



# Executive Regional Brief Microplastics and Nanoplastics in the Arab Region

الملخص التنفيذي الإقليمي  
التلوث بالميكرو بلاستيك والنانو بلاستيك في المنطقة العربية، موجه  
للمنظمات و صنّاع القرار.



Report No. 2

صادر عن الشبكة العربية للتصدي للملوثات البيئية الناشئة  
أحد شبكات المؤسسة العربية للعلوم والتكنولوجيا  
Emerging Pollutant Network (EPN-ASTF)

الشارقة، الإمارات العربية المتحدة  
Sharjah, United Arab Emirates

2026

This publication is protected under Federal Decree-Law No. (38) of 2021 on Copyrights and Related Rights. No part of this report may be reproduced, stored, or transmitted in any form or by any means, whether electronic or otherwise, without prior explicit written permission from the copyright holder. All rights reserved. Any unauthorized use constitutes a violation of applicable law and is subject to legal accountability.

ISBN (E-Book): 9789948642848  
Digital Object Identifier (DOI): 10.5281/zenodo.18252974

#### External Review

This report was prepared by the team of the Arab Network for Addressing Emerging Environmental Pollutants (EPN) and was subject to review and contribution by independent experts from several Arab universities specializing in environmental pollution and biological sciences, to ensure scientific accuracy and credibility (hereinafter referred to as "reviewers").

#### Review Documentation

The preliminary version of the report was shared with the reviewers on 6 September 2025. All recommendations and corrections provided by the experts were incorporated into the final version to ensure the highest level of scientific accuracy and credibility. The final revised version of the report, including its introduction, was completed on 10 December 2025.

#### Notes on the Study

This report reflects the current outcomes of monitoring and analysis and has been supported by independent expert review. It represents the current phase of work, and future studies may be conducted to expand the scope of analysis or update findings in accordance with newly available data.

Inquiries and Additional Copies

Arab Network for Addressing Emerging Environmental Pollutants

Arab Science and Technology Foundation (ASTF)

University City, Sharjah

Sharjah, United Arab Emirates

Tel: +971 50 4622626

Email: evpt.epn@astf.net | info@astf.net

Cited as

EPN (2026). Monitoring and Assessment of Environmental Pollution by Micro- and Nano-Plastics in the Arab Region. Report No. 2, January 2026. Emerging Pollutant Network (EPN) – Arab Science and Technology Foundation (ASTF), Sharjah, United Arab Emirates. ISBN: 9789948642848.

#### Disclaimer

This report has been prepared for the purpose of disseminating information related to microplastics pollution in the Arab environment. The Arab Network for Addressing Emerging Environmental Pollutants and the Arab Science and Technology Foundation assume no responsibility for any loss and/or damage, including financial losses, arising from reliance on any information, advice, or recommendations contained in this publication. The content of this report does not necessarily reflect the views of participating organizations.

#### Notice

All contents of this report, including numerical data, are derived from peer-reviewed scientific research published in reputable scientific journals. Each piece of information has been properly cited within the report, with a full list of scientific references provided at the end.

Artificial intelligence tools were used for specific analytical and statistical purposes, including translation into Arabic, with thorough human review of all outputs. This report is entirely original and has not been previously published in any journal or publishing house. It is intended for a broad readership, with the aim of raising public awareness regarding the risks and monitoring of microplastics pollution.

It should be noted that this report does not undergo formal academic peer review as practiced in scholarly journal publishing.

هذا الكتاب محمي بموجب مرسوم القانون الاتحادي رقم (38) لسنة 2021 بشأن حقوق المؤلفين والحقوق المجاورة. لا يجوز نسخ أي جزء من هذا التقرير أو تخزينه أو نقله بأي شكل أو بواسطة أي وسيلة، سواء كانت إلكترونية أو غير ذلك، إلا بعد الحصول على إذن كتابي صريح مسبق من مالك حقوق الطبع والنشر. جميع الحقوق محفوظة، ويُعتبر أي استخدام غير مصرح به انتهاكًا للقانون وبخضع للمساءلة القانونية.

الرقم المعياري الدولي للكتاب (E-Book ISBN) 9789948642848  
المعرف الرقمي الدائم (DOI): 10.5281/zenodo.18252974

#### المراجعة الخارجية

تم إعداد هذا التقرير من قبل فريق الشبكة العربية للتصدي للملوثات البيئية الناشئة (EPN)، وقد خضع لمراجعة ومساهمة خبراء مستقلين من عدة جامعات عربية متخصصة في الملوثات البيئية والعلوم البيولوجية، لضمان الدقة والمصداقية العلمية (يشار إليهم أدناه كمراجعين).

#### توثيق المراجعة

تم مشاركة النسخة الأولية من التقرير مع المراجعين في تاريخ 6 سبتمبر، جميع التوصيات والتصحيحات التي قدمها الخبراء تم دمجها في النسخة النهائية لضمان أعلى مستوى من الدقة والمصداقية العلمية. وتم تعديل التقرير المقدمة بنسختها النهائية بتاريخ 10 ديسمبر 2025م ملاحظات حول الدراسة

يعكس هذا التقرير النتائج الحالية للمراقبة والتحليل، وقد تم تدعيمه بمراجعة خبراء مستقلين. هذا التقرير يمثل المرحلة الحالية من العمل، وقد تُجرى دراسات مستقبلية لتوسيع نطاق التحليل أو تحديث النتائج بما يتوافق مع البيانات الجديدة.

#### الاستفسارات والنسخ الإضافية:

الشبكة العربية للتصدي للملوثات البيئية الناشئة  
المؤسسة العربية للعلوم والتكنولوجيا.  
المدينة الجامعية بالشارقة  
الشارقة، الإمارات العربية المتحدة  
هاتف + 971 50 4622626

البريد الإلكتروني ، info@astf.net evpt.epn@astf.net

يجب الاستشهاد بهذا التقرير كما يلي:

EPN (2026) رصد وتقييم التلوث البيئي باللدائن الدقيقة الميكرو-نانو بلاستيك في المنطقة العربية، تقرير رقم 2 (يناير 2026). الشبكة العربية للتصدي للملوثات البيئية الناشئة-المؤسسة العربية للعلوم والتكنولوجيا، الشارقة - الإمارات العربية المتحدة ISBN 9789948642848

#### إخلاء المسؤولية:

تم إعداد هذا التقرير لغرض نشر المعلومات المتعلقة بالملوثات البيئية بالميكرو بلاستيك في البيئة العربية. ولا تتحمل الشبكة العربية للتصدي للملوثات البيئية الناشئة والمؤسسة العربية للعلوم والتكنولوجيا أي مسؤولية عن أي خسارة و/أو ضرر، بما في ذلك الخسائر المالية، الناتجة عن الاعتماد على أي معلومات أو نصائح أو توصيات واردة في هذا المنشور. كما لا ينبغي اعتبار محتوى هذا المنشور مُمثلًا بالضرورة لآراء المنظمات المشاركة.

#### تنويه:

جميع محتويات هذا التقرير، بما في ذلك البيانات الرقمية، مستخلصة من أبحاث علمية محكمة منشورة في مجلات علمية موثوقة، وقد تم توثيق كل معلومة باقتباس مباشر داخل التقرير، مع إدراج قائمة بالمراجع العلمية في نهايته. تم استخدام أدوات الذكاء الاصطناعي لأغراض تحليلية وإحصائية محددة بما فيها الترجمة للعربية، مع مراجعة بشرية دقيقة لكل المخرجات. هذا التقرير عمل أصلي بالكامل، ولم يُنشر مسبقًا في أي مجلة أو دار نشر. يستهدف التقرير جميع فئات القراء، بهدف رفع مستوى الوعي المجتمعي بمخاطر ومراقبة التلوث بالميكرو بلاستيك.

مع ملاحظة أن التقرير لا يخضع لمراجعة الأقران (Peer Review) المتبعة في النشر الأكاديمي.

## المُلخَص

يؤكد التقرير أن التلوث باللدائن الدقيقة والنانوية يمثل تحديًا بيئيًا وصحيًا متصاعدًا، مع توثيق وجوده في البيئات البحرية والبرية والكائنات الحية في المنطقة العربية. وترتبط مصادر التلوث أساسًا بالأنشطة البشرية وسوء إدارة النفايات، مع مخاطر تراكمية محتملة على النظم البيئية وصحة الإنسان.

ويكشف التقرير أن التحدي الرئيسي لا يكمن في نقص المعرفة العلمية، بل في غياب إطار مؤسسي قادر على توظيف هذه المعرفة وتحويلها إلى سياسات واستجابات مستدامة. وتطرح الشبكة العربية للتصدي للملوثات البيئية الناشئة رؤية عملية قائمة على نموذج HEXUPLE HELIX للابتكار والاستدامة، يربط البحث العلمي بصنع القرار ويعزز التعاون بين الجامعات والحكومات والقطاع الخاص والمجتمع المدني والمنظمات الإقليمية والدولية.

ويخلص التقرير إلى أن اعتماد حوكمة علمية إقليمية متكاملة، مدعومة بإرادة سياسية وبناء قدرات مستدامة، يمثل المسار الأكثر فاعلية لمواجه

## Strategic Summary

The report confirms that pollution by microplastics and nanoplastics represents an escalating environmental and public health challenge, with documented presence across marine and terrestrial environments as well as living organisms in the Arab region. The primary sources of this pollution are closely linked to human activities and inadequate waste management practices, posing cumulative risks to ecosystem integrity and human health.

The report further demonstrates that the core challenge does not lie in a lack of scientific knowledge, but rather in the absence of an institutional framework capable of effectively mobilizing this knowledge and translating it into coherent, sustainable policies and responses. In this context, the Arab Network for Emerging Pollutants advances a practical and forward-looking vision based on the Hexuple Helix Model of Innovation and Sustainability, which integrates scientific research with decision-making processes and strengthens collaboration among academia, governments, the private sector, civil society, and regional and international organizations

## Scope of the Report and the Regional Microplastics Database in the Arab Region

The Technical Report No. (2) issued by the Arab Network for Emerging Pollutants is based on a systematic compilation and analysis of available scientific evidence related to microplastics (MPs) pollution in the Arab region. The report was developed with the aim of characterizing the current state of scientific knowledge, defining the geographical and environmental scope of existing studies, and identifying research gaps that currently limit the ability to conduct comprehensive environmental and health assessments at the regional level.

### 1.1 Geographical Coverage of Included Studies

The report covers published data from twelve Arab countries across North Africa, the Arab Levant, and the Gulf Cooperation Council (GCC) states. This geographical scope reflects a wide diversity of environmental and climatic conditions, ranging from semi-enclosed marine systems to arid and semi-arid environments, and encompassing densely populated urban areas as well as coastal zones with intensive industrial and tourism activities.

It is important to note that the inclusion of a country within the scope of the report does not necessarily indicate the existence of an organized or long-term national monitoring program for microplastics. Rather, in most cases, it reflects the availability of at least one study, or a limited number of studies, addressing the presence of microplastics in a specific environmental compartment within that country. Accordingly, the database underpinning the report exhibits substantial variability in data density, spatial coverage, and analytical depth. This variability reflects not only differences in national research priorities, but also disparities in institutional and technical capacities to address emerging pollutants, including the availability of specialized laboratories, analytical instrumentation, and trained personnel.

### 1.2 Environmental Compartments Covered by Monitoring Activities

A review of the studies included in the report indicates that research efforts in the Arab region have focused primarily on a limited number of environmental compartments. The majority of studies have addressed marine and coastal environments, including surface waters in nearshore areas and locations characterized by high population density. Several studies have also examined coastal sediments and beaches, recognizing their role as accumulation zones for microplastic particles.

In addition, the report documents a smaller number of studies investigating agricultural soils, particularly in contexts associated with the use of treated wastewater for irrigation or the application of organic fertilizers. The database also includes a limited number of studies that have reported the presence of microplastics in living organisms, notably marine fish and invertebrates. By contrast, the report highlights a near-complete absence of systematic data for several environmentally and public-health-relevant compartments, including:

- Ambient air in urban areas,
- Drinking water and distribution networks,
- Agricultural crops and plant-based products,
- Processed food products.

This lack of data represents a critical limitation in understanding the full pathways of environmental and human exposure to microplastics in the Arab region.

### 1.3 Nature of Studies and Monitoring Methodologies

With respect to study design, the report indicates that the vast majority of Arab research on microplastics falls within the category of occurrence or monitoring studies. These studies have primarily focused on documenting the presence of microplastic particles and characterizing their basic properties, such as size, shape, and polymer type.

In contrast, the report identifies a clear scarcity of studies that have progressed toward more advanced analytical stages, including:

- Quantitative assessment of human exposure,
- Temporal modeling of concentration trends,
- Estimation of long-term environmental and health risks.

This pattern of evidence suggests that microplastics research in the Arab region remains largely at the stage of baseline knowledge development, with efforts concentrated on answering questions of presence rather than impact or risk.

## نطاق التقرير وقاعدة البيانات الإقليمية للميكروبلاستيك في المنطقة العربية

يعتمد التقرير الفني رقم (2) الصادر عن الشبكة العربية للتصدي للملوثات البيئية الناشئة على تجميع وتحليل منهجي للأدلة العلمية المتاحة المتعلقة بالتلوث باللدائن الدقيقة (Microplastics – MPs) في المنطقة العربية. وقد تم إعداد التقرير بهدف توصيف الوضع الراهن للمعرفة العلمية، وتحديد نطاق التغطية الجغرافية والبيئية، وتحليل الفجوات البحثية التي تحد حاليًا من إمكانية إجراء تقييمات بيئية وصحية شاملة على المستوى الإقليمي.

### 1.1 التغطية الجغرافية للدراسات المشمولة

يغطي التقرير بيانات منشورة من اثنتي عشرة دولة عربية تشمل شمال أفريقيا، المشرق العربي، ودول مجلس التعاون الخليجي. ويعكس هذا النطاق الجغرافي تنوعًا بيئيًا ومناخيًا واسعًا، يمتد من النظم البحرية شبه المغلقة إلى البيئات القاحلة وشبه القاحلة، ويشمل مناطق حضرية كثيفة السكان ومناطق ساحلية ذات نشاط صناعي وسياحي مكثف.

ومن المهم الإشارة إلى أن إدراج دولة ضمن نطاق التقرير لا يعني بالضرورة وجود برنامج وطني منظم أو طويل الأمد لرصد اللدائن الدقيقة. بل يشير، في الغالب، إلى توفر دراسة واحدة أو عدد محدود من الدراسات التي تناولت وجود هذه الجسيمات في وسط بيئي محدد داخل الدولة المعنية. وبناءً على ذلك، فإن قاعدة البيانات التي يستند إليها التقرير تتسم بتباين واضح في كثافة البيانات، مستوى التغطية المكانية، ونطاق التحليل المستخدم. هذا التباين لا يعكس فقط اختلاف الأولويات البحثية بين الدول، بل يعكس أيضًا تفاوت القدرات المؤسسية والتقنية المتاحة لرصد الملوثات الناشئة، بما في ذلك توفر المختبرات المتخصصة، الأجهزة التحليلية، والكوادر المدربة.

### 1.2 الأوساط البيئية التي شملها الرصد

تُظهر مراجعة الدراسات المشمولة في التقرير أن التركيز البحثي في المنطقة العربية انصب بشكل أساسي على عدد محدود من الأوساط البيئية. فقد تناولت غالبية الدراسات البيئات البحرية والساحلية، بما في ذلك المياه السطحية القريبة من الشاطئ والمناطق ذات الكثافة السكانية العالية. كما شملت بعض الدراسات الرواسب الساحلية والشواطئ، نظرًا لدورها كمناطق تراكم للجسيمات البلاستيكية الدقيقة.

إضافة إلى ذلك، وثّق التقرير عددًا أقل من الدراسات التي تناولت التربة الزراعية، خاصة في سياقات مرتبطة باستخدام مياه الصرف الصحي المعالجة أو الأسمدة العضوية. كما شملت قاعدة البيانات عددًا محدودًا من الدراسات التي رصدت وجود اللدائن الدقيقة في الكائنات الحية، ولا سيما الأسماك واللافقاريات البحرية.

