DOI: https://doi.org/10.33193/JEAHS.50.2026.754
e-ISSN: 2709-071X
p-ISSN: 2709-0701
مجلة العلوم التربوية والإنسانية
Journal of Educational and Human Sciences
www.jeahs.com
Volume (50) March 2026
العدد (50) مارس 2026

التحليل المكاني لتلوث المياه الجوفية بالعناصر الثقيلة في حي المدفعي

م.د. آيات سعيد حسين
كلية التربية للبنات، جامعة بغداد، العراق
البريد الالكتروني: ayat.saeed@coeduw.uobaghdad.edu.iq

الملخص

يهدف البحث إلى تحليل التوزيع المكاني لتلوث المياه الجوفية بالعناصر الثقيلة في حي المدفعي ، بوصفها موردًا مائيًا يعتمد عليه في الاستخدامات المنزلية والزراعية . كما تناولت الدراسة تحديد العوامل المؤثرة في تلوث المياه الجوفية وقياس مستويات تراكيز العناصر الثقيلة ، مع بيان التباين المكاني بين آبار منطقة الدراسة والتباين الزماني بين فصلي الصيف والشتاء. ولتحقيق ذلك ، جرى اختيار 10 آبار موزعة ضمن منطقة الدراسة ، وجُمعت منها عينات مائية خلال فصلي الصيف والشتاء. وشملت الدراسة التحليل المكاني باستخدام نظم المعلومات الجغرافية (GIS)، فضلاً عن المعالجة الإحصائية للبيانات بالاعتماد على الإحصاءات الوصفيةواختبار (t) للعينات المترابطة للكشف عن دلالة الفروق بين الموسمين .

شملت التحاليل المختبرية قياس تراكيز النحاس (Cu) ، الرصاص (Pb) ، الحديد (Fe) ، الخارصين (Zn) ، المنغنيز (Mn) ، والفوسفات (PO_4) ، النيكل (Ni) ، الكادميوم (Cd) ، وأظهرت النتائج ارتفاع تراكيز العناصر المدروسة خلال فصل الصيف مقارنة بفصل الشتاء ، مع تباين مكاني واضح بين الآبار، إذ بقيت الآبار (4 ، 6 ، 10) ضمن الحدود العالمية في معظم العناصر، في حين سجلت الآبار (3، 7 ، 9) أعلى القيم . كما بينت النتائج أن تراكيز الرصاص والحديد والفوسفات تجاوزت المحددات العالمية في جميع الآبار باستثناء الآبار (4 ، 6 ، 10) في حين تجاوزت تراكيز الخارصين المحددات العالمية في الآبار (1 ، 3، 9)، بينما بقي النحاس ضمن الحدود المسموح بها في جميع الآبار . وأثبتت الدراسة أن الأنشطة الزراعية والخزانات الامتصاصية والمخلفات الحيوانية أسهمت في تلوث المياه الجوفية في منطقة الدراسة .

الكلمات المفتاحية: التحليل المكاني، المياه الجوفية، التلوث، العناصر الثقيلة، مصادر التلوث.

DOI: https://doi.org/10.33193/JEAHS.50.2026.754
e-ISSN: 2709-071X
p-ISSN: 2709-0701
مجلة العلوم التربوية والإنسانية
Journal of Educational and Human Sciences
www.jeahs.com
Volume (50) March 2026
العدد (50) مارس 2026

Spatial Analysis of Groundwater Contamination by Heavy Metals in Al-Madfa'i Neighborhood

Dr. Ayat Saeed Hussein
College of Education for Women, University of Baghdad, Iraq
Email: ayat.saeed@coeduw.uobaghdad.edu.iq

ABSTRACT

This study aims to analyze the spatial distribution of groundwater contamination by heavy metals in Al-Madafi Neighborhood, considering groundwater as an essential resource for domestic and agricultural uses. The study also investigates the factors influencing groundwater pollution and measures the concentration levels of selected heavy metals, while identifying spatial variation among the wells within the study area and temporal variation between the summer and winter seasons.

To achieve this objective, ten wells were selected across the study area, and water samples were collected during both summer and winter seasons. The study employed spatial analysis using Geographic Information Systems (GIS), in addition to statistical data processing based on descriptive statistics and the paired samples t-test to etermine the significance of differences between the two seasons.

Laboratory analyses included measuring the concentrations of copper (Cu), lead (Pb), iron (Fe), zinc (Zn), manganese (Mn), phosphate (PO_4), nickel (Ni), and cadmium (Cd). The results revealed higher concentrations of the studied elements during the summer compared to the winter, with clear spatial variation among the wells. Wells (4, 6, and 10) generally remained within permissible international limits for most elements, whereas wells (3, 7, and 9) recorded the highest concentrations.

The findings further indicated that lead, iron, and phosphate concentrations exceeded international permissible limits in all wells except wells (4, 6, and 10). Zinc concentrations exceeded the permissible limits in wells (1, 3, and 9), while copper remained within acceptable limits across all wells. The study confirms that agricultural activities, septic tanks, and animal waste significantly contribute to groundwater contamination in the study area.

Keywords: Spatial analysis, groundwater, pollution, heavy metals, sources of pollution.

DOI: https://doi.org/10.33193/JEAHS.50.2026.754
e-ISSN: 2709-071X
p-ISSN: 2709-0701
مجلة العلوم التربوية والإنسانية
Journal of Educational and Human Sciences
www.jeahs.com
Volume (50) March 2026
العدد (50) مارس 2026

المقدمة :

يمثل التلوث بالعناصر الثقيلة في المياه الجوفية إحدى القضايا البيئية ذات الأبعاد المكانية المهمة، لما له من تأثير مباشر في نوعية الموارد المائية المستخدمة للأغراض المنزلية والزراعية ، ولاسيما في المناطق التي تشهد ضغطًا متزايدًا على الموارد المائية السطحية .

وتبرز مشكلة التلوث بالعناصر الثقيلة بوصفها من أخطر أشكال التلوث البيئي ، نظرًا لقدرة هذه العناصر على البقاء لفترات طويلة داخل البيئة المائية ، فضلًا عن قابليتها للتراكم في المياه والتربة ، وما يترتب على ذلك من آثار صحية وبيئية سلبية . وتختلف تراكيز هذه العناصر من موقع إلى آخر تبعًا لطبيعة التكوينات الرسوبية ، وقرب الآبار من مصادر التلوث المحتملة ، مثل الأراضي الزراعية ، ومناطق تصريف مياه الصرف الصحي ، والتجمعات السكنية .

ومن هنا ، يبرز دور التحليل المكاني في الكشف عن أنماط توزيع الملوثات بين الآبار، وتحديد المواقع الأكثر تأثرًا ، وبيان العلاقة بين ارتفاع التراكيز ومصادر التلوث المحيطة . كما أن دراسة التباين بين فصلَي الصيف والشتاء تسهم في توضيح أثر العوامل الموسمية ، ولاسيما ارتفاع درجات الحرارة والتبخر خلال الصيف ، في زيادة تراكيز العناصر الثقيلة مقارنة بفصل الشتاء.

وعليه ، يهدف هذا البحث إلى تحليل التوزيع المكاني والزماني لتراكيز العناصر الثقيلة في المياه الجوفية في حي المدفعي ، وبيان مدى مطابقتها للمحددات العالمية ، بما يسهم في تشخيص واقع التلوث واقتراح الإجراءات المناسبة للحفاظ على هذا المورد الحيوي ، إذ يعتمد السكان المحليون على هذه المياه للشرب والزراعة والاستخدامات المنزلية و الصناعية ، مما يجعل جودتها أمرًا بالغ الأهمية لصحة الإنسان واستدامة البيئة .

مشكلة البحث : تتمثل مشكلة البحث في وجود تباين محتمل في نوعية المياه الجوفية ضمن منطقة الدراسة نتيجة تأثرها بعدد من العوامل البيئية والبشرية، الأمر الذي يثير تساؤلاً رئيساً مفاده:

ما العوامل التي أسهمت في تلوث المياه الجوفية في حي المدفعي بالعناصر الثقيلة ، وما مستويات تراكيز هذه العناصر ، وهل تتباين مكانياً بين الآبار وزمانياً بين موسمي الصيف والشتاء ؟

فرضية البحث :

ينطلق البحث من فرضية مفادها أن تلوث المياه الجوفية في منطقة الدراسة يرتبط بتأثير مجموعة من العوامل البشرية والطبيعية، وفي مقدمتها الأنشطة الزراعية وتسرب مياه الصرف الصحي، وأن تراكيز العناصر الثقيلة تتباين مكانياً تبعاً لمواقع الآبار وقربها من مصادر التلوث، وزمانياً نتيجة التغيرات الموسمية بين فصل الصيف والشتاء .

أهمية البحث :

تتجلى أهمية البحث في عدد من الجوانب العلمية والتطبيقية ، ويمكن إجمالها في النقاط الآتية :

1- تسليط الضوء على واقع نوعية المياه الجوفية في حي المدفعي ، بوصفها أحد الموارد المائية التي يعتمد عليها السكان في الاستخدامات المختلفة.

2- الكشف عن مستويات تراكيز العناصر الثقيلة في مياه الآبار، وبيان مدى تجاوزها للحدود البيئية والصحية المعتمدة.

3- تحديد مصادر التلوث المحتملة التي تؤثر في المياه الجوفية ، ولاسيما ما يرتبط بالأنشطة السكنية والزراعية والبيئية في منطقة الدراسة.

4 - إبراز التباين المكاني والزماني لتراكيز العناصر الثقيلة بين الآبار وبين موسمي الصيف والشتاء، بما يسهم في فهم طبيعة انتشار التلوث.

5- توفير قاعدة معلومات علمية يمكن الإفادة منها في إعداد الخطط البيئية والإدارية الخاصة بحماية المياه الجوفية والحد من تدهور نوعيتها.

DOI: https://doi.org/10.33193/JEAHS.50.2026.754
e-ISSN: 2709-071X
p-ISSN: 2709-0701
مجلة العلوم التربوية والإنسانية
Journal of Educational and Human Sciences
www.jeahs.com
Volume (50) March 2026
العدد (50) مارس 2026

أهداف البحث :

يهدف البحث إلى تحقيق ما يأتي:

1- التعرف على أسباب تلوث المياه الجوفية في حي المدفعي بالعناصر الثقيلة.
2- قياس تراكيز العناصر الثقيلة في عينات المياه المأخوذة من آبار منطقة الدراسة.
3- مقارنة النتائج المختبرية بالمحددات البيئية والصحية المعتمدة لبيان مدى صلاحية المياه.
4 - تحليل التباين المكاني لتوزيع العناصر الثقيلة بين آبار منطقة الدراسة.
5- دراسة التغير الزماني في تراكيز العناصر الثقيلة بين موسمي الصيف والشتاء.

منهج البحث :

اعتمد البحث المنهج التحليلي المكاني بوصفه الإطار الرئيس لدراسة توزيع تراكيز العناصر الثقيلة، مع الاستعانة بالمنهج المقارن لتحليل التباين الزماني بين فصلي الصيف والشتاء. كما استندت الدراسة إلى العمل الميداني في اختيار مواقع الآبار وجمع العينات، وإجراء التحاليل المختبرية لقياس التراكيز، فضلاً عن توظيف نظم المعلومات الجغرافية (GIS) في تمثيل البيانات وتحليلها مكانياً، واستخدام الأساليب الإحصائية للكشف عن دلالة الفروق بين المتغيرات .

