Journal of Insights in Basic and Applied Sciences

مجلة رؤى في العلوم الأساسية والتطبيقية

ISSN: 3106-1737

Volume 2, Issue 3, 2026, Pages: 332-351

Journal homepage: https://jibas.com.ly/index.php/jibas/en

Monitoring and Assessment of the Chemical Characteristics of Water Produced by Purification and Desalination Plants in the Western Mountain, Libya: An Applied Study Using Geographic Information Systems (GIS) for Spatial Analysis and Representation

Dr. Omar Ramadan Abdel Salam Tarish *
Department of Geographic Information Systems, Faculty of Information Technology, University of Zintan, Zintan, Libya

رصد وتقييم الخصائص الكيميائية لمياه مصانع تنقية وتحلية المياه بالجبل الغربي: دراسة تطبيقية باستخدام نظم المعلومات الجغرافية في التمثيل المكاني

د.عمر رمضان عبدالسلام طريش *
قسم نظم المعلومات الجغرافية، كلية تقنية المعلومات، جامعة الزنتان، الزنتان، ليبيا

*Corresponding author: omartreish@gmail.com

Received: June 22, 2026	Accepted: July 26, 2026	Published: August 08, 2026

Copyright: © 2026 by the authors. This article is an open-access article distributed under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution (CC BY) license (https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/).

Abstract:
This study aimed to evaluate the chemical characteristics of water produced by purification and desalination plants in the Western Mountain region using Geographic Information Systems (GIS). Water samples were collected from eight plants and analyzed for pH, sodium (Na), potassium (K), calcium (Ca), and magnesium (Mg). The results were compared with the Libyan drinking water standards and the World Health Organization (WHO) guidelines and were spatially represented using ArcGIS. The findings revealed discrepancies between the chemical values reported on bottled water labels and the laboratory results for some parameters. However, all measured values were within the permissible limits specified by the Libyan standards, indicating that the water was chemically suitable for drinking with respect to the analyzed parameters. Spatial analysis also showed relatively similar chemical characteristics among the plants, with no significant spatial variation. The study recommends regular monitoring of water quality, expanding future analyses to include additional parameters, and establishing a GIS-based spatial database to support monitoring and decision-making processes.

Keywords: Chemical Properties ،Desalination Plants ،Geographic Information Systems ،Spatial Representation ،Nafusa Mountains

الملخص
هدفت هذه الدراسة إلى تقييم الخصائص الكيميائية لمياه مصانع تنقية وتحلية المياه بمنطقة الجبل الغربي باستخدام نظم المعلومات الجغرافية (GIS). جُمعت عينات من ثمانية مصانع، وأُجريت عليها تحاليل مخبرية لقياس الرقم الهيدروجيني (pH)، والصوديوم (Na)، والبوتاسيوم (K)، والكالسيوم (Ca)، والمغنيسيوم (Mg). وقورنت النتائج بالمواصفات القياسية الليبية وإرشادات منظمة الصحة العالمية، كما مُثلت مكانياً باستخدام برنامج ArcGIS. أظهرت النتائج وجود تفاوت بين القيم الكيميائية المدونة على عبوات المياه ونتائج التحاليل المخبرية لبعض العناصر، في حين جاءت جميع القيم المقاسة ضمن الحدود المسموح بها وفق المواصفة القياسية الليبية، مما يدل على صلاحية المياه من الناحية الكيميائية للعناصر المدروسة. كما أوضح التحليل المكاني تقارباً نسبياً في الخصائص الكيميائية بين المصانع وعدم وجود تباين مكاني واضح. وأوصت الدراسة بإجراء مراقبة دورية لجودة المياه، وتوسيع نطاق التحاليل مستقبلاً، وإنشاء قاعدة بيانات مكانية باستخدام نظم المعلومات الجغرافية لدعم عمليات الرقابة واتخاذ القرار.

الكلمات المفتاحية: الخصائص الكيميائية، محطات التحلية، نظم المعلومات الجغرافية، التمثيل المكاني ، الجبل الغربي.

مقدمة

يعتبر الماء أساس كل شيء في هذه الحياة كما قال الله تعالى في محكم كتابه(أَوَلَمْ يَرَ ٱلَّذِينَ كَفَرُوٓاْ أَنَّ ٱلسَّمَٰوَٰتِ وَٱلْأَرْضَ كَانَتَا رَتْقًا فَفَتَقْنَٰهُمَاۖ وَجَعَلْنَا مِنَ ٱلْمَآءِ كُلَّ شَىْءٍ حَيٍّۖ أَفَلَا يُؤْمِنُونَ30) **الأنبياء**. إن المياه النظيفة والملائمة للشرب من حيث عناصرها وجودتها وخلوها من البكتريا والطفيليات من أهم الأشياء للحفاظ على حياة البشر، حيث تشير تقرير منظمة الصحة العالمية (WHO) واليونيسف:(UNICEF) الى أن شخص من كل ثلاثة اشخاص لا يحصلون على مياه نظيفة وآمنة، وفي التحديثات المشتركة الأخيرة الصادرة، تبيّن أن النسبة أصبحت 1 من كل 4 أشخاص (أي حوالي 2.1 مليار إنسان) ما زالوا يفتقرون تماماً إلى مياه الشرب المحلاة بطريقة تكون ضمن الحدود والمعايير المعتمدة لجودة مياه الشرب، وخالية من الملوثات التي قد تشكل خطراً على صحة الإنسان، **(منظمة الصحة العالمية واليونيسف، 2025)**، مما سيؤدي ذلك الى انتشار الكثير من الأمراض والأوبئة الخطيرة. ولهذا أصبحت عملية مراقبة المياه من حيث جودتها وملائمتها ضرورية لضمان صحة الانسان من خلال قياس مجموعة من المؤشرات الكيميائية والبيولوجية والفيزيائية ولكن هذه الدراسة اقتصرت على الخصائص الكيميائية، وتم التركيز على الجبل الغربي نظرا لاتساع مساحته ولان اغلب سكانه يعتمدون على المياه التحلية المحلية دون دراية او دراسة لهذه المياه الامر الذي استوجب النظر في هذ الموضوع لأهميته.

مشكلة الدراسة وتساؤلاتها:

تكمن مشكلة الدراسة في التزايد المستمر لعدد مصانع ومحطات تنقية وتحلية المياه المحلية في الجبل الغربي، لتلبية الطلب المتزايد للمياه في ظل شح مصادر المياه السطحية والاعتماد الشبه كلي على المياه الجوفية التي ربما تكون متأثرة بالملوثات البيئية، إن خطورة هذه المحطات تتبلور في غياب الرقابة الدورية، وضبابية مدى التزامها بالمعايير الكيميائية المطلوبة؛ حيث يتأرجح القلق العلمي بين عجز بعض المحطات عن إزالة العناصر الكيميائية السامة أو الزائدة عن الحد المسموح به، وبين الإفراط في التحلية الذي يجرد المياه من أملاحها الكلسية والمعادن الضرورية لصحة الإنسان، مما يحولها إلى مياه شبه مقطرة غير متوازنة صحياً. علاوة على ذلك، يبرز تساؤل جوهري حول مدى تأثر هذه الخصائص الكيميائية بالموقع الجغرافي للمحطة ومصدر مياهها الخام.

وبناءً على ذلك، يمكن بلورة مشكلة الدراسة في التساؤل الرئيسي التالي:- ما مدى مطابقة الخصائص الكيميائية لمياه مصانع التحلية والتنقية بالجبل الغربي للمواصفات القياسية الليبية والعالمية، وما علاقتها بالمكان الجغرافي؟

وينبثق عن هذا التساؤل الرئيسي الأسئلة الفرعية الآتية:

1. ما هي طبيعة الخصائص الكيميائية الحالية للمياه المنتجة في مصانع التحلية والتنقية المستهدفة في منطقة الدراسة؟

2. هل تتوافق المؤشرات الكيميائية للمياه المعالجة محلياً مع المواصفات القياسية الليبية المعتمدة والمعايير العالمية(WHO) ؟
3. ما مدى تباين تراكيز العناصر المعدنية في المياه المنتجة بين المصانع المختلفة؟
4. هل توجد فروق مكانية في جودة المياه بين المصانع تبعاً لاختلاف مواقعها الجغرافية ومصادر مياهها الخام؟

الهدف من الدراسة

هدفت هذه الدراسة إلى إجراء تحليل كيميائي لبعض المصانع الصغيرة لتنقية وتحلية المياه بالجبل الغربي لاعتماد عدد كبير من السكان في تلك المناطق على المياه الناتجة من تلك المصانع، ومقارنة النتائج المتحصل عليها مع الموصفات الليبية القياسية لمياه الشرب والتحليل سيتركز على دراسة بعض العناصر مثل الصوديوم والبوتاسيوم والماغنيسيوم والكالسيوم والاس الهيدروجيني والمواصلة الكهربائية ، لما لهذه العناصر سابقة الذكر من أهمية قصوى على صحة الانسان.

أهمية الدراسة

نظرا للحاجة الملحة في الطلب المتزايد على المياه الصالحة للشرب ومحاولة التقليص من الفجوة بين الطلب على المياه والمتاح منها، ولدى اصبح من الضروري الاهتمام بهذا الموضوع ووضعه أولوية قصوى لدى المسؤولين وصناع القرار، إن المياه الجوفية التي نعتمد عليها بشكل فاق 95% من اجمالي مصادر المياه، ونظرا لكثرة الملوثات المتمثلة في الأسمدة والمبيدات الحشرية المستخدمة في العمليات الزراعية وكذلك غرف الصرف الصحي المنتشرة وغيرها .الامر الذي استوجب منا أهمية بالغة في دراسة هذا الموضوع لأنه يتعلق بسلامة الانسان.

عليه فإن أهمية الدراسة تتمثل في الاتي:

- دراسة الخصائص الكيميائية لبعض مصانع التحلية والتنقية بالجبل الغربي ضرورة للتاكد من صلاحية المياه للاستهلاك البشري ومقارنتها بالمواصفات الليبية.

