مجلة الريادة للبحوث والأنشطة العلمية
Al-Riyadah Journal For Researches And Scientific Activities
العدد الرابع عشر

تاريخ الاستلام Received 2-10-2026 تاريخ القبول Accepted 25-10-2026 تاريخ النشر published 3-11-2026

تقييم جودة مياه الابار الجوفية لأغراض الشرب بمدينة صبراتة باستخدام المعايير القياسية الليبية ومنظمة الصحة العالمية (WHO)

زينب السنوسي محمد [1] احمد امحمد على [2] ابوعجيلة الهادي عبد الملك [3]
[1,2] المعهد العالي للتقنيات الطبية، صبراتة، ليبيا
[3] قسم الكيمياء ، كلية العلوم، جامعة صبراتة، ليبيا
[1] zanbsnosi@gmail.com https://orcid.org/0009-0006-1139-1942
[2]Aldbashyahmd16@gmail.com https://orcid.org/0009-0004-9644-3750
[3]abuojaylah.abdulmalik@sabu.edu.ly https://orcid.org/0009-0002-8726-2072

الملخص:

هدفت هذه الدراسة الي تقييم جودة وصلاحية المياه الجوفية في الخزان السطحي لمدينة صبراتة (شمال غرب ليبيا)، وبيان مدي صلاحيتها للاستهلاك البشري واغراض الشرب، والوقوف على مدي مطابقتها للمواصفات المحلية والدولية. شملت الدراسة جمع وتحليل عينات من 23 بئرا جوفيا (موزعة بالرموز من R1 – R23)، حيث تم قياس اهم المؤشرات الفيزيائية والكيميائية المؤثرة علي جودة المياه، وعلي راسها درجة الحموضة (PH) والماد الصلبة الذائبة الكلية(TDS)، بالإضافة الي الايونات الكاتيونية والأيونية المصاحبة، أظهرت النتائج تباينا ملحوظا في الخصائص الهيدروكيميائية بين الابار المدروسة: حيث تراوحت قيم الاس الهيدروجيني ما بين(6.34 و 7.75) مسجلة انحرافا طفيفا دون الحد الأدنى المسموح به (6.5) في بعض الابار مثل (R7) من جهة أخرى، سجلت الدراسة ارتفاعا حادا في قيم المواد الصلبة الذائبة الكلية في معظم الابار مقارنة بالحدود المسموح بها في المعايير القياسية الليبية ومنظمة الصحة العالمية (500 – 1000 ملجم / لتر)، حيث بلغت ذروتها في البئر (R18) بقيمة 12.29، مما يوكد تلوث تلك الابار بالملوحة الزائدة الناتجة غالبا عن تداخل مياه البحر مع الخزان الجوفي الساحلي، خلصت الدراسة الي ان غالبية الابار الجوفية المقاسة غير صالحة للاستهلاك البشري المباشر دون عمليات معالجة مسبقة، وتدهورا حادا ووضحا في جودة المياه الجوفية نتيجة للضخ الجائر وتداخل مياه البحر (Seawater intrusion) في الشريط الساحلي، وتوصي الدراسة بضرورة تفعيل المراقبة الدورية على مصادر المياه، ووضع قيود صارمة على حفر الابار العشوائية لحماية الامن المائي بالمنطقة.

الكلمات المفتاحية: المياه الجوفية، صبراتة، مياه الشرب، تداخل مياه البحر، المواصفات القياسية الليبية، منظمة الصحة العالمية.

مجلة الريادة للبحوث والأنشطة العلمية
Al-Riyadah Journal For Researches
And Scientific Activities
العدد الرابع عشر
تاريخ الاستلام Received 2-10-2026 تاريخ القبول Accepted 25-10-2026 تاريخ النشر published 3-11-2026

Abstract:

This study aimed to evaluate the quality and suitability of groundwater in the shallow aquifer of sabratha city (northwest Libya), and to determine its viability for human consumption and drinking purposes, as well as its compliance with local and international standards. The study involved collecting and analyzing samples from 23 groundwater wells (distributed across codesR1to R23). Key physical and chemical parameters affecting water quality were measure, most notably the hydrogen ion concentration (PH) and total dissolved solids (TDS), in addition to the accompanying cationic and anionic ions. The results showed a noticeable variation in hydro chemical characteristics among the studied wells. The values ranged between 6.34 and 7.75, recording a slight deviation below the minimum allowable limit (605) in some wells like R7. On the other hand, the study recorded a sharp increase in TDS values in most wells compared to the limited allowed by the Libyan standard specifications and the world health organization (500-1000 mg/L), peaking in well R18 at Value of 12.29. This confirms the pollution of those wells due to the increased salinity, which mostly results from seawater intrusion in to the coastal shallow aquifer. The study concluded that most of the measured groundwater wells are unsuitable for direct human consumption without prior treatment processes. It also highlighted a severe and clear deterioration in groundwater quality resulting from over-pumping and seawater intrusion in the coastal strip. The study recommends the necessity of activating periodic monitoring of water resources, and placing strict regulations on digging random wells to protect the region's water security.

المقدمة: Introduction

تعد المياه الجوفية أحد اهم المصادر الطبيعية الحيوية في دول شمال افريقيا وخاصه في المناطق شبة الجافة التي تعاني من شح في موارد المياه السطحية، وتشهد نموا سكانيا وتوسعا عمرانيا وزراعيا متسارعا. (**الربيعي، 2018**) وفي دولة ليبيا، تعتمد التجمعات السكانية والمدن الساحلية بشكل شبه كلي على المياه الجوفية المستخرجة من الخزنات الرسوبية لتلبية الاحتياجات اليومية للاستهلاك البشري، والأنشطة الزراعية والصناعية. (**الهيئة العامة للمياه، 2015**).

ونظرا للموقع الجغرافي والمناخي لليبيا، فان معدلات التغذية الطبيعية لهذه الخزانات من مياه الامطار تعد منخفضة جدا مقارنة بمدلات السحب والضخ المستمر. (**السنوسي، 2021,89-104**).

مجلة الريادة للبحوث والأنشطة العلمية
Al-Riyadah Journal For Researches
And Scientific Activities
العدد الرابع عشر
تاريخ الاستلام Received 2-10-2026 تاريخ القبول Accepted 25-10-2026 تاريخ النشر published 3-11-2026

ان جودة المياه وصلاحيتها للاستخدام البشري لا تقل أهمية عن وفرتها الكمية، حيث توثر الخصائص الفزيائية والكيميائية لمياه بشكل مباشر على صحة الانسان. (WHO,2017). ويتحدد مدي صلاحية المياه للشرب من خلال مقارنة تراكيز العناصر والايونات الذائبة مثل المواصفات القياسية الليبية ومحددات منظمة الصحة العالمية. (المواصفات القياسية الليبية،2008).

وتشمل هذه المحددات قياس TDS،PH وتراكيز الكينونات كالكالسيوم والمغنيسيوم، والانيونات كالكلوريدات والكبريتات والنترات، حيث ان أي خلل الزيادة في هذه النسب عن الحدود المعتمدة قد يودي الي اضرار صحية ومشاكل في الأجهزة الحيوية لجسم الانسان على المدي الطويل. (AL-Gheethi,2019,511-529)

وتعتبر مدينة صبراتة، الواقعة على الشريط الساحلي لشمال غرب ليبيا نموذجا حيا للمدن التي تعتمد بشكل شبة كلي على مياه الخزان الجوفي السطحي (شبة المحصور) لمداد سكانها بمياه الشرب والري الزراعي. الا ان هذا المخزون المائي الاستراتيجي يواجه في العقود الأخيرة ضغوطا بيئة وهيد وجيولوجية حادة تهدد استدامته وجودته النوعية. ومن أبرز هذه التحديات ظاهرة الضخ الجائر غير المنظم الناتجة عن التوسع العمراني السريع والنمو السكاني والنشاط الزراعي المكثف، مما ادي الي هبوط مستمر في مناسيب المياه الجوفية وخلل في التوازن الهيدروليكي بين الخزان العذب ومياه البحر المتوسط المجاورة (العزومي، 2020، 112-128). لقد ترتب علي هذا نشوء مشكلة بيئة تكمن في تداخل مياه البحر، والتي أدت الي تدهور حاد في الخصائص الفزيائية والكيميائية للمياه تجسد في ارتفاع معدلات الملوحة الكلية الذائبة (TDS) والتوصيلية الكهربائية (EC) والارتفاع المقلق في تراكيز ايونات الصوديوم (Na^+) والكلوريد (Cl^-) والكبريتات (SO_4^{--}) مما جعل العديد من الابار تخرج عن النطاق الامن للاستخدام البشري المباشر (مصباح،2022، 150-169).

وبناء على ذلك، تأتي هذه الدراسة لتقديم تقييم علمي شامل لعدد (23) بئرا جوفية موزعه على مناطق مختلفة بمدينة صبراتة ومقارنته بالمعايير القياسية الليبية ومنظمة الصحة العالمية.

مشكلة الدراسة: Research Problem

تتبلور مشكلة الدراسة في السؤال الجوهري الاتي: ما مدي صلاحية مياه الابار الجوفية ال 23 بمدينة صبراتة لأغراض الشرب والاستهلاك البشري عند مقارنتها بالمعايير القياسية الليبية ومنظمة الصحة العالمية؟ وما هي المؤشرات الكيميائية والفزيائية الأكثر تهديدا للأمن المائي والصحي في المنطقة.

مجلة الريادة للبحوث والأنشطة العلمية
Al-Riyadah Journal For Researches
And Scientific Activities
العدد الرابع عشر
تاريخ الاستلام Received 2-10-2026 تاريخ القبول Accepted 25-10-2026 تاريخ النشر published 3-11-2026

أهمية الدراسة: Research Significance

تكتسب هذه الدراسة أهمية بالغة من خلال الجوانب الاتية:

- الأهمية الصحية والمجتمعية: حيث يساهم الكشف عن الابار الملوثة بالملوحة او العناصر الكيميائية الزائدة في حماية المواطنين من الامراض الناتجة عن استهلاك مياه غير مطابقة للمواصفات.
- الأهمية العلمية: توفر الدراسة قاعدة بيانات هيدروكيميائية حديثة عن الخزان الجوفي في صبراتة. مما يسد فجوة النقص في الدراسات الدورية للمنطقة ويفتح المجال للباحثين لأجراء دراسات مستقبلية مقارنة.
- الأهمية التطبيقية: تمنح مسولي قطاع المياه والبيئة ببلدية صبراتة وهيئة الموارد المائية مؤشرات دقيقة تساهم في تنظيم عمليات حفر الابار وتوجيه مشاريع التحلية والمعالجة نح المناطق الأكثر تضررا.