حدود البحث :

أولاً: الحدود المكانية :

تقتصر الدراسة مكانياً على حي المدفعي الواقع ضمن قضاء أبو غريب في محافظة بغداد ، إذ يمثل هذا الحي مجال التطبيق المكاني للبحث في تحليل تلوث المياه الجوفية بالعناصر الثقيلة. وتقع منطقة الدراسة فلكياً بين دائرتي عرض (33°18'24.856"N-33°17'56.769"N) شمالاً وخطي طول (44°10'24.422"E 44°9'35.135"E) شرقاً ، ويحدها من جهة الشرق حي 1 اذار ومن الشمال قرية الذهب الأبيض ومن الغرب حي المهندسين ومن الجنوب قرية البوعامر كما موضح في الخريطة رقم (1) ، وتشمل الدراسة الآبار المنتخبة داخل الحي ، مع مراعاة مواقع مصادر التلوث المحتملة المتمثلة بالمناطق السكنية والأراضي الزراعية وشبكات تصريف المياه .

ثانياً : الحدود الزمانية :

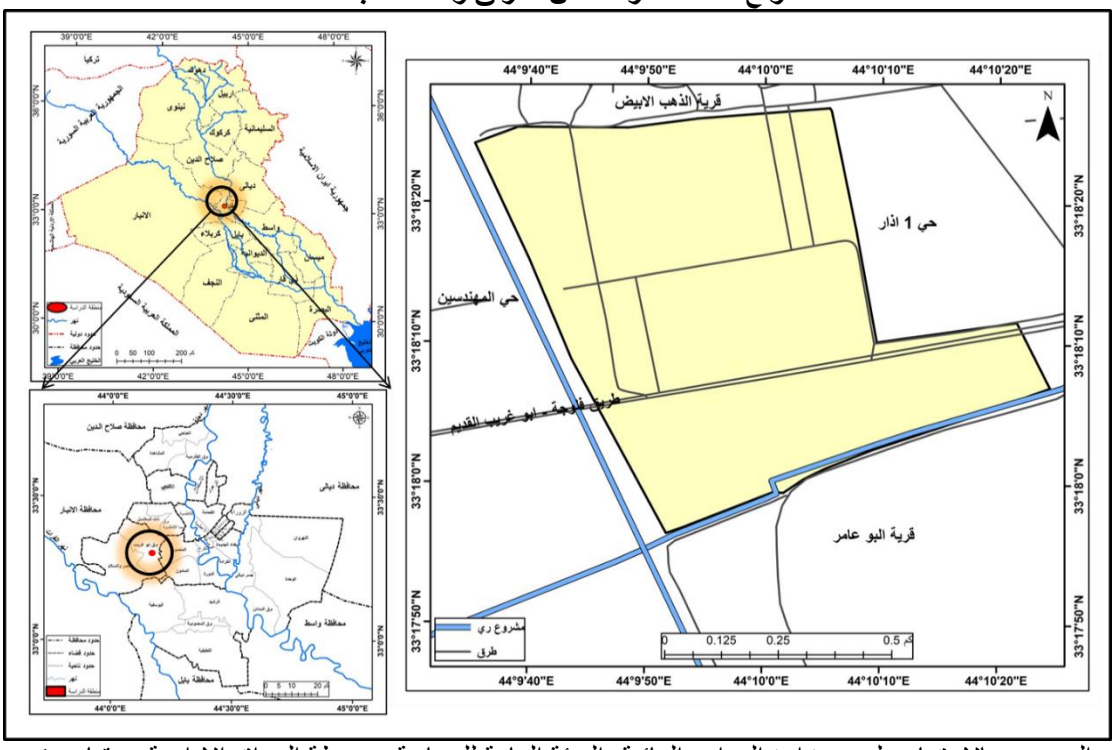
تقتصر الحدود الزمانية للبحث على سنة 2025، إذ تم اعتمادها إطارًا زمنيًا لإجراء الدراسة وجمع عينات المياه الجوفية من آبار منطقة الدراسة . وقد أُخذت العينات الموسمية خلال فصلين مختلفين من السنة ، إذ جرى سحب العينات الخاصة بفصل الصيف في شهر تموز ، في حين جرى سحب عينات فصل الشتاء في شهر كانون الأول ، وذلك لغرض الكشف عن التباين الموسمي في تراكيز العناصر الثقيلة بين الفصلين .

ثالثاً: الحدود الموضوعية :

تتمثل الحدود الموضوعية للبحث في دراسة تلوث المياه الجوفية في حي المدفعي من خلال تحليل عينات المياه المأخوذة من عشرة آبار منتخبة ضمن منطقة الدراسة ، كما موضح في الجدول رقم (1) و الخريطة رقم (2) بهدف تحديد مستوى التلوث ومدى تباينه مكانياً وزمانياً . وتقتصر الدراسة على تحليل تراكيز العناصر الثقيلة المتمثلة بـ الرصاص (Pb) ، والكادميوم (Cd) ، والنيكل (Ni) ، والنحاس (Cu) ، والزنك (Zn) ، والحديد (Fe)، والمنغنيز (Mn) ، فضلاً عن الفوسفات (PO_4) بوصفه مؤشراً كيميائياً مهماً يرتبط بمصادر التلوث الزراعي ومياه الصرف الصحي ، مع مقارنة النتائج بالمحددات البيئية والصحية المعتمدة .

DOI: https://doi.org/10.33193/JEAHS.50.2026.754
e-ISSN: 2709-071X
p-ISSN: 2709-0701
مجلة العلوم التربوية والإنسانية
Journal of Educational and Human Sciences
www.jeahs.com
Volume (50) March 2026
العدد (50) مارس 2026

خريطة رقم (1)
موقع منطقة الدراسة من العراق ومحافظة بغداد



المصدر: بالاعتماد على : وزارة الموارد المائية، الهيئة العامة للمساحة، خريطة العراق الادارية ، مقياس 1 /1000000 ، سنة 2021 ، ومخرجات برنامج Arc map 10.8.

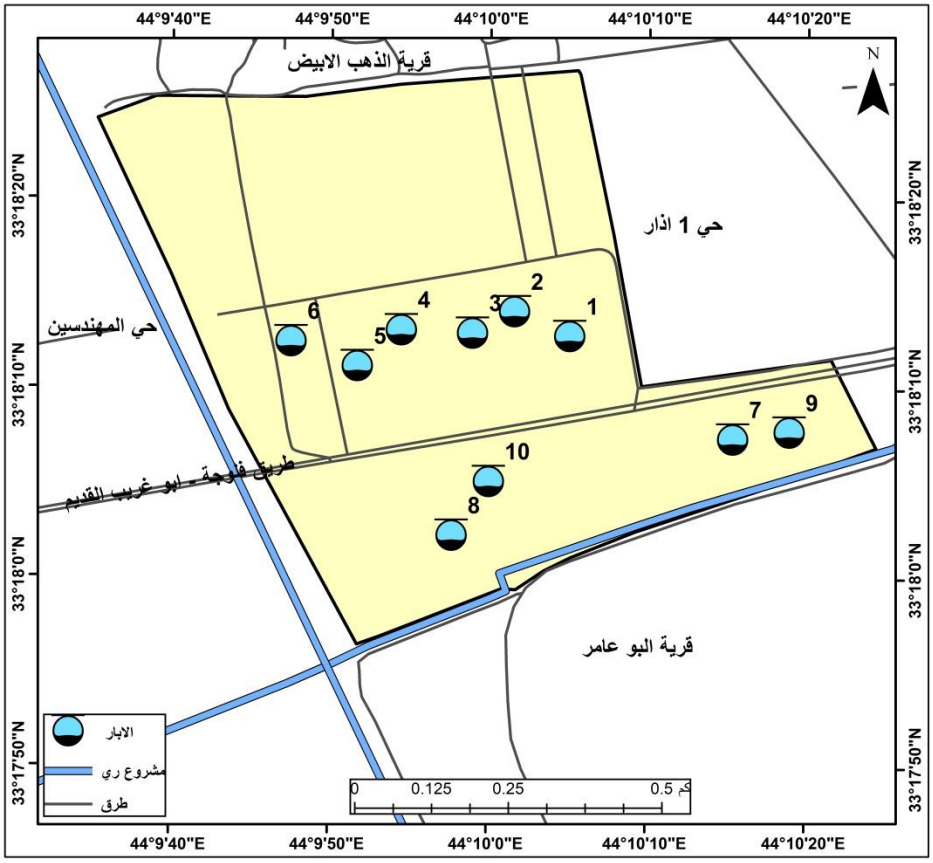
جدول (1)
احداثيات مواقع الآبار في منطقة الدراسة

رقم البئر	خط الطول	دائرة العرض
1	44° 10' 5" E	33° 18' 12" N
2	44° 10' 1" E	33° 18' 14" N
3	44° 9' 58" E	33° 18' 12" N
4	44° 9' 54" E	33° 18' 13" N
5	44° 9' 51" E	33° 18' 11" N
6	44° 9' 47" E	33° 18' 12" N
7	44° 10' 15" E	33° 18' 7" N
8	44° 9' 57" E	33° 18' 2" N
9	44° 10' 18" E	33° 18' 7" N
10	44° 10' 0" E	33° 18' 5" N

المصدر : من اعداد الباحثة بالاعتماد على الدراسة الميدانية

DOI: https://doi.org/10.33193/JEAHS.50.2026.754
e-ISSN: 2709-071X
p-ISSN: 2709-0701
مجلة العلوم التربوية والإنسانية
Journal of Educational and Human Sciences
www.jeahs.com
Volume (50) March 2026
العدد (50) مارس 2026

خريطة رقم (2) مواقع الابار في منطقة الدراسة



المصدر : من اعداد الباحثة بالاعتماد على مخرجات برنامج Arc map 10.8 ، الدراسة الميدانية

اولاً : أسباب تلوث المياه الجوفية في منطقة الدراسة :

ترتبط مشكلة تلوث المياه الجوفية في منطقة الدراسة بعدة مصادر ناتجة عن طبيعة استعمالات الأرض والأنشطة البشرية السائدة ، وقد برزت أربعة أسباب رئيسة أسهمت في تدهور نوعية المياه الجوفية في الآبار المدروسة ، ويمكن توضيحها كما يأتي :

1- المبيدات الزراعية:

تعد الأنشطة الزراعية مصدراً رئيسياً لتلوث المياه الجوفية بالمبيدات ويساهم الاستخدام المفرط للمبيدات ، مثل مبيدات الأعشاب والفطريات والمبيدات الحشرية في الأنشطة الزراعية بنسبة كبيرة من التلوث البيئي ، وتصل هذه المواد الكيميائية إلى المياه الجوفية من خلال الترشيح والجريان السطحي والتسرب إذ يشير الترشيح إلى حركة المبيدات إلى اسفل التربة وصولاً إلى المياه الجوفية وتدخل المبيدات إلى المياه الجوفية اما عن طريق الازاحة الرأسية للتربة والمنطقة غير المشبعة أو عن طريق التسرب عبر مجاري الأنهار ، ويحدث الجريان السطحي عندما تنقل المياه السطحية المبيدات اثناء سقوط الامطار وقد يحدث عند رش المبيدات قبل سقوط الامطار مباشرةً أو عندما تحمل مياه الجريان السطحي المبيدات من المناطق المعالجة إلى المسطحات المائية القريبة ، مما يسبب تلوث المياه الجوفية (Acharya & Paramaguru, 2025)

يُعد النشاط الزراعي من السمات الرئيسة لمنطقة الدراسة ، الأمر الذي يجعل استخدام المبيدات أمرًا شائعًا في الحقول والأراضي المزروعة . وتستخدم عدد من المبيدات في منطقة الدراسة منها مبيدات الأعشاب والمبيدات

DOI: https://doi.org/10.33193/JEAHS.50.2026.754
e-ISSN: 2709-071X
p-ISSN: 2709-0701
مجلة العلوم التربوية والإنسانية
Journal of Educational and Human Sciences
www.jeahs.com
Volume (50) March 2026
العدد (50) مارس 2026

الحشرية ومبيدات الفطريات بهدف مكافحة الافات ، إذ يؤدي الاستعمال المتكرر لهذه المبيدات إلى تراكم بقاياها في الطبقة السطحية للتربة ، ثم انتقالها تدريجيًا إلى الخزان الجوفي عن طريق الرشح ، لا سيما مع استمرار عمليات الري . كما أن بعض المبيدات قد تحتوي على مركبات كيميائية أو شوائب معدنية تسهم في رفع تراكيز بعض الملوثات في المياه الجوفية ، مما يجعلها أحد أهم مصادر التلوث في المنطقة .

