



جمهورية العراق

وزارة التعليم العالي والبحث العلمي

جامعة الموصل

كلية العلوم البيئية

قسم علوم البيئة

دراسة وتشخيص التلوث بالجسيمات البلاستيكية الدقيقة في المياه

الجوفية في محافظة نينوى

قيس محمد حمد محمد

رسالة ماجستير

في

العلوم البيئية

بإشراف

الأستاذ المساعد

الأستاذ

الدكتور رشاد خالد صبري البجاري

الدكتور قصي كمال الدين الأحمد

2025 م

1447 هـ

الخلاصة

تُعدّ الجسيمات البلاستيكية الدقيقة من بين الملوثات البيئية المستحدثة التي باتت تُهدد النظم البيئية المائية، بما في ذلك المياه الجوفية التي تُعدّ مصدرًا أساسيًا لمياه الشرب في عديد من مناطق العالم. تهدف هذه الدراسة إلى تقصي وفرة الجسيمات البلاستيكية الدقيقة وتحديد خصائصها الفيزيائية والبوليميرية في عينات المياه الجوفية لمحافظة نينوى، بالاعتماد على تحليل دقيق وجمع منهجي للبيانات الميدانية. تمّ جمع عينات المياه الجوفية من ٣٦ بئرًا توزعت في مناطق مختلفة من محافظة نينوى، تحديد مواقعها جغرافيًا بنظام تحديد المواقع العالمي (GPS). خضعت العينات لسلسلة من العمليات المختبرية تضمنت الترشيح باستخدام ورق ترشيح ($0.45 \mu\text{m}$). استُخدم المجهر التشريحي الضوئي (SM)steromicroscope لتحديد الأشكال والألوان، في حين تمّ استخدام المجهر الإلكتروني الماسح (SEM - Scanning Electron Microscope) بدقة عالية لتحليل الأبعاد والاحجام للجسيمات. أُجري التوصيف الكيميائي لأنواع البوليمرات بواسطة مطياف الأشعة تحت الحمراء FTIR. كشفت النتائج عن وجود ٤٦٧٤ جسيمة بلاستيكية دقيقة لكل مجمل العينات، بتركيزات تراوحت بين ١٥ و ١٠٣ جسيمة/لتر، بمتوسط عام بلغ 43.3 ± 19.2 جسيمة/لتر. وسجل البئر رقم (٣٤) في منطقة الغزلاني أعلى تركيز، في حين كانت الآبار (٧) في سنجار و(٣٣) في حي الحدباء الأقل تلوثًا بالجسيمات البلاستيكية الدقيقة، مما يعكس تفاوتًا مكانيًا ملحوظًا في مستويات التلوث، إذ تأثرت غالبًا بقرب الموقع من مكبات النفايات، أو تصميم البئر (مفتوح أو مغطى)، فضلًا عن تاثر البئر بعوامل طبيعية من الجريان السطحي لمياه الامطار وأظهر التحليل الإحصائي باستخدام اختبار ANOVA أن غالبية الفروق بين الآبار كانت معنوية إحصائيًا، مما يؤكد التباين في التأثيرات البيئية ومصادر التلوث بين المناطق.

أما من حيث الخصائص الشكلية للجزيئات، فقد شكّلت الألياف البلاستيكية النسبة الأعلى (٣١٪)، تلتها الشظايا (٢٩٪)، ثم الأغشية الرقيقة بنسبة ١١٪، الرغوات بنسبة ١٠٪ والكريات بنسبة ٧٪، في حين صُنفت نسبة ١٢٪ ضمن فئة غير محددة الشكل. يُعزى الانتشار الواسع للألياف إلى قابليتها العالية للانتقال في المياه والتربة، وقدرتها على اختراق طبقات التربة بفعل صغر حجمها وخفة وزنها. من حيث اللون، وتصدّرت الجسيمات السوداء النسبة الأعلى (٣٨٪)، تلتها الشفافة (٢٨٪)، في حين توزعت النسب الأخرى بين الأحمر، الأزرق، الأصفر، والأخضر. يعكس هذا التوزيع تنوع مصادر البلاستيك المستخدم في الأنشطة البشرية كالتغليف، الزراعة، الأنابيب، ومخلفات النفايات. فيما يخص أنواع البوليمرات، أظهرت تحاليل FTIR وجود خمسة أنواع رئيسة من البوليمرات الصناعية، إذ كان أكثرها شيوعاً البولي إيثيلين (PE) بنسبة ٣٥٪، يليه البولي فينيل كلورايد (PVC) بنسبة ٣٠٪، ثم PET، PP، PS بنسب متفاوتة، تمّ تصنيف الجسيمات البلاستيكية الدقيقة بحسب الحجم إلى أربع فئات رئيسة باستخدام المجهر الإلكتروني الماسح (SEM)، أظهرت النتائج أن الجسيمات ذات الأحجام الأقل من ١٠ ميكرومتر كانت الأكثر شيوعاً بنسبة (٣٧٪)، تليها فئة ١٠-٣٠ ميكرومتر بنسبة ٢٨٪، ثم الفئة من ٣٠-٥٠ ميكرومتر بنسبة ٢٠٪، بينما سجّلت أدنى نسبة ضمن الفئة الأكبر حجماً ٥٠-١٠٠ ميكرومتر التي بلغت ١٥٪. تُعد هذه الأحجام مؤشراً خطيراً لقدرتها على النفاذ إلى أجسام الكائنات الحية، مما يُبرز المخاطر الصحية التي ترتبط بها. تُبيّن النتائج أن تلوث المياه الجوفية في محافظة نينوى بالجسيمات البلاستيكية الدقيقة يُعدّ مصدر قلق بيئي وصحي لا سيما في ظل اعتماد السكان المحليين على هذه المياه لأغراض منزلية وزراعية. لذا تسلط هذه الدراسة الضوء على الحاجة المُلحة لتشديد الرقابة البيئية، وتطبيق استراتيجيات الحد من النفايات، خصوصا النفايات البلاستيكية.

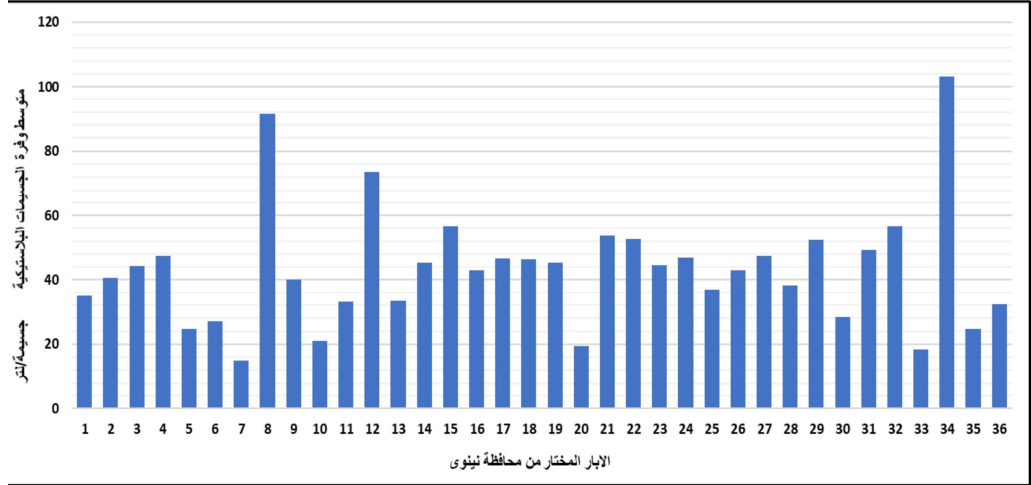
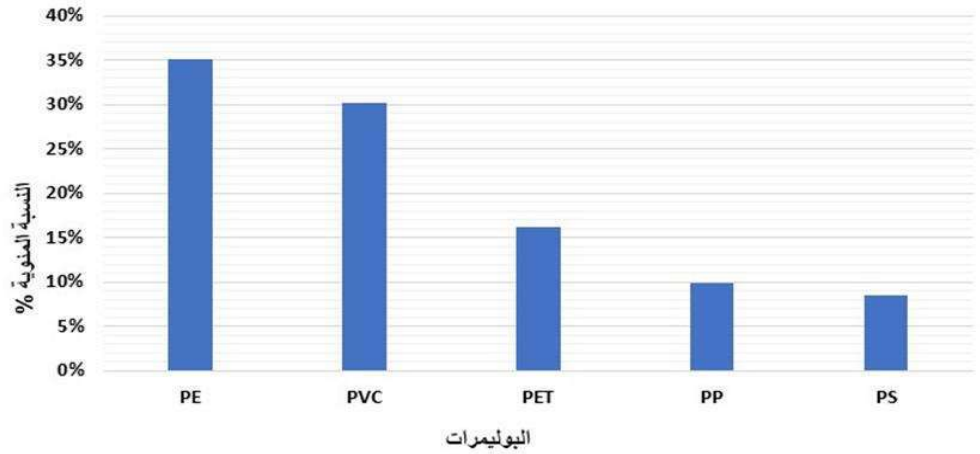
HIGHLIGHTS

متوسط تركيز الجسيمات البلاستيكية الدقيقة في المياه الجوفية بنينوى بلغ ٤٣,٣ جسيمة/لتر.

الألياف (٣١٪) واللون الأسود (٣٨٪) كانا الأكثر شيوعًا.

البولي إيثيلين مثل البوليمر السائد (٣٥٪).

الجسيمات الصغيرة جدًا ($> 10 \mu\text{m}$) شكّلت النسبة الأعلى (٣٧٪).



Keywords:

Microplastics (MPs); Groundwater; Fourier Transform Infrared Spectroscopy (FTIR); Scanning Electron Microscope (SEM); Types of Polymers; Morphological Characteristics; Risk Index (RI).

الخلاصة:

تستهدف هذه الدراسة تقييم تلوث المياه الجوفية في محافظة نينوى بالجسيمات البلاستيكية الدقيقة. جُمعت ١٠٨ عينة من ٣٦ بئر، وخضعت لعمليات ترشيح وتحليل باستخدام SM و SEM و FTIR. كشفت النتائج عن ٤٦٧٤ جسيمة بتركيز تراوح بين ١٥ – ١٠٣ جسيمة/لتر (متوسط 43.3 ± 19.2). تبين وجود فروق مكانية معنوية مرتبطة بالعوامل البشرية والبيئية. شكّلت الألياف النسبة الأعلى (٣١٪)، وتصدّر اللون الأسود (٣٨٪)، فيما كان البولي إيثيلين أكثر البوليمرات شيوعًا (٣٥٪). أظهرت الأحجام الدقيقة ($> 10 \mu\text{m}$) النسبة الأكبر (٣٧٪)، مما يبرز خطورة تسربها إلى الأجسام الحية. توضح النتائج أن المياه الجوفية في نينوى تمثل مصدر قلق بيئي وصحي، ما يستلزم إجراءات عاجلة للحد من التلوث البلاستيكي.

2025M.Sc. Thesis@ Univ. of Mosul,college of of Environmental Sciences, Dept Environmental Sciences

<https://www.uomosul.edu.iq/libcentral>

E-Mail:central libray@uomosul.edu.iq

Qays.23evp1@student.uomosul.edu.iq

Republic of Iraq

Ministry of Higher Education and Scientific Research

University of Mosul

College of Environmental Sciences



Study and Characterization of Microplastic Pollution in Groundwater in Nineveh Governorate

Qays Mohammed Hamad Mohammed

M.Sc. Thesis

Environmental Science

Supervised by

Professor Dr.

Assistant Professor Dr.

Kossay Kamal Alden Al-Ahmady

Rasha Khalid Sabri AL-Bujari

Abstract

Microplastic particles are among the most concerning emerging environmental pollutants, increasingly threatening aquatic ecosystems, including groundwater resources which serve as a primary source of drinking water in many regions worldwide. This study aims to investigate the abundance of microplastics and to determine their physical and polymeric characteristics in groundwater samples from Nineveh Governorate, based on systematic field data collection and precise laboratory analyses. A total of 36 groundwater samples were collected from wells distributed across various areas of Nineveh, using sterilized glass bottles. Sampling locations were geographically recorded using a Global Positioning System (GPS). The collected samples underwent a series of laboratory procedures, including filtration using cellulose nitrate membrane filters with a pore size of 0.45 μm . A stereomicroscope (SM) was employed to examine the particles' shapes and colors, while a Scanning Electron Microscope (SEM) was used to analyze their dimensions and size distributions with high accuracy. The chemical composition of polymer types was determined using Fourier Transform Infrared Spectroscopy (FTIR). The results revealed the presence of 4,674 microplastic particles across all samples, with concentrations ranging from 15 to 103 particles per liter, and an overall mean concentration of 43.3 ± 19.2 particles/L. Well No. 34 recorded the highest concentration, while wells No. 7 and 33 showed the lowest contamination levels. This indicates a significant spatial variability likely influenced by proximity to waste disposal sites, well design (open or covered), and natural factors such as surface runoff from rainfall. Statistical analysis using ANOVA demonstrated that most differences among the wells were statistically significant, confirming variations in environmental impact and pollution sources across the study area. In terms of morphological characteristics, plastic fibers represented the largest proportion (31%), followed by fragments (29%), thin films (11%), foams (10%), and pellets (7%), while 12% were classified as unidentified shapes. The high prevalence of fibers is attributed to their lightweight and small size, facilitating their transport through water and soil and their ability to infiltrate deeper layers. Regarding color distribution, black particles were the most dominant (38%), followed by transparent ones (28%), while the remaining percentages were

distributed among red, blue, yellow, and green particles. This color diversity reflects the varied origins of plastic materials used in human activities such as packaging, agriculture, piping, and general waste. FTIR analysis identified five main types of synthetic polymers, with polyethylene (PE) being the most common at 35%, followed by polyvinyl chloride (PVC) at 30%, then PET, PP, and PS in varying proportions. Based on SEM measurements, microplastics were classified into four main size categories: particles smaller than 10 μm were the most abundant (37%), followed by 10–30 μm (28%), 30–50 μm (20%), and the least common were in the 50–100 μm range (15%). These smaller size fractions are particularly alarming due to their ability to penetrate biological organisms, thus raising significant health concerns. Overall, the findings highlight that groundwater pollution with microplastics in Nineveh Governorate poses both environmental and public health risks, especially given the population's dependence on this resource for domestic and agricultural purposes. Consequently, the study underscores the urgent need for stricter environmental monitoring and the implementation of effective waste reduction strategies.