اهداف الدراسة: Research Objectives

تسعي هذه الدراسة بشكل أساسي الي تحقيق الأهداف العلمية والتطبيقية الاتية:

1 – تحديد الخصائص الفزيائية والكيميائية الحالية لمياه 23 بئرا جوفيا موزعة بمدينة صبراتة.

2–قياس مدي مطابقة قيم المؤشرات المرصودة مثل PH، TDS والايونات الذائبة مع الحدود المسموح بها محليا وعالميا.

3–كشف الابار التي تعاني من ارتفاع حاد في الملوحة وربط هذا التدهور بظاهرة تداخل مياه البحر مع المياه الجوفية.

4 – وضـــع توصـــيات علمية دقيقة لمتخذي القرار ببلدية صـــبراتة لمعالجة المياه وتفعيل الإدارة المستدامة للخزان الجوفي الساحلي.

منهجية الدراسة: Research Methodology

اعتمدت هذه الدراسـة على المنهج الوصـفي التحليلي والتجريبي والميداني لتنفيذ مراحل البحث. وقد تم تقسيم العمل المنهجي الي المراحل الاتية:

– جمع العينات: يتم اختيار عدد من الابار موزعة جغرافيا في مدينة صـبراتة لضـمان تمثيل شـامل لمصادر المياه

مجلة الريادة للبحوث والأنشطة العلمية
Al-Riyadah Journal For Researches
And Scientific Activities
العدد الرابع عشر
تاريخ الاستلام Received 2-10-2026 تاريخ القبول Accepted 25-10-2026 تاريخ النشر published 3-11-2026

– التحليل الكيميائي: تجري اختبارات مخبرية لقياس PH التوصيلية والمواد الصلبة الذائبة الكلية بالإضافة الي تحديد تراكيز الايونات الرئيسية.

– المقارنة بالمعايير: تقارن النتائج مع الحدود المسموح بها وفق المواصفات القياسية لمياه الشرب.

مصطلحات الدراسة:

– المياه الجوفية (Ground water):

هي المياه الصالحة للاستخراج والمخزونة في مسامات الصخور والرسوبيات تحت سطح الأرض في طبقات جيولوجية تعرف بالخزنات الجوفية، وتعد المصدر الرئيسي لمياه الشرب في المناطق الساحلية بليبيا **(الارقط واخرون، 2020, 171–184)**.

– تداخل مياه البحر: (Sea water intrusion)

هي ظاهره هيدرولوجيه ببيئة تحدث في الخزانات الجوفية الساحلية، حيث تتحرك مياه البحر المالحة نحو الداخل لتحل محل المياه العذبة نتيجة الهبوط الحاد في منسوب المياه الجوفية الناجم عن الضخ والسحب الجائر للمياه العذبة **(الارقط واخرون، مرجع مكرر. 171–184)**.

– المواصفات القياسية الليبية: (Libyan Standards)

هي مجموعه من المحددات والقوانين والحدود القصوى المسموح بها وطنيا (الصادرة عن المركز الوطني للمواصفات والمعايير القياسية برقم 82) والتي تحدد التراكيز الامنة للمؤشرات الفزيائية والكيميائية والبيولوجية في مياه الشرب لضمان حماية المستهلك الليبي **(المواصفات القياسية الليبية،2008)**.

– منظمة الصحة العالمية (WHO):

هي الوكالة الدولية التابعة للأمم المتحدة والمعنية بالصحة العامة، وتصدر دليلا ارشاديا عالميا (Guidelines for drinking – water quality) يحدد المعايير الصحية الصارمة لجودة مياه الشرب لحماية البشرية من الامراض المنقولة بالمياه**(WHO,2017)**.

مجلة الريادة للبحوث والأنشطة العلمية
Al-Riyadah Journal For Researches
And Scientific Activities
العدد الرابع عشر
تاريخ الاستلام Received 2-10-2026 تاريخ القبول Accepted 25-10-2026 تاريخ النشر published 3-11-2026

الدارسات السابقة (Literature Review):

1-دراسة (ابوعجيله واخرون، 2024) لتقييم مياه الابار الجوفية لأغراض الشرب باستخدام مؤشري جودة المياه الكندي والوزني الموزون. شملت الدراسة قياس 11 مؤشرا فيزيائيا وكيميائيا مثل (TDS،PH ، والكالسيوم، والكلوريدات، والكبريتات) لمياه الابار الجوفية في مدينة صبراتة. كشفت النتائج ان أكثر من 60% من العينات المدروسة صنفت على انها رديئة الي غير صالحة للاستخدام البشري. وتتقاطع هذه الدراسة كليا مع بحثنا في تأكيد الخلل الواضح في الخصائص الهيدروكيميائية للمنطقة.

2-دراسة (الغرابلي واخرون، 2021, 43-38) استهدفت تقييم جودة المياه الجوفية ل 48 بئرا ومدي صلاحيتها للشرب عبر تطبيق مؤشر جودة المياه (WQI) في مدينة صبراتة. أظهرت نتائج الدراسة ان قيم معامل جودة المياه في المدينة كانت متفاوتة ما بين الرديئة الي غير ملائمة للشرب باستثناء 7 ابار فقط كانت جيدة وارجعت الدراسة الأسباب الي الارتفاع الملحوظ في قيم المواد الصلبة الذائبة والأيونات الكيميائية نتيجة الاستنزاف المستمر للخزان الجوفي.

3-دراسة (شنان واخرون،2021، 74-89) قاموا بأجراء دراسة تقييمية لجودة المياه الجوفية المستخدمة لأغراض الشرب في منطقة العجيلات ومقارنة خصائصها بالمواصفات القياسية الليبية. شملت الدراسة جمع عينات من عدة ابار بالمنطقة وتحليل مؤشراتها الفزيائية والكيميائية. أظهرت النتائج ان معظم الابار سجلت قراءات للمواد الصلبة تجاوزت 1500 ملجم / لتر بالإضافة الي ارتفاع تراكيز ايونات الكلوريد والصوديوم والكالسيوم عن الحدود المسموح بها محليا. واكد الباحثين ان هذا التدهور النوعي يعود الي السحب الجائر وتأثر المنطقة بتداخل الجبهة الملحية لمياه البحر.

4-دراسة (الهمالي واخرون، 2020) جمع عينات من مياه الابار في عدة مدن بالمنطقة الغربية لليبيا ومقارنتها بالمواصفات الليبية ومنظمة الصحة العالمية (WHO). وأثبتت نتائج تحليلهم المخبرية ان 95% من مياه الابار السطحية سجلت تراكيز عناصر كيميائية اعلي من الحدود المسموح بها. وخلصت الدراسة الي عدم صلاحيتها للشرب دون معالجة. تساهم هذه الدراسة الإقليمية في اثبات ان مشكلة ملوحة ابار صبراتة تندرج ضمن ازمة مائية ساحلية عامة ممتدة عبر طول شمال غرب ليبيا.

مجلة الريادة للبحوث والأنشطة العلمية
Al-Riyadah Journal For Researches And Scientific Activities
العدد الرابع عشر
تاريخ الاستلام Received 2-10-2026 تاريخ القبول Accepted 25-10-2026 تاريخ النشر published 3-11-2026

الجانب النظري

أولاً :المياه الجوفية الصالحة للشرب

- مفهومها:

المياه الجوفية هي المياه التي تتسرب من الأمطار أو مياه الأنهار والبحيرات إلى باطن الأرض، وتتجمع داخل مسام التربة وشقوق الصخور في طبقات جيولوجية تُعرف باسم الخزانات الجوفية.

أما المياه الجوفية الصالحة لأغراض الشرب، فهي المياه التي تتوافر فيها الخصائص الفيزيائية والكيميائية والميكروبيولوجية التي تجعلها آمنة للاستهلاك البشري، وفقاً للمعايير الصحية المعتمدة، دون أن تسبب أضراراً صحية للإنسان.

-أهميتها: (الهمالي واخرون، 2020: 115)

تكتسب المياه الجوفية أهمية كبيرة في توفير مياه الشرب، وتتمثل أهميتها فيما يلي:

1. توفير مياه الشرب: تعد مصدراً أساسياً لمياه الشرب في العديد من المناطق، خاصة المناطق الصحراوية والجافة.
2. استقرار الإمدادات المائية :يمكن أن توفر المياه خلال فترات الجفاف عندما تقل الأمطار والمياه السطحية.
3. تقليل التبخر :تكون المياه الجوفية أقل تعرضاً للتبخر مقارنة بالمياه المخزنة في البحيرات والخزانات المكشوفة.
4. الترشيح الطبيعي :تساعد طبقات التربة والصخور على إزالة بعض الشوائب والجسيمات أثناء تسرب المياه إلى باطن الأرض، لكنها لا تضمن إزالة جميع الملوثات.
5. تقليل تكاليف المعالجة في بعض الحالات :قد تحتاج المياه الجوفية إلى معالجة أقل من بعض مصادر المياه السطحية، بحسب جودتها وتركيبها الكيميائي.
6. دعم التجمعات السكانية :تسهم في توفير المياه للمنازل والمدن والقرى، خصوصاً التي لا تتصل بشبكات مياه سطحية.
7. الأهمية الاقتصادية :تساعد على دعم التنمية العمرانية والأنشطة الاقتصادية التي تعتمد على توفر المياه.

تاريخ الاستلام Received 2-10-2026 تاريخ القبول Accepted 25-10-2026 تاريخ النشر published 3-11-2026

- **خصائصها: (الهيئة العامة للمياه، 2015).**

تنقسم خصائص المياه الجوفية الصالحة للشرب إلى أربعة أنواع رئيسية:

1 –الخصائص الفيزيائية

- اللون :تكون عديمة اللون أو ذات لون ضعيف جداً، دون تغير غير طبيعي.
- الطعم :يكون مقبولاً ولا يحتوي على طعم غير مستساغ.
- الرائحة :تكون عديمة الرائحة أو خالية من الروائح غير الطبيعية.
- العكارة :تكون منخفضة، بحيث لا تحتوي على كميات ملحوظة من المواد العالقة.
- درجة الحرارة :تكون عادة مستقرة نسبياً، وتتأثر بعمق البئر والظروف الجيولوجية والمناخية.