حدود البحث

الحد الجغرافي:

الحد المكاني: تقع منطقة الدراسة شمال غرب ليبيا وتحديدا الجبل الغربي **حيث يحده شمالا** سلسلة الجبل التي تنحدر بحدة في جروف صخرية مطلة على سهل الجفارة. أما جنوبا فينحدر تدريجياً باتجاه مناطق هضبة الحمادة الحمراء. وغربا مدينة وازن ومدينة نالوت قرب الحدود مع تونس.ومن الناحية الشرقية مدينة ترهونة. كما هو مبين بالشكل(1)

الحد الفلكي: تقع منطقة الدراسة بين خطي طول 10.8812 و 13.1596شرقا، وبين دائرتي عرض 30.9763 و 32.4234 شمالا.

اما الحد الزمني: اجريت الدراسة في سنة 2025.

الحدود الموضوعية:

اقتصرت الدراسة على تقييم مجموعة من الخصائص الكيميائية للمياه المنتجة من المصانع المستهدفة، وتشمل: الأس الهيدروجينيpH) ، والصوديوم(Na) ، والكالسيومCa) ، والبوتاسيوم(K) ، والمغنيسيوم (Mg)، والتوصيل الكهربائي(EC) ، وذلك وفق البيانات المخبرية المتاحة.

الدراسات السابقة:

تناولت دراسة ناصر وابوبكر(2024)، موضوع التحليل المكاني لخصائص مياه بعض الآبار الجوفية في مدينة سبها للمدة 2013م-2022م باستخدام تقنية نظم المعلومات الجغرافية، هدفت الدراسة الى إجراء بعض التحاليل المكانية لخصائص مياه بعض الأبار الجوفية في مدينة سبها بلغ عددها 16 بئر من اصل 90 بئر موزعة على كافة انحاء المدينة لدراسة بعض الخصائص منها الاملاح الذائبة والعسر الكلي وذلك باستخدام ARC GIS 10.03 لعمل التحليلات المكانية ورسم الخرائط الموضحة لنتائج العينات، توصلت الدراسة الى وجود تلوث كميائي لبعض العناصر فاقت الحد المسموح به للموصفات القياسية الليبية .

كا **أشارخير الله حافظ (2018)**،في دراسته التنبؤ بالتباين المكاني لخصائص المياه الجوفية وبيان مدى صلاحيتها للشرب وفقا للمعايير القياسية باستخدام طريقة (Inverse Distance Weighted) (IDW) مقلوب المسافة الموزونة اعتمادا على البيانات المتوفرة في هذه المنطقة المتمثلة بعدد 18 بئر موزعة بشكل شبه مثالي على المنطقة، وتوصلت الدراسة إلى أن طريقةIDW بعد المعايرة تعطي قيما قريبة من القيم الحقيقية والتي يمكن بواسطتها التنبؤ بالتباين المكاني لخصائص المياه الجوفية في الأماكن التي لا يوجد فيها آبار محفورة.

وللوصول إلى هذا الهدف فقد تم استخدام برنامج ArcGIS 10.4.1 في إعداد الخريطة الطبوغرافية لتوزيع الأس الهيدروجيني والتوصيل الكهربائي والأيونات الموجبة البوتاسيوم، الصوديوم، الماغنسيوم، الكالسيوم والسالبة (الكلوريد، الكبريتات، البيكربونات هذا فضلا عن قياس العسرة الكلية والأملاح الذائبة الكلية

كما **اكد النقيب،سالم و اخرون (2025)** في دراسة بعض الخواص الكيميائية والفيزيائية للمياه الجوفية بمنطقة ازدو في مدينة زليتن ومدي صلاحيتها للشرب، هدف البحث الي تقييم مياه الشرب وتمكين المواطنين من الحصول على مياه شرب آمنة، وذلك بدراسة الخصائص الفيزيائية والكيميائية لعدد 12 بئر مختلفة العمق في منطقة الدراسة، وشملت هذه بعض الخصائص الكيمائية والفيزيائية، وأشارت نتائج الدراسة الي أن قيم كل البيكربونات والعسر الكلي والكالسيوم كانت مرتفعة عن الحد المسموح به، وقيم كل من التوصيلة الكهربائية والمواد الصلبة الذائبة كانت أعلي بكثير عن أقصي حد مسموح به من قبل المواصفات الليبية ومواصفات منظمة الصحة العالمية (WHO)، وارتفعت قيم كل من النترات والكلوريد، بشكل مفرط بلغ أربعة أضعاف الحدود المسموح بها. واوصت الدراسة باتخاذ الإجراءات المناسبة لمعالجة هذه الخصائص لكيلا تتعرض صحة المواطنين للخطر، بالمقابل كانت قيم درجة الحموضة ضمن حدود المعايير المستخدمة وتوافقت قيم المغنيسيوم مع الموصفات الليبية، بينما الكبريتات كانت بنسبة أقل.

الشكل (1) موقع منطقة الدراسة

كما **أشار سليمان محمد(2017)**، في دراسته الموسومة تقييم خصائص المياه الأرضية وأثرها على التربة بمنطقة سهل الطينة باستخدام نظم المعلومات الجغرافية: دراسة في الجيومرفولوجية التطبيقية هدف الدراسة إلى إلقاء الضوء على التغير في خصائص المياه الأرضية وما تشمله من تغير في الخصائص الكيميائية للمياه السطحية والجوفية والخصائص الكيمائية للتربة في سهل الطينة، وأثر ذلك على المنشآت والطرق والمناطق الأثرية بالمنطقة تناولت الدراسة دور الإنسان في تغير مستويات المياه الجوفية والأثار الجيومرفولوجية لتغير منسوب المياه الجوفية في سهل الطينة والتي زاد من أهميتها إنشاء المدن الجديدة في بورسعيد الجديدة وشق الأنفاق أسفل قناة السويس، بالإضافة الى الأثر المتنامي لترعة السلام وما صحبها من عمليات تنمية زراعية وعمرانية عدة، وتم إجراء هذه الدراسة من خلال عدة عناصر تشمل على السمات الطبيعية لمنطقة سهل الطينة وتغيرات مستوى سطح البحر ودراسة الماء الأرضي في سهل الطينة وأثر ارتفاع منسوب المياه الجوفية على التربة وكذلك دراسة التدخل البشري وتأثيره على منسوب المياه الجوفية بسهل الطينة والأخطار الجيومرفولوجية لارتفاع منسوب المياه الجوفية في سهل الطينة فضلا عن دراسة كيفية الحد من خطورة ارتفاع منسوب المياه الجوفية.

وفي دراسة **الصيرفي سمير(2026)**،التي حملت عنوان دور نظم المعلومات الجغرافية في تحسين إدارة المياه الرقمية، ركز هذا البحث على دراسة التكامل بين نظم المعلومات الجغرافية (GIS)وتقنيات المياه الرقمية الحديثة، بما في ذلك أجهزة الاستشعار الذكية، إنترنت الأشياء، والعدادات الرقمية، بهدف تحسين إدارة الموارد المائية وزيادة كفاءتها، وضح البحث كيفية استخدام نظم المعلومات الجغرافية لربط البيانات التشغيلية بالمعلومات المكانية، ما يتيح التحليل المكاني لشبكات توزيع المياه، الكشف المبكر عن الأعطال والتسربات، وتحليل جودة المياه بشكل دقيق. كما يعرض البحث التطبيقات العملية للتحليل المكاني في نمذجة الشبكات المائية، تقييم توزيع الموارد المائية، وتحليل المياه الجوفية والمياه غير التقليدية. وأظهرت النتائج أن التكامل بين GIS والتقنيات الرقمية يمكن المؤسسات المائية من تحسين مراقبة الشبكات، تقليل الفاقد، تعزيز اتخاذ القرار المستند إلى البيانات، وتطوير شبكات مياه ذكية قادرة على التنبؤ بالاستهلاك المستقبلي بدقة عالية. كما بيّن البحث أن استخدام ، ادوات التحليل الذكي للبيانات يسهم في تحسين التخطيط التشغيلي وتقليل المخاطر المرتبطة بإدارة البنية التحتية المائية. ويخلص البحث إلى أن تبني GIS والتقنيات

الرقمية يشكل إطارًا متكاملًا لإدارة الموارد المائية بطريقة أكثر ذكاءً واستدامة، ويعزز قدرة المؤسسات على مواجهة التحديات المستقبلية المتعلقة بضمان توفير المياه الجيدة.

يتضح من استعراض الدراسات السابقة أن معظمها ركز على تقييم الخصائص الكيميائية والفيزيائية للمياه الجوفية، أو على توظيف نظم المعلومات الجغرافية في تحليل التباين المكاني لجودة المياه. في المقابل، لم يتضح وجود دراسات تناولت بصورة مباشرة الخصائص الكيميائية للمياه المنتجة من مصانع التنقية والتحلية المحلية في منطقة الجبل الغربي وربط نتائج التحاليل بمواقع المصانع ومصادر المياه الخام. ومن هنا تتمثل الإضافة البحثية لهذه الدراسة في الجمع بين التحليل الكيميائي للمياه والتحليل المكاني باستخدام نظم المعلومات الجغرافية، بهدف تقييم مستوى جودة المياه وإظهار نمط تباينها المكاني في منطقة الدراسة.

مفهوم المياه المعبأة

تعد المياه من أهم الموارد الطبيعية التي تقوم عليها حياة الإنسان والكائنات الحية، كما تمثل أساساً لمختلف الأنشطة الاقتصادية والاجتماعية. وتتميز المياه بخصائص فيزيائية وكيميائية تجعل من الضروري دراسة مكوناتها بصورة مستمرة للتأكد من صلاحيتها للاستخدام، ولاسيما مياه الشرب. ورغم أن المياه تغطي معظم مساحة سطح الأرض، فإن نسبة المياه العذبة لا تتجاوز جزءاً محدوداً من إجمالي الموارد المائية، الأمر الذي يزيد من أهمية المحافظة عليها ومراقبة جودتها، خاصة أن نسبة كبيرة من سكان العالم تعتمد على المياه الجوفية كمصدر رئيسي لمياه الشرب تفوق ما نسبته 50%،(عبد القادر احمد2008) وتصنف المياه المستخدمة في الشرب نوعين رئيسين هما :-

المياه المعدنية الطبيعية التي تستخرج من مصادر طبيعية وتتميز بثبات تركيبها الكيميائي، والمياه المعالجة أو المعبأة التي يتم إنتاجها داخل مصانع متخصصة بعد إخضاعها لسلسلة من عمليات التنقية والمعالجة، مثل الترشيح والتناضح العكسي والتعقيم، بهدف إزالة الشوائب والملوثات وضمان مطابقتها للمواصفات القياسية. وتهدف مصانع تنقية وتحلية المياه إلى إنتاج مياه آمنة وصالحة للاستهلاك البشري من خلال التحكم في تراكيز الأملاح والعناصر الكيميائية المختلفة وفق المعايير الليبية والدولية. وتركز هذه الدراسة على تقييم الخصائص الكيميائية للمياه المعبأة المنتجة في مصانع الجبل الغربي وربط نتائج التحاليل بالموقع الجغرافي باستخدام نظم المعلومات الجغرافية.

