Journal of Libyan Academy Bani Walid 2025
مجلة الأكاديمية الليبية بني وليد
e-ISSN: 3104-3860
المجلد الأول، العدد الثالث، 2025

تقييم جودة مياه الآبار لأغراض الشرب باستخدام مؤشر جودة المياه (منطقة وادي الآجال – جنوب ليبيا)

حليمة محمد الطاهر عبد الرحمن[1*]، وفاء الهادي الذيب [2] ، رويده مفتاح حسن[3]
[1] قسم الأحياء الجزيئية والكيمياء الحيوية، كلية العلوم، جامعة صبراتة، ليبيا.
[3،2] المركز الليبي لدراسات وبحوث علوم وتكنولوجيا البيئة، ليبيا
*البريد الإلكتروني (للباحث المرجعي): rouidamoftah@gmail.com

The Purpose of Doctrinal Reform and Its Impact on Human Development

Halima M.T. Abdul Rahman [1*], Wafa A. Aldeeb [2], Rouida M. Hassan [3]
[1] Molecular Biology and Biochemistry Department, Sabratha University, Libya.
[2,3] Libyan center for studies and Research in Environmental science and Technology, Libya

Received: 06-05-2025; Accepted: 17-07-2025; Published: 15-08-2025

الملخص

تهدف هذه الدراسة إلى تقييم جودة المياه الجوفية من الآبار المُستخدمة لأغراض الشرب في منطقة وادي الآجال، والتي شملت مناطق أوباري، بنت بيَّة والغريفة؛ وذلك باستخدام مؤشر جودة المياه الحسابي. تم جمع العينات لعشرة (10) آبار من مواقع مختلفة من منطقة الدراسة بين أكتوبر 2021 ونوفمبر 2022. تم تحليل أحد عشر (11) معياراً أساسياً لحساب مؤشر جودة المياه شملت: الأس الهيدروجيني (pH)، والمواد الصلبة الذائبة الكلية (TDS)، والكاتيونات الرئيسية (Ca^{2}, Na^{+}, Mg^{2+}, $^{+}K^{+}$)، والأنيونات الرئيسية (NO_3, SO_4^{2-}, Cl^{-}, $^{-}HCO_3^{-}$) بالإضافة إلى الكشف عن بكتريا القولون Coliform bacteria، وبكتريا Escherichia Coli . تراوحت قيم مؤشر جودة المياه المحسوبة بين 5.4 و75.6. وأشارت النتائج إلى تصنيف معظم العينات ضمن فئة الجودة "الممتازة"، بينما صنفت العينات المتبقية ضمن فئتي "جيدة" إلى "متوسطة". علاوة على ذلك، وجد أن جميع العينات خالية من التلوث البكتيري.

الكلمات الدالة: وادي الآجال، الخصائص الهيدروكيميائية، جودة مياه الشرب، مؤشر جودة المياه الحسابي.

Abstract

This study aims to assess the quality of groundwater from wells utilized for drinking purposes in the Wadi Al-Ajal region, encompassing the areas of Ubari, Bint Baya, and Al-Gharifa. The evaluation was conducted using the Weighted Arithmetic Water Quality Index (WAWQI). A total of ten water samples were collected from various wells across the study area between October 2021 and November 2022. Eleven key parameters were analyzed to compute the water quality index, including pH, Total Dissolved Solids (TDS), major cations (K^{+}, Mg^{2+}, Na^{+}, Ca^{2+}), major anions (HCO_3^{-}, Cl^{-}, SO_4^{2-}, NO_3^{-}), and the presence of Coliform and Escherichia Coli bacteria. The calculated WAWQI values ranged from 5.4 to 75.6. The results indicate that the majority of the samples were classified as having "excellent" water quality, with the remainder

rated as "good" to "medium." Furthermore, all investigated samples were found to be free of bacterial contamination.

Keywords: Wadi Al-Ajal, Hydrochemical Characteristics, Drinking Water Quality, Weighted Arithmetic Water Quality Index.

