

تقييم الآثار البيئية لمكب نفايات اللجون شرق مدينة الكرك على تلوث المياه السطحية في بحيرة سد الموجب

سطم سالم الشقور

جامعة مؤتة

الملخص

هدفت هذه الدراسة إلى تقييم الآثار البيئية لمكب النفايات في اللجون شرق مدينة الكرك على تلوث المياه السطحية في بحيرة سد الموجب، من خلال فحص عينات من المياه الخارجة من المكب، وعينة من المياه المأخوذة من بحيرة سد الموجب وتحليل الخصائص الفيزيائية والكيميائية لهذه العينات. ثم تم إجراء تحليل للخصائص الطبوغرافية لأودية التصريف التي تنحدر من سطح المكب باتجاه المجرى الرئيس لوادي الموجب. وقد أظهرت نتائج فحص عينات المياه الخارجة من المكب وجود ارتفاع في درجة حموضتها، وتركز للأملاح في عصارة النفايات مع زيادة قيم المواد الصلبة الذائبة الكلية، وزيادة كمية المواد العالقة الكلية للمياه وارتفاع معدل عناصر الكاديوم 0.48 ملغم/لتر، النحاس 0.69 ملغم/ لتر، الرصاص 0.28 ملغم/لتر، والزنك 0.26 ملغم/لتر، واليورون 33.6 ملغم/ لتر، مع وجود ارتفاع طفيف في كمية المواد الصلبة الذائبة الكلية في العينة حيث بلغت 512 ملغم/لتر.

وبينت نتائج تحليل عينة المياه المأخوذة من مياه بحيرة سد الموجب أن درجة العكورة والرقم الهيدروجيني كانت ضمن الحدود المسموح بها حسب المواصفات الأردنية، في حين بلغت المواد الصلبة الذائبة الكلية 512 ملغم/لتر بزيادة 212 ملغم/لتر عن الحد المسموح به، وبلغ تركيز الحديد 0.43 ملغم/لتر، وبلغ تركيز اليورون 0.3 ملغم/لتر. كما أظهرت نتائج التحليل الطبوغرافي أن سطح مكب اللجون يتكون من مجموعة من الأودية والتي تنحدر باتجاه الشمال الغربي نحو

المجرى الرئيسي لوادي الموجب، وهذا الوضع الطبوغرافي يزيد من احتمالية وصول الملوثات الخارجة من المكب إلى مياه

المجرى الرئيسي التي تصب في بحيرة السد.

كلمات مفتاحية: التلوث، مكب النفايات، حوض وادي الموجب، التحليل المكاني.

Assessment of the environmental effects of Al-Lajjun landfill east of Karak city on surface water pollution in the Mujib Dam Lake

Abstract

This study aimed at evaluating the environmental effects of the landfill in Al-Lajjun east of Karak city, on surface water pollution in the Mujib Dam Lake, by first examining samples of water leaving the landfill, and samples of water taken from the Mujib Dam lake, and then analyzing the physical and chemical properties of these samples. An analysis of the topographical characteristics of the drainage valleys that descend from the surface of the landfill towards the main course of WadiMujib was conducted to analyze the topographical characteristics of the drainage valleys that rise from the surface of the landfill towards the main course of WadiMujib. The results of examining samples of water leaving the landfill showed a concentration of salts in the waste, with an increase in the values of the total, dissolved solids, and an increase in the amount of public suspended materials, cadmium elements, 0.48 mg / .69 liter of copper, and 0.48 mg / liter of copper. 0.28 mg/l, 0.26 mg/l zinc, and 33.6 mg/l boron, a slight increase in foodstuffs close to foodstuffs inside the house in the surrounding area, which amounted to 512 mg/l.

The results of analyzing the water sample taken from the water of the Mujib dam lake showed that the degree of turbidity and pH were within the permissible limits according to the Jordanian specifications, while the total dissolved solids amounted to 512 mg/liter, an increase of 212 mg / liter from the permissible limit, and the iron concentration was 0.43 mg /L, and the concentration of boron was 0.3 mg/L. The results of the topographic analysis also showed that the surface of the Al-Lajjun landfill consists of a group of valleys that descend towards the northwest towards the main stream of WadiMujib.

Key words: pollution, landfill, WadiMujib basin, spatial analysis.

1. المقدمة

يواجه الأردن تحديات كبيرة في توفير المياه، لاسيما أنّ الأردن يعتبر من أكثر الدول ندرة مائية في العالم، ويترتب على هذا الواقع عواقب خطيرة على مستوى الأمن المائي والأمن الوطني، وقد زاد الأمر تعقيداً بعد أن شهدت المملكة خلال العقد الماضي زيادة كبيرة في عدد السكان بسبب اللجوء السوري؛ مما أدى إلى زيادة الطلب على المياه لتلبية احتياجات القطاعات المختلفة (Maplecroft, Global Security Analytics, 2018).

وقد انخفض نصيب الفرد في الأردن من الموارد السنوية المتجددة من المياه العذبة المتاحة من 3600م³ في بداية العقد الرابع من القرن العشرين إلى اقل من 145 م³ في عام 2020 (World Bank, 2020). وتتعرض المياه السطحية في الأردن لتهديد التلوث بالأنشطة المختلفة، ومنها التلوث بسبب النفايات الصلبة، والتي تعد إحدى المشكلات البيئية الكبرى لآثارها الضارة على الصحة العامة للإنسان، وموارد المياه السطحية والجوفية، وتشكل النفايات العضوية القابلة للتحلل في الأردن ما بين 50% إلى 60% (Gharaybeh & Alfarhan, 2008).

وتعدّ عملية تخزين ومعالجة النفايات الصلبة في المكبات أهم العمليات المتعلقة بآثارها على البيئة، حيث تختلف الدول حسب تقدمها العلمي وإمكانياتها المادية في معالجة النفايات سواء عمليات الفرز، أو التدوير، أو تحويلها إلى طاقة بطريقة علمية يتم من خلالها المحافظة على النواحي البيئية للمكان والمياه الجوفية، ويلاحظ أنّ معظم الدول العربية ومنها الأردن تعتمد على جمع النفايات ونقلها إلى المكبات دون معالجة، مما يفاقم من تأثيرها على مصادر المياه (Dong, 2002).

وعلى الرغم من أن النفايات الصلبة في محافظة الكرك ليست من النوع الخطر، حيث إنّ معظمها منزلية وزراعية ونفايات الصناعات البسيطة، إلا أنّ لها آثار سلبية على البيئة والموارد المائية، خاصة أنّ منطقة الدراسة جزء من حوض الموجب المائي كما أنها تضم أكثر من 60 بئراً جوفياً تزود مناطق مختلفة في الكرك بالمياه. ومن هنا جاءت هذه الدراسة من أجل استقصاء قابلية المياه السطحية في حوض وادي الموجب للتلوث بسبب موقع مكب النفايات في منطقة اللجون باعتبارها من مصادر التلوث في الحوض المائي (Ministry of Water and Irrigation, 2018).

2. مشكلة الدراسة:

يؤدي وصول السوائل الراشحة⁽¹⁾ من مكبات النفايات إلى مصادر المياه إلى زيادة تركيز بعض العناصر الثقيلة كالزرنخ، المنغنيز، الكاديوم، النحاس، والرصاص مما يؤدي إلى تلوثها. ويحتوي مكب النفايات الذي يقع في منطقة اللجون شرق مدينة الكرك على مواد عضوية قابلة للتحلل من مخلفات المنازل والشركات والصناعة، يمكن أن تسبب تلوث المياه السطحية والجوفية، حيث إن الأمطار الهاطلة على منطقة المكب تحلل المواد العضوية وغير العضوية، مما يكون مواد تحتوي على مستويات عالية من المعادن والأمونيا والمركبات العضوية السامة، وقد يؤدي وصول هذه المواد الكيميائية الضارة إلى مجرى وادي الموجب وإلى تلوث مياه بحيرة السد، بحيث تزيد المواد والخصائص التي لها تأثير استساغي على مياه الشرب عن القيم الموضحة في الجدول (1).

