مجلة جامعة فزان العلمية
Fezzan University scientific Journal
Journal homepage: wwwhttps://fezzanu.edu.ly/

التحليل المكاني لخصائص مياه بعض الآبار الجوفية في مدينة سبها للمدة 2013م–2022م باستخدام تقنية نظم المعلومات الجغرافية

*شوقي شحدة أحمد ناصر، نافع حسن ميدون أبو بكر[1]
[1]جامعة سبها – كلية الآداب – قسم الجغرافيا

الملخص:

هدفت الدراسة إلى تحليل التباين المكاني لخصائص مياه بعض الآبار بمدينة سبها جنوب ليبيا، حيث تُعد المياه الجوفية المصدر الوحيد للمياه في المدينة. وتَمَّ الاعتماد على نتائج تحليل عينات أخذت من عدد (16) بئراً بنسبة 17.8% من إجمالي (90) بئراً بالمدينة، وهي ذات استخدام سكني بنسبة 93.75%. وتوزعت هذه العينات جغرافياً على كافة أنحاء المدينة، بنسبة 31.25% لكلٍ من شرق المدينة وغربها، في حين بلغت نسبتها 25% في شمالها، بينما تمثلت مناطق وسط المدينة وجنوبها بنسبة 6.25% لكلٍ منهما. كما تمّ التركيز على عناصر مهمة تمثل جودة المياه أهمها: مجموع الأملاح الذائبة، العُسْر الكلي. وتمّ استخدام برنامج نظم المعلومات الجغرافية (ArcGIS 10.3)، في رسم الخرائط وإجراء التحليلات المكانية لنتائج العينات بما فيها استخدام أدوات الاستيفاء المكاني (Spatial Interpolation). كما استخدام برنامج (Mobile Topographer)؛ لتحديد مواقع الآبار بدقة. ولوحظ من النتائج وجود تلوث كيميائي لبعض العناصر منها معدل الأملاح الذائبة الكلية الذي بلغ أعلاه في بئر عبد الكافي 3721 ملجم /لتر، وبئر مسجد أم القرى 3574.1 ملجم /لتر، والعُسْر الكلي الذي سجل أعلى قيمة في مياه بئر عبد الكافي 1136ملجم /لتر، يليه بئر الطرابلسية 680.6 ملجم /لتر، وبذلك فقد تجاوز الحد المسموح به حسب المواصفات القياسية الليبية.

بَيَّنت نتائج التحليل الكيميائي الاختلافات المكانية لخصائص مياه الآبار بالمدينة، واتضح أن التلوث يتفاوت مكانياً بين هذه الآبار بسبب عدة عوامل منها الكثافة السكانية، وتباين عمق الآبار، والقرب من مناطق التخلص النهائي من مخلفات الصرف الصحي والآبار السوداء. وتبيّن أن مياه الآبار في المناطق الشرقية من المدينة أكثر جودة من مياه آبار غرب المدينة وشمالها الغربي، سواء في مجموع الأملاح الذائبة أو في العُسْر الكلي.

الكلمات المفتاحية: تلوث المياه، مدينة سبها، التحليل المكاني، الاستيفاء المكاني، نظم المعلومات الجغرافية.

Spatial analysis of the water quality of some wells in the city of Sebha using GIS technology

*Shawqi S. A. Nasser and Nafa Hassan Midoun Abubaker
[1]Sebha University - Faculty of Arts - Department of Geography

A B S T R A C T

This study aimed to analyze the spatial variation of water quality of some wells in Sebha city in southern Libya, where groundwater is the only source of water. The results of the study of samples taken from 16 wells were relied on, representing 17.8% of the total of 90 wells in the city, 93.75% of which are used for residential purposes. Geographically, these samples were distributed all over the city, with a ratio of 31.25% for each of the east and west of the city, 25% for the north, as well as 6.25% for both the city center and the south. Additionally, attention has been paid to significant indicators of water quality, the two most significant of which are total dissolved salts and total

* مؤلف البحث: عناوين البريد الإلكتروني sha.nasser@sebhau.edu.ly
تاريخ استلام البحث 20يناير 2024 - استلام رد المحكمين 22 فبراير 2024 - تم قبوله 19 أغسطس 2024

مجلة جامعة فزان العلمية
Fezzan University scientific Journal
Journal homepage: wwwhttps://fezzanu.edu.ly/

hardness. Drawing maps and conducting spatial analyses of the sample results, including the use of spatial interpolation techniques, were done using the well-known GIS application (ArcGIS 10.3). The wells were precisely located with the Mobile Topographer application. The findings showed that several components, such as the total dissolved solids (TDS) rate witch reached its top in Abdulkaffi well with 3721 ppm and Omm_Alqura well with 3574.1 ppm, and total hardness (TH) which reached its top in Abdulkaffi well with 1136 ppm and Al-Tarabulssia well with 680.6 ppm. Thus, the water of some of these wells, were chemically contaminated to a greater extent than permitted by Libyan standard criteria. The results of the chemical analysis revealed spatial variations in the quality of the city well water, and it was determined that these variations in pollution are caused by many factors, including population density, well depths, and proximity to the locations where sewage waste and domestic septic tanks are finally disposed of. It was discovered that the water from the city's eastern wells is of higher quality than the water from the west and northwest wells.

Keywords: spatial analysis, spatial interpolation, water pollution, Sebha city, GIS.

المقدمة:

تُعدّ المياه من أهم الموارد الطبيعية لحياة الإنسان والكائنات الحية، وهي عامل حاسم في استمرار الحياة من عدمها، وتزداد أهمية الماء في المناطق التي لا تتوفر فيها مصادر متنوعة له، كما هو الحال في منطقة الدراسة (مدينة سبها). هذه المنطقة الصحراوية الحارة تواجه تحديات كبيرة في نقص المياه في ظلِّ المناخ الصحراوي وعدم وجود مصادر مياه سطحية في المنطقة، حيث تعد المياه الجوفية هي المصدر الوحيد للكم الكبير من السكان في المنطقة. هذه الموارد المائية المحدودة، والضغط السكاني الكبير عاملان يهددان الاستقرار السكاني في المنطقة مستقبلاً، وأمكن ملاحظة ذلك من خلال انخفاض ملحوظ في منسوب المياه الجوفية في منطقة الدراسة من جهة، وتلوثها من جهة أخرى لعدة أسباب منها، البنية التحتية لشبكة الصرف الصحي المتهالكة، والزحف العمراني خارج حدود المخططات الذي يرافقه انتشار ظاهرة الآبار السوداء، مع اختلاف أعماق آبار المياه. وكلها عوامل تُسهم في تلوث المياه الجوفية كيمائياً وبيولوجياً واستنزافها، مما ينعكس على جودة المياه الجوفية بالمنطقة من ناحية، ونضوبها من ناحية أخرى. وجميعها عوامل تهديد لاستمرار وبقاء التجمعات السكانية في مثل هذه البيئات الطاردة، من هنا جاءت الدراسة للوقوف على الأسباب والعوامل التي تُسهم في تدني جودة المياه الجوفية بمنطقة الدراسة من خلال تسليط الضوء على (التباين المكاني لخصائص مياه الآبار في مدينة سبها) من أجل تقديم الحلول، والمقترحات، والبدائل اللازمة للحد من هذه المشكلة ومعالجتها في الوقت الحالي، والمستقبل المتوسط والبعيد لضمان حياة وبقاء الأجيال اللاحقة.

مشكلة الدراسة:

يُمثل توفر الماء في منطقة الدراسة عاملاً محدداً أساسياً لوجود التجمعات الحضرية، وتحدياً قوياً للسلطات لاعتمادها بشكل كلي على المياه الجوفية، في ظل انخفاض منسوبها وتلوثها وتدني جودتها، وهذا الواقع يمثل مشكلة الدراسة التي يمكننا تناولها في التساؤلات التالية:

1. ما هي خصائص المياه الجوفية في منطقة الدراسة؟
2. هل هناك تباين واختلاف مكاني في خصائص المياه الجوفية في منطقة الدراسة؟

مجلة جامعة فزان العلمية
Fezzan University scientific Journal
Journal homepage: wwwhttps://fezzanu.edu.ly/

3. كيف يمكن استخدام برامج نظم المعلومات الجغرافية في استنباط التوزيع الجغرافي لبعض عناصر جودة المياه في المدينة.