المقدمة

إن المـاء من أهم العناصر الحيوية ومن أكثر العناصر وفرة في الطبيعة حيث يتواجد على سطح الأرض وتحتها وفي الجو، إذ أنه يغطى ثلاثة أرباع الكرة الأرضية وقد ارتبطت حياة الإنسان على الأرض ونشاطاته الحيوية بوجود الماء وقد تضاعف استهلاك الماء عن القرون الماضية بسبب تطور التطور الصناعي والزراعي الاجتماعي. (ابتهال زائد إبراهيم 2007). تعتبر ليبيا من البلاد الصحراوية ذات المناخ الجاف والمتميز بنقص حاد في المياه السطحية ومن ثم تصبح المياه الجوفية مورداً هاماً للغاية لتلبية الاحتياجات الاقتصادية والزراعية من المياه ويعتقد أن تكون المياه الجوفية أنظف بكثير من المياه السطحية. (سالم & القصبي 2015). والمياه الجوفية واحدة من المصادر المهمة التي يلجأ إليها الإنسان للاستفادة منها للأغراض الشرب والزراعة والصناعة.

ولأنها تحت الأرض لذلك فإن تلوثها يصعب اكتشافه أو السيطرة عليه ونحتاج إلى كلفة عالية نسبياً لمعالجتها وفي الفترة الأخيرة بسبب التطور والثورة الصناعية وتأثير الفعاليات البشرية تلوث المياه الجوفية بصورة كبيرة (سلوى 2017). إن المياه الجوفية من أهم مصادر المياه في ليبيا حيث تمثل ما نسبته 96% من مجموع الموارد المائية وتسهم في أكثر من 98% من إجمالي الاستهلاك البشرى. وبمأن المياه الجوفية هي المصدر الرئيسي الذي يعتمد عليه لتلبية الاحتياجات البشرية في ليبيا بشكل عام ومنطقة الدراسة بشكل خاص (عبد السلام على الو كواك 2006). لذلك بدأت المياه الجوفية تمثل أهمية بالغة باعتبارها تمثل 22% من موارد المياه في العالم فضلاً عن هذا فإن المياه الجوفية تشكل عاملاً مهماً للبقاء على قيد الحياة في المناطق القاحلة.

وبالنظر إلى أهميتها باعتبارها مصدراً من مصادر التزود بالمياه فإن دراسة هذه المياه واستكشافها وتطوير استخدامها قد جذب اهتمام الباحثين (الجليل 2016). إن توفير المياه الجوفية يعطي صورة واضحة عن مدى ملائمتها للإستعمالات البشرية المختلفة. ولأهمية هذا الموضوع تزايد الإهتمام العالمي بجودة المياه خصوصاً بعد ارتباط العديد من الأمراض وانتشارها بماء الشرب الملوث لاسيما في منتصف القرن العشرين. وقد ترجم هذا الإهتمام بوضع العديد من المعايير الصحية لمواصفات المياه الصالحة للإستهلاك البشرى بما يكفل صحة الإنسان وحمايتها. بناء على ذلك عملت منظمة الصحة العالمية (WHO) على إصدار العديد من التقارير التي توضح مواصفات جودة المياه والمعايير الصحية التي يجب إلا تقل جودة مياه الشرب عنها (هدى ارجيعه 2022).

تشكل المياه الجوفية مورداً من الموارد الطبيعية المهمة فإن استغلالها بصورة عقلانية أو عدم حمايتها من التلوث يؤدى إلى تراجع كميتها ونوعيتها مما يؤثر سلباً على الموارد الاقتصادية والبيئية. أجريت العديد من الدراسات في ليبيا وبلدان أخرى من قبل الباحثين تتعلق بنوعية المياه الجوفية وصلاحيتها للشرب والأغراض المنزلية. وتتمتع المياه الجوفية بالعديد من الخصائص التي تجعلها أفضل من المياه السطحية من عدة جوانب. بشكل عام تتمتع المياه الجوفية بنوعية جيدة وتتم حمايتها جيدا من مصادر التلوث المحتملة وأقل عرضة للتغيرات الموسمية (Ahmed *et al., 2014*) ولا شك ان تطور وزيادة الأنشطة البشرية تتسبب في تلوث هذا المورد المائي لذلك فإن تقييم جودة موارد المياه الجوفية مهم للغاية لضمان الاستخدام للمياه. إلا أن أغلب الدراسات في ليبيا لا تركز على استخدام مؤشر جودة المياه (WHO, 2011).

