحليلها لمعرفة المتغيرات الفيزيائية والكيميائية، بما في ذلك درجة الحموضة (pH)، الموصلية الكهربائية (EC)، مجموع المواد الصلبة الذائبة (TDS)، والكاتيونات والأنيونات الرئيسة، وخلصت الدراسة الى أن المياه الجوفية في المنطقة تخضع لتأثيرات طبيعية وجيولوجية قوية، حيث تُشكل التكوينات الصخرية (مثل الكربونات والجبس والملح) المصدر الأساسي للأيونات الذائبة، و من خلال استخدام مؤشرات جودة المياه مثل SAR وSSP ومؤشر جودة المياه (WQI)، تبين أن بعض العينات غير ملائمة للشرب لأنها تملك ملوحة عالية، بينما بعضها قد يكون مناسبًا للاستخدام الزراعي بشرط مراعاة مخاطر الصوديوم والملوحة، كما أظهرت الدراسة وجود تركيزات من النترات في بعض العينات مما قد يشكّل خطرًا بيئيًا وصحي في حال الاستخدام البشري دون معالجة.

 Copyright: © 2025 by the authors. Submitted for possible open access publication under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution (CC BY) license (https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/).

دراسة (Senthil Kumar *et al*. 2024) التي تهدف إلى استكشاف الخصائص الهيدروكيميائية للمياه الجوفية في منطقة تيروبور تاميل نادو بالهند، وتقييم مدى ملائمتها للشرب والزراعة، جُمعت 21 عينة مياه جوفية من آبار مختلفة، ثم قيست المتغيرات الفيزيائية والكيميائية وهي (pH)، التوصيلية الكهربائية (EC)، إجمالي المواد الذائبة (TDS)، درجة الحرارة، الملوحة، والكاتيونات والأنيونات الرئيسية (Ca^{2+}، Mg^{2+}، Na^{+}، K^{+}، HCO_3^{-}، Cl^{-}، SO_4^{2-}) باستخدام برنامج (Aqua Chem)، أُنشأت تمثيلات بيانية لأنماط الجودة المائية وأظهرت النتائج أن معظم العينات قلوية وتراوح تركيز الأملاح فيها ما بين العذبة إلى معتدلة الملوحة، حوالي 68٪ من العينات صالحة للشرب بحسب معايير منظمة الصحة العالمية، في حين أن 32٪ كانت غير صالحة بسبب تراكم أيونات معينة من مصادر طبيعية وبشرية معًا. من جهة الاستخدام الزراعي أظهر مقياس الملوحة الأميركي (US Salinity Diagram) أن معظم العينات تقع ضمن فئةC3S1، ما يدل على نسبة ملوحة معتدلة إلى مرتفعة وخطر قلوي منخفض.

الوسائل والادوات المستعملة في البحث:

تسعى البحوث البيئية الحديثة دائماً إلى إيجاد الطرائق والأساليب ذات الكفاءة العالية والمتطورة في تحليل العلاقات المكانية للمناطق والأقاليم وما بينها من تباين وأسباب ذلك التباين وصولاً الى معالجة شاملة وحقيقية لتلك العلاقات. ونظراً لقلة البيانات والمعلومات، ولاسيما البيانات الهيدرولوجية في المنطقة، توجب على الباحثين العمل الحقلي والميداني، لتوفير البيانات اللازمة لإكمال متطلبات البحث بالشكل الدقيق. واستعمال بعض الأجهزة والأدوات لتجميع البيانات وإنشاء قاعدة معلوماتية فيما يتعلق بخصائص المياه الجوفية.

1- جمع عينات من مياه الآبار الجوفية:

تم تحديد عدد ومواقع العينات بما يتناسب مع مساحة منطقة الدراسة البالغة نحو (204.38 كم²) وطبيعة وحداتها الهيدروجيولوجية، بما يحقق تمثيلًا مكانيًا كافيًا، حيث قُسمت منطقة الدراسة الى ثلاثة مواقع وهي سوكنة المركز، مشروع الحمام السكني الزراعي، مشروع فرجان السكني الزراعي، ثُم جُمعت ثلاثة عينات من آبار كل منطقة، بأجمالي تسع عينات تمثل مياه الآبار الجوفية المستخدمة فعلياً في المنطقة، وذلك خلال شهر مارس 2024م، أُجريت التحاليل الفيزيائية والكيميائية في مختبر مركز البحوث والاستشارات العلمية بجامعة سبها، حيث تم تقدير قيم الأس الهيدروجيني (PH)، والتوصيل الكهربائي (EC)، والأملاح الذائبة الكلية (TDS)، وأيون الكلورايد (CL^{-})، وأيون البيكربونات ($HCO3^{-}$)، وذلك وفق الطرق القياسية المعتمدة الواردة بـ (Standard Methods) لتحديد الخصائص النوعية لمياه الآبار الجوفية المدروسة لمعرفة مدى ملائمتها للشرب والأغراض المختلفة.

2- نظام تحديد المواقع العالمي (GPS):

تم استعمال جهاز(GPS) للحصول على مواقع الآبار وارتفاعاتها (X, Y, Z) للآبار المشمولة بالدراسة حقلياً، لأنها تمثل المرحلة الأولى والأساسية للبيانات الهيدرولوجية التي يتمّ إدخالها إلى نظم المعلومات الجغرافية لمعالجتها، ومن ثم بناء العلاقات المكانية والموضوعية وتصديرها وإخراجها بأشكال مختلفة على شكل خرائط وجداول وأشكال متنوعة بحسب نوع البيانات.

3- نظم المعلومات الجغرافية (GIS):

إن الغرض من استعمال نظم المعلومات الجغرافية، هو التخطيط والإدارة، وصولاً إلى اتخاذ الحلول والقرارات السديدة، وذلك للدقة العالية والشمولية والسرعة في التعامل مع البيانات ومعالجتها، ومن ثم ربطها بموقعها الجغرافي. وقد استعمل برنامج (Arc GIS.10.8.1) في معالجة البيانات والمعلومات الخاصة بالبحث وتحليلها وإخراجها على شكل خرائط وجداول وأشكال متنوعة بحسب نوع البيانات، كما أُستخدمت طريقة الاستيفاء الموزون للمسافة العكسية (IDW) لرسم خريطة للتغيرات المكانية في جودة المياه الجوفية بمنطقة الدراسة.

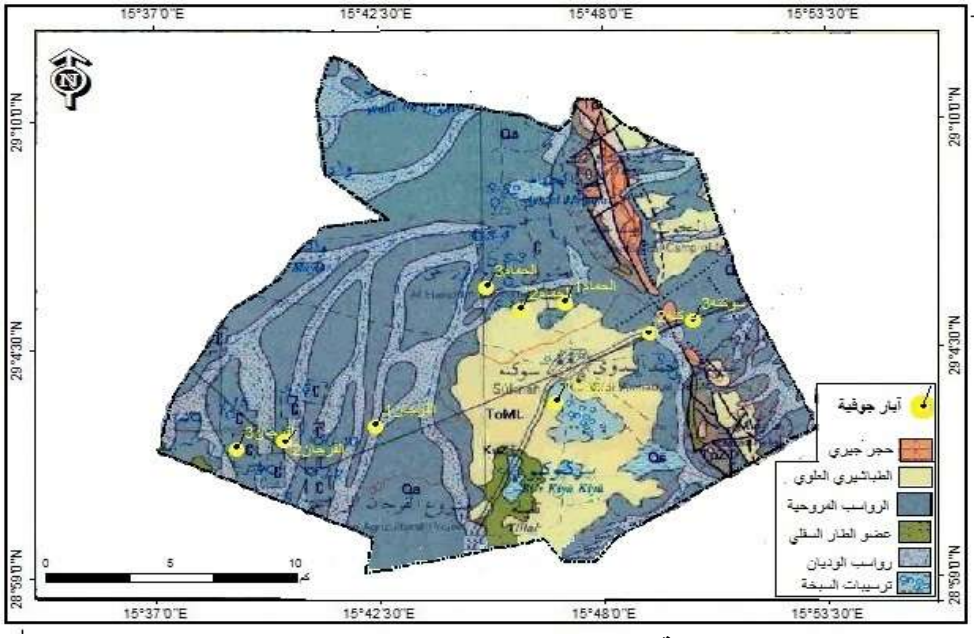
التكوينات الجيولوجية وخصائصها المائية بمنطقة الدراسة:

يقصد بالتكوينات الجيولوجية مظاهر الصخور على سطح القشرة الارضية التي تبرز على شكل طبقات وتراكيب مختلفة الشكل والبنية الجيولوجية (ميشيل، 2000م، ص123)، والتي لها اثر كبير على عمليات تسرب الماء الى باطن الارض والذي يعتمد أساسا على بنية الصخور الجيولوجية فقد تكون كمية التسرب الى باطن الارض كبيرة مما توثر على زيادة الجريان السطحي كما هو الحال في الصخور الجيرية او جزئيا كما هو الحال في الصخور الطينية القديمة (الغزي،2005).

وتساعد دراسة التكوينات الجيولوجية في رسم الملامح الهيدرولوجية، حيث تتضمن منطقة الدراسة الجزء الشرقي من هضبة الحماده الحمرا والجزء الغربي من منخفض هون، وتعتبر المنطقة متعرجة قليلا ولكن بميل بسيط لناحية الشمال الشرقي، حيث تظهر في المنطقة الصخور الرسوبية التي يتراوح عمرها بين العصر الطباشيري العلوي والعصر الثالث، كما تغطى المنطقة صخور العصر الرابع المختلطة والتي ترسبت في بيئة قارية (الكتيب التفسيري، 1987).

 Copyright: © 2025 by the authors. Submitted for possible open access publication under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution (CC BY) license (https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/).

تتنوع التكوينات الجيولوجية في منطقة الدراسة والتي هي انعكاس للبيئات الترسيبية المختلفة، إذ ينكشف بعضها على السطح وأخرى تتواجد تحت السطح، يتفاوت سمكها بحسب العوامل المناخية والجيومرفولوجية التي تؤثر على خصائص المياه وتواجدها وأصولها.



الخريطة(2). التكوينات الجيولوجية لمنطقة الدراسة.
المصدر/ من عمل الباحثين باستخدام GIS arc map10.8.1 استنادا الى الكتيب التفسيري، لوحة هون، (1980-1987)، مركز البحوث الصناعية.

الخزان السطحي:

المكونات الجيولوجية لهذا الخزان تتمثل في حجر جيري مع تواجد نسبة من الجبس، ويعتبر هذا الخزان ضعيف في إمكانياته المائية من حيث الكمية والنوعية، ويتواجد هذا الخزان على أعماق تتراوح من 10- 50 متر تحت سطح الأرض وملوحة المياه به تصل إلى 7000 جزء في المليون، أما إنتاجية الآبار ضعيفة في بعض المناطق خاصة ودان حيث لا تزيد عن 5 م^3 / ساعة، المياه الجوفية لهذا الخزان يتم تغذيته جزئيا عن طريق الفواصل من المياه الجوفية العميقة والأمطار التي تتساقط موسمياً من حين إلى آخر، وبالرغم من أن هذا الخزان كان الخزان الأساسي الذي تعتمد عليه واحات سوكنة ، هون، ودان) في ري النخيل، إلاّ أن الاستنزاف الذي تعرض إليه في السنوات الأخيرة إلى جانب هبوط منسوب المياه في الخزانات العميقة التي كانت تغذي هذا الخزان نتج عنها هبوط منسوب الماء أدى أحياناً إلى جفاف بعض الآبار، بالإضافة إلى ذلك فإن هذا الخزان يتعرض إلى مشكلة أخرى وخطيرة وهي تلوثه عن طريق الآبار السوداء واختلاط المياه الجوفية بمياه الصرف الصحي(الحداد، وآخرون2014).

الخزان الطباشيري العلوي (تكوين مزدة) :

يُستغل هذا الخزان في مشاريع (الفرجان، عافية، حزام الجفرة الشرقي والغربي بالإضافة إلى مياه الشرب بمنطقة سوكنة)، ويتراوح عمقه ما بين 150 - 250 متر وهو ذو إمكانيات جيدة وتتراوح الأملاح الذائبة فيه ما بين 1.2 - 1.7 جم /لتر.(الحداد، وآخرون2014م،ص13).

الخزان العميق (بتكوينات حقبة الحياة القديمة والمتوسطة):

وهو الخزان الرئيسي بالمنطقة وجزئيا مصدر تغذية الخزانات الأخرى الأقل عمقاً، ويتواجد على عمق 350 متر بمنطقة سوكنة، في حين يتواجد على عمق يتراوح من 1500 - 1300 متر بمنطقة ودان، وتقدر إنتاجية البئر الواحد من 100إلى 200 م^3/ ساعة، في حين تتراوح الأملاح الذائبة ما بين 1.5 جم/لتر بمنطقة سوكنة وتصل إلى 1.9 جم/لتر بودان (الحداد، وآخرون2014).

 Copyright: © 2025 by the authors. Submitted for possible open access publication under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution (CC BY) license (https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/).

الخزان الطباشيري العلوي:

هو عبارة عن حجر جيري إلى حجر جيري رملي يرجع إلى العصر الطباشيري العلوي، ويعتبر هذا الخزان هو المستغل بصورة رئيسية بمنطقة سوكنة والفرجان، ويمكن تلخيص الوضع المائي به بما يلي:

- العمق :150-250 متر.
- الإنتاجية: 150 م^3/ ساعة.
- الأملاح الذائبة: 1200-1500 جزء في المليون.
- درجة الحرارة: 33 درجة مئوية.

خزان الحجر الرملي (الطباشيري السفلي):

وهو عبارة عن حجر رملي ناعم إلى خشن الحبيبات يبدأ ظهوره عند الأعماق 300 متر حيث تتواجد في منطقة سوكنة ووادي زمام ،صخور الطباشيري السفلي يليها مباشرةً صخور الكمبرواردوفيشي بسمك يتعدى 300 متر، ويمكن تلخيص الخصائص الهيدروجيولوجية لهاذين الخزانين المتحدين فيما يلي: -

- العمق : 600 متر ±20% .
- الإنتاجية: 200 م^3/ساعة.
- الأملاح الذائبة : 1.2 جم/لتر.

النتائج والمناقشة:

جدول 1. نتائج تحاليل بعض الخصائص النوعية للعينات المدروسة.