2- مخلفات الحيوانات:

تعد مخلفات الحيوانات مصدر اخر غير مباشر لتلوث المياه وهي ناتجة عن النشاط الزراعي وتستخدم كسماد اقتصادي وشائع الاستخدام ، وقد تتسرب مخلفات الحيوانات إلى مصادر المياه الجوفية مسببة مشاكل صحية متنوعة ، إذ تحتوي مخلفات الحيوانات على العديد من مسببات الامراض والمواد الكيميائية التي تشكل خطراً على صحة الإنسان كما تُعد مصدراً شائعاً لنتروجين الامونيا ونتروجين النترات والزنك والنحاس والفوسفات وكلها تسبب مشكلة لمصادر المياه (Jones, 2024) .

تُعد المخلفات الحيوانية أحد الأسباب لتلوث المياه الجوفية في منطقة الدراسة ، ويرتبط ذلك بانتشار تربية المواشي في بعض أجزائها واستعمال مخلفاتها بوصفها سمادًا عضويًا منخفض الكلفة لدعم نمو النباتات والمحاصيل الزراعية . وعلى الرغم من الفائدة الزراعية لهذه المخلفات من حيث تحسين خصوبة التربة ، إلا أن الاستخدام المستمر لها وبكميات كبيرة يؤدي إلى تراكم المواد العضوية والعناصر الكيميائية في التربة ، ومع استمرار عمليات الري أو تسرب مياه الأمطار، تنتقل هذه المواد عبر مسامات التربة إلى الطبقات المائية الجوفية ، مما يسهم في تدهور نوعية المياه في آبار منطقة الدراسة ، ولا سيما الآبار القريبة من الأراضي الزراعية ومواقع تربية المواشي . ويزداد هذا التأثير مع غياب أساليب الإدارة السليمة للمخلفات الحيوانية ، الأمر الذي يجعلها مصدرًا مباشرًا من مصادر تلوث المياه الجوفية في المنطقة .

3- الأسمدة الكيميائية:

يُعد استخدام الأسمدة في الزراعة من اكثر استخداماتها شيوعاً ، إذ يحتاجها المزارعون لضمان نمو المحاصيل ولكن في بعض الأحيان بدلاً من ان تبقى الأسمدة لتغذية النباتات النامية ، فانها تتسرب وتلوث المياه الجوفية ، إذ يؤدي الافراط في استخدام الأسمدة إلى جريانها فعندما تتشبع جذور النباتات بالماء ولا تستطيع استيعابها يتسرب ما تبقى من السماد إلى المناطق الأقل تشبعاً (Jones, 2024)

إذ تمثل الأسمدة الكيميائية أحد المصادر المهمة لتلوث المياه الجوفية في منطقة الدراسة ، نظرًا لاعتماد الأراضي الزراعية على استخدامها بصورة منتظمة لتحسين نمو المحاصيل ورفع إنتاجيتها . وتستخدم في منطقة الدراسة مجموعة من الأسمدة الزراعية المختلفة ، ولاسيما الأسمدة النيتروجينية والفوسفاتية والاسمدة المركبة (NPK) ، وعند إضافة كميات تفوق حاجة النبات ، يبقى جزء من هذه المركبات في التربة دون امتصاص ، ثم ينتقل مع مياه الري إلى الطبقات السفلى عبر فراغات ومسامات التربة ، ليصل تدريجيًا إلى الخزان الجوفي . وينعكس ذلك على نوعية مياه الآبار من خلال زيادة تراكيز بعض المركبات الكيميائية ، ولا سيما النترات والفوسفات ، إلى جانب بعض العناصر المعدنية الداخلة في تركيب الأسمدة ، ويكون هذا التأثير أكثر وضوحًا في الآبار القريبة من الأراضي الزراعية .

4 - الخزانات الامتصاصية للتخلص من مياه الصرف الصحي:

تُعرَّف الخزانات الامتصاصية بأنها حفر أرضية أو آبار ترشيح تُستخدم لتجميع مياه الصرف الصحي المنزلية في المناطق التي تفتقر إلى شبكة مجاري عامة ، وتعمل على تصريف الجزء السائل من المياه العادمة تدريجيًا إلى التربة المحيطة من خلال الجدران أو القاع ذي النفاذية المناسبة (U.S. Environmental Protection Agency, 2001).

تُعد الخزانات الامتصاصية لمياه الصرف الصحي من العوامل المؤثرة في نوعية المياه الجوفية ، ولاسيما في المناطق السكنية التي تفتقر إلى شبكات صرف صحي مركزية ، إذ يؤدي تسرب المياه الخارجة منها إلى انتقال الملوثات عبر طبقات التربة وصولاً إلى الخزان الجوفي . وتتمثل هذه الملوثات في المركبات العضوية ، والفوسفات ، والنترات ، فضلاً عن بعض العناصر الثقيلة والملوثات الجرثومية ، الأمر الذي ينعكس سلباً على

DOI: https://doi.org/10.33193/JEAHS.50.2026.754
e-ISSN: 2709-071X
p-ISSN: 2709-0701
مجلة العلوم التربوية والإنسانية
Journal of Educational and Human Sciences
www.jeahs.com
Volume (50) March 2026
العدد (50) مارس 2026

الخصائص الكيميائية والبيئية للمياه الجوفية ، لاسيما في الآبار القريبة من التجمعات السكنية (Gyimah & et al, 2024)

تُعد الحفر الامتصاصية من الأسباب الرئيسة لتلوث المياه الجوفية في منطقة الدراسة ، ويعود ذلك إلى افتقار المنطقة إلى شبكة متكاملة لتصريف مياه الصرف الصحي ، مما يدفع السكان إلى الاعتماد على هذه الحفر بشكل واسع بوصفها وسيلة للتخلص من المياه العادمة . ومع مرور الوقت ، تتسرب المياه المحملة بالمواد العضوية والمركبات الكيميائية والملوثات المختلفة عبر طبقات التربة إلى الأعماق ، لتصل تدريجيًا إلى الخزان الجوفي . ويزداد تأثير هذا المصدر في المواقع القريبة من الآبار، ولا سيما في حال ضعف العزل الإنشائي للحفر أو زيادة كميات المياه المطروحة فيها ، الأمر الذي ينعكس على تدهور نوعية المياه الجوفية وارتفاع تراكيز بعض الملوثات الكيميائية والجرثومية في منطقة الدراسة .

ثانياً : التحاليل المختبرية للعناصر الثقيلة والفوسفات في المياه الجوفية :

تم تحليل عينات المياه الجوفية خلال فصلي الصيف والشتاء لتحديد تراكيز العناصر الثقيلة (Cu، Pb، Fe، Zn، Mn، Ni، Cd) ،والفوسفات ومقارنتها بالمعايير البيئية المعتمدة. وأظهرت النتائج وجود تباين مكاني وزماني في تراكيز هذه العناصر بين مواقع الآبار وبين الفصلين. وسيتم فيما يأتي عرض نتائج كل عنصر على حدة، مع بيان تغيراته بين الصيف والشتاء وتفسير أسباب ارتفاعه أو انخفاضه في ضوء العوامل الطبيعية والبشرية

1- النحاس Cu:

يُعد النحاس من العناصر المعدنية التي يمكن أن تظهر في المياه الجوفية نتيجة تداخل العوامل الطبيعية والبشرية، إذ قد ينتقل إلى الخزان الجوفي من خلال ذوبان بعض المعادن الموجودة في التربة والصخور، كما يرتبط وجوده بالأنشطة الزراعية واستعمال المبيدات والأسمدة، فضلاً عن احتمالية تسربه من المخلفات المنزلية ومياه الصرف الصحي. ويُعد ارتفاع تركيزه مؤشراً على تأثر نوعية المياه بمصادر تلوث خارجية، خاصة في المناطق الزراعية والسكنية(Vetrimurugan, Brindha, Elango, & Ndwandwe, 2017) واذا زاد تركيزه عن 2 ملغم/لتر تعد المياه سامة وتسبب امراض للإنسان منها الامراض القلبية والاسهال والتقيؤ (الجبوري، 2018)
تبين من نتائج التحليل للمياه الجوفية في الجدول (2 و3) ان تراكيز النحاس في جميع الآبار كانت ضمن المحددات العالمية المسموح بها والبالغة (2) ppm لفصل الصيف والشتاء وارتفاع القيم في فصل الصيف عن فصل الشتاء مما يدل على زيادة التبخر في فصل الصيف وانخفاض منسوب المياه الجوفية مما يزيد تركيز الملوثات وتراوحت القيم بين (0.36 – 0.83) ppm لفصل الصيف وسجل البئر (9) اعلى القيم و بلغت (0.83) ppm وسجل البئر (10، 4 ، 6) ادنى القيم وبلغت (0.36 – 0.37 - 0.40) ppm على التوالي.
اما فصل الشتاء فقد تراوحت القيم بين (0.26 – 0.66) ppm وسجل البئر (9 , 3 , 7) ايضاً اعلى القيم وبلغت (0.56 - 0.63– 0.66) ppm وادنى القيم سجلها البئر (6, 4 ,10) ايضاً وبلغت (0.26 - 0.31 - 0.33) ppm على التوالي يلاحظ الخريطة (3) .