في المقابل، يلاحظ التقرير غيابًا شبه كامل لبيانات منهجية تتعلق بعدد من الأوساط البيئية ذات الأهمية العالية، من بينها:

- الهواء الجوي في المناطق الحضرية،
- مياه الشرب وشبكات التوزيع،
- المحاصيل الزراعية والمنتجات النباتية،
- المنتجات الغذائية المصنعة.

ويمثل هذا الغياب قيدًا جوهريًا أمام فهم المسارات الكاملة للتعرض البيئي والبشري للميكروبلاستيك في المنطقة العربية.

### 1.3 طبيعة الدراسات ومنهجيات الرصد

من حيث طبيعة الدراسات، يوضح التقرير أن الغالبية العظمى من الأبحاث العربية التي تناولت اللدائن الدقيقة تندرج ضمن فئة الدراسات الرصدية. وقد ركزت هذه الدراسات على توثيق وجود الجسيمات البلاستيكية الدقيقة وتوصيف خصائصها الأساسية، مثل الحجم، الشكل، ونوع البوليمر.

في المقابل، يبيّن التقرير محدودية واضحة في الدراسات التي انتقلت إلى مراحل أكثر تقدمًا من التحليل، مثل:

- التقييم الكمي للتعرض البشري،
- النمذجة الزمنية للتغير في التركيزات،
- أو تقدير المخاطر البيئية والصحية طويلة الأمد.

ويشير هذا النمط من البيانات إلى أن البحث العلمي في هذا المجال في المنطقة العربية لا يزال في مرحلة بناء خط الأساس المعرفي، حيث يتركز الجهد على الإجابة عن سؤال الوجود، أكثر من الإجابة عن أسئلة التأثير والخطر.

## Scope of the Report and the Regional Microplastics Database in the Arab Region

### 1.4 Temporal Distribution of Available Data

From a temporal perspective, the report indicates that Arab studies related to microplastics have begun to appear more consistently over the past decade, with a gradual increase in the number of publications in recent years. Nevertheless, these studies remain temporally fragmented and do not constitute continuous datasets that would allow for the analysis of long-term trends or seasonal and annual variations.

According to the report, no Arab country currently operates a regular, systematic microplastics monitoring program that enables tracking changes in pollution levels over time. This absence significantly limits the usefulness of existing data for supporting evidence-based decision-making or for assessing the effectiveness of potential environmental interventions.

### 1.5 Size of the Database Relative to the Scale of the Problem

Although the report compiles data from a considerable number of countries, the effective size of the available database remains limited when compared to the widespread and multidimensional nature of microplastics pollution. Within individual countries, the number of monitoring sites is often restricted, and geographical coverage rarely encompasses all relevant environmental zones.

Consequently, while the existing data are sufficient to confirm the presence of microplastics pollution in the Arab region, they remain inadequate for conducting comprehensive quantitative assessments at either the national or regional level.

### 1.6 Nanoplastics as a Knowledge Gap within the Database

The report documents a near-complete absence of data related to nanoplastics in the Arab region. To date, no published field studies have directly measured or characterized nanoplastic particles. This gap is primarily attributed to technical constraints associated with the extremely small size of these particles, the high cost of analysis, and the limited availability of advanced analytical instrumentation capable of detecting them.

This lack of data represents a critical knowledge gap, particularly given the growing scientific concern regarding the potential biological and health impacts of nanoplastics.

### 1.7 Institutional Significance of the Report's Scope

From an institutional perspective, this section demonstrates that the report does not seek to provide a complete or exhaustive picture, but rather to present the most scientifically realistic characterization of the current situation in the Arab region. The database compiled in the report—together with its documented strengths and gaps—constitutes a clear scientific justification for the development of regional monitoring programs, the strengthening of analytical capacities, and the establishment of coordination and integration mechanisms among countries and research institutions.

## نطاق التقرير وقاعدة البيانات الإقليمية للميكرو بلاستيك في المنطقة العربية

### 1.4 التوزيع الزمني للبيانات

من الناحية الزمنية، يوضح التقرير أن الدراسات العربية المتعلقة بالميكرو بلاستيك بدأت بالظهور بشكل أكثر انتظامًا خلال العقد الأخير، مع زيادة تدريجية في عدد المنشورات خلال السنوات القليلة الماضية. ومع ذلك، فإن هذه الدراسات تظل متقطعة زمنيًا، ولا تشكل سلاسل بيانات مستمرة تسمح بتحليل الاتجاهات أو التغيرات الموسمية أو السنوية. ولا توجد، وفق ما ورد في التقرير، أي دولة عربية تمتلك برنامج رصد دوري منتظم للميكرو بلاستيك يمكن من خلاله تتبع تطور مستويات التلوث عبر الزمن. ويحد هذا الغياب من إمكانية استخدام البيانات الحالية في دعم صنع القرار أو تقييم فعالية التدخلات البيئية المحتملة.

### 1.5 حجم قاعدة البيانات مقارنة بحجم المشكلة

على الرغم من أن التقرير يجمع بيانات من عدد غير قليل من الدول، إلا أن الحجم الفعلي لقاعدة البيانات المتاحة لا يزال محدودًا مقارنة بالانتشار الواسع والمتعدد الأبعاد للميكرو بلاستيك. فعدد مواقع الرصد داخل الدولة الواحدة غالبًا ما يكون محدودًا، كما أن التغطية الجغرافية داخل الدولة لا تشمل في معظم الحالات جميع المناطق البيئية ذات الصلة.

وبالتالي، فإن البيانات الحالية كافية لإثبات وجود التلوث باللدائن الدقيقة في المنطقة العربية، لكنها غير كافية لإجراء تقييمات كمية شاملة على المستوى الوطني أو الإقليمي.

### 1.6 النانو بلاستيك كفجوة معرفية في قاعدة البيانات

يسجل التقرير غيابًا شبه كامل للبيانات المتعلقة باللدائن النانوية (Nanoplastics) في المنطقة العربية. فلا توجد دراسات ميدانية منشورة قامت بقياس أو توصيف هذه الجسيمات بشكل مباشر. ويُعزى هذا الغياب إلى القيود التقنية المرتبطة بصغر حجم الجسيمات، وارتفاع كلفة التحليل، ومحدودية توفر الأجهزة المتقدمة القادرة على رصدها. ويمثل هذا النقص فجوة معرفية حرجة، نظرًا للأهمية المتزايدة للنانو بلاستيك من منظور التأثيرات البيولوجية والصحية المحتملة.

### 1.7 الدلالة المؤسسية لنطاق التقرير

من منظور مؤسسي، يبيّن هذا المحور أن التقرير لا يهدف إلى تقديم صورة مكتملة بقدر ما يهدف إلى تقديم أكثر توصيف علمي واقعي متاح حاليًا للوضع في المنطقة العربية. وتُعد قاعدة البيانات التي يستعرضها التقرير، بما تحمله من بيانات وفجوات، أساسًا علميًا واضحًا لتبرير الحاجة إلى تطوير برامج رصد إقليمية، وتعزيز القدرات التحليلية، وإنشاء آليات تنسيق وتكامل بين الدول والمؤسسات البحثية.



The Leaky Bucket Model: Pathways and Leakage of Plastic Pollution in the Arab Region

## Microplastics Pollution in Arab Marine Environments

Marine and coastal environments represent the most prominent component of the database underpinning Technical Report No. (2), both in terms of the number of available studies and the diversity of monitored sites. This emphasis reflects the environmental, economic, and social importance of Arab seas, as well as their role as final sinks for large quantities of plastic waste generated by coastal and terrestrial human activities.

### 2.1 Geographical Scope of Marine Monitoring

The report documents the presence of microplastics pollution in several Arab marine systems, most notably:

- The Arabian Gulf,
- The Red Sea,

As well as parts of the Mediterranean Sea in Arab countries bordering it.

The reviewed studies indicate that marine monitoring activities have primarily focused on:

## التلوث بالميكرو بلاستيك في البيئات البحرية العربية

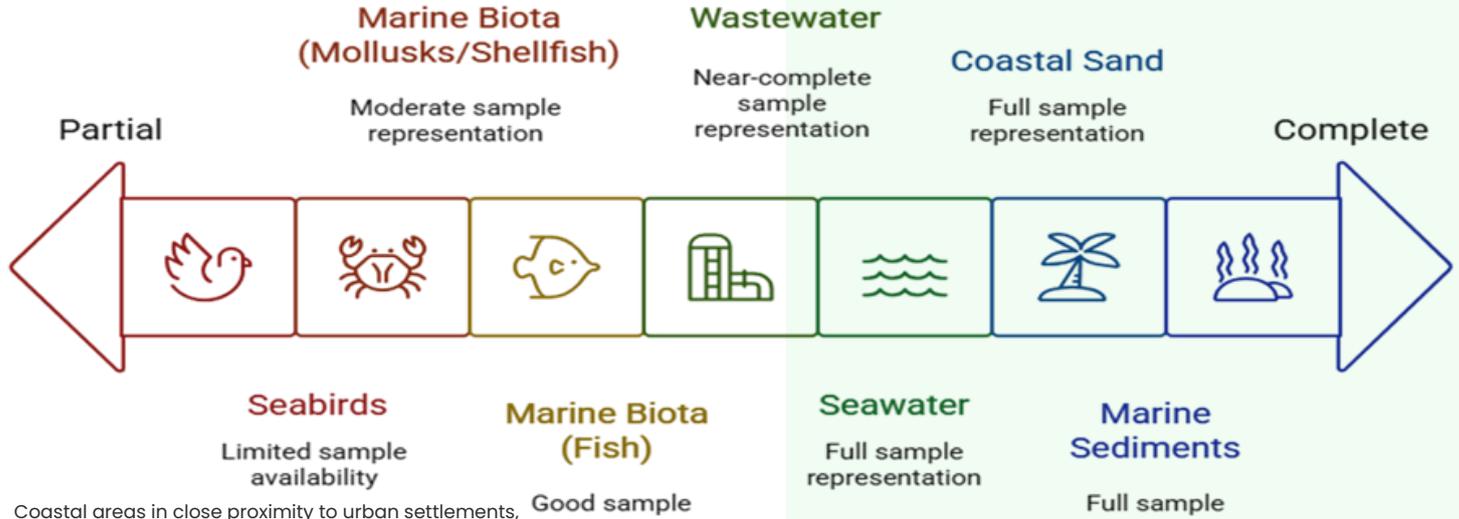
تمثل البيئات البحرية والساحلية المحور الأكثر حضورًا في قاعدة البيانات التي يستند إليها التقرير الفني رقم (2)، سواء من حيث عدد الدراسات المتاحة أو تنوع المواقع التي شملها الرصد. ويعكس هذا التركيز الأهمية البيئية والاقتصادية والاجتماعية للبحار العربية، إضافة إلى كونها مستقبلًا نهائيًا لكميات كبيرة من النفايات البلاستيكية الناتجة عن الأنشطة البشرية الساحلية والبرية على حد سواء.

### 2.1 النطاق الجغرافي للرصد البحري

يوثق التقرير وجود تلوث بالميكرو بلاستيك في عدد من النظم البحرية العربية، وفي مقدمتها:

- الخليج العربي،
- البحر الأحمر،

إلى جانب أجزاء من البحر الأبيض المتوسط في الدول العربية المطلة عليه. وتشير الدراسات المشمولة إلى أن الرصد البحري تركز غالبًا في:



- Coastal areas in close proximity to urban settlements,
- Surroundings of commercial and industrial ports,
- Tourist coastal zones characterized by high human density.

It is further observed that most marine measurements were conducted in surface waters or near-surface layers, while data from deeper water layers remain extremely limited. This constraint restricts a comprehensive understanding of the vertical distribution of microplastic particles within the water column.

### 2.2 Presence of Microplastics in Seawater: General Patterns

The results of the marine studies reviewed in the report demonstrate that the presence of microplastics in Arab seawater is well documented and recurrent, rather than isolated or sporadic. Microplastic particles have been detected across the majority of monitored sites, although their concentrations and composition vary spatially.

With respect to particle size, the available data indicate that:

The majority of detected particles have diameters smaller than 1 millimeter.

This size range is of particular significance, as it enhances the ability of particles to:

- Remain suspended in the water column for extended periods,
- Increase the likelihood of ingestion by marine organisms across different size classes.

### 2.3 Physical Forms of Marine Microplastic Particles

Analyses presented in the report indicate that the dominant physical forms of microplastics in Arab marine waters are:

- Plastic fibers,
- Fragments.

This finding is methodologically significant, as it suggests that the primary sources of marine microplastics are not industrially manufactured primary pellets, but rather originate predominantly from:

- Degradation of consumer plastic waste,
- Synthetic textiles and laundering effluents,
- Fragmentation of plastic packaging materials and bags.

### 2.4 Polymer Types in the Marine Environment

In terms of chemical composition, the studies reviewed in the report show that the most commonly identified polymers in marine samples include:

- Polyethylene (PE),
- Polypropylene (PP),
- Polystyrene (PS),
- Polyethylene terephthalate (PET).

These polymers are among the most widely used plastics in everyday consumer products, reinforcing the assumption that marine microplastics pollution is largely driven by coastal and land-based human activities, rather than by specialized industrial sources alone.

- المناطق الساحلية القريبة من التجمعات الحضرية،
- محيط الموانئ التجارية والصناعية،
- المناطق السياحية الساحلية ذات الكثافة البشرية المرتفعة.

ويلاحظ أن معظم القياسات البحرية أجريت في المياه السطحية أو الطبقات القريبة من السطح، بينما لا تزال البيانات المتعلقة بالطبقات الأعمق محدودة للغاية، وهو ما يحد من فهم التوزيع الرأسي للجسيمات البلاستيكية الدقيقة في العمود المائي.

### 2.2 وجود الميكرو بلاستيك في مياه البحر: أنماط عامة

تُظهر نتائج الدراسات البحرية التي راجعها التقرير أن وجود الميكرو بلاستيك في مياه البحر العربية هو وجود مثبت ومتكرر، وليس حادثًا معزولًا. وتُسجل الجسيمات البلاستيكية الدقيقة في معظم المواقع التي شملها الرصد، وإن اختلفت كثافتها وتركيبها من موقع إلى آخر.

ومن حيث الحجم، تشير البيانات إلى أن:

- غالبية الجسيمات المكتشفة تقل أقطارها عن 1 ملليمتر،
- ويمثل هذا النطاق الحجمي أهمية خاصة، نظرًا لقدرته على:
- البقاء معلقًا في المياه لفترات أطول،
- وزيادة احتمالية ابتلاعه من قبل الكائنات البحرية ذات الأحجام المختلفة.

### 2.3 الأشكال الفيزيائية للجسيمات البحرية

تُظهر التحليلات الواردة في التقرير أن الأشكال الفيزيائية السائدة للميكرو بلاستيك في المياه البحرية العربية هي:

- الألياف البلاستيكية (Fibers)،
- الشظايا (Fragments).

وتُعد هذه النتيجة ذات دلالة منهجية، إذ تشير إلى أن المصادر الرئيسية للتلوث البحري ليست الحبيبات البلاستيكية الأولية، وإنما ناتجة بالأساس عن:

تحلل النفايات البلاستيكية الاستهلاكية، الأقمشة الصناعية ومخلفات الغسيل، تفتت العبوات والأكياس البلاستيكية.

### 2.4 أنواع البوليمرات في البيئة البحرية

من حيث التركيب الكيميائي، توضح الدراسات التي استعرضها التقرير أن البوليمرات الأكثر شيوعًا في العينات البحرية تشمل:

- البولي إيثيلين (PE)، البولي بروبيلين (PP)،
- البولي ستايرين (PS)،
- والبولي إيثيلين تيرفثالات (PET).

وتُعد هذه البوليمرات من أكثر أنواع البلاستيك استخدامًا في المنتجات الاستهلاكية اليومية، وهو ما يعزز الفرضية القائلة بأن التلوث البحري ناتج بدرجة كبيرة عن أنشطة بشرية ساحلية وبرية، وليس عن مصادر صناعية متخصصة فقط.

## Microplastics Pollution in Arab Marine Environments

### 2.5 Marine Sediments as a Complementary Indicator

The report indicates that a number of marine studies also analyzed coastal sediments in parallel with surface waters. These studies show that sediments often contain higher concentrations of microplastics than overlying waters, due to the deposition of heavier particles or particles associated with organic matter. The report highlights that the accumulation of microplastics in sediments:

- Represents a long-term reservoir of pollution,
- May act as a secondary source for the re-release of particles into the water column through wave action or coastal human activities.