فرضيات الدراسة:

1. تُعاني بعض آبار المياه بمنطقة الدراسة من التلوث بالعناصر الكيميائية.
2. هناك علاقة بين تلوث مياه الآبار الجوفية بمنطقة الدراسة، والكثافة السكانية وانتشار الآبار السوداء وأعماق آبار المياه الجوفية.
3. يُوجد تلوث كيميائي متفاوت مكانياً بين آبار المياه في منطقة الدراسة.
4. تُسهم برامج نظم المعلومات الجغرافية بشكل دقيق في استنباط التوزيع الجغرافي لبعض خصائص المياه في المدينة

أهمية الدراسة:

تَتَمثل أهمية الدراسة في أنها من أوائل الدراسات التي تستخدم تقنية الاستيفاء المكاني ضمن بيئة نظم المعلومات الجغرافية في القيام بعملية التحليل المكاني لجودة مياه الشبكة العامة في مدينة سبها.

كما أن الدراسة هي محاولة جادة لتقييم جودة مياه الآبار في المنطقة علماً بأنها المصدر الوحيد للتزود بالمياه في المدينة، واقتراح الحلول المناسبة لمشكلة تردي نوعية المياه فيها. وكذلك تلقي الضوء على مدى تطابق مياه الشبكة العامة مع المعايير القياسية الليبية.

أهداف الدراسة:

1. توفير معلومات وبيانات عن جودة المياه الجوفية، والمشاكل التي تواجهها في منطقة الدراسة.
2. التعرف على التوزيع الجغرافي لآبار المياه الملوثة كيمائيا في منطقة الدراسة، باستخدام تقنية نظم المعلومات الجغرافية وتحديد خصائصها واختلافاتها المكانية.
3. توضيح الأسباب والعوامل التي أَسْهمت في تلوث المياه الجوفية والعمل على معالجتها.

منهجية الدراسة:

استخدم المنهج الوصفي والتحليلي، اعتماداً على برنامج نظم المعلومات الجغرافية (ArcGIS 10.3)، في رسم الخرائط، وإجراء التحليلات المكانية لنتائج العينات، كما تمَّ استخدام برنامج (Professional Mobile Topographer) لتحديد مواقع الآبار المدروسة بدقة.

حدود الدراسة المكانية والزمانية:

مدينة سبها بما فيها الامتداد العمراني خارج المخطط العام، واعتمد على نتائج تحليلات لعينات من الآبار أخذت خلال عامي 2013م و2022م.

مجلة جامعة فزان العلمية
Fezzan University scientific Journal
Journal homepage: wwwhttps://fezzanu.edu.ly/

الدراسات السابقة:

1. دراسة (ناجم وشخنوب 2023) بعنوان: تقييم شبكة الصرف الصحي بمدينة سبها باستخدام نظم المعلومات الجغرافية. هَدفت إلى تقييم شبكة الصرف الصحي بالمدينة، واعتمدت على المنهج الوصفي والتحليلي من خلال الأسلوب الاحصائي باستخدام تقنية نظم المعلومات الجغرافية (Arc GIS)، توصلت الدراسة إلى أن أكثر من 50% من مساحة المخطط العمراني للمدينة غير مخدومة بشبكة الصرف الصحي، بالإضافة إلى مناطق التوسع خارج ذلك المخطط. تتوقع الدراسة أن تبلغ كمية مياه الصرف الصحي نسبة 44.3% بحلول عام 2050 م كما أن طريقة التخلص من المياه العادمة في معظم أجزاء مدينة سبها هي الآبار السوداء[1].
2. دراسة (بشير وسليم 2023 م)، بعنوان: التباين المكاني لخصائص المياه الجوفية في محلة الأمان بمنطقة المحجوب مصراتة باستخدام نظم المعلومات الجغرافية. وهدفت إلى تحليل التباين المكاني لخصائص المياه الجوفية في منطقة المحجوب بمصراتة اعتمادا على تحليل عينات من مياه الآبار الجوفية بالمنطقة، وتوصلت الدراسة إلى وجود تباين مكاني للعناصر المدروسة في المنطقة تمّ إظهاره بواسطة الخرائط الرقمية، بالإضافة إلى وجود تلوث كبير في معظم الخصائص الكيميائية كمجموع الأملاح الذائبة والعسر الكلي[2].
3. (دراسة إمريمي والجربي 2021 م)، بعنوان (تقييم جودة مياه شرب الشبكة العامة في بعض مناطق وادي الشاطئ جنوب ليبيا)، هدفت الدراسة إلى تقييم جودة مياه الشرب في منطقة الدراسة فيزيائياً، وكيميائيا، وميكروبيولوجياً وذلك من خلال جمع عشر عينات مع تكرار كل عينة ثلاث مرات، حيث تمّ إجراء التحاليل المختبرية على عينات مياه الشرب في الأبار المدروسة وبينت النتائج أن مياه الشرب للعينات المذكورة غير صالحة للشرب بسبب ارتفاع العناصر الكيمائية فيها مثل (الاملاح الذائبة الكلية، والمعادن الثقيلة في العينات المدروسة) حيث تجاوزت الحدّ المسموح به حسب المواصفات والقياسات الليبية، وهي تتفاوت من منطقة إلى أخرى[3].
4. أما (دراسة بو ستة واعبيدة 2018م) عن مستوى الملوحة في بعض آبار مدينة سبها، فقد توصل الباحثان إلى أن جميع الآبار التي درسوها ذات مستوى ملوحة عالٍ يتجاوز الحدود المسموح بها في المواصفات الليبية لمياه الشرب ما عدا بئر واحد فقط هو بئر سليمان خاطر[4].
5. (دراسة شعيوي وآخرون، 2016)، قاموا بدراسة تقييم جودة مياه الشرب من آبار منطقة قيره الشاطئ كيميائياً وميكروبيولوجياً، وهدفت الدراسة إلى تقييم جودة وخصائص مياه الشرب من آبار منطقة الدراسة، حيث تم جمع العينات من 5 أبار بسعة 1.5 لتر من الماء للاختبارات الكيمائية، وعينات بحجم 1 لتر للجانب الميكروبي، وتوصلت إلى عدم وجود تلوث كيمائي في عينات الآبار المدروسة، مع وجود ميكروبي من مستعمرات البكتريا، وهي ضمن الحدود المسموح بها حسب المواصفات والقياسات الليبية والعالمية.[5]
6. (دراسة الأمين، 2013)، بعنوان: (النمو السكاني وأثره على استعمالات الأرض الحضرية بمدينة سبها) حيث بينت في أحد محاورها عن مصادر المياه في المدينة، بأن معدل الهبوط السنوي للمياه ثابت، وأن مخزون المياه ضئيل جداً وأن مياه الطبقة الجوفية العلوية غير صالحة للاستعمال؛ بسبب الملوحة العالية الناتجة عن السحب المكثف عليها وهذا يُهدد المنطقة مستقبلاً بنضوب المياه الجوفية خلال فترة تتراوح ما بين 150–200 عام قادمة[6].

مجلة جامعة فزان العلمية
Fezzan University scientific Journal
Journal homepage: wwwhttps://fezzanu.edu.ly/

7. دَرَسَ (Salah M Hamad, 2009) التوزيع المكاني لهيدروكيمياء المياه الجوفية في وسط الجبل الأخضر، مستخدماً تقنية نظم المعلومات الجغرافية، وتوصل إلى إنتاج خرائط جيدة تعبر عن ذلك التحليل[7].
8. (دراسة المثناني وميدون، 2009) بعنوان: (الآثار البيئية للتغيرات الديمغرافية بمدينة سبها)، هدفا إلى تحديد الآثار السلبية الناجمة عن النمو السكاني على الوسط البيئي والموارد الطبيعية، واستخدم الباحثان المنهج الوصفي والتحليلي للوصول على النتائج، وتناولت الدراسة في أحد محاورها مشكلة المياه في منطقة الدراسة، وبيّنت النتائج تَعرض المياه الجوفية إلى الاستنزاف وانخفاض منسوبها بمعدل 1.34م /سنوياً؛ بسبب النمو السكاني، واتضح ارتفاع نسبة الأملاح الذائبة الكلية التي بلغت في مياه بئر بحي سكرة 7920ملجم /لتر، وهو يتجاوز أقصى حد مسموح به محليا وهو 1000 ملجم /لتر، وارتفاع البوتاسيوم، والكلوريد في مياه آبار الشرب بالمدينة.[8]
9. (دراسة الغويل، 2008 م)، بعنوان: (المشاريع الزراعية الاستيطانية بمنطقة سبها – دراسة تقييمية)، تُبيّن أن خزنات المياه الجوفية العلوية تحتوي على أملاح بنسبة تتراوح ما بين 750–2000 ملجم / لتر، حيث معظم الآبار تتجاوز الحد المسموح به حسب المواصفات والقياسات الليبية[9].