حيث بلغ الطلب على المياه في ليبيا ضعف إمدادات المياه تقريباً عام 2020 (تم إمداد 3820 مليون متر مكعب مقابل الطلب الذي بلغ 7236 مليون متر مكعب) ويأتي 8% فقط من المياه التي يتم إمدادها حالياً من مصدر متجدد نسبياً للمياه: أي تحلية المياه ومعالجة مياه الصرف الصحي. بعبارة أخرى: بلغ نصيب

الفرد من إنتاج المياه في ليبيا من مصادر متجددة أقل من العسر المتوسط العالمي (امحمد. س وآخرون 2021). كما يتضمن المشهد الحالي سبباً أخر يدعو إلى القلق فيما يتعلق بأزمة المياه، وهو زيادة أيام الجفاف وانخفاض المعدل السنوي لهطول الأمطار بسبب تغير المناخ حيث يتراوح معدل هطول الأمطار السنوي في ليبيا بين 100- 600 ملم سنوياً، معظمها في مناطق الشريط الساحلي. وفي الواقع يتلقى 5 % فقط من الأراضي الليبية أكثر من 100 ملم سنوياً. بينما تواجه معظم المناطق الجنوبية الجفاف وزيادة التصحر بسبب مناخها الجاف (بريكا، 2019).

مياه الصرف الصحي تعتبر مياه الصرف الصحي من المباني السكنية والتجارية أحد أهم الملوثات التي تتسبب في تلوث الماء، وهي مشكلة شائعة في المناطق الريفية، حيث يكون أصحاب المنازل هم نفسهم المسؤولون عن توفير أنظمة الصرف الصحي الخاصة بمنازلهم، وعادة ما يتم تثبيتها بشكل غير صحيح، مما يجعل مياه المجاري تتسرب إلى المياه الجوفية، وبعضهم قد لا يستطيعون تحمل تكاليف تركيب أنظمة الصرف الصحي، فيعملون على توجيه مياه الصرف الصحي إلى جداول المياه المحلية، كما أن المجتمعات المدنية تواجه مشكلة في مياه الصرف الصحي، فعادة ما تقوم المحطات الخاصة بمعالجة المياه كيميائيا فيها بإرسالها إلى الأنهار والجداول. الماء الصالح للشرب هو الماء الخالي من العوامل المرضية والمواد الكيميائية المؤثرة على الصحة ويكون عديم اللون والطعم والرائحة. إن المياه المستخدمة للشرب لها معايير محددة صارمة يجب إتباعها لحماية صحة الإنسان وعدم إتباع هذه المعايير يؤدي حتماً إلي كثير من المشاكل الصحية، ولقد اتضح أن الماء الملوث بسبب حوالي 30000 حالة وفاة يومياً على المستوى العالمي.

ويجب مراعاة أن المعايير الصادرة من منظمة الصحة العالمية تمثل الحدود اللازمة لحماية صحة الإنسان، وقد أصدرت منظمة الصحة العالمية عدداً كبيراً من المعايير الاسترشادية الأخرى، جرى إعدادها ذاتياً من جانب الدول الغنية مثل الولايات المتحدة ودول المجتمع الأوروبي (هدى ارجيعه، 2022).

تزايد الإهتمام العالمي بجودة مياه الشرب منذ منتصف القرن العشرين، يظهر هذا الإهتمام في الدراسات المستمرة والبحوث التي تسعى لتحسين نوعية مياه الشرب وتطوير طرق الحصول عليها والبحث عن مصادر جديدة ووضع الخطط المستقبلية لتوفير المياه (مريوص وآخرون، 2015).

وتعتمد نوعية مياه الشرب على نوعية مياه المصدر ومقدار الأملاح المذابة أثناء انتقالها خلال الطبقات الأرضية، وتعد جميع التفاعلات التي أثرت على المياه منذ لحظة تكاثفها في الجو وحتى خروجها من باطن الأرض، هي المسؤولة على الخواص الفيزيوكيميائية والبيولوجية للمياه الجوفية (المنهراوي وحافظ، 1997).