2– الخصائص الكيميائية

يجب أن يكون التركيب الكيميائي للمياه ضمن الحدود الصحية المعتمدة، ومن أهم المؤشرات:

الخاصية	القيمة الإرشادية أو الملاحظة
(pH)	6.5–8.5 كمدى تشغيلي شائع، وليس حداً صحياً عالمياً ثابتاً
المواد الصلبة الذائبة الكلية (TDS)	يُفضّل أن تكون ضمن مستوى مقبول من حيث الطعم والاستعمال؛ ويُستخدم 500ملغم/لتر كقيمة إرشادية شائعة للقبول الحسي
النترات	يجب ألا تتجاوز الحدود الصحية المعتمدة؛ توصي منظمة الصحة العالمية بحد إرشادي قدره 50ملغم/لتر محسوبة على هيئة أيون النترات NO_3^-
الكلوريد والكبريتات	ينبغي ألا يرتفع تركيزهما إلى مستويات تؤثر في الطعم أو الاستخدام
الحديد والمنغنيز	ينبغي أن تكون تراكيزهما منخفضة لتجنب تغير اللون والطعم والترسبات
المعادن الثقيلة	يجب أن تكون ضمن الحدود الصحية المسموح بها، مثل الرصاص والزرنيخ والكادميوم

المصدر: (الهيئة العامة للمياه، 2015).

وتشمل الفحوص الكيميائية أيضاً الأملاح الذائبة والعسر والفلوريد، لأن بعض هذه المواد قد توجد طبيعياً بتراكيز مرتفعة في المياه الجوفية.

3 – الخصائص الميكروبيولوجية

تُعد من أهم الخصائص التي تحدد سلامة مياه الشرب، وتشمل:

- خلو عينة المياه من القولونية (E. coli) في حجم 100مل من مياه الشرب.
- عدم وجود تلوث برازي يدل على تسرب مياه الصرف الصحي أو مخلفات الحيوانات.
- انخفاض احتمالات وجود البكتيريا والفيروسات والطفيليات المسببة للأمراض.
- حماية البئر من مصادر التلوث، مثل الحفر الامتصاصية ومياه الصرف والمخلفات الزراعية.

مجلة الريادة للبحوث والأنشطة العلمية
Al-Riyadah Journal For Researches
And Scientific Activities
العدد الرابع عشر
تاريخ الاستلام Received 2-10-2026 تاريخ القبول Accepted 25-10-2026 تاريخ النشر published 3-11-2026

4- الخصائص الجيولوجية والهيدروجيولوجية

ترتبط هذه الخصائص بقدرة الخزان الجوفي على توفير المياه وجودتها، ومن أهمها:

- وجود طبقة جيولوجية قادرة على تخزين المياه ونقلها إلى الآبار.
- توفر كمية مياه مناسبة ومستدامة للاستخراج.
- وجود طبقات أو ظروف جيولوجية تساعد على الحد من وصول الملوثات إلى الخزان.
- انخفاض مخاطر التداخل مع مياه البحر المالحة في المناطق الساحلية.
- استقرار جودة المياه نسبياً مع مرور الزمن، مع مراقبة أي تغيرات في الملوحة أو الملوثات.

-كيف نتأكد من صلاحية المياه الجوفية للشرب؟

يمكن التأكد من صلاحية المياه الجوفية للشرب من خلال الخطوات التالية:

1. أخذ عينة مياه بطريقة صحيحة من البئر.
2. إجراء التحاليل الفيزيائية والكيميائية والمكروبيولوجية في مختبر معتمد.
3. مقارنة النتائج بمعايير مياه الشرب الوطنية أو إرشادات منظمة الصحة العالمية.
4. معالجة المياه إذا أظهرت التحاليل وجود ملوثات أو تراكيز غير مقبولة.
5. إعادة التحليل دورياً للتأكد من استمرار جودة المياه وسلامتها.

ثانيا: جودة المياه الجوفية الصالحة لأغراض الشرب

1- مفهوم جودة المياه الجوفية

تُعرَّف جودة المياه الجوفية الصالحة لأغراض الشرب بأنها مدى توافق الخصائص الفيزيائية والكيميائية والمكروبيولوجية للمياه مع المعايير والمواصفات الصحية المعتمدة، بما يضمن سلامتها للاستهلاك البشري وعدم تسببها في أضرار صحية على المدى القصير أو الطويل.

وتتأثر جودة المياه الجوفية بعدة عوامل، منها طبيعة الصخور والتربة التي تمر بها المياه، وعمق الخزان الجوفي، ومعدل تجدد المياه، والأنشطة البشرية المحيطة بالآبار، مثل الزراعة والصناعة والتخلص من مياه الصرف الصحي.

2- مؤشرات جودة المياه الجوفية: يمكن تقييم جودة المياه الجوفية من خلال مجموعة من المؤشرات الأساسية: **(الغرابلي واخرون، 2021: 43-38)**

مجلة الريادة للبحوث والأنشطة العلمية
Al-Riyadah Journal For Researches And Scientific Activities
العدد الرابع عشر
تاريخ الاستلام Received 2-10-2026 تاريخ القبول Accepted 25-10-2026 تاريخ النشر published 3-11-2026

أ .المؤشرات الفيزيائية

- اللون :يُفضَّل أن تكون المياه عديمة اللون.
- الطعم والرائحة :يجب ألا يكون لهما طعم أو رائحة غير مستساغة.
- العكارة :ينبغي أن تكون منخفضة، بما يسمح بفاعلية التطهير.
- درجة الحرارة :تؤثر في الخصائص الفيزيائية والكيميائية للمياه، لكنها لا تُعد وحدها مؤشراً على صلاحيتها للشرب.

ب .المؤشرات الكيميائية: تشمل قياس المواد الذائبة والأملاح والمعادن والعناصر الكيميائية التي قد تؤثر في صحة الإنسان أو في قبول المياه من حيث الطعم.

المؤشر	أهميته في تقييم الجودة
(pH)	يوضح مدى حموضة المياه أو قلويتها، ويؤثر في التآكل وكفاءة المعالجة.
(TDS)	تعكس كمية المواد الذائبة، وترتبط غالباً بالملوحة والطعم.
العسر الكلي	ينتج أساساً عن أملاح الكالسيوم والمغنيسيوم، ويؤثر في تكوّن الترسبات.
النترات	ارتفاعها قد يشكل خطراً صحياً، خصوصاً على الرضع.
الكلوريد والكبريتات	ارتفاعهما قد يؤثر في الطعم، وقد يشير إلى التملح أو مصادر تلوث معينة.
الحديد والمنغنيز	قد يسببان تغير اللون والطعم وتكوّن الترسبات.
العناصر الثقيلة، مثل الرصاص والزرنيخ	قد تسبب آثاراً صحية خطيرة عند تجاوز الحدود المأمونة.
الفلوريد	ضروري بتركيزات مناسبة، لكن ارتفاعه قد يؤدي إلى أضرار صحية، خاصة تسمم الأسنان والعظام بالفلور.

المصدر: (الغرابلي واخرون، 2021, 43-38)

ج .المؤشرات الميكروبيولوجية

تُستخدم للكشف عن التلوث الناتج عن مياه الصرف الصحي أو المخلفات الحيوانية، وتشمل:

- بكتيريا الإشريكية القولونية (*E. coli*).
- بكتيريا القولونيات بوصفها مؤشرات على سلامة نظام المياه.
- الكائنات الدقيقة المسببة للأمراض، بحسب مصادر التلوث والمخاطر المحتملة.

ومن أهم متطلبات مياه الشرب عدم اكتشاف بكتيريا الإشريكية القولونية في عينة حجمها 100مل، وفق إرشادات منظمة الصحة العالمية.

3- العوامل المؤثرة في جودة المياه الجوفية: تتأثر جودة المياه الجوفية بمجموعة من العوامل الطبيعية والبشرية، أهمها: (الارقط واخرون، مرجع سابق: 177)

تاريخ الاستلام Received 2-10-2026 تاريخ القبول Accepted 25-10-2026 تاريخ النشر published 3-11-2026

1. **التركيب الجيولوجي** :يؤدي ذوبان المعادن والأملاح من الصخور إلى تغيير التركيب الكيميائي للمياه.
2. **الأنشطة الزراعية** :قد تتسرب الأسمدة والمبيدات إلى الخزانات الجوفية.
3. **مياه الصرف الصحي** :قد تؤدي التسربات من الحفر الامتصاصية وشبكات الصرف إلى تلوث المياه.
4. **الأنشطة الصناعية** :قد تُدخل بعض المعادن والعناصر الكيميائية الضارة إلى المياه الجوفية.
5. **الإفراط في ضخ المياه** :قد يؤدي إلى زيادة الملوحة أو تسرب مياه البحر إلى الخزانات الساحلية.
6. **المناخ والتبخر** :قد يسهمان في زيادة تركيز الأملاح في المناطق الجافة وشبه الجافة.

4- .طرق المحافظة على جودة المياه الجوفية: يمكن المحافظة على جودة المياه الجوفية من خلال الإجراءات التالية:

- حماية الآبار من مصادر التلوث المباشرة.
- إنشاء مناطق حماية صحية حول آبار مياه الشرب.
- مراقبة الأنشطة الزراعية والصناعية بالقرب من الخزانات الجوفية.
- إجراء تحاليل دورية للخصائص الفيزيائية والكيميائية والميكروبيولوجية.
- ترشيد ضخ المياه الجوفية للحد من استنزاف الخزانات والتداخل الملحي.
- معالجة المياه عند الحاجة باستخدام تقنيات مناسبة لطبيعة الملوثات، مثل الترشيح أو التطهير أو التناضح العكسي.