الجدول رقم (1)

الحد الأقصى المسموح به للخصائص التي لها تأثير استساغي على مياه الشرب حسب المواصفات والمقاييس الأردنية

الخاصية	الرمز	الحد الأقصى
الرقم الهيدروجيني	pH	٨,٥-٦,٥
المواد الصلبة الذائبة الكلية	TDS	١٠٠٠ (مغ/ل) ^(ب)
العسر الكلي	TH	٥٠٠ (مغ/ل)
المنظفات الكيماوية	L.A.S (MBAS)	٠,٢ (مغ/ل)
الأمونيوم	NH ₄	٠,٢ (مغ/ل)
الألومنيوم	Al	٠,١ (مغ/ل)
الحديد	Fe	١,٠ (مغ/ل)
الزئبق	Zn	٤,٠ (مغ/ل)
الصوديوم	Na	٢٠٠ (مغ/ل) ^(ب)
الكلورايد	Cl	٥٠٠ (مغ/ل)
الكبريتات	SO ₄	٥٠٠ (مغ/ل)

⁽¹⁾ ضمن حدود التواجد الطبيعي في المصادر المائية وفي حال تجاوز القيم الدليلة الواردة في الجدول أعلاه، يجب على الجهات المزودة للمياه تقديم خطة عمل لتحسين نوعية المياه متضمنة طريقة المعالجة والفترة الزمنية اللازمة للتصويب.

^(ب) ينطبق هذا الحد الأقصى ١٣٠٠ مغ/ل في حالة عدم وجود مورد مائي ذي نوعية أفضل وبموافقة وزارة الصحة.

^(ج) ينطبق هذا الحد الأقصى ٣٠٠ مغ/ل في حالة عدم وجود مورد مائي ذي نوعية أفضل.

المصدر: مؤسسة المواصفات والمقاييس الأردنية، 2020.

(1) هي المياه الملوثة الحاملة للمواد الذائبة الناتجة عن تفاعل المياه المتخللة مع أكوام الفضلات الصلبة لخروج عصارة على درجة عالية من السمية.

ومن هنا جاءت هذه الدراسة من أجل الإجابة عن التساؤلات التالية:

- 1- هل تؤثر العصاراة الخارجة من مكب اللجون على الخصائص الفيزيائية والكيميائية للمياه السطحية في بحيرة سد الموجب؟
- 2- هل يؤثر الوضع الطبوغرافي لسطح مكب اللجون على وصول الملوثات لبحيرة سد الموجب؟

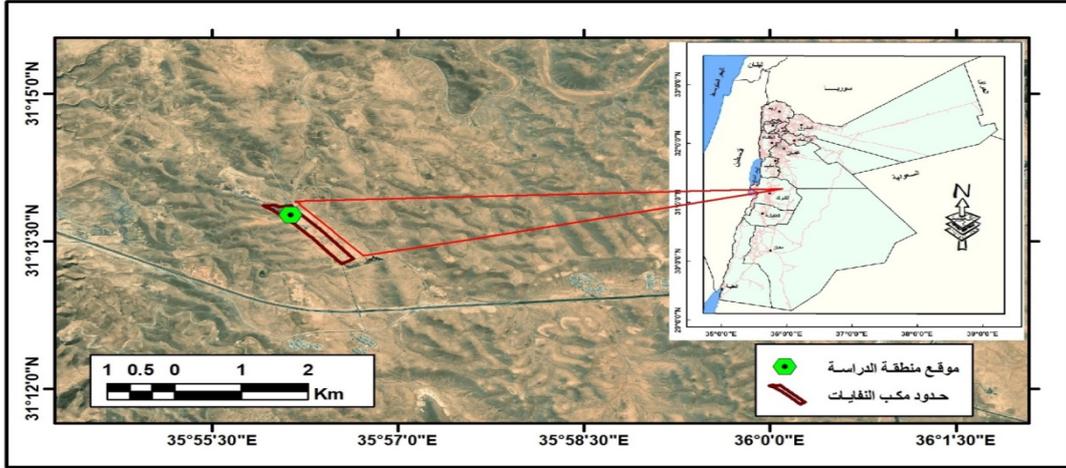
3. أهداف الدراسة:

سعت هذه الدراسة إلى تحقيق الأهداف التالية:

- 1- تقييم الآثار البيئية لمكب النفايات في اللجون شرق مدينة الكرك على تلوث المياه السطحية في بحيرة سد الموجب.
- 2- تحليل الخصائص الفيزيائية والكيميائية لعينات مسحوبة من المياه الخارجة من المكب، وعينات مسحوبة من مياه بحيرة سد الموجب.
- 3- تحليل الخصائص الطبوغرافية لأودية التصريف التي تتحدر من سطح المكب باتجاه المجرى الرئيس لوادي الموجب.
- 4- مقارنة نتائج فحص عينات المياه من سد الموجب مع مواصفات نوعية المياه في الأردن.

4. منطقة الدراسة:

يقع مكب نفايات اللجون على درجة عرض $31^{\circ} 13' 46''$ شمالاً، وخط طول $35^{\circ} 56' 44''$ شرقاً الشكل (1). وتبلغ مساحته الإجمالية نحو 488 دونماً، وتتخذ هذه المساحة الشكل المعين تقريباً في موقع مفتوح من جميع الاتجاهات، ويحيط به ثلاثة أودية رئيسة يغذيها 16 مجرى مائي تجري فوق سطح المكب.



شكل رقم (1)
موقع منطقة الدراسة

5. منهجية الدراسة:

أولاً- مرحلة جمع البيانات:

لقد تم الحصول على البيانات التي اعتمدت عليها الدراسة من عدة مصادر مختلفة، كالدراسات السابقة ذات الصلة بموضوع هذه الدراسة، بلدية الكرك الكبرى، وزارة المياه والري، الجمعية العلمية الملكية، ومؤسسة المواصفات والمقاييس الأردنية. وتم الاعتماد على الصور الجوية التي يوفرها برنامج Googleearth بدقة تمييزية 15م.

جدول (2)

مصادر البيانات المستخدمة في الدراسة

السنة	نوع البيانات	المصدر
2020	نوعية النفايات الصلبة	بلدية الكرك الكبرى
2018	مصادر المياه السطحية	وزارة المياه والري
2019، 2018، 2017	بيانات المشروع الوطني لمراقبة نوعية المياه في الأردن	الجمعية العلمية الملكية
2020	الخصائص التي لها تأثير استساغي على مياه الشرب حسب المواصفات الأردنية	مؤسسة المواصفات والمقاييس الأردنية
2020	الصور التي يوفرها البرنامج لمنطقة الدراسة بدقة تمييزية 15 م	برنامج Google earth

ثانياً - مرحلة إعداد البيانات وتجهيزها:

من أجل تحليل الخصائص الفيزيائية والكيميائية للمياه فقد سحبت عينات من منطقة المكب بتاريخ 2020/12/6 و 2020/12/28، حيث تم أخذ عينتين من المياه في المكب حجم كل عينة 1 لتر، بعبوتين محكمتي الإغلاق، حيث تمثل العينة الأولى (A) المياه السطحية قبل دخولها موقع المكب، وتمثل العينة الثانية (B) المياه السطحية بعد خروجها من المكب. وبعد تحليل العينتين (A,B) تبين عدم وجود فروق تذكر بين كميات العناصر المعدنية الموجودة في كل منهما، مما يدل على عدم وجود تلوث بالعناصر المعدنية في العينة الثانية (B) الخارجة من المكب بالمقارنة مع العينة الأولى (A)؛ وتم تفسير ذلك بأنه تم أخذ العينة (B) مباشرة بعد هطول الأمطار، ولم تأخذ الوقت الكافي لتتركز فيها الملوثات، مما دفع إلى سحب عينة ثالثة (C) لإجراء المقارنة الصحيحة، وقد جمعت العينات (A,B) في يوم 2020/12/6 والعينة الثالثة (C) في يوم 2020/12/28، بعد ثلاثة أيام من المنخفض الجوي الذي أثر على المملكة يوم 2020/12/25.

ثالثاً - مرحلة معالجة البيانات وتحليلها:

تم إجراء التحليل المخبري للعينات من أجل التعرف على خصائصها الكيميائية والفيزيائية ومقارنتها مع المواصفات الأردنية لمياه الشرب. وللمزيد من التدقيق في النتائج فقد تم الحصول على نتائج تحليل العينات من مياه سد الموجب كان قد قام بها المشروع الوطني لمراقبة نوعية المياه في الأردن من خلال الجمعية الملكية الأردنية، ومقارنة نتائج تحاليل هذه العينات مع المواصفة الأردنية لمياه الشرب رقم 286/2001، والمواصفات العالمية لمياه الشرب.

كما اعتمدت الدراسة الأسلوب التحليلي المكاني التي توفرها نظم المعلومات الجغرافية في معالجة البيانات، إذ تم تحليل البيانات المكانية ومعالجتها، وإنشاء قاعدة بيانات مكانية لإجراء التحليل الكارتوغرافي بعد توقيع موقع المكب على الصور. ثم تم تحديد اتجاه شبكة المجاري المائية وتحديد اتجاهات الميل. لمعرفة مدى قدرتها على نقل الملوثات عبر نظام التصريف إلى بحيرة السد.

وتم حساب زمن وصول المياه من موقع المكب إلى بحيرة السد باستخدام أساليب التحليل المكاني في بيئة نظم المعلومات الجغرافية، وبالاعتماد على معادلة سنايدر والتي يتم من خلالها تقدير الزمن اللازم لوصول المياه عن طريق

تقدير أوقات الجريان الزمنية. و يعرف زمن الوصول بأنه الزمن اللازم لجريان قطرة الماء من أبعد نقطة في الحوض إلى نقطة المصب، وتتأثر قيمته بشكل مباشر بخصائص الحوض المائي (طوله، شكله وانحداره). ويتم حساب زمن الوصول عن طريق المعادلة التالية (Taha, 2005):

$$T_p = 0.74 C_t (L * LC)^{0.3}$$

حيث:

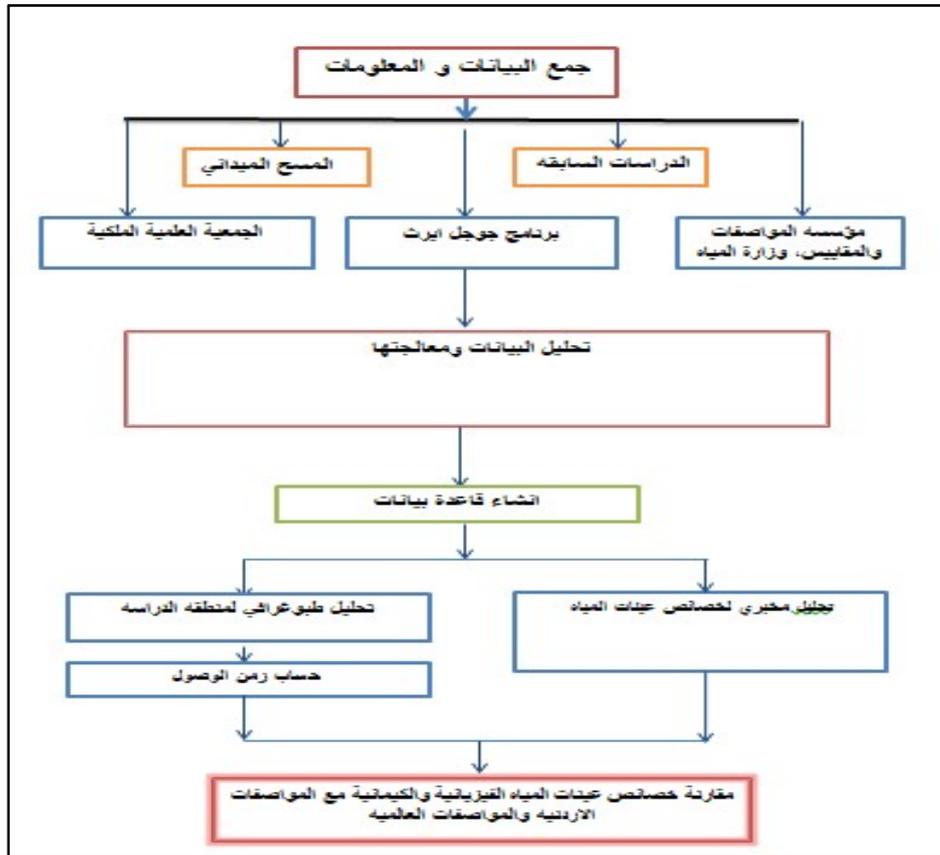
T_p : زمن وصول الجريان من المنبع إلى المصب يقاس بالساعة.

LC : طول الحوض بالكيلو متر من مركز الحوض إلى نقطة المصب.

L : طول الحوض بالكيلومتر من منطقة المنبع إلى منطقة المصب.

C_t : معامل يعتمد على خصائص الحوض وتتراوح قيمته من 1.8 إلى 2.2.

والشكل (2) يوضح مخطط منهجية الدراسة.



الشكل (2) / مخطط منهجية الدراسة

6. الدراسات السابقة:

هناك عدد كبير من الدراسات التي تناولت موضوع النفايات الصلبة وأثارها البيئية، حيث تناولت دراسة (الدعاجنة، 2020) مشكلات تلوث المياه في الضفة الغربية، وحصرت أسباب تلوثها، وكانت مكبات النفايات وطرق الحرق العشوائي هي من أهم أسباب حدوث التلوث؛ حيث تبين وجود تلوث كيميائي وعضوي في الأحواض المائية القريبة من مكبات النفايات التابعة للمستوطنات الإسرائيلية، وكانت تحتوي على أكثر من 200 تركيبة سامة، تؤثر بشكل مباشر على تلوث المياه السطحية والجوفية.

كما تناولت دراسة (Mehali et al., 2018) والتي كانت تحت عنوان:

”Assessment of water pollution of water bodies using GIS-A review“،

والتصنيف النوعي لمياه نهري الخور وتابي في مدينة سورات في الهند من خلال دراسة التغيرات المكانية للمياه السطحية باستخدام نظم المعلومات الجغرافية، واعتمدت الدراسة في تصنيفها للمياه على تحليل بعض الخصائص الفيزيائية والكيميائية للمياه، وتوصلت الدراسة إلى أن التطور الحضري وزيادة السكان تزيد من تلوث المياه السطحية مع مرور الزمن، وأن هناك حاجة فعلية للتحليل السليم والتخطيط المسبق لتنمية الموارد المائية باستخدام نظم المعلومات الجغرافية التي تلعب دوراً حيوياً في إعداد الخرائط والرصد الموقعي والتخطيط وإدارة الموارد الطبيعية.

أما دراسة (يزيدي وآخرون، 2017)، والتي كانت بعنوان:

“Contribution of GIS to evaluate surface water pollution by heavymetals: Case of Ichkeul Lake(Northern Tunisia)”

فهدفت إلى دراسة تلوث مياه بحيرة (أشكل) شمال تونس بالعناصر الثقيلة من خلال فحص عينات مياه من البحيرة وعينات مياه من الينابيع التي تتدفق لتغذية البحيرة، واستخدمت الدراسة التحليل الهيدرولوجي لمنطقة الدراسة لمعرفة الأحواض الفرعية المكونة للبحيرة، كما استخدمت ثلاثة مؤشرات لقياس درجة تلوث المياه بالعناصر الثقيلة، وتوصلت الدراسة إلى أن تراكيز المواد المعدنية في مياه البحيرة أقل من الحد المسموح به في مواصفات مياه الشرب العالمية باستثناء النحاس، كما أظهرت النتائج أن التراكيز الأعلى للمعادن الثقيلة كانت في الجزء الجنوبي والجزء الجنوبي الشرقي من البحيرة، وذلك بسبب وجود تصريف لمياه عادمة منزلية للأودية الرافدة للبحيرة من تلك الجهات.

وفي دراسة (Gautam et al. 2014) والتي تناولت:

" Contamination of heavy metals in Aquatic media:transport, toxicity and technologies forremediation. In: Heavymetals in water" .

وقد بينت النتائج أنه من بين المكونات المختلفة للسائل المترشح، المعادن الثقيلة غير قابلة للتحلل الحيوي، وقادرة على تدهور جودة المياه السطحية والجوفية، وهي سامة حتى في مستوى منخفض للنظام البيولوجي.

كما تناولت دراسة (العظمت، 2015) "تأثير رماد الصخر الزيتي الناتج عن عمليات استغلاله المتوقعة كمصدر للطاقة على البيئة"، خصوصا على مصادر المياه السطحية والجوفية في منطقة (اللجون) في الكرك، وتوصلت الدراسة إلى أنّ العناصر الكيميائية التي تتواجد في الرماد الناتج عن حرق الصخر الزيتي تساهم في تلويث المياه السطحية في الأودية المحيطة بمنطقة اللجون وسد الموجب، فضلا عن إمكانية انتقال هذه الملوثات إلى المياه الجوفية وتلويثها.

وهدفت دراسة (الخرابشة والعنوم، 2013)، بعنوان:

"Effect of Agricultural Activities on Water Quality Deterioration of Mujib Basin"

إلى دراسة تأثير الأنشطة الزراعية في منطقة وادي الموجب على مياه السد، من خلال سحب 24 عينة من مياه السد خلال شهري شباط وتشيرين ثاني أي قبل وبعد الموسم المطري، ثم تم تحليلها إلى خصائصها الفيزيائية والكيميائية والبيولوجية، وتوصلت الدراسة إلى وجود تراكيزات عالية من العناصر التالية (+ Na و -Cl و -SO4 و NO3) وربط الباحثان ذلك باحتمال تلوث المياه بمخلفات الأنشطة الزراعية. كما تبين أن نسب وجود القولونيات الكلية تتجاوز القيم الحد المسموح به وفقاً للمواصفات العالمية والأردنية لمياه الشرب.

الدراسة التي قامت بها عهود عائض الرحيلي (2010) (استخدام نظم المعلومات الجغرافية في تحديد أنسب مواقع دفن النفايات بالمدينة المنورة) وهدفت هذه الدراسة إلى استخدام تقنية GIS كتقنية مساعدة لتقييم موقع المدفن العام، واختيار مواقع مستقبلية جديدة، وتحديد مدى صلاحية نتاج خريطة رقمية لأفضل مواقع دفن إقامة مدفن للنفايات الخطرة بالاعتماد على مجموعة من المعايير المطورة بناء على مبادئ اتفاقية بازل العالمية الخاصة باختيار وتصميم وتشغيل مدافن النفايات الخطرة بالمناطق شديدة الجفاف.

الدراسة التي قام بها صندوق تطوير وإقراض البلديات في الضفة الغربية (2008) وتتناول الدراسة تقييم الآثار البيئية والاجتماعية، وأثر المكبات العشوائية (الحالية) وتأثيرها على المياه الجوفية والبيئة المحيطة. كما قامت الدراسة بحساب كميات النفايات الحالية وتوقعات زيادتها في المستقبل بناء على الزيادة في عدد السكان، إضافة لدراسة الطاقة الاستيعابية للمكب، وقامت الدراسة ببحث الوضع الجيولوجي والهيدرولوجي والظروف المناخية وتضاريس المنطقة، وأخيراً تقييم ما يمكن أن ينتج عنه من آثار على البيئة في المستقبل.

دراسة قام بها (ميالة، 2008)، "تقييم إدارة المخلفات المنزلية الخطرة: دراسة مقارنة بين مدينة نابلس ومخيماتها". وتهدف إلى دراسة نوع وكمية المواد الأكثر خطورة المستعملة في المنازل، وتحديد مستوى الوعي في التخلص من هذه النفايات الخطرة، واقتراح إدارة متكاملة تشمل إدارة النفايات الخطرة بكل مراحلها من الجمع حتى التخلص النهائي منها، بحيث تقلل من الأخطار المترتبة عليها وتراعي مستوى الصحة العامة. وتبين الدراسة أن نسبة النفايات الخطرة في المدينة كانت 89.2% وفي مخيماتها 88.1% وهي بذلك تتناسب مع الدخل بشكل مباشر.

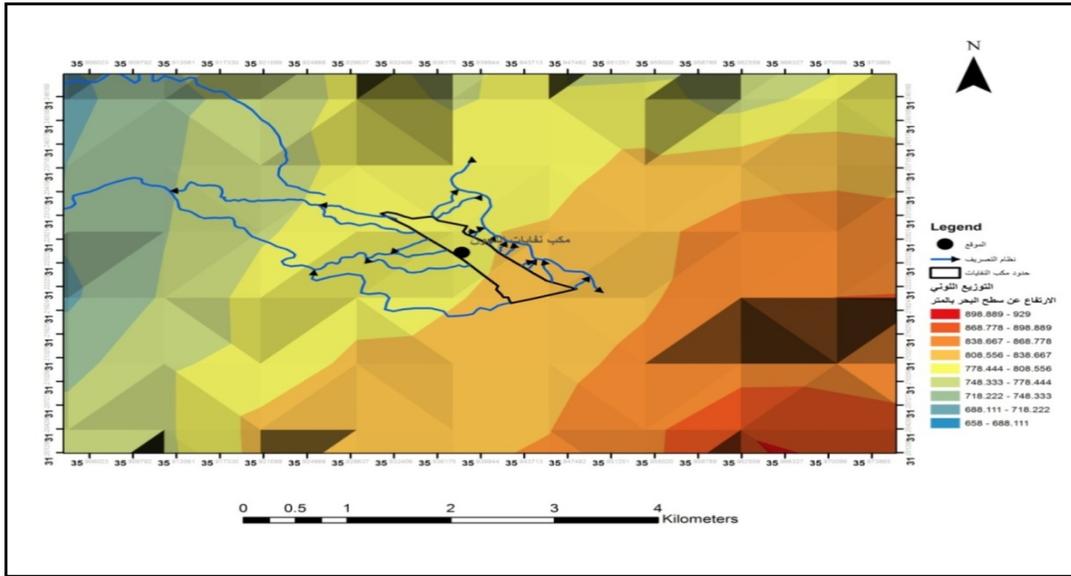
7. التحليل والمناقشة

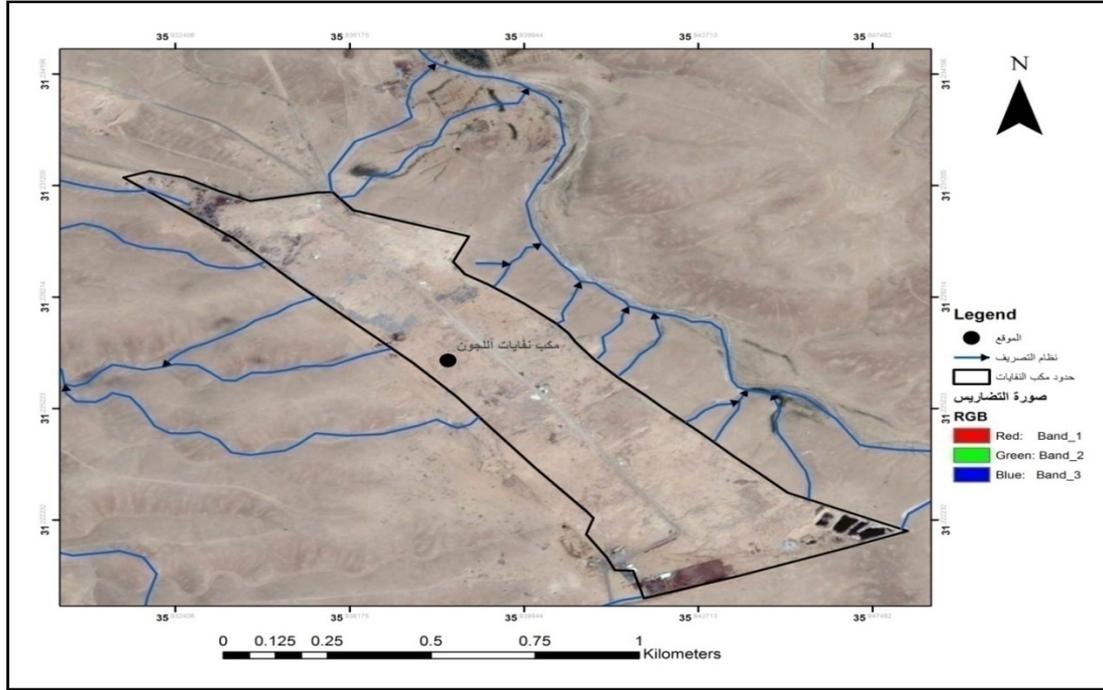
1.7 تحليل الخصائص الطبوغرافية

يمتد مكب نفايات اللجون على هضبة يتراوح ارتفاع سطحها بين (660 م - 869 م)، الشكل (3)، ويحتوي الجزء الشمالي الغربي على أودية موسمية الجريان، في حين يزيد ارتفاع الجزء الجنوبي الشرقي من سطح المكب ليصل إلى 869 م، وهو ذو طبيعة طبوغرافية أكثر انبساطاً من الجزء الشمالي الغربي، مما يجعل منطقة المكب تشكل قاعدة تغذية لنظام تصريف الأودية باتجاه الشمال الغربي.

كما يتحول معظم الهطول المطري إلى جريان سطحي؛ نظراً لخلو المنطقة من الغطاء النباتي، ويتم تصريف مياهها في موسم الأمطار عبر شبكة تصريف الأودية الشكل (4)، وهو عبارة نظام تصريف يغذي في نهايته وادي عميق شديد التعرج، يتحرك باتجاه الغرب، وينتهي بشبكة ثانوية متفرعة تمتد باتجاه الشمال الغربي نحو مجرى وادي الموجب، وهذه المجاري تساعد في اختلاط المواد والملوثات المختلفة الموجودة مع النفايات كالمعادن الثقيلة الناتجة من عصارة

النفايات مثل الزئبق والكاديوم وغيرها، ثم تنتقل هذه المواد مع مياه الأمطار عبر المجاري المائية، وما يحمله معه من المواد الذائبة أو ما يمكن أن يعلق به من مخلفات النفايات العالقة، والتي تصل بالنهاية إلى نبع اللجون وسد الموجب واختلاطها مع المياه السطحية. نلاحظ في الشكل (5) وجود مجموعة من الأودية التي تنتشر في جنوب وجنوب غرب منطقة المكب ثم تتحد بشدة هذه الأودية نحو مجرى وادي الموجب الرئيسي.





الشكل رقم (5)

الأودية والمجاري المائية في منطقة الدراسة

2.7 زمن الوصول

ولحساب زمن الوصول فقد تم استخراج طول الحوض والذي بلغ 57 كم من منطقة المنبع إلى منطقة المصب، ثم استخراج طول الحوض من مركزه إلى نقطة المصب والتي بلغت 23.25 كم، وباعتماد قيمة المعامل Ct الأعلى وهي 2.2، سيكون زمن الوصول كالتالي:

$$TP = 0.74 * 2.2 (57 * 23.25)^{0.3}$$

$$TP = 17.9 \text{ hours}$$

ويتضح من خلال تطبيق المعادلة أعلاه أن زمن الوصول (TP) بلغ 14 ساعة، أي قطرة الماء تحتاج إلى 17.9

ساعة للوصول من أبعد نقطة في الحوض إلى مصبه.

3.7 تحليل نتائج عينات المياه

1.3.7 درجة الحموضة pH:

إن تركيز الأيون الهيدروجيني pH يعدّ أحد المؤشرات المهمة لنوعية المياه، وإذا لم يتم ضبطه قبل التصريف فإنه سيؤثر عكسياً على قيمة (pH) في المياه السطحية العذبة، وقد تبين من نتائج تحليل العينات في الشكل (6) عدم وجود فروق كبيرة بين قيمة درجة الحموضة (pH) للعينات الأولى (A) والتي تمثل المياه السطحية وقبل دخولها موقع المكب 7.63، والعيينة الثانية (B) التي تمثل المياه السطحية بعد خروجها من مكونات المكب 7.92 بفارق بلغ 0.29. وهذا يعني أنها تميل إلى القاعدية الخفيفة؛ وقد يعزى ذلك إلى احتمالية سيادة أيونات البايكربونات، أما درجة الحموضة في العينة الثالثة (C) لفقد بلغت 8.69 وهذا يعني أنها قلووية؛ لوجود عناصر الهيدروكسيدات والكربونات والبايكربونات مثل الكالسيوم والمغنسيوم والصوديوم والبوتاسيوم.

2.3.7 الموصلية الكهربائية (E.C):

أظهرت نتائج التحليل المخبري تباين قيم القراءات بين عينات الدراسة، وهذا يؤكد أن الاختلاف في تركيز العصاره في تغيير التركيز الملحي للمياه، وأن وجود الفروق قد يعود إلى تركيز الأملاح في عصاره النفايات مما أدى إلى ارتفاع نسبة الأملاح وتداخلها مع مياه الأمطار الشكل (7)، وبالتالي فقد بلغت قيمة الموصلية الكهربائية لعينة المياه الخارجة من المكب 4,5 ديسي سمنزم م-1 للعينة الثالثة (C) بالمقارنة مع 2.1 ديسي سمنزم م-1 للعينة الأولى (A) للمياه قبل دخولها المكب.

3.3.7 الأملاح الذائبة (TDS)

توافقت زيادة الموصلية الكهربائية للمياه الخارجة من المكب مع زيادة قيم المواد الصلبة الذائبة الكلية، بحيث بينت نتائج التحليل المخبري وجود فروق بين العينتين، إذ سجلت عينة المياه الخارجة من المكب قيم مرتفعة نسبياً للأملاح الذائبة بلغت حوالي 4465 ملغم/لتر بالمقارنة مع 1325 ملغم/لتر في العينة الأولى (A)، و 2394 ملغم/لتر في العينة (B)، الشكل (8)، وهذا يؤكد تفاقم مشكلة التلوث نتيجة مرور هذه المياه فوق سطح المكب، حيث تضيف تلك المياه الملوثات إلى مصادر المياه السطحية القريبة منها، ويبدو من نتائج الدراسة الحالية أن قيم TDS قد

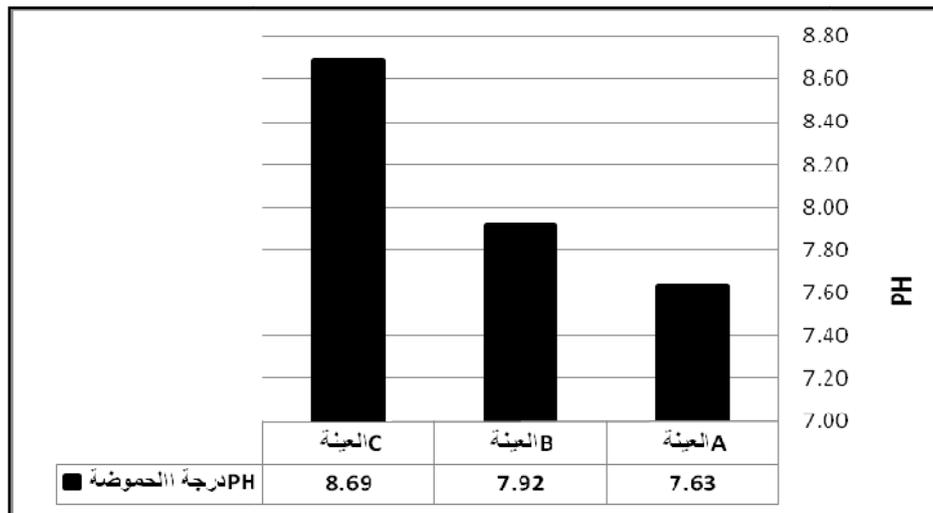
تجاوزت القيم المسموح بها (500 ملغم / لتر)؛ وهذا يفيد بأن زيادة كمية المواد العالقة الكلية للمياه الخارجة من المكب والمحملة بالفضلات المنزلية والزراعية والمخلفات المختلفة سيؤثر على نوعية المياه.

4.3.7 العسرة الكلية (TH)

تبين النتائج الموضحة في الشكل (9) تذبذب قيم العسرة الكلية لعينات المياه المستخدمة في الدراسة، إذ بلغت 4465 ملغم / لتر للعينة الثالثة (C) و 2493 ملغم / لتر للعينة (B) و 1325 ملغم / لتر للعينة (A)، وأن ارتفاع قيم العسرة الكلية في العينة (C) قديعود إلى ارتفاع نسبة ملوحة المياه.

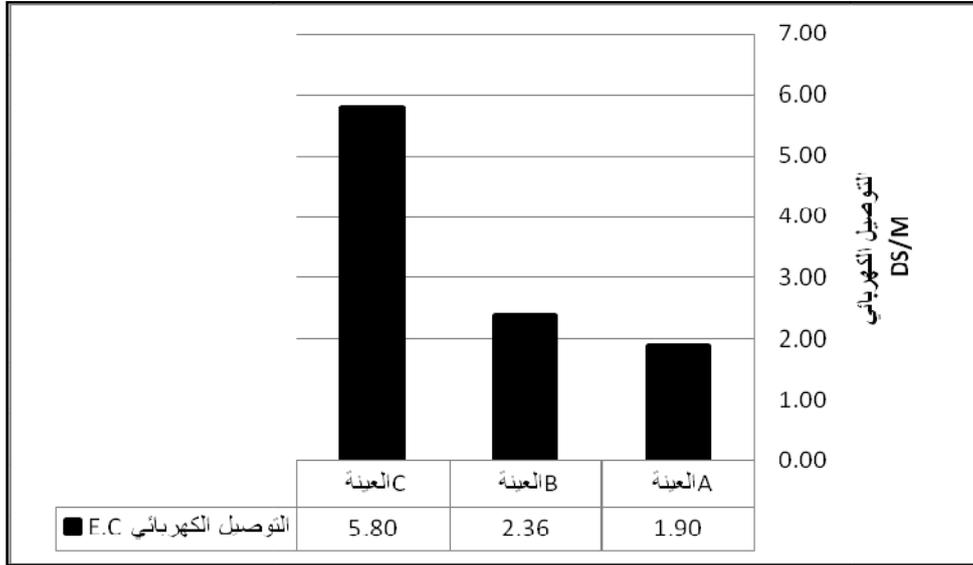
5.3.7 التركيز الكلي للعناصر الثقيلة

يُظهر الجدول (3) التركيز الكلي لبعض العناصر الثقيلة في عينة المياه الخارجة من المكب، حيث يتباين تركيز العناصر الثقيلة (Cd, Cu, Pb, Zn) في المياه في المياه الخارجة من المكب. ويلاحظ من نتائج التحليل المخبري أن التركيز الكلي للعناصر الثقيلة فوق الحد المسموح به، وبأن معدل الكاديوم 0.48 ملغم/لتر والنحاس 0.69 ملغم/لتر، والرصاص 0.28 ملغم/لتر والزنك 0.26 ملغم/لتر، واليورون 33.6 ملغم / لتر، في المياه الخارجة من المكب بسبب طبيعة النفايات المكونة له، وما لها من نتائج سلبية في تلوث المصادر المائية التي تعدّ مصدرا هاما للكثير من الاستخدامات البشرية والزراعية.



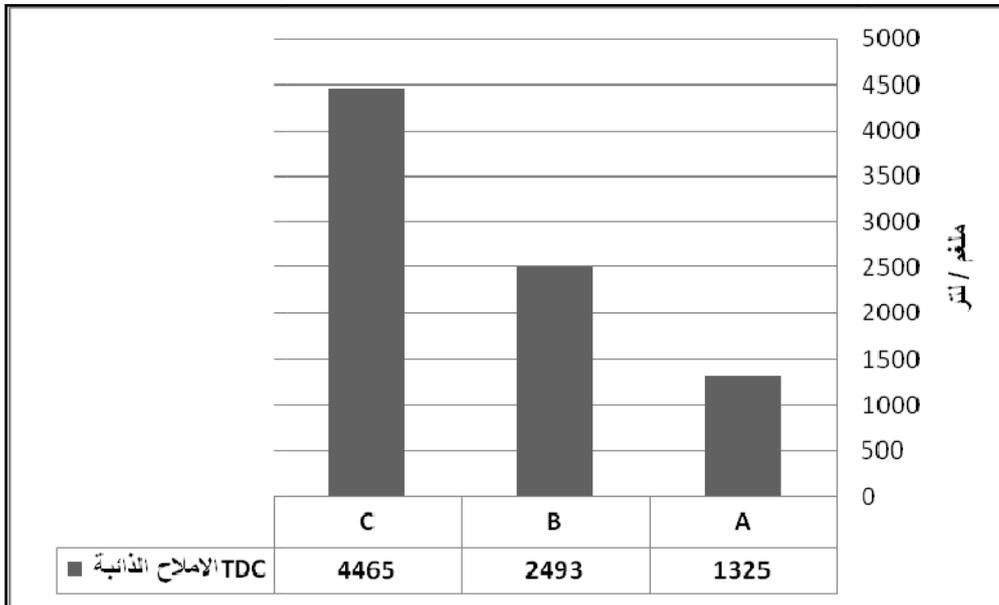
الشكل (6)

درجة الحموضة لعينات المياه في مكب اللجون



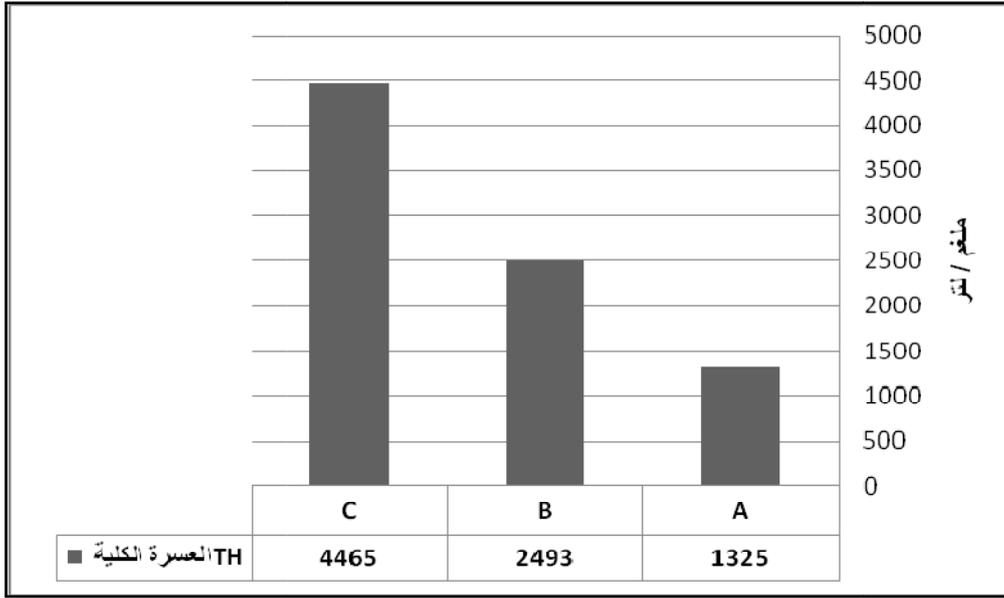
الشكل (7)

الموصيلية الكهربائية لعينات المياه في مكب اللجون



الشكل (8)

الأملاح الذائبة في عينات المياه في مكب اللجون



الشكل (9)

العسرة الكلية في عينات المياه في مكب اللجون

جدول رقم (3)

تركز العناصر الثقيلة في المياه الخارجة من المكب

العينة الخارجة من المكب	الرمز	المادة الكيميائية
0.69	Cu	النحاس
0.26	ZN	الزنك
0.28	Pb	الرصاص
0.48	CD	الكاديوم
33.6	B	البورون

6.3.7 الخصائص الفيزيائية والكيميائية للمياه الخارجة من بحيرة سد الموجب

يبين الجدول (4) تحليل نتائج عينة المياه المأخوذة من سد الموجب 2020/12/23، لمعرفة نتائج بعض

الخصائص الفيزيائية والكيميائية للمياه الخارجة من بحيرة سد الموجب.

جدول رقم (4)

تحليل نتائج عينة المياه المأخوذة من سد الموجب 2020/12/23

مخرج سد الموجب 2020/11/23	Unit	Parameter
7.72	SU	PH
860	$\mu\text{S/cm}$	EC
512	Mg/L	TDS
14	Mg/L	TSS
66.8	Mg/L	Na
19.8	Mg/L	Mg
76.6	Mg/L	Ca
1.76	Mg/L	SAR
108	Mg/L	Cl
<1.0	Mg/L	NO ₃
180	Mg/L	HCO ₃
0.19	Mg/L	Mn
0.43	Mg/L	Fe
<0.1	Mg/L	B
7.9E+01	MPN/100ml	TCC
7.9E+01	MPN/100ml	TTCC
2.0E+00	MPN/100ml	E.coli

وقد أظهرت نتائج تحليل الخصائص الفيزيائية والكيميائية كما في الجدول (4) أن درجة العكورة كانت ضمن الحد المسموح به حسب المواصفات الأردنية، وأن الطعم والرائحة مستساغة ومقبولة للمستهلك، أما فيما يتعلق بالخصائص الكيميائية فقد بلغ الرقم الهيدروجيني 7.2 وهو ضمن الحدود المسموح بها والتي تتراوح بين 6.5 إلى 8.5، في حين بلغت المواد الصلبة الذائبة الكلية 512 ملغم/لتر بزيادة 212 ملغم/لتر عن الحد المسموح به في حين يجب ألا تزيد كمية المواد الصلبة الذائبة الكلية على 300 ملغم/لتر. مما يعني أن هناك ارتفاعاً طفيفاً فيقيم الخصائص الكيميائية للمياه في بحيرة السد عن الحدود المسموح بها في المواصفات الأردنية، فقد بلغ تركيز الحديد 0.43 ملغم/لتر، وتركز البورون بلغ نحو 0.3 ملغم/لتر، فيما كانت باقي العناصر الأخرى ضمن الحدود المسموح فيها.

وقد قام المشروع الوطني لمراقبة نوعية المياه في الأردن بإجراء فحوصات لعينات من مياه سد الموجب في الجمعية الملكية الأردنية، ويبين الجدول (5) نتائج فحص هذه العينات، وتم مقارنة نتائج تحليل العينات مع المواصفات الأردنية لمياه الشرب رقم 286/2001، والمواصفات العالمية لمياه الشرب.

الجدول (5)

نتائج تحليل عينات مياه سد الموجب

تحاليل مختبر شركة مياه العقبة 2019/2/26	مخرج سد الموجب 2018/8/28	مخرج سد الموجب 2017/9/19	مخرج سد الموجب 2017/11/23	المواصفة العالمية لمياه الشرب WHO/1997	المواصفة الاردنية لمياه الشرب رقم 286/2001	unit	parame
7.27	7.72	-	7.97	8.5 - 6.5	8.5 - 6.5	SU	PH
-	860	-	1229	750 - 400	-	µS/cm	EC
-	512	-	643	1500 - 300	1000	Mg/L	TDS
27	-	-	-	<20	-	Mg/L	COD
12	-	-	-	يفضل عدم وجود اذا وجد يكون 3 - 5	-	Mg/L	BOD5
-	66.8	-	89.6	175 - 20	≤200	Mg/L	Na
-	19.8	-	32.3	50 - 30	-	Mg/L	Mg
-	76.6	-	84.9	200 - 100	-	Mg/L	Ca
-	108	-	143	200 - 25	≤500	Mg/L	Cl
0.104	-	-	-	0.05	0.2	Mg/L	NH4
10	<1.0	-	<1	50	≤50	Mg/L	NO3
-	0.19	-	0.22	0.1	≤0.4	Mg/L	Mn
-	0.43	-	<0.1	0.3	≤1	Mg/L	Fe
-	<0.1	-	0.22	0.3	≤2.4	Mg/L	B
-	-	2.0E+00	-	لا يوجد	<1.1	MPN/100ml	E.coli

المصدر: بيانات المشروع الوطني لمراقبة نوعية المياه في الأردن / الجمعية العلمية الملكية

من خلال الجدول (5) يتبين لنا أن هناك بعض التجاوزات في نسب بعض العناصر في مياه سد الموجب بالمقارنة

مع مواصفات مياه الشرب الأردنية ومواصفات مياه الشرب العالمية، مثل:

1. ارتفاع الموصلية الكهربائية في المياه أعلى من الحد المسموح به في كلا المواصفتين بشكل واضح، وهذا يدل على وصول مياه صرف من مكب النفايات إلى بحيرة السد.
2. ارتفاع نسب كل من COD و BOD5 في المياه مما يدل على وجود تلوث عضوي فيها.
3. ارتفاع نسبة الأمونيا عن الحد المسموح به في المواصفات العالمية لمياه الشرب، ولكنها ضمن الحد المسموح به في المواصفات الأردنية، مع أن وجودها بتركيز عالٍ يدل على تلوث المياه بمياه الصرف الصحي.
4. وجود بكتيريا الـ E.coli بنسبة تفوق الحد المسموح به في المواصفات الأردنية، مع أن المواصفات العالمية لمياه الشرب لا تسمح بوجودها نهائياً، وهذا يدل على وجود تلوث بالمياه العادمة غير المعالجة أو المعالجة بشكل سيء.

8. مناقشة النتائج والتوصيات

1.8 مناقشة النتائج:

أولاً: مناقشة النتائج المتعلقة بالإجابة على السؤال الأول ونصه: هل تؤثر العصارّة الخارجة من مكب اللجون على الخصائص الفيزيائية والكيميائية للمياه السطحية في بحيرة سد الموجب؟

أظهرت نتائج الدراسة وجود مستويات مرتفعة في بعض العناصر الفيزيائية والكيميائية لعينات مياه بحيرة السد؛ إذ لوحظ زيادة المواد الصلبة الذائبة الكلية 212 ملغم/لتر عن الحد المسموح به، كما ارتفعت عناصر الحديد والبورون ارتفاعاً طفيفاً عن الحد المسموح به، وهذا يشير إلى وجود قدر من التلوث في هذه العينات، حيث تتوافق هذه النتيجة مع نتائج فحص العينات التي قام بها قام المشروع الوطني لمراقبة نوعية المياه في الأردن، والذي أشار إلى وجود بعض التجاوزات في نسب بعض العناصر في مياه سد الموجب بالمقارنة مع مواصفات مياه الشرب الأردني ومواصفات مياه الشرب العالمية.

ونظراً لوجود عناصر الهيدروكسيدات والكربونات والبايكربونات مثل الكالسيوم والماغنسيوم والصوديوم والبوتاسيوم، بالإضافة إلى تركيز الأملاح في عصارّة النفايات الخارجة من المكب، مع ارتفاع قيم المواد الصلبة الذائبة الكلية إلى حوالي 4465 ملغم/لتر؛ الأمر الذي يجعل من مكب نفايات اللجون بؤرة من بؤر تلوث المياه السطحية في حوض وادي الموجب، ويزيد من تفاقم حجم هذه المشكلة جريان هذه المياه الملوثة عبر شبكة التصريف المائي ناقلة معها الملوثات والمواد العالقة، بالإضافة إلى نقل الفضلات المنزلية والزراعية والمخلفات المختلفة وترسيبها في بحيرة السد.

ثانياً: مناقشة النتائج المتعلقة بالإجابة على السؤال الثاني ونصه: هل يؤثر الوضع الطبوغرافي لسطح مكب اللجون على وصول الملوثات لبحيرة سد الموجب؟

أظهرت نتائج التحليل الطبوغرافي وجود مجموعة من الأودية التي تشكل سطح مكب نفايات اللجون، والتي تتحدر باتجاه الشمال الغربي باتجاه المجرى الرئيسي لوادي الموجب، مما يزيد من احتمالية وصول الملوثات الخارجة من المكب إلى بحيرة السد، كما أنّ طبيعة حوض التصريف وخصائصه المورفومترية تساعد في زيادة سرعة الجريان السطحي، مما

يزيد من سرعة زمنوصول الملوثات إلى مياه السد، وقد بينت النتائج أنّ زمن الوصول يبلغ حوالي 17.8 ساعة من أبعاد نقطة في الحوض إلى المصب.

2.8 التوصيات:

بناء على النتائج، فإنّ الدراسة توصي بالتالي:

- 1- مراقبة نوعية المياه في بحيرة سد الموجب بشكل مستمر من الجهات ذات العلاقة؛ خاصة وأنها تستخدم للشرب.
- 2- إجراء مسح بيئي شامل لمنطقة الحوض والمكب لمعرفة مدى تأثير بؤر التلوث الناتجة عن الأنشطة البشرية الواقعة ضمن حدود حوض وادي الموجب مثل محطة تنقية جامعة مؤتة، مزارع الدواجن والأغنام، ومكب النفايات السائلة على سلامة المياه السطحية في الحوض وبحيرة السد.
- 3- أن تتحمل الدوائر الرسمية ومؤسسات المجتمع المدني مسؤولياتها القانونية والأخلاقية من أجل المحافظة على مصادر المياه السطحية والجوفية في حوض وادي الموجب.
- 4- متابعة التجاوزات في نسب بعض العناصر في مياه سد الموجب بالمقارنة مع مواصفات مياه الشرب الأردنية ومواصفات مياه الشرب العالمية.

المصادر المراجع

المراجع باللغة العربية:

- بلدية الكرك (2020)، بيانات غير منشورة.
- لجمعية العلمية الملكية، (2019).
- الدعاجنة، حجازي. (2020). مشكلات تلوث المياه في الضفة الغربية - فلسطين المجلة المغاربية للدراسات التاريخية والاجتماعية جامعة سيدي بلعباس: المجلد 12، العدد 2، ص 109-134.
- الرحيلي، عهود عائض، (2010)، استخدام نظم المعلومات الجغرافية في تحديد أنسب مواقع دفن النفايات بالمدينة المنورة، رسالة ماجستير غير منشورة، جامع أم القرى، مكة المكرمة-السعودية.
- السلطة الوطنية الفلسطينية، صندوق تطوير وإقراض البلديات، المجلس الأعلى للخدمات المشتركة لجنوب الضفة الغربية إدارة النفايات الصلبة، موقع مكب النفايات الصحي المقترح المنيا / تقوع، [www.hebron-2118](http://www.hebron-2118.city.ps/pdfs/mhm.pdf) .
- مؤسسة المواصفات والمقاييس الأردنية (2020)، مواصفات مياه الشرب.
- وزارة المياه والري، المملكة الأردنية الهاشمية. (2018). نشرة قطاع المياه الأردني حقائق وأرقام.

المراجع الأجنبية:

- Atef Al-Kharabsheh, MohamadAlatoum. (2013). Effect of Agricultural Activities on Water Quality Deterioration of Mujib Basin, Jordan Al-Balqa Applied University and UNDP Office, Amman.
- Dong, Z., et. Al., (2002). Impact-entrainment relationship in a saltating cloud, Earth surface prosses and landforms. Volume 27, Issue 6. pp 641-658.

- Gautam RK, Sharma SK, Mahiya S, Chattopadhyaya MC (2014) CHAPTER 1. Contamination of heavy metals in Aquatic media: transport, toxicity and technologies for remediation. In: Heavy metals in water. pp 1–24. <https://doi.org/10.1039/9781782620174-00001>
- Gharaybeh, S., Alfarhan, Y. (2008). Introduction to Environmental Sciences. Dar Al Shorouk for Publishing and Distribution, Amman.
- Hashemite Kingdom of Jordan, Ministry of Water and Irrigation,. (2018).
- Maplecroft, Global Security Analytics,. (2018). water security index, available from www.maplecroft.com/about/news/water_security.html.
- Mayyaleh. Ehab. A.” Assessment of Household Hazardous Waste Management:Acomparative Study between Nablus and its refugee Camps" ." driss" An-NajahNationalUniversity. 2008.
- Supriya, K,. Surface Water Pollution: Meaning and Sources. www.environmentalpollution.com.
- Taha, S, & Hassan, K. (2005). Building a geographical model of the flow of surface water in the northern part of the island region / Iraq, University of Mosul, Iraq.
- World Bank.,(2009) Water for Life, Water Strategy,. (2009). Water strategy available www.irinnews.org/pdf/jordan_national_water_strategy.pdf), chap. 2-3World Bank, Data: Renewable internal freshwater resources per capita (cubic metres), available from <http://data.worldbank.org/indicator/ER.H2O.INTR.PC>.
- World Bank., (2020).Water for Life: Water Strategy - Jordan 2008-2022" Water strategy available At: www.irinnews.org/pdf/jordan_national_water_strategy.pdf), chap. 2-3 World Bank, Data: Renewable internal freshwater resources per capita (cubic metres), available from <http://data.worldbank.org/indicator/ER.H2O.INTR.PC>.