يكون الماء نقيا لا طعم له ولا لون ولا رائحة. ويكون خالٍ من أية شوائب وعوالق طبيعية أو حيوية، ومن وجود أي مركبات غير عضوية أو عضوية .يكون خالٍ من أية ملوثات بيولوجية كالجراثيم والميكروبات وناقلات الأمراض، كما أنّ الماء الصالح للشرب يحتوي على عناصر معدنية بنسبة محددة، يجب ألا تزيد عنها، ومن بين هذه الاملاح المعدنية الكبريتات، والكربونات، والأنيونات، والصوديوم، والمغنيسيوم، وكاتيونات الكالسيوم، حيث إنّ زيادة تركيز المغنيسيوم والكالسيوم تسبب عسر الماء .يكون خالٍ من المعادن الثقيلة كالرصاص، والزئبق، والزرنيخ، والنترات، والحديد، فلا يجوز أن تزيد نسبة الرصاص عن10 ميكروغرام لكل لتر .لا ترتفع نسبة المواد الذائبة فيه عن حد معين و يكون متعادل غير حمضي ولا قاعدي ولا يحمل أي : تأثيرات سيئة على الصحة وتكون نسبة الأكسجين المذابة فيه عند درجة حرارة 25 درجة مئوية بين 5إلى8 مليغراما/لتر وأن تكون نسبة ثاني أكسد الكربون الذائبة فيه عند درجة الحرارة نفسها بين 2 إلى/ 3 لتر و تكون درجة التوصيل الكهربائي له عند 28 درجة مئوية تساوي 0.0004 ميكرو مول/سم^2 ودرجة التوصيل الحراري عند درجة حرارة 40.8 مئوية تساوي 1.555 واط /لكلّ متر، ودرجة معامل الانكسار الضوئي عند درجة حرارة 20 مئوية

تساوي 1.33 وحدة، وأن يكون الضغط البخاري الخاص به عند درجة حرارة 20 مئوية يساوي 17.62 مليمتر زئبق، وأن تكون الحرارة النوعية له عند درجة حرارة 1 مئوية تساوي 1.00 كيلو جول /كغم.
هدفت هذه الدراسة إلي إجراء تقييم نوعية المياه في منطقة الدراسة وذلك من خلال دراسة بعض الخصائص الكيميائية والبيولوجية والفيزيائية ودراسة مدى ملائمتها للشرب وذلك وفقا للمواصفات الليبية القياسية لمياه الشرب.

منطقة الدراسة:

تقع منطقة وادي الآجال غرب مدينة سبها وفي منتصف منطقة فزان والتي تمتد بحوالي 200 كم بين خطي طول (E12-13°59'30.67"E"08.14'48°) شرقاً – وخطي عرض (N- "19.46'35°26 26°45'30.79"N) شمالاً ويحد وادي الآجال من الجنوب سلسلة من الجبال الصخرية التي يطلق عليها حمادة مرزق ومن الشمال رمال الحافة الجنوبية لصحراء أوباري. تنقسم منطقة الدراسة (وادي الآجال) إلى ثلاث بلديات ترتيبها من الغرب إلي الشرق كالتالي: بلدية أوباري وبلدية الغريفة وبلدية بنت بية. يبين الجدول الآتي أسماء المناطق والآبار التي تم أخذ العينات منها وعمقها.

جدول (1): مناطق وأعماق الآبار منطقة الدراسة.

البئر	العمق	البلدية
القراية	281 م	بنت بية
نزلة المصالحة	252 م	بنت بية
بنت بية	250 م	بنت بية
اخليف الشرقي	250 م	بنت بية
المرحوم إدريس سليمان	246.5 م	الغريفة
منطقة جرمة	268 م	الغريفة
محلة المشروع	357 م	أوباري
محلة الخرايق	268 م	الغريفة
الحطية	381 م	أوباري
أوباري	350 م	أوباري

المواد والطرق:

أجريت هذه الدراسة في الفترة مابين أكتوبر 2021 إلى نوفمبر 2022 حيث تم تجميع 10 عينات من المياه الجوفية لآبار منطقة الدراسة والمحفورة على أعماق ومسافات مختلفة حيث تتراوح أعماق الآبار من 250 متر إلى 381 متر وذلك لإجراء التحاليل الكيميائية والفيزيائية والبيولوجية لمعرفة مدى ملائمتها لأغراض الشرب حيث تم إجرائها على النحو الآتي:

التحاليل الكيميائية:

قياس تركيز أيون الهيدروجين (pH)، العسر الكلي (TH) وتركيز الأملاح الذائبة (TDS)، والأيونات الذائبة الموجبة (الكاتيونات Na+Ca+2 ,Mg+ ,K+)، الأيونات الذائبة (الأيونات HCO3-,Cl- SO4O-2, NO3 -) وذلك حسب الطرق القياسية المتبعة (عبد العزيز وآخرون 2009).

التحاليل البيولوجية:

من أجل التأكد من صلاحية مياه الشرب لابد من عمل فحص ميكروبيولوجي دوري استناداً إلى نسبة وجود بكتيريا القولون وبالتحديد بكتيريا (Coliform bacteria, Escherichia coli) باستخدام طريقة (Compact Dry Es foe, coli and coliform). حيث تؤخذ 100 مل من العينة في كيس معقم وبعد الرج يسحب منها 1.0 مل وتوضع في الطبق (ECcomact Dry) وتوضع مباشرة في الحاضنة المحمولة ساعة عند درجة 37 م0 ثم تنقل إلى المختبر ويوضع في الحاضنة لمدة 24 ساعة. وفي حالة كانت العينة ملوثة تتكون مستعمرات بكتيرية بحيث تكون المستعمرة ذات اللون الأزرق بكتيريا E, Coli، اللون البنفسجي بكتيرياColi forms (عبد العزيز وآخرون 2009). ومن ثم توضع في العداد وتعد المستعمرات الموجودة في كل طبق (عبد الرزاق وآخرون 2020).

مؤشر جودة المياه الحسابي (WAWQI):

تم استخدام طريقة **مؤشر جودة المياه الحسابي** (WAWQI) على نطاق واسع من قبل العديد من البحاث من بينهم (Aldeeb&Algeidi, 2021) حسب المعادلة التالية:

$$WQI_{WA} = \frac{\sum Q_i \cdot W_i}{\sum W_i} \dots\dots\dots\dots\dots\dots (1)$$

يتم حساب مقياس تصنيف الجودة Q_n كالتالي:

$$Q_i = \left[\frac{V_i - V_0}{S_i - V_0}\right] \cdot 100 \dots\dots (2)$$

حيث ان

V_i التركيز المقاس للبرامتر في عينات المياه.

V_i القيمة المثالية لكل تركيز في الماء النقي = 0 (باستثناء الرقم الهيدروجيني = 7.0).

S_i القيمة القياسية الموصى بها حسب المعيار الليبي.

يتم حساب وحدة الوزن W_n لكل برامتر باستخدام الصيغة التالية:

$$W_i = \frac{K}{S_i} \; ; \dots\dots\dots \; K = \frac{1}{\sum \frac{1}{S_i}} \dots\dots (3)$$

بناءً على مؤشرات جودة المياه، يتم تصنيف جودة المياه إلى خمس فئات، الجدول (3) (Tyagi*et al.*, 2014).

جدول (2): تصنيف جودة المياه.

WQI_{WA}	Rating
0 – 25	excellent
26 – 50	good
51 – 75	moderate
76 – 100	poor
> 100	unsuitable

النتائج والمناقشة:

يوضح الجدول (3) النتائج المتحصل عليها من خلال التحاليل لعينات مياه آبار منطقة الدراسة حيث اظهرت النتائج أن كل التركيزات التي تم قياسها وتحليلها كانت ضمن الحدود المسموح بها.

جدول (3): نتائج قيم متوسط الخصائص الفيزيائية والكيميائية لعينات مياه الآبار الجوفية لمنطقة الدراسة.

	Well	pH	TDS	Ca^{2+}	Na^{+}	Mg^{2+}	K^{+}	HCO_3^{-}	NO_3^{-}	Cl^{-}	Hard	SO_4^{-2}
	no.	-	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L
القراية	1	6.60	64.60	3.68	10.89	2.36	4.54	13.81	4.10	20.14	18.92	5.11
نزلة	2	7.09	70.60	4.06	11.99	2.55	5.54	17.42	1.90	22.14	20.62	5.03
اخليف	3	6.86	80.41	6.29	13.33	2.72	2.55	27.14	1.50	20.21	26.93	6.10
أوباري	4	8.12	274.90	32.06	30.21	16.45	5.02	63.29	5.22	88.56	147.82	34.11
الحطبة	5	7.75	157.60	4.01	36.10	34.02	8.60	111.70	0.90	66.42	150.14	13.00
الخرايق	6	7.01	78.50	1.52	16.90	1.68	6.50	23.80	9.30	14.68	10.50	4.11
المشروع	7	6.61	152.35	3.88	31.06	3.23	12.66	50.73	7.91	31.02	22.97	11.87
جرمة	8	7.45	77.00	1.96	15.70	1.63	6.40	25.64	4.00	15.68	11.61	6.00
بريك	9	7.04	62.06	3.54	10.46	2.27	4.36	13.27	3.94	19.35	18.18	4.91
بنت بيه	10	6.91	79.98	5.73	12.61	2.78	3.83	26.03	3.40	20.68	24.52	4.02

قيم الأس الهيدروجيني pH: نلاحظ من خلال النتائج الواردة في الجدول (3) إن قيم تركيز أيون الهيدروجين pH في الحدود المسموح بها في مياه الشربحسب توصيف منظمة الصحة العالمية (6.5 – 8.5). اما حسب المعيار الليبي (6.5 – 7.5)، فنجد ان العينات 4 و 5 تجاوزت الحدود المسموح بها.

- الأملاح الكلية الذائبة TDS: من خلال النتائج الموضحة في الجدول (3) تبين أن قيم الأملاح الكلية الذائبة في جميع الآبار كانت ضمن الحدود المسموح بها حيث كانت أقل قيمة 62.06 **mg/L** للبئر رقم 9 وأعلي قيمة 274.90 **mg/L** للبئر رقم 4.

- الكالسيوم Ca^{+2} : توضح النتائج الواردة في الجدول (3) إن قيم أيون الكالسيوم كانت ضمن الحدود المسموح بها حيث كانت أقل قيمة 1.52 **mg/L** للبئر رقم 6 وأعلى قيمة 32.06 **mg/L** للبئر رقم 4.

- الصوديوم Na^{+}:تظهر النتائج المتحصل عليها في الجدول (3) أن قيم توزيع أيون الصوديوم كانت ضمن الحدود المسموح بها حيث كانت أقل قيمة 10.46 **mg/L**للبئر رقم 9 وأعلى قيمة 36.10 **mg/L** للبئر رقم 5.

- والماغنيسيومMg^{+} : تبين النتائج المتحصل عليها في الجدول (3) إن قيم أيون والماغنيسيوم كانت ضمن الحدود المسموح بها حيث كانت أقل قيمة 1.63 **mg/L**للبئر رقم 8وأعلى قيمة 34.02**mg/L** للبئر رقم 5.

- والبوتاسيومK^{+}: تشير النتائج المتحصل عليها في الجدول رقم (3) أن قيم أيون والبوتاسيوم كانت ضمن الحدود المسموح بها حيث كانت أقل قيمة 2.55 **mg/L**للبئر رقم 3 وأعلى قيمة 12.66 **mg/L** للبئر رقم 7.

- البيكربونات $HCO3^{-}$: تفيد النتائج المتحصل عليها في الجدول رقم (3) أن قيم أيون البيكربونات كانت ضمن الحدود المسموح بها حيث كانت أقل 13.27 **mg/L** للبئر رقم 9 وأعلى قيمة 111.70 **mg/L** للبئر رقم 5.

- النترات $NO3^{-}$: أظهرت النتائج المتحصل عليها في الجدول رقم (3) أن قيم أيون النترات لم تتجاوز الحدود المسموح بها حيث كانت أقل قيمة 0.90 **mg/L**للبئر رقم 5 وأعلى قيمة 9.30 **mg/L** للبئر رقم 6.

- والكلوريد Cl^-:تشير النتائج الواردة في الجدول رقم (3) أن قيم أيون والكلوريد كانت ضمن الحدود المسموح بها حيث كانت أقل قيمة 14.68 **mg/L**للبئر رقم 6 وأعلى قيمة 88.56 **mg/L** للبئر رقم 4.
- العسر الكلي TH: تظهر النتائج المتحصل عليها في الجدول (3) أن قيم العسر كانت ضمن الحدود المسموح بها حيث كانت أقل قيمة 10.50 **mg/L** للبئر رقم 6 وأعلى قيمة 150.14**mg/L** للبئر رقم 5.

مؤشر جودة المياه الحسابي (WAWQI):

لحسابات مؤشر الجودة لكل عينة من منطقة الدراسة، سيتم أولا حساب البئر1 كمثال توضيحي لكيفية حساب المؤشر، حيث يتم في البداية تحديد ثابت التناسب K لـ 11 برامتر وبعدها حساب وحدة الوزن W_nحسب المعادلة (3). وبعد ذلك حساب باقي المعاملات استنادا للمعادلات (1، 2) كما هو موضح في الجدول رقم (4).

$$K = \frac{1}{\sum \frac{1}{S_i}} = \frac{1}{0.213222} = 4.689943$$

جدول (4): حساب مؤشر جودة المياه الحسابي للبئر رقم 1.

parameter	S_i	V_i	W_i	Q_i	$W_i \cdot Q_i$
pH	7.5	6.6	0.62533	80.00	50.0261
TDS	1000	64.6	0.00469	6.460	0.0303
Ca^{++}	200	3.68	0.02345	1.840	0.04315
Na^{+}	200	10.89	0.02345	5.450	0.12768
Mg^{++}	150	2.36	0.03127	1.573	0.04919
K^{+}	40	4.54	0.11725	11.35	1.33077
HCO_3^-	200	13.81	0.02345	6.905	0.16192
NO_3^-	45	4.1	0.10422	9.111	0.94957
Cl^-	250	20.14	0.01876	8.056	0.15113
HD	500	18.92	0.00938	3.784	0.03549
SO_4^{--}	250	1.15	0.01876	2.044	0.03834
$WQI_{WA,\ 1}$					52.94

وبنفس الطريقة يتم حساب مؤشر جودة المياه الحسابي (WQI) لباقي الآبار. نتائج هذه الحسابات مدونة في الجدول (5).

جدول (5): حساب مؤشر جودة المياه الحسابي لكل الآبار.

Well	WQI_{WA}	Rating of water quality
1	52.9	Moderate
2	14.0	Excellent
3	19.5	Excellent
4	145.9	Unsuitable
5	100.0	Poor
6	6.0	Excellent
7	55.8	Moderate
8	59.8	Moderate
9	7.8	Excellent
10	14.0	Excellent

النتائج المتحصل عليها توضح ان 50% من العينات ذات جودة ممتازة، باقي العينات وصفت نوعية المياه الجوفية في منطقة الدراسة بأنها مياه متوسطة ويمكن استخدامها للاستهلاك المباشر. ما عدا العينات المقاسة للآبار 4 و 5 فهي غير صالحة للشرب حسب هذه الطريقة وكذلك استنادا للمعيار الليبي، حيث كانت قيمة الأس الهيدروجيني (pH) أكبر من الحد المسموح به.
اما عن نتائج التحاليل البيولوجية لعينات آبار منطقة الدراسة، كانت جمع الآبار خالية من أي تلوث بكتيري، كما هو موضح في الجدول رقم (6).

جدول (6): نتائج التحاليل البيولوجية لعينات منطقة الدراسة.

NO	Total coliform bacteria Cfu/ 100 ml	E. coli Bacteria Cfu/ 100 ml
W1	Not Detected	Not Detected
W2	Not Detected	Not Detected
W3	Not Detected	Not Detected
W4	Not Detected	Not Detected
W5	Not Detected	Not Detected
W6	Not Detected	Not Detected
W7	Not Detected	Not Detected
W8	Not Detected	Not Detected
W9	Not Detected	Not Detected
W10	Not Detected	Not Detected

الخلاصـــة:

أظهرت هذه الدراسة بشكل عام أن قيم تركيز الأملاح الذائبة والأيونات الرئيسية والتحاليل البيولوجية، وجميع البارامترات للمياه الجوفية لمنطقة الدراسة كانت ضمن الحدود المسموح بها، ماعدا قيم pH للآبار (4، 5) كانت أعلي من الحدود المسموح بها. وكذلك الحال حسب مؤشر جودة المياه (WQI)، حيث سجل تصنيف مؤشر جودة المياه في الجدول (5) المياه ما بين ممتازة إلى متوسطة للإستهلاك البشري، ما عدا قيم مؤشر جودة المياه (WQI)، للآبار (4، 5) كانت أعلي من الحدود المسموح بها حسب الجدول (2).

التوصيات:

1-إجراء التحاليل الدورية لأبار المياه الجوفية المستعملة لأغراض الشرب.
2- نشر الوعي بين المواطنين للحفاظ على المياه الجوفية من التلوث وترشيد استهلاكها.
3- تفعيل التقنيات والممارسات الكفيلة بالمحافظة على مصادر المياه التقليدية.
4- دعم المخزون المائي الإستراتيجي خاصة في المناطق الجافة.

المراجـــع:

1. ابتهال، زائد إبراهيم. (2007). المعالجة المتقدمة لمياه الصرف الصناعي باستخدام البدائل الطبيعية الاقتصادية (رسالة ماجستير).
2. امهنا، صالح، وبن إدريس، عبد الله. (2021). الأمن المائي الليبي: التحديات والتهديدات المحيطة والحلول المقترحة. برلين، ألمانيا: المركز الديمقراطي العربي.
3. بريكا، ب. (2019). أزمة المياه في ليبيا: الأسباب والعواقب والحلول المحتملة. تحلية ومعالجة المياه، 167، 351–358.

4. الجليل، ع. أ. ع. (2016). دراسة بيئية وبيولوجية للمياه الجوفية في مدينة الفلوجة غرب العراق. مجلة الأنبار للعلوم الزراعية، 14(2)، 133–146.
5. سالم، ن. أ. (2015). دراسة عن الجودة الصحية للمياه الجوفية في منطقة طرابلس، ليبيا (رسالة ماجستير). قسم الطب الوقائي، جامعة طرابلس.
6. سلوى، هـ. أ. (2017). تقييم المخاطر الصحية ومؤشرات التلوث للمياه الجوفية في منطقة العلم بمحافظة صلاح الدين، العراق. مجلة المثنى للهندسة والتكنولوجيا، 5(2)، 62–69.
7. عبد الرزاق مصباح، ناصر ميلود، وعبد السلام. (2020). تقييم الوضع المائي في المنطقة الممتدة من ساحل البحر بمدينة صبراتة إلى منطقة عقار. مجلة الإسكندرية للعلوم الزراعية (Alex. J. Agri–Sci).
8. عبد العزيز عبد الرزاق مصباح الصادق، أحمد إبراهيم خماج، وصلاح عبد المولى أبو خضير. (2009). رصد نوعية المياه الجوفية بتاجوراء – ليبيا. مجلة الإسكندرية للتبادل العلمي، 30(4)، 260–280. الإسكندرية، مصر.
9. عبد السلام، علي الو كواك. (2006). دراسة تحليلية لتلوث المياه الجوفية بأيوني النترات والنيتريت وبعض الخواص في آبار شعبية مزدة (رسالة ماجستير). أكاديمية الدراسات العليا، طرابلس.
10. مريوص، القايد، وبوختالة. (2010). تقدير الأملاح الذائبة والتوصيل الكهربي والكلوريد في بعض الآبار الجوفية العميقة المحيطة بمصنع الحديد والصلب. أعمال المؤتمر البيئي الثاني لعلوم البيئة، زليتن، ليبيا.
11. المنهراوي، سمير، وحافظ. (1997). المياه العذبة: مصدرها وجودتها (الطبعة الأولى). القاهرة: الدار العربية للنشر والتوزيع.
12. هدى أحمد محمد ارجيعه. (2022). مكونات المياه الجوفية ومدى ملاءمتها لأغراض الشرب والري في منطقة المرج. مجلة العلوم الإنسانية والطبيعية.
13. أحمد كمال الكيلاني، طارق مفتاح حسن، وفرج عبد الجليل المودي. (2020). تقييم جودة مياه محطات التحلية التجارية بمدينة صبراتة وضواحيها. مجلة القرطاس.
14. Aldeeb, W., Algeidi, O., & Mitrid. (2021). Groundwater evaluation for irrigation, Northern West Libya. Libyan Journal of Ecological & Environmental Sciences and Technology (LJEEST), 3(2), December.
15. Tyagi, S., Singh, P., Sharma, B., & Singh, R. (2014). Assessment of water quality for drinking purpose in District Pauri of Uttarkhand, India. Applied Ecology and Environmental Science, 2(4), 94–99.
16. World Health Organization (WHO). (2011). Guidelines for drinking water quality. Geneva, Switzerland: World Health Organization.
17. The Ministry of Health. (n.d.). DW Management Drinking Water Guidelines, p. 123.
18. "Desalination." (2019, January 17). Encyclopaedia Britannica. Retrieved February 15, 2019, from www.britannica.com