5 – تقييم جودة المياه الجوفية في المناطق الجافة مثل ليبيا: تكتسب مراقبة جودة المياه الجوفية أهمية خاصة في ليبيا بسبب الاعتماد الكبير على المياه الجوفية لتوفير مياه الشرب، ولا سيما في المناطق الجافة والساحلية. ومن أبرز المشكلات التي قد تؤثر في جودتها: **(ابوعجيله واخرون:2024)**

- ارتفاع تركيز الأملاح الذائبة والملوحة.
- زيادة تركيز النترات نتيجة الأنشطة الزراعية أو تسرب مياه الصرف الصحي.
- ارتفاع بعض العناصر الطبيعية، مثل الفلوريد أو الحديد أو المنغنيز، في بعض الخزانات.
- تسرب مياه البحر إلى الخزانات الساحلية نتيجة الضخ المفرط.
- التلوث الميكروبيولوجي الناتج عن عدم إحكام حماية الآبار.

ولذلك ينبغي تقييم كل بئر على حدة، لأن جودة المياه قد تختلف من منطقة إلى أخرى، بل ومن خزان جوفي إلى آخر داخل المنطقة نفسها.

مجلة الريادة للبحوث والأنشطة العلمية
Al-Riyadah Journal For Researches And Scientific Activities
العدد الرابع عشر
تاريخ الاستلام Received 2-10-2026 تاريخ القبول Accepted 25-10-2026 تاريخ النشر published 3-11-2026

الجانب العملي

أولا: المواد والأجهزة المستخدمة:

تم اجراء بحث ميداني لتقييم مدى صـــلاحية المياه الجوفية للشـــرب في منطقة صـــبراتة، ما مجموعه 23 عينة من المياه الجوفية التي تمثل منطقة الدراسة، وتم استخدام قنينات من البولي ايثلين عالية الكثافة سعة 1.5 لتر بعد غسل القنينة بالماء المراد فحصة قبل ملئها، مع انتظار 5 دقائق من تشـــغيل المضـــخة قبل الملء، واجريت على العينات الاختبارات وفق ما ذكر في **(APHA,1975)** في مختبر تحليل المياه بمدينة صبراتة.

1-الاس الهيدروجيني (PH): استعمل جهاز قياس الاس الهيدروجيني Jenway (3310) PH-meter لقياس الاس الهيدروجيني، بعد معايرته بالمحاليل القياسية (Buffer Solution).

2-التوصيلية الكهربائية Electrical conductivity (EC): تم قياس التوصيل الكهربي للمياه باستعمال جهاز التوصيلية الكهربية Electrical conductivity meter

وعبر عن النتائج بالمايكروسمنز لكل سنتمتر (µs/cm) بعد معايرته باستخدام محلول كلوريد البوتاسيوم KCl

3-الاملاح الكلية الذائبة Total Dissolved Solid (T.D.S): تم قياس الاملاح الكلية الذائبة باستخدام جهاز multi meter وهو جهاز يعتمد على مقاومة المحلول للتيار الكهربي ويعبر عنه ب وحدة mg/l

4-الكلوريد (Cl^{-1}) Chloride: الكلوريدات باستعمال طريقة موهر Mohr عن طريق معايرة حجم معين من العينة المائية بمحلول نترات الفضة (Silver Nitrate) وذلك بتسحيح (10ml) من العينة مع محلول نترات الفضة ذو مولارية (0.1M) في وجود دليل ثنائي كرومات البوتاسيوم (Potassium chromate) ككاشف وعبر عن النتائج بوحدة mg/l

5-النيترات (NO_3^{-1}) Nitrate: لتقدير النيترات في مياه عينات الدراسة استخدم جهاز Spectrophotometer-Dr 2800

6-الكالسيوم (Ca^{+2}) Calcium والماغنيسيوم (Mg^{+2}) Magnesium: تم تقدير تركيز الكالسيوم اعتماد عن طريق معايرة 10ml من العينة مع محلول من (Na_2EDTA)

مجلة الريادة للبحوث والأنشطة العلمية
Al-Riyadah Journal For Researches And Scientific Activities
العدد الرابع عشر
تاريخ الاستلام Received 2-10-2026 تاريخ القبول Accepted 25-10-2026 تاريخ النشر published 3-11-2026

تركيزه(0.1M) باستعمال دليل ايروكروم بلاك تي للكشف عن الكالسيوم والماغنيسيوم PH=10 ودليل ميروكساید عند PH=12 للكشف عن الكالسيوم

7–الصوديوم Sodium (Na+) والبوتاسيوم Potassium(K+) : تم تقديرهما بجهاز اللهب الطيفي (Flam Photometer)

8–وقد استخدمت بعض العلاقات الرياضية لحساب مؤشرات مهمة منها:

أ–الكبريتات(SO_4^{-2})

تم تقديره بالفارق بين الكاتيونات والانيونات معبرا عن التراكيز بوحدة ملي مكافئ/لتر(meq/L) (Bresler,1982).

$$SO_4^{-2} = (Na^{+}+K^{+}+Mg^{+2}+Ca^{+2}) - (CO_3^{-2}+HCO_3^{-1}+Cl^{-1})$$

ثانيا: طريقة العمل

وفق المواصفات الليبية القياسية وارشادات منظمة الصحة العالمية WHO، يتم تحديد صلاحية المياه للشرب في دراسة وصفيه تحليلية بناء على مجموعة من المعايير الفيزيائية والكيميائية. هذه المواصفات تستخدم لتقييم المياه الجوفية بصورة عامة وهي:

جدول 1 – يمثل الحدود القياسية لمؤشرات جودة مياه الشرب حسب المواصفات الليبية و منظمة الصحة العالمية.

المتغير	الحد الأقصى المسموح به
PH	8.5 - 6.5
TDS	mg/L 1000 - 500
EC	µs/cm 1500
Cl^-	mg/L 250
SO_4^{--}	mg/L 250
NO_3^-	mg/L 50
Ca^{++}	mg/L 200 ≥
Mg^{++}	mg/L 150 ≥
Na^+	mg/L 200 ≥

المصدر: المركز الوطني للمواصفات والمعايير القياسية – طرابلس ليبيا ومنظمة الصحة العالمية (WHO,2022، مركز المواصفات القياسية الليبية، 2013).

وكانت النتائج المختبرية المتحصل عليها من عينات مياه الابار الجوفية من (R1 – R23) كالاتي:

مجلة الريادة للبحوث والأنشطة العلمية
Al-Riyadah Journal For Researches And Scientific Activities
العدد الرابع عشر
تاريخ الاستلام Received 2-10-2026 تاريخ القبول Accepted 25-10-2026 تاريخ النشر published 3-11-2026

جدول 2 – يبين النتائج المختبرية المتحصل عليها لجميع عينات مياه الابار الجوفية.

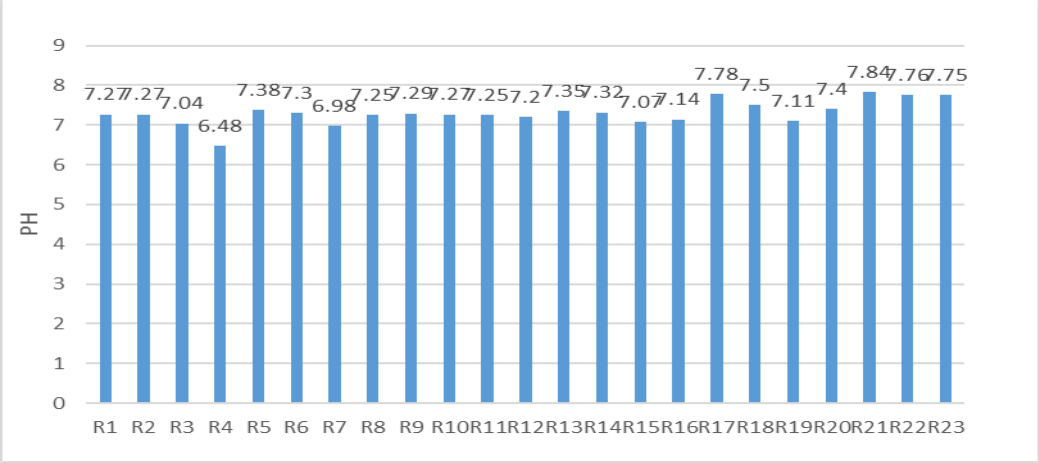
رقم العينة	PH	E.S ms / cm	TDS	Ca^{++}Meq/L	Mg^{++}Meq/L	Na^{+} Meq/L	K^{+}Meq/L	HCO_3^- Meq/L	Cl^-Meq/L	NO_3^- Meq/L	SO_4^-Meq/L
R1	7.27	2.91	1.86	15.99	10.00	9.00	0.25	2.55	14.00	1.80	18.69
R2	7.27	2.61	1.67	15.99	4.00	9.00	0.29	2.71	19.00	1.40	7.57
R3	7.04	5.31	3.40	23.99	18.00	11.00	0.46	2.43	49.00	1.10	2.02
R4	6.48	19.77	12.65	65.99	54.00	109.40	1.12	3.57	193.00	0.80	33.94
R5	7.38	3.67	2.35	9.99	4.00	22.60	0.33	4.14	31.00	1.60	1.78
R6	7.30	3.40	2.18	13.99	6.00	16.30	0.35	2.55	31.00	0.80	3.09
R7	6.98	8.08	5.17	75.99	8.00	26.30	0.69	3.07	76.00	2.00	31.91
R8	7.25	3.17	2.03	19.99	6.00	10.30	0.30	6.07	18.00	1.20	18.52
R9	7.29	3.24	2.07	19.99	8.00	11.10	0.28	2.85	18.00	1.20	18.52
R10	7.27	4.09	2.62	23.99	22.00	12.50	0.33	3.00	17.00	1.40	38.82
R11	7.25	5.19	3.32	31.99	28.00	14.60	0.46	2.57	25.00	2.00	47.48
R12	7.20	4.19	2.68	23.99	20.00	11.80	0.33	2.50	20.00	2.00	33.62
R13	7.35	3.13	2.00	19.99	12.00	8.60	0.20	3.00	14.00	1.00	23.79
R14	7.32	3.88	2.48	19.99	10.00	13.70	0.35	3.14	20.00	1.60	20.90
R15	7.07	11.70	7.49	51.99	38.00	61.90	1.04	2.64	99.00	2.00	51.29
R16	7.14	11.78	7.54	41.99	20.00	59.70	1.17	3.71	94.00	4.00	25.15
R17	7.78	3.33	2.13	19.99	10.00	10.80	0.35	2.43	36.00	0.90	2.71
R18	7.50	2.24	1.43	13.99	6.00	8.40	0.35	3.07	15.00	0.50	10.67
R19	7.11	19.20	12.29	29.99	40.00	131.60	3.00	4.66	181.00	2.70	18.93
R20	7.40	4.40	2.82	19.99	12.00	17.40	0.40	2.57	33.00	1.60	14.22
R21	7.84	3.28	2.10	19.99	10.00	8.90	0.28	2.50	21.00	4.00	15.67
R22	7.76	3.28	2.10	19.99	10.00	8.60	0.28	1.42	21.00	3.00	16.45
R23	7.75	2.45	1.57	11.99	8.00	7.90	0.28	2.28	15.00	3.40	10.89

المصدر: عمل البحاث

1– الاس الهيدروجيني

من الشكل يتضح ان اقل قيمة للاس الهيدروجيني هي 6.48 واعلي قيمة هي 7.78 وهذا يعني ان جميع القيم تقع في المدي المسموح به حسب المواصفات القياسية الليبية ومنظمة الصحة العالمية (8.5 – 6.5) وهذا يضمن ان المياه ليست حمضية او قلوية بشكل يؤثر على الصحة. ما عدا البئر R4 يسجل قيمة حامضية منخفضة جدا وبشكل شاذ بلغت 6.48 وهي اقل من الحد الادني لمنظمة الصحة العالمية 6.5 . الميا الحامضية تزيد من احتمالية تاكل شبكات الانابيب وتدفق المعادن الثقيلة (الهئه العامة للمياه 2020).