مصانع المياه في منطقة الدراسة

شملت الدراسة ثمانية مصانع لتنقية وتحلية المياه موزعة على عدد من مناطق الجبل الغربي، وتم اختيارها بما يحقق تمثيلاً مكانياً مناسباً لمنطقة الدراسة. وقد جرى تسجيل الإحداثيات الجغرافية وارتفاع كل مصنع عن مستوى سطح البحر، بهدف إنشاء قاعدة بيانات مكانية تساعد في دراسة التوزيع الجغرافي للمصانع وربط نتائج التحاليل الكيميائية بمواقعها. وتشير الدراسة إلى أن معظم هذه المصانع تتركز في الجزء الشرقي من الجبل الغربي نتيجة لارتفاع الكثافة السكانية، كما أن جميع المصانع تعمل بطاقتها الإنتاجية لتلبية الطلب المتزايد على مياه الشرب، مع الاستعانة ببعض المصانع الأخرى لسد العجز في الإنتاج. كما يوضح ذلك جدول (1)

جدول (1) التوزيع الجغرافي لعينات مصانع تحلية وتنقية المياه بالجبل الغربي.

ر.م	اسم المصنع	المنطقة	احداثيات x	احداثيات y	الارتفاع م
1	عين بانون	نالوت	11.005166	30.970100	388
2	الواحة	الزنتان	12.346558	31.931415	671
3	غدير الجبل	ام الجرسان	12.559727	31.955706	693
4	طيبة	الأصابعة	12.895464	32.020749	793
5	ايلاف	القلعة	12.625521	31.978473	779
6	منبع الجبل	القلعة	12.552298	32.032654	717
7	السانية	الأصابعة	12.854620	32.024326	788

8	نيع الصلاحات	غريان	13.125172	32.127379	475

من عمل الباحث استنادا الى الزيارات الميدانية لمنطقة الدراسة واخذ العينات 2025.

معايير تقييم جودة مياه الشرب

شهدت معايير تقييم جودة المياه تطوراً كبيراً مقارنة بالماضي، حيث كان الاعتماد سابقاً على الخصائص الحسية مثل اللون والطعم والرائحة، بينما أصبحت عملية التقييم حالياً تعتمد على مجموعة من المؤشرات الفيزيائية والكيميائية والميكرو بيولوجية التي تحدد مدى صلاحية المياه للاستهلاك البشري. ونظراً لأن هذه الدراسة تركز على الخصائص الكيميائية، فقد اعتمدت على مجموعة من المؤشرات التي تعكس جودة المياه وكفاءة عمليات التنقية داخل المصانع، مع مقارنة نتائج التحاليل بالمواصفات القياسية الليبية والمعايير الدولية المعتمدة لمياه الشرب.

مجموعة الاملاح الصلبة الذائبة:

تُعد المواد الصلبة الذائبة الكلية من أهم المؤشرات الكيميائية المستخدمة في تقييم جودة المياه، إذ تمثل مجموع الأملاح والمعادن والمواد الذائبة الموجودة في الماء. وترتبط قيم هذا المؤشر بطبيعة الصخور والتربة التي تمر بها المياه، إضافة إلى بعض الأنشطة البشرية. وكلما ارتفعت قيمة المواد الصلبة الذائبة زادت ملوحة المياه وتأثر طعمها، بينما تشير القيم المنخفضة إلى مياه أقل ملوحة وأكثر ملاءمة للاستهلاك البشري.

وتصنف المياه وفق تركيز المواد الصلبة الذائبة إلى خمس درجات هي: ممتازة، جيدة، مقبولة، ضعيفة، وغير مقبولة، ويستخدم هذا التصنيف في الحكم على جودة المياه ومدى توافقها مع المواصفات الخاصة بمياه الشرب.كما هو مبين بالجدول(2).

جدول (2): تصنيف المياه حسب تركيز المواد الصلبة الذائبة الكلية.(TDS)

كمية المواد المذابة	وحدة القياس	التصنيف
300 - 0	ملغ / لتر	ممتاز
600 -300	ملغ / لتر	جيد
900 - 600	ملغ / لتر	مقبول
1200 - 900	ملغ / لتر	ضعيف
اكثر من 1200	ملغ / لتر	غير مقبول

من عمل الباحث استناداً الى بيانات منظمة الصحة العالمية ،2020

التوصيلية الكهربائية (EC)

تمثل التوصيلية الكهربائية أحد أهم المؤشرات المستخدمة في تقدير كمية الأملاح الذائبة في المياه، حيث تزداد قدرة الماء على توصيل التيار الكهربائي كلما ارتفع تركيز الأيونات الذائبة. لذلك توجد علاقة مباشرة بين قيم التوصيلية الكهربائية والمواد الصلبة الذائبة الكلية، الأمر الذي يجعلها من المؤشرات السريعة والفعالة في تقييم جودة المياه ودرجة ملوحتها، وتصنف المياه تبعاً لقيم التوصيلية الكهربائية إلى مياه ممتازة وجيدة ومتوسطة وعالية المعدنية، ويعتمد هذا التصنيف في تحديد مدى صلاحية المياه للاستخدامات المختلفة، وخاصة مياه الشرب.والجدول (3) يبين ذلك.

الجدول (3) تصنيف نوعية المياه وفق قيم التوصيلية الكهربائية.(EC)

التوصيلية الكهربائية	وحدة القياس	نوعية المياه
0.40 – 0.05	mS/cm	ممتازة
0.750 – 0.40	mS/cm	جيدة
1.50 – 0.750	mS/cm	متوسطة

1.50 فاكثر	mS/cm	مياه ذات معدنية عالية

المصدر: من عمل الباحث استناداً الى بيانات منظمة الصحة العالمية

الأس الهيدروجيني:

يعد الأس الهيدروجيني من المؤشرات الأساسية التي تعبر عن درجة حموضة أو قلوية المياه، وتتراوح قيمه بين صفر وأربعة عشر، حيث تمثل القيمة (7) حالة التعادل، بينما تشير القيم الأقل إلى الحموضة، والأعلى إلى القلوية. وتوصي المعايير الخاصة بمياه الشرب بأن تتراوح قيمة الأس الهيدروجيني بين (6.5–8.5) (عبد الرحمن، 2014، ص 8) ، لأن الخروج عن هذا المدى قد يؤدي إلى تغير طعم المياه أو زيادة تآكل الأنابيب أو ترسب الأملاح داخل شبكات التوزيع، كما قد يعكس تغيراً في التركيب الكيميائي للمياه. ويعد هذا المؤشر من أهم المعايير المستخدمة في الحكم على جودة مياه الشرب. ويبين الجدول (4) الحدود المسموح بها لقيمة الأس الهيدروجيني (pH) وفق المعايير المعتمدة لمياه الشرب.

الجدول (4) يبين الحد المسموح به لقيمة الاس الهيدروجيني

الخاصية	الحد المسموح به
الاس الهيدروجيني	6.5 – 8.5

المصدر :دادفان حكيم عبد الرحمن، التحليل الكيميائي للمياه في محافظة دهوك، جامعة دهوك، كلية العلوم الانسانية، قسم الجغرافيا، 2014، ص8.

العسرة الكلية (TH)

تعبر العسرة الكلية عن مجموع تراكيز أملاح الكالسيوم والمغنيسيوم الذائبة في المياه، وهما العنصران الرئيسيان المسؤولان عن ظاهرة عسر المياه. وتزداد العسرة بزيادة تركيز هذه الأملاح، الأمر الذي يؤدي إلى تكوين الترسبات داخل الأنابيب والأجهزة المنزلية ويقلل من كفاءة استخدام المنظفات، رغم أن العسرة ضمن الحدود المسموح بها لا تشكل خطراً مباشراً على صحة الإنسان وتقسم المياه من حيث درجة العسرة إلى مياه ذات عسرة خفيفة، ومعتدلة، وشديدة، ويستخدم هذا التصنيف في تقييم جودة المياه ومتابعة كفاءة عمليات المعالجة داخل مصانع التنقية والتحلية. ويبين الجدول (5) تصنيف درجات عسرة المياه وفق تركيز العسرة الكلية

الجدول (5) يبين درجات عسرة المياه

نوعية المياه	نسبة العسرة ملغم/لتر
عسرة خفيفة	0 – 60 ملغ / لتر
عسرة معتدلة	61 – 120 ملغ / لتر
عسرة شديدة	121 -180 ملغ /لتر

المصدر من عمل الباحث استناداً الى بيانات منظمة الفاو العالمية

<u>ايونات الكالسيوم والمغنيسيوم</u>.

يرجع وجود الكالسيوم والمغنيسيوم في المياه الطبيعية إلى ذوبان الصخور والتكوينات الجيولوجية الغنية بهذين العنصرين، ويعدان المسؤولين الرئيسيين عن العسرة الكلية للمياه. ويسهم وجودهما بتراكيز معتدلة في تحسين القيمة الغذائية للمياه، إلا أن ارتفاع تراكيزهما يؤدي إلى زيادة العسرة وتكوين الترسبات داخل شبكات توزيع المياه، ولهذا حددت المواصفات القياسية الحدود المسموح بها لتركيز الكالسيوم والمغنيسيوم في مياه الشرب، بهدف ضمان سلامة المياه والمحافظة على كفاءة شبكات النقل والتوزيع والجدول (6)يبين المعايير الدولية.

جدول (6): الحدود الموصي بها لتركيز أيونات الكالسيوم والمغنيسيوم في مياه الشرب

العنصر	الحد المسموح به
الكلسيوم	1 -200 ملغ/ لتر
المغنيسيوم	1 – 50 ملغ / لتر

المصدر: من عمل الباحث استناداً الى عبد الكريم محمود عبد القادر الصمري، تقييم جودة المياه الجوفية ومدى صلاحيتها لأغراض الري لبعض ابار منطقة الوسيطة، جامعة عمر المختار،2014،ص221.

ايونات الكبريتات وايونات الكلوريد

تعد الكبريتات من الأيونات الطبيعية التي تنتج عن ذوبان الصخور الرسوبية، ويؤدي ارتفاع تركيزها عن الحدود المسموح بها إلى التأثير في طعم المياه وإحداث بعض الآثار الصحية غير المرغوبة. أما النترات فتنتج بصورة رئيسية من دورة النيتروجين في الطبيعة، وتوجد نتيجة تحلل المواد العضوية وتحول مركبات النيتروجين إلى نترات. وقد حددت المعايير الحدود القصوى المسموح بها لتركيز النترات في مياه الشرب حفاظاً على صحة الإنسان وضمان جودة المياه.كما هو مشاهد بالجدول (7).

وبوجه عام، تمثل هذه المؤشرات الكيميائية الأساس العلمي لتقييم جودة مياه الشرب، كما تعد مرجعاً رئيسياً لمقارنة نتائج التحاليل المختبرية بالمواصفات القياسية، وتحديد مدى كفاءة عمليات التنقية والتحلية داخل مصانع المياه بمنطقة الدراسة.

جدول (7) يبين نسبة النترات حسب تقديرات منظمة الفاو :

العنصر	الحد الاقصى المسموح به ملغم/لتر
النترات	50

مواصفات معايير منظمة الصحة العالمية لصلاحية مياه الشرب (ملغم/لتر)

تُعد معايير منظمة الصحة العالمية (WHO) المرجع الدولي الأهم لتقييم جودة مياه الشرب، حيث تهدف إلى ضمان سلامة المياه وحماية صحة المستهلكين من المخاطر الكيميائية والفيزيائية والبيولوجية. وتحدد المنظمة قيماً للعناصر والمركبات الكيميائية المسموح بها في مياه الشرب، بحيث لا يؤدي تجاوزها إلى آثار صحية ضارة عند الاستهلاك المستمر. وتُستخدم هذه المعايير على نطاق واسع في تقييم جودة المياه المنتجة من محطات ومصانع التحلية والتنقية، ومقارنتها بالحدود الموصي بها لتحديد مدى صلاحيتها للاستهلاك البشري. فيما يلي معايير لبعض الخصائص الكيميائية لمياه الشرب مبين بالجدول (8):

جدول (8) معايير منظمة الصحة العالمية لصلاحية مياه الشرب (ملغم/لتر)

العنصر	الحد المسموح به
مجموعة الاملاح الذائبة	1200 – 500
الكالسيوم	200- 75
الماغنيسيوم	150 – 50
الصوديوم	<200
الكبريتات	250 – 200
الكلوريد	650 – 200
النترات	50
عسرة المياه	120 – 0
التوصيلية الكهربائية	1.50 -0.05
الاس الهيدروجيني	8.5 – 6.5

المصدر: من عمل الباحث استناداً الى تقارير متفرقة لمنظمة الصحة العالية.

المواصفات القياسية الليبية لمياه الشرب

إن الحدود المسموح بها لأهم الخصائص الكيميائية لمياه الشرب وفق المواصفة الليبية، والتي تُعد مرجعًا أساسيًا لتقييم جودة المياه ومدى صلاحيتها للاستهلاك البشري. حيث شملت هذه الخصائص الرقم الهيدروجيني(pH) ، والصوديوم(Na) ، والكالسيوم(Ca) ، والبوتاسيوم(K) ، والمغنيسيوم(Mg) . كما تحدد المواصفة الحدود القصوى المقبولة لتراكيز الصوديوم والكالسيوم والمغنيسيوم، بالإضافة إلى المجال المسموح لتركيز البوتاسيوم، كما هو مبين بالجدول (9)وذلك للمحافظة على جودة المياه وسلامتها. وتمثل هذه القيم المرجعية الأساس الذي تُقارن به نتائج التحاليل المخبرية لعينات مياه مصانع التنقية والتحلية في منطقة الدراسة، بهدف تحديد مدى مطابقتها للمواصفات القياسية وتقييم جودة المياه المنتجة.

الجدول (9) المواصفات القياسية الليبية لمياه الشرب

العنصر	الحد المسموح به
الاس الهيدروجيني PH	6.5 – 8.5
الصوديوم Na	≥ 100 ملغم/لتر
الكالسيوم Ca	≥ 200 ملغم/لتر
البوتاسيوم K	لا يوجد حد الزامي
المغنيسيومmg	150 ملغم/لتر

المصدر: من عمل الباحث استنادا الى لمواصفة القياسية الليبية لمياه الشرب (رقم 10 لسنة 2020)

منهجية الدراسة

اعتمدت هذه الدراسة على المنهج الوصفي التحليلي بوصفه المنهج الأنسب لتحقيق أهدافها، وذلك من خلال وصف وتحليل الخصائص الكيميائية لمياه بعض مصانع التنقية والتحلية في منطقة الجبل الغربي، ومقارنة نتائج التحاليل بالمواصفات القياسية الليبية والمعايير الدولية الصادرة عن منظمة الصحة العالمية(WHO) ، بهدف تقييم مدى صلاحية المياه المنتجة للاستهلاك البشري.

كما استعانت الدراسة بالمنهج المكاني باستخدام نظم المعلومات الجغرافية (GIS) لتحديد مواقع مصانع التنقية والتحلية ورسم توزيعها الجغرافي، وتمثيل نتائج التحاليل على الخرائط الرقمية لإبراز التوزيع الجغرافي والمقارنة المكانية بين مواقع المصانع، مع الأخذ في الاعتبار اختلاف مصادر المياه الخام والخصائص الطبيعية للمنطقة، بما يسهم في تفسير التباين المكاني في جودة المياه المنتجة.

واعتمدت الدراسة على العمل الميداني من خلال جمع عينات مياه من عدد من مصانع التنقية والتحلية المختارة، وفق توزيع جغرافي يمثل منطقة الدراسة، ثم إخضاع هذه العينات للتحليل الكيميائي داخل مختبر معتمد لقياس مجموعة من المؤشرات الكيميائية شملت :**الأس الهيدروجيني(pH)** ، ، والصوديوم(Na^+) ، والبوتاسيوم(K^+) ، والكالسيوم(Ca^{2+}) ، والمغنيسيوم(Mg^{2+}) ، ثم مقارنة النتائج بالحدود المسموح بها وفق المواصفات القياسية الليبية وإرشادات منظمة الصحة العالمية، وفي مرحلة التحليل، تم إعداد الجداول والأشكال البيانية، لتحليل نتائج القياسات وإبراز الفروق بين إنتاج المصانع. كما استُخدمت الخرائط الرقمية المنتجة بواسطة نظم المعلومات الجغرافية لتمثيل التوزيع المكاني لمواقع المصانع وتفسير الاختلافات في الخصائص الكيميائية للمياه، وبذلك جمعت الدراسة بين التحليل الكيميائي المخبري والتمثيل المكاني باستخدام نظم المعلومات **الجغرافية** للوصول إلى تقييم علمي دقيق لجودة المياه المنتجة، والكشف عن مدى ارتباط خصائصها الكيميائية بالمكان الجغرافي، بما يسهم في دعم متخذي القرار في مجال إدارة ومراقبة جودة مياه الشرب في منطقة الجبل الغربي.

خطوات العمل وأساليب جمع البيانات:

1. جمع العينات الميدانية :تم سحب عينات المياه بشكل مباشر وبطرق علمية قياسية من المحطات المستهدفة في المناطق المذكورة، وحفظها في عبوات مخصصة لضمان عدم تغير خصائصها أثناء النقل.

2. التحليل المخبري :أُجريت التحاليل الكيميائية والفيزيائية للعينات في مختبرات مركز البحوث النووية بمنطقة تاجوراء، بواسطة جهاز الامتصاص الذري والشكل (2)يبين ذلك، حيث شملت الفحوصات المؤشرات التالية: الأس الهيدروجيني ، ، بالإضافة إلى العناصر الكيميائية الأساسية (الصوديوم، البوتاسيوم، الكالسيوم، الماغنيسيوم).

3. التقييم والمقارنة المنهجية :تمت مقارنة النتائج المخبرية المستخلصة بـ المواصفات القياسية الليبية لمياه الشرب، لتحديد مدى صلاحيتها، ثم معالجتها كارتوغرافياً وإحصائياً لإبراز التباين المكاني بين المحطات.

النتائج والمناقشة.

تم أخذ عينات من مياه الشرب المنتجة في عدد (8) مصانع للتنقية وتعبئة المياه موزعة على عدد من مناطق الجبل الغربي كما هو مبين بالجدول (10)، وتختلف هذه المصانع في مصادر المياه الخام وطرق المعالجة والتنقية المستخدمة. وقد جرى أخذ العينات في أقرب وقت ممكن من عملية الإنتاج، مع مراعاة الإجراءات الأساسية المتبعة في جمع وحفظ ونقل عينات المياه، بما في ذلك تجنب تعرضها المباشر لأشعة الشمس والعوامل التي قد تؤثر في خصائصها قبل إجراء التحاليل المخبرية.

الشكل (2) يبين جهاز قياس العينات

جدول (10) يبين اسماء المصانع والمنطقة الواقع فيها ومصدر التغذية ونوع التحليل.

ر.م	اسم المصنع	المنطقة	مصدر التغذية	نوع التحليل
1	عين بانون	نالوت	بئر جوفي	كيميائي فيزيائي
2	الواحة	الزنتان	مياه النهر+ بئر جوفي	كيميائي فيزيائي
3	غدير الجبل	ام الجرسان	مياه النهر + بئر جوفي	كيميائي فيزيائي
4	منبع الجبل	القلعة	مياه النهر + بئر جوفي	كيميائي فيزيائي
5	ايلاف	القلعة	مياه النهر+بئر جوفي	كيميائي فيزيائي
6	نبع السانية	الأصابعة	مياه النهر+ بئر جوفي	كيميائي فيزيائي
7	طيبة	الأصابعة	مياه النهر+ بئر جوفي	كيميائي فيزيائي
8	نبع الصلاحات	غريان	مياه النهر+ بئر جوفي	كيميائي فيزيائي

المصدر: من عمل الباحث استناداً الى الزيارة الميداني 2025

التحليلات الكيميائية والفيزيائية لعينات الدراسة

في هذه المرحلة تم حصر البيانات الكيميائية والفيزيائية المدونة على عبوات مياه الشرب الخاصة بمصانع التحلية محل الدراسة، وذلك بهدف التعرف على التركيب الكيميائي المعلن من قبل الشركات المنتجة لقياس مدى التقارب أو الاختلاف بين القيم المعلنة والقيم المقاسة. ويوضح الجدول (11) القيم المعلنة لأهم الخصائص الكيميائية والفيزيائية، والتي تشمل الرقم

جدول (11) التركيب الكيميائي والفيزيائي المعلن على عبوات عينات الدراسة

المكونات المصنع	PH	TDS	TH	NA	K	Cont.	ca	mg
عين بانون	6.8	100	20	7.8	1.6	--------	-------	-------
الواحة	7.2	127	--------	3.5	5	---------	20	10
غدير الجبل	-----	50		24.6	4.0	---------	20	12.0
ايلاف	------	120-100	22	19	0.8		4.2	2.2
نبع الحياة	------	130-90	------	24.6	4.0	---------	20	12.1
نبع السانية	7.1	103	------	27.6	-------	---------	14.4	11.9
طيبة		66		0.0	0.0		1.6	2.5
نبع الاصلاحات	6.8	100-50		12.90	0.80		7.3	0.3

المصدر من عمل الباحث استناداً الى النشرة المكتوبة على العبوات.

الهيدروجيني(pH) ، والمواد الصلبة الذائبة الكلية(TDS) ، والعسرة الكلية(TH) ، وتركيزات الصوديوم (Na)، والبوتاسيوم(K) ، والكلوريد (Cl)، والكالسيوم (Ca)، والمغنيسيوم (Mg)، كما وردت في النشرات التعريفية المثبتة على عبوات المياه، للتأكد من مدى دقة البيانات المدونة على عبوات المياه، ثم بعد ذلك أُجريت تحاليل مخبرية لعينات الدراسة، ثم قورنت النتائج بالقيم المعلنة من قبل الشركات المنتجة. ويهدف ذلك إلى تقييم مدى توافق الخصائص الكيميائية الفعلية مع المعلومات المثبتة على العبوات. ويوضح الجدول (12) نتائج هذه المقارنة.

جدول (12) مقارنة القيم الكيميائية المعلنة على عبوات مياه عينات الدراسة مع نتائج التحاليل المخبرية.

المصنع المصنع التحليل	عين بانون	الواحة	غدير الجبل	ايلاف	نبع الحياة	نبع السانية	طيبة	نبع الصلاحات
PHتحليل العينة	6.8	7.1	7.1	7.3	6.8	7.3	6.8	6.7

المكتوب على العبوة	6.8	7.2	----	----	----	7.1	----	6.8
NAتحليل العينة	21.8	11.03	5.42	41.37	3.46	13.01	7.26	17.86
المكتوب على العبوة	7.8	3.5	24.6	19.00	24.8	27.6	0.00	12.9
CA تحليل العينة	12.37	4.63	1.06	5.99	1.16	14.4	2.00	7.78
المكتوب على العبوة	----	20	20	4.2	20	14.9	1.6	7.3
K تحليل العبوة	3.99	0.34	0.15	0.40	0.14	0.48	0.23	0.46
المكتوب على العبوة	1.6	5.0	4.0	0.8	4.0	----	0.0	0.80
MGتحليل العينة	6.79	2.44	0.34	2.89	0.33	2.90	0.44	4.14
المكتوب على العبوة	0.00	10	12	2.2	12.1	11.9	2.5	0.3

بالنسبة للرقم الهيدروجيني (pH)، أظهرت نتائج التحليل المخبري قيماً تراوحت بين (6.8–7.3)، وهي جميعها ضمن الحدود الموصي بها لمياه الشرب. كما لوحظ تطابق كامل في مصنع عين بانون (6.8)، بينما ظهر اختلاف طفيف في مصنع نبع السانية (7.1 على العبوة مقابل 7.3 في التحليل)، واختلاف أكبر في مصنع الواحة حيث بلغت القيمة المعلنة (7.2) في حين أظهر التحليل المخبري (7.1). كما أن عدداً من المصانع لم يدرج قيمة الرقم الهيدروجيني على العبوة.

أما بالنسبة للصوديوم (Na)، فقد سجلت معظم العينات اختلافات ملحوظة بين القيم المعلنة والقيم المقاسة مختبرياً. فقد ارتفعت قيمة الصوديوم في مصنع إيلاف من (19.0) ملغم/لتر حسب العبوة إلى (41.37) ملغم/لتر في التحليل، في حين انخفضت في مصنع غدير الجبل من (24.6) إلى (5.42) ملغم/لتر، كما سجلت مصانع أخرى اختلافات متفاوتة، مما يشير إلى عدم تطابق البيانات المعلنة مع النتائج الفعلية، قد يعود ارتفاع تركيز الصوديوم في بعض المصانع إلى اختلاف طبيعة مصدر المياه الخام، إذ إن المياه الجوفية تتأثر بالتركيب الجيولوجي للصخور التي تمر خلالها، كما قد يرتبط ذلك بكفاءة وحدات التنقية واختلاف نسب الخلط بين المياه الجوفية ومياه النهر، وهو ما يفسر التباين الملحوظ بين المصانع.

وفيما يتعلق بالكالسيوم(Ca) ، فقد ظهرت فروق واضحة أيضاً، إذ سجل مصنع **الواحة** (20)ملغم/لتر على العبوة مقابل (4.63) ملغم/لتر في التحليل، بينما تقاربت القيم في مصنع **نبع السانية** (14.4 مقابل 14.9 ملغم/لتر). كما أن بعض المصانع لم تذكر تركيز الكالسيوم على العبوات، الأمر الذي يصعب تقييم جودة المنتج من خلال البيانات المعلنة فقط.

أما عنصر البوتاسيوم(K) ، فقد أظهرت جميع العينات تقريباً اختلافات بين القيم المعلنة والنتائج المختبرية، وإن كانت جميع التركيزات منخفضة نسبياً. كما أن بعض المصانع لم تدرج قيمة البوتاسيوم على العبوة، مثل مصنع **نبع السانية**.

وبالنسبة للمغنيسيوم(Mg) ، فقد كانت الفروق أكثر وضوحاً، حيث سجلت بعض المصانع قيماً معلنة أعلى بكثير من النتائج المخبرية، مثل مصنع **غدير الجبل** (12 مقابل 0.34 ملغم/لتر) ومصنع **نبع الحياة** (12.1 مقابل 0.33 ملغم/لتر)، في حين أظهرت مصانع أخرى تقارباً نسبياً أو اختلافاً محدوداً.

وبصفة عامة، تشير نتائج المقارنة إلى وجود تباين بين البيانات الكيميائية المدونة على عبوات المياه والنتائج الفعلية للتحليل المخبري في معظم العينات. وقد يعزى ذلك إلى تركيبة المياه دون تعديل بيانات الملصق، أو تفاوت إجراءات ضبط الجودة بين المصانع. وتؤكد هذه النتائج أهمية الاعتماد على التحاليل المخبرية عند تقييم جودة مياه الشرب، وعدم الاكتفاء بالمعلومات المدونة على العبوات، خاصة عند إجراء الدراسات العلمية أو تقييم مدى مطابقة المياه للمواصفات القياسية.

مقارنة نتائج التحاليل الكيميائية بالمواصفات الليبية

بعد مقارنة نتائج التحاليل المخبرية بالقيم المعلنة على عبوات المياه، تم تقييم جودة عينات الدراسة من خلال مقارنتها بالحدود المسموح بها في المواصفة القياسية الليبية لمياه الشرب، وكذلك القيم الإرشادية الصادرة عن منظمة الصحة العالمية .(WHO) وتهدف هذه المقارنة إلى تحديد مدى مطابقة المياه المنتجة في مصانع التحلية بمنطقة الجبل الغربي لمتطلبات جودة مياه الشرب، والكشف عن أي تجاوزات قد تؤثر في صلاحيتها للاستهلاك البشري.

الجدول (13) نتائج مقارنة الخصائص الكيميائية المقاسة مع الحدود القياسية المعتمدة في المواصفات الليبية.

العنصر	نتيجة التحليل المخبري	الموصفات القياسية الليبية	حالة المطابقة
الاس الهيدروجينيPH	6.7 – 7.3	8.5–6.5	مطابقة
الصوديوم Na	41.37–3.46	≤200 ملغم/لتر	مطابقة
الكالسيوم CA	14.90–1.06	≤ 200 ملغم/لتر	مطابقة
البوتاسيوم K	3.99–0.14	لا يوجد حد محدد	----------
المغنيسيوم Mg	6.79–0.33	≤ 150 ملغم/لتر	مطابقة

المصدر: من اعداد الباحث اعتمادا على نتائج التحاليل المخبرية، والموصفات القياسية الليبية رقم 10 لعام 2020

تمت مقارنة نتائج التحاليل الكيميائية بالمواصفة القياسية الليبية لمياه الشرب **رقم (20) لسنة 2020**، وذلك لتقييم مدى مطابقة مياه مصانع التحلية في منطقة الجبل الغربي للحدود المسموح بها للعناصر الكيميائية.

وتشير نتائج المقارنة إلى أن القيم المقاسة للعناصر الكيميائية التي شملها التحليل تقع ضمن الحدود المحددة في المواصفة القياسية الليبية المعتمدة للدراسة، وذلك بالنسبة للمعايير التي تتوافر لها حدود قياسية واضحة. وتشير هذه النتائج إلى عدم وجود تجاوزات في تراكيز العناصر المدروسة ضمن العينات التي تم تحليلها. ومع ذلك، فإن تقييم الصلاحية الكاملة لمياه الشرب يتطلب النظر في مجموعة أوسع من الخصائص الكيميائية والفيزيائية والميكروبيولوجية وفقًا للمعايير المعتمدة

المرحلة الثانية: التمثيل المكاني لنتائج التحاليل الكيميائية باستخدام نظم المعلومات الجغرافية (GIS)

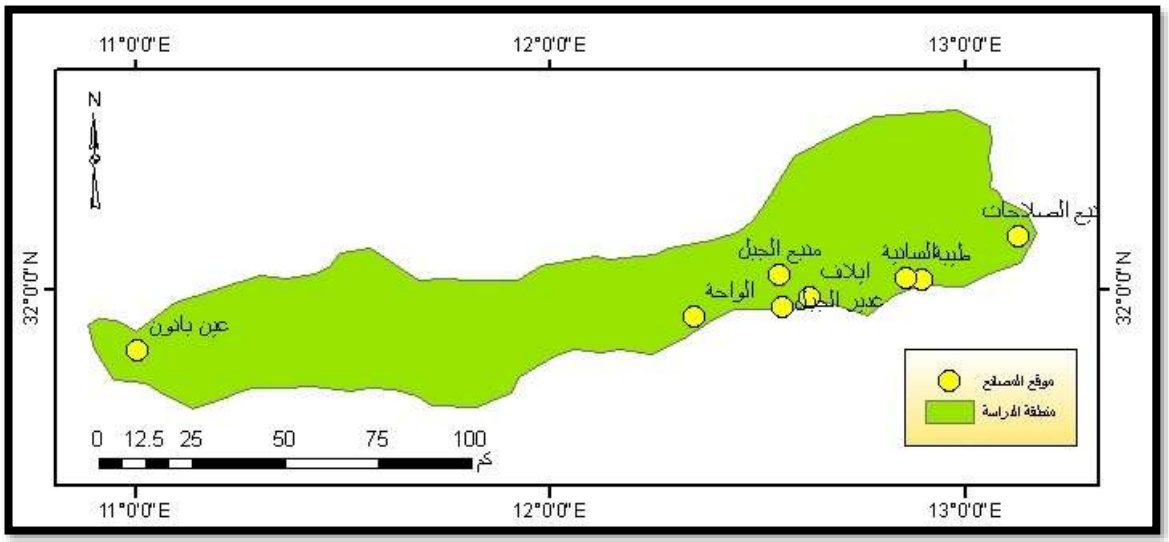
تم في هذه المرحلة توظيف نظم المعلومات الجغرافية (GIS) لربط نتائج التحاليل الكيميائية لمياه مصانع تنقية وتعبئة المياه بالمواقع الجغرافية للعينات، بهدف دراسة التباين المكاني في خصائص المياه ضمن منطقة الدراسة. ولتحقيق ذلك، تم إعداد قاعدة بيانات مكانية تضمنت مواقع المصانع وبياناتها الوصفية كما هو مبين بالشكل (3) والشكل (4) وربطها مع التحاليل المخبرية للعناصر الكيميائية المدروسة، وربطها بالإحداثيات الجغرافية لكل موقع.

وقد أسهمت قاعدة البيانات المكانية في تنظيم نتائج التحاليل وربطها بمواقعها الجغرافية، بما يسمح بتمثيل القيم الكيميائية بصورة كارتوغرافية وإظهار مدى التقارب أو الاختلاف بين مواقع العينات. كما أتاحت استخدام الخرائط في المقارنة بين نتائج التحاليل والقيم المرجعية الواردة في المواصفات القياسية الليبية لمياه الشرب، تم إدخال مواقع مصانع الدراسة إلى برنامج ArcGIS 10.8 اعتماداً على الإحداثيات الجغرافية المستخرجة منGoogle Earth ، ثم ربط هذه المواقع بجدول نتائج التحاليل المخبرية. وبعد ذلك تم تمثيل قيم العناصر الكيميائية مكانياً باستخدام الرموز والدوائر المجزأة (Pie Charts)، بما يسمح بإظهار الاختلاف النسبي في قيم العناصر بين مواقع الدراسة، ويُعد هذا التمثيل المكاني وسيلة مساعدة لفهم توزيع خصائص المياه مكانياً، خاصة أن مواقع العينات تمتد على نطاق جغرافي واسع

	FID	Shape *	point_na	loca_erea	x	y	elevation	PH	NA	CA	K	MG	PH1	NA_1	CA_1	MG_1
▶	0	Point	عين بانون	دالوت	11.005166	31.850144	388	6.8	21.8	12.37	3.99	6.79	0	200	75	30
	1	Point	الواحة	الزنتان	12.346558	31.931415	671	7.1	11.3	4.63	0.34	2.44	0	200	75	30
	2	Point	عذير الجبل	ام الجرسان	12.559727	31.955706	693	7.1	5.42	1.06	0.15	0.34	0	200	75	30
	3	Point	طيبة	الاصابعة	12.895464	32.020749	793	7.3	41.37	5.99	0.4	2.89	0	200	75	30
	4	Point	ايلاف	القلعة	12.625521	31.978437	779	6.8	3.46	1.16	0.14	0.33	0	200	75	30
	5	Point	منيح الجبل	القلعة	12.552298	32.032654	717	7.3	13.01	14.4	0.48	2.9	0	200	75	30
	6	Point	السابية	الاصابعة	12.85462	32.024326	788	6.8	7.26	2	0.23	0.44	0	200	75	30
	7	Point	منيح الصلاحات	عزيان	13.125172	32.127379	475	6.7	17.86	7.78	0.46	4.14	0	200	75	30

الشكل (3) قاعدة البيانات المكانية

في منطقة الجبل الغربي. كما يسمح بالمقارنة البصرية بين نتائج العينات في المواقع المختلفة، وتحديد المواقع التي تظهر فيها القيم الأعلى أو الأقل، ومدى تقارب النتائج مكانياً.



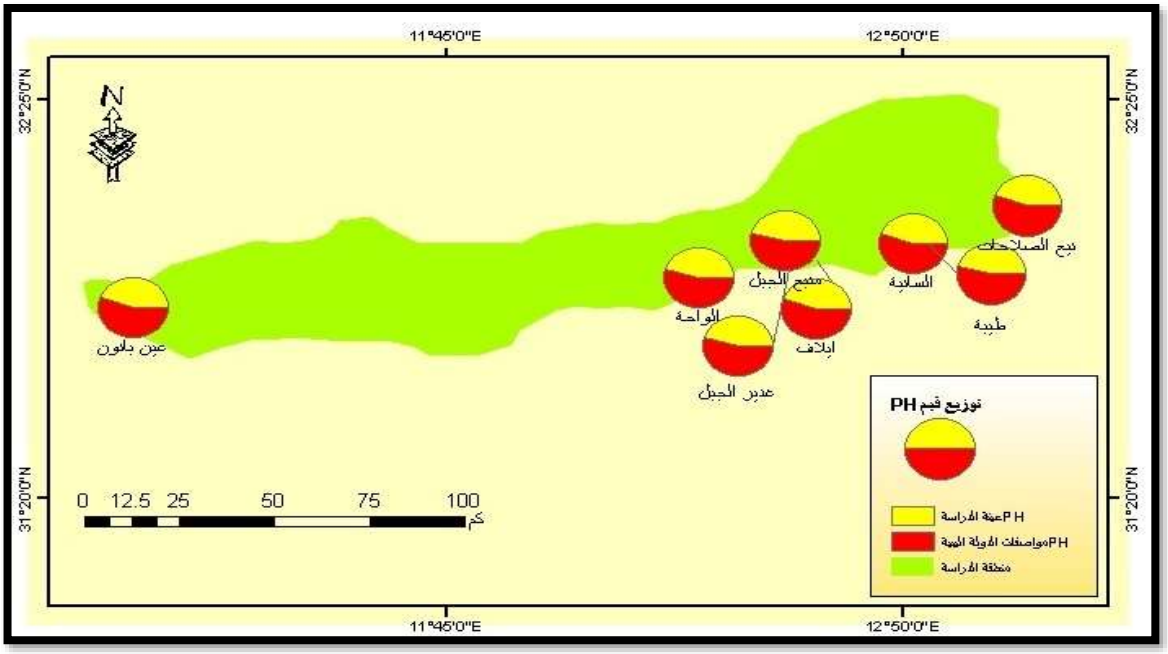
الشكل (4): موقع مصانع تنقية وتعبئة المياه بمنطقة الدراسة. المصدر: من إعداد الباحث بالاعتماد على ArcGIS 10.8 و Google Earth.

التمثيل والتحليل المكاني لقيم الأس الهيدروجيني(pH)

يوضح الشكل (5) التوزيع المكاني لقيم الأس الهيدروجيني (pH) في عينات المياه المأخوذة من مصانع الدراسة، حيث تم تمثيل النتائج مكانياً باستخدام الدوائر المجزأة(Pie Charts) ، وربط كل دائرة بموقع المصنع الذي أخذت منه العينة.

يتضح من النتائج أن قيم الأس الهيدروجيني المسجلة في العينات تقع ضمن المجال المحدد في المواصفة القياسية الليبية المستخدمة في الدراسة، والبالغ .**(6.5–8.5)**كما تظهر القيم تقارباً نسبياً بين مواقع العينات، دون وجود فروق كبيرة في قيم pH بين المصانع المدروسة. يشير هذا التقارب إلى تقارب درجة الحموضة

القلوية للمياه المنتجة بين مواقع العينات، كما أن جميع القيم المسجلة تقع ضمن الحدود المرجعية المعتمدة، الأمر الذي يدل على مطابقة نتائج الأس الهيدروجيني للحدود القياسية من حيث هذا المتغير، ومن الناحية المكانية، لا يظهر من التمثيل الكارتوغرافي تباين واضح وحاد بين مواقع العينات، حيث جاءت القيم متقاربة نسبياً على امتداد منطقة الدراسة، بدءاً من المواقع الواقعة في الجزء الغربي وصولاً إلى المواقع الشرقية. ويمكن أن يرتبط هذا التقارب بطبيعة عمليات المعالجة والتنقية التي تتعرض لها المياه قبل وصولها إلى المنتج النهائي، إلا أن تحديد تأثير تقنية المعالجة أو مصدر المياه بصورة دقيقة يتطلب توفر بيانات تفصيلية عن طرق المعالجة ومصادر التغذية لكل مصنع، وبذلك يبين التحليل والتمثيل المكاني أن الاختلاف الجغرافي بين مواقع المصانع لم يصاحبه اختلاف واضح في قيم pH ضمن العينات المدروسة.

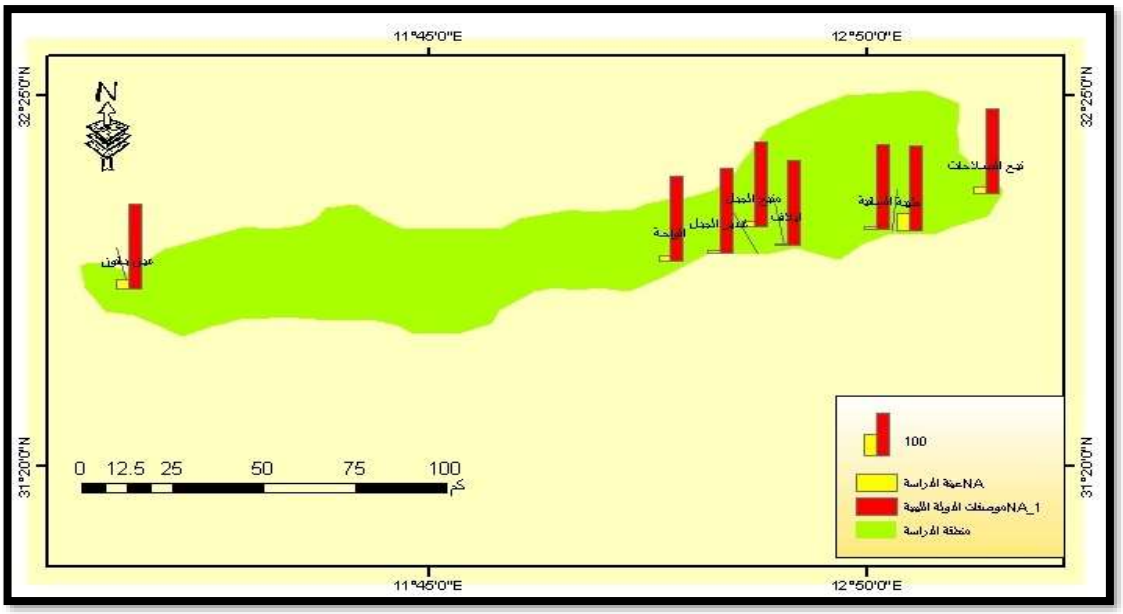


الشكل (5): التمثيل والتحليل المكاني لقيم الأس الهيدروجيني (pH) في عينات الدراسة. المصدر: من إعداد الباحث بالاعتماد علىArcGIS 10.8

التمثيل والتحليل المكاني لقيم الصوديوم(Na)

يبين الشكل (5) التوزيع المكاني لقيم الصوديوم (Na) في عينات المياه المدروسة، مع مقارنتها بالحد المرجعي الوارد في المواصفة القياسية الليبية المعتمدة في الدراسة.

يتضح من التمثيل الكارتوغرافي أن قيم الصوديوم المسجلة في العينات جاءت أقل من الحد القياسي المسموح به، كما يظهر فرق واضح بين القيم المقاسة والقيمة المرجعية للمواصفة. وتشير هذه النتيجة إلى أن جميع العينات المدروسة حققت المطابقة من حيث تركيز الصوديوم وفق الحد القياسي المستخدم في الدراسة، ومن الناحية المكانية، تظهر قيم الصوديوم بدرجات متفاوتة بين مواقع العينات، إلا أن هذا التفاوت بقي ضمن مستويات منخفضة مقارنة بالحد القياسي. ولا يظهر من الخريطة وجود نمط مكاني واضح يشير إلى زيادة منتظمة في تركيز الصوديوم باتجاه معين، وهو ما يشير إلى عدم وجود تدرج مكاني واضح لقيم الصوديوم ضمن مواقع العينات المدروسة، وقد يرتبط انخفاض تركيز الصوديوم في المياه المنتجة بكفاءة عمليات المعالجة والتنقية المستخدمة في المصانع، إلا أن ربط التباين المكاني في الصوديوم بنوع محدد من تقنيات المعالجة يحتاج إلى معلومات إضافية عن طبيعة عمليات المعالجة ومصدر المياه الخام في كل مصنع، وبصورة عامة، تشير النتائج المكانية إلى أن تركيز الصوديوم في العينات المدروسة يقع ضمن الحدود القياسية، مع وجود تقارب نسبي في القيم بين عدد من مواقع الدراسة.



الشكل (6): التمثيل والتوزيع المكاني لتركيز قيم الصوديوم (Na) في عينات الدراسة ومقارنته بالحد القياسي. المصدر: من إعداد الباحث بالاعتماد علىArcGIS 10.8

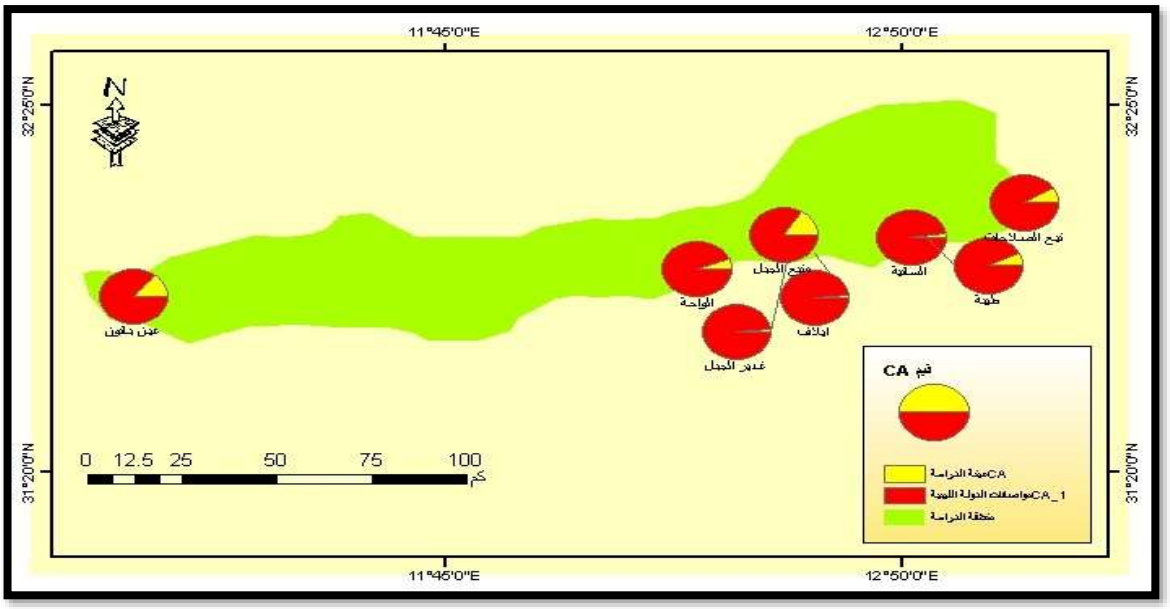
التمثيل والتحليل المكاني لقيم الكالسيوم (Ca)

يوضح الشكل (7) التوزيع المكاني لتركيز الكالسيوم (Ca) في عينات المياه المأخوذة من مصانع الدراسة. وتظهر الدوائر المجزأة اختلافات نسبية في حجم الجزء الذي يمثل تركيز الكالسيوم بين المواقع المختلفة.

وتشير نتائج التحليل إلى أن تركيز الكالسيوم في العينات المدروسة جاء ضمن الحدود المرجعية المعتمدة في الدراسة، حيث لم تسجل العينات قيماً تتجاوز الحد القياسي المستخدم للمقارنة. ويعكس ذلك مطابقة العينات من حيث تركيز الكالسيوم وفق المواصفة المعتمدة. ومن خلال التوزيع المكاني للقيم، يلاحظ وجود تقارب نسبي بين عدد من المواقع، مع وجود اختلافات محدودة في تركيز الكالسيوم من مصنع إلى آخر. ولا تظهر الخريطة نمطاً مكانياً واضحاً يمكن من خلاله القول بوجود زيادة أو انخفاض منتظم في تركيز الكالسيوم باتجاه معين داخل منطقة الدراسة.

وقد يرتبط انخفاض تركيز الكالسيوم في المياه المنتجة بعمليات المعالجة والتنقية التي تتعرض لها المياه قبل التعبئة، ولا سيما العمليات التي تسهم في خفض الأملاح والعناصر الذائبة. إلا أن تفسير الفروق بين المصانع يتطلب الأخذ في الاعتبار مصدر المياه ونوع المعالجة المتبعة في كل مصنع.

وعليه، فإن التمثيل المكاني لتركيز الكالسيوم يوضح وجود فروق محدودة بين مواقع العينات، مع بقاء القيم ضمن الحدود المرجعية المستخدمة في الدراسة، ودون ظهور تباين مكاني حاد بين المواقع.



الشكل (7): التمثيل والتوزيع المكاني لقيم الكالسيوم (Ca) في عينات الدراسة. المصدر: من إعداد الباحث بالاعتماد علىArcGIS 10.8

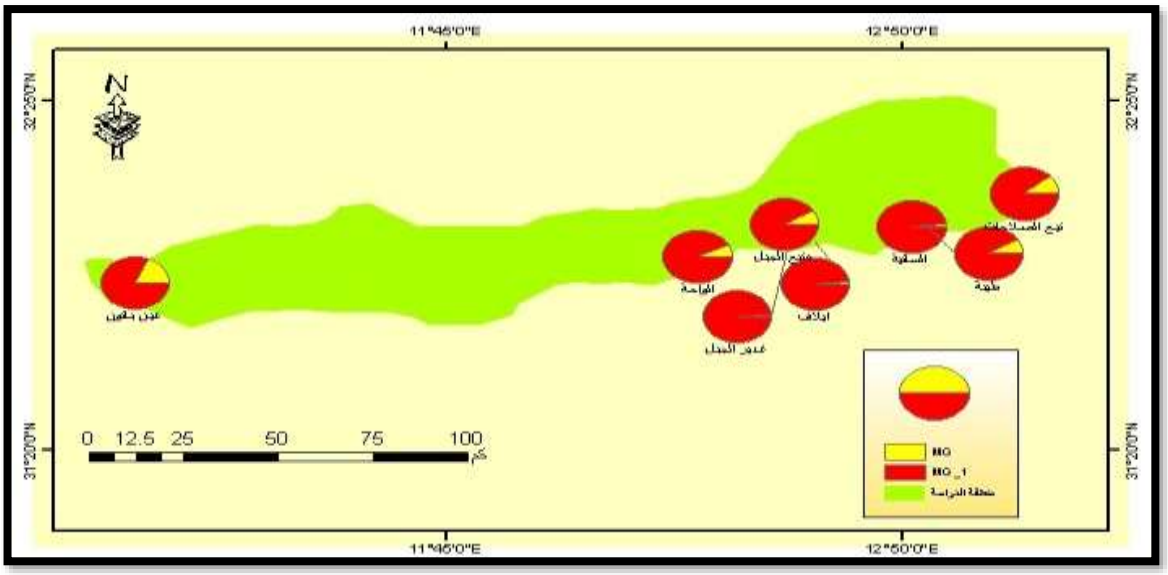
التمثيل والتحليل المكاني لقيم المغنيسيوم(Mg)

يوضح الشكل (8) التوزيع المكاني لتركيز المغنيسيوم (Mg) في مياه مصانع الدراسة، حيث تم تمثيل نتائج العينات مكانياً باستخدام الدوائر المجزأة، بما يسمح بمقارنة القيم بين المواقع المختلفة.

وتبين النتائج أن تركيز المغنيسيوم في العينات المدروسة جاء ضمن الحدود المرجعية المعتمدة في الدراسة، ولم تسجل العينات قيماً تتجاوز الحد المستخدم للمقارنة. ويشير ذلك إلى مطابقة نتائج العينات من حيث تركيز المغنيسيوم وفق المواصفة القياسية المعتمدة.

ومن الناحية المكانية، تظهر القيم تقارباً نسبياً بين مواقع الدراسة، مع وجود بعض الاختلافات المحدودة في تركيز المغنيسيوم من موقع إلى آخر. ولا يوضح التمثيل المكاني وجود نمط منتظم لارتفاع أو انخفاض التركيز باتجاه جغرافي محدد، كما لا تظهر فروق مكانية حادة بين مواقع العينات.

ويمكن أن يرتبط انخفاض تركيز المغنيسيوم بعمليات معالجة وتنقية المياه المستخدمة في المصانع، والتي تعمل على تقليل تركيز الأملاح والعناصر الذائبة. إلا أن تفسير ذلك بصورة أكثر دقة يتطلب مقارنة نتائج المياه المنتجة بخصائص المياه الخام الداخلة إلى كل مصنع، إلى جانب معرفة نوع تقنية المعالجة المستخدمة، وبناءً على ذلك، يشير التحليل المكاني إلى أن تركيز المغنيسيوم في العينات المدروسة يتميز بتقارب نسبي بين المواقع، مع وقوع جميع القيم ضمن الحدود المرجعية المعتمدة.



الشكل (8): التوزيع المكاني لتركيز المغنيسيوم (Mg) في عينات الدراسة ومقارنته بالحد القياسي.
المصدر: من إعداد الباحث بالاعتماد علىArcGIS 10.8

خلاصة التحليل المكاني لخصائص المياه الكيميائية

أظهر التحليل المكاني باستخدام نظم المعلومات الجغرافية إمكانية ربط نتائج التحاليل الكيميائية بمواقع مصانع تنقية وتعبئة المياه ضمن منطقة الدراسة، مما ساعد في توضيح التوزيع الجغرافي لقيم الأس الهيدروجيني والصوديوم والكالسيوم والمغنيسيوم.

وبوجه عام، أظهرت النتائج وجود تقارب نسبي في القيم الكيميائية بين مواقع العينات، مع وجود فروق محدودة من موقع إلى آخر. كما بينت المقارنة مع الحدود القياسية المعتمدة في الدراسة أن القيم المقاسة للعناصر المدروسة تقع ضمن الحدود المسموح بها، مما يشير إلى مطابقة العينات من حيث الخصائص الكيميائية التي تم تحليلها.

ومن الناحية المكانية، لم يظهر من الخرائط وجود اتجاه جغرافي واضح أو تباين مكاني حاد في قيم العناصر المدروسة. ويمكن تفسير هذا التقارب جزئياً بعمليات معالجة وتنقية المياه التي تخضع لها العينات قبل التعبئة، إلا أن إثبات العلاقة المباشرة بين الموقع الجغرافي والقيم الكيميائية يتطلب عدداً أكبر من العينات وإجراء تحليلات إحصائية مكانية أكثر تقدماً.

وعليه، فإن استخدام GIS في هذه الدراسة لم يقتصر على عرض مواقع المصانع، وإنما وفر وسيلة لربط النتائج المخبرية بالموقع الجغرافي وإظهار الاختلافات المكانية بين العينات، الأمر الذي يدعم تفسير نتائج جودة المياه من منظور مكاني، ويساعد في تحديد المواقع التي تستحق مزيداً من المتابعة والتحقق عند إجراء دراسات مستقبلية.

التوصيات

في ضوء النتائج التي توصلت إليها الدراسة، وفي حدود العينات والمصانع التي شملها العمل الميداني والتحاليل المخبرية، توصي الدراسة بما يلي:

1. إجراء فحوصات دورية ومنتظمة لمياه مصانع التنقية والتحلية بالجبل الغربي، وعدم الاعتماد على الفحص لمرة واحدة، وذلك لمتابعة استقرار الخصائص الكيميائية للمياه المنتجة.
2. إجراء تحاليل للمياه الخام الداخلة إلى كل مصنع ومقارنتها بالمياه المنتجة بعد المعالجة، وذلك لتحديد مدى كفاءة عمليات التنقية والتحلية في خفض أو تعديل تراكيز العناصر الكيميائية.

3. توثيق نوع وتقنيات المعالجة المستخدمة في كل مصنع، مثل الترشيح والتناضح العكسي وغيرها، وربطها بنتائج التحاليل الكيميائية لتفسير الفروق بين المصانع بصورة أكثر دقة.
4. إنشاء قاعدة بيانات مكانية باستخدام نظم المعلومات الجغرافية تتضمن مواقع المصانع، مصادر المياه الخام، نوع المعالجة، نتائج التحاليل وتواريخ أخذ العينات، بحيث يمكن تحديثها بصورة مستمرة واستخدامها في عمليات المتابعة والرقابة.
5. استخدام نظم المعلومات الجغرافية في الدراسات المستقبلية لربط جودة المياه بالعوامل الطبيعية والبشرية، مثل نوع مصدر المياه، الخصائص الجيولوجية، استخدامات الأرض، ومواقع الأنشطة الزراعية والعمرانية.
6. اعتماد نتائج التحاليل المخبرية في تقييم الخصائص الكيميائية للمياه، مع اعتبار البيانات المكتوبة على العبوات بيانات معلنة من الشركات تحتاج إلى التحقق والمقارنة المستمرة.

المراجع:

1. **أبو الأجراس**، فتحي عبد الرحمن .(2014) .تقييم كيميائي وحيوي لبعض آبار مياه الشرب بمدينة الخمس .مجلة كلية العلوم، جامعة المرقب، الخمس، ليبيا.
2. الصيرفي، سمر محمد سمير .(2026) .دور نظم المعلومات الجغرافية في تحسين إدارة المياه الرقمية .مجلة التخطيط العمراني والمجالي، 7 (27)، 1–15.
3. الصمري، عبد الكريم محمود عبد القادر .(2014) .تقييم جودة المياه الجوفية ومدى صلاحيتها لأغراض الري لبعض آبار منطقة الوسيطة .مجلة المختار للعلوم، 29 (1)، 221-236.
4. لمركز الوطني للمواصفات والمعايير القياسية .(2020) .المواصفة القياسية الليبية رقم (10) لسنة 2020 الخاصة بمياه الشرب .طرابلس، ليبيا: وزارة الصناعة والمعادن.
5. خير الله، حافظ عيسى .(2018) .التباين المكاني لخصائص المياه الجوفية لآبار مياه الشرب في مدينة الكفرة باستخدام نظم المعلومات الجغرافية GIS بطريقة .(IDW) مجلة جامعة سرت العلمية - العلوم الإنسانية، 8 (1)، 170-199.
6. سليمان، محمد .(2017) .تقييم خصائص المياه الأرضية وأثرها على التربة بمنطقة سهل الطينة باستخدام نظم المعلومات الجغرافية: دراسة في الجيومورفولوجيا التطبيقية .مجلة كلية الآداب - جامعة الإسكندرية، 68 (92)، 281-355.
7. عبد الرحمن، دادفان حكيم .(2014) .التحليل الكيميائي للمياه في محافظة دهوك (رسالة علمية غير منشورة). قسم الجغرافيا، كلية العلوم الإنسانية، جامعة دهوك، العراق.
8. ناصر، شوقي شحدة أحمد، وأبوبكر، نافع حسن ميدون .(2024) .التحليل المكاني لخصائص مياه بعض الآبار الجوفية في مدينة سبها للمدة 2013م-2022م باستخدام تقنية نظم المعلومات الجغرافية .مجلة جامعة فزان العلمية، 3 (2)، 366-383.
9. النقيب، سالم محمد، وأبوراس، نجاة محمد، والدبرز، فاطمة محمد .(2025) .دراسة بعض الخواص الكيميائية والفيزيائية للمياه الجوفية بمنطقة ازدو في مدينة زليتن ومدى صلاحيتها للشرب .مجلة شمال إفريقيا للنشر العلمي (NAJSP)، 3(3) ، 105.115–
10. منظمة الصحة العالمية واليونيسف. (2025). التقدم المحرز في مجال مياه الشرب والصرف الصحي والنظافة الصحية في المنازل: تحديث عام 2025. برنامج الرصد المشترك بين منظمة الصحة العالمية واليونيسف لإمدادات المياه والصرف الصحي والنظافة الصحية. جنيف.

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