تَناولت معظم الدراسات السابقة، البحث في مشاكل المياه كتقييم جودتها، وأسباب استنزافها، غير أن الدراسة الحالية أضافت بُعْد التوزيع المكاني لآبار المياه في منطقة الدراسة، وعلاقة هذا التوزيع بتركز الكثافة السكانية، وانتشار الآبار السوداء، والقرب من موقع المصب النهائي لمخلفات الصرف الصحي، واختلاف أعماق آبار المياه بالمدينة.

موقع منطقة الدراسة:

تقع مدينة سبها في الجزء الجنوبي الغربي من ليبيا، وهي عاصمة إقليم فزان، وتبعد عن العاصمة طرابلس 650كم تقريبا باتجاه الجنوب (شكل 1)، وبالنسبة للموقع الفلكي لمنطقة الدراسة فهي تقع بين خطي طول (14:12:30°–14:37:00° شرقا) ودائرتي عرض (:50:00 :26° – :10:00 :27° شمالا).

ويقدر أن عدد سكان سبها قد تجاوز 200000 نسمة بحلول سنة 2020م، في حين تبلغ مساحتها الحضرية حوالي 8048 هكتارا منها داخل المخطط حوالي 3440 هكتارا، يضاف إليها امتداد عمراني خارج المخطط يقدر بقرابة 4608 هكتار[10].

مصادر المياه في منطقة الدراسة:

تُعدّ المياه الجوفية المصدر الوحيد الذي تعتمد عليه كافة أنواع الحياة في منطقة الدراسة، يتزامن مع ندرة الأمطار، وسيادة الظروف الصحراوية القاسية. ومخزون المياه الجوفية في منطقة الدراسة، هو جزء من حوض مرزق المائي الجوفي.

تتكون خزانات المياه الجوفية في منطقة الدراسة من خزانات جوفية سفلية وخزانات جوفية علوية، وهي ضمن رواسب جيولوجية تعود لحقبتي الحياة القديمة والوسطى، حيث تحتضن الكثير من الموارد الطبيعية وأهمها الماء. يستغل التجمع السكاني للمنطقة مياه الخزانات الجوفية السطحية في كافة الاستخدامات (سكنية، زراعية، صناعية وغيرها).

تَتَكون الخزانات الجوفية العلوية من خزانات المجموعة الأولى، وخزانات المجموعة الثانية،. وتتراوح أعماق خزانات المجموعة الأولى من 20– 70 متراً، ويزداد سمك هذا الخزان الجوفي في الاتجاه الجنوبي والشرقي من منطقة الدراسة. وتكون الطبقة

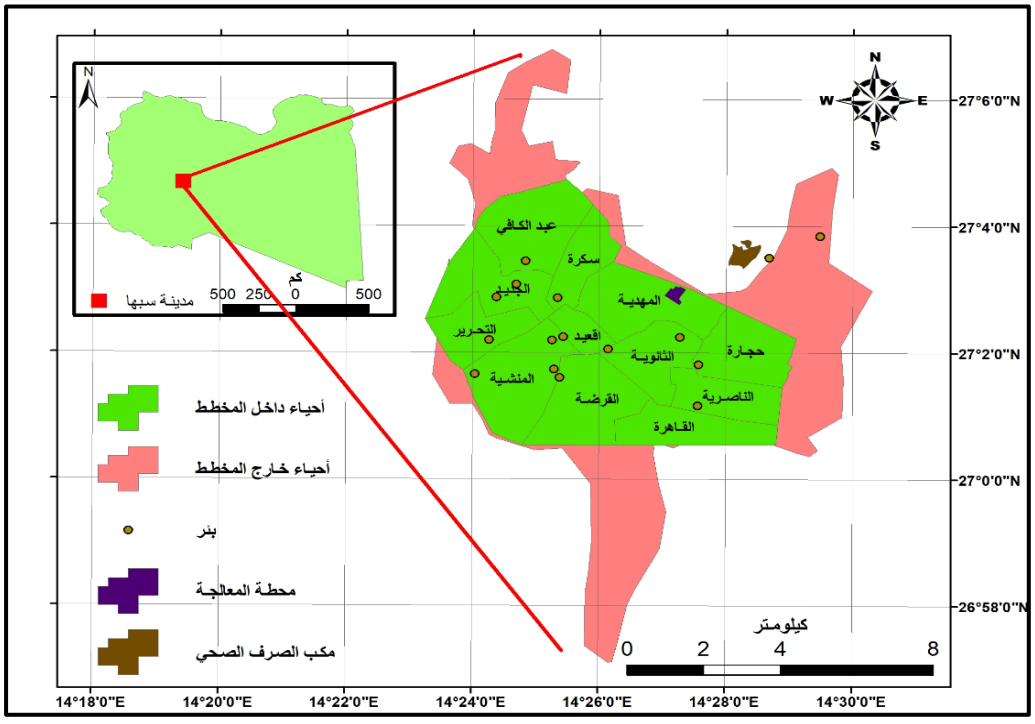
مجلة جامعة فزان العلمية
Fezzan University scientific Journal
Journal homepage: wwwhttps://fezzanu.edu.ly/

الحاوية للمياه أقرب للسطح في شمال وغرب المدينة. وتتفاوت ملوحة المياه في هذه المجموعة، حيث ترتفع الأملاح حتى 800 ملجم /لتر في الأجزاء الجنوبية من منطقة الدراسة، بينما تبلغ ملوحة المياه الجوفية لنفس الطبقة 2800 ملجم / لتر في المواقع الشمالية والوسطى من منطقة الدراسة (مدينة سبها).

كانت مياه هذه الطبقة في الماضي تستخدم للشرب والطهي والزراعة، أما حالياً وبسبب تلوثها بارتفاع كمية الأملاح الذائبة فيها وعناصر أخرى، أصبحت غير صالحة للشرب والطهي، لكنها تستخدم لأغراض أخرى.

أما خزانات المجموعة الثانية من الخزان الجوفي العلوي، الذي يبلغ متوسط سمكها 30 متراً، فإن أعماق المياه الجوفية فيها تتراوح من 70– 200م، ويقلُّ سمكها في شمال المدينة، ويزداد في جنوبها وشرقها، مع تفاوت ملوحة المياه في هذه المجموعة من 130 ملجم /لتر في جنوب المدينة، إلى 500ملجم /لتر في شمال المدينة إلى وسطها. ومياه هذه الطبقة صالحة للشرب والزراعة[11] في وقت سابق، أما بعد مرور عشرين عاماً على البيانات أعلاه، فإن عينات آبار المياه المدروسة في منطقة الدراسة، والموزعة جغرافياً على كافة الأحياء السكنية بالمدينة، فإن نتائجها تؤكد حدوث تلوث في مياه بعض الآبار بالمدينة بارتفاع معدل الملوحة في مناطق كانت مياهها صالحة للشرب في وقت سابق، كما أشارت عدة دراسات لذلك. كما تتطابق نتائج عينات هذه الدراسة التي أجريت خلال عام 2022م، مع نتائج تلك الدراسات على وجود تلوث بالأملاح الكلية الذائبة، والقلوية، والعسر الكلي في العينات المدروسة لمياه الآبار بالمدينة، وهي موزعة جغرافياً على كافة الاتجاهات الجغرافية في المدينة.

الدولة [12].