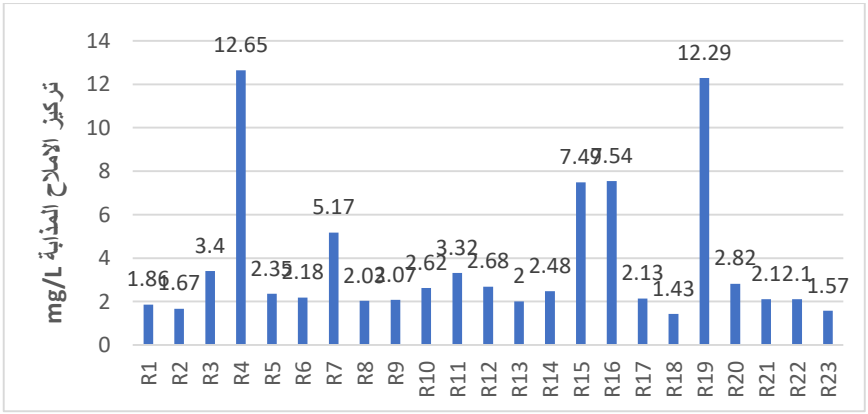
مجلة الريادة للبحوث والأنشطة العلمية
Al-Riyadah Journal For Researches And Scientific Activities
العدد الرابع عشر
تاريخ الاستلام Received 2-10-2026 تاريخ القبول Accepted 25-10-2026 تاريخ النشر published 3-11-2026



الشكل (1) – العلاقة بين العينة والاس الهيدروجين
المصدر: عمل البحاث

2 – التوصيلية والاملاح الكلية الذائبة (ES وTDS)

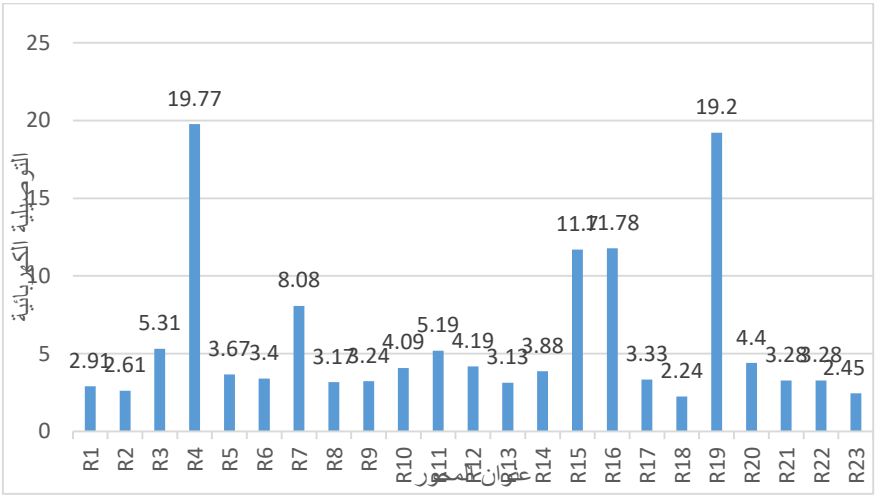
- تشير النتائج الي وجود ارتفاع حاد في ملوحة غالبية الابار، مما يجعلها غير مستساغة او غير صالحة للشرب المباشر دون معالجة.
- الابار المقبولة (ضمن الحد الأقصى mg/L1000): الابار (R1,R2,R3,R5,R6,R8,R9,R13, R17,R18,R23)
- الابار شديدة الملوحة (تتجاوز mg/L1000): الابار (R1,R7,R10,R11,R12,R14,R15,R16,R19,R20,R21,R22)
- القيم الكارثية: البئر R4 يسجل املاحا ذائبة هائلة تصل الي mg/L12.65 مصحوبة بتوصيلية كهربائية ds/m19.77 ، والبئر R19 يسجل mg/L12.29 هذه المؤشرات تعني ان هذه الابار مياها مالحة جدا وشديدة التمليح قد تعود لتداخل مياه البحر او طبيعة الطبقات الصخرية السطحية (**عبدالعزيز، 2020، 15-27**)



الشكل (2) – العلاقة بين العينات وتركيز الاملاح المذابة

المصدر: عمل البحاث

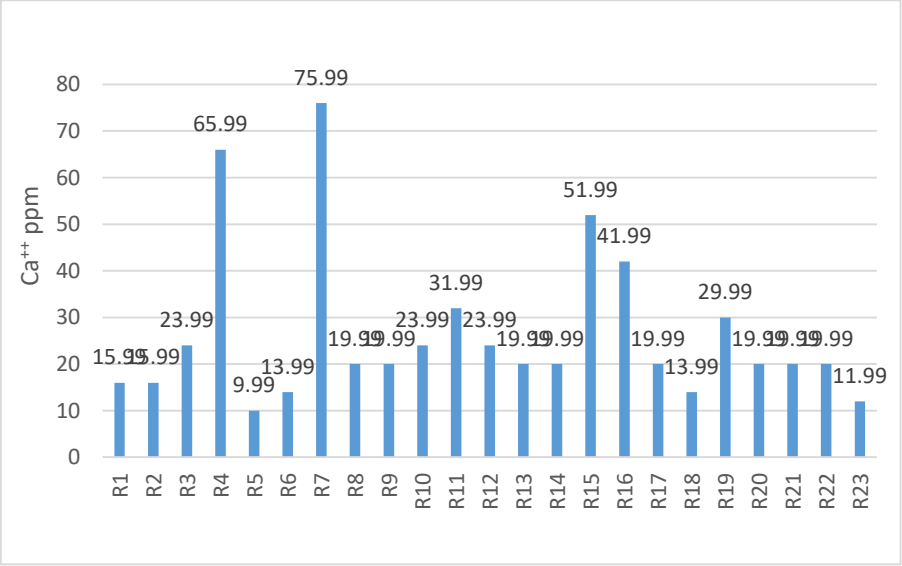
مجلة الريادة للبحوث والأنشطة العلمية
Al-Riyadah Journal For Researches
And Scientific Activities
العدد الرابع عشر
تاريخ الاستلام Received 2-10-2026 تاريخ القبول Accepted 25-10-2026 تاريخ النشر published 3-11-2026



الشكل (3) – يوضح العلاقة بين العينات والتوصيلية الكهربية
المصدر: عمل البحاث

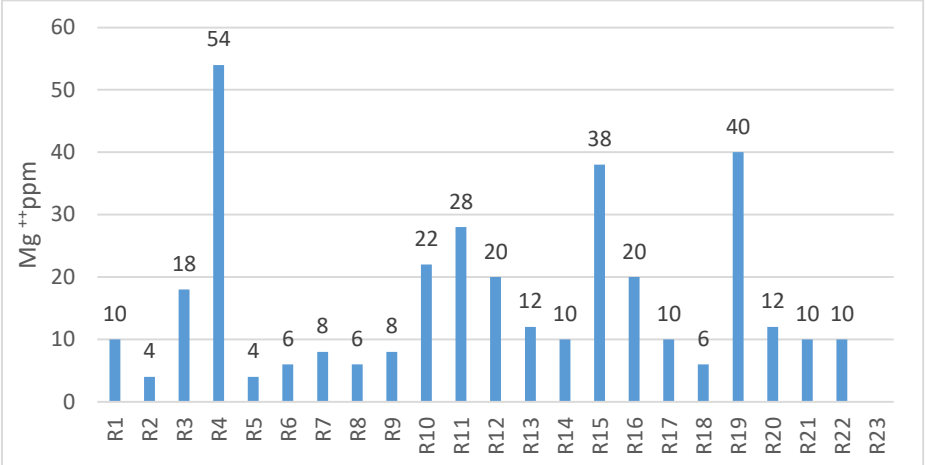
3 – عسرة المياه (ايونات الكالسيوم Ca^{++} والماغنسيوم Mg^{++})

- المستويات المرتفعة جدا لهذه الايونات خاصة في الابار (R4,R15,R19) تدل علي ان المياه شديدة العسرة (Hard Water).
- على الرغم من ان العسرة ليست خطرا صحيا مباشرا وفقا لمنظمة الصحة العالمية، الا انها تودي الي ترسيب التكلسات في الانابيب وتمنع رغوة الصابون وتغير طعم الطهي بشكل واضح.



الشكل (4) – يوضح تركيز ايون الكالسيوم في العينة

مجلة الريادة للبحوث والأنشطة العلمية
Al-Riyadah Journal For Researches And Scientific Activities
العدد الرابع عشر
تاريخ الاستلام Received 2-10-2026 تاريخ القبول Accepted 25-10-2026 تاريخ النشر published 3-11-2026

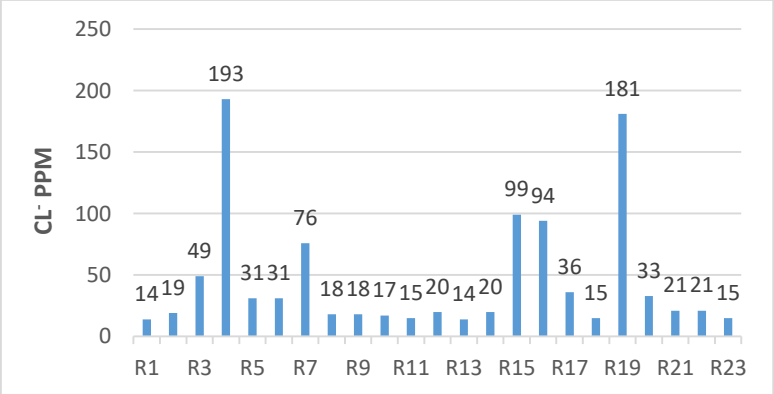


الشكل (5) – يوضح تركيز ايون الماغنسيوم في العينة

المصدر: عمل البحاث

4 – ايون الكلوريد (Cl^-) مقاسا ب(meq/L)

- الحد المقبول (mg/L250) يكافئ تقريبا meq/L7 .
- نلاحظ ان العديد من الابار تتجاوز هذا الحد بشكل كبير حيث يسجل البئر R4 قيمة ضخمة بلغت meq/L193.00 والبئر R19 يسجل meq/L181.00 مما يعزز فرضية التلوث الملحي الحاد ويرفع من الطعم المالح للمياه بشكل لا يمكن تقبله للاستهلاك البشري.



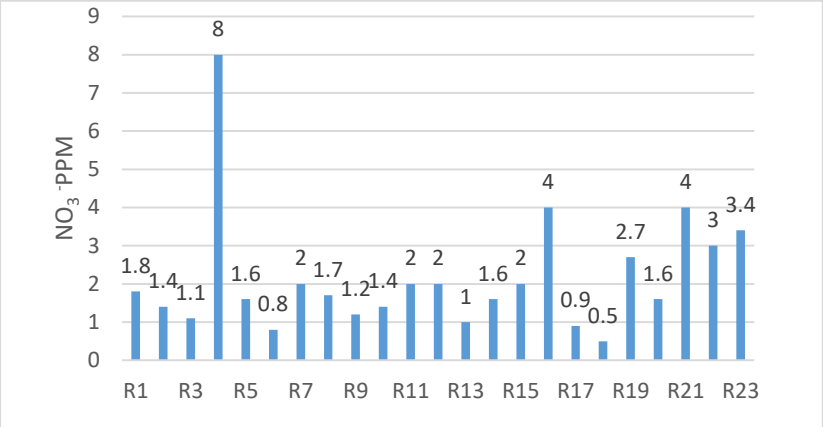
الشكل (6) – يوضح تركيز ايونات الكلوريد في العينة

المصدر: عمل البحاث

5 – النترات (NO_3^-) ب (meq/L)

- تحتوي المياه علي نسب نترات متفاوتة
- تظهر النتائج ان معظم الابار في الحدود الامنة، ولكن الابار التي تقترب او تتجاوز حاجز ال 3- 4 meq/L مثل R15 ب 2.64 و16R ب 3.71 و19R ب 4.66 تستوجب الحذر الشديد نظرا لأنها تشير الي مؤشرات تلوث كيميائي ناتج عن الأسمدة الزراعية او مياه الصرف الصحي.

مجلة الريادة للبحوث والأنشطة العلمية
Al-Riyadah Journal For Researches And Scientific Activities
العدد الرابع عشر
تاريخ الاستلام Received 2-10-2026 تاريخ القبول Accepted 25-10-2026 تاريخ النشر published 3-11-2026

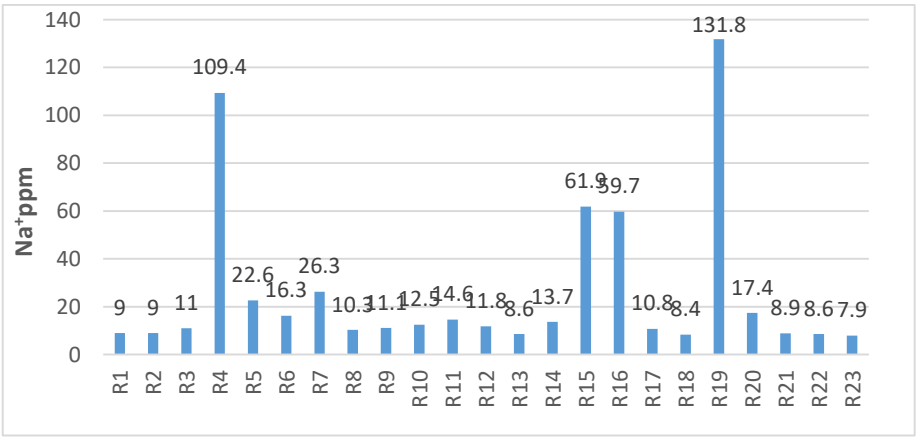


الشكل (7) – يوضح تركيز ايون النترات في العين

المصدر: عمل البحاث

6 – ايون الصوديوم (Na^+)

- الصوديوم هو المؤشر الأول والقطعي علي زحف البحر وتداخل المياه المالحة مع المياه الجوفية في الشريط الساحلي للمدينة.
- تسجل الابار R4 و R19 أرقاما قياسية وتراكيز مرتفعة جدا تتجاوز بمرات عديدة الحد المسموح به. هذا الارتفاع يمنح المياه طعما مالحا جدا، ويجعلها خطرا مباشرا على مرضي الكلي وضغط الدم في المدينة.
- الابار مثل (R1, R2, R13, R23) تحتفظ بمستويات صوديوم طبيعية وامنة للشرب كيميائيا.



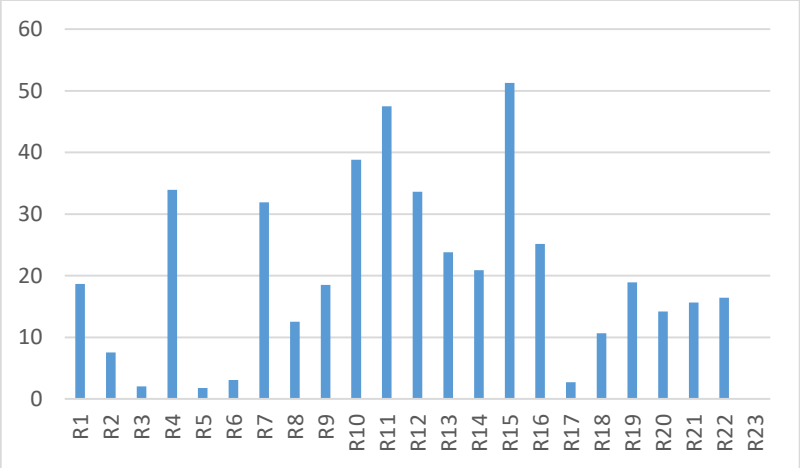
الشكل (8) – يوضح تركيز ايون الصوديوم في العينة

المصدر: عمل البحاث

مجلة الريادة للبحوث والأنشطة العلمية
Al-Riyadah Journal For Researches
And Scientific Activities
العدد الرابع عشر
تاريخ الاستلام Received 2-10-2026 تاريخ القبول Accepted 25-10-2026 تاريخ النشر published 3-11-2026

7 – ايون الكبريتات (SO_4^{--})

- يرتبط ارتفاع الكبريتات في المياه الجوفية للمدينة بذوبان الصخور الجبسية والانهيدريت الموجودة في الطبقات الجيولوجية تحت الأرض، إضافة لتداخل البحر.
- تظهر البيانات ان معظم الابار السطحية الملوحة تحتوي على تراكيز كبريتات تتجاوز (mg/L250)، لاسيما الابار القريبة من المناطق السبخية او الشاطئ.



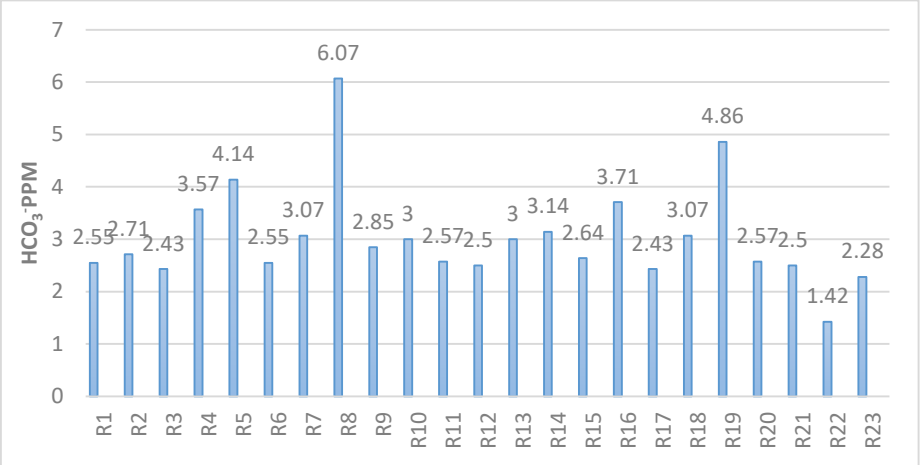
الشكل (9) – يوضح تركيز ايون الكبريتات في العينة.

المصدر: عمل البحاث

8 – ايون البيكربونات (HCO_3^-)

- تعود البيكربونات في مياه صبراتة الي ذوبان الحجر الجيري (الكلسيت) بفعل مياه الامطار الحمضية الضعيفة التي تغذي الخزان الجوفي.
- القيم المسجلة في معظم الابار متوسطة الي مرتفعة. حيث تعمل البيكربونات هنا كمنظم قلوية (Buffer) يحمي المياه من التحول الي مياه حامضية اكالة، باستثناء البئر الشاذ R4 الذي تدهورت فيه الخواص الطبيعية تماما.
- الارتفاع في البيكربونات مع الكالسيوم يسبب ما يعرف ب العسرة الموقتة وهي المسؤول المباشر عن ترسب الكلس الأبيض داخل غلايات المياه وسخانات البيوت عند تسخين المياه.