### 2.6 Sources of Marine Pollution: An Analytical Perspective

The report links the presence of microplastics in Arab marine environments to several major sources, most notably:

- Poor solid waste management in coastal areas,
- Untreated or partially treated wastewater discharges,
- Coastal tourism activities,
- Maritime traffic and port operations,
- Industrial activities located near the coastline.

While the report does not provide a quantitative ranking of the relative contribution of each source—due to the absence of source apportionment studies—the recurrence of these factors across multiple sites indicates a broadly consistent regional pattern of marine microplastics pollution.

### 2.7 Limitations of Available Marine Data

Despite the relatively higher number of marine studies compared to other environmental compartments, the report identifies several important methodological limitations, including:

- Variability in sampling approaches among studies,
- Differences in the mesh sizes of filters used,
- Inconsistencies in particle separation and identification methods,
- Limited standardization in data reporting formats.

These inconsistencies hinder robust quantitative comparisons between countries and even between sites within the same country.

### 2.8 Significance of Marine Findings in the Regional Context

Overall, the marine findings presented in the report indicate that Arab marine environments are subject to sustained pressure from microplastics pollution, which is:

- Widespread,
- Multi-sourced,
- Chronic in nature.

The report emphasizes that existing data remain insufficient to address several critical questions, including:

- Temporal trends in marine microplastics contamination,
- The relationship between marine pollution and long-term ecosystem health,
- The effectiveness of current interventions in reducing plastic inputs to the marine environment.

Accordingly, while the marine findings are of high significance, they represent an initial step within a longer trajectory that requires enhanced systematic monitoring, methodological harmonization, and stronger integration of environmental data with biological and health assessments.

## التلوث بالميكروبلاستيك في البيئات البحرية العربية

### 2.5 الرواسب البحرية كمؤشر مكمل

يشير التقرير إلى أن عدداً من الدراسات البحرية قام أيضاً بتحليل الرواسب الساحلية بالتوازي مع المياه السطحية. وتُظهر هذه الدراسات أن الرواسب غالباً ما تحتوي على تراكيز أعلى من الميكروبلاستيك مقارنة بالمياه، نتيجة لترسيب الجسيمات الأثقل أو المرتبطة بالمواد العضوية.

ويُبرز التقرير أن هذا التراكم في الرواسب:

- يمثل مخزناً طويل الأمد للتلوث،
- وقد يعمل كمصدر ثانوي لإعادة إطلاق الجسيمات إلى المياه مع حركة الأمواج أو الأنشطة البشرية الساحلية.

### 2.6 مصادر التلوث البحري: قراءة تحليلية

يربط التقرير وجود الميكروبلاستيك في البيئات البحرية العربية بعدة مصادر رئيسية، أبرزها:

- سوء إدارة النفايات الصلبة في المناطق الساحلية،
- التصريفات غير المعالجة أو المعالجة جزئياً لمياه الصرف الصحي،
- الأنشطة السياحية الساحلية،
- حركة الملاحة والموانئ،
- الأنشطة الصناعية القريبة من الساحل.

ولا يقدم التقرير ترتيباً كمياً دقيقاً لأهمية كل مصدر، نظراً لغياب دراسات تتبع المصدر (Source apportionment)، إلا أن تكرار هذه العوامل عبر مواقع متعددة يشير إلى نمط تلوث متشابه على المستوى الإقليمي.

### 2.7 حدود البيانات البحرية المتاحة

على الرغم من وفرة الدراسات البحرية مقارنة بغيرها من الأوساط البيئية، يوضح التقرير وجود عدد من القيود المنهجية المهمة، من بينها:

- اختلاف طرق أخذ العينات بين الدراسات،
- تفاوت أحجام المرشحات المستخدمة،
- اختلاف طرق فصل وتحديد الجسيمات،
- محدودية التوحيد القياسي في عرض النتائج.

ويؤدي هذا التفاوت إلى صعوبة إجراء مقارنات كمية دقيقة بين الدول أو حتى بين المواقع داخل الدولة الواحدة.

### 2.8 دلالة النتائج البحرية في السياق الإقليمي

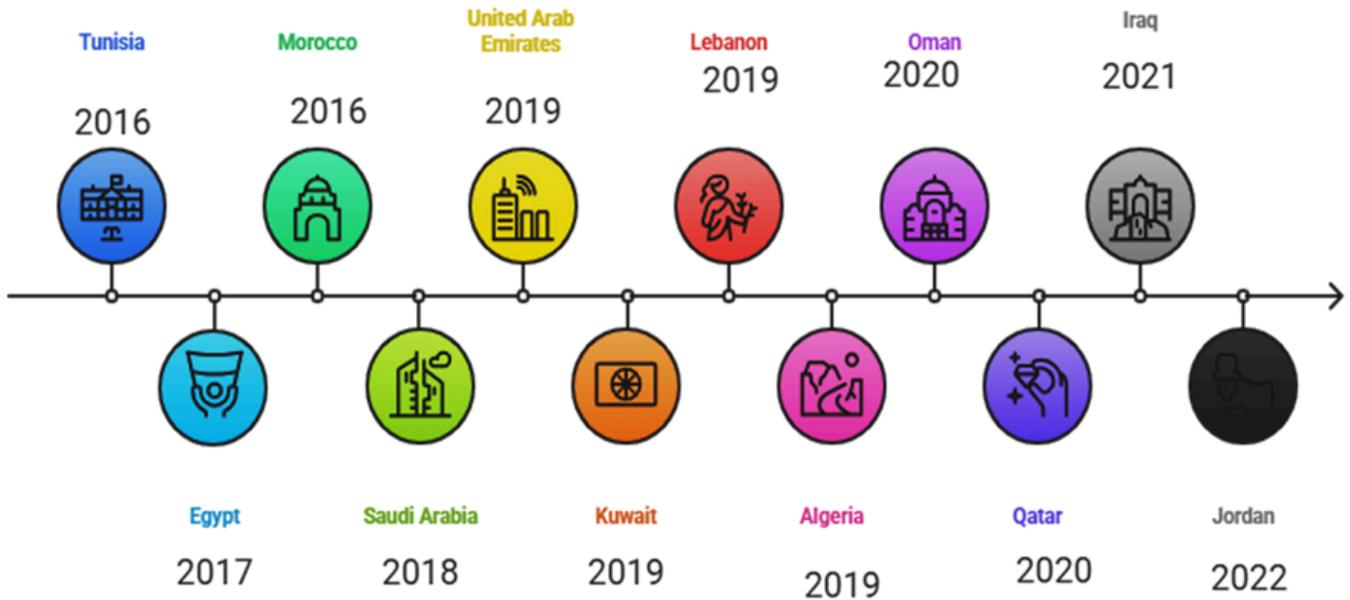
تشير مجمل النتائج البحرية الواردة في التقرير إلى أن البيئات البحرية العربية تخضع لضغوط مستمرة من التلوث بالميكروبلاستيك، وأن هذا التلوث:

- واسع الانتشار،
- متعدد المصادر،
- ومزمّن بطبيعته.

غير أن التقرير يؤكد في الوقت ذاته أن البيانات الحالية لا تزال غير كافية للإجابة عن أسئلة محورية، مثل:

- الاتجاهات الزمنية للتلوث،
- العلاقة بين التلوث البحري والصحة البيئية طويلة الأمد،
- أو فعالية التدخلات الحالية في الحد من تدفق البلاستيك إلى البحر.

وبالتالي، فإن النتائج البحرية، على الرغم من أهميتها، تُعد خطوة أولى في مسار أطول يتطلب تعزيز الرصد المنتظم، وتوحيد المنهجيات، وربط البيانات البيئية بالتقييمات البيولوجية والصحية.



## Sediments and Beaches as Long-Term Reservoirs of Microplastics in the Arab Region

Coastal sediments and beaches constitute a central component in understanding the environmental behavior of microplastics within marine systems, given their role as final sinks for the accumulation of microplastic particles and as long-term reservoirs of pollution. Technical Report No. (2) demonstrates that studies addressing sediments and beaches in the Arab region—although fewer in number than water-based studies—provide critically important insights into accumulation dynamics, the persistence of contamination, and the potential for particle re-release into the marine environment.

### 3.1 Importance of Sediments and Beaches in Pollution Assessment

The report indicates that focusing solely on surface waters is insufficient for characterizing microplastics pollution, as a substantial proportion of microplastic particles—particularly those with higher density or those associated with organic matter—tend to settle and accumulate within coastal sediments. Consequently, sediment analysis offers an integrated, cumulative record that reflects pollution history more effectively than instantaneous water measurements.

Beaches acquire additional importance as dynamic interfaces between marine and terrestrial systems, where microplastic particles accumulate under the combined influence of wave action, currents, and coastal human activities.

### 3.2 Scope of Studies Addressing Sediments and Beaches

The report shows that a number of Arab studies have examined the presence of microplastics in coastal sediments and beaches, particularly in countries bordering:

- The Mediterranean Sea,
- The Red Sea,
- The Arabian Gulf.

These studies indicate that monitoring efforts have primarily focused on:

- Beaches adjacent to major urban centers,
- Tourist-intensive coastal areas,
- Sites located near ports and industrial activities.

Remote or less human-impacted sites have received limited attention, which constrains the ability to conduct comparative assessments between areas experiencing high versus low anthropogenic pressure.

### 3.3 Pollution Density in Sediments Compared to Water

Findings reviewed in the report indicate that coastal sediments generally contain higher microplastics densities than surface waters at the same locations. This pattern is attributed to several factors, including:

- Physical settling of larger or denser particles,
- Association of microplastics with fine organic matter,
- Reduced resuspension rates in relatively calm coastal environments.

The report notes that this pattern has been observed across multiple studies, reinforcing the interpretation that sediments function as primary reservoirs of chronic microplastics pollution.

### 3.4 Physical Characteristics of Microplastic Particles in Sediments and Beaches

In terms of physical characteristics, the studies included in the report indicate that microplastic particles in sediments and beaches are characterized by:

- A predominance of fragments over fibers in many locations,
- A broad size distribution, with a tendency toward relatively larger particles compared to those found in surface waters.

The report interprets this pattern as reflecting differential settling behavior, whereby larger and heavier particles deposit more rapidly, while finer fibers and lighter particles remain suspended in the water column for extended periods.

## الرواسب والشواطئ كمستودعات طويلة الأمد للميكروبلاستيك في المنطقة العربية

تمثل الرواسب الساحلية والشواطئ عنصرًا محوريًا في فهم السلوك البيئي للميكروبلاستيك في النظم البحرية، نظرًا لدورها بوصفها مستقبلاً نهائيًا لتراكم الجسيمات البلاستيكية الدقيقة، ومخزنًا طويل الأمد للتلوث. ويظهر التقرير الفني رقم (2) أن الدراسات التي تناولت الرواسب والشواطئ في المنطقة العربية، وإن كانت أقل عددًا من الدراسات المائية، فإنها توفر مؤشرات بالغة الأهمية حول ديناميكية التراكم، واستمرارية التلوث، وإمكانية إعادة إطلاق الجسيمات إلى البيئة البحرية.

### 3.1 أهمية الرواسب والشواطئ في تقييم التلوث

يشير التقرير إلى أن التركيز على المياه السطحية وحدها لا يكفي لتوصيف التلوث بالميكروبلاستيك، إذ إن جزءًا كبيرًا من الجسيمات البلاستيكية الدقيقة، خاصة تلك ذات الكثافة الأعلى أو المرتبطة بالمواد العضوية، يميل إلى الترسب والتراكم في الرواسب الساحلية. وبناءً عليه، فإن تحليل الرواسب يوفر سجلًا تراكميًا يعكس تاريخ التلوث بدرجة أكبر من القياسات اللحظية للمياه.

وتكتسب الشواطئ أهمية إضافية لكونها تمثل منطقة تفاعل ديناميكي بين البحر واليابسة، حيث تتجمع الجسيمات البلاستيكية الدقيقة بفعل الأمواج، التيارات، والأنشطة البشرية الساحلية.

### 3.2 نطاق الدراسات التي تناولت الرواسب والشواطئ

يُظهر التقرير أن عددًا من الدراسات العربية تناولت وجود الميكروبلاستيك في الرواسب الساحلية والشواطئ، خاصة في الدول المطلة على:

- البحر الأبيض المتوسط،
- البحر الأحمر،
- الخليج العربي.

وتشير هذه الدراسات إلى أن الرصد تركز غالبًا في:

- الشواطئ القريبة من المدن الكبرى،
- المناطق السياحية الساحلية،
- المواقع المجاورة للموانئ والأنشطة الصناعية.

ويلاحظ أن المواقع النائية أو الأقل تأثرًا بالنشاط البشري حظيت بتمثيل محدود، ما يحد من القدرة على إجراء مقارنات بين المناطق ذات الضغط البشري المرتفع والمنخفض.

### 3.3 كثافة التلوث في الرواسب مقارنة بالمياه

توضح النتائج التي استعرضها التقرير أن الرواسب الساحلية غالبًا ما تحتوي على كثافات أعلى من الميكروبلاستيك مقارنة بالمياه السطحية في المواقع نفسها. ويُعزى ذلك إلى عدة عوامل، من بينها:

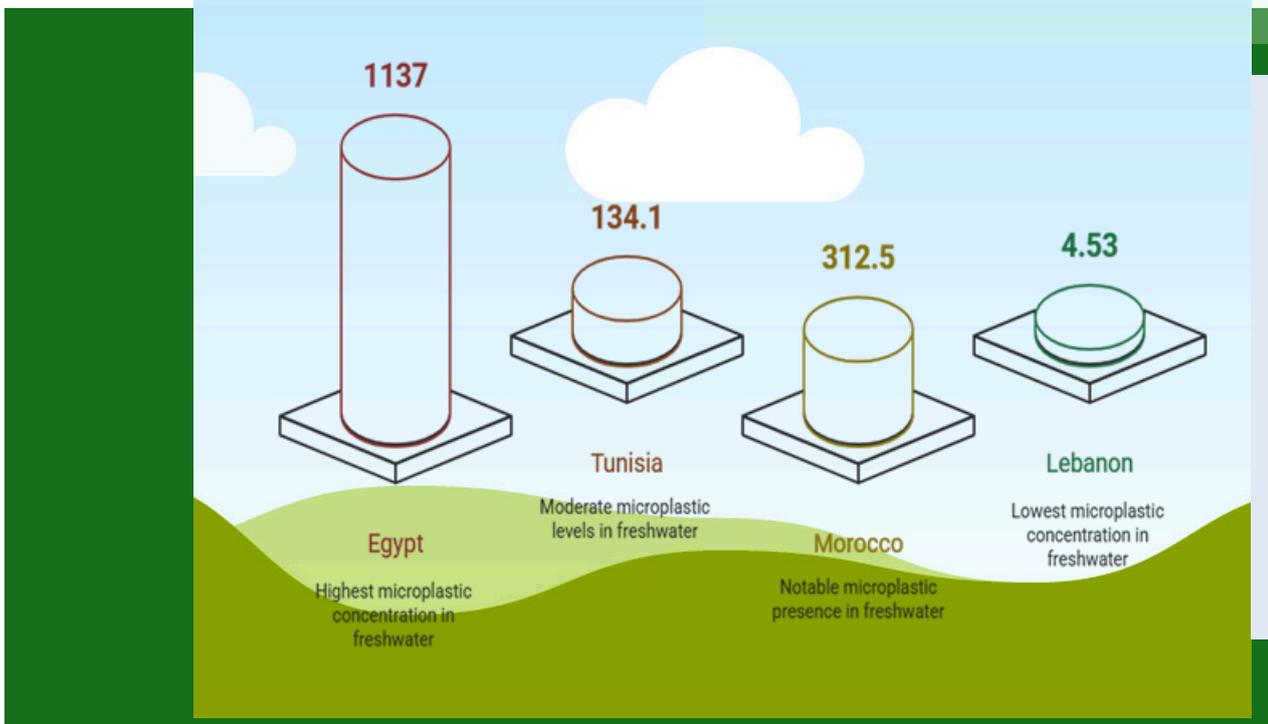
- الترسب الفيزيائي للجسيمات الأكبر أو الأثقل،
  - ارتباط الجسيمات البلاستيكية بالمواد العضوية الدقيقة،
  - انخفاض معدلات إعادة التعليق في بعض البيئات الساحلية الهادئة.
- ويشير التقرير إلى أن هذا النمط لوحظ في أكثر من دراسة، ما يعزز الفرضية القائلة بأن الرواسب تمثل مستودعًا رئيسيًا للتلوث المزمّن بالميكروبلاستيك.