الشكل (1) الموقع الجغرافي لمدينة سبها وتقسيمها الإداري والآبار الجوفية المدروسة

مجلة جامعة فزان العلمية
Fezzan University scientific Journal
Journal homepage: wwwhttps://fezzanu.edu.ly/

تلوث المياه الجوفية بالأملاح الذائبة الكلية والقلوية والعسر الكلي وتأثيراتها على البيئة:

تَلوث الماء هو: وجود خلل وتغيير في خصائص المياه الطبيعية، والبيولوجية، والكيمائية، بحيث يصبح غير صالح للشرب أو الاستعمالات المنزلية والزراعية والصناعية .[13]

رَكزت الدراسة على التلوث الكيمائي للمياه الجوفية بمدينة سبها؛ لمعرفة جودتها، وعلاقتها بالتباين المكاني من خلال عدد من الآبار المدروسة بلغ عددها 16 بئراً، بيّنت نتائج التحليل المختبري بوجود تلوث كيمائي في مياه الآبار المدروسة من خلال ارتفاع الأملاح الذائبة، مما يجعل طعم الماء ذا ملوحة عالية، وهذا يُعِيق الاستخدام في معظم الاحتياجات، سواء أكانت سكنية، أو زراعية، كما تؤثر المياه المالحة على التربة الزراعية، وتحولها إلى طبقات ملحية تُسهم في التصحر، ويصاب النبات والأشجار بأمراض؛ نتيجة ملوحة الماء التي تعمل على تخفيض قدرتها على العمليات الحيوية، مما يُقلّ الإنتاجية الزراعية، كما يؤدي ارتفاع الملوحة في المياه إلى تلف المعدات والأجهزة المنزلية[14]. أما تلوث الماء بارتفاع العسر الكلي، فهو مجموع أيونات الكالسيوم والمغنسيوم، ويؤدي إلى انخفاض كفاءة ذوبان الصابون في المياه الطبيعية [15]. كما أن انخفاض ذوبان الصابون في تلك المياه يزيد من استهلاك المنظفات بصورة كبيرة، وإلى تراكم الرواسب الملحية على جدران المعدات والأجهزة والأنابيب مما يعرضها للتلف. أما الآثار البيئية، هو تهديدها بالتصحر وفقدانها للتنوع الحيوي[16]. ولا شك أن تلوث المياه الجوفية يُعرض النظام البيئي الهش في هذه البيئة الصحراوية القاسية للخطر.

خصائص المياه الجوفية بمنطقة الدراسة:

تَتَميّزُ المياه الجوفية بالمنطقة بأنها مياه أحفوريه قديمة، تكونت في حِقَب جيولوجية قديمة، وهي غير متجددة، في منطقة صحراوية حارة وجافة، لا تهطل فيها أمطار، بل زخات مطر لا تتكرر إلا بعد مرور سنوات طويلة من الجفاف[17]. وتقع منطقة الدراسة في الموضع المُحدب من حوض مرزق المائي، أي على الحافة الشمالية للحوض بعيداً عن المواضع المقعرة من حوض مرزق المائي، الذي يمثل بطن الحوض حيث تتجمع المياه بكميات كبيرة. وهذا الوضع يُقلّ فرص حصول منطقة الدراسة على المياه من المخزون المائي الجوفي لحوض مرزق [18]، خاصة في ظلِ انخفاض منسوب المياه الجوفية إلى 0.97م / سنة [19]، كما تختص المنطقة بمعدلات تبخر عالية تفوق معدلات المطر السنوي بمئات المرات، حيث يبلغ معدل التبخر 3341ملم / السنة [20].

مصادر وأسباب تلوث المياه الجوفية:

تُعدّ طبقات المياه الجوفية القريبة من السطح الأكثر عرضة لأنواع التلوث البكتريولوجي والكيميائي، ويحدث ذلك بمياه المجاري، أو الأسمدة، والمبيدات الحشرية، أو السبخات، وتمّ اكتشاف تلوث كيمائي لآبار المياه الجوفية القريبة من موقع المصب النهائي لفضلات الصرف الصحي بمدينة سبها. كما أن عمليات حفر آبار المياه الجوفية بدون توفر مواصفات، ومعايير الحفر الصحي تشكل تهديدا لإمكانية حدوث تلوث، واختلاط، وتداخل لمياه الخزانات الجوفية[21].

ومن المعروف أن انتشار العديد من الأمراض راجع إلى تلوث المياه الجوفية؛ حيث سجل في الفترة من 1971م– 1985م أن أكثر من 245 مرضاً له علاقة بتلوث المياه الجوفية. وأشارت وكالة حماية البيئة الأمريكية *Environmental Protection Agency* أن 10% من شبكات توزيع مياه الشرب، لا تتوفر بها المواصفات، والمعايير الصحية، مما يجعلها عاملاً مهما في

مجلة جامعة فزان العلمية
Fezzan University scientific Journal
Journal homepage: wwwhttps://fezzanu.edu.ly/

حدوث التلوث البيولوجي، مع انتشار التلوث بالمبيدات المسببة للسرطان، والتلوث الميكروبي للمياه الجوفية. وقد يكون مصدر التلوث طبيعياً أو بشرياً، متمثلاً في التلوث الزراعي، أو المنزلي (شبكة الصرف الصحي أو الآبار السوداء)، أو مصدراً صناعياً. أما المصدر الطبيعي فقد يحدث التلوث للمياه الجوفية بسبب العناصر التي تحملها التكوينات الصخرية [22].

إنَّ من أهم أسباب ارتفاع الأملاح في المياه الجوفية، هو السحب المكثف من موارد المياه الجوفية في المجالات السكنية والزراعية، بالإضافة لوجود السبخات والرواسب الملحية[23]. كما يؤدي التخلص غير الآمن لفضلات الصرف الصحي غير المعالجة بطرق غير سليمة إلى تلوث طبقات المياه الجوفية القريبة من السطح [24]. وأشارت دراسة إلى أن أهم أسباب المشكلات الناتجة عن استنزاف المياه الجوفية في سهلي الجفارة وبنغازي هو التزايد السكاني الهائل، الذي يُسهم في رفع معدلات الاستهلاك، والضغط على الموارد المائية، حيث يتزامن مع انتشار حفر الآبار العشوائية دون توفر المعايير والشروط الصحية [25].

التوزيع الجغرافي للآبار المدروسة:

يُقدر عدد الآبار في مدينة سبها سنة 2005م بحوالي 3221 بئراً، منها 60 بئراً مخصصة لمياه الشرب[26]، وربما يكون العدد قد زاد عن ذلك فيما بعد، ويحتمل أن آبار الزراعة قد تناقصت بسبب تحويل كثير من المزارع إلى مناطق سكنية.

اعتمدت الدراسة على نتائج تحليلات حديثة لعدد (16) بئراً منتشرة في جميع أحياء المدينة (شكل 2)، منها ثلاثة آبار تقع خارج المناطق المخدومة بشبكة الصرف الصحي، وبئران واقعان قرب مصب الصرف الصحي شمال المدينة، وبذلك فإن (11) بئراً من الآبار المدروسة موزعة داخل أحياء لا يوجد فيها آبار سوداء (جدول 1). ومع ذلك يلاحظ أن سوء شبكة الصرف الصحي أدى إلى الطفح المستمر للمياه العادمة في أجزاء كثيرة من المدينة ولا سيما في حي المهدية (حيث توجد محطة المعالجة في طرفه الشمالي)، الأمر الذي قد يجعل هذه المياه تتسرب إلى المياه الجوفية تماماً كما في الآبار السوداء.

تقنية الاستيفاء المكاني Spatial interpolation:

تُستخدم تقنية الاستيفاء المكاني في إطار نظم المعلومات الجغرافية في استنباط القيّم السطحية، في المناطق التي لا توجد بيانات عنها من خلال نقاط معلومة البيانات منتشرة في المنطقة المدروسة[27]. وتتضمن هذه التقنية عدة أدوات أشهرها الأداة (Kriging)، وهي طريقة من طرق الاستيفاء المكاني تعتمد على طريقة الإحصاء المكاني (geostatistical method) التي تقوم باستنباط القيّم المجهولة من خلال القيم المعروفة للنقاط (ArcGIS 10.3 Help)، ومن ثُمّ تقوم بتقدير الانتشار المكاني للقيّم على المساحة الكلية للمنطقة كسطح متصل (Raster surface) باستخدام أسلوب خطوط التساوي. ويتم الوصول إلى الأداة (Kriging) من خلال مجموعة أدوات الاستيفاء المكاني (Spatial Interpolation) ضمن صندوق الأدوات (Toolbox) في برنامج نظم المعلومات الجغرافية الشهير (ArcGIS 10.3).