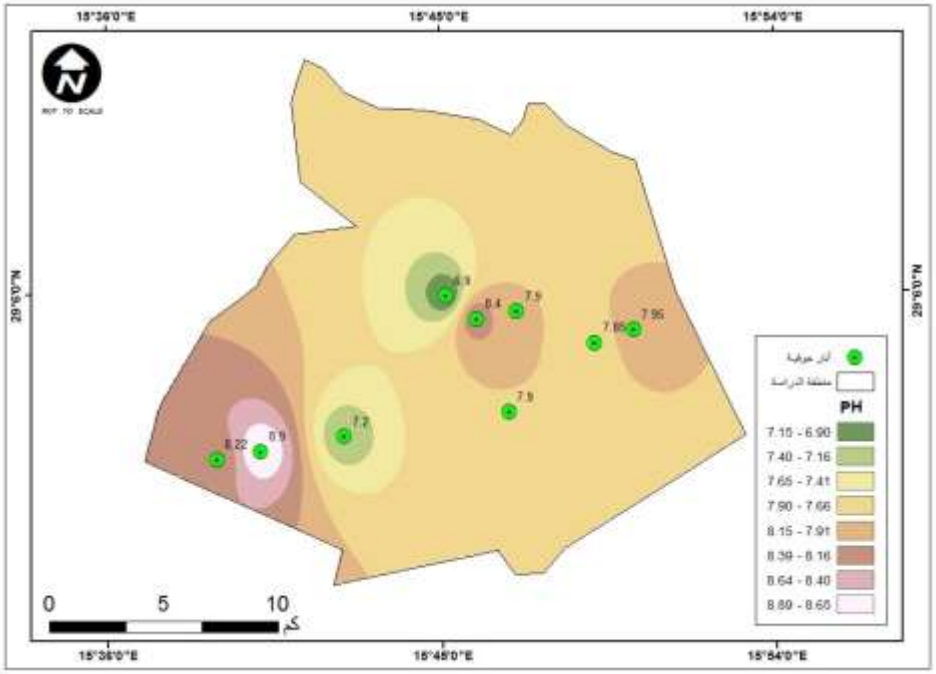
مكان البئر	pH	EC (µS/cm)	TDS (mg/L)	Cl^- (mg/L)	$HCO3^-$ (mg/L)
سوكنة 1	7.90	2000	1280	614.39	275
سوكنة 2	7.85	1980	1260	601.21	61
سوكنة 3	7.95	2010	1290	599.56	31
الحمام 1	7.90	2020	1300	601.21	61
الحمام 2	8.4	2650	1710	578.15	55
الحمام 3	6.9	2040	1300	578.18	12
فرجان 1	7.2	1790	1140	494.14	61
فرجان 2	8.9	5550	3550	854.22	31
فرجان 3	8.22	2160	1380	599.5	92
المتوسط	7.9	2466.6	1578.8	613.39	75.4
المعايير القياسية الليبية	8.5 - 6.5	2500	1000	250	150
معايير منظمة الصحة العالمية(WHO)	8.5 - 6.5	2300	1000	250	200

المصدر/ المركز الوطني للمواصفات والمعايير القياسية (2015). "مياه الشرب" (منشورات المركز الوطني للمواصفات والمعايير القياسية رقم(82).

الأس الهيدروجيني (PH):

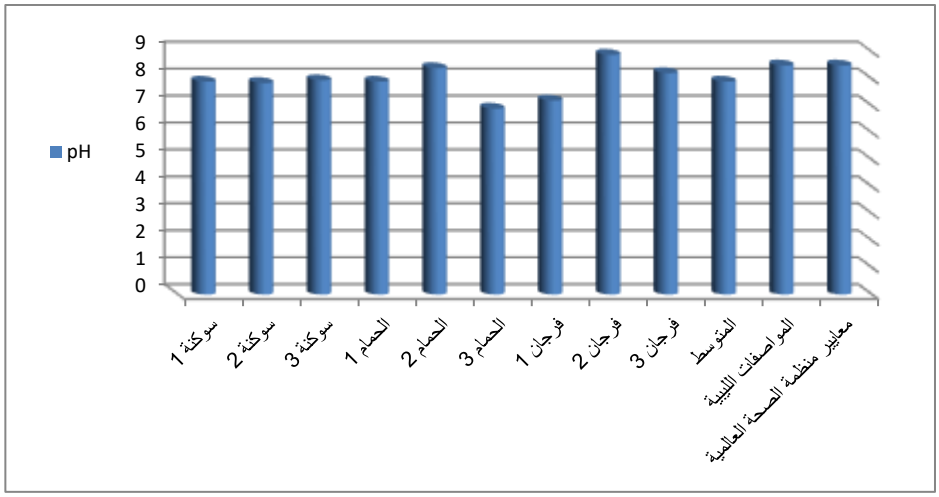
يُعبر الأس الهيدروجيني عن نشاط أيون الهيدروجين في الماء وهو مقياس للحامضية والقاعدية ، فعندما تكون قيمته أقل من (7) يكون التفاعل حامضيا وعندما تكون قيمته أكثر من (7) يكون قاعدياً، وعندما يكون متعادلاً تكون قيمته (7)، (محمد وآخرون، 2019م،ص715). وقد تبين من خلال الجدول رقم (1) والخريطة رقم (3) والشكل البياني رقم (1) أن أعلى قيمة للأس الهيدروجيني لعينات مياه الآبار كانت (8.9) للبئر رقم (2) بمشروع فرجان، وأدنى قيمة هي (6.9) للبئر رقم (3) بمشروع الحمام، كما هو مبين بالشكل رقم (1). ومتوسط القيم هو(7.9). وهذا يعني أن المياه الجوفية بمنطقة الدراسة تتصف بالقاعدية ولم تتجاوز الحدود المسموح بها وفقاً للمواصفات والمعايير القياسية، ما عدا عينة البئر رقم (2) بمشروع فرجان تبين أنها تجاوزت للحد الأعلى المسموح به لمياه الشرب، ويمكن أن يكون ذلك بسبب النشاطات البشرية الناتجة عن العمليات الزراعية واستخدام المبيدات والأسمدة والتي قد تتسرب مع مياه الصرف الزراعي الى المياه الجوفية. تتوافق نتائج الدراسة مع (Senthil Kumar *et al*, 2024)، حيث تبين أن معظم العينات قلوية بسبب تراكم أيونات معينة من مصادر طبيعية وبشرية.

 Copyright: © 2025 by the authors. Submitted for possible open access publication under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution (CC BY) license (https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/).



الخريطة رقم(3) تبين توزيع قيم الأس الهيدروجيني لآبار منطقة الدراسة.

المصدر/ الخريطة من عمل الباحثين بالاعتماد على بيانات الجدول رقم (1) باستخدام GIS arc map10.8.1

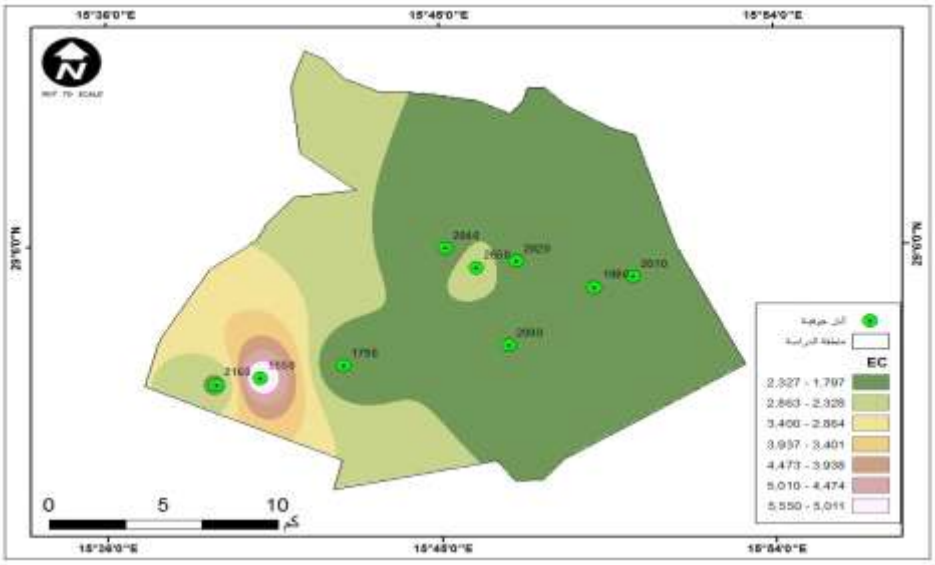


شكل 1 . يبين قيم الأس الهيدروجيني لعينات مياه الآبار المدروسة.

التوصيل الكهربائي (EC):

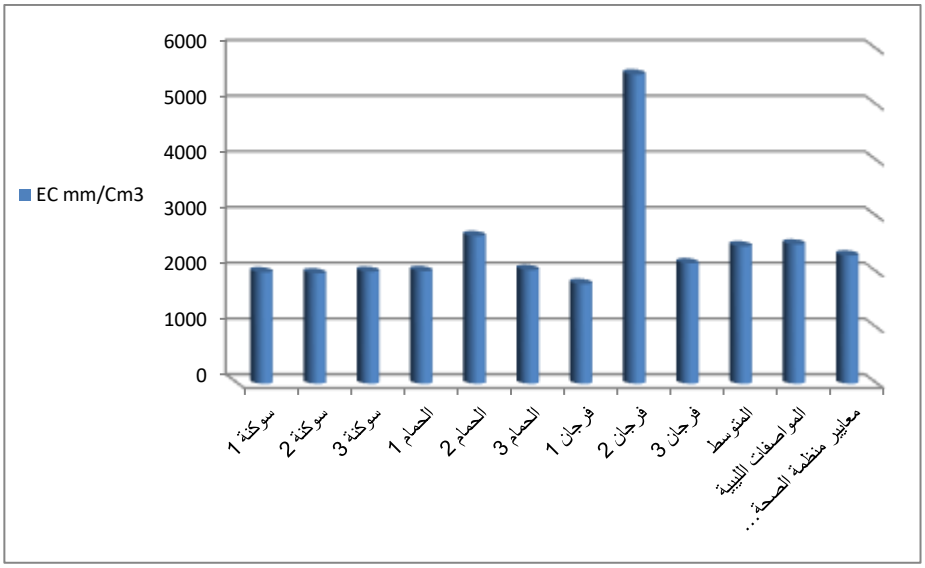
يعكس هذا المتغير قدرة المياه على حمل التيار الكهربائي وله علاقة طردية بدرجة حرارة الماء والمواد الصلبة الذائب(TDS) ولذلك نجد ان ارتفاع قيمته في المياه الجوفية يعني وجود نسبة كبيرة من الاملاح والقواعد والحوامض والسبب في ذلك يكون اما طبيعياً او بفعل الأنشطة البشرية (محمد وآخرون، 2019م،ص716)، تبين من نتائج الدراسة في الجدول رقم (1) والخريطة رقم (4) والشكل البياني (2) أن أعلى قيمة للتوصيل الكهربائي هي **(5550 µS/cm)** لعينة البئر رقم (2) بمشروع فرجان، وأدنى قيمة كانت **(1790µS/cm)** لعينة البئر رقم (1) بمشروع فرجان، وكان متوسط القيم للتوصيل الكهربائي **(2446.6µS/cm)**. من خلال هذه النتائج نلاحظ أن أغلب الآبار المدروسة ذات إيصالية جيدة نسبياً مع ملاحظة وجود عينتان تجاوزتا الحد المسموح به وفق المعايير القياسية الليبية ومعايير منظمة الصحة العالمية وهما عينة البئر رقم (2) بمشروع الحمام والبئر رقم (2) بمشروع فرجان، وهما عينتان لمياه آبار زراعية وبالتالي، تكون هذه الآبار غير صالحة للشرب نتيجة لارتفاع نسبة الأملاح بسبب التكوينات الجيولوجية الحاوية على الجير والجبس. تتوافق النتائج مع ما توصلت إليه دراسة (Ahmed *et al*. 2006) في واحة الجفرة، ودراسة (Nouria El Hadi *et al*. 2019)، حيث تبين ارتفاع قيمEC بمناطق الدراسة وتراوحت بين **(1800 -7500 µS/cm)**.

 Copyright: © 2025 by the authors. Submitted for possible open access publication under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution (CC BY) license (https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/).



الخريطة رقم(4) تبين قيم التوصيل الكهربائي لآبار منطقة الدراسة.

المصدر/ الخريطة من عمل الباحثين بالاعتماد على بيانات الجدول رقم (1) باستخدام GIS arc map10.8.1

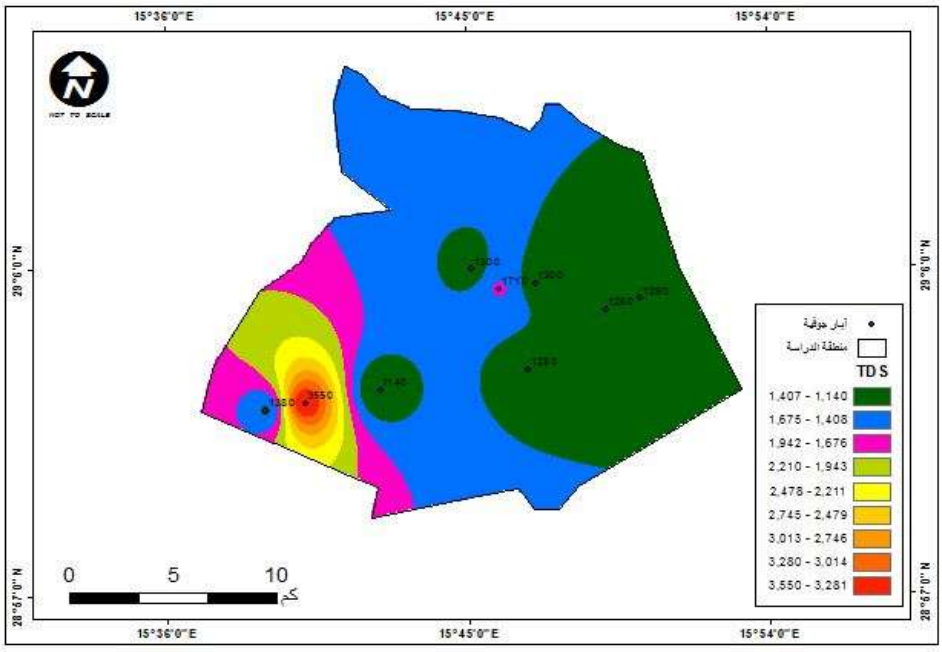


شكل 2 . يبين قيم التوصيل الكهربائي لعينات مياه الآبار المدروسة.

الأملاح الكلية الذائبة (TDS):

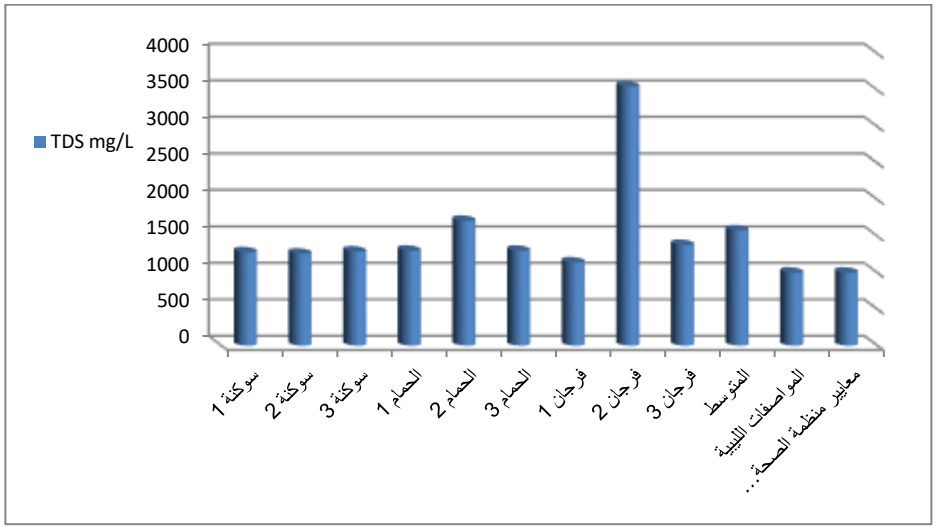
يؤدي اتصال المياه الجوفية بالتكوينات الصخرية لمدة طويلة إلى إذابة مكونات الصخور من الأملاح، بما يؤدي إلى زيادة المحتوى المعدني للمياه، لذا فإن تراكيز الأملاح في المياه تتباين وتختلف بحسب التكوينات الحاملة للمياه (الطائي،2021م). ويمكن أن تؤدي المواد الصلبة الذائبة المفرطة في المياه الجوفية إلى سوء المذاق، وتقشر في خطوط الأنابيب، وتأثيرات صحية ضارة عند استهلاكها لفترات طويلة (Jodhani *et al*, 2025). أظهرت النتائج أن أعلى قيمة للأملاح الذائبة الكلية (3550 **mg/L**) لعينة البئر رقم (2) بمشروع فرجان، وأدنى قيمة (1440 **mg/L**) لعينة البئر رقم (1) بمشروع فرجان كما هو مبين بالخريطة رقم (5) شكل رقم (3)، وبلغ متوسط الاملاح الذائبة الكلية (1578.8 **mg/L**)، مما يدل على ارتفاع كمية الأملاح الذائبة لأغلب العينات بسبب التكوين الجيولوجي للمنطقة الذي يعود للعصر الطباشيري العلوي ذو المكونات الجيرية التي تحتوي على نسبة كبيرة من الأملاح، فضلاً عن تأثير الظروف الجوية وزيادة كمية المياه المسحوبة من الآبار كلها عوامل تُسهم في زيادة تركيز الأملاح المذابة. تتوافق النتائج مع (سفير، 2006)، حيث سجل مدى TDS في عينات المياه الجوفية بين (**1290 – 14.244mg/L**) نتيجة للمصادر الجيولوجية والتكوينات الرسوبية وعوامل التجوية، مع تأثير محدود للأنشطة البشرية.

 Copyright: © 2025 by the authors. Submitted for possible open access publication under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution (CC BY) license (https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/).



الخريطة رقم (5) تبين توزيع الاملاح الكلية الذائبة لآبار منطقة الدراسة.

المصدر/ الخريطة من عما الباحثين بالاعتماد على بيانات الجدول رقم (1) باستخدام GIS arc map10.8.1

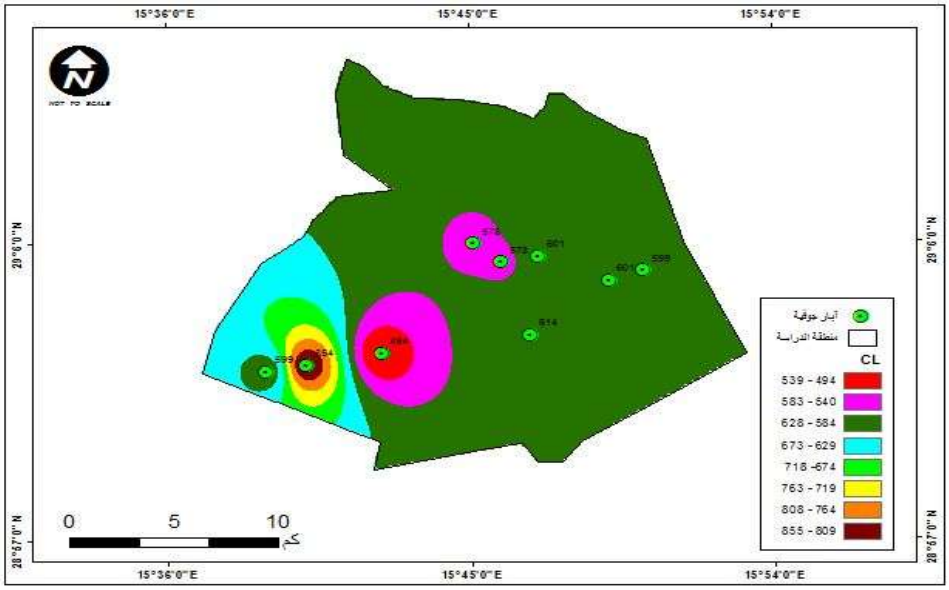


شكل 3 . يبين تركيز الأملاح الكلية الذائبة في عينات مياه الآبار المدروسة.

أيون الكلوريد (Cl^-):

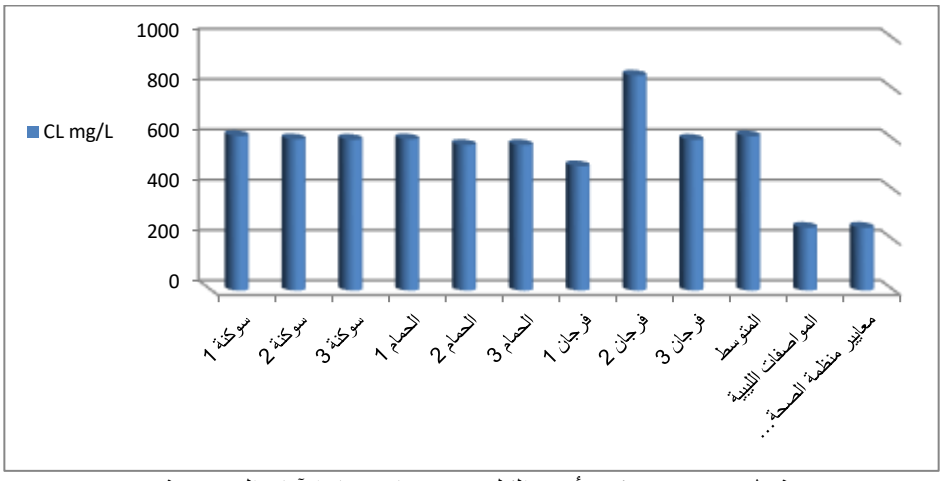
تركيز أيون الكلوريد في المياه يعد مقياساً لدرجة ملوحتها، ولكونه من الأيونات المستقرة في الماء فلا يتأثر بالعمليات الفيزيائية والكيميائية والحياتية، ولهذا السبب فهو يمثل أيضاً تركيز الأملاح الذائبة الكلية ويتناسب معها تناسباً طردياً، وأهم مصادره في المياه الجوفية ترسبات المتبخرات (كالهالايت والسلفايت) (كاظم وآخرون، 2015م، ص489). اوضحت النتائج أن أعلى قيمة لتركيز الكلوريد (854.22 **mg/L**) لعينة البئر رقم (2) بمشروع فرجان، وأدنى قيمة (494.14**mg/L**) لعينة البئر رقم (1) بمشروع فرجان كما هو مبين بالشكل رقم (4)، الخريطة رقم (6)، وقد بلغ متوسط تركيز أيون الكلوريد (613.39**mg/L**). كما لوحظ، أن جميع العينات المدروسة تفوق الحدود المسموح بها وفق المعايير القياسية الليبية والعالمية، لذلك تعتبر غير صالحة للشرب. تتوافق النتائج مع (محمد وآخرون، 2019)، حيث تراوح تركيز الكلورايد بين(1291.5-122.1**mg/L**).

 Copyright: © 2025 by the authors. Submitted for possible open access publication under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution (CC BY) license (https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/).



الخريطة رقم (6) تبين تركيز ايون الكلوريد لآبار منطقة الدراسة.

المصدر/ الخريطة من عمل الباحثين بالاعتماد على بيانات الجدول رقم (1) باستخدام GIS arc map10.8.1

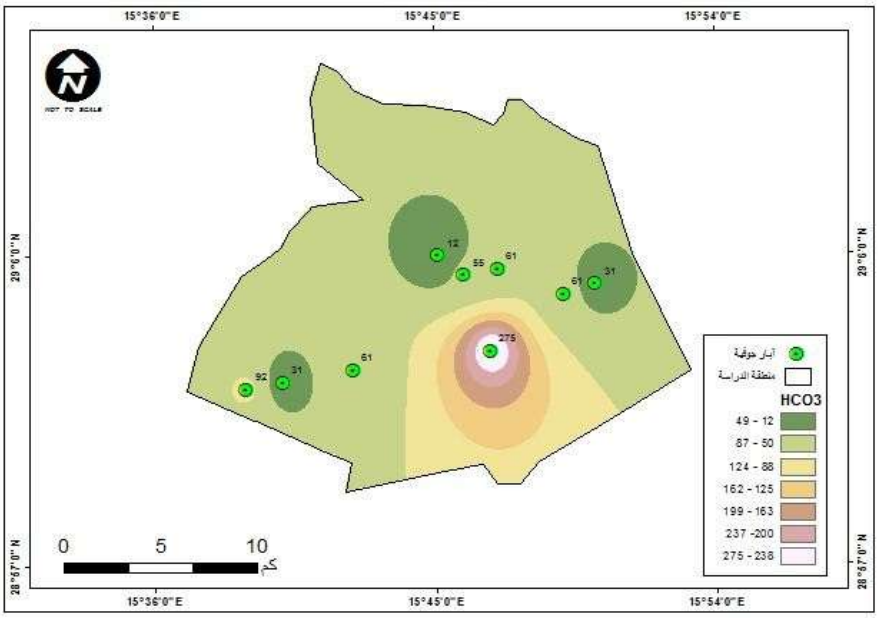


شكل 4 . يبين تركيز أيون الكلوريد بعينات مياه الآبار المدروسة.

أيون البيكربونات($HCO3^-$):

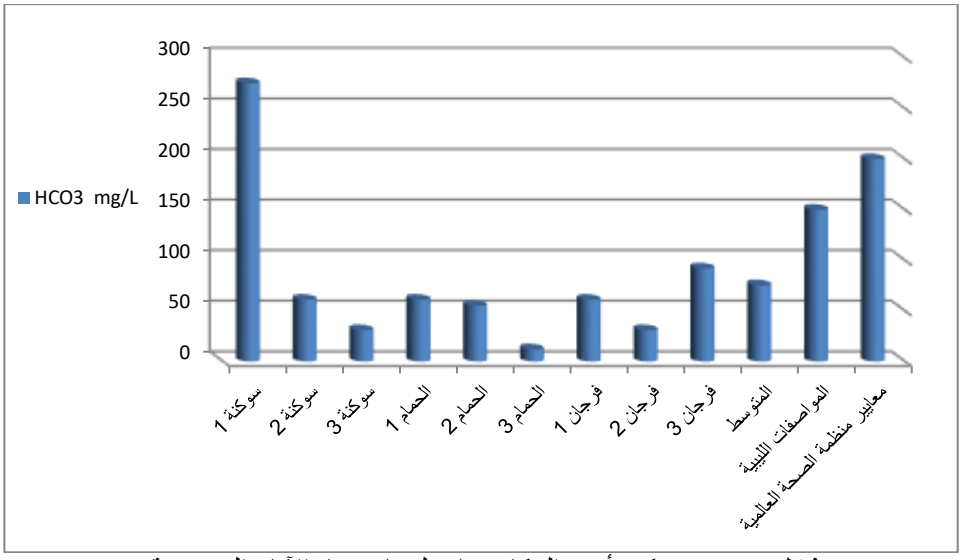
ينتج عن عمليات التجوية للمعادن السليكاتية والكربونية بفعل حامض الكربونيك ومن تفاعل غاز ثاني أكسيد الكربون في الطبيعة، إذ يتفاعل مع المطر بمساعدة درجة الحرارة مكونا حامض الكربونيك المخفف وهو حامض سريع التحلل والتحول إلى بيكربونات، وتعد الصخور الكلسية المصدر الرئيس للبيكربونات في المياه الجوفية (كاظم وآخرون، 2015). أظهرت النتائج أن أعلى قيمة لأيون البيكربونات (275**mg/L**) لعينة البئر رقم (1)، بسوكنة المركز وأدنى قيمة (**mg/L** 12) لعينة البئر رقم(3) بمشروع الحمام، كما هو مبين بالشكل رقم (5) الخريطة رقم (7)، وقد بلغ متوسط تركيز البيكربونات (75.4 **mg/L**)، ولم تتجاوز أغلب العينات المدروسة الحدود المسموح بها وفق المعايير القياسية الليبية والعالمية، ما عدا عينة البئر رقم (1) بسوكنة المركز، وقد يكون ذلك بسبب تفاعل المياه مع الصخور الكلسية والتربة الغنية بالكربونات. تتوافق النتائج مع (الطائي، 2021)، حيث انخفض تركيز البيكربونات في العينات المدروسة الى **mg/L** 31.1، وارتفع الى 359**mg/L**.

 Copyright: © 2025 by the authors. Submitted for possible open access publication under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution (CC BY) license (https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/).



الخريطة رقم (7) تبين تركز ايون البيكربونات لآبار منطقة الدراسة.

المصدر/ الخريطة من عمل الباحثين بالاعتماد على بيانات الجدول رقم (1) باستخدام GIS arc map10.8.1



شكل 5 . يبين تركيز أيون البيكاربونات لعينات مياه الآبار المدروسة.

تقييم خصائص المياه الجوفية للاستعمالات البشرية والصناعية والزراعية:

إن الهدف الأساس من تحليل خصائص مياه الآبار الجوفية، هو تحديد مدى ملائمتها للاستعمالات البشرية والزراعية والصناعية، استناداً الى معايير وقياسات موضوعة، تحدد إمكانية استعمالها في منطقة الدراسة. لذلك سوف يتم تناولها بشيء من التفصيل وعلى النحو الآتي:-

صلاحية مياه الآبار الجوفية المدروسة للأغراض الزراعية:

وفق تصنيف مختبر ملوحة التربة الأمريكي (USSL)، ووفقًا لمعايير وزارة الزراعة الأمريكية (USDA)، تبين أن أغلب عينات المياه تقع ضمن الفئة C3 ، كما هو موضح في الجدول (3)، الخريطة رقم (8)، مما يشير إلى ملوحة متوسطة إلى عالية C4 في عينة بئر الحمام(2) والتي تتطلب إدارة خاصة للري. في حين صنفت عينة بئر فرجان (2)، ضمن الفئة C5 التي تمثل مياه شديدة الملوحة وغير ملائمة لري معظم المحاصيل. تتوافق نتائج الدراسة مع Nouria El Hadi *et al*. (2019)، حيث تبين أن جودة المياه الجوفية في مناطق الدراسة متوسطة الملوحة، وقد تكون مقبولة للري بشرط وجود إدارة مناسبة لتفادي تدهور خواص التربة، كما تتوافق مع (Senthil Kumar *et al*. 2024)، حيث أظهر مقياس الملوحة الأميركي (US Salinity Diagram) أن معظم العينات تقع ضمن فئةC3S1، ما يدل على نسبة ملوحة معتدلة إلى مرتفعة.

 Copyright: © 2025 by the authors. Submitted for possible open access publication under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution (CC BY) license (https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/).

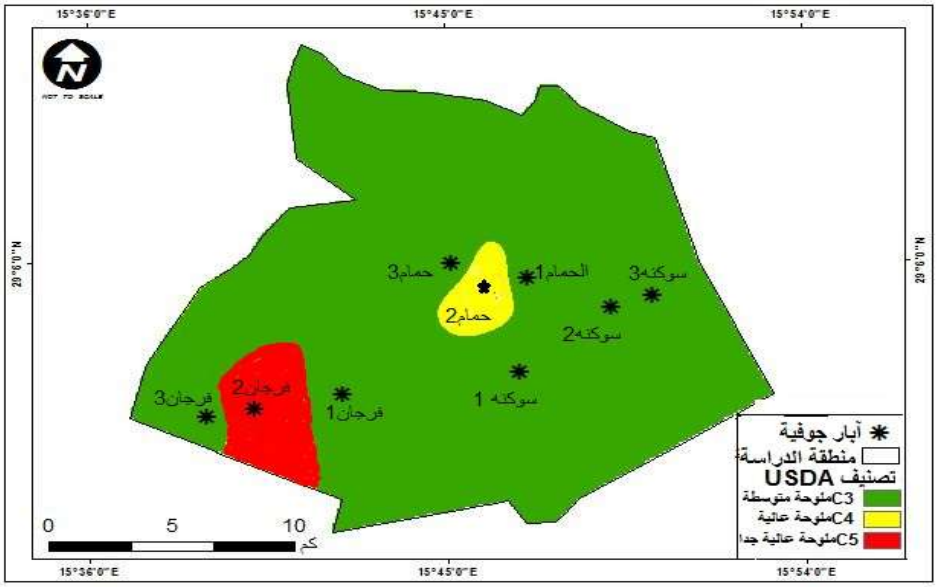
جدول 2 . تصنيف مياه الري حسب مختبر الملوحة الأمريكي.

صنف مياه الري	الرمز	(TDS) بوحدة ppm	(EC) بوحدة µS/cm	صلاحية المياه
مياه ذات ملوحة واطئة	C1	اقل من 200	اقل من 250	صالحة للري لكافة المحاصيل وفي معظم الترب
مياه ذات ملوحة متوسطة	C2	500 – 200	750 – 250	صالحة لري معظم المحاصيل متوسطة الملوحة
مياه ذات ملوحة عالية	C3	1500 – 500	2250 – 750	لا تستخدم هذه المياه إلا بوجود شبكة بزل فعالة ولمحاصيل عالية التحمل للملوحة
مياه ذات ملوحة عالية جدا	C4	3000 - 1500	5000 - 2250	مياه غير صالحة للري

المصدر/ الجياشي، جاسم. (2018). "دراسة الخصائص النوعية للمياه الجوفية في محافظة المثنى وطرق استثمارها". مجلة كلية التربية: (خاص) (1): 229

جدول 3 .تصنيف ملوحة عينات مياه الآبار المدروسة حسب التوصيل الكهربائي EC (µS/cm).

موقع البئر	EC (µS/cm)	تصنيف USDA
سوكنة 1	2000	C3 (ملوحة متوسطة)
سوكنة 2	1980	C3
سوكنة 3	2010	C3
الحمام 1	2020	C3
الحمام 2	2650	C4 (ملوحة عالية)
الحمام 3	2040	C3
فرجان 1	1790	C3
فرجان 2	5550	C5 (ملوحة عالية جدا)
فرجان 3	2160	C3
المتوسط	2466.6	C4



الخريطة رقم (8) تبين تصنيف مياه آبار منطقة الدراسة حسب مختبر الملوحة الأمريكي .

المصدر/ الخريطة من عمل الباحثين بالاعتماد على بيانات الجدول رقم (1) باستخدام GIS arc map10.8.1

 Copyright: © 2025 by the authors. Submitted for possible open access publication under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution (CC BY) license (https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/).

صلاحية مياه الآبار المدروسة لبعض العمليات الصناعية:

من خلال مقارنة النتائج بالمواصفات القياسية تبين أن مياه الآبار المدروسة غير صالحة لصناعة المنتجات النفطية، الإسمنت، وصناعة المشروبات، وذلك بسبب ارتفاع كلا من نسبة الأملاح الذائبة الكلية (TDS)، وتركيز أيون الكلورايد (CL^-)، حيث تجاوزت الحدود المسموح بها للأغراض الصناعية، ما عدا عينة البئر رقم (1) بمشروع فرجان تعتبر مياه ملائمة للصناعات الغذائية. كما تبين، أن أغلب العينات المدروسة ملائمة لصناعة البلاستيك باستثناء عينة البئر رقم (2) بمشروع الحمام، والبئر رقم (2) بمشروع فرجان.

جدول 4 . مواصفات المياه للأغراض الصناعية.

نوع الصناعة	الأس الهيدروجيني (PH)	الأملاح الذائبة الكلية (TDS)	أيون الكلورايد (CL^-)
التعليب والمشروبات	8.5 - 6.5		500PPM
المنتجات النفطية	9 - 6	1000 PPM	300 PPM
البلاستيك	8.3 – 6.5	_	__
الإسمنت	8.5 – 6.5	600 PPM	250PPM

– Reference: Hem J.D Study & Interpretation of the chemical, characteristics of natural water, USGS Water supply paper, P263

الاستنتاجات:

1- تبين من الدراسة أن التركيب الجيولوجي للمنطقة كان له أثر واضح في نوعية مياه الآبار الجوفية نظراً لارتفاع نسبة الأملاح الذائبة الكلية (TDS) في جميع العينات المدروسة.

2- أوضحت الدراسة أن أغلب الآبار المدروسة تتصف بالقاعدية ولم تتجاوز الحدود المسموح بها، ما عدا عينة البئر رقم (2) بمشروع فرجان.

3- أظهرت الدراسة ارتفاع قيم كلاً من الأملاح الذائبة الكلية (TDS) وتركيز أيون الكلوريد (CL^-) عن الحدود المسموح بها وفق المواصفات القياسية الليبية، ومعايير منظمة الصحة العالمية لمياه الشرب، وبالتالي تعتبر مياه هذه الآبار غير صالحة للشرب.

4- بينت الدراسة أن مياه الآبار المدروسة غير صالحة لصناعة المنتجات النفطية والإسمنت وصناعة المشروبات، بينما صالحة لصناعة المواد البلاستيكية، باستثناء البئر رقم (2) بمشروع الحمام، والبئر رقم (2) بمشروع فرجان.

5- أوضحت الدراسة أن مياه الآبار المدروسة صالحة فقط لري المحاصيل عالية التحمل للملوحة حسب مقياس الملوحة الأمريكي، باستثناء عينة فرجان (2) التي تمثل مياه شديدة الملوحة ضمن الفئة C5 والتي تُعد غير ملائمة لري معظم المحاصيل.

6- مقارنة بالدراسات السابقة أظهرت الدراسة أن تركيز الاملاح الذائبة الكلية(TDS) يزداد مع الزمن مما يؤكد أن اتصال المياه الجوفية بالتكوينات الصخرية لمدة طويلة يؤدي إلى إذابة مكونات الصخور من الأملاح المعدنية ويزداد تركيزها بمرور الزمن.

الخلاصة:

خلصت الدراسة الى أن قيم الأس الهيدروجيني لمعظم العينات تقع ضمن المجال القاعدي الخفيف، ولم تتجاوز الحدود المسموح بها باستثناء عينة البئر رقم (2) بمشروع فرجان ، ويُعزى ذلك إلى تأثير الأنشطة الزراعية وتفاعل المياه مع التكوينات الجيرية .كما بينت النتائج ارتفاع قيم التوصيل الكهربائي والأملاح الذائبة الكلية في أغلب العينات، متجاوزة المعايير القياسية والعالمية المعتمدة لمياه الشرب، وهو ما يعكس تأثير التكوينات الجيولوجية الغنية بالجير والجبس وعمليات الذوبان والتجوية، كما أظهرت خرائط التوزيع المكاني تباينًا واضحًا في تراكيز الأملاح والأيونات بين مواقع الآبار، مما يؤكد أهمية العامل الجيولوجي في تحديد نوعية المياه الجوفية، وتتوافق نتائج الدراسة مع عدد من الدراسات السابقة التي أشارت إلى ارتفاع الملوحة في المناطق الصحراوية ذات التكوينات الجيرية والجبسية.

التوصيات:

1. وضع ضوابط للاستنزاف المفرط للمياه للأغراض المختلفة، وذلك من خلال وضع ساعات مراقبة على الآبار لتنظيم كمية المياه المسحوبة واتباع طرق الري الحديثة.
2. نحذر المواطنين من استخدام مياه الآبار غير المطابقة للمواصفات القياسية الليبية والمعايير الصادرة عن منظمة الصحة العالمية(WHO) لمياه الشرب، كما نوصي بالعمل على أنشاء محطة لمعالجة مياه تلك الآبار لتنقيتها من الأملاح الذائبة.
3. العمل على إجراء المزيد من الدراسات المستمرة والتفصيلية للتعرف أكثر على خصائص مياه الآبار الجوفية للمنطقة والتي تعتبر المصدر الرئيسي للمياه، كما نوصي بإجراء دراسة تكميلية للعناصر الكيميائية التي لم تُدرس خلال هذا البحث.
4. القيام بالمراقبة الدورية لمناسيب مياه الآبار الجوفية من خلال حفر آبار للمراقبة لمعرفة وتحديد مستويات الهبوط والعمل على معالجتها.

 Copyright: © 2025 by the authors. Submitted for possible open access publication under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution (CC BY) license (https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/).

5. تنظيم عمليات حفر الآبار وذلك باختيار المواقع الصحيحة للحفر طبقاً للمواصفات والمعايير المتبعة من الجهات ذات الاختصاص.
6. توصي الدراسة بضرورة الاستفادة من تقنية نظم المعلومات الجغرافية GIS في إدارة البيانات ومعالجتها وتحليها ونمذجتها رقمياً والتي بدورها تساعد صانعي القرار في خطط التنمية المستدامة والاستغلال الأمثل للموارد المائية.

Compliance with ethical standards

Disclosure of conflict of interest

The authors declare that they have no conflict of interest.

المصادر والمراجع:

أولًا: المراجع العربية :

1- الغزي، حسن سوادي نجيبان، (2005)، **هيدرولوجية شط الغراف واستثماراته**، (أطروحة دكتوراه غير منشورة)، قسم الجغرافيا، كلية الآداب، جامعة البصرة.
2- الحداد، امحمد، والسنوسي، عبد الرحمن، (2014)، **دراسة بعض الخواص الهيدرولوجية للمياه الجوفية بمشروع الفرجان الزراعي الاستيطاني بمنطقة سوكنة**، (بحث غير منشور)، قسم علوم الأرض، كلية العلوم، جامعة سبها، ليبيا.
3- الطائي، عدنان عودة، (2021)، **الخصائص الكمية والنوعية للمياه الجوفية في بادية العراق الجنوبية**، *مجلة كلية التربية* – جامعة واسط، 42(2)، 1– 20.
4- الجياشي، جاسم، وحواح، شاتي، (2018)، **دراسة الخصائص النوعية للمياه الجوفية في محافظة المثنى وطرق استثمارها**، مجلة كلية التربية – الجامعة المستنصرية، (عدد خاص)، 1– 15.
5- حسين، سفير، (2020)، **أثر التكوينات الجيولوجية على الخصائص النوعية للمياه الجوفية في بادية محافظة المثنى ومدى صلاحيتها للأغراض الزراعية**، *Cambridge Journal of Scientific Research*،(5) ، 18–1.
6- كاظم، وسن محمد علي، ومنصور، نغم، (2015)، **دراسة الخصائص النوعية للمياه الجوفية في محافظة كركوك وسبل استثمارها**، *مجلة الأستاذ للعلوم الإنسانية والاجتماعية*، 1(214)، 1– 20.
7- محمد، صفاء جاسم، وعبد حسون، رافد موسى، (2019)، **النمذجة المكانية للخصائص النوعية للمياه الجوفية في بادية محافظة المثنى باستخدام نظم المعلومات الجغرافية (GIS)**، *مجلة مِداد الأدب*، 13 (ع خاص – الجزء الأول)، 1–22.
8- مركز البحوث الصناعية، (1980–1987)، الكتيبات التفسيرية لخريطة الوشكة – هون الجيولوجية (الطبعة الأولى).
9- المركز الوطني للمواصفات والمعايير القياسية، (2015)، مياه الشرب (منشورات المركز، رقم 82)، تم الاسترجاع في 30 مايو 2025، من (https://lncsm.org.ly)
10- ميشل، كامل عطالله، (2000)، **أساسيات الجيولوجيا**، (الطبعة الأولى)، دار النشر والتوزيع، عمّان.

ثانيًا: المراجع الأجنبية:

11- Aboshaala, N. E. H. A., Taeb, G., & Bahroun, N. A. S. L. (2019). Hydrochemical investigation and quality assessment of groundwater in Wadi Jarif, Sirte City, Libya. *Bulletin of Zawia University*, 21 (3), 49–83.
12- Ahmed, S., & Hashem, M. (2006). Ground water evaluation in Al Gofra Oasis, Middle Libya, using statistical methods. *Journal of Engineering Sciences*, 34 (5), 1363–1375.
13- El-Rawy, M., Wahba, M., Fathi, H., Alshehri, F., Abdalla, F., & El Attar, R. M. (2024). Assessment of groundwater quality in arid regions utilizing principal component analysis, GIS, and machine learning techniques. *Marine Pollution Bulletin*, 205, 116645.
14- Hem, J. D. (1985). Study and interpretation of the chemical characteristics of natural water (Water-Supply Paper 2254, pp. 117–120). U.S. Geological Survey.
15- Hossain, M. S., Nahar, N., Shaibur, M. R., Bhuiyan, M. T., Siddique, A. B., Al Maruf, A., & Khan, A. S. (2024). Hydro-chemical characteristics and groundwater quality evaluation in south-western region of Bangladesh: A GIS-based approach and multivariate analyses. *Heliyon*, 10 (1).
16- Jodhani, K. H., Gupta, N., Dadia, S., Patel, H., Patel, D., Jamjareegulgarn, P., & Rathnayake, U. (2025). Sustainable groundwater management through water quality index and geochemical insights in Valsad India. *Scientific Reports*, 15(1), 8769.
17- Kumar, G., Kothandaraman, S., Karuppanan, K., & Hussain, S. (2024). Groundwater quality and suitability assessment in Tirupur Region, Tamil Nadu, India. *Journal of Chemistry*, 2024.

Disclaimer/Publisher's Note: The statements, opinions, and data contained in all publications are solely those of the individual author(s) and contributor(s) and not of **AJAPAS** and/or the editor(s). **AJAPAS** and/or the editor(s) disclaim responsibility for any injury to people or property resulting from any ideas, methods, instructions, or products referred to in the content.

Copyright: © 2025 by the authors. Submitted for possible open access publication under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution (CC BY) license (https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/).