### 3.4 الخصائص الفيزيائية للجسيمات في الرواسب والشواطئ

من حيث الخصائص الفيزيائية، تُظهر الدراسات المشمولة في التقرير أن الجسيمات البلاستيكية الدقيقة في الرواسب والشواطئ تنقسم بما يلي:

- سيطرة الشظايا (Fragments) على حساب الألياف في كثير من المواقع،
- وجود نطاق واسع من الأحجام، مع ميل نحو الجسيمات الأكبر نسبيًا مقارنة بتلك الموجودة في المياه السطحية.

ويُفسر التقرير هذا النمط بأن الجسيمات الأكبر والأثقل تميل إلى الترسب بشكل أسرع، في حين تبقى الألياف الدقيقة والجسيمات الأخف معلقة في العمود المائي لفترات أطول.



### 3.5 أنواع البوليمرات في الرواسب الساحلية

تشير التحليلات البوليمرية التي إستعرضها التقرير إلى أن أنواع البلاستيك السائدة في الرواسب والشواطئ العربية تتشابه إلى حد كبير مع تلك المرصودة في المياه، وتشمل بشكل رئيسي:

- البولي إيثيلين (PE)،
- البولي بروبيلين (PP)،
- البولي ستايرين (PS).

ويُعزى انتشار هذه البوليمرات إلى استخدامها الواسع في المنتجات الاستهلاكية اليومية، إضافة إلى مقاومتها النسبية للتحلل البيئي، ما يسمح بتراكمها على المدى الطويل.

### 3.6 التباين المكاني في التلوث

يبرز التقرير وجود تباين مكاني واضح في كثافة الميكروبلاستيك في الرواسب والشواطئ، حيث تُظهر المواقع القريبة من:

- التجمعات السكانية،
- الأنشطة السياحية،
- الموانئ،
- مستويات أعلى من التلوث مقارنة بالمواقع الأقل نشاطاً بشرياً.

غير أن التقرير يشير أيضاً إلى أن هذا التباين لا يمكن تفسيره بشكل كمي دقيق في الوقت الراهن، بسبب اختلاف منهجيات أخذ العينات، وأحجام العينات، وطرق التعبير عن النتائج بين الدراسات المختلفة.

### 3.5 Polymer Types in Coastal Sediments

Polymer analyses reviewed in the report indicate that the dominant plastic types detected in Arab coastal sediments and beaches largely mirror those identified in seawater samples. These primarily include:

- Polyethylene (PE),
- Polypropylene (PP),
- Polystyrene (PS).

The prevalence of these polymers is attributed to their widespread use in everyday consumer products, as well as their relative resistance to environmental degradation, which facilitates their long-term accumulation in coastal environments.

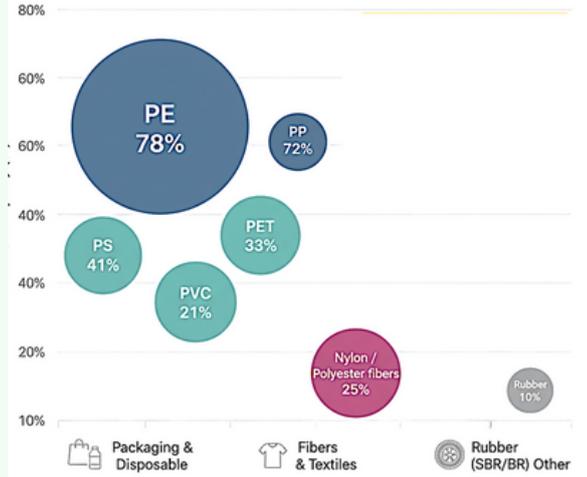
### 3.6 Spatial Variability of Microplastics Pollution

The report highlights pronounced spatial variability in microplastics densities within coastal sediments and beaches. Sites located in close proximity to:

- Urban settlements,
- Tourist activities,
- Port facilities,

generally exhibit higher levels of contamination compared to areas subject to lower degrees of human activity.

However, the report also notes that this spatial variability cannot currently be quantified with high precision, due to inconsistencies among studies in sampling methodologies, sample sizes, and data reporting approaches



### 3.7 الرواسب كمصدر ثانوي للتلوث البحري

من النقاط المهمة التي يبرزها التقرير أن الرواسب الساحلية لا تمثل فقط مستودعاً سلبياً للتلوث، بل قد تعمل أيضاً كمصدر ثانوي لإعادة إطلاق الجسيمات البلاستيكية الدقيقة إلى المياه. ويمكن أن يحدث ذلك نتيجة:

- حركة الأمواج والتيارات،
- العواصف الساحلية،
- الأنشطة البشرية مثل الجرف أو أعمال الإنشاء الساحلي.

وبعني ذلك أن التلوث بالميكروبلاستيك في البيئة البحرية قد يستمر حتى في حال انخفاض المدخلات الجديدة من اليابسة، طالما بقي المخزون المتراكم في الرواسب قائماً.

### 3.8 القيود المنهجية في دراسات الرواسب والشواطئ

يشير التقرير إلى عدد من القيود التي تحد من تفسير نتائج الدراسات المتعلقة بالرواسب والشواطئ، من بينها:

- غياب بروتوكولات موحدة لأخذ عينات الرواسب،
- اختلاف أعماق العينات وطرق المعالجة،
- تباين وحدات التعبير عن النتائج (عدد الجسيمات، الكتلة، أو النطاق الحجمي).

وتؤدي هذه القيود إلى صعوبة مقارنة النتائج بين الدول أو إجراء تقييم إقليمي كمي متكامل.

### 3.9 الدلالة البيئية والمؤسسية لنتائج الرواسب

من منظور بيئي، تُظهر نتائج هذا المحور أن الرواسب والشواطئ تمثل عنصراً حاسماً في استدامة التلوث بالميكروبلاستيك في المنطقة العربية. أما من منظور مؤسسي، فإن هذه النتائج تبرز الحاجة إلى:

- إدماج الرواسب ضمن برامج الرصد البيئي المستقبلية،
- تطوير بروتوكولات قياسية للرصد والتحليل،
- وربط بيانات الرواسب ببيانات المياه والكائنات الحية.

### 3.7 Sediments as a Secondary Source of Marine Pollution

One of the key points highlighted in the report is that coastal sediments do not function solely as passive reservoirs of pollution, but may also act as secondary sources for the re-release of microplastic particles into the water column. Such re-mobilization can occur as a result of:

- Wave action and currents,
- Coastal storms,
- Human activities such as dredging or coastal construction works.

This implies that microplastics pollution in marine environments may persist even in scenarios where new land-based inputs are reduced, as long as the accumulated sedimentary stock remains in place.

### 3.8 Methodological Limitations in Sediment and Beach Studies

The report identifies several methodological limitations that constrain the interpretation of findings related to sediments and beaches, including:

- The absence of standardized protocols for sediment sampling,
- Variability in sampling depths and sample processing techniques,
- Differences in reporting units (particle counts, mass-based metrics, or size classes).

These limitations hinder meaningful comparisons across countries and prevent the development of fully integrated quantitative regional assessments.

### 3.9 Environmental and Institutional Significance of Sediment Findings

From an environmental perspective, the findings of this section demonstrate that sediments and beaches play a critical role in sustaining microplastics pollution in the Arab region. From an institutional perspective, these results underscore the need to:

- Integrate sediments into future environmental monitoring programs,
- Develop standardized monitoring and analytical protocols,
- Link sediment data with corresponding water and biota datasets

## التربة الزراعية ومسارات انتقال الميكروبلاستيك في المنطقة

- تُعد التربة الزراعية من أكثر الأوساط البيئية حساسية فيما يتعلق بالتلوث بالميكروبلاستيك، نظرًا لارتباطها المباشر بالأمن الغذائي، وصحة النظم الزراعية، والتعرض البشري غير المباشر عبر السلسلة الغذائية. ويُظهر التقرير الفني رقم (2) أن هذا الوسط البيئي، على الرغم من أهميته الاستراتيجية، لا يزال من أقل الأوساط دراسة في المنطقة العربية، وأن البيانات المتاحة بشأنه محدودة ومجزأة.
- **4.1 موقع التربة الزراعية في قاعدة البيانات الإقليمية**
  - تشير مراجعة الدراسات التي استند إليها التقرير إلى أن عددًا محدودًا فقط من الأبحاث العربية تناول وجود الميكروبلاستيك في التربة الزراعية مقارنة بالدراسات البحرية. ويعكس هذا التفاوت أولوية بحثية غير متوازنة، حيث ركزت الجهود العلمية تاريخيًا على البيئات البحرية بوصفها مستقبلًا نهائيًا للنفايات البلاستيكية، بينما تم إغفال التربة الزراعية بوصفها وسطًا تراكميًا طويل الأمد.
  - ويؤكد التقرير أن إدراج التربة الزراعية في قاعدة البيانات الإقليمية جاء أساسًا من خلال دراسات منفصلة، نفذت في مواقع محدودة، وغالبًا في سياق دراسات أكاديمية قصيرة الأمد، وليس ضمن برامج رصد وطنية أو إقليمية منتظمة.
- **4.2 مسارات دخول الميكروبلاستيك إلى التربة الزراعية**
  - يحدد التقرير ثلاثة مسارات رئيسية لانتقال الميكروبلاستيك إلى التربة الزراعية في المنطقة العربية، ويشير إلى أن هذه المسارات تعمل غالبًا بشكل متزامن، ما يزيد من تعقيد المشكلة.
- **4.2.1 استخدام مياه الصرف الصحي المعالجة في الري**
  - يُعد استخدام مياه الصرف الصحي المعالجة في الري الزراعي ممارسة شائعة في العديد من الدول العربية، خاصة في المناطق التي تعاني من شح الموارد المائية. ويشير التقرير إلى أن هذه المياه، رغم معالجتها، لا تتمكن محطات المعالجة التقليدية من إزالة جميع الجسيمات البلاستيكية الدقيقة.
  - وبناءً عليه، فإن استخدام هذه المياه يؤدي إلى إدخال الميكروبلاستيك بشكل مستمر إلى التربة الزراعية. ويؤكد التقرير أن هذا المسار يمثل مصدرًا مهمًا لتلوث، نظرًا لطبيعة الري المتكرر، وعدم وجود آليات طبيعية فعالة لإزالة الجسيمات البلاستيكية الدقيقة من التربة بعد دخولها.
- **4.2.2 استخدام الأسمدة العضوية والحمأة (Sludge)**
  - يشير التقرير إلى أن استخدام الأسمدة العضوية، بما في ذلك الحمأة الناتجة عن محطات معالجة مياه الصرف الصحي، يشكل مسارًا إضافيًا مهمًا لإدخال الميكروبلاستيك إلى التربة. وتحتوي هذه المواد غالبًا على بقايا بلاستيكية دقيقة مصدرها النفايات المنزلية والصناعية.
  - ويُبرز التقرير أن هذا المسار يُعد ذا خطورة خاصة، لأن:
  - الجسيمات البلاستيكية الدقيقة تُدمج مباشرة في بنية التربة،
  - وتصبح أقل عرضة للإزالة أو الانتقال خارج النظام الزراعي،
  - ما يزيد من احتمالية تراكمها على المدى الطويل.

## Agricultural Soils and Microplastics Pathways in the Arab Region

Agricultural soils are among the most sensitive environmental compartments with respect to microplastics pollution, given their direct linkage to food security, the health of agroecosystems, and indirect human exposure through the food chain. Technical Report No. (2) demonstrates that, despite its strategic importance, this environmental compartment remains one of the least studied in the Arab region, with available data being limited and fragmented.

### 4.1 Position of Agricultural Soils within the Regional Database

A review of the studies underpinning the report indicates that only a limited number of Arab research efforts have addressed the presence of microplastics in agricultural soils when compared to marine studies. This imbalance reflects uneven research prioritization, whereby scientific attention has historically focused on marine environments as final sinks for plastic waste, while agricultural soils—despite their role as long-term accumulation media—have received comparatively little attention.

The report further confirms that the inclusion of agricultural soils in the regional database is primarily based on isolated studies conducted at a limited number of sites, often within the context of short-term academic research projects rather than systematic national or regional monitoring programs.

### 4.2 Pathways of Microplastics Entry into Agricultural Soils

The report identifies three main pathways through which microplastics are introduced into agricultural soils in the Arab region, noting that these pathways often operate simultaneously, thereby increasing the complexity of the issue.

#### 4.2.1 Use of Treated Wastewater for Irrigation

The use of treated wastewater for agricultural irrigation is a common practice in many Arab countries, particularly in regions facing severe water scarcity. The report indicates that, despite treatment, conventional wastewater treatment plants are not capable of removing all microplastic particles.

As a result, the use of treated wastewater leads to the continuous introduction of microplastics into agricultural soils. The report emphasizes that this pathway constitutes a chronic source of contamination, given the repetitive nature of irrigation practices and the absence of effective natural mechanisms for the removal of microplastic particles once they enter the soil matrix.

#### 4.2.2 Application of Organic Fertilizers and Sewage Sludge

The report further indicates that the use of organic fertilizers, including sewage sludge generated by wastewater treatment plants, represents an additional important pathway for the introduction of microplastics into agricultural soils. These materials often contain fine plastic residues originating from household and industrial waste streams.

The report highlights that this pathway is of particular concern because:

- Microplastic particles are directly incorporated into the soil structure,
- They become less susceptible to removal or transport out of the agricultural system,
- thereby increasing the likelihood of long-term accumulation within soils.

## التربة الزراعية ومسارات انتقال الميكروبلاستيك في المنطقة

### 4.2.3 تحليل الأغطية البلاستيكية الزراعية

تستخدم الأغطية البلاستيكية الزراعية على نطاق واسع في بعض الدول العربية لتحسين كفاءة استخدام المياه، وحماية المحاصيل، وزيادة الإنتاجية. إلا أن التقرير يشير إلى أن التحلل الفيزيائي والظوئي لهذه الأغطية يمثل مصدرًا مباشرًا للجسيمات البلاستيكية الدقيقة داخل التربة.

وبلحظ التقرير أن هذا المصدر غالبًا ما يكون محليًا ومكثفًا، حيث ترتفع كثافة التلوث في المناطق التي تعتمد بشكل كبير على هذه الممارسات الزراعية.

### 4.3 خصائص الميكروبلاستيك في التربة الزراعية

تُظهر الدراسات التي استعرضها التقرير أن الجسيمات البلاستيكية الدقيقة في التربة الزراعية تتميز بما يلي:

- تنوع في الأحجام، مع وجود نسبة ملحوظة من الجسيمات الصغيرة،
- سيطرة الشظايا والألياف البلاستيكية،
- وجود بوليمرات شائعة مثل البولي إيثيلين والبولي بروبيلين.

ويشير التقرير إلى أن هذه الخصائص تتشابه إلى حد كبير مع تلك المرصودة في البيئات البحرية، ما يعكس وحدة مصادر التلوث البلاستيكي عبر الأوساط البيئية المختلفة.

### 4.4 التراكم طويل الأمد وسلوك الجسيمات في التربة

من النقاط المحورية التي يبرزها التقرير أن التربة الزراعية تمثل وسطًا ذا قدرة عالية على الاحتفاظ بالميكروبلاستيك. فعلى عكس المياه، حيث يمكن للجسيمات أن تنتقل أو تترسب، فإن الجسيمات البلاستيكية الدقيقة في التربة:

- قد تبقى لسنوات أو عقود،
- تتفاعل مع مكونات التربة المعدنية والعضوية،
- وقد تؤثر على الخصائص الفيزيائية والكيميائية للتربة.

ويشير التقرير إلى أن هذه التفاعلات لا تزال غير مفهومة بشكل كافٍ في السياق العربي، نظرًا لغياب الدراسات طويلة الأمد.

