Sadaa Al-qalum Journal
مجلة صدى القلم
Online-ISSN: 3104-6371
مجلة صدي القلم للعلوم الإنسانية والتطبيقية

تقييم جودة المياه الجوفية لبعض الابار الانتاجية بمنطقة تندميرة – شمال غرب ليبيا

علي امحمد سعيد أحمد 1

1 القسم : الجيولوجية الكلية : الهندسة الجامعة : الزنتان المدينة : الزنتان الدولة : ليبيا

، ناصرمحمد شعبان أبودربالة 2 *

2 القسم : الجيولوجية الكلية :الهندسة الجامعة : الزنتان المدينة : الزنتان الدولة : ليبيا

naser.abuderbalah@uoz.edu.ly

Received: 15. 11, 2025 **Accepted: 22. 11, 2025** **Published: 02 .12, 2025**

الملخص

تهدف هذه الدراسة إلى إجراء تقييم أولي لجودة المياه الجوفية في منطقة سهل تندميرة (قدم الجبل)، من خلال تحليل سبع عينات مختلفة جُمعت من آبار المياه الجوفية. شملت التحاليل المنفذة مجموعة من القياسات الفيزيائية والكيميائية تضمنت: الرقم الهيدروجيني(pH) ، التوصيلية الكهربائية(EC) ، الأملاح الكلية الذائبة(TDS) ، العسرة الكلية، إضافة إلى تحديد تراكيز أيونات الكالسيوم والمغنيسيوم والصوديوم والكلوريد والكبريتات والنترات والبيكربونات. أظهرت النتائج أن متوسط قيمة الأملاح الكلية الذائبة بلغ 1611 ملغم/لتر، ضمن مدى تراوح بين 980 و2962 ملغم/لتر، وهي قيم تتجاوز الحد الأقصى المسموح به والبالغ 1000 ملغم/لتر، وفق المعايير الصادرة عن منظمة الصحة العالمية والمواصفة القياسية الليبية لمياه الشرب (م ق ل 82 لسنة 2015)، مما يشير إلى عدم صلاحية هذه المياه للاستهلاك البشري. كما تم إجراء تحليل بكتريولوجي شمل قياس العدد الكلي للميكروبات الهوائية عند 37°م لمدة 24 ساعة، وفحص بكتيريا المجموعة القولونية والبكتيريا القولونية الغائطية .(E. coli) وبينت النتائج أن جميع العينات كانت ضمن الحدود المسموح بها باستثناء بئر(W2) ، الذي سجل 6 مستعمرات/100 مل من بكتيريا المجموعة القولونية، متجاوزًا الحدود القياسية المقررة. تعكس هذه النتائج تباين جودة المياه الجوفية في المنطقة، وتبرز أهمية المتابعة المستمرة لضمان سلامة المياه المستخدمة للأغراض المنزلية.

الكلمات الدالة :جودة المياه الجوفية؛ سهل تندميرة ؛ التوصيلية الكهربائية؛ الأملاح الكلية الذائبة؛ التلوث

Abstract:

(Qadam Al-Jabal). Seven samples were collected from groundwater wells, and a series of physicochemical analyses were performed, including pH, electrical conductivity (EC), total dissolved solids (TDS), total hardness, and concentrations of major ions such as calcium, magnesium, sodium, chloride, sulfate, nitrate, and bicarbonate. The results showed that the average TDS value of the groundwater samples was 1611 mg/L, ranging from 980 to 2962 mg/L. These concentrations exceed the permissible limit of 1000 mg/L and are higher than both the World Health Organization (WHO) guidelines and the Libyan Standard Specifications for Drinking Water (MQL 82/2015), indicating that most wells are unsuitable for drinking purposes. Bacteriological analysis included total aerobic microbial count at 37°C for 24 hours, as well as detection of coliform and fecal coliform (E. coli) bacteria. All bacteriological results were

within acceptable limits except for well W2, which recorded 6 colonies/100 mL of coliform bacteria, exceeding the allowable limit. Overall, the findings highlight variations in groundwater quality across the study area and emphasize the need for continuous monitoring to ensure the suitability of groundwater for domestic use.

Keywords . Groundwater Quality; Tendamira Plain; Electrical Conductivity; Total Dissolved Solids; Pollution

1- مقدمة

تعد المياه الجوفية من أهم مصادر المياه العذبة، إذ تُخزَّن في باطن الأرض داخل الفراغات الموجودة بين حبيبات التربة وفُتات الصخور، مكوّنةً خزانات مائية تُعرف بالأحواض الجوفية. وتمثل المياه الجوفية عنصرًا رئيسًا في دورة الماء الطبيعية، حيث تتسرب مياه الأمطار عبر التربة والصخور المسامية لتتجمع في الطبقات التي تتمتع بقدرة على التخزين، مشكلةً بذلك موردًا مائيًا يعتمد عليه في العديد من البيئات الجافة وشبه الجافة.

وتعتمد ليبيا اعتمادًا شبه كامل على هذا المورد، إذ تشكل المياه الجوفية ما نسبته نحو 96% من إجمالي الموارد المائية المتاحة في البلاد (الوكواك، 2006). وباعتبارها المصدر الأساسي لتلبية الاحتياجات البشرية المختلفة، بما في ذلك مياه الشرب والري والاستخدامات المنزلية والصناعية، فإن الحفاظ عليها وحمايتها من التلوث يمثل ضرورة ملحّة، خصوصًا في المناطق التي تفتقر إلى موارد مائية سطحية دائمة.

وعلى الرغم من أهمية المياه الجوفية، فإنها تتعرض لضغوط بيئية متزايدة نتيجة التلوث الناجم عن الأنشطة البشرية، مثل التخلص غير السليم من النفايات، والزيادة السكانية، والتوسع العمراني، وارتفاع مستوى المعيشة، إضافة إلى التوسع الزراعي والصناعي. وقد أسهمت هذه العوامل مجتمعة في زيادة كميات مياه الصرف الصحي والزراعي والصناعي المتسربة إلى البيئة، الأمر الذي يؤدي إلى تلوث المياه الجوفية بملوثات عضوية ومعادن ثقيلة ومبيدات مختلفة (عساف والمصري، 2007) .

ولا تختلف ليبيا عن كثير من دول المنطقة في تفاقم التحديات المرتبطة بالمياه، خصوصًا في ظل غياب الأنهار الدائمة الجريان، واعتمادها على وديان موسمية تعتمد على الأمطار، وسيادة مناخ جاف يقلّل من معدلات التغذية الطبيعية للخزانات الجوفية. ويقابل ذلك تزايد مستمر في الطلب على المياه نتيجة النمو السكاني والتوسع العمراني (عبد القادر، 2012) . ثم في هذا البحث دراسة جودة المياه الجوفية بمنطقة (تندميرة) الواقعة بقدم الجبل سهل الجفارة في الشمال الغربي من ليبيا كما في الشكل (2) .

وتتباين نوعية المياه الجوفية باختلاف الخزانات الجوفية الضحلة والعميقة، ومدى قدرتها على التغذية والتجدد، حيث تُعد مياه الأمطار المصدر الرئيس لإعادة شحن هذه الخزانات وزيادة مخزونها (الجديدي، 1998) .

2- أهمية الدراسة

تعد هذه الدراسة مهمة لأنها توفر تقييماً أولياً ودقيقاً لجودة المياه الجوفية في منطقة تندميرة، التي تعتمد بشكل كبير على الآبار كمصدر رئيسي للمياه. ويسهم هذا التقييم في الكشف عن مدى مطابقة المياه للمواصفات الليبية والدولية، وتحديد مؤشرات التلوث المحتملة ، خاصة فيما يتعلق بارتفاع الأملاح والملوثات الميكروبية . كما تزوّد الدراسة الجهات المختصة ببيانات علمية تساعد في وضع خطط إدارة فعّالة للمياه الجوفية، وضمان سلامتها للاستخدام المنزلي، إضافة إلى كونها تمثل قاعدة أساسية لدراسات مستقبلية حول تطور نوعية المياه في المنطقة.

3- مشكلة الدراسة:

تواجه مياه الآبار الإنتاجية في منطقة تندميرة، شمال غرب ليبيا، تحديات تتعلق بتدهور جودتها نتيجة للتلوث البيئي والتغيرات الجيولوجية والأنشطة البشرية. ورغم أهمية هذه المياه كمصدر رئيسي للري والاستهلاك البشري، فإن هناك نقصًا في الدراسات التي تقيم مدى صلاحية هذه المياه للاستخدام وفقًا للمعايير المعتمدة، مما يستدعي ضرورة تحليل جودة المياه الجوفية في المنطقة.

4- أهداف الدراسة : Aim of the present work

- تحديد التباين في الخصائص الكيميائية لمياه الآبار الجوفية في منطقة الدراسة .
- التوصل إلى نتائج علمية موثوقة من خلال إجراء التحاليل الكيميائية على عينات المياه المأخوذة من الآبار.
- تحديد حجم التلوث البيولوجي ان وجد عن طريق التحليل المعملي في منطقة الدراسة .

5- فروض الدراسة :

- تفترض الدراسة أن نوعية المياه الجوفية في آبار منطقة تندميرة تتأثر بالعوامل الطبيعية والأنشطة البشرية المحيطة، مما يؤدي إلى تباين قيم الخصائص الفيزيائية والكيميائية بين الآبار المختلفة.

- تفترض الدراسة أن بعض مؤشرات جودة المياه، مثل الأملاح الكلية الذائبة والتوصيلية الكهربائية، تتجاوز الحدود المسموح بها وفق المواصفات الليبية ومنظمة الصحة العالمية - تفترض الدراسة أن المياه الجوفية في بعض الآبار قد تُظهر تلوثًا ميكروبيًا ناتجًا عن تسرب مياه الصرف أو الأنشطة البشرية القريبة

- تفترض الدراسة أن تحليل خصائص المياه الفيزيائية والكيميائية والميكروبية سيوفر مؤشراً واضحاً لتقييم صلاحية هذه المياه للاستخدام البشري .

6- تساؤلات الدراسة :

- ما مدى جودة المياه الجوفية في آبار منطقة تندميرة من حيث الخصائص الفيزيائية والكيميائية؟
- هل تتجاوز قيم الأملاح الكلية الذائبة والتوصيلية الكهربائية الحدود المسموح بها؟
- هل تحتوي بعض الآبار على تلوث ميكروبي يؤثر على صلاحية المياه للاستهلاك البشري؟
- ما مدى مطابقة نتائج التحاليل للمواصفات الليبية والدولية لمياه الشرب؟

7- حدود الدراسة :

الحدود المكانية : تقتصر الدراسة على مجموعة من الآبار الإنتاجية الواقعة في منطقة سهل تندميرة – شمال غرب ليبيا.

الحدود الزمانية : تعتمد الدراسة على العينات المجمعة خلال الفترة المحددة لبرنامج القياسات دون متابعة زمنية طويلة .

الحدود الموضوعية : تشمل الدراسة تقييم بعض الخصائص الفيزيائية والكيميائية والميكروبية فقط، دون التطرق لعناصر ملوثة أخرى مثل المعادن الثقيلة أو المركبات العضوية المعقدة.

الحدود البشرية : تعتمد النتائج على دقة إجراءات جمع العينات وتحليلها في المختبر وفق الإمكانات المتاحة .

8- تعريف المصطلحات

المياه الجوفية:(Groundwater)

هي المياه المخزّنة في باطن الأرض داخل المسام والفواصل والشقوق الصخرية، وتشكل أحد المكونات الرئيسة للدورة الهيدرولوجية ومصدراً حيوياً للمياه العذبة في المناطق الجافة (عساف والمصري، 2007)

جودة المياه:(WaterQuality)

مجموعة الخصائص الفيزيائية والكيميائية والميكروبية التي تحدد صلاحية المياه للاستخدامات المختلفة، ولا سيما مياه الشرب (الوكواك، 2006).

الأملاح الكلية الذائبة:(TotalDissolvedSolids–TDS)

مجموع المواد غير العضوية والعضوية الذائبة في الماء، وتُعد مؤشراً مهماً على درجة الملوحة (الوكواك، 2006).

التوصيلية الكهربائية:(ElectricalConductivity–EC)

مقياس لقدرة الماء على توصيل الكهرباء، وترتبط قيمتها عادةً بتركيز الأملاح الذائبة) (الوكواك، 2006).

الرقم الهيدروجيني:(pH)

مقياس يوضح درجة الحموضة أو القلوية في الماء، ويُعد النطاق (6.5–8.5) مناسباً لمياه الشرب بحسب المواصفات العالمية (الوكواك، 2006).

العسـرة الكليـة:(TotalHardness)

محتوى الماء من أيونات الكالسيوم والمغنيسيوم، وهي خاصية تؤثر في الاستخدام المنزلي والصحي للمياه (عساف والمصري، 2007).

التلـوث الميكروبـي:(MicrobialContamination)

وجود كائنات دقيقة، أهمها البكتيريا القولونية والإشريشية القولونية، وتُستخدم كمؤشرات على تلوث المياه بمصادر صرف صحي (الوكواك، 2006).

- سهل تندميرة : (Tandumira Plain)

منطقة واقعة في شمال غرب ليبيا عند قدم الجبل الغربي، تعتمد على المياه الجوفية المستخرجة من الآبار الإنتاجية كمصدر رئيس للمياه (المركز الليبي للاستشعار عن بعد وعلوم الفضاء، 2015)

9- الدراسات السابقة

شهدت عدة مناطق في ليبيا دراسات تهدف إلى تقييم خصائص المياه الجوفية وجودتها، خصوصًا في ظل الاعتماد الواسع على هذا المورد الحيوي. فقد أجرى القاضي (2002) دراسة تناولت ظاهرة الاستغلال الجائر للمياه الجوفية في مدينة الزاوية والمناطق المجاورة، وتبيّن أن تدهور نوعية المياه في المنطقة يعود إلى الزيادة الكبيرة في معدلات السحب والاستهلاك، الأمر الذي أثر سلبًا في الخصائص الفيزيائية والكيميائية للمياه.

كما قام أسامة عمر (2007) بدراسة حول المياه الجوفية في شعبية مزدة، حيث أشارت النتائج إلى أن معظم العينات غير صالحة للاستهلاك البشري، لعدم مطابقتها للمعايير العالمية المعتمدة لمياه الشرب، وذلك بسبب ارتفاع تركيز الأملاح والملوثات مقارنة بالقيم القياسية.

وفي دراسة أخرى، قيّم العماري وعبد العزيز (2018) جودة مياه الآبار في منطقة النواحي الأربعة باستخدام مؤشر جودة المياه(WQI) ، اعتمادًا على تحليل الخصائص الطبيعية والكيميائية لأربع عشرة عينة. وأظهرت النتائج أن أربعة آبار فقط كانت صالحة للشرب، في حين أن بقية الآبار غير ملائمة بسبب ارتفاع الأملاح الذائبة وزيادة تراكيز الكبريتات والبيكربونات والكلوريد، مما يشير إلى وجود مؤشرات واضحة على تلوث محتمل في مصادر المياه.

كما أجرت سماح حسن أبوبكر وآخرون (2024) دراسة لتقييم جودة المياه الجوفية في منطقة الجوش من خلال تحليل اثنتي عشرة عينة من العيون الطبيعية والآبار المنزلية والزراعية، وشملت التحاليل: الرقم الهيدروجيني، التوصيلية الكهربائية، الأملاح الكلية الذائبة، العسرة الكلية، وتراكيز الأيونات الرئيسة. وقد كشفت النتائج، عند مقارنتها بالمواصفة القياسية الليبية ومعايير منظمة الصحة العالمية، أن غالبية العينات غير مطابقة للحدود القياسية المعتمدة لمياه الشرب، مما يعكس وجود خلل في نوعية المياه الجوفية بالمنطقة.

10- خواص بعض المواد ذات العلاقة بالمياه الجوفية:

تعرف المسامية من الناحية العلمية بأنها مقياس لحجم المسامات أو الفراغات الموجودة بين جزيئات المواد، مثل الطين أو الرمل أو الحصى، أو غيرها من الرواسب المكوّنة للطبقات الجيولوجية. ويتم التعبير عن المسامية رياضيًا من خلال نسبة حجم الفراغات إلى الحجم الكلي للمادة، وعادةً ما تُعطى على شكل نسبة مئوية تتراوح بين 0 و100.%

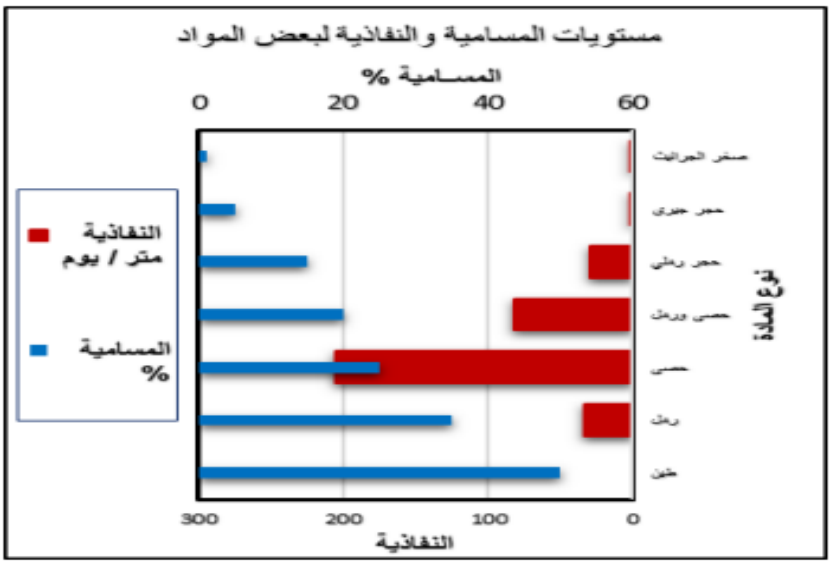
أما النفاذية فهي خاصية تعبّر عن قدرة الماء على الحركة والمرور بين تلك المسامات، وتعتمد على حجم الفتحات، وتواصلها، وطبيعة المادة المكوّنة للوسط الجوفي.

يعرض الجدول (1) مستويات كل من المسامية والنفاذية لعدد من المواد المرتبطة بخصائص المياه الجوفية

جدول (1) مستويات المسامية والنفاذية لبعض المواد (كيلر، 2014).

نوع المادة	النفاذية (متر/ يوم)	المسامية %
طين	0.041	50
رمل	32.8	35
حصى	205	25
حصى ورمل	82	20
حجر رملي	28.7	15
حجر جيري	0.041	5
صخور الجرانيت	0.0041	1

من خلال الشكل (1)، نلاحظ أن مادة الطين تتميز بمسامية مرتفعة ونفاذية ضعيفة، بينما تمتلك مادة الحصى مسامية منخفضة ونفاذية عالية. ويعني ذلك أن حركة المياه الجوفية تتم عبر المسامات والفراغات في الرسوبيات والتكوينات الصخرية، حيث تسمح الطبقات ذات النفاذية العالية بانتقال أسهل وأسرع للمياه بين هذه المسامات. وبناءً على ذلك، تُعد طبقات الحصى من أفضل الخزانات الطبيعية للمياه الجوفية نظرًا لقدرتها العالية على تمرير المياه وتخزينها، مقارنة بالطبقات ضعيفة النفاذية مثل الطين، التي تحد من حركة المياه وتقلل من قدرتها التخزينية.



شكل 1. مستويات المسامية والنفاذية لبعض المواد

11- منطقة الدراسة : Study area

تقع منطقة الدراسة في سهل تندميرة (قدم الجبل) بالجزء الشمال الغربي من ليبيا، تحديدًا إلى الغرب من مدينة طرابلس بحوالي 265 كم بين خطي طول (11° 27 '15,67″ E) و (11° 27' 45,82″ E) وخطي عرض (31° 56' 6,84″ N) و (31° 56' 20,91″ N) . ويحدّها من الشمال سهل الجفارة، ومن الجنوب سلسلة جبال نفوسة ، ومن الشرق مدينة بدر ، ومن الغرب مدينة تيجي .

ويقدَّر عدد سكان المدينة بنحو 7000نسمة وفق إحصائية السجل المدني لتندميرة لسنة 2024م . وتُعد **الزراعة** من أهم الأنشطة الاقتصادية السائدة فيها، حيث تقع ضمن نطاق سلسلة جبال نفوسة.

12- جيولوجية منطقة الدراسة : Geological Study area

تُعد صخور الشِّست والنايس من أهم الصخور الأساسية المنتشرة في منطقة الدراسة، إضافة إلى بعض الصخور النارية. وتمتاز هذه الصخور بأنها شديدة الانخفاض في المسامية والنفاذية، الأمر الذي يجعل وجود المياه الجوفية فيها محدودًا، ولا يظهر إلا في مناطق التشققات والفوالق والتصدعات الناتجة عن الحركات الأرضية. وحتى في حال وجود المياه، فإن نوعيتها غالبًا ما تكون غير جيدة نتيجة لضعف عمليات الترشيح داخل هذه الصخور.

كما تنتشر في المنطقة طبقات من الرمال والطين، ويُعزى تكوين هذه الرواسب إلى عمليات الجريان السطحي للأودية المنحدرة من جبل نفوسة باتجاه السهول المحيطة.

أما صخور تكوين بئر الغنم، فهي من أقدم التكوينات الجيولوجية الظاهرة في منطقة الدراسة، وتظهر بوضوح في الأجزاء الشمالية الشرقية والغربية من واجهة الهضبة، ويصل سمكها إلى أكثر من 200 متر. وتتواجد المياه الجوفية بشكل رئيسي في رسوبيات الحجر النوبي والطبقات الرمليّة والغرينية، وهي تكوينات معروفة بغناها بالمياه الجوفية وإنتاجيتها العالية (النجار وعصام، 2009). وتنتشر في المنطقة العديد من الآبار التي يتراوح عمقها بين 80مترًا و200 متر، مما يعكس قدرة هذه التكوينات على تخزين وإنتاج كميات كبيرة من المياه.

13-هيدرولوجية منطقة الدراسة : Hydrological Study area

تعد المياه الجوفية من أهم مصادر المياه في منطقة الدراسة، نظرًا لاعتماد السكان والأنشطة الزراعية عليها بشكل كبير. كما تنتشر الخزانات الجوفية في معظم التكوينات الجيولوجية بالمنطقة، مما يعزّز من أهميتها الهيدرولوجية. وفيما يلي عرضٌ لأهم هذه الخزانات الجوفية وخصائصها الهيدروليكية.

13-1 : الخزان الجوفي نالوت

يعد خزان نالوت الجوفي من الخزانات ذات الخصائص الهيدروليكية الضعيفة بشكل عام، إضافة إلى تدني جودة المياه فيه. ويغطي الخزانَ طبقةٌ سميكة من المارل والطين تمتد حتى الطبقات غير المنفذة في كل من يفرن وقصر تغرنة.

يتراوح عمق الخزان بين 50و250 مترًا تحت مستوى سطح الأرض على امتداد جبل نفوسة، ويزداد العمق تدريجيًا باتجاه الجنوب ليصل إلى ما بين 200و450 مترًا في منطقة غدامس. أما معدل الصرف فيُعد ضعيفًا جدًا، حيث يتراوح بين 50و70 م³/ساعة. (EL-Baruni et al., 2000)

كما تتميز الخزان بأمرارية منخفضة جدًا؛ إذ أظهرت تجارب الضخ أن متوسط قيم الأمرارية يتراوح بين: 2×10^{-3} إلى 2.1×10^{-5} متر²/ثانية.

أما معامل التخزين فيُعد مرتفعًا نسبيًا في المناطق المكشوفة (الخزان الحر)، حيث يصل إلى نحو 10^{-1}، بينما يتراوح في المناطق المحصورة بين 1.7×10^{-3} إلى 2.6×10^{-4}. كما تتراوح المسامية بين 11%و23.% (EL-Baruni et al., 2000)

13-2 : الخزان الجوفي كِكْلة (الكريتاسي السفلي)

يُعد خزان كِكْلة الجوفي أحد أهم الخزانات المائية في شمال غرب ليبيا، وهو خزان عابر للحدود تشترك فيه كل من ليبيا وتونس والجزائر. إذ تبلغ مساحة انتشاره في الجزائر وتونس نحو 900ألف كم²، بينما تُقدَّر مساحته في ليبيا بحوالي 215 ألف كم² ممتدة على طول حوض غدامس (Sahara and Sahel Observatory (OSS), 2004).

تكون الخزان أساسًا من رمال كوارتزية تتدرج حبيباتها من الناعمة إلى الخشنة جدًا، إضافة إلى وجود حصى وطمي وطين ووحل متداخلين مع طبقات من الحجر الجيري .ويُغطَّى الجزء العلوي منه بطبقات تعود إلى تكوين عين طَبِي، المكوّن من الحجر الجيري الدولوميتي، وهي طبقات على اتصال هيدروليكي مباشر مع الخزان الجوفي كِكْلة .(Sahara and Sahel Observatory (OSS), 2004).

3-13 : المياه الجوفية في سهل الجفارة

يقع حوض سهل الجفارة في الجزء الشمالي الغربي من ليبيا، ويُعد من أهم الأحواض المائية في البلاد، إذ يشغل مساحة تُقدّر بنحو 20,000كم² .وتتوزع المياه الجوفية المخزونة داخل هذا الحوض على ثلاثة خزانات رئيسية هي: خزان سهل الجفارة وخزان أبو شيبة وخزان العزيزية (الجنابي، 2009) ويُعد حوض سهل الجفارة هو المغذّي الرئيس لآبار منطقة الدراسة، نظرًا لامتداده الجيولوجي واتصاله الهيدرولوجي بطبقات المياه الجوفية المنتشرة في المنطقة.

14- المواد وطرق العمل: Methods and materials

تم جمع سبع عينات من المياه الجوفية لآبار منطقة الدراسة، المحفورة على أعماق مختلفة ضمن نطاق الخزان السطحي كما هو موضح في الشكل (2). وقد تم أخذ العينات من بعض الآبار الخاصة بالمزارعين، كما جرى تحديد مواقع هذه الآبار على الخريطة باستخدام تطبيق Google Earthبالإضافة إلى جهاز تحديد المواقع الجغرافية (GPS)، حيث تم تسجيل خطوط الطول ودوائر العرض لكل بئر وفقًا لما ورد في الجدول (2).

ولأغراض التحليل الكيميائي، تم أخذ العينات بعد تشغيل الآبار لفترة زمنية كافية للتخلص من المياه الراكدة داخل الأنابيب. جُمعت العينات في عبوات بلاستيكية معقمة ومغطاة بسعة 1.5 لتر، وذلك وفق الإجراءات العلمية المتبعة. تمت عملية جمع العينات في نهاية شهر يوليو 2025م، ثم أُجريت التحاليل الكيميائية خلال شهر أغسطس 2025م في مختبر تحاليل المياه والتربة – طرابلس .

وشملت التحاليل المختبرية قياس كلٍّ من : درجة الحموضة(pH) والتوصيل الكهربائي (EC) ومجموع الاملاح الذائبة الكلية (TDS) والعسرة الكلية محسوبة ككربونات الكالسيوم (T. H) وتركيز كل من الكالسيوم (Ca) والماغنسيوم (Mg) والصوديوم (Na) و البوتاسيوم (K) وتقدير البيكربونات والكبريتات والكلوريد و النترات وكذلك قياس العدد الكلي للميكروبات الهوائية عند درجة الحرارة (37 م°) لمدة 24 ساعة و كذلك بكتيريا المجموعة القولونية وبكتيريا القولونية الغائطية (E. Coli).

الشكل(2) يوضح توزيع الابار في منطقة الدراسة

جدول رقم (2) الموقع الجغرافي للآبار منطقة الدراسة

رقم البئر	عمق البئر (متر)	خط الطول	خط العرض	ملاحظات
Well 1	110	11° 27' 28,01" E	31° 56' 17,88" N	اخدت العينة بعد ساعتين من التشغيل
Well 2	100	11° 27' 17,41" E	31° 56' 14,32" N	اخدت العينة بعد 3 ساعات من التشغيل
Well 3	95	11° 27 '15,67" E	31° 56' 18,12" N	اخدت العينة بعد 15 دقيقة من التشغيل
Well 4	100	11° 27' 28,30" E	31° 56' 9,82" N	اخدت العينة بعد 15 دقيقة من التشغيل
Well 5	100	11° 27' 23,12" E	31° 56' 6,84" N	اخدت العينة بعد 3 ساعات من التشغيل
Well 6	98	11° 27' 45,82" E	31° 56' 20,91" N	اخدت العينة بعد 4 ساعات من التشغيل
Well 7	100	11° 27' 37,58" E	31° 56' 6,94" N	اخدت العينة بعد 5 ساعات من التشغيل

التحاليل الكيميائية (Chemical Analyses)

تم إجراء التحاليل الكيميائية لعينات المياه الجوفية باستخدام الأجهزة والطرق المعملية القياسية كما يلي

- قياس الأس الهيدروجيني:(pH) تم قياسه مباشرة بعد جمع العينات باستخدام جهاز قياس الحموضة .(pH Meter)
- قياس التوصيل الكهربائي:(Electrical Conductivity, EC) باستخدام جهاز تحليل المياه متعدد الوظائف .(Multi Meter)
- قياس المواد الصلبة الذائبة الكلية:(Total Dissolved Solids, TDS) باستخدام جهاز متعدد الوظائف .(Multi Meter)
- قياس العسرة الكلية (Total Hardness, TH) وكذلك أيونات الكالسيوم (Ca^{2+}) والمغنيسيوم:(Mg^{2+}) باستخدام طريقة المعايرة بمحلول إيثيلين دي أمين ترا أسيتيك أسيد.(EDTA)
- قياس أيون الكلوريد:(Cl^-) بالمعايرة باستخدام محلول قياسي من نترات الفضة ($AgNO_3$) وفق طريقة مور، مع استخدام دليل كرومات البوتاسيوم.
- تحديد تراكيز الكبريتات (SO_4^{2-}) والنترات:(NO_3^-) باستخدام جهاز المطيافية الضوئية (Spectrophotometer DR/3900)
- قياس تراكيز الصوديوم (Na^+) والبوتاسيوم:(K^+) باستخدام جهاز الانبعاث الذري (Flame photometer)
- قياس البيكربونات:(HCO_3^-) بالمعايرة باستخدام محلول من حمض الكبريتيك المخفف بمعيارية (0.005 (N مع استخدام دليل الميثيل البرتقالي.

15-النتائج والمناقشة

يبين الجدول (3) نتائج التحاليل الكيمائية التي اجريت على العينات وبمقارنة هذه النتائج المواصفات القياسية الليبية والعالمية تبين التالي :

جدول (3) نتائج التحاليل الكيميائية والمتوسط الحسابي لعينات مياه الابار المدروسة

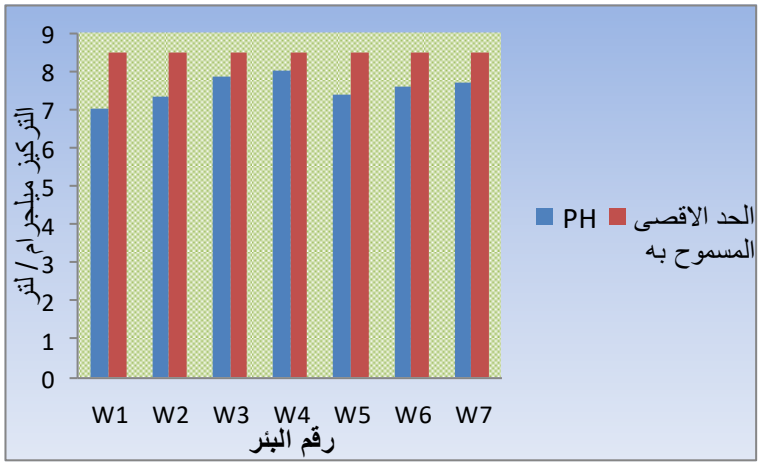
الايونات السلبية				الايونات الموجبة								
HCO_3^- mg/l	SO_4^{-2} mg/l	NO_3^- mg/l	CL^- mg/l	K mg/l	Na mg/l	Ca^{+2} mg/l	Mg^{+2} mg/l	T.H mg/l	TDS mg/l	EC µs/cm	PH	العنصر / رقم البئر
213	311	0.2	284	12	197	60	75	466	1163	1809	7.00	W1
237	196	0.21	248	13	175	55	54	362	980	1513	7.32	W2
305	689	15.5	568	13.8	435	140	115	833	2300	3570	7.84	W3
213	287	0.45	230	13	232	50	39	287	1055	1610	8.00	W4
335	1001	2.5	674	11.6	710	126	99	733	2962	4560	7.41	W5
259	470	6.0	301	13.5	321	75	57	425	1489	2272	7.58	W6
257	371	00	284	12.7	304	70	39	337	1328	2024	7.69	W7
259.85	475	3.55	369.8	12.8	339.1	82.28	68.28	491	1611	2479	7.55	المتوسط الحسابي
-	250	45	250	40	200	-	-	500	1000	1538	6.5 – 8.5	المواصفات القياسية الليبية لسنة 2015
150	400	50	250	20	-	200	150	-	1000	-	6.5 – 8.5	المواصفات العالمية

رقم البئر	W1	W2	W3	W4	W5	W6	W7	المواصفات القياسية الليبية لسنة 2015	المواصفات العالمية
العدد الكلي للميكروبات الهوائية (37 م) لمدة 24 ساعة	306 مستعمرة /100مل	10 مستعمرة / مل	30 مستعمرة / مل	33 مستعمرة /مل	33 مستعمرة /مل	35 مستعمرة / مل	16 مستعمرة / مل	500 مستعمرة/ مل	-
البكتيريا المجموعة القولونية	0.3 مستعمرة / 100مل	6 مستعمرة /100 مل	0.0 مستعمرة /100مل	0.0 مستعمرة /100مل	0.0 مستعمرة / 100 مل	0.0 مستعمرة /100مل	0.0 مستعمرة /100مل	مستعمرة / 100 مل 3.0 مستعمرة / 100 مل احيانا	-
البكتيريا القولونية الغائطية (E.Coli)	خلية / 100 مل	خلية /100 مل	خلية /100 مل	خلية /100 مل	خلية /100 مل	خلية /100مل	خلية /100مل	خلية / 100 مل	-

جدول (4) نتائج التحاليل الميكروبيولوجية لعينات مياه الابار المدروسة

1- المرقم الهيدروجيني (PH)

أظهرت نتائج التحاليل الموضحة في الجدول (3) والشكل (3) أن قيم الرقم الهيدروجيني لجميع آبار منطقة الدراسة جاءت ضمن الحدود المسموح بها، والبالغة (6.5 – 8.5) وفقًا للمواصفات الليبية لمياه الشرب لسنة 2015 والمعايير العالمية لمنظمة الصحة العالمية .(WHO)وقد تراوحت القيم المقاسة بين (7 – 8) في جميع الآبار المدروسة، مما يشير إلى توافق جودة هذه المياه مع المعايير القياسية من حيث درجة الحموضة.

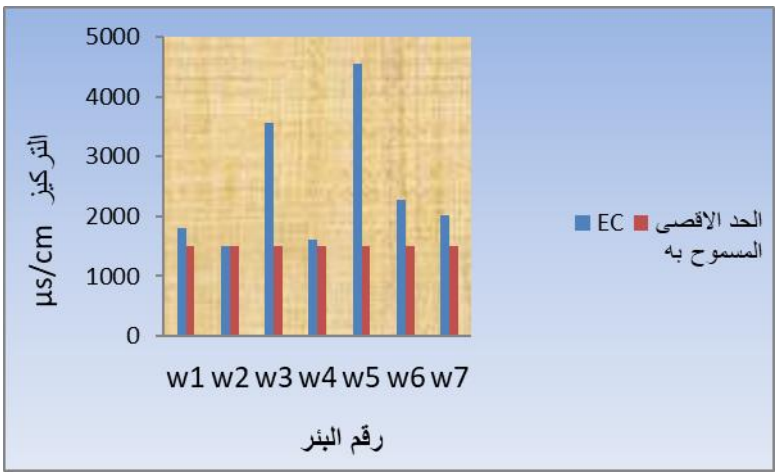


شكل (3) يوضح مخطط درجة الحموضة (PH)

2- التوصيل الكهربائي:(EC)

أظهرت نتائج التحاليل الواردة في الجدول (3) والشكل (4) أن قيم التوصيل الكهربائي تراوحت بين (1513–4560) ميكروسيمنس/سم. وقد سجّلت العينة (W5)أعلى قيمة، تلتها على التوالي العينات (W4, W1, W7, W6, W3)، وجميعها تجاوزت الحدود المسموح بها وفق المواصفات القياسية المعتمدة لمياه الشرب. ويرجع الارتفاع الملحوظ في قيم التوصيل الكهربائي في بعض الآبار إلى زيادة معدلات السحب مقارنة بمعدلات التغذية الطبيعية للمياه الجوفية.

أما البئر (W2)فقد جاءت قيمة التوصيل الكهربائي فيه ضمن الحدود المسموح بها وفقًا للمواصفة القياسية الليبية لسنة 2015.

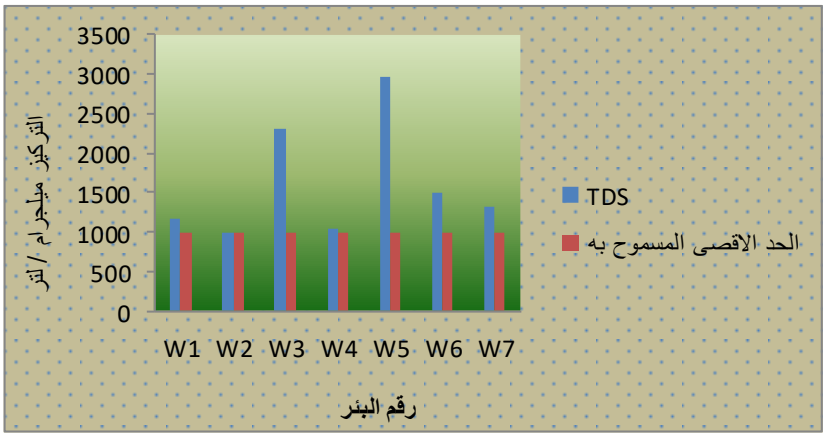


شكل (4) يوضح مخطط التوصيل الكهربائي (EC)

3- الأملاح الذائبة الكلية:(TDS)

أظهرت نتائج التحاليل الواردة في الجدول (3) والشكل (5) أن قيم الأملاح الذائبة الكلية تراوحت بين (1055–2962) ملجم/لتر. وقد سجّلت العينة (W5)أعلى قيمة تركيز، تلتها على التوالي العينات (W4, W1, W7, W6, W3)، وجميعها تجاوزت الحدود المسموح بها وفق المواصفات القياسية المعتمدة. في المقابل، سجّلت العينة (W2)قيمة تركيز بلغت (980

ملجم/لتر)، وهي ضمن الحدود المسموح بها وفق المواصفة القياسية الليبية والمعايير العالمية لمياه الشرب. ويُعزى الارتفاع الملحوظ في نسبة الأملاح الذائبة الكلية في بعض آبار الدراسة إلى أن معدلات السحب تفوق معدلات التغذية الطبيعية للمياه الجوفية، مما يؤدي إلى زيادة تركّز الأملاح (الهيئة العامة للمياه، 2002).

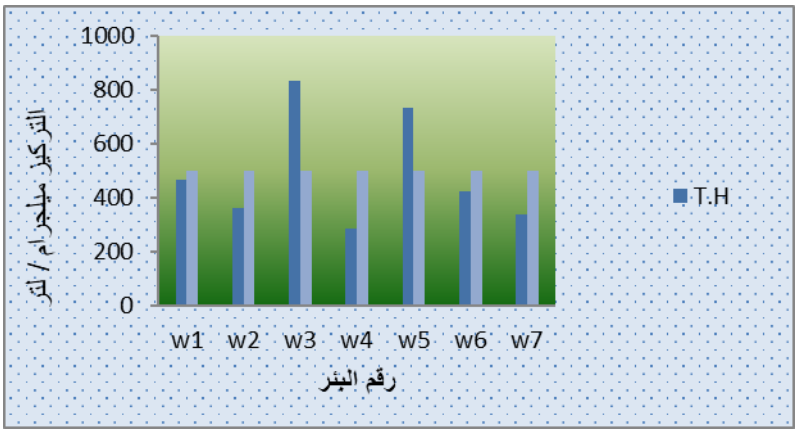


شكل (5) يوضح مخطط مجموع الاملاح الذائبة (TDS)

4- العُسرة الكلية:(T.H)

أظهرت نتائج التحاليل الواردة في الجدول (3) والشكل (6) أن قيم العُسرة الكلية، محسوبة على هيئة كربونات الكالسيوم، تراوحت بين (287–833) ملجم/لتر. وقد سجّلت العينة (W3)أعلى قيمة للعُسرة، تلتها العينة (W5)بقيمة بلغت (733 ملجم/لتر). أما باقي العينات فقد جاءت قيم العُسرة فيها ضمن الحدود المسموح بها وفق المواصفات القياسية الليبية والعالمية لمياه الشرب.

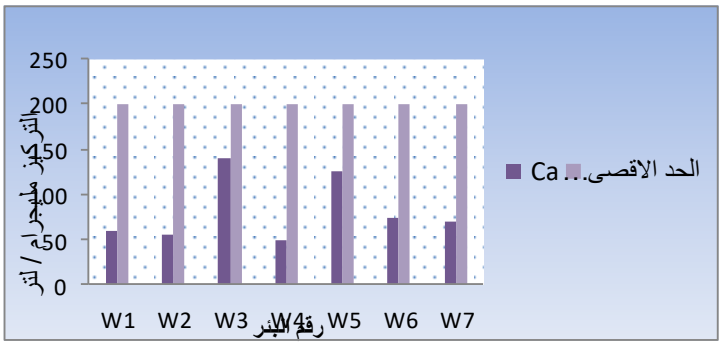
وتشير هذه النتائج إلى أن ارتفاع العُسرة في العينتين (W3) و (W5)قد يعكس زيادة في تركيز أيونات الكالسيوم والمغنيسيوم مقارنة ببقية آبار منطقة الدراسة.



شكل (6) يوضح مخطط العسر الكلي في صورة كربونات كالسيوم (T.H)

5- الكالسيوم:(Ca)

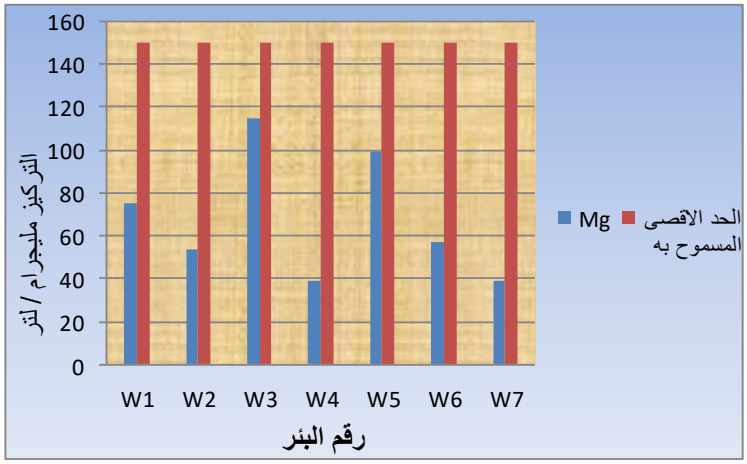
أظهرت نتائج التحاليل الواردة في الجدول (3) والشكل (7) أن قيم تركيز أيون الكالسيوم في جميع العينات كانت ضمن الحدود المسموح بها وفق المواصفات القياسية الليبية والعالمية لمياه الشرب، حيث تراوحت القيم بين (55–140 ملجم/لتر).



شكل (7) يوضح مخطط الكالسيوم في ابار الدراسة (Ca)

6- المغنيسيوم:(Mg)

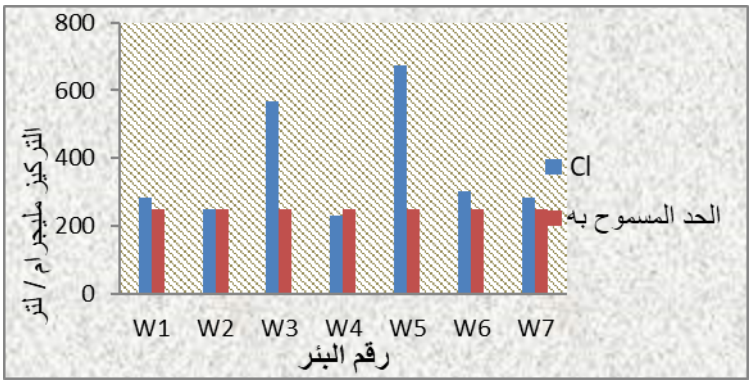
أظهرت نتائج التحاليل الواردة في الجدول (3) والشكل (8) أن تركيز أيون المغنيسيوم في جميع العينات كان ضمن الحدود المسموح بها وفق المواصفات القياسية المعتمدة لمياه الشرب، حيث تراوحت القيم بين (39–115 ملجم/لتر).



شكل (8) يوضح مخطط الماغنسيوم في ابار الدراسة (Mg)

7- الكلوريد:(Cl^-)

أظهرت نتائج التحاليل الواردة في الجدول (3) والشكل (9) أن تركيز أيون الكلوريد تراوح بين (230–674 ملجم/لتر). وقد سجّلت العينة (W5)أعلى قيمة، في حين سجلت العينة (W4)أدنى قيمة تركيز. أما العينات الخمسة الأخرى، وهي (W7, W1, W6, W3, W5)، فقد تجاوزت قيم تركيزها الحدود المسموح بها وفق المواصفات القياسية المعتمدة لمياه الشرب.

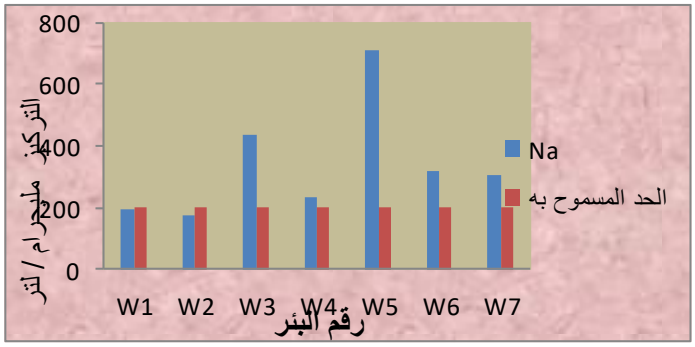


شكل (9) يوضح مخطط الكلوريد في ابارالدراسة (Cl)

8- الصـــــــــــــــــوديوم:(Na^+)

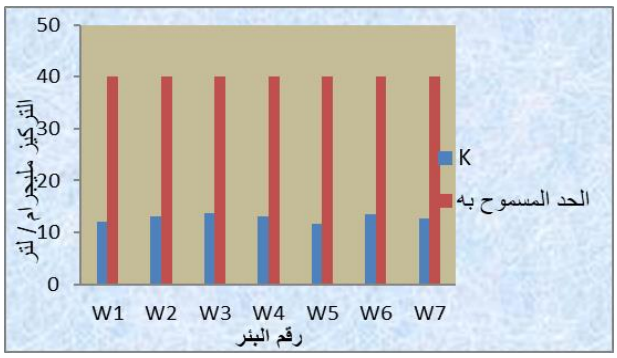
أظهرت نتائج التحاليل الواردة في الجدول (3) والشكل (10) أن قيم تركيز أيون الصوديوم تراوحت بين (175–710 ملجم/لتر)، حيث سجلت العينة (W5)أعلى قيمة، فيما سجلت العينة (W2)أدنى قيمة تركيز. وقد تجاوزت قيم تركيز الصوديوم في العينات الخمسة (W4, W7, W6, W3, W5)الحدود المسموح بها وفق المواصفات القياسية المعتمدة لمياه الشرب. ويُعد تركيز أيونات الصوديوم المعتدل في الماء ذا أهمية في الحفاظ على ضغط الدم، بينما قد يؤدي ارتفاع تركيزه إلى تحفيز نمو بعض الخلايا السرطانية.(WHO, 2003)

شكل (10) يوضح مخطط الصوديوم في ابار الدراسة (Na)



9- البوتاســـــــــــــــــــيوم:(K)

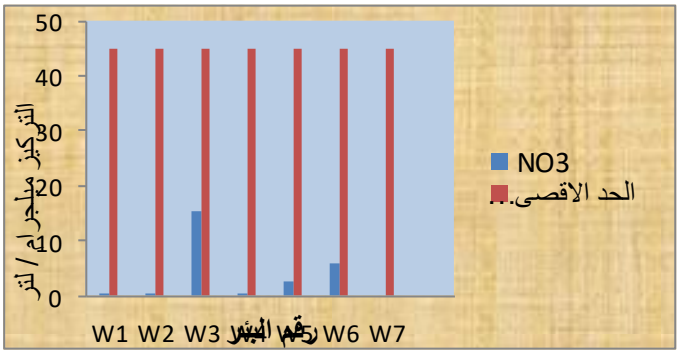
أظهرت نتائج التحاليل الموضحة في الجدول (3) والشكل (11) أن تركيز أيون البوتاسيوم تراوح بين 11.6 و 13.8 ملجم/لتر، وهي ضمن الحد المسموح به وفقاً للمعايير المعتمدة".



شكل (11) يوضح مخطط البوتاسيوم في ابار الدراسة (K)

10- النتـــــــــــــــــــرات:(NO_3)

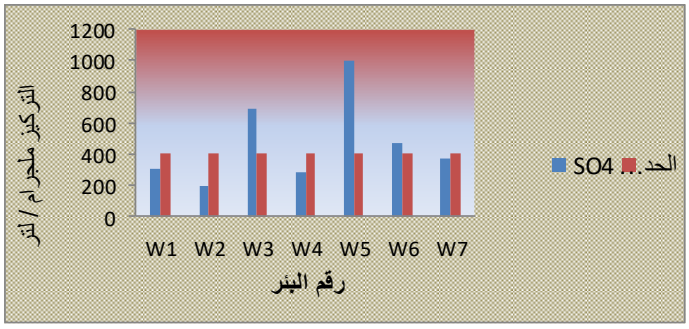
أظهرت نتائج التحاليل الموضحة في الجدول (3) والشكل (12) أن تركيز أيون النترات تراوح بين 6.0 و 15.5 ملجم/لتر، وهو ضمن الحدود المسموح بها وفقاً للمواصفات المعتمدة".



شكل (12) يوضح مخطط النتراث في ابار الدراسة (No3)

11- الكبريتـــــــــــــــــــــــات:(SO_4)

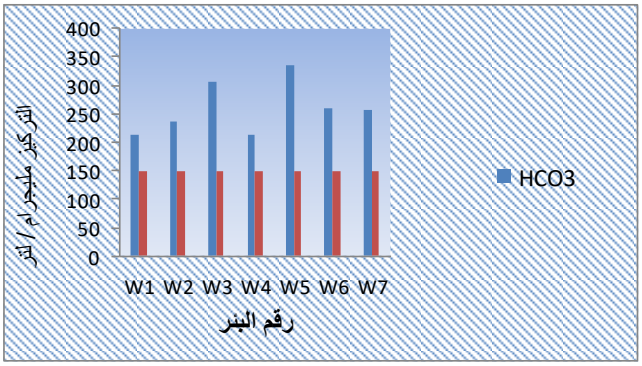
أظهرت نتائج التحاليل الموضحة في الجدول رقم (3) والشكل رقم (13) أن تركيز أيون الكبريتات تراوح بين 196 و 1001 ملجم/لتر. وقد سجلت العينة (W5) أعلى قيمة تركيز، في حين سجلت العينة (W2) أدنى قيمة تركيز. كما أظهرت النتائج أن العينات الخمسة(W1 ، W7، W6، W3، W5)تجاوزت الحدود المسموح بها وفقاً للمواصفات الليبية المعتمدة لعام 2015. ويُعزى ذلك إلى وجود تركيب جبسي في التكوين الجيولوجي للخزان الجوفي لهذه الآبار (العماري خيري وعبد الزراق مصباح، 2018".



شكل (13) يوضح مخطط الكبريتات في ابار الدراسة (SO4)

12- البيكربونـــــــــــــــــــــــات:(HCO_3)

أظهرت نتائج التحاليل الموضحة في الجدول (3) والشكل (14) أن تركيز أيون البيكربونات تراوح بين 213 و 335 ملجم/لتر. حيث سجلت العينة (W5) أعلى قيمة تركيز، بينما سجلت العينة (W4) أدنى قيمة تركيز. وتعتبر هذه القيم أعلى من الحدود المسموح بها وفقًا للمواصفات المعتمدة. وقد يرجع ذلك إلى التكوين الصخري لآبار الدراسة (العماري خيري وعبد الرزاق مصباح، 2018".(.



شكل (14) يوضح مخطط البيكربونات في ابار الدراسة(HCO3)

♦ **نتائج التحاليل الميكروبيولوجية :**

أظهرت نتائج التحاليل الجرثومية لعينات مياه الآبار المدروسة، كما هو موضح في الجدول رقم (4)، أن جميع العينات كانت خالية من أي تلوث بكتيري، باستثناء البئر رقم (W2) الذي تجاوزت نتائجه الحدود المسموح بها وفق المواصفة القياسية الليبية.

16-الخلاصة :

خلصت هذه الدراسة إلى أنّ العينات المدروسة أظهرت مطابقة للحدود المسموح بها وفق المواصفات الليبية ومنظمة الصحة العالمية لمياه الشرب في ما يتعلق بالمتوسطات العامة لكل من الأس الهيدروجيني الذي بلغ (7.55)، والمغنيسيوم (68.28)، والكالسيوم (82.28)، والبوتاسيوم (12.8)، إضافة إلى النترات التي سجلت متوسطاً يقدّر بـ(3.55). وفي المقابل،

كشفت نتائج التحاليل الكيميائية الخاصة بالأملاح الذائبة الكلية والتوصيل الكهربائي عن عدم مطابقتها للمعايير المعتمدة، حيث تجاوزت المتوسطات الحسابية للآبار الحدود المسموح بها في المواصفة القياسية الليبية رقم (82) لسنة 2015 وفي إرشادات منظمة الصحة العالمية، إذ بلغت قيم الأملاح الذائبة الكلية (1611mg/L)، والتوصيل الكهربائي (2479µS/cm) والكبريتات (475mg/L)، والعسر الكلي المحسوب ككربونات الكالسيوم (82.28mg/L) والصوديوم (339.1mg/L)، والكلوريدات (369.8mg/L)، والبيكربونات(259.85mg/L) وهي جميعها قيم تفوق الحدود المقبولة لمياه الشرب. ووفق هذه النتائج، يتضح أن المياه المدروسة غير صالحة للاستهلاك البشري من الناحية الكيميائية.

أما من الناحية الجرثومية، فقد بينت نتائج التحاليل الميكروبية أن معظم عينات المياه كانت خالية من أي تلوث بكتيري، باستثناء البئر رقم (W2)الذي تجاوزت نتائجه الحدود المسموح بها في المواصفة القياسية الليبية، مما يشير إلى عدم ملاءمته للاستخدام البشري من الناحية الميكروبية. وبذلك توضح الدراسة أن مياه الآبار في المنطقة غير ملائمة للشرب كيميائياً، مع ضرورة الحذر من البئر (W2) بسبب تلوثه الجرثومي.

17-التوصيات :

- إجراء دراسات هيدرولوجية وجيوفيزيائية شاملة في المنطقة للتعرّف على حدود الأحواض الجوفية وعمقها وتقدير كميات المياه المتاحة بدقة.
- تنفيذ بحوث دورية حول تلوث المياه الجوفية بهدف رصد ومراقبة التغيرات المحتملة في نوعية المياه، وابتكار الحلول المناسبة لمعالجة أي تدهور قد يحدث.
- ضرورة تسجيل وترخيص وتوثيق الآبار الجوفية لدى إدارة الموارد المائية، مع متابعة أوضاعها التشغيلية بشكل دوري للحد من الاستغلال العشوائي.
- تعزيز برامج التوعية البيئية المتعلقة بترشيد استهلاك المياه بما يتوافق مع الظروف المناخية وطبيعة الطبقات الحاملة للمياه في المنطقة.
- تطبيق تقنيات ملائمة لإعادة تغذية المياه الجوفية مثل إنشاء خزانات أو آبار تغذية تسمح بتسرب المياه السطحية إلى الطبقات العميقة وتحسين المخزون الجوفي.
- توثيق وتحديث البيانات الخاصة بالخزانات الجوفية بشكل مستمر، بما يساهم في إتاحة قاعدة بيانات علمية دقيقة يمكن للباحثين الاعتماد عليها في التحليل والتقييم.
- التوصية بعدم استخدام المياه المستخرجة من آبار سهل الجفارة بمنطقة تندميرة للشرب، وحصر استخدامها في الري ضمن الحدود المسموح بها وفي الأغراض العامة غير المتعلقة بالاستهلاك البشري المباشر.

المراجع References

أولا: المراجع العربية

[1]. عبد السلام الوكواك ، (2006) : دراسة تحليلية لتلوث المياه الجوفية بأيوني النيتراث والنتريت وبعض الخواص الفيزيائية والكيميائية في آبار شعبية مزدة، رسالة ماجستير، أكاديمية الدراسات العليا، طرابلس، ليبيا ، ص 20 –21 .

[2]. هدى عساف ومحمد المصري، (2007) : مصادر تلوث المياه الجوفية، قسم الوقاية والأمان، هيئة الطاقة الذرية السورية، دمشق ، ص2 .

[3]. فرج عبد القادر، (2012) : النمو السكاني وأثره على استهلاك المياه في مدينة المرج، قدمت هذه الدراسة لاستكمال العالية لمتطلبات درجة الإجازة "الماجستير "بكلية الآداب قسم الجغرافيا.

[4]. الجديدي ، حسن محمد ، (1998) : أسس الهيدرولوجية العامة ، منشورات جامعة طرابلس الفاتح ، ص 261 .

[5]. القاضي ، مصطفى عاشور ، (2002) : الاستغلال الجائر للمياه الجوفية بالزاوية والمناطق المحيطة بها وأثرها على جودتها ، رسالة الماجستير (غير منشورة) ، قسم الجغرافيا ، كلية الآداب ، جامعة السابع من ابريل ، الزاوية .

[6]. اسامة عمر ، أحمد ، (2007) : المياه الجوفية في شعبية مزدة ، دراسة في جغرافية المياه ، رسالة ماجستير (غير منشورة) ، قسم الجغرافيا ، أكاديمية الدراسات العليا ، طرابلس .

[7]. العماري خيري و عبدالرزاق مصباح ، (2018) : استخدام مؤشر جودة المياه لتقييم جودة المياه الجوفية في النواحي الاربعة في ليبيا . مجلة علوم البحار والتقنية البيئية ، المجلد 4 ، العدد 2 .ص 24-37 .

[8]. سماح ابوبكر ، نهى خلايفة ، محمد ارحومة ، (2024) : تقييم جودة المياه الجوفية بمنطقة الجوش – غرب ليبيا . مجلة القلم المبين ، الجزء الاول ، العدد 16 .

[9]. كيلر، (2014) : الجيولوجيا البيئية ، سلسلة الكتب الجامعية المترجمة ، العلوم الاساسية . ص 253 .

[10]. النجار وعصام محمد ، (2009): دراسة جيولوجية وهيدرولوجية عن منطقة بدر ، مؤتمر غريان للعلوم الاساسية ، غريان ليبيا .

[11]. حسن كشاش الجنابي ، (2009) : تحليل جغرافي لا مكانية تحقيق الامن المائي في ليبيا ، مجلة ديالي ، العدد 41 , ص 5 .

[12]. الهيئة العامة للمياه ، (2002) : تقارير فنية دراسة تداخل مياه البحر في المياه الجوفية مدينة طرابلس ، ليبيا .

[13]. المركز الليبي للاستشعار عن بُعد وعلوم الفضاء. (2015) *تقرير الموارد المائية في إقليم الجبل الغربي* .طرابلس، ليبيا.

ثانيا: المراجع الإنجليزية

[1]. EL- Baruni, S. S., EL- Futasi, R. H., and Maaruf, A. M. 2000. Hydrogeology of Ghadamis Basin, NW Libya. In: The Geology of Northwest Libya (Eds. Salem. M.J, Oun. K.M, and Seddig. H.M). Gutenberg Press, Malta, Vol.3, p.p. 269-290.

[2]. Sahara and Sahel Observatory (OSS). 2004. The North-Western Sahara Aquifer System (Libya, Algeria, Tunisia) – Vol 2: Hydrogeology, General Water Authority, Tripoli, Libya, pp.164. Unpublished Report.

[3]. WHO (World Health Organization) . 2003. Guidelines for drinking Water quality. Geneva.

[4]. El-Bakai, M.T., 1997. Petrography and palaeoenvironment of the Sidi as Sid Formation in Northwest Libya. Petroleum Research Journal, 9, pp.9-26.