مجلة الريادة للبحوث والأنشطة العلمية
Al-Riyadah Journal For Researches
And Scientific Activities
العدد الرابع عشر
تاريخ الاستلام Received 2-10-2026 تاريخ القبول Accepted 25-10-2026 تاريخ النشر published 3-11-2026

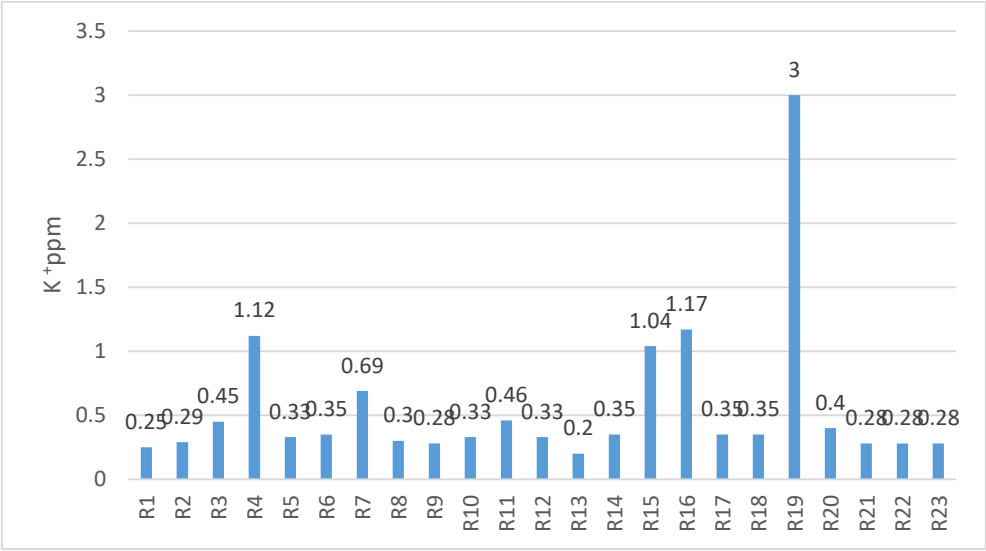


الشكل (10) – يوضح تركيز ايون البيكربونات في العينة

المصدر: عمل البحاث

9–ايونات **البوتاسيوم** (K^+)

- في الحالات الطبيعية يتواجد البوتاسيوم في المياه الجوفية بنسب منخفضه جدا مقارنة بالصوديوم، وذلك لان المعادن الطينية في التربة تمتص البوتاسيوم بقوه وتمنعه من الترسب في الخزان المائي.
- الابار ذات الملوحة العالية مثل (R4, R19) تسجل طفرة وارتفاعا كبيرا في قيم البوتاسيوم مقاسة ب (meq/L)، بسبب زحف مياه البحر نحو الخزان الجوفي يرتفع البوتاسيوم تلقائيا بالتوازي مع الصوديوم والكلوريد.



الشكل (11) – يوضح تركيز ايونات البوتاسيوم في العينة

المصدر: عمل البحاث

مجلة الريادة للبحوث والأنشطة العلمية
Al-Riyadah Journal For Researches
And Scientific Activities
العدد الرابع عشر
تاريخ الاستلام Received 2-10-2026 تاريخ القبول Accepted 25-10-2026 تاريخ النشر published 3-11-2026

الاستنتاج ومناقشة النتائج (Results and Discussion)

1 – الخصائص الفزيائية والملوحة الكلية (PH , EC , and TDS)

أظهرت نتائج القياسات الحقلية لأبار مدينة صبراتة تباينا هيدروكيميائيا واسعا يعكس تعقد العمليات الهيدروجيولوجية المؤثرة على الخزان السطحي. بالنظر الي قيم الاس الهيدروجيني (PH)، تبين ان معظم الابار تقع ضمن النطاق المتعادل الي القلوي الضعيف (7 – 7.8) وهو ما يطابق الحدود الامنة للمواصفات القياسية الليبية ومنظمة الصحة العالمية. ومع ذلك، سجلت قيمة حامضية شاذة في البئر R4 بلغت 6.48 مما يشير الي احتمالية وجود تلوث موضعي او ظروف اختزال كيميائي محددة تزيد من قدرة المياه على اذابة المعادن الثقيلة وتأكل الانابيب.

اما بالنسبة للملوحة الكلية الذائبة (TDS) والتوصيلية الكهربائية (ES)، فقد كشفت البيانات عن تدهور بيئي خطير حيث تجاوزت نسبة الملوحة حاجز (1000 mg/L) في اكثر من نصف الابار المدروسة. يتطابق هذا الارتفاع مع الدراسات السابقة في شمال غرب ليبيا والتي تؤكد ان الاستنزاف المستمر للطبقة المائية السطحية ادي الي هبوط حاد في قمع الانخفاض الهيدروليكي (Cone of depression)، مما سمح بزحف مياه البحر المتوسط نحو اليابس وتمليح الخزان. وبلغ هذا التدهور ذروته الكارثية في R4 ,R19 بقيم ملوحة تجاوزت 12000 mg/L وهي قيم تجعل المياه غير صالحة للاستهلاك البشري او الري الزراعي مطلقا طبقا للمعايير المحلية والدولية. وتتطابق قفزات الملوحة الكلية الحالية (TDS) في ابار صبراتة مع التدهور الإقليمي الزمني الذي رصدته دراسة (الغرايلي ووالي والزهاني،2021, العدد2) حيث إشارة نتائجهم عند تقييم (48بئرا) في صبراتة باستخدام مؤشر جودة المياه (WQI) الي ان مياه الخزان السطحي للمدينة تعاني تملحا متسارعا وتجاوزا خطيرا للمحددات القياسية في الايونات الكبرى مثل الكبريتات والكلوريد.

2 – ايونات الصوديوم والكلوريد والترابط الملحي (Na^+، Cl^-)

تعد ايونات الصوديوم والكلوريد المؤشر الجغرافي والكيميائي على ظاهرة تداخل مياه البحر ((Seawater intrusion في المناطق الساحلية. أظهرت نتائج التحليل المختبري ارتباطا طرديا وثيقا بين ارتفاع هذين الايونين وارتفاع الملوحة الكلية خاصة في الابار القريبة من الشاطئ. وسجلت الابار المتضررة R4 ,R19 تراكيز صوديوم وكلوريد تتجاوز بمرات عديدة الحد الأقصى المسموح

مجلة الريادة للبحوث والأنشطة العلمية
Al-Riyadah Journal For Researches
And Scientific Activities
العدد الرابع عشر
تاريخ الاستلام Received 2-10-2026 تاريخ القبول Accepted 25-10-2026 تاريخ النشر published 3-11-2026

به في المواصفات الليبية البالغ mg/L250 للكلوريد و mg/L200 للصوديوم. علميا يفسر السلوك التزامني لأيونات الصوديوم والكلوريد على انه ناتج عن عمليات خلط مباشرة بين المياه العذبة والمياه المالحة، وتكمن الخطورة الصحية لهذه التراكيز المرتفعة من الصوديوم في تأثيرها المباشر على الافراد الذين يعانون من امراض الضغط ومشاكل الكلي المزمنة. ويعزز هذا الاستنتاج ما توصلت الية دراسة سابقه **(عبد العزيز، مكرر، 2020)** للوضع المائي الممتد من ساحل البحر بمدينة صبراتة الي منطقة عقار، اذ اثبتت الأرقام ان التحلل الايوني في المياه يتجه للارتفاع القياسي كلما اقتربنا من الشاطئ نتيجة التداخل المباشر لمياه البحر.

3 – عسرة المياه وايونات الكالسيوم والماغنيسيوم والبيكربونات (Ca^{+2}،HCO_3^-, Mg^{+2}) بينت النتائج ان مياه الابار تتميز بصفة العسرة العالية الشديدة مدفوعة بالارتفاع الكبير في تراكيز الكالسيوم والماغنيسيوم. لاسيما في الابار R4, R19, R15 . يعود مصدر الايونين في المنطقة السطحية لصبراتة الي مصدرين رئيسين: الأول هم التحلل الكيميائي واذابة الصخور الجيرية والدولوميتية المكونة للطبقات الجيولوجية بفعل مياه الامطار المتسربة والثاني هو التأثير الإضافي الناتج عن اختلاط مياه البحر الغنية بهذه الكاتيونات.

اما تراكيز البيكربونات فجاءت متوسطة الي مرتفعة في معظم الابار. ويتسبب الوجود المشترك في نشوء ما يعرف ب " العسرة المؤقتة " والتي تتضح اثارها السلبية اقتصاديا وخدميا في المدينة من خلال ترسب التكلسات البيضاء داخل انابيب التوزيع وسخانات المياه المنزلي عند التسخين، مما يقلل من كفاءتها الهيدروليكية والحرارية ويزيد من استهلاك المنظفات.

4 – كواشف التلوث البشري والزراعي (K^+،NO_3^-)

يمثل ايون النترات المعيار الأهم لرصد التلوث الخارجي الناتج عن الأنشطة البشرية في المياه الجوفية. كشفت نتائج التحليل عن ارتفاع مقلق في نسب النترات في عدة ابار مثل R15, R16, R19 حيث اقتربت او تجاوزت الحد الأقصى الحرج المقر محليا ودوليا وهو 50 –45 mg/L او ما يعادل تقريبا .0.7 – 0.8 meq /L. ونظرا لغياب شبكات الصرف الصحي المتكاملة في العديد من احياء مدينة صبراتة، فان الاعتماد الكلي على خزانات التلل الأرضية غير المعزولة (الابار السوداء) يمثل السبب المباشر لتسرب مياه الصرف الصحي الغنية بالمركبات النيتروجينية الي الخزان

تاريخ الاستلام Received 2-10-2026 تاريخ القبول Accepted 25-10-2026 تاريخ النشر published 3-11-2026

الجوفي السطحي. كما يساهم الاستخدام العشوائي للأسمدة النيتروجينية والبوتاسية في المزارع المحيطة بالمدينة في ترشيح هذه الايونات عبر التربة الرملية المسامية وصولا للمياه الجوفية، وهو ما يفسر أيضا الترافق الملحوظ لارتفاع ايون البوتاسيوم في، نفس الابار الملوثة بالنترات. من الناحية الصحية يشكل ارتشاح النترات العالية خطرا مميتا على الرضع بالإضافة الي ارتباطه ببعض الخاطر المسرطنة على المدي الطويل. وفي سياق متصل، فان تباين جودة الابار الحالية وخروج بعضها عن الخدمة هو ما ناقشته دراسة حديثه **(Zwaghi,A.,et al,2024,231-248)** المنشورة دوليا حول تقييم نظم تنقية المياه التجارية بمنطقة صبراتة، حيث اك الباحثون ان الملوحة الكلية المرتفعة والتلوث بالأيونات كالنترات في الابار المغذية يجبر المنظومات المحلية تحت ضغوط ترشيح عالية.

5 – تصنيف صلاحية الابار واستراتيجية المعالجة

بناء على التوزيع الكيمائي يمكن تقسيم ابار صبراتة المدروسة الي فئتين رئيسيتين:

1 – الابار الصالحة كيميائيا مثل R1, R2, R13, R23 تتميز بحفاظها علي توازن ايوني طبيعي وملوحة كيميائية مقبولة تقع تماما ضمن الخصائص المعتمدة في المواصفات القياسية الليبية رقم (82). هذه الابار تقع في المناطق الجنوبية البعيدة عن تأثير الجهة البحرية او انها تسحب من نطق هيدرولوجية أكثر عمقا وحماية.

2 – الابار المتدهورة والملوثة مثل (R4،R19، R15)

وهي ابار خرجت تماما عن مطاق الصلاحية للشرب المباشر بسبب اجتماع الملوحة البحرية العالية والتلوث بالنترات. ان استخدام هذه المياه يتطلب حتما اخضاعها لعمليات معالجة متقدمة عبر محطات التناضح العكسي (RO) لخفض الاملاح، مع ضرورة تدعيم ذلك بمعالجة بكتيريولوجية بالكلور او الاشعة فوق البنفسجية (UV) لضمان الخلو التام من الميكروبات المعوية الناتجة عن اختلاط الصرف الصحي.

النتائج العامة (General Results):

1- **تدني الجودة العامة للمياه:** أظهرت النتائج ان النسبة الأكبر من الابار الجوفية المدروسة غير صالحة للاستهلاك البشري المباشر واغراض الشرب نتيجة لعدم مطابقتها للمواصفات المحلية والدولية في المؤشرات القياسية الحاكمة.

تاريخ الاستلام Received 2-10-2026 تاريخ القبول Accepted 25-10-2026 تاريخ النشر published 3-11-2026

2- **ازمة الملوحة الحادة(TDS):** سجلت الدراسة تجاوزا في قيم المواد الصلبة الذائبة الكلية عن الحد المسموح به (1000ملجم/لتر) في معظم الابار مما يؤكد توغل الجبهة الملحية لمياه البحر داخل الخزان الجوفي الساحلي.

3- **الانحراف الحامضي(PH):** تبين ان قيم الاس الهيدروجيني للآبار تقع عموما في النطاق الطبيعي باستثناء بعض الابار مثل البئر(R7) الذي هبط عن الحد المسموح به(6.5) مم يشير الي مشكله موضعية تؤدي الي زيادة حمضية المياه وقدرتها علي تأكل شبكات التوزيع.

4- **ارتباط طردي بين الايونات والملوحة:** كشفت النتائج على وجود ارتباط وثيق بين ارتفاع قيم(TDS) وارتفاع تراكيز ايونات الكلوريد والصوديوم والعسر الكلي وهي البصمة الهيدروكيميائية التقليدية الناتجة عن ظاهرة تداخل مياه البحر بسبب استنزاف الخزان.

التوصيات: Recommendations

1 – حظر الحفر العشوائي ووضع قيود قانونية صارمة على معدلات سحب المياه الجوفية لمنع استمرار هبوط منسوب الخزان الجوفي.

2 – الاعتماد على تقنيات المعالجة والتحلية وإلزام المستهلكين بعدم استخدام المياه للشرب الا بعد تمريرها عبر محطات تحلية تعتمد تقنية التناضح العكسي لخفض تراكيز الاملاح الذائبة الي الحدود الامنة.

3-تفعيل دور مكاتب الهيئة العامة للمياه والاصحاح البيئي بصبراتة لأنشاء منظومة مراقبة دورية لأبار المدينة لرصد أي تدهور اضافي في جودة المياه الجوفية.

4-التوعية المجتمعية وإطلاق حملات توعية عامة لسكان المزارع والمناطق السكنية بصبراتة حول مخاطر الضخ الجائر للمياه واستخدام طرق الري الحديثة لتقليل استهلاك المخزون الجوفي.

5- اجراء بحوث تكميلية تركز على التحليل الميكروبيولوجي لكافة ابار المدينة لإعطاء حكم نهائي حول سلامتها الحيوية وكذلك انشاء شبكة مراقبة دورية لتتبع حركة تداخل مياه البحر.

تاريخ الاستلام Received 2-10-2026 تاريخ القبول Accepted 25-10-2026 تاريخ النشر published 3-11-2026

المراجع:

أولا: المراجع العربية

1 –ابوعجيلة، ميلاد محمد، والحداد، خالد علي، والطاهر، فتحية احمد. (2024). تقييم جودة المياه الجوفية لأغراض الشرب في مدينة صبراتة باستخدام مؤشرات جودة المياه المختلفة. مجلة كلية العلوم بجامعة صبراتة، 6(1).

2 –الربيعي، محمد عبد الله، والمشرفي، حسن علي. (2018). أثر الاستنزاف الجائر على الخزانات الجوفية الساحلية في شبه الجزيرة العربية وشمال افريقيا.

3 –السنوسي، فرج مسعود، وبوغرارة، سالم مفتاح. (2021). تقييم التغذية الطبيعية ومعدلات الهبوط في مناسيب المياه الجوفية بشمال غرب ليبيا. المجلة الليبية للعلوم الأساسية، 24(1).

4 –العزومي، احمد عمر، وشرف الدين، مصطفي عبدالحفيظ. (2020). دراسة ظاهرة تداخل مياه البحر وتأثيرها على ملوحة الابار في بلديات الساحل الغربي الليبي. مجلة العلوم والتقنية بجامعة الزاوية، 17(3).

5 –الغرابلي، الاء البشير، ووالي، حنين عبد المجيد، والزهاني: عبد الناصر ابوعجيلة.

(2021). تقييم المياه الجوفية لأغراض الشرب باستخدام مؤشر جودة المياه (WQI) في مدينة صبراتة – ليبيا المجلة الليبية لعلوم وتكنولوجيا البيئة (LJEEST) المجلد3، العدد 2.

6 –المركز الوطني للمواصفات والمعايير القياسية. (2008). المواصفات القياسية الليبية لمياه الشرب غير المعبأة (م.ق.ل رقم 82) طرابلس، ليبيا: الهيئة الوطنية للتوثيق والمعلومات.

7 –المركز الوطني للمواصفات والمعايير القياسية. (2013). المواصفات القياسية الليبية لمياه الشرب غير المعبأة (م.ق.ل رقم 82). وزارة التخطيط، طرابلس، ليبيا.

8 –الهمالي، عبد العاطي محمد، والشيباني، مصطفي عبد السلام، والورفلي، مسعود علي. (2020). تقييم جودة مياه الشرب ببعض مدن المنطقة الغربية الليبية ومقارنتها بالمعايير الوطنية والدولية. مجلة المعمل المتقدم للتحاليل الكيميائية. طرابلس، ليبيا، 14(2).

9 –الهيئة العامة للمياه. (2015). التقرير الوطني حول واقع الموارد المائية في ليبيا ومستقبلها. طرابلس، ليبيا: وزارة الموارد المائية.

10 –الهيئة العامة للمياه. (2020) التقرير السنوي الهيدرولوجي وتقييم الخزانات الجوفية الساحلية. طرابلس، ليبيا.

تاريخ الاستلام Received 2-10-2026 تاريخ القبول Accepted 25-10-2026 تاريخ النشر published 3-11-2026

11 –شنان، علي عبد الله، وعريبي، عادل رمضان، والعكاري، فاطمة مصطفي. (2021). تقييم الخصائص الفزيائية والكيميائية للمياه الجوفية لأغراض الشرب في منطقة العجيلات ومقارنتها بالمواصفات الليبية. مجلة البحوث والدراسات العلمية بجامعة الزاوية، 19(2).

12 –عبد العزيز : عبدالرزاق مصباح: وعبد السلام، ناصر مولود. (2020) . ناصر مولود. (2020). تقييم الوضع المائي في المنطقة الممتدة من ساحل البحر بمدينة صبراتة الي منطقة عقار. مجلة الإسكندرية للتبادل العلمي (Alex. J. Agric. Sci)، المجلد 65، العدد 1.

13 – محمد علي الارقط، العيادي محمد العباني، منصور سليمان بوفارس. (2020). دراسة ظاهرة تداخل مياه البحر في المياه الجوفية بمنطقة القره بوللي. مجلة العلوم التطبيقية(JAS)، المجلد33، ديسمبر العدد 2.

14 –مصباح، علي محمد، والفرطاس، خالد عياد. (2022). التقييم الهيدروكيميائي للمياه الجوفية في منطقة صبراتة وتأثيرها على الاستهلاك البشري. المجلة العلمية لكلية التربية بصبراتة، 5(2).

ثانيا: المراجع الأجنبية

15- APHA (1975). Stand red Methods for the Examination of water and wastewater, American Health Association, (14th, Ed.). Washington, DC.

16- Al-Gheethi, A.A., Mohamed, R.M., &Hakim, L.A. (2019). Impact of groundwater chemical characteristics on human health in arid and semi-arid coastal regions. Journal of water and Health, 17(4).

17- Bresler E, McNeal BL, Carter DL (1982) Saline and sodic soils. Principles-dynamics-model Advanced Series in Agricultural Sciences 10. Springer-Vertigo, Berlin/Heidelberg/New York.

18- World Health Organization. (2017).Guidelines for drinking water quality: fourth edition incorporating the first addendum. World health organization. (WHO) Institutional Repository.

19- World Health Organization. (2022).Guidelines for drinking water quality: fourth edition incorporating the second addendum. Geneva, Switzerland: World Health Organization.

20- Zwaghi, A., et al. (2024). A study on the Contamination of desalinated water with microorganisms, and analysis of chemical and physical in western Libya (Sabaratha area). Green fort International Journal of Applied Medical Science, 2(6).

مجلة الريادة للبحوث والأنشطة العلمية
Al-Riyadah Journal For Researches
And Scientific Activities
العدد الرابع عشر
تاريخ الاستلام Received 2-10-2026 تاريخ القبول Accepted 25-10-2026 تاريخ النشر published 3-11-2026