مجلة جامعة فزان العلمية
Fezzan University scientific Journal
Journal homepage: wwwhttps://fezzanu.edu.ly/

الجدول (1) عينات آبار المياه المدروسة وخصائصها ومصادر تلوثها

رقم العينة	موقع البئر	المحلة السكنية	العمق/ بالأمتار	الأملاح الذائبة الكلية ملجم/لتر	العسر الكلي	مصادر التلوث القريبة	استخدامات البئر
1	شرق المصب	حجارة	119	1437.7	376	مصب الصرف الصحي	سكني
2	بالقرب من مدرسة الواحة	الناصرية	105	1988.8	456	صرف صحي	سكني
3	بالقرب من جامع عقبة بن نافع	حجارة	154م	201.3	100	صرف صحي	سكني
4	بالقرب من مسجد الشورى	حجارة	150م	805.11	284	**آبار سوداء**	سكني
5	مزرعة بن دلة	حجارة	120م	1671.2	412	مصب الصرف الصحي	زراعي
6	مركز العزل الصحي	وسط المدينة	160م	1591.9	452	صرف صحي	سكني
7	الجامع العتيق	المنشية	150م	2367.8	484	صرف صحي	سكني
8	نادي النهضة	الجديد	160	967.3	232	آبار سوداء	سكني
9	جامع أم القرى	حي التحرير	80م	3574.1	472	آبار سوداء	سكني
10	حي 80	المنشية	130م	2109.8	480	آبار سوداء	سكني
11	جامع الصحابة	القرضة	100م	1057.9	376	صرف صحي	سكني
12	السوق المحروق	المنشية سوق النملة	147.9م	2432	404	صرف صحي	سكني
13	الطرابلسية	سكرة	150	2210	680.6	صرف صحي	سكني
14	مدرسة الحرية	الجديد	148	1950	135.651	صرف صحي	سكني
15	عبد الكافي 3	عبد الكافي	146	3721	1136	صرف صحي	سكني
16	سليمان خاطر	المنشية	117	699	250.54	صرف صحي	سكني

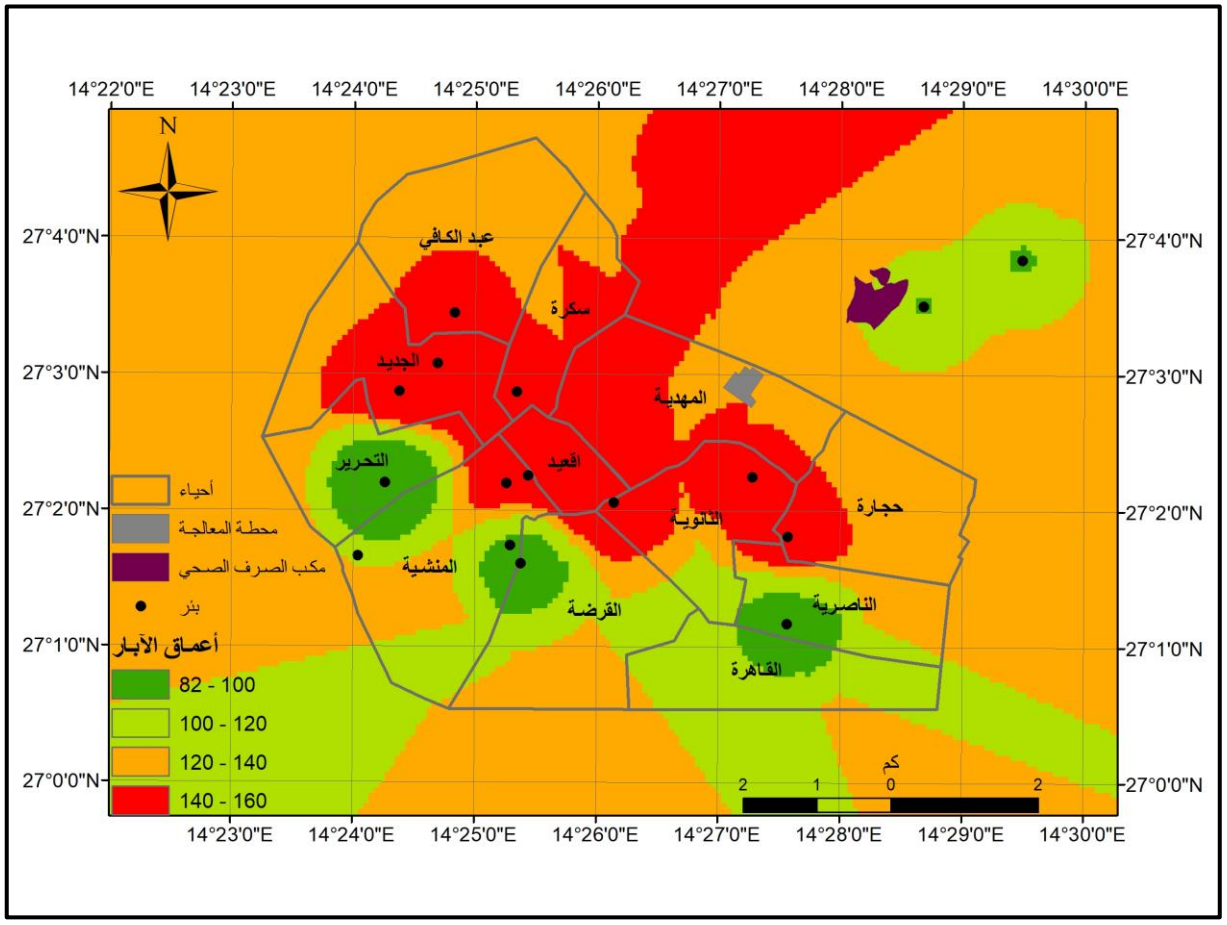
المصدر: إعداد الباحثين استناداً إلى الدراسة الميدانية وكل من: (ناجم وشخنوب 2023)، (بوستة واعبيدة 2023) و(المركز الليبي لعلوم وتكنلوجيا البيئة 2022)

النتائج والمناقشة:

مجلة جامعة فزان العلمية
Fezzan University scientific Journal
Journal homepage: wwwhttps://fezzanu.edu.ly/

العلاقة بين جودة المياه وأعماق الآبار:

بَلَغَ معامل الارتباط بين مجموع الأملاح الذائبة، وأعماق الآبار المدروسة 0.1، مما يعني أن الارتباط ضعيف جداً بين هذين العاملين. ويُوضح الشكل (2) تقدير أعماق الآبار في مدينة سبها، بناءً على استخدام الأداة (Kriging). ويرجع السبب إلى تقارب أعماق الآبار، فهي تتراوح بين 100 – 160م، ما عدا بئر مسجد أم القرى الذي يبلغ عمقه 80م (وهو أقل الآبار المدروسة عمقاً حيث يقل عمقه عن 100م).



الشكل (2) توزيع أعماق الآبار بمدينة سبها

تَستمد جميع الآبار مياهها من الخزان المائي العلوي، الذي يمكن أن يكون متأثراً بالنشاطات السطحية، كالزراعة، ومياه الصرف الصحي، والآبار السوداء؛ وتَمَّ التوصل إلى هذه النتيجة بسبب التدهور المستمر لمياه هذه الطبقة، وهبوط منسوبها باستمرار مع التزايد السكاني[28]. وذلك على العكس من الخزان العميق الذي يتميز بمياه أجود بشكل عام.

توزيع ملوحة مياه الآبار في مدينة سبها: Total Dissolved Solids (TDS)

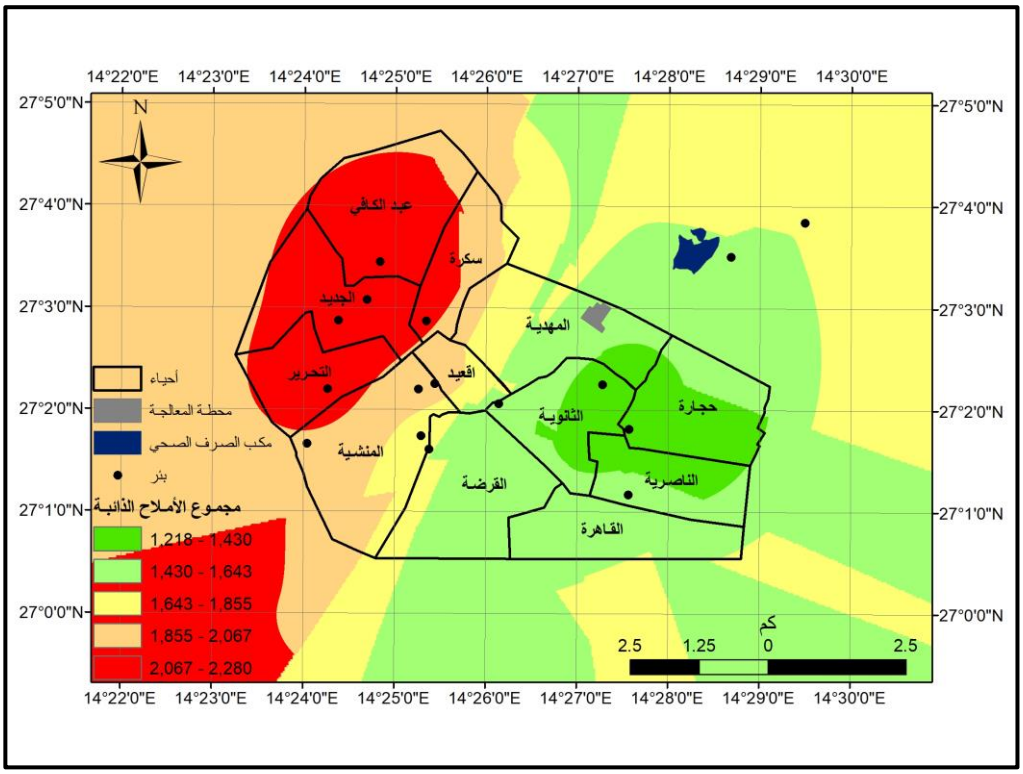
مجلة جامعة فزان العلمية
Fezzan University scientific Journal
Journal homepage: wwwhttps://fezzanu.edu.ly/

تَجاوزت نسبة الملوحة (مجموع الأملاح الذائبة) الحدود المسموح بها في معظم الآبار المدروسة، حيث بلغ عدد تلك الآبار 12 بئراً (من مجموع 16 بئراً)، وكانت ثلاثة آبار تحت الحد المسموح به، في حين كانت مياه أحد الآبار فقط من النوعية الجيدة، وهو بئر جامع عقبة.

ويُنظر إلى (مجموع الأملاح الذائبة TDS) إلى أنها دالة على نسبة الملوحة، ونوعية المياه سواء أكانت متأينة وبشكل كاتيونات أو أيونات، أو غير متأينة في المحلول[29].

يُعدّ التركيز الكلي للأملاح الذائبة مؤشراً على مدى ملاءمة المياه لغرض أو أكثر من أغراض الاستخدام، فكلما زادت نسبة الأملاح الذائبة، كانت استخدامات المياه محدودة.

يُبيّن الشكل (3) توزيع الملوحة الكلية في مدينة سبها، ومنه يتضح أن الأجزاء الشرقية من المدينة تحتوي على مياه أجود في ناحية الملوحة من الأحياء الغربية.



الشكل (3) التوزيع الجغرافي لمجموع الأملاح الذائبة في الآبار المدروسة بمدينة سبها

توزيع العسر الكلي لمياه الآبار في مدينة سبها: Total Hardness (TH)

يُعرف العُسْر الكلي، بأنه مجموع أيونات الكالسيوم والمغنيسيوم على شكل كربونات الكالسيوم (جزء في المليون)، ويشكل عسر الماء مقياساً لقابلية كفاءة ذوبان الصابون في المياه الطبيعية[30]. ويُعدّ العسر الكلي من أهم المؤشرات التي تؤثر على

مجلة جامعة فزان العلمية
Fezzan University scientific Journal
Journal homepage: wwwhttps://fezzanu.edu.ly/

صلاحية استخدامات المياه المنزلية؛ لتأثيره المزعج على قدرة الماء في إذابة الصابون، فإن زيادة العُسْر الكلي تؤدي إلى ترسيب كربونات الكالسيوم في الأنابيب والسخانات مما يؤدي إلى سرعة إتلافها.

كما تَبيّن من الجدول (1) فإن العُسْر الكلي لمياه الآبار المدروسة يتراوح بين 100–1136 ملغم/لتر، والحد الأمثل للعُسْر الكلي هو 200 ملغم/لتر، وتُعدّ المياه غير صالحة للاستخدام البشري إذا زاد عسرها الكلي عن 500 ملغم/لتر.

وتجاوزت نسبة العُسْر الكلي الحدّ المسموح به في مياه بئرين فقط من الآبار المدروسة، هما بئر عبد الكافي 3 وبئر الطرابلسية بحي سكرة، في حين كانت المياه ممتازة من ناحية العسر الكلي في بئرين فقط أيضا هما: بئر الحرية وبئر مسجد عقبة، أما بقية الآبار فكانت المياه فيها تتراوح بين الجيدة وشبه العُسْرة. ومن الشكل يتضح أن مياه الجزء الشرقي من المدينة أجود من مياه الجزء الغربي من ناحية العسر الكلي.

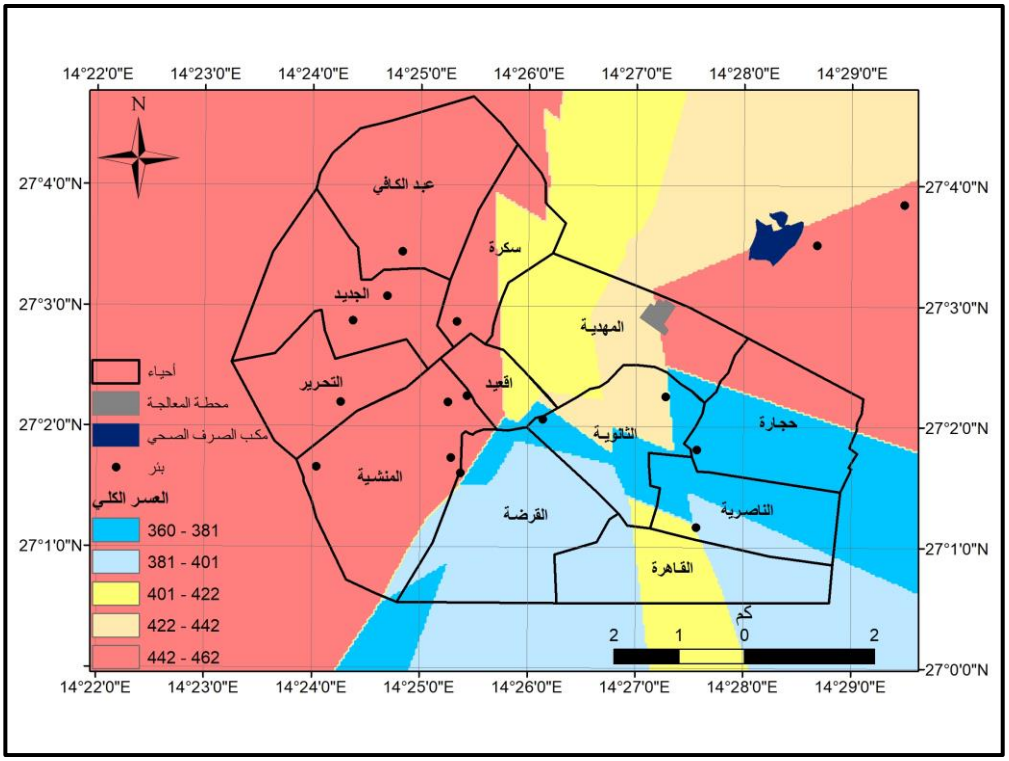
العلاقة بين الكثافة السكانية وجودة المياه

تَختلف الكثافة السكانية في أحياء مدينة سبها بين حي وآخر، وحسب آخر الدراسات[31] فإن كثافة السكان تتفاوت حسب الإحصائيات حيث بلغت 74 نسمة /هكتار في حي المنشية، حيث تتركز الكثافة السكانية بينما بلغت المعدل 8 نسمة /هكتار في حي القاهرة (جدول 2) تشير الأرقام إلى وجود علاقة بين الكثافة السكانية وجودة وخصائص مياه الآبار من خلال مؤشر معيار مجموع الأملاح الذائبة في مياه الآبار وتمّ الاعتماد على متوسط مجموع الأملاح الذائبة في الاحياء السكنية التي يوجد فيها بئرين فأكثر وتشير قيمة معامل الارتباط بين مجموع الاملاح الذائبة في مياه الآبار و الاحياء السكنية ذات الكثافة السكانية العالية إلى 0.037 وهي دلالة على ارتباط موجب ضعيف جداً .

إنَّ سوء شبكات الصرف الصحي بالمدينة (شكل 5)، يُهدد المياه الجوفية القريبة من السطح بحدوث تلوث محتمل يلاحظ على معظم الأحياء السكنية عدم توفر شبكات للصرف الصحي للمياه العادمة، ويُقدر الجزء الذي تتوفر فيه شبكات للصرف الصحي نسبة أقل من 50% من إجمالي مساحة المدينة التي حظيت بالمخطط العمراني [32]. وتغطي طريقة حفر الآبار السوداء مساحات كبيرة من المدينة خاصة في الأحياء السكنية التي لا توجد فيها شبكات للصرف الصحي، ويظلّ ذلك عامل تهديد للبيئة، والصحة العامة يلوح بحدوث تلوث مرتقب.

وعند مقارنة الشكل (5) بالشكل (3) الذي يمثل كمية الأملاح الذائبة في الآبار يمكن ملاحظة العلاقة، حيث تزداد كمية الأملاح الذائبة في آبار المناطق غير المخدومة بالشبكة كما في حي عبد الكافي شمالاً.

مجلة جامعة فزان العلمية
Fezzan University scientific Journal
Journal homepage: wwwhttps://fezzanu.edu.ly/



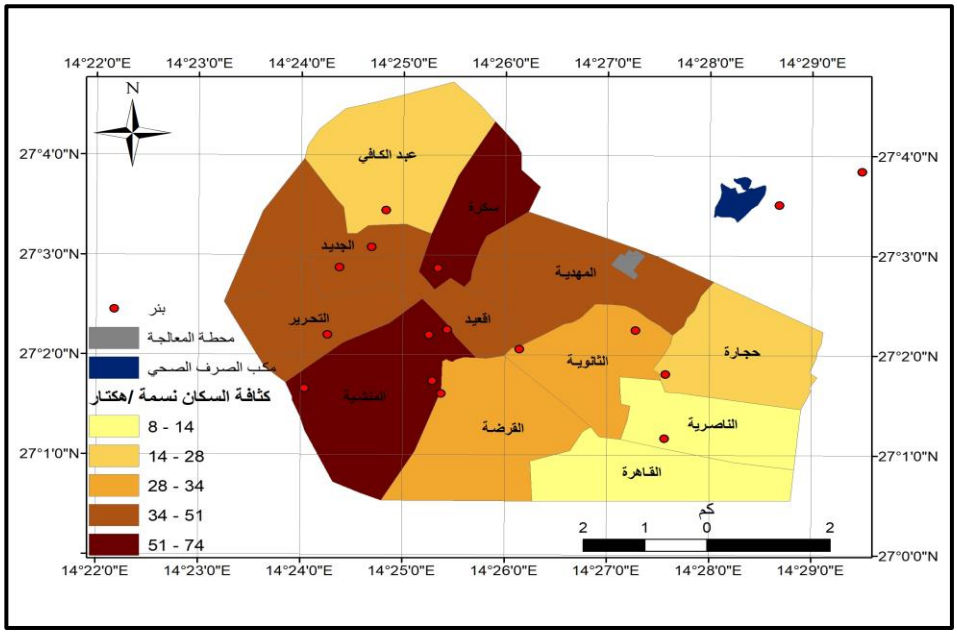
الشكل (4) التوزيع الجغرافي للعسر الكلي في مدينة سبها

الجدول(2) الكثافة السكانية في أحياء مدينة سبها بالمقارنة مع متوسط مجموع الأملاح الذائبة ملجم/لتر

اسم الحي	الكثافة السكانية نسمة/ هكتار	متوسط مجموع الأملاح الذائبة في آبار الحي
حجارة	24.09	1028.83
المنشية	74.09	1902.15
سكرة	62.37	2210
المهدية	51.53	1198.5
الجديد	50.85	1158.65
اقعيد (وسط المدينة)	48.93	1591.9
التحرير	43.86	3574.1
القرضة	34.02	1057.9
الثانوية	31.44	1198.5
عبد الكافي	28.16	3721
الناصرية	14.36	1988.8

مجلة جامعة فزان العلمية
Fezzan University scientific Journal
Journal homepage: wwwhttps://fezzanu.edu.ly/

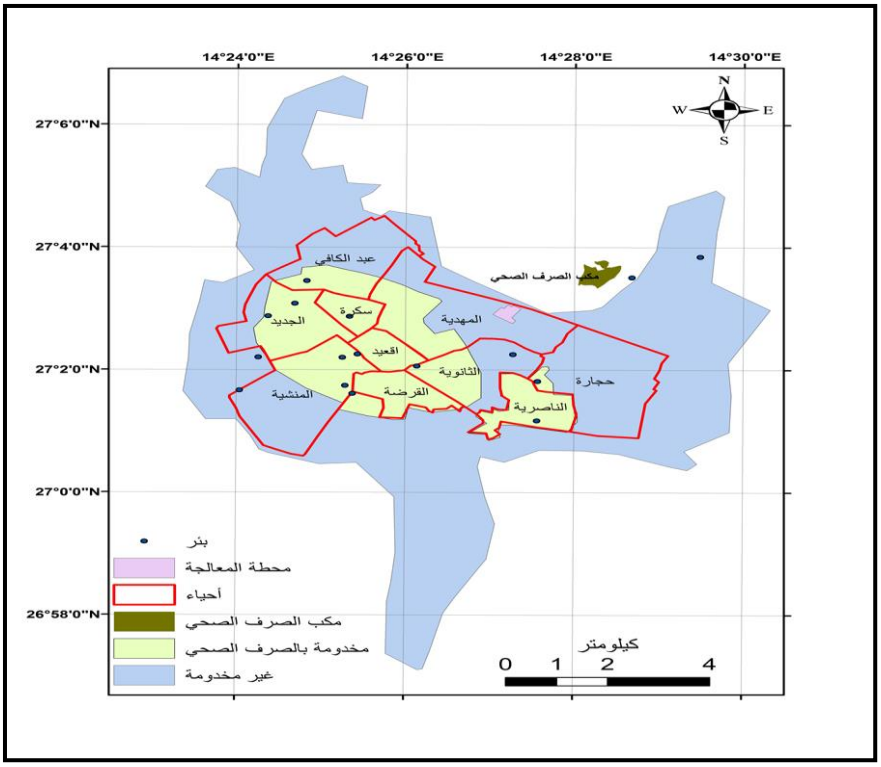
القاهرة	8.06	1988.8



الشكل (5) كثافة السكان في أحياء مدينة سبها

مجلة جامعة فزان العلمية
Fezzan University scientific Journal
Journal homepage: wwwhttps://fezzanu.edu.ly/

Source: UN –Habitat (2018), City Profile of Sebha Libya (Report). P18.



الشكل (6) المناطق المخدومة وغير المخدومة بشبكة الصرف الصحي بمدينة سبها
المصدر: بتصرف عن: ناجم وشخنوب (2023م).

الخلاصة:

1. بَلغت نسبة التلوث بالأملاح الكلية الذائبة في العينات المدروسة 75%، من إجمالي العينات التي تجاوزت فيها كمية الأملاح الكلية الذائبة الحد المسموح به في المواصفات القياسية الليبية وهي (500– 1000ملجم /لتر)، حيث بلغت أعلى ارتفاعها في مياه آبار حي عبد الكافي بمعدل 3721 ملجم /لتر، وتشير الإحصائيات أن معدل الملوحة المطابق للمواصفات القياسية الليبية لا تتعدى عينة واحدة فقط من إجمالي العينات المدروسة.
2. تَجاوزت نسبة العسر الكلي الحد المسموح به محلياً، وهو أعلى من 200 ملجم /لتر، في مياه بئرين فقط من الآبار المدروسة، هما بئر عبد الكافي 3 (1136 ملجم /لتر)، وبئر الطرابلسية بحي سكرة (680.6 ملجم /لتر)، في حين كانت المياه ممتازة من ناحية العسر الكلي في بئرين فقط أيضاً هما: بئر الحرية (135.651 ملجم /لتر)، وبئر مسجد عقبة (100 ملجم /لتر)، أما بقية الآبار فكانت المياه فيها تتراوح بين الجيدة وشبه العسرة.
3. أمكن استخدام تقنية نظم المعلومات الجغرافية عن طريق تحليل الاستيفاء المكاني (Spatial Interpolation) باستخدام الأداة (Kriging)، في توزيع عناصر عمق مياه الآبار، ومجموع الأملاح الذائبة والعسر الكلي، مما ساعد على تفسير التوزيع المكاني لهذه العناصر في مدينة سبها.

مجلة جامعة فزان العلمية
Fezzan University scientific Journal
Journal homepage: wwwhttps://fezzanu.edu.ly/

4. تَبيّن أن المناطق الشرقية من مدينة سبها تحتوي على مياه أجود من مناطقها الغربية، سواء أكانت من ناحية مجموع الأملاح الذائبة، أو العسر الكلي.
5. لَمْ يَظهر ارتباط واضح بين الكثافة السكانية، ونوعية مياه الآبار في مدينة سبها.
6. ظَهَرت علاقة بين نوعية المياه، وجودة شبكة الصرف الصحي في المدينة، حيث بلغ معامل الارتباط بينهما 0.037، وهو ارتباط موجب ضعيف جداً. ويرجع ذلك إلى تداخل الأحياء وصغر مساحتها. فالآبار الموجودة في مناطق مخدومة بشبكة الصرف الصحي ذات نوعية مياه أجود من مثيلتها الموجودة في مناطق يتمّ التخلص من المياه العادمة فيها عن طريق الآبار السوداء.

التوصيات:

يُوصي الباحثان بالإجراءات التالية؛ للحفاظ على نوعية المياه الجوفية بمدينة سبها:

1. تَنفيذ خدمة الصرف الصحي، لجميع أجزاء المدينة بما فيها الأحياء الموجودة خارج المخطط.
2. تَنفيذ محطة معالجة حديثة، وكافية لاستيعاب كميات مياه الصرف الصحي، على أن تشمل المعالجة إزالة نسبة كبيرة من الأملاح، ومن ثم استخدام المياه المعالجة في ريّ المساحات الخضراء داخل المدينة وحولها، مما يحسن من نوعية المياه الجوفية.
3. تَرشيد استهلاك المياه، عن طريق تحسين شبكة الإمداد والخزانات العلوية، وتوفير المياه على مدار 24 ساعة مما يُقلّ من الفاقد عن طريق التسرب، والتعبئة الزائدة للخزانات المنزلية.
4. تَزويد جميع المنازل، والمؤسسات المستهلكة للمياه بعدادات، وجباية رسوم استهلاك المياه حسب درجات الاستهلاك، مما يُقلّ من الاستهلاك بشكلٍ كبيرٍ.
5. تَفعيل المختبر البلدي لتحليل المياه، والقيام بالتحليلات الدورية لمياه الشبكة.

شكر وتقدير

يَود الباحثان أن يتقدما بالشكر الجزيل إلى المهندس/ محمد السنوسي، مدير شركة المياه والصرف الصحي في المنطقة الجنوبية، على المعلومات القيمة التي زوَّد البحث بها، وعلى المساعدة اللوجستية التي قدمها، والتي لولاها لما تم إنجاز البحث بهذه الصورة، كما لا يفوتنا أن نشكر الدكتور الفاضل/ عبد السلام المثناني، والأستاذ/ مسعود بوسته لما قدما من بيانات أَسهمت في خروج هذه الورقة إلى عالم النور.

المراجع

[1] - ناجم، إمباركة صالح، وشخنوب، وفاء عطية (2023)، "تقييم شبكة الصرف الصحي بمدينة سبها باستخدام نظم المعلومات الجغرافية"، الجمعية الليبية للاستشعار عن بعد ونظم المعلومات الجغرافية، المؤتمر الدولي الخامس للاستشعار عن بعد ونظم المعلومات الجغرافية، طرابلس.

[2] -إبشير، فاطمة صالح و سليم، علي مصطفى (2023)، " التباين المكاني لخصائص الدياه الجوفية في محلة الأمان بمنطقة المحجوب مصراتة باستخدام نظم المعلومات الجغرافية" مجلة أبحاث، جامعة سرت، المجلد 15، العدد 2.

[3] - إمريمي، محمود عبد الله و الجربي، علي مختار (2021) "تقييم جودة مياه شرب الشبكة العامة في بعض مناطق وادي الشاطئ جنوب ليبيا" مجلة العلوم التطبيقية، العدد (6).

مجلة جامعة فزان العلمية
Fezzan University scientific Journal
Journal homepage: wwwhttps://fezzanu.edu.ly/

[4] - بوستة، مسعود فرج و اعبيدة،عبدالسلام علي، (2018) "دراسة مستوى الملوحة في المياه الجوفية في بعض آبار مدينة سبها بحوض مرزق جنوب ليبيا"، (منشور على شبكة الانترنت).

[5]- شعيوي، أسعد محمد، وعلي، حنان السنوسي، والجيلاني، خديجة المبروك (2016) "تقييم جودة مياه الشرب من آبار منطقة قيرة الشاطئ كيميائيا و ميكروبيولوجيا" ICCPGE-2016, 1مؤتمر جامعة المرقب، الخمس.

[6] - الأمين، فهمي الأمين (2013) "النمو السكاني وأثره على استعمالات الأرض الحضرية بمدينة سبها" رسالة ماجستير غير منشورة، قسم الجغرافيا، كلية الآداب، جامعة سبها.

[7] - Hamad, Salah M (2009), "Spatial Analysis of groundwater hydrochemistry in central part of Cyrenaica" Journal of remote sensing (association of Arab remote sensing centers) No 2.

[8]- المثناني، عبدالسلام محمد و ميدون، نافع حسن (2009) الآثار البيئية للتغيرات الديمغرافية بمدينة سبها، المؤتمر الجغرافي التاسع، طرابلس.

[9] - الغويل، ناصر علي عبدالسلام (2008) " المشاريع الزراعية الاستيطانية بمنطقة سبها – دراسة تقييمية"، رسالة ماجستير، كلية الآداب، قسم الجغرافيا، جامعة سبها.

[10] - ناجم، امباركة صالح، وشخنوب، وفاء عطية (2023)، مرجع سابق.

[11] - البريكي، الزروق صالح الزروق (2005) "البعد الجغرافي لحوادث الطرق البرية في منطقة سبها" رسالة ماجستير غير منشورة، قسم الجغرافيا، كلية الآداب، جامعة سبها.

[12]- مقابلة شخصية مع المهندس محمد السنوسي 2023م.

[13] - عساف، هدى و المصري، محمد سعيد (2007) "مصادر تلوث المياه الجوفية" هيئة الطاقة الذرية، تقرير عن دراسة علمية مكتبية، قسم الوقاية والأمان، سورية.

[14] - لامة، محمد عبد الله (2000) "المشكلات الناتجة عن استنزاف المياه الجوفية في سهلي الجفارة وبنغازي وطرق التغلب عليها " مجلة قاريونس العلمية، السنة الثالثة عشر، العدد (3و4)، منشورات جامعة قاريونس، بنغازي.

[15] - شعيوي، أسعد محمد، وعلي، حنان السنوسي، والجيلاني، خديجة المبروك (2016)، مرجع سابق.

[16] - لامة، محمد عبد الله (2000)، مرجع سابق.

[17] - فضل، محمد علي و بولقمة، الهادي (1995)، الموارد المائية، في كتاب: الجماهيرية دراسة في الجغرافيا، (تحرير: الهادي بولقمة وسعد القزيري)، سرت، الدار الجماهيرية للنشر.

[18] - الأمين، فهمي الأمين (2013)، مرجع سابق.

[19] - البريكي، الزروق صالح الزروق (2005)، مرجع سابق.

[20] - الشامي، كامل خالد (1990) "مقارنة لنوعية مياه الشرب في المدن الصحراوية بالمعايير القياسية لمنظمة الصحة العالمية مدينة سبها " مجلة الدراسات الافريقية، السنة الثالثة، العدد (3) منشورات مركز البحوث والدراسات الافريقية، سبها.

[21] - المرجع السابق.

[22] - عساف، هدى والمصري محمد سعيد (2007)، مرجع سابق.

[23] - إمريمي، محمود عبد الله و الجربي، علي مختار (2021)، مرجع سابق.

مجلة جامعة فزان العلمية
Fezzan University scientific Journal
Journal homepage: wwwhttps://fezzanu.edu.ly/

[24] - الرفاعي، سلطان (2009)، التلوث البيئي "أسباب، أخطار، حلول" ط الأولى، عمان، دار أسامة.

[25] - لامة، محمد عبد الله (2000)، مرجع سابق.

[26] - المثناني، عبدالسلام محمد و ميدون، نافع حسن (2009)، مرجع سابق.

[27] - Hamad, Salah M (2009), Op Cit.

[28] - المثناني، عبدالسلام محمد و ميدون، نافع حسن (2009)، مرجع سابق.

[29] - امشهر، عمران علي، وعطاف، سالم فرج (2021)، "تقييم وتصنيف نوعية مياه الآبار بمنطقة وادي زمزم ومدى صلاحيتها لأغراض الشرب والري"، مجلة جامعة سبها للعلوم البحتة والتطبيقية، مجلد 20 العدد4.

[30] - شعيوي، أسعد محمد، وعلي، حنان السنوسي، والجيلاني، خديجة المبروك (2016)، مرجع سابق.

[31] - UN –Habitat (2018), Rapid City Profiling and Monitoring System, City Profile of Sebha Libya (Report).

[32] - ناجم، امباركة صالح، وشخنوب، وفاء عطية (2023)، مرجع سابق.