### 4.5 الفجوة المعرفية في الرصد الزراعي

يوضح التقرير بشكل صريح أن:

- عدد برامج الرصد المنتظمة للميكروبلاستيك في التربة الزراعية في الدول العربية يساوي صفرًا.
- جميع البيانات المتاحة ناتجة عن دراسات بحثية متفرقة، ذات نطاق مكاني وزمني محدود.
- ويمثل هذا الغياب أهد أخطر جوانب المشكلة، لأن التربة الزراعية تشكل حلقة وصل مباشرة بين التلوث البيئي وصحة الإنسان عبر الغذاء.

### 4.6 الآثار المحتملة على النظم الزراعية

على الرغم من محدودية البيانات التجريبية في المنطقة العربية، يشير التقرير إلى أن الأدلة العالمية المتاحة توحى بإمكانية تأثير الميكروبلاستيك في التربة على:

- بنية التربة وقدرتها على الاحتفاظ بالماء،
- النشاط الميكروبي في التربة،
- امتصاص العناصر الغذائية من قبل النباتات.

ويؤكد التقرير أن غياب البيانات المحلية لا يعني غياب التأثير، بل يعكس فجوة بحثية تتطلب معالجة عاجلة.

### 4.7 الدلالة المؤسسية لنتائج التربة الزراعية

من منظور مؤسسي، يبرز هذا المحور الحاجة الملحة إلى إدماج التربة الزراعية ضمن أي إطار إقليمي لرصد الميكروبلاستيك. ويؤكد التقرير أن تجاهل هذا الوسط البيئي يؤدي إلى تقليل كبير من تقدير حجم المشكلة، ويحد من القدرة على ربط التلوث البيئي بقضايا الأمن الغذائي والصحة العامة.

كما يشير التقرير إلى أن تطوير برامج رصد للتربة الزراعية يتطلب:

- توحيد بروتوكولات أخذ العينات،
- تعزيز القدرات التحليلية الوطنية،
- وربط بيانات التربة ببيانات المياه والكائنات الحية ضمن إطار تكاملي.

## Agricultural Soils and Pathways of Microplastics Transport in the Region

### 4.2.3 Degradation of Agricultural Plastic Mulches

Agricultural plastic mulches are widely used in several Arab countries to improve water-use efficiency, protect crops, and enhance agricultural productivity. However, the report indicates that the physical and photodegradation of these plastic covers constitutes a direct source of microplastic particles within agricultural soils.

The report further notes that this source is often localized and intensive, with elevated contamination levels observed in areas that heavily rely on plastic mulching practices.

### 4.3 Characteristics of Microplastics in Agricultural Soils

Studies reviewed in the report indicate that microplastic particles in agricultural soils are characterized by:

- A wide range of particle sizes, with a notable proportion of small-sized particles,
- A predominance of fragments and plastic fibers,
- The presence of common polymers such as polyethylene (PE) and polypropylene (PP).

The report notes that these characteristics closely resemble those observed in marine environments, reflecting the shared origins of plastic pollution across different environmental compartments.

### 4.4 Long-Term Accumulation and Particle Behavior in Soils

- One of the key points emphasized in the report is that agricultural soils exhibit a high capacity for retaining microplastics. Unlike aquatic environments, where particles may be transported or deposited, microplastic particles in soils:
- May persist for years or even decades,
- Interact with mineral and organic soil components,
- May alter the physical and chemical properties of soils.

The report indicates that these interactions remain poorly understood in the Arab context, largely due to the absence of long-term studies.

### 4.5 Knowledge Gaps in Agricultural Soil Monitoring

The report explicitly states that:

- The number of regular microplastics monitoring programs in agricultural soils across Arab countries is zero,
- All available data are derived from isolated research studies with limited spatial and temporal coverage.
- This absence represents one of the most critical aspects of the issue, as agricultural soils constitute a direct interface between environmental contamination and human health through food production systems.

### 4.6 Potential Impacts on Agricultural Systems

Despite the scarcity of experimental data from the Arab region, the report notes that available global evidence suggests that microplastics in soils may affect:

- Soil structure and water retention capacity,
- Soil microbial activity,
- Nutrient uptake by plants.

The report emphasizes that the absence of local data does not imply the absence of impacts, but rather reflects a research gap that requires urgent attention.

### 4.7 Institutional Significance of Agricultural Soil Findings

From an institutional perspective, this section highlights the urgent need to integrate agricultural soils into any regional framework for microplastics monitoring. The report underscores that neglecting this environmental compartment leads to a substantial underestimation of the overall magnitude of the problem and limits the ability to link environmental contamination with food security and public health concerns.

The report further emphasizes that the development of agricultural soil monitoring programs requires:

- Harmonization of soil sampling protocols,
- Strengthening of national analytical capacities,
- Integration of soil data with water and biota datasets within a comprehensive and coordinated framework.

## الميكروبلستيك في الكائنات الحية والسلسلة الغذائية في المنطقة العربية

يمثل وجود الميكروبلستيك في الكائنات الحية أحد أكثر أبعاد التلوث البلاستيكي حساسية، نظرًا لارتباطه المباشر بالوظائف البيئية للنظم الطبيعية وبالتعرض البشري غير المباشر عبر السلسلة الغذائية. ويظهر التقرير الفني رقم (2) أن هذا البعد، رغم أهميته البالغة، لا يزال محدود التغطية البحثية في المنطقة العربية، وأن البيانات المتاحة تركز أساسًا على الرصد الأولي دون التوسع في التقييمات الوظيفية أو الصحية طويلة الأمد.

### 5.1 موقع الكائنات الحية في قاعدة البيانات الإقليمية

تشير مراجعة الدراسات المشمولة في التقرير إلى أن الأبحاث العربية التي تناولت الميكروبلستيك في الكائنات الحية تركزت بشكل شبه حصري على الكائنات البحرية، ولا سيما الأسماك واللافقاريات القاعية. ويعكس هذا التوجه أهمية الموارد البحرية في الأمن الغذائي للدول العربية، إضافة إلى سهولة نسبية في أخذ العينات مقارنة بالكائنات البرية أو الزراعية. في المقابل، يلاحظ التقرير غيابًا شبه كامل للدراسات التي تناولت:

- الميكروبلستيك في الكائنات البرية،
- الماشية والحيوانات الزراعية،
- أو الكائنات الدقيقة في التربة الزراعية.

ويمثل هذا الغياب فجوة معرفية مهمة، خاصة في ظل الاعتماد المتزايد على المنتجات الحيوانية والزراعية في النظام الغذائي الإقليمي.

### 5.2 أنواع الكائنات المدروسة ونطاقها

يبين التقرير أن غالبية الدراسات العربية ركزت على:

- الأسماك التجارية الشائعة للاستهلاك،
  - بعض اللافقاريات البحرية مثل الرخويات والقشريات،
  - الكائنات القاعية التي تعيش بالقرب من الرواسب الساحلية.
- وقد تم اختيار هذه الكائنات غالبًا لأسباب تتعلق:

- بأهميتها الاقتصادية والغذائية،
- بتوافرها في البيئات الساحلية المدروسة،
- وبقدرتها على عكس مستوى التلوث في الموائل التي تعيش فيها.

غير أن التقرير يشير إلى أن هذا النطاق المحدود من الأنواع لا يسمح بتكوين صورة شاملة عن انتقال الميكروبلستيك عبر الشبكات الغذائية البحرية المعقدة.

## Microplastics in Biota and the Food Chain in the Arab Region

The presence of microplastics in living organisms represents one of the most sensitive dimensions of plastic pollution, given its direct relevance to ecosystem functioning and indirect human exposure through the food chain. Technical Report No. (2) demonstrates that, despite its critical importance, this dimension remains underrepresented in the Arab region, with available data largely confined to preliminary occurrence studies rather than extended functional or long-term health assessments.

### 5.1 Position of Biota within the Regional Database

A review of the studies included in the report indicates that Arab research addressing microplastics in biota has focused almost exclusively on marine organisms, particularly fish and benthic invertebrates. This focus reflects the importance of marine resources to food security in Arab countries, as well as the relative ease of sampling marine organisms compared to terrestrial or agricultural species.

- By contrast, the report notes a near-complete absence of studies addressing:
- Microplastics in terrestrial organisms,
- Livestock and farm animals,
- Soil microorganisms in agricultural systems.

This gap represents a significant knowledge deficit, particularly given the growing reliance on animal- and crop-based products within regional diets.

### 5.2 Types of Organisms Studied and Scope of Coverage

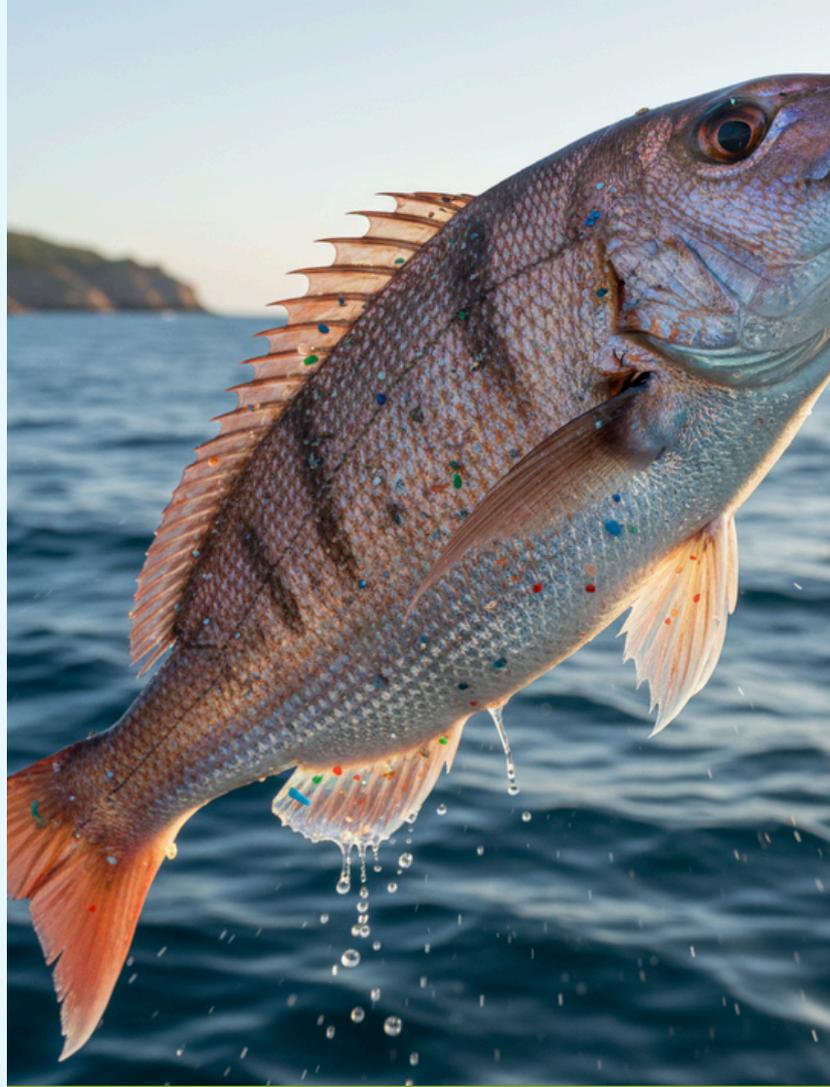
The report shows that the majority of Arab studies have concentrated on:

- Commercially important fish species commonly consumed by humans,
- Selected marine invertebrates such as mollusks and crustaceans,
- Benthic organisms inhabiting areas close to coastal sediments.

These organisms were typically selected due to:

- Their economic and nutritional importance,
- Their availability within the studied coastal environments,
- Their capacity to reflect local contamination levels within their habitats.

However, the report emphasizes that this limited taxonomic scope does not allow for a comprehensive understanding of microplastics transfer across complex marine food webs



## الميكروبلستيك في الكائنات الحية والسلسلة الغذائية في المنطقة العربية

### 5.3 معدلات وجود الميكروبلستيك في العينات الحيوية

تُظهر الدراسات التي استعرضها التقرير أن نسبة ملحوظة من العينات الحيوية المفحوصة احتوت على جسيمات بلاستيكية دقيقة واحدة أو أكثر. وقد تم الكشف عن هذه الجسيمات غالبًا في:

- الجهاز الهضمي للأسماك،
  - الأنسجة السطحية لبعض اللافقاريات.
  - ومن حيث الحجم، تشير النتائج إلى أن:
  - غالبية الجسيمات المكتشفة كانت أقل من 500 ميكرومتر،
  - وهو نطاق حجمي يزيد من احتمالية الابتلاع غير الانتقائي من قبل الكائنات الحية.
- ويؤكد التقرير أن هذه النتائج تتسق مع الأدبيات العالمية، وتدل على أن الميكروبلستيك أصبح مكونًا شبه دائم في بعض البيئات البحرية العربية.

### 5.4 الأشكال والبوليمرات في الكائنات الحية

تشير التحليلات الفيزيائية والكيميائية الواردة في التقرير إلى أن الجسيمات المكتشفة في الكائنات الحية غالبًا ما كانت:

- ألياقًا بلاستيكية،
- شظايا صغيرة الحجم.
- أما من حيث نوع البوليمر، فقد تم رصد:
- البولي إيثيلين (PE)،
- البولي بروبيلين (PP)،
- والبولي ستايرين (PS)،

وهي نفس البوليمرات السائدة في المياه والرواسب، ما يشير إلى ترابط وثيق بين التلوث البيئي وانتقاله إلى الكائنات الحية.

### 5.5 مسارات التعرض والابتلاع

يحلل التقرير مسارات التعرض المحتملة للميكروبلستيك في الكائنات الحية البحرية، ويشير إلى أن الابتلاع يحدث أساسًا من خلال:

- التغذية غير الانتقائية،
  - ابتلاع الجسيمات العالقة في المياه،
  - ابتلاع كائنات أصغر ملوثة مسبقًا.
- ويبرز التقرير أن هذا النمط من التعرض يجعل من الصعب على الكائنات البحرية تجنب الميكروبلستيك، خاصة في البيئات ذات التلوث المزمن.

### 5.6 الفجوة في فهم التراكم الحيوي والانتقال الغذائي

على الرغم من توثيق وجود الميكروبلستيك في الكائنات الحية، يوضح التقرير أن:

- معظم الدراسات توقفت عند مرحلة الرصد،
  - لم تُجر دراسات منهجية لتقييم التراكم الحيوي (Bioaccumulation)،
  - انتقال الميكروبلستيك عبر المستويات الغذائية المختلفة (Trophic Transfer).
- ولا توجد، وفق ما ورد في التقرير، دراسات عربية تتبعت انتقال الجسيمات البلاستيكية الدقيقة من الكائنات الأولية إلى المفترسات الأعلى في السلسلة الغذائية.

### 5.3 Occurrence Rates of Microplastics in Biological Samples

Studies reviewed in the report indicate that a substantial proportion of the analyzed biological samples contained one or more microplastic particles. These particles were most frequently detected in:

- The gastrointestinal tracts of fish,
- The external or surface tissues of certain invertebrates.

With respect to particle size, the results show that:

- The majority of detected particles were smaller than 500 micrometers,
- a size range that increases the likelihood of non-selective ingestion by living organisms.

The report emphasizes that these findings are consistent with the global scientific literature and indicate that microplastics have become a quasi-permanent component of some Arab marine environments.

### 5.4 Physical Forms and Polymer Types in Biota

Physical and chemical analyses presented in the report indicate that the microplastic particles detected in living organisms were predominantly:

- Plastic fibers,
- Small fragments.

In terms of polymer composition, the most frequently identified polymers include:

- Polyethylene (PE),
- Polypropylene (PP),
- Polystyrene (PS),

which are the same polymer types commonly reported in water and sediment samples. This consistency indicates a strong linkage between environmental contamination and the transfer of microplastics into biota.

### 5.5 Pathways of Exposure and Ingestion

The report analyzes potential exposure pathways for microplastics in marine organisms and indicates that ingestion occurs primarily through:

- Non-selective feeding behavior,
- Direct ingestion of suspended particles in the water column,
- Consumption of smaller organisms that are already contaminated.

The report highlights that this pattern of exposure makes it difficult for marine organisms to avoid microplastics, particularly in environments characterized by chronic contamination.