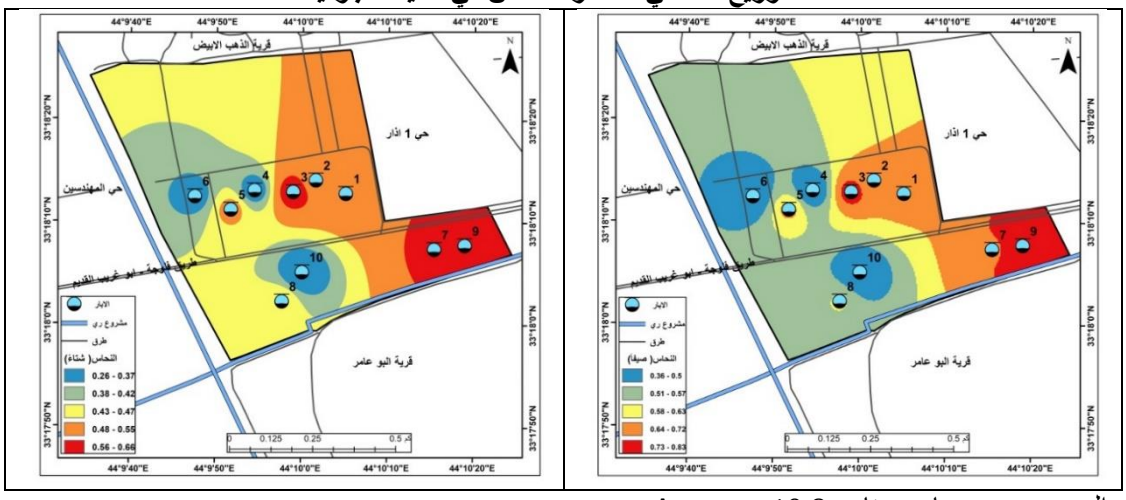
DOI: https://doi.org/10.33193/JEAHS.50.2026.754
e-ISSN: 2709-071X
p-ISSN: 2709-0701
مجلة العلوم التربوية والإنسانية
Journal of Educational and Human Sciences
www.jeahs.com
Volume (50) March 2026
العدد (50) مارس 2026

جدول (2)
نتائج تراكيز العناصر الثقيلة والفوسفات في المياه الجوفية خلال فصل الصيف

المحددات العالمية		2	0.01	0.3	3	0.08	0.30	0.07	0.003
رقم البئر	عمق البئر	العنصر / اسم صاحب البئر	(Cu)	(Pb)	(Fe)	(Zn)	(Mn)	Po4	(Ni)	(Cd)
1	8	مالك العامري	0.68	0.018	0.75	3.04	0.12	0.63	0.084	0.007
2	10	رائد غانم	0.63	0.016	0.69	1.18	0.10	0.56	0.077	0.004
3	8	مشكور	0.78	0.022	1.11	3.05	0.16	0.73	0.089	0.006
4	15	الحاج منقذ	0.37	0.007	0.20	0.78	0.03	0.20	0.038	0.002
5	9	العقيد	0.66	0.017	0.72	1.23	0.11	0.58	0.079	0.004
6	15	الحاج ماهر	0.40	0.009	0.26	0.82	0.04	0.23	0.051	0.003
7	8	احمد المساري	0.70	0.019	0.85	1.33	0.13	0.66	0.075	0.005
8	10	عباس كاظم	0.58	0.015	0.63	1.11	0.10	0.53	0.082	0.003
9	8	علي حسين	0.83	0.024	1.19	3.3	0.19	0.80	0.091	0.008
10	18	زين عيوني	0.36	0.005	0.23	0.73	0.03	0.18	0.040	0.002

المصدر : من اعداد الباحثة بالاعتماد على 1- الدراسة الميدانية 2- نتائج تحليل عينات المياه الجوفية في وزارة التعليم العالي والبحث العلمي ، هيئة البحث العلمي ، مركز بحوث وتكنولوجيا البيئة والمياه والطاقات المتجددة ، قسم المختبرات .

الخريطة رقم (3)
التوزيع المكاني لعنصر النحاس في المياه الجوفية



المصدر : مخرجات برنامج Arc map 10.8.

DOI: https://doi.org/10.33193/JEAHS.50.2026.754
e-ISSN: 2709-071X
p-ISSN: 2709-0701
مجلة العلوم التربوية والإنسانية
Journal of Educational and Human Sciences
www.jeahs.com
Volume (50) March 2026
العدد (50) مارس 2026

جدول رقم (3)

نتائج تراكيز العناصر الثقيلة والفوسفات في المياه الجوفية خلال فصل الشتاء

المحددات العالمية			2	0.01	0.3	3	0.08	0.30	0.07	0.003
رقم البئر	العمق م	العنصر / اسم صاحب البئر	(Cu)	(Pb)	(Fe)	(Zn)	(Mn)	Po4	(Ni)	(Cd)
1	8	مالك العامري	0.53	0.016	0.58	3.01	0.10	0.47	0.079	0.004
2	10	رائد غانم	0.48	0.014	0.53	0.93	0.07	0.43	0.074	0.003
3	8	مشكور	0.63	0.020	0.82	3.02	0.12	0.58	0.083	0.005
4	15	الحاج منقذ	0.31	0.006	0.16	0.63	0.03	0.13	0.03	0.001
5	9	العقيد	0.50	0.015	0.56	0.96	0.08	0.46	0.073	0.003
6	15	الحاج ماهر	0.33	0.008	0.18	0.67	0.04	0.17	0.045	0.002
7	8	احمد المساري	0.56	0.017	0.79	1.03	0.11	0.50	0.077	0.004
8	10	عباس كاظم	0.47	0.013	0.48	0.86	0.07	0.37	0.07	0.002
9	8	علي حسين	0.66	0.021	0.90	3.1	0.14	0.63	0.088	0.005
10	18	زين عيوني	0.26	0.004	0.18	0.57	0.03	0.12	0.037	0.001

المصدر : من عمل الباحثة بالاعتماد على 1- الدراسة الميدانية 2- نتائج تحليل عينات المياه الجوفية في وزارة التعليم العالي والبحث العلمي ، هيئة البحث العلمي ، مركز بحوث وتكنولوجيا البيئة والمياه والطاقات المتجددة ، قسم المختبرات .

2- الرصاص Pb :

يُعد الرصاص من العناصر الثقيلة ذات التأثير البيئي والصحي الكبير في المياه الجوفية ، إذ يمكن أن يصل إلى الخزان الجوفي نتيجة تسرب مياه الصرف الصحي ، وتحلل بعض المخلفات المنزلية والصناعية ، فضلاً عن انتقاله عبر التربة من المناطق السكنية والزراعية . ويؤدي ارتفاع تركيزه إلى تدهور جودة المياه ، كما يمثل مؤشراً مهماً على وجود تلوث ناتج عن الأنشطة البشرية ، ولاسيما في الآبار القريبة من مصادر الصرف أو التجمعات السكانية ، وتؤكد منظمة الصحة العالمية أن الرصاص من أخطر الملوثات الكيميائية في مياه الشرب ، وأن التعرض له يؤثر في الجهاز العصبي والكلى و القلب ، لاسيما عند الأطفال (WHO, 2022)).

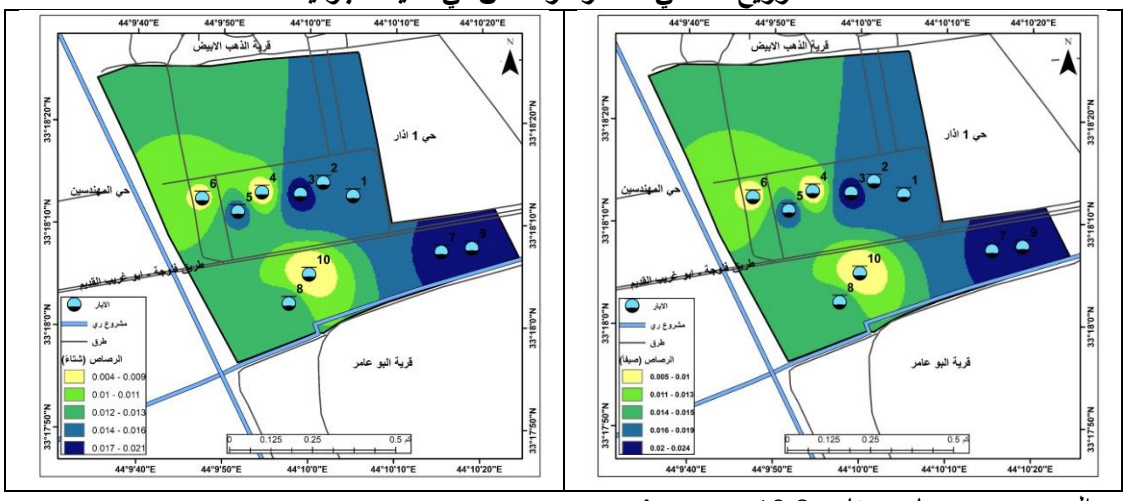
أوضحت نتائج التحليل وجود تباين موسمي في تراكيز الملوثات بين الصيف والشتاء، على الرغم من عدم اعتماد المياه الجوفية في منطقة الدراسة على الأمطار كمصدر رئيس للتغذية . ويُعزى ذلك إلى تأثير ارتفاع درجات الحرارة وما يرافقه من زيادة في معدلات التبخر خلال فصل الصيف ، إضافة إلى دور الأنشطة الزراعية ومياه الري الراجعة ، فضلاً عن التأثير المستمر لتسرب مياه الصرف الصحي ، مما أدى إلى ارتفاع مستويات التلوث في الصيف مقارنة بالشتاء .يتبين من الجدول (2 و3) الذي يوضح نتائج التحليل للمياه الجوفية ان تراكيز الرصاص قد تجاوزت الحدود المسموح بها والبالغة (0.01) ppm لجميع المواقع باستثناء المواقع (4 ، 6 ،10) كانت ضمن الحدود المسموح بها لفصل الصيف والشتاء ويعزى ارتفاع تراكيز الرصاص في هذه المواقع إلى سبب كونها مناطق زراعية تكثر فيها استخدام الأسمدة والمبيدات ووجود الخزانات الامتصاصية بالقرب من هذه

DOI: https://doi.org/10.33193/JEAHS.50.2026.754
e-ISSN: 2709-071X
p-ISSN: 2709-0701
مجلة العلوم التربوية والإنسانية
Journal of Educational and Human Sciences
www.jeahs.com
Volume (50) March 2026
العدد (50) مارس 2026

الآبار ، وقد تراوحت القيم لفصل الصيف بين (0.024 –0.005) ppm ، يلاحظ الخريطة رقم (4) وسجل البئر (9) اعلى القيم وبلغت (0.024) ppm بسبب تأثر هذا البئر بمياه الصرف الصحي لوجود الخزانات الامتصاصية وادنى القيم سجلها البئر (10) .

اما فصل الشتاء فقد تراوحت القيم بين (0.021 –0.004) ppm وسجل البئر (10) ايضاً ادنى القيم وبلغ (0.004) ppm إذ لم يتجاوز الحدود المسموح بها لعدم تأثره بمصادر التلوث وسجل البئر (7,3,9) اعلى القيم و بلغت (0.017- 0.020 -0.021) ppm على التوالي الخريطة رقم (4) .

خريطة رقم (4)
التوزيع المكاني لعنصر الرصاص في المياه الجوفية



المصدر : مخرجات برنامج Arc map 10.8

3- الحديد Fe :

يُعد الحديد من العناصر الشائعة الوجود في المياه الجوفية ، ويرتبط ظهوره غالباً بالتركيب الجيولوجي للتربة والصخور الحاوية على المعادن الحديدية ، إذ ينتقل إلى الخزان الجوفي نتيجة ذوبان هذه المعادن أثناء مرور المياه عبر الطبقات الرسوبية. كما قد يرتفع تركيزه بفعل العوامل البشرية، مثل تآكل الأنابيب المعدنية وتسرب بعض الملوثات المنزلية أو الزراعية. ويؤدي ازدياد تركيزه إلى تغير الخصائص الفيزيائية للمياه ، إذ يظهر لون مائل إلى البني أو الأحمر، إضافة إلى الطعم المعدني وتكوّن الترسبات داخل الأنابيب والآبار (World Health Organization, 2003)

بينت نتائج التحليل المختبري اختلافاً واضحاً في تراكيز الحديد بين موسمي الصيف والشتاء، إذ سجلت قيماً أعلى خلال فصل الصيف، يلاحظ الخريطة رقم (5) ، ويُعزى ذلك إلى ارتفاع درجات الحرارة وما يرافقه من زيادة في معدلات التبخر، الأمر الذي يؤدي إلى تركيز المواد الذائبة داخل المياه الجوفية. كما أن انخفاض المنسوب المائي خلال هذا الفصل قد يزيد من تفاعل المياه مع الطبقات الرسوبية الغنية بمركبات الحديد . وفي المقابل ، تميل القيم إلى الانخفاض نسبياً في فصل الشتاء نتيجة تراجع تأثير التبخر واستقرار الظروف الحرارية ، ويُضاف إلى ذلك تأثير الأنشطة البشرية في منطقة الدراسة، ولاسيما الأنشطة الزراعية وتسرب مياه الصرف الصحي ، إذ تسهم مياه الري في إذابة بعض المركبات المعدنية الموجودة في التربة ونقلها إلى الخزان الجوفي ، كما قد يؤدي تسرب المخلفات المنزلية ومياه الصرف إلى رفع تراكيز الحديد في الآبار القريبة من المناطق السكنية ، مما يفسر التباين المكاني والزماني في قيمه الحديد بين الآبار .

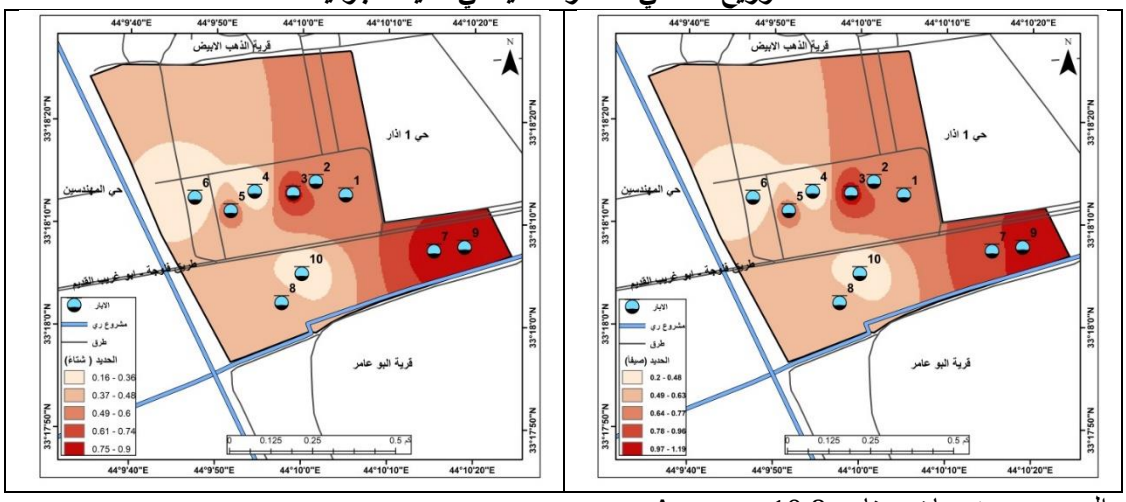
يتبين من الجدول (2 و3) ان تراكيز الحديد كانت ضمن الحدود المسموح بها لثلاثة مواقع لفصل الصيف والشتاء و قد تجاوزت المحددات العالمية لبقية المواقع بسبب اختلاط المياه الجوفية بمياه الصرف الصحي وتأثير استخدام الأسمدة (الكيميائية والعضوية) في هذه المزارع ، وتراوحت القيم لفصل الصيف بين (0.20 – 1.19) ppm

DOI: https://doi.org/10.33193/JEAHS.50.2026.754
e-ISSN: 2709-071X
p-ISSN: 2709-0701
مجلة العلوم التربوية والإنسانية
Journal of Educational and Human Sciences
www.jeahs.com
Volume (50) March 2026
العدد (50) مارس 2026

وسجل اعلى القيم البئر (9 ،3) وبلغت (1.19 – 1.11) ppm على التوالي الخريطة رقم (5) مما يدل تأثر هذه الآبار بمصادر التلوث وسجلت ادنى القيم لتراكيز الحديد في البئر (4 ، 10) وبلغت (0.20 –0.23) ppm على التوالي .

أما فصل الشتاء فقد تراوحت القيم بين (0.16 – 0.90) ppm وسجل البئر (9 ، 3) اعلى القيم وبلغت (0.90 – 0.82) ppm وادنى القيم سجلها البئر (4 ، 6 ،10) وبلغت (0.16 – 0.18 – 0.18) على التوالي .

الخريطة رقم (5)
التوزيع المكاني لعنصر الحديد في المياه الجوفية



المصدر : مخرجات برنامج Arc map 10.8

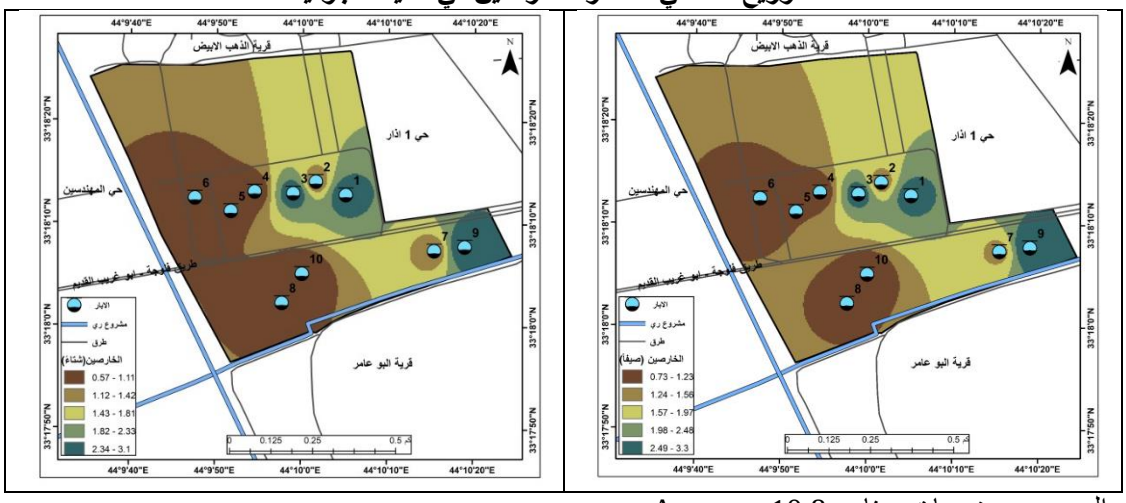
4 - الخارصين Zn :

يتواجد الزنك في المعادن الطينية وكبريتات الكالسيوم والاكاسيد الفلزية ، ويعد عنصر أساسي في اجسام جميع الكائنات الحية ، وتعد الأنشطة البشرية وطرح الفضلات العضوية الحيوانية والاسمدة الفوسفاتية مصدراً لتلوث المياه الجوفية بعنصر الزنك (حسين، 2012، صفحة 290) و أوضحت منظمة الصحة العالمية أن ارتفاع تركيز الخارصين في مياه الشرب إلى أكثر من 3 ملغم/لتر قد ينعكس بصورة واضحة على الصفات النوعية للمياه ، لاسيما من حيث الطعم والمظهر العام ، في حين لا يُعد وجوده ضمن المستويات المعتادة في المياه الجوفية ذا خطورة صحية مباشرة ، وإنما يرتبط تأثيره أساساً بجودة الماء من الناحية الاستهلاكية (WHO, 1996)

يتبين من الجدول (2 و 3) الذي يوضح قيم العناصر الثقيلة لمياه الآبار ان تراكيز الخارصين لم تتجاوز المحددات العالمية المسموح بها بأستثناء ثلاثة مواقع قد تجاوزت المحددات لفصل الصيف والشتاء وتمثلت بالمواقع (9 ، 3 ،1) بسبب تأثير الأنشطة الزراعية بأستخدام الأسمدة الكيمائية فضلاً عن استخدام المخلفات الحيوانية كسماد اقتصادي يتواجد في هذه المزارع ويستخدم على نطاق واسع و بتسربها إلى المياه الجوفية تسبب تلوثها ، وتراوحت القيم لفصل الصيف بين (0.73 – 3.3) ppm وسجل البئر (1,3,9) اعلى القيم و بلغت (3.04-3.05-3.33) ppm على التوالي الخريطة رقم (6) ، أما ادنى القيم فقد سجلها البئر (10) وبلغت (0.73) ppm . و تراوحت القيم لفصل الشتاء بين (0.57 – 3.1) ppm وسجل البئر (1,3,9) اعلى القيم وبلغت (3.1 - 3.02 - 3.01) و سجل البئر (10) ادنى القيم و بلغت (0.57) ppm .

DOI: https://doi.org/10.33193/JEAHS.50.2026.754
e-ISSN: 2709-071X
p-ISSN: 2709-0701
مجلة العلوم التربوية والإنسانية
Journal of Educational and Human Sciences
www.jeahs.com
Volume (50) March 2026
العدد (50) مارس 2026

الخريطة رقم (6)
التوزيع المكاني لعنصر الخارصين في المياه الجوفية



المصدر : مخرجات برنامج Arc map 10.8

5- المنغنيز Mn :

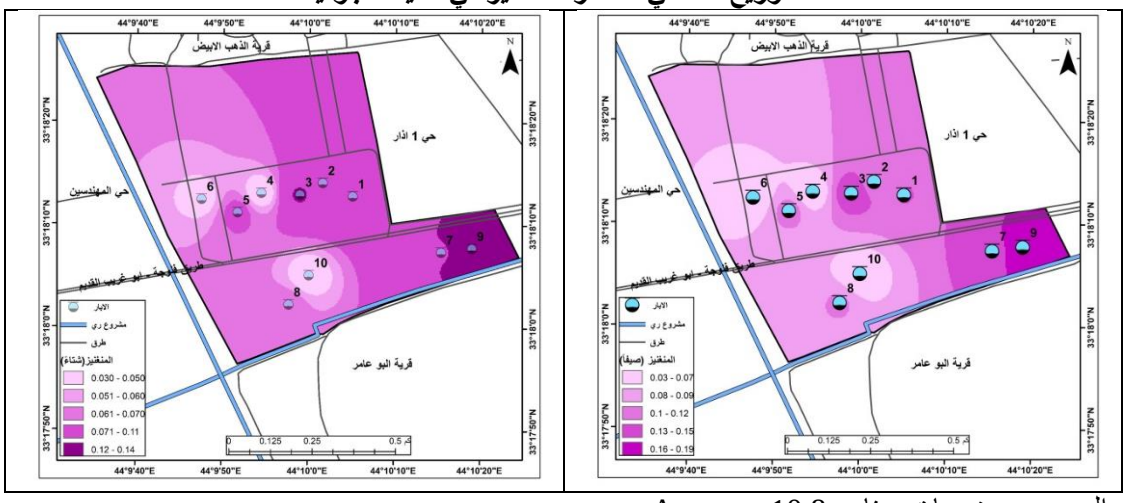
يُعد المنغنيز من العناصر الطبيعية الشائعة في المياه الجوفية ، إذ يرتبط وجوده بطبيعة التكوينات الجيولوجية وما تحتويه من معادن قابلة للذوبان ، ولاسيما في الطبقات الرسوبية الغنية بالمركبات المعدنية. كما قد تتأثر تراكيزه بالأنشطة البشرية السائدة في منطقة الدراسة ، مثل تسرب مياه الصرف الصحي ومياه الري الراجعة من الأراضي الزراعية، الأمر الذي يسهم في انتقاله إلى الخزان الجوفي. (World Health Organization, 2021)

بينت القيم المختبرية في الجدولين (2 و 3) وجود تباين مكاني وزماني واضح في تراكيز المنغنيز بين آبار منطقة الدراسة خلال فصلي الصيف والشتاء . ففي فصل الصيف ، تجاوزت التراكيز المحددات العالمية البالغة (0.08) ppm في معظم الآبار ، باستثناء الآبار (4 ، 6 ، 10) التي بقيت ضمن الحدود المسموح بها ، إذ بلغت قيمها (0.03 -0.04 - 0.03) ppm على التوالي . وقد تراوحت القيم في هذا الفصل بين (0.03 – 0.19) ppm ، وسجل البئر رقم (9) أعلى قيمة ، كما موضح في الجدول (2) والخريطة (7) ، مما يعكس تأثره الواضح بمصادر التلوث المحيطة ، ولاسيما الأنشطة الزراعية وتسرب مياه الصرف الصحي .

أما فصل الشتاء فقد تجاوزت تراكيز المنغنيز لأربعة مواقع وتمثلت بالمواقع (1 ، 3 ، 7 ، 9) إذ بلغت القيم لهذه المواقع (0.10 ، 0.12 ، 0.11 ، 0.14) ppm على التوالي و كانت بقية المواقع ضمن المحددات العالمية ، و تراوحت القيم (0.03 –0.14) ppm ، يلاحظ الخريطة رقم (7) ، وسجل البئر (9) اعلى القيم و بلغت (0.14)ppm، وادنى القيم سجلها البئر (4) وبلغت (0.03) ppm .

DOI: https://doi.org/10.33193/JEAHS.50.2026.754
e-ISSN: 2709-071X
p-ISSN: 2709-0701
مجلة العلوم التربوية والإنسانية
Journal of Educational and Human Sciences
www.jeahs.com
Volume (50) March 2026
العدد (50) مارس 2026

خريطة رقم (7)
التوزيع المكاني لعنصر المنغنيز في المياه الجوفية



المصدر : مخرجات برنامج Arc map 10.8

6 ـ الفوسفات:

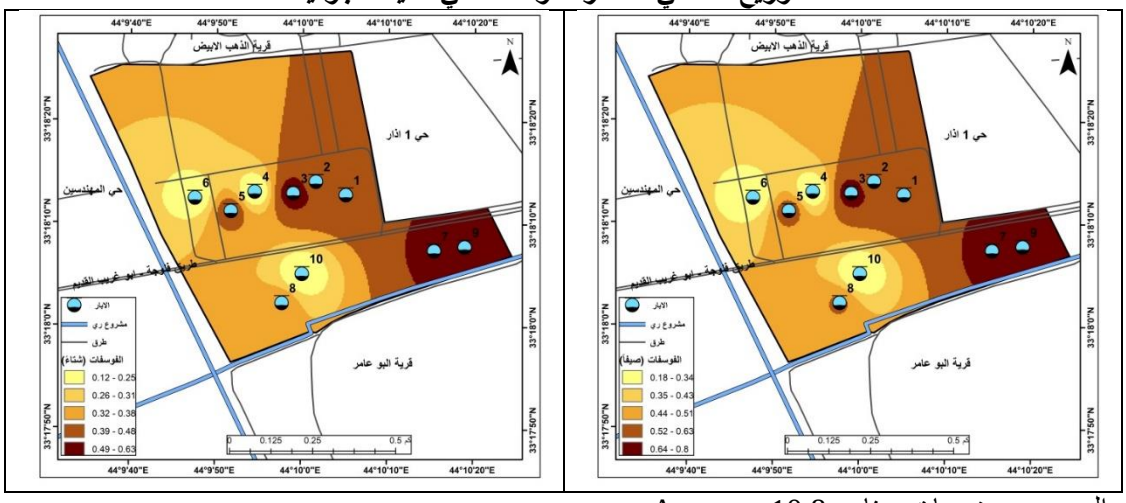
يعد الفوسفات من أهم المؤشرات الكيميائية المعتمدة في تقييم نوعية المياه الجوفية ، إذ يتواجد بفعل مصادر طبيعية كذوبان الصخور الحاوية على مركبات الفسفور، فضلاً عن المصادر البشرية المتمثلة بالأسمدة الزراعية ومياه الصرف الصحي ، ويسهم ارتفاع تراكيزه في التأثير سلباً على جودة المياه (Domagalski & Johnson, 2012)

يظهر من الجدول (2 و3) ان تراكيز الفوسفات للمياه الجوفية قد تجاوزت المحددات العالمية للفوسفات والبالغة (0.30) ppm بأستثناء ثلاثة مواقع كانت ضمن المحددات تمثلت بالمواقع (4 ، 6 ، 10) لفصل الصيف والشتاء ، وأظهرت نتائج التحليل وجود تباين مكاني وموسمي في تراكيز الفوسفات بين مواقع الدراسة ، إذ سُجلت قيم أعلى في بعض الآبار مقارنة بغيرها ، كما لوحظ ارتفاع القيم خلال فصل الصيف مقارنة بفصل الشتاء . ويمكن تفسير هذا الارتفاع المكاني بقرب بعض الآبار من مصادر التلوث البشرية ، ولاسيما الأراضي الزراعية التي يكثر فيها استخدام الأسمدة الفوسفاتية ، فضلاً عن تأثير تسرب مياه الصرف الصحي والمخلفات المنزلية ، مما يؤدي إلى انتقال أيونات الفوسفات عبر التربة إلى الخزان الجوفي . أما الزيادة الموسمية خلال فصل الصيف ، فتُعزى إلى ارتفاع درجات الحرارة وزيادة معدلات التبخر، الأمر الذي يؤدي إلى تركيز المواد الذائبة في المياه الجوفية ، فضلاً عن ازدياد النشاط الزراعي وكميات مياه الري الراجعة، التي تسهم في إذابة بقايا الأسمدة ونقلها إلى الآبار وتراوحت القيم لفصل الصيف بين (0.18 – 0.80) ppm وسجل البئر (1.3,9,) اعلى القيم وبلغت (– 0.73 -0.63 -0.80) ppm على التوالي وادنى القيم سجلها البئر (10) وبلغت (0.18) ppm الخريطة رقم (8) .

أما فصل الشتاء إذ تراوحت القيم بين (0.12 – 0.63) ppm وسجل البئر (9) اعلى القيم وبلغت (0.63) ppm و البئر (10) سجل ادنى القيم .

DOI: https://doi.org/10.33193/JEAHS.50.2026.754
e-ISSN: 2709-071X
p-ISSN: 2709-0701
مجلة العلوم التربوية والإنسانية
Journal of Educational and Human Sciences
www.jeahs.com
Volume (50) March 2026
العدد (50) مارس 2026

الخريطة رقم (8)
التوزيع المكاني لعنصر الفوسفات في المياه الجوفية



المصدر : مخرجات برنامج Arc map 10.8

7- النيكل Ni:

يعد النيكل عنصراً واسع الانتشار في القشرة الأرضية ويمكن ان ينشأ وجوده في الغذاء ومياه الشرب من مصادر طبيعية وبشرية ، ويعد الجريان السطحي والترسبات الهوائية وتصريف مياه الصرف الصحي البلدية والصناعية مصادر للنيكل في المياه (Schrenk & et al, 2020) ، ويتواجد في الأسمدة العضوية الحيوانية والفضلات المنزلية وفي المعادن الطينية ويعد النيكل من الايونات السامة التي تسبب الاضطرابات المعوية وسرطان الرئة والغثيان (الجبوري و الجبوري، 2021، صفحة 552) ويتواجد في بعض الأسمدة العراقية ويتواجد بشكل اكاسيد وكاربونات وسليكات مع الحديد وفي الخامات الكبريتيدية (الشمري، 2006، صفحة 72)

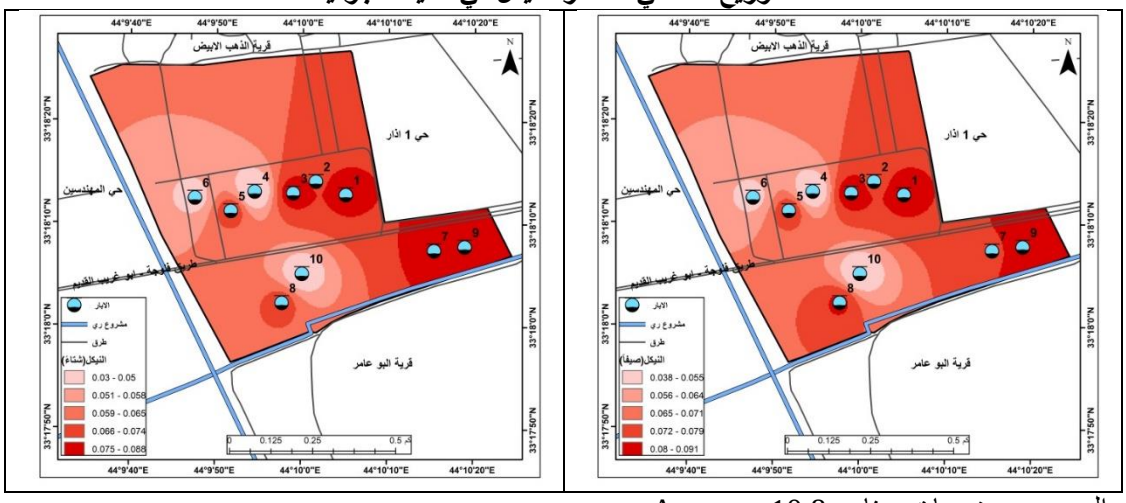
أظهرت نتائج التحليل المختبري لعنصر النيكل الجدول (2 و3) وجود تباين مكاني وزماني واضح بين آبار منطقة الدراسة خلال فصلي الصيف والشتاء . ففي فصل الصيف ، سجلت سبعة آبار تراكيز تجاوزت المحددات العالمية البالغة (0.07) ppm ، ، في حين سجلت ثلاثة آبار ضمن الحدود المسموح بها ، مما يشير إلى اتساع نطاق التأثر بمصادر التلوث خلال هذا الفصل ، ويمكن تفسير هذا الارتفاع بزيادة درجات الحرارة وارتفاع معدلات التبخر، الأمر الذي يؤدي إلى انخفاض منسوب المياه الجوفية وازدياد تركيز العناصر الذائبة ، ومن ضمنها النيكل ، كما أن استمرار النشاط الزراعي خلال الصيف ، ولاسيما استخدام الأسمدة والمبيدات ومياه الري الراجعة ، يسهم في انتقال الملوثات المعدنية إلى الخزان الجوفي ، مما يفسر ارتفاع القيم في بعض الآبار مقارنة بغيرها .

ويُلاحظ أن بعض الآبار سجلت تراكيز أعلى من غيرها، إذ سجل البئر (9) والبئر (3) اعلى القيم وبلغت (0.089 – 0.091) ppm على التوالي في حين سجلت المواقع (4 ، 10 ، 6) ادنى القيم وبلغت(0.038 – 0.040 - 0.045) ppm ، الخريطة رقم (9) ويُعزى ذلك إلى اختلاف مواقعها بالنسبة لمصادر التلوث ، إذ ترتفع القيم في الآبار القريبة من الأراضي الزراعية أو مناطق تسرب مياه الصرف الصحي ، فضلاً عن تأثير طبيعة الطبقات الرسوبية ونفاذيتها في قابلية انتقال النيكل وتراكمه داخل المياه الجوفية .

أما فصل الشتاء فقد استمر تجاوز المحدد العالمي في ستة آبار، وهو ما يشير إلى استمرار تأثير مصادر التلوث رغم الانخفاض النسبي في القيم مقارنة بفصل الصيف . ويُعزى ذلك إلى أن انخفاض درجات الحرارة وتراجع التبخر خلال الشتاء يسهمان في تقليل تركيز النيكل نسبيًا ، إذ سجل البئر (9) اعلى القيم في حين سجلت أربعة آبار ضمن المحددات العالمية إذ سجلها البئر (4 ، 6 ، 8 ، 10) وبلغت (0.03 – 0.037 – 0.045 – 0.07) ppm .

DOI: https://doi.org/10.33193/JEAHS.50.2026.754
e-ISSN: 2709-071X
p-ISSN: 2709-0701
مجلة العلوم التربوية والإنسانية
Journal of Educational and Human Sciences
www.jeahs.com
Volume (50) March 2026
العدد (50) مارس 2026

خريطة رقم (9)
التوزيع المكاني لعنصر النيكل في المياه الجوفية



المصدر : مخرجات برنامج Arc map 10.8

8 - الكادميوم Cd:

يعد الكادميوم من العناصر الثقيلة ذات السمية العالية والملوثة للبيئة ، ويتميز بقابليته الكبيرة على الانتقال من التربة إلى المياه الجوفية ، ولاسيما في البيئات ذات التربة الحامضية أو في المناطق المتأثرة بالأنشطة الزراعية واستخدام الأسمدة الفوسفاتية. كما تسهم مياه الصرف الصحي ومياه الري في زيادة تركيزه داخل الخزان الجوفي ، ويمكنه ان يحل محل الكالسيوم في المعادن نظراً لتشابه نصف قطره الايوني وشحنته وسلوكه الكيميائي ، لذا يمكن للكادميوم ان يدخل جسم الإنسان ويتراكم فيه لاسيما في الكلى مما يؤدي إلى الفشل الكلوي ويؤدي التعرض العالي للكادميوم إلى سرطان الرئة وسرطان الثدي والبروستات (Kubier & et al, 2019)

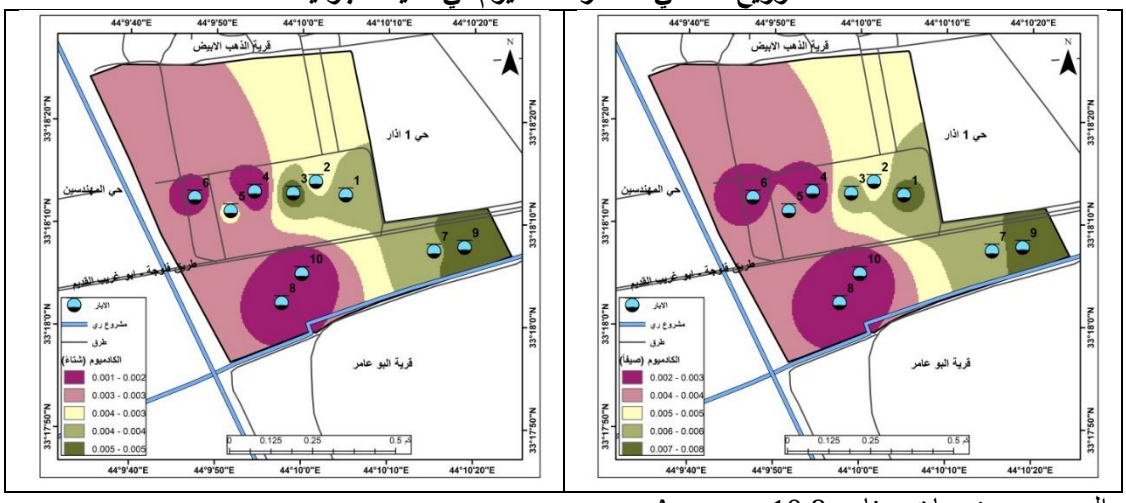
يظهر من الجدول (2) الذي يوضح التحليل المختبري للمياه الجوفية في فصل الصيف ان تراكيز الكادميوم تجاوزت المحددات العالمية لستة آبار وكانت أربعة آبار ضمن المحددات وتمثلت بالآبار رقم (4 ، 6 ، 8 ، 10) وبلغت تراكيز الكادميوم لهذه الآبار (0.002 – 0.003 – 0.003 – 0.002) ppm ، وتراوحت القيم لفصل الصيف بين (0.002 – 0.008) ppm إذ سجل البئر (9) اعلى القيم وبلغت (0.008) ppm .

يُلاحظ من نتائج التحليل المختبري في الجدول (2 و 3) أن تراكيز الكادميوم لم تكن متشابه بين جميع الآبار، إذ ارتفعت في بعض الآبار وانخفضت في أخرى ، الأمر الذي يعكس اختلاف الظروف البيئية والمكانية المحيطة بكل بئر . ويمكن تفسير ذلك بتأثر بعض الآبار المباشر بالأنشطة البشرية ، ولاسيما المناطق الزراعية التي تشهد استخداماً مستمراً للأسمدة والمبيدات الكيميائية ، فضلاً عن تسرب المياه الملوثة من الخزانات الامتصاصية . كما أن طبيعة التربة ودرجة نفاذيتها تؤدي دوراً مهماً في انتقال هذا العنصر من الطبقات السطحية إلى الخزان الجوفي .

أما فصل الشتاء فقد تجاوزت أربعة مواقع المحددات العالمية لتراكيز الكادميوم في المياه الجوفية والبالغة (0.002) ppm ، وتمثلت بالمواقع (1، 3 ، 7 ، 9) وبلغت (0.004 –0.005 – 0.004 – 0.005) ppm على التوالي ، وتراوحت القيم بين (0.001 – 0.005) ppm و سجل ادنى القيم البئر (4 ، 10 ، 6 ، 8) وبلغت (0.001 - 0.002)ppm ، الخريطة رقم (10) ، إذ يظهر من الناحية الموسمية ، ارتفاع تركيز الكادميوم خلال فصل الصيف مقارنة بفصل الشتاء ، ويُعزى ذلك إلى انخفاض منسوب المياه الجوفية وارتفاع درجات الحرارة ، مما يزيد من معدلات التبخر ويؤدي إلى تركيز العناصر الذائبة داخل الماء . أما في فصل الشتاء، فإن استقرار درجات الحرارة وزيادة حجم المياه داخل الخزان يسهمان في خفض التركيز النسبي للكادميوم ، مما يفسر التباين الزمني المسجل بين الموسمين .

DOI: https://doi.org/10.33193/JEAHS.50.2026.754
e-ISSN: 2709-071X
p-ISSN: 2709-0701
مجلة العلوم التربوية والإنسانية
Journal of Educational and Human Sciences
www.jeahs.com
Volume (50) March 2026
العدد (50) مارس 2026

الخريطة رقم (10)
التوزيع المكاني لعنصر الكادميوم في المياه الجوفية



المصدر : مخرجات برنامج Arc map 10.8

ثالثاً ـ المعالجة الإحصائية للبيانات :

اعتمدت الدراسة في تحليل بيانات تراكيز العناصر الثقيلة والفوسفات في المياه الجوفية على مجموعة من الأساليب الإحصائية الوصفية والاستدلالية، بهدف توصيف خصائص البيانات والكشف عن طبيعة التباين المكاني والزماني بين آبار منطقة الدراسة خلال فصلي الصيف والشتاء.

1- الإحصاءات الوصفية:

استُخدمت الإحصاءات الوصفية بوصفها خطوة أولية لفهم خصائص البيانات، إذ جرى حساب المتوسط الحسابي (Mean) لتمثيل القيمة المركزية للتراكيز والانحراف المعياري (Standard Deviation) لقياس درجة تشتت القيم حول المتوسط والمدى (Range) لبيان الفرق بين أعلى وأدنى القيم وقد أسهمت هذه المؤشرات في توضيح مستوى التباين بين مواقع الآبار، فضلاً عن إبراز الفروق الموسمية في تراكيز العناصر المدروسة.

وأظهرت النتائج ارتفاعاً عاماً في المتوسطات الحسابية خلال فصل الصيف مقارنة بفصل الشتاء، وهو ما يعكس تأثير العوامل المناخية، ولاسيما ارتفاع درجات الحرارة وزيادة معدلات التبخر، في تركيز المواد الذائبة داخل المياه الجوفية. كما بيّنت قيم الانحراف المعياري وجود تباين مكاني واضح بين الآبار، مما يدل على اختلاف درجة تأثرها بمصادر التلوث المحيطة، في حين عكس المدى اتساع الفروقات بين القيم القصوى والدنيا، خاصة خلال فصل الصيف.

جدول (4)
الإحصاءات الوصفية لتراكيز العناصر الثقيلة والفوسفات في المياه الجوفية خلال فصلي الصيف والشتاء

العنصر	متوسط الصيف	الانحراف المعياري للصيف	المدى للصيف	متوسط الشتاء	الانحراف المعياري للشتاء	المدى للشتاء
Cu	0.5990	0.1690	0.470	0.4730	0.1340	0.400
Pb	0.0152	0.0063	0.019	0.0134	0.0057	0.017
Fe	0.6630	0.3479	0.990	0.5180	0.2746	0.740
Zn	1.6570	1.0380	2.570	1.4780	1.0110	2.530
Mn	0.1010	0.0543	0.160	0.0790	0.0380	0.110
PO_4	0.5100	0.2262	0.620	0.3860	0.1816	0.510

DOI: https://doi.org/10.33193/JEAHS.50.2026.754
e-ISSN: 2709-071X
p-ISSN: 2709-0701
مجلة العلوم التربوية والإنسانية
Journal of Educational and Human Sciences
www.jeahs.com
Volume (50) March 2026
العدد (50) مارس 2026

0.058	0.0214	0.0656	0.053	0.0199	0.0706	Ni
0.004	0.0016	0.0030	0.006	0.0021	0.0044	Cd

المصدر : من اعداد الباحثة بالاعتماد على جدول (2) (3)

2- الاختبار الإحصائي (Paired Samples t-test):

لتحليل الفروق بين تراكيز العناصر الثقيلة والفوسفات في فصلي الصيف والشتاء، تم اعتماد اختبار(t) للعينات المترابطة (Paired Samples t-test) ، لكون القياسات أُخذت من المواقع نفسها في فترتين زمنيتين مختلفتين، الأمر الذي يجعل هذا الاختبار ملائماً للكشف عن دلالة الفروق بين المتوسطات.

وقد استند الاختبار إلى الفرضيتين الآتيتين:

الفرضية الصفرية (H0) لا توجد فروق ذات دلالة إحصائية بين متوسطات تراكيز العناصر بين فصلي الصيف والشتاء. والفرضية البديلة (H1) توجد فروق ذات دلالة إحصائية بين متوسطات التراكيز بين الفصلين. وتم اعتماد مستوى دلالة إحصائية ($\alpha \leq 0.05$)، إذ تُعد الفروق معنوية إذا كانت قيمة (Sig.) أقل من (0.05).

وأظهرت نتائج الاختبار أن جميع قيم مستوى الدلالة كانت أقل من (0.05)، مما يشير إلى رفض الفرضية الصفرية وقبول الفرضية البديلة، أي وجود فروق حقيقية ذات دلالة إحصائية بين موسمي الصيف والشتاء لجميع العناصر المدروسة. كما بيّنت النتائج أن قيم (t) كانت موجبة ومرتفعة نسبياً، وهو ما يعكس اتجاه الفروق لصالح فصل الصيف، حيث سجلت التراكيز قيماً أعلى مقارنة بفصل الشتاء.

ويُعزى ذلك إلى تأثير العوامل البيئية والمناخية، ولاسيما ارتفاع درجات الحرارة وزيادة التبخر خلال فصل الصيف، مما يؤدي إلى تقليل حجم المياه الجوفية وزيادة تركيز الملوثات فيها، فضلاً عن استمرار تأثير الأنشطة البشرية كالاستخدام المكثف للأسمدة والمبيدات وتسرب مياه الصرف الصحي خلال فصل الصيف

جدول (5)

نتائج اختبار (Paired Samples t-test) للفروق بين تراكيز العناصر الثقيلة والفوسفات في فصلي الصيف والشتاء

العنصر	متوسط الصيف	متوسط الشتاء	قيمة t	مستوى الدلالة (sig)	النتيجة
Cu	0.5990	0.4730	10.311	0.000003	دال
Pb	0.0152	0.0134	9.000	0.000009	دال
Fe	0.6630	0.5180	5.035	0.000705	دال
Zn	1.6570	1.4780	6.008	0.000201	دال
Mn	0.1010	0.0790	3.973	0.003241	دال
PO_4	0.5100	0.3860	8.807	0.000010	دال
Ni	0.0706	0.0656	4.294	0.002007	دال
Cd	0.0044	0.0030	5.250	0.000528	دال

المصدر : من اعداد الباحثة بالاعتماد على اختبار t للعينات المترابطة

توضح نتائج جدول (5) وجود فروق ذات دلالة إحصائية بين متوسطات تراكيز العناصر الثقيلة والفوسفات في المياه الجوفية بين فصلي الصيف والشتاء، إذ جاءت جميع قيم مستوى الدلالة أقل من (0.05)، مما يدل على معنوية الفروق بين الموسمين. كما تعكس قيم (t) المسجلة اتجاهاً واضحاً نحو ارتفاع التراكيز خلال فصل الصيف مقارنة بفصل الشتاء، وهو ما يؤكد تأثير العوامل الموسمية في تغيير خصائص المياه الجوفية. ويُعزى ذلك إلى ارتفاع درجات الحرارة وزيادة التبخر خلال الصيف، مما يؤدي إلى انخفاض حجم المياه وزيادة تركيز الملوثات، فضلاً عن استمرار تأثير الأنشطة البشرية، ولاسيما الاستخدام المكثف للأسمدة والمبيدات وتسرب مياه الصرف الصحي. وتشير هذه النتائج إلى أن التغيرات الموسمية تمثل عاملاً حاسماً في تحديد مستوى التلوث، إلى جانب العوامل المكانية المرتبطة بمواقع الآبار.

DOI: https://doi.org/10.33193/JEAHS.50.2026.754
e-ISSN: 2709-071X
p-ISSN: 2709-0701
مجلة العلوم التربوية والإنسانية
Journal of Educational and Human Sciences
www.jeahs.com
Volume (50) March 2026
العدد (50) مارس 2026

الاستنتاجات :

1- أظهرت نتائج التحليل وجود اختلاف واضح في تراكيز العناصر الثقيلة والفوسفات بين آبار منطقة الدراسة ، مما يشير إلى تأثير الموقع الجغرافي وقرب الآبار من مصادر التلوث المختلفة.

2- تبين أن تراكيز العناصر الثقيلة والفوسفات تميل إلى الارتفاع خلال فصل الصيف مقارنة بفصل الشتاء ، ويُعزى ذلك إلى ارتفاع درجات الحرارة وزيادة معدلات التبخر وانخفاض حجم المياه داخل الخزان الجوفي.

3- سجلت تراكيز الرصاص والحديد والفوسفات قيم تجاوزت المحددات العالمية المسموح بها لمياه الشرب ، لفصل الصيف والشتاء باستثناء ثلاثة مواقع سجلت قيم ضمن المحددات العالمية تمثلت بالآبار رقم (10 ،4 ،6).

4- تجاوزت تراكيز الخارصين الحدود العالمية في الآبار (1،3، 9) ، بينما بقي النحاس ضمن الحدود المسموح بها في جميع الآبار ، وسجل المنغنيز والنيكل تراكيز تجاوزت المحددات العالمية لسبعة آبار لفصل الصيف ، في حين تجاوزت ستة آبار المحددات لتراكيز النيكل وأربعة آبار لتراكيز المنغنيز لفصل الشتاء ، وتجاوزت تراكيز الكادميوم المحددات لستة مواقع لفصل الصيف واربع مواقع لفصل الشتاء.

5- أشارت النتائج إلى أن الأنشطة الزراعية و المخلفات الحيوانية ووجود الخزانات الامتصاصية للتخلص من مياه الصرف الصحي تعد من أهم العوامل المؤثرة في ارتفاع تراكيز الملوثات داخل المياه الجوفية.

6 - رغم انخفاض بعض القيم خلال فصل الشتاء ، إلا أن استمرار تجاوز عدد من الآبار للمحددات العالمية يدل على وجود مصادر تلوث ثابتة ومستدامة التأثير.

التوصيات :

1- إجراء فحوصات دورية للمياه الجوفية في آبار منطقة الدراسة خلال فصلي الصيف والشتاء ، من أجل متابعة التغيرات المكانية والزمانية في تراكيز العناصر الثقيلة والكشف المبكر عن أي ارتفاعات مستقبلية.

2- ضرورة مراقبة مصادر التلوث المحتملة ، ولاسيما الخزانات الامتصاصية لمياه الصرف الصحي والأنشطة الزراعية ، للحد من تسرب الملوثات إلى الخزان الجوفي.

3- يوصى بترشيد استعمال الأسمدة الكيميائية والمبيدات الزراعية ، مع اعتماد برامج إرشاد زراعي توضح الكميات المناسبة لتقليل انتقال العناصر الثقيلة إلى المياه الجوفية.

4- التأكيد على نشر الوعي بين السكان المحليين حول مخاطر تلوث المياه الجوفية وطرق الحفاظ عليها.

5- يوصى بإنشاء قاعدة بيانات مكانية رقمية باستخدام نظم المعلومات الجغرافية لرصد التغيرات المستقبلية في نوعية المياه الجوفية ودعم متخذي القرار في إدارة الموارد المائية.

المصادر

1- سلام هاتف احمد الجبوري. (2018). الهيدرولوجي. بغداد: مكتبة دلير.

2- ضمياء ادهام حسين الجبوري، و سلام هاتف احمد الجبوري. (2021). التحليل المكاني لتلوث المياه الجوفية بالعناصر النزرة في محافظة المثنى. مجلة كلية التربية - الجامعة المستنصرية.

3- علاء ناصر الشمري. (2006). هايدروجيولوجية و هايدروكيميائية منطقة الرحاب جنوب وجنوب غرب مدينة السماوة .ر سالة ماجستير (غير منشورة) ، جامعة بغداد ، كلية العلوم .

4 - موسى حسين حسين. (2012). تقييم تلوث المياه الجوفية في منطقة نكرة السلمان في الجزء الجنوبي والجنوب الغربي لمدينة السماوة - العراق. مجلة البحوث الجغرافية(16).

5. WHO. (2022). Lead in drinking-water: Health risks, monitoring and corrective actions. Geneva: World Health Organization. Retrieved from https://www.who.int/publications/i/item/9789240020863
6. Acharya, L. K., & Paramaguru, P. K. (2025). Pesticide contamination in groundwater: processes, risks, and mitigation strategies. Discover Agricul, 3.

DOI: https://doi.org/10.33193/JEAHS.50.2026.754
e-ISSN: 2709-071X
p-ISSN: 2709-0701
مجلة العلوم التربوية والإنسانية
Journal of Educational and Human Sciences
www.jeahs.com
Volume (50) March 2026
العدد (50) مارس 2026

doi:10.1007/s44279-025-00337-x

7. Domagalski, J., & Johnson, H. (2012). Phosphorus and groundwater: Establishing links between agricultural use and transport to streams. U.S. Geological Survey.
8. Gyimah, R., & et al. (2024). Effluents from septic systems and impact on groundwater contamination: a systematic review. Environmental Science and Pollution Researc, 31(54). doi:10.1007/s11356-024-35385-1
9. Jones, K. (2024, September 23). Causes of Groundwater Pollution. Retrieved from Multipure: https://www.multipure.com/purely-social/science/causes-of-groundwater-pollution/
10. Kubier, A., & et al. (2019). Cadmium in soils and groundwater: A review. Applied Geochemistry, 108. doi:10.1016/j.apgeochem.2019.104388
11. Schrenk, D., & et al. (2020). Update of the risk assessment of nickel in food and drinking water. EFSA Journal, 18((11)). doi:https://doi.org/10.2903/j.efsa.2020.6268
12. U.S. Environmental Protection Agency. (2001). Seepage pits may endanger ground water quality. U.S. Environmental Protection Agency.
13. Vetrimurugan, E., Brindha, K., Elango, L., & Ndwandwe, O. M. (2017). Human exposure risk to heavy metals through groundwater used for drinking in an intensively irrigated river delta. Applied Water Science, 7(6), 3267-3280. doi:007/s13201-016-0472-6
14. WHO. (1996). Guidelines for drinking-water quality: Health criteria and other supporting information (2 ed., Vol. 2). Geneva: World Health Organization.
15. World Health Organization. (2003). Iron in drinking-water: Background document for development of WHO guidelines for drinking-water quality. World Health Organization, Geneva. Retrieved from https://iris.who.int/handle/10665/75368
16. World Health Organization. (2021). Manganese in drinking-water: Background document for development of WHO guidelines for drinking-water quality. World Health Organization. Retrieved from https://www.who.int/publications/i/item/WHO-HEP-ECH-WSH-2021.5