### 5.6 Knowledge Gaps in Bioaccumulation and Trophic Transfer

Despite documented evidence of microplastics presence in biota, the report indicates that:

- Most studies have remained at the level of occurrence and detection,
- Systematic investigations of bioaccumulation have not been conducted,
- The transfer of microplastics across different trophic levels has not been assessed.

According to the report, no Arab studies have traced the movement of microplastic particles from primary organisms to higher-level predators within the food chain



## 5.7 الدلالة الصحية المحتملة

يشير التقرير إلى أن وجود الميكروبلاستيك في الكائنات الغذائية يثير مخاوف محتملة تتعلق بالتعرض البشري، إلا أنه يؤكد في الوقت ذاته أن:

- البيانات المتاحة لا تسمح بتقدير الجرعة اليومية المتناولة من قبل السكان،
  - لا توجد تقييمات كمية للمخاطر الصحية المرتبطة بالاستهلاك الغذائي في المنطقة العربية.
- وبالتالي، فإن الربط بين وجود الميكروبلاستيك في الغذاء والآثار الصحية البشرية لا يزال افتراضياً، ويعتمد إلى حد كبير على استنتاجات مستمدة من الأدبيات العالمية.

## 5.8 القيود المنهجية في الدراسات الحيوية

يسلط التقرير الضوء على عدد من القيود المنهجية التي تحد من تفسير نتائج الدراسات الحيوية، من بينها:

- اختلاف طرق أخذ العينات وتحضيرها،
  - تفاوت طرق إزالة التلوث الخارجي من العينات،
  - محدودية حجم العينات في بعض الدراسات،
  - إحصائية التلوث الثانوي أثناء التحليل.
- وتؤكد هذه القيود الحاجة إلى بروتوكولات قياسية موحدة عند دراسة الميكروبلاستيك في الكائنات الحية.

## 5.9 الدلالة المؤسسية لنتائج هذا المحور

من منظور مؤسسي، تُظهر نتائج هذا المحور أن التلوث بالميكروبلاستيك لم يعد محصوراً في البيئة غير الحية، بل أصبح جزءاً من الشبكات الغذائية في بعض النظم البحرية العربية. غير أن التقرير يؤكد أن غياب الدراسات المتقدمة المتعلقة بالتراكم الحيوي والتعرض البشري يشكل عائقاً رئيسياً أمام تحويل هذه البيانات إلى سياسات غذائية أو صحية قائمة على الأدلة.

وبناءً عليه، يبرز التقرير الحاجة إلى توسيع نطاق الأبحاث المستقبلية ليشمل:

- أنواعاً غذائية متعددة،
- دراسات انتقال غذائي،
- تقييمات صحية كمية متكاملة.

### 5.7 Potential Health Significance

The report indicates that the presence of microplastics in food organisms raises potential concerns regarding human exposure. However, it simultaneously emphasizes that:

- Available data do not allow for the estimation of daily dietary intake among populations,
- No quantitative health risk assessments related to dietary exposure have been conducted in the Arab region.
- Accordingly, the linkage between the presence of microplastics in food and adverse human health effects remains largely hypothetical and is based primarily on inferences drawn from the global scientific literature.

### 5.8 Methodological Limitations in Biota Studies

The report highlights several methodological limitations that constrain the interpretation of findings from biota-related studies, including:

- Variability in sampling and sample preparation methods,
- Differences in procedures for removing external contamination from samples,
- Limited sample sizes in some studies,

The potential for secondary contamination during analytical procedures.

These limitations underscore the need for harmonized and standardized protocols when investigating microplastics in living organisms.

### 5.9 Institutional Significance of Biota-Related Findings

From an institutional perspective, the findings of this section demonstrate that microplastics pollution is no longer confined to abiotic environmental compartments, but has become embedded within food webs in some Arab marine systems. Nevertheless, the report emphasizes that the absence of advanced studies on bioaccumulation and human exposure constitutes a major barrier to translating these findings into evidence-based food safety or public health policies.

Accordingly, the report highlights the need to expand the scope of future research to include:

- A broader range of food-relevant species,
- Trophic transfer studies,
- Integrated quantitative health risk assessments.



## أنواع البوليمرات، الأحجام، والأشكال الفيزيائية للميكروبلاستيك في المنطقة العربية

يمثل التوصيف الفيزيائي والكيميائي للجسيمات البلاستيكية الدقيقة عنصرًا أساسيًا في فهم مصادر التلوث، وسلوك الميكروبلاستيك في البيئة، وإمكاناته التأثيرية البيئية والبيولوجية. ويُظهر التقرير الفني رقم (2) أن الدراسات العربية التي تناولت هذا الجانب وفُرت معلومات أولية مهمة حول أنواع البوليمرات، الأحجام، والأشكال الفيزيائية السائدة، إلا أن هذه المعلومات لا تزال غير مكتملة وغير متجانسة من حيث المنهجيات ومستوى التفصيل.

### 6.1 أهمية التوصيف التركيبي في تقييم الميكروبلاستيك

يشير التقرير إلى أن مجرد إثبات وجود الميكروبلاستيك لا يكفي لتقييم مخاطره المحتملة، إذ إن خصائص الجسيمات، مثل نوع البوليمر، الحجم، والشكل، تلعب دورًا حاسمًا في:

- سلوك الجسيمات في الأوساط البيئية المختلفة،
  - قدرتها على الامتزاز وحمل الملوثات الكيميائية،
  - قابليتها للابتلاع أو النفاذ إلى الأنسجة الحية.
- وبناءً عليه، فإن التوصيف التركيبي يُعد شرطًا أساسيًا لأي تقييم علمي ذي معنى.

### 6.2 أنواع البوليمرات المرصودة في البيئة العربية

تُظهر التحليلات البوليمرية التي استعرضها التقرير أن البوليمرات الأكثر شيوعًا في العينات البيئية العربية هي:

- البولي إيثيلين (PE)،
  - البولي بروبيلين (PP)،
  - البولي ستايرين (PS)،
  - البولي إيثيلين تيرفثالات (PET).
- وتُعد هذه البوليمرات من أكثر أنواع البلاستيك استخدامًا عالميًا، لا سيما في:
- العبوات البلاستيكية،
  - الأكياس وأغلفة التغليف،
  - الزجاجات والمشروبات،
  - المنتجات الاستهلاكية اليومية.

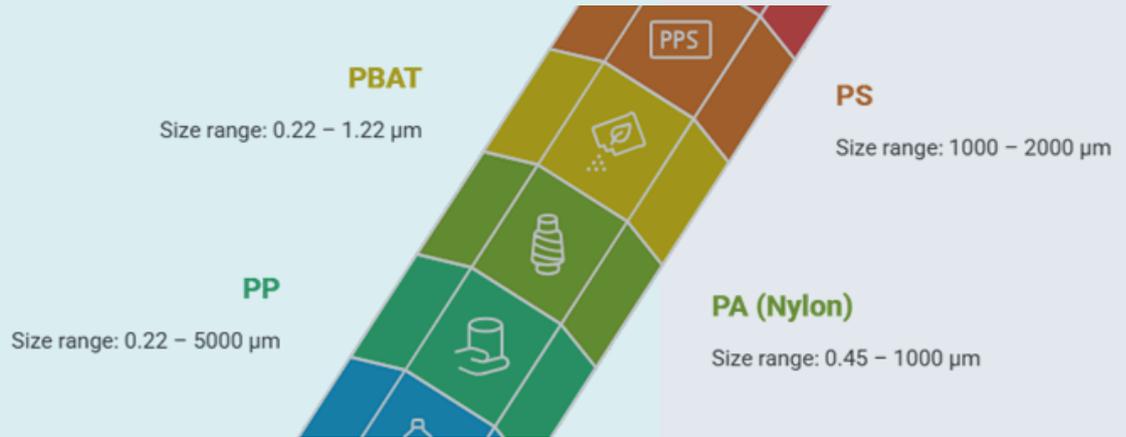
ويشير التقرير إلى أن سيطرة هذه البوليمرات تعكس الطابع الاستهلاكي للتلوث البلاستيكي في المنطقة العربية، وتدعم فرضية أن غالبية الميكروبلاستيك المرصود ناتج عن تحلل بلاستيك ثانوي وليس عن مصادر صناعية أولية.

### 6.3 التوزيع النسبي للبوليمرات بين الأوساط البيئية

يبين التقرير أن التوزيع النسبي للبوليمرات قد يختلف بين الأوساط البيئية المختلفة:

- في المياه البحرية، تسود البوليمرات منخفضة الكثافة مثل PE و PP، نظرًا لقدرتها على الطفو أو البقاء معلقة.
- في الرواسب والتربة، تُرصد أيضًا بوليمرات أعلى كثافة مثل PS و PET، نتيجة ميلها إلى الترسيب.

غير أن التقرير يشير إلى أن هذه الملاحظات تعتمد على عدد محدود من الدراسات، ولا يمكن تعميمها على المستوى الإقليمي في ظل غياب بروتوكولات موحدة.



## Polymer Types, Size Distribution, and Physical Forms of Microplastics in the Arab Region

The physical and chemical characterization of microplastic particles constitutes a fundamental component in understanding pollution sources, the environmental behavior of microplastics, and their potential ecological and biological impacts. Technical Report No. (2) demonstrates that Arab studies addressing this aspect have provided important preliminary information on dominant polymer types, particle sizes, and physical forms. However, these data remain incomplete and heterogeneous in terms of methodological approaches and levels of detail.

### 6.1 Importance of Compositional Characterization in Microplastics Assessment

The report emphasizes that merely confirming the presence of microplastics is insufficient for assessing their potential risks. Particle characteristics—such as polymer type, size, and shape—play a decisive role in:

- The behavior of particles across different environmental compartments,
- Their capacity to adsorb and transport chemical contaminants,
- Their likelihood of ingestion or translocation into living tissues.

Accordingly, compositional characterization is considered a prerequisite for any scientifically meaningful assessment of microplastics pollution.

### 6.2 Polymer Types Identified in the Arab Environment

Polymer-specific analyses reviewed in the report indicate that the most commonly detected polymers in environmental samples from the Arab region include:

- Polyethylene (PE),
- Polypropylene (PP),
- Polystyrene (PS),
- Polyethylene terephthalate (PET).

These polymers are among the most widely used plastics globally, particularly in:

- Plastic packaging materials,
- Bags and wrapping films,
- Bottles and beverage containers,
- Everyday consumer products.

The report notes that the dominance of these polymers reflects the consumer-driven nature of plastic pollution in the Arab region and supports the assumption that most detected microplastics originate from secondary degradation processes rather than from primary industrial sources.

### 6.3 Relative Distribution of Polymers across Environmental Compartments

The report indicates that the relative distribution of polymer types may vary across different environmental compartments:

- In marine waters, low-density polymers such as PE and PP tend to dominate due to their buoyancy or ability to remain suspended,
- In sediments and soils, higher-density polymers such as PS and PET are also frequently detected, reflecting their greater tendency to settle.

However, the report cautions that these observations are based on a limited number of studies and cannot be generalized at the regional level in the absence of harmonized sampling and analytical protocols

#### 6.4 Dominant Size Ranges of Microplastic Particles

With respect to particle size, the data presented in the report indicate that the vast majority of microplastic particles detected in the Arab region fall within the range of:

- Less than 1 millimeter,
- with a pronounced concentration of particles smaller than 500 micrometers.
- This size range is of particular significance because it:
- Enhances the ability of particles to migrate between different environmental compartments,
- Increases the likelihood of ingestion by organisms across a wide range of size classes,
- Makes separation and removal more challenging in conventional treatment systems.

The report further notes that studies employing filters with larger mesh sizes may have underestimated the presence of smaller-sized particles.

#### 6.5 Physical Forms of Microplastics

Studies included in the report indicate that the dominant physical forms of microplastics in the Arab environment include:

- Fibers,
- Fragments,
- Thin films and pellets.

The predominance of fibers points to sources such as:

- Synthetic textiles,
- Wastewater effluents,
- Domestic laundry activities,

whereas fragments reflect the degradation of solid plastic materials used in packaging and consumer products.

#### 6.6 Relationship Between Physical Form and Environmental Behavior

The report analyzes the relationship between particle physical form and environmental behavior, indicating that:

- Fibers tend to remain suspended in water for longer periods,
- Larger fragments are more likely to settle and accumulate in sediments,
- Thin films may exhibit variable behavior depending on environmental conditions.

These characteristics directly influence the distribution of microplastics among water, sediments, and soils.

#### 6.7 Methodological Constraints in Compositional Characterization

The report highlights several constraints that limit the accuracy of compositional characterization in Arab studies, including:

- Reliance on visual microscopy without spectroscopic confirmation in some cases,
- Variability in spectroscopic techniques used (FTIR versus Raman),
- Differences in detection limits and analytical resolution among instruments and laboratories.

Such variability results in inconsistent polymer identification, particularly for very small particles.

#### 6.8 Absence of Nanoplastics Characterization

The report indicates that compositional characterization of nanoplastics is almost entirely absent in the Arab region due to technical and methodological limitations.

No published data are available that identify:

- Nanoplastic polymer types,
- Precise particle size distributions,
- Or surface properties.

This absence constitutes a critical knowledge gap, given the growing importance of nanoplastics in environmental and health-related research.

#### 6.9 Analytical and Institutional Significance

The findings of this section indicate that microplastics pollution in the Arab region exhibits compositional characteristics broadly consistent with global patterns, yet suffers from insufficiently detailed and harmonized characterization. These findings underscore the need to:

- Harmonize protocols for physical and chemical characterization,
- Strengthen national and regional analytical capacities,
- Link compositional characterization with source attribution and environmental and health risk assessments.

#### 6.4 الأحماد السائدة للجسيمات البلاستيكية الدقيقة

من حيث الحجم، تُظهر البيانات الواردة في التقرير أن الغالبية العظمى من الجسيمات البلاستيكية الدقيقة المرصودة في المنطقة العربية تقع ضمن نطاق:

- أقل من 1 ملليمتر،
  - مع تركيز ملحوظ للجسيمات في نطاق أقل من 500 ميكرومتر.
  - ويُعد هذا النطاق الحجمي ذا أهمية خاصة، لأنه:
  - يزيد من قدرة الجسيمات على الانتقال بين الأوساط البيئية،
  - يرفع احتمالية ابتلاعها من قبل كائنات حية ذات أحجام مختلفة،
  - يجعل فصلها وإزالتها أكثر صعوبة في أنظمة المعالجة التقليدية.
- ويشير التقرير إلى أن الدراسات التي اعتمدت على مرشحات ذات فتحات أكبر قد تكون قد قللت من تقدير وجود الجسيمات الأصغر حجمًا.

#### 6.5 الأشكال الفيزيائية للميكروبلاستيك

- تُظهر الدراسات المشمولة في التقرير أن الأشكال الفيزيائية السائدة للميكروبلاستيك في البيئة العربية تشمل:
- الألياف (Fibers)،
- الشظايا (Fragments)،
- وبدرجة أقل، الأغشية الرقيقة (Films) والحبيبات (Pellets).

وتشير سيطرة الألياف إلى دور مصادر مثل:

- الأقمشة الصناعية،
- مياه الصرف الصحي،
- الغسيل المنزلي،

في حين تعكس الشظايا تحلل البلاستيك الصلب المستخدم في التغليف والمنتجات الاستهلاكية.

#### 6.6 العلاقة بين الشكل الفيزيائي والسلوك البيئي

يحلل التقرير العلاقة بين الشكل الفيزيائي للجسيمات وسلوكها البيئي، ويشير إلى أن:

- الألياف تميل إلى البقاء معلقة في المياه لفترات أطول،
  - الشظايا الأكبر حجمًا تميل إلى الترسيب والتراكم في الرواسب،
  - الأغشية الرقيقة قد تُظهر سلوكًا متغيرًا يعتمد على ظروف الوسط البيئي.
- وتؤثر هذه الخصائص بشكل مباشر على توزيع الميكروبلاستيك بين المياه، الرواسب، والتربة.

#### 6.7 القيود المنهجية في التوصيف التركيبي

يسلط التقرير الضوء على عدد من القيود التي تحد من دقة التوصيف التركيبي في الدراسات العربية، من بينها:

- الاعتماد على الفحص المجهرى دون تأكيد طيفي في بعض الحالات،
  - اختلاف تقنيات التحليل الطيفي المستخدمة (FTIR مقابل Raman)،
  - اختلاف حدود الكشف والدقة بين الأجهزة والمختبرات.
- ويؤدي هذا التفاوت إلى تباين في القدرة على تحديد البوليمرات بدقة، خاصة للجسيمات الصغيرة جدًا.

#### 6.8 غياب توصيف النانو بلاستيك

يشير التقرير إلى أن التوصيف التركيبي للذرات النانوية يكاد يكون غائبًا تمامًا في المنطقة العربية، نتيجة القيود التقنية والمنهجية. ولا توجد بيانات منشورة تحدد:

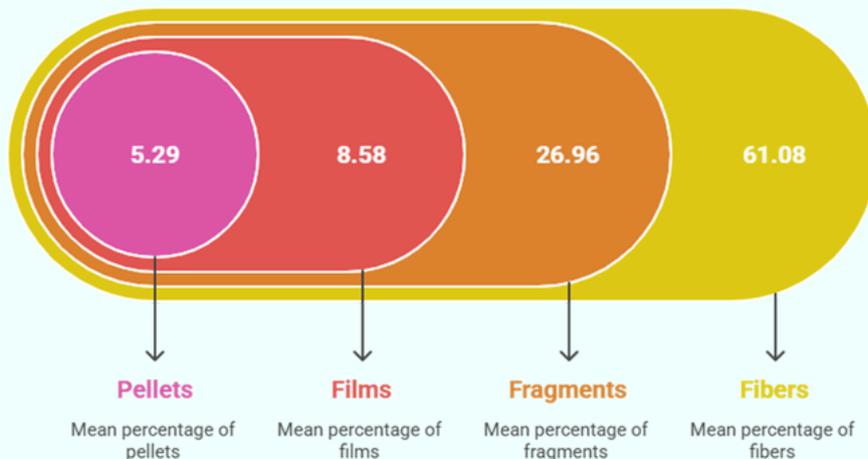
- أنواع البوليمرات النانوية،
- أحجامها الدقيقة،
- خصائصها السطحية.

ويمثل هذا الغياب فجوة معرفية حاسمة، نظرًا للأهمية المتزايدة للنانو بلاستيك في الدراسات البيئية والصحية.

#### 6.9 الدلالة التحليلية والمؤسسية

تُظهر نتائج هذا المحور أن التلوث بالميكروبلاستيك في المنطقة العربية يتسم بخصائص تركيبية متسقة مع الأنماط العالمية، لكنه يعاني من نقص في التوصيف الدقيق والمتجانس. هذه النتائج تؤكد الحاجة إلى:

- توحيد بروتوكولات التوصيف الفيزيائي والكيميائي،
- تعزيز القدرات التحليلية الوطنية والإقليمية،
- ربط التوصيف التركيبي بتقييمات المصدر والمخاطر البيئية والصحية.



## التقنيات التحليلية وحدود القياس لرصد الميكرو بلاستيك في المنطقة العربية

تمثل التقنيات التحليلية المستخدمة لرصد وتوصيف الميكرو بلاستيك أحد المحددات الرئيسية لجودة البيانات المتاحة، ودقتها، وقابليتها للمقارنة بين الدراسات والمناطق الجغرافية المختلفة. ويُظهر التقرير الفني رقم (2) أن قاعدة البيانات العربية الحالية حول الميكرو بلاستيك لا تتأثر فقط بعدد الدراسات المنفذة، بل تتأثر بدرجة أكبر بنوع التقنيات التحليلية المستخدمة وحدودها المنهجية.

### 7.1 دور التقنيات التحليلية في بناء قاعدة الأدلة

يشير التقرير إلى أن الكشف عن الميكرو بلاستيك يتطلب سلسلة متكاملة من الخطوات التحليلية، تبدأ بأخذ العينات، مرورًا بعمليات الفصل والتنقية، وتنتهي بالتوصيف الفيزيائي والكيميائي للجسيمات. وتؤثر كل مرحلة من هذه المراحل على النتائج النهائية، سواء من حيث عدد الجسيمات المكتشفة أو خصائصها. ويؤكد التقرير أن اختلاف التقنيات التحليلية بين الدراسات العربية يُعد أحد الأسباب الرئيسية لصعوبة المقارنة الكمية بين النتائج، حتى داخل الدولة الواحدة.

### 7.2 التقنيات الأكثر استخدامًا في الدراسات العربية

تُظهر مراجعة الدراسات المشمولة في التقرير أن التقنيات التحليلية المستخدمة في المنطقة العربية تتركز بشكل أساسي في نطاق محدود، يشمل:

#### 7.2.1 الفحص المجهرى البصري

يُستخدم الفحص المجهرى البصري على نطاق واسع في المراحل الأولية من التحليل، بهدف:

- فرز الجسيمات المشتبه بها،
  - تحديد الشكل والحجم التقريبي،
  - استبعاد المواد غير البلاستيكية.
- غير أن التقرير يشير إلى أن الاعتماد على الفحص البصري وحده دون تأكيد طيفي يؤدي إلى:
- احتمالية الخلط بين الجسيمات البلاستيكية والمواد الطبيعية،
  - زيادة عدم اليقين في النتائج،
  - تقليل موثوقية البيانات عند استخدامها لأغراض المقارنة الإقليمية.

#### 7.2.2 التحليل الطيفي بالأشعة تحت الحمراء (FTIR)

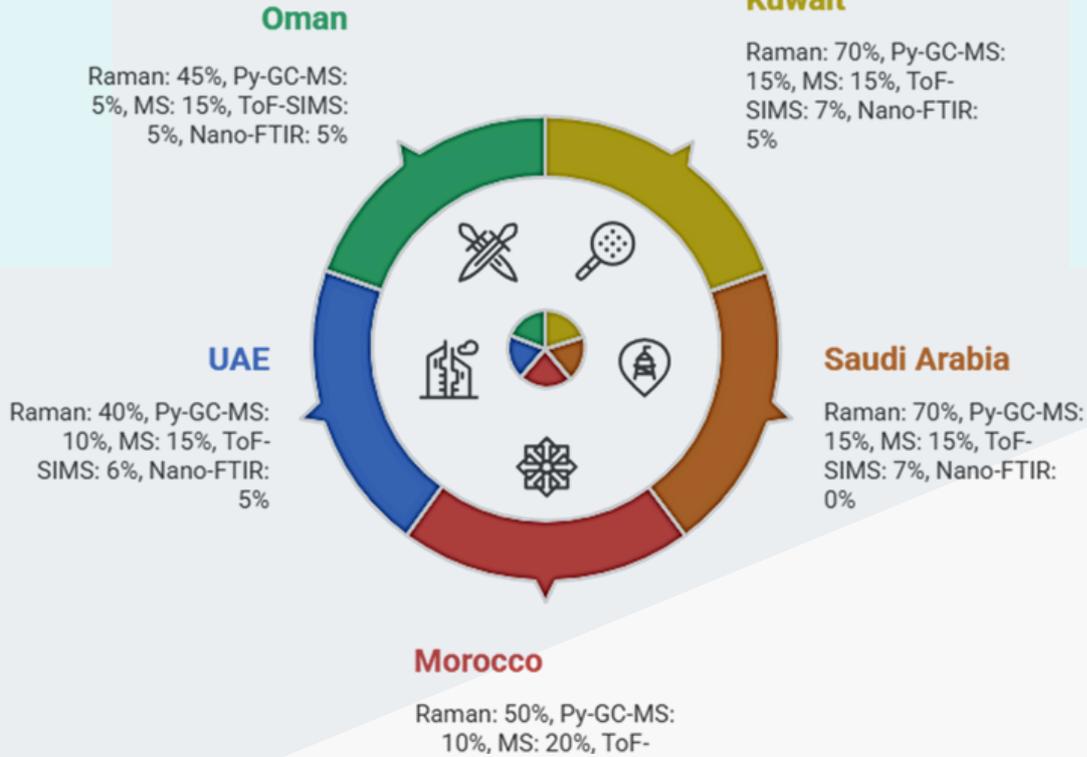
يُعد FTIR من أكثر التقنيات استخدامًا في الدراسات العربية لتحديد نوع البوليمر. ويُستخدم غالبًا في:

- توصيف الجسيمات التي يزيد حجمها عن 20-50 ميكرومتر،
  - تأكيد الطبيعة البلاستيكية للجسيمات المرصودة بصريًا.
- ويشير التقرير إلى أن FTIR يوفر مستوى مقبولًا من الدقة في تحديد البوليمرات الشائعة، لكنه يعاني من:
- محدودية في كشف الجسيمات الصغيرة جدًا،
  - صعوبة في تحليل الجسيمات الملوثة بالمواد العضوية.

#### 7.2.3 التحليل الطيفي رامان (Raman Spectroscopy)

تُستخدم تقنية رامان في عدد أقل من الدراسات العربية، لكنها توفر ميزة إضافية تتمثل في:

- القدرة على تحليل جسيمات أصغر حجمًا مقارنة بـ FTIR،
  - تقليل الحاجة إلى إزالة الملوثات العضوية في بعض الحالات.
- غير أن التقرير يشير إلى أن استخدام رامان لا يزال محدودًا، بسبب:
- ارتفاع كلفة الأجهزة،
  - الحاجة إلى خبرة تقنية متقدمة،
  - وتأثر القياسات بالتداخل الفلوري في بعض العينات.



# Analytical Techniques and Measurement Limitations for Microplastics Monitoring in the Arab Region

The analytical techniques used for the detection and characterization of microplastics represent one of the primary determinants of data quality, accuracy, and comparability across studies and geographical regions. Technical Report No. (2) demonstrates that the current Arab microplastics database is influenced not only by the number of studies conducted, but to a greater extent by the types of analytical techniques employed and their inherent methodological limitations.

## 7.1 Role of Analytical Techniques in Building the Evidence Base

The report indicates that the detection of microplastics requires an integrated sequence of analytical steps, beginning with sampling, followed by separation and purification processes, and concluding with the physical and chemical characterization of particles. Each stage of this workflow directly influences the final results, both in terms of the number of particles detected and their reported characteristics.

The report emphasizes that variability in analytical techniques among Arab studies constitutes one of the main reasons for the difficulty in conducting quantitative comparisons between results, even within the same country.

## 7.2 Most Commonly Used Techniques in Arab Studies

A review of the studies included in the report shows that analytical techniques applied in the Arab region are largely concentrated within a limited methodological range, including the following:

### 7.2.1 Visual Microscopic Examination

- Visual microscopy is widely used during the initial stages of analysis, with the objectives of:
  - Sorting suspected particles,
  - Determining approximate size and shape,
  - Excluding non-plastic materials.

However, the report notes that reliance on visual examination alone, without spectroscopic confirmation, leads to:

Potential misclassification of plastic particles and natural materials,

Increased uncertainty in results,

Reduced data reliability when used for regional comparisons.

### 7.2.2 Fourier Transform Infrared Spectroscopy (FTIR)

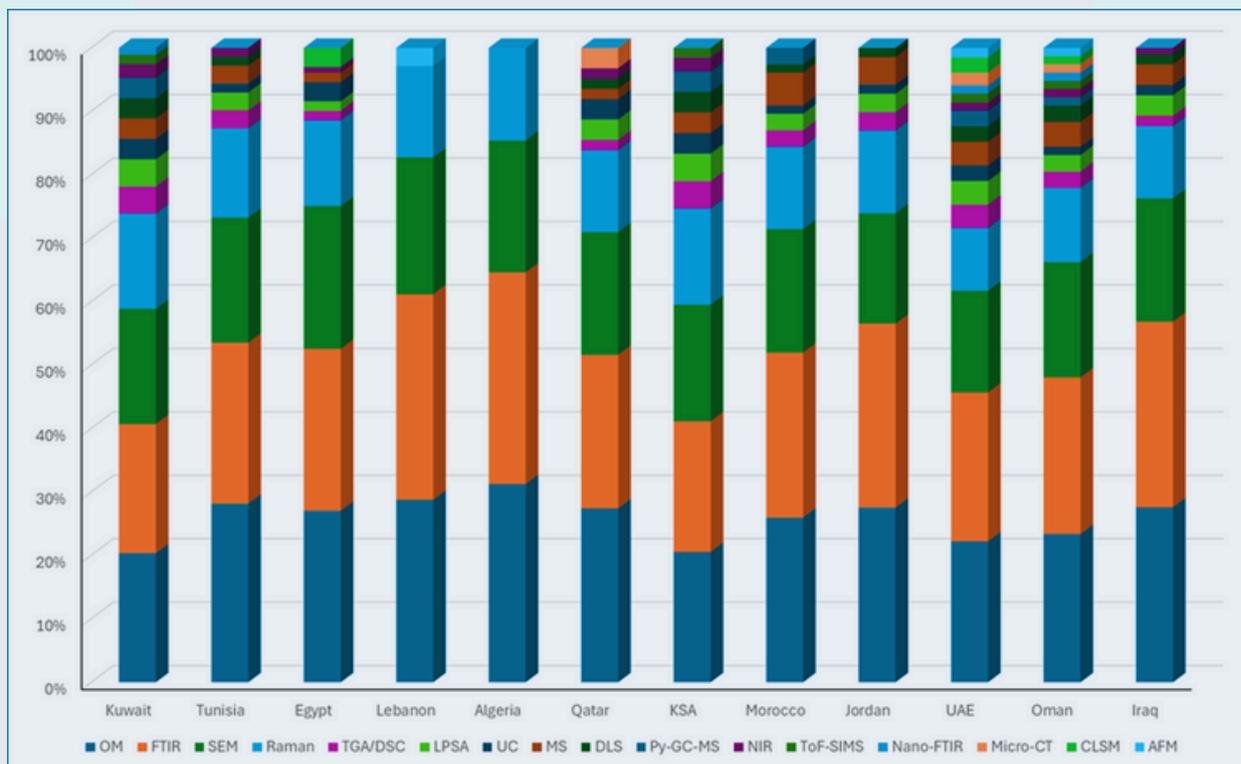
FTIR is among the most frequently used techniques in Arab studies for polymer identification. It is commonly applied for:

- Characterizing particles larger than approximately 20–50 micrometers,
- Confirming the plastic nature of particles identified through visual inspection.
- The report indicates that FTIR provides an acceptable level of accuracy for identifying common polymers, but suffers from:
  - Limited sensitivity for very small particles,
  - Difficulties in analyzing particles contaminated with organic matter.

### 7.2.3 Raman Spectroscopy

Raman spectroscopy has been applied in a smaller number of Arab studies but offers additional advantages, including:

- The ability to analyze smaller particles compared to FTIR,
- Reduced need for extensive removal of organic contaminants in some cases.
- Nevertheless, the report notes that the use of Raman spectroscopy remains limited due to:
  - High instrument and operational costs,
  - The requirement for advanced technical expertise,
  - Susceptibility of measurements to fluorescence interference in certain samples



Analytical Techniques Used for the Detection of Microplastics (MPs) in Arab Countries and the Extent of Their Adoption in Scientific Studies



### 7.3 Advanced Analytical Techniques and Limitations of Their Use in the Arab Region

The report indicates that advanced analytical techniques—such as:

- Pyrolysis–Gas Chromatography/Mass Spectrometry (Py–GC/MS),
- Non-target screening techniques,
- Nanoplastics characterization methods,

remain rarely applied in Arab studies. This limited use is attributed to:

- The restricted availability of such instrumentation in national laboratories,
- High operational and maintenance costs,
- The need for highly specialized technical expertise.

As a result, advanced chemical characterization of microplastic particles—including the identification of polymer additives and adsorbed contaminants—remains largely unavailable across the region.

### 7.4 Detection Limits and Methodological Bias

The report highlights that variability in detection limits across analytical techniques introduces systematic bias into reported results. Studies that rely on:

- Larger mesh-size filters,
- Or techniques with limited analytical sensitivity,
- Tend to underestimate the presence of smaller-sized particles, which are often of greatest relevance from a biological impact perspective.

The report notes that this bias complicates:

- Accurate estimation of the true magnitude of contamination,
- Comparability of results across studies employing different methodologies.

### 7.5 Challenges Associated with Sampling and Sample Processing

Beyond analytical techniques themselves, the report identifies several challenges associated with sampling and sample processing stages, including:

- Variability in water and soil sample volumes,
- Differences in organic matter removal procedures,
- Risks of secondary contamination during laboratory analysis.

The report emphasizes that these challenges directly affect data quality and that their mitigation requires the adoption of rigorous protocols and clearly defined quality control measures.

### 7.6 Nanoplastics and Current Measurement Limitations

The report explicitly identifies nanoplastics as the largest analytical gap in the Arab region. To date, no published field studies have employed techniques capable of:

- Detecting plastic particles smaller than 1 micrometer,
- Characterizing their surface and chemical properties.

This absence is attributed to the limited availability of advanced techniques such as:

- Nano-FTIR,
- AFM-IR,
- Or advanced separation technologies.

The report stresses that this analytical limitation results in the omission of a potentially significant fraction of the environmental plastic burden, which may have substantial environmental and health implications.

### 7.7 Impact of Analytical Constraints on Result Interpretation

The report notes that analytical constraints affect not only measurement accuracy, but also the interpretation of findings and the policies derived from them. The lack of reliable data on smaller particle sizes and nanoplastics:

- Limits the capacity to conduct meaningful health risk assessments,
- Reduces the reliability of environmental modeling efforts,
- Influences the prioritization of intervention strategies.

Accordingly, the report underscores that the quality of scientific evidence is inseparable from the quality of the analytical techniques used to generate it.

### 7.8 Need for Standardization and Capacity Building

From an institutional perspective, the report emphasizes that the development of a robust regional microplastics database requires:

- Harmonization of sampling and analytical protocols,
- Strengthening of technical capacities within national laboratories,
- Establishment of regional reference centers capable of providing advanced analysis and training.

The report further notes that investment in analytical technologies is not merely a technical consideration, but a fundamental prerequisite for transitioning from descriptive monitoring to quantitative environmental and health risk assessment.

### 7.3 التقنيات المتقدمة وحدود استخدامها في المنطقة العربية

يوضح التقرير أن التقنيات التحليلية المتقدمة، مثل:

- Pyrolysis–GC/MS (Py–GC/MS)،
- Non-target screening techniques،
- تقنيات توصيف النانو بلاستيك،

لا تزال نادرة الاستخدام في الدراسات العربية. ويُعزى ذلك إلى:

- محدودية توفر هذه الأجهزة في المختبرات الوطنية،
- ارتفاع كلفة التشغيل والصيانة،
- الحاجة إلى كوادر متخصصة.

ويترتب على هذا الغياب أن التوصيف الكيميائي المتقدم للجسيمات البلاستيكية الدقيقة، بما في ذلك الإضافات الكيميائية والملونات الممتزة، لا يزال غير متاح على نطاق واسع في المنطقة.

### 7.4 حدود الكشف والتحيز المنهجي

يسلط التقرير الضوء على أن اختلاف حدود الكشف بين التقنيات المستخدمة يؤدي إلى

تحيز منهجي في النتائج. فالدراسات التي تستخدم:

- مرشحات ذات فتحات أكبر،
- أو تقنيات ذات حساسية محدودة،

تميل إلى التقليل من تقدير وجود الجسيمات الأصغر حجمًا، والتي تُعد في كثير من الحالات الأكثر أهمية من منظور التأثير البيولوجي.

وبشير التقرير إلى أن هذا التحيز يجعل من الصعب:

- تقدير الحجم الحقيقي للتلوث،
- مقارنة نتائج الدراسات التي استخدمت تقنيات مختلفة.

### 7.5 التحديات المرتبطة بأخذ العينات والمعالجة

إضافة إلى التحديات التحليلية نفسها، يبرز التقرير عددًا من التحديات المرتبطة بمرحلة أخذ العينات والمعالجة، من بينها:

- اختلاف أحجام العينات المائية أو الترابية،
- تفاوت طرق إزالة المواد العضوية،
- مخاطر التلوث الثانوي أثناء التحليل.

ويؤكد التقرير أن هذه التحديات تؤثر بشكل مباشر على جودة البيانات، وأن معالجتها

تتطلب بروتوكولات صارمة وضوابط جودة واضحة.

### 7.6 النانو بلاستيك وحدود القياس الحالية

يُبرز التقرير بشكل صريح أن النانو بلاستيك يمثل أكبر فجوة تحليلية في المنطقة العربية. فلا توجد دراسات ميدانية منشورة استخدمت تقنيات قادرة على:

- كشف الجسيمات البلاستيكية دون 1 ميكرومتر،
- توصيف خصائصها السطحية والكيميائية.

ويُعزى هذا الغياب إلى محدودية توفر تقنيات مثل:

- Nano-FTIR،
- AFM-IR،
- أو تقنيات الفصل المتقدمة.

ويؤكد التقرير أن هذا القيد التحليلي يؤدي إلى تجاهل جزء محتمل من الحمل البيئي للبلاستيك، قد يكون ذا أهمية صحية وبيئية كبيرة.

### 7.7 أثر القيود التحليلية على تفسير النتائج

يشير التقرير إلى أن القيود التحليلية لا تؤثر فقط على دقة القياس، بل تؤثر أيضًا على تفسير النتائج والسياسات المستندة إليها. فغياب البيانات الدقيقة حول الأحجام الصغيرة والنانو بلاستيك:

- يحد من القدرة على تقييم المخاطر الصحية،
- ويقلل من موثوقية النماذج البيئية،
- ويؤثر على تحديد أولويات التدخل.

وبالتالي، فإن جودة الأدلة العلمية لا يمكن فصلها عن جودة التقنيات المستخدمة لإنتاجها.

### 7.8 الحاجة إلى التوحيد القياسي وبناء القدرات

من منظور مؤسسي، يؤكد التقرير أن تطوير قاعدة بيانات إقليمية موثوقة للميكروبلاستيك يتطلب:

- توحيد بروتوكولات أخذ العينات والتحليل،
- تعزيز القدرات التقنية للمختبرات الوطنية،
- إنشاء مراكز مرجعية إقليمية قادرة على تقديم التحليل المتقدم والتدريب.

ويشير التقرير إلى أن الاستثمار في التقنيات التحليلية ليس مجرد قضية تقنية، بل يمثل شرطًا أساسيًا للانتقال من مرحلة الرصد الوصفي إلى مرحلة التقييم الكمي للمخاطر.

## النانو بلاستيك – الفجوة غير المرئية في التقييم البيئي والصحي في المنطقة العربية

تمثل اللدائن النانوية (Nanoplastics – NPs) أحد أكثر جوانب التلوث البلاستيكي تعقيدًا وأقلها توثيقًا، سواء على المستوى العالمي أو الإقليمي. ويُظهر التقرير الفني رقم (2) أن النانو بلاستيك يشكل فجوة معرفية وتحليلية شبه كاملة في المنطقة العربية، على الرغم من تزايد الأدلة الدولية التي تشير إلى أهميته البيئية والصحية مقارنة بالميكروبلاستيك الأكبر حجمًا.

### 8.1 التعريف والسياق العلمي للنانو بلاستيك

يشير التقرير إلى أن النانو بلاستيك يُعرّف عادة على أنه جسيمات بلاستيكية يقل قطرها عن 1 ميكرومتر، وقد يصل في بعض التعريفات إلى نطاق أقل من 100 نانومتر. وينشأ النانو بلاستيك إما:

- نتيجة التحلل الفيزيائي والكيميائي المستمر للميكروبلاستيك الأكبر حجمًا،
- أو كنتيجة مباشرة لبعض العمليات الصناعية والتكنولوجية.
- ويؤكد التقرير أن صغر حجم هذه الجسيمات يمنحها خصائص فيزيائية وكيميائية مختلفة جوهريًا عن الميكروبلاستيك، بما في ذلك:
- مساحة سطحية عالية،
- تفاعلية كيميائية أكبر،
- وقدرة أعلى على التفاعل مع الأنظمة البيولوجية.

### 8.2 موقع النانو بلاستيك في قاعدة البيانات العربية

يُبرز التقرير بشكل صريح أن قاعدة البيانات العربية الحالية لا تتضمن أي دراسات ميدانية منشورة قامت برصد أو قياس النانو بلاستيك بشكل مباشر في أي وسط بيئي. ويشمل هذا الغياب:

- المياه البحرية والعذبة،
- الرواسب،
- التربة الزراعية،
- الهواء،
- الكائنات الحية.

ويمثل هذا الغياب نتيجة مباشرة لمحدودية القدرات التحليلية المتقدمة في المنطقة، وليس مؤشرًا على غياب النانو بلاستيك من البيئة العربية.

### 8.3 القيود التقنية أمام رصد النانو بلاستيك

يحدد التقرير عددًا من القيود التقنية التي تحول دون رصد النانو بلاستيك في المنطقة العربية، من بينها:

- غياب الأجهزة المتخصصة مثل Nano-FTIR وAFM-IR،
- محدودية الوصول إلى تقنيات الفصل المتقدمة،
- ارتفاع كلفة التحليل والتشغيل،
- الحاجة إلى خبرات تقنية عالية التخصص.

ويشير التقرير إلى أن التقنيات التقليدية المستخدمة لرصد الميكروبلاستيك، مثل Raman وFTIR، غير كافية لكشف الجسيمات النانوية، ما يؤدي إلى تجاهل هذا الجزء من الحمل البلاستيكي البيئي.

## Nanoplastics – The Invisible Gap in Environmental and Health Assessment in the Arab Region

Nanoplastics (NPs) represent one of the most complex and least documented dimensions of plastic pollution, both globally and regionally. Technical Report No. (2) demonstrates that nanoplastics constitute a near-complete analytical and knowledge gap in the Arab region, despite growing international evidence highlighting their environmental and health relevance compared to larger microplastic particles.

### 8.1 Definition and Scientific Context of Nanoplastics

The report indicates that nanoplastics are commonly defined as plastic particles with diameters smaller than 1 micrometer, with some definitions extending into the size range below 100 nanometers. Nanoplastics originate either from:

- The continued physical and chemical degradation of larger microplastic particles,
- Or as a direct result of certain industrial and technological processes.
- The report emphasizes that the extremely small size of nanoplatic particles confers physical and chemical properties that are fundamentally distinct from those of larger microplastics, including:
- A high surface-area-to-volume ratio,
- Increased chemical reactivity,
- Enhanced potential for interaction with biological systems.

### 8.2 Position of Nanoplastics within the Arab Database

The report explicitly highlights that the current Arab database contains no published field studies that have directly detected or measured nanoplastics in any environmental compartment. This absence encompasses:

- Marine and freshwater systems,
- Sediments,
- Agricultural soils,
- Ambient air,
- Living organisms.

This gap reflects the limited availability of advanced analytical capacities in the region rather than an absence of nanoplastics from Arab environments.

### 8.3 Technical Constraints on Nanoplastics Detection

The report identifies several technical constraints that currently prevent the detection of nanoplastics in the Arab region, including:

The absence of specialized instrumentation such as Nano-FTIR and AFM-IR,  
Limited access to advanced separation and fractionation techniques,  
High analytical and operational costs,  
The need for highly specialized technical expertise.

The report further notes that conventional techniques used for microplastics analysis, such as FTIR and Raman spectroscopy, are insufficient for detecting nanoplatic particles, resulting in the exclusion of this fraction from current environmental plastic assessments

### 8.5 الأهمية البيولوجية والصحية المحتملة

من الجوانب التي يوليها التقرير اهتمامًا خاصًا الإشارة إلى أن صغر حجم النانو بلاستيك قد يسمح له بـ:

- عبور الحواجز البيولوجية،
- التفاعل المباشر مع الخلايا والأنسجة،
- وربما الانتقال داخل الكائنات الحية بطرق لا يمكن للميكروبلاستيك الأكبر حجمًا تحقيقها.
- وبشير التقرير إلى أن الأدلة الدولية تربط النانو بلاستيك بإمكانية:
- إحداث إجهاد تأكسدي،
- تحفيز استجابات التهابية،
- التأثير على الوظائف الخلوية.

غير أن التقرير يؤكد في الوقت ذاته أن هذه الاستنتاجات تستند إلى دراسات مخبرية أو نماذج حيوانية، ولا توجد حتى الآن بيانات بشرية كافية لتقدير المخاطر الصحية بدقة.

### 8.6 الفجوة الصحية في السياق العربي

يوضح التقرير أن غياب بيانات النانو بلاستيك في المنطقة العربية ينعكس مباشرة على تقييم المخاطر الصحية. فلا توجد:

- تقديرات للجرعة المتناولة عبر الغذاء أو المياه،
- نماذج تعرض سكاني،
- دراسات تتعلق بالتعرض المزمن أو خلال مراحل حساسة مثل الحمل والطفولة.
- وبالتالي، فإن أي تقييم صحي إقليمي في الوقت الراهن يستبعد تلقائيًا أحد أكثر مكونات التلوث البلاستيكي خطورة محتملة.

### 8.7 العلاقة بين النانو بلاستيك والميكروبلاستيك

يشير التقرير إلى أن النانو بلاستيك لا يمكن اعتباره فئة مستقلة بالكامل، بل يمثل امتدادًا طبيعيًا لمسار تحلل الميكروبلاستيك الأكبر حجمًا. وبناءً عليه، فإن غياب رصد النانو بلاستيك يعني أن البيانات الحالية حول الميكروبلاستيك قد:

- تقلل من تقدير الحجم الحقيقي للتلوث البلاستيكي،
- وتحد من القدرة على فهم المسار الكامل للتلوث البلاستيكي في البيئة.

### 8.8 الدلالات المؤسسية والاستراتيجية للفجوة المعرفية

من منظور مؤسسي، يوضح التقرير أن تجاهل النانو بلاستيك في برامج الرصد والتقييم يمثل مخاطرة استراتيجية، خاصة في ظل التوجه العالمي المتزايد نحو إدماج هذه الفئة من الملوثات في الأطر التنظيمية والبحثية. ويؤكد التقرير أن سد هذه الفجوة يتطلب:

- استثمارات طويلة الأمد في البنية التحتية التحليلية،
- شراكات إقليمية ودولية لنقل المعرفة والتكنولوجيا،
- تطوير برامج تدريب متخصصة.

### 8.5 Potential Biological and Health Significance

The report places particular emphasis on the fact that the extremely small size of nanoplastics may enable them to:

- Cross biological barriers,
- Interact directly with cells and tissues,
- Potentially translocate within living organisms in ways that are not possible for larger microplastic particles.
- The report notes that international evidence links nanoplastics to the potential to:
- Induce oxidative stress,
- Trigger inflammatory responses,
- Disrupt cellular functions.

However, the report also emphasizes that these conclusions are largely derived from laboratory-based studies or animal models, and that sufficient human data are not yet available to accurately quantify health risks.

### 8.6 Health Data Gaps in the Arab Context

The report explains that the absence of nanoplastics data in the Arab region directly constrains health risk assessment efforts. Specifically, there are no:

- Estimates of dietary or drinking-water intake,
- Population exposure models,
- Studies addressing chronic exposure or exposure during sensitive life stages such as pregnancy and childhood.

As a result, any current regional health assessment inherently excludes one of the potentially most hazardous components of plastic pollution.

### 8.7 Relationship Between Nanoplastics and Microplastics

The report indicates that nanoplastics should not be considered an entirely independent category, but rather represent a natural extension of the degradation continuum of larger microplastic particles. Consequently, the absence of nanoplastics monitoring implies that existing microplastics data may:

- Underestimate the true magnitude of plastic pollution,
- Limit the ability to understand the complete pathway of plastic degradation in the environment.

### 8.8 Institutional and Strategic Implications of the Knowledge Gap

From an institutional perspective, the report highlights that neglecting nanoplastics within monitoring and assessment frameworks represents a strategic risk, particularly in light of the growing global trend toward integrating this pollutant category into regulatory and research agendas.

- The report underscores that addressing this gap will require:
- Long-term investments in advanced analytical infrastructure,
- Regional and international partnerships for knowledge and technology transfer,
- The development of specialized training programs.

## Health Dimensions and Risk Assessment Gaps Associated with Microplastics in the Arab Region

The health dimensions of microplastics pollution represent one of the most complex and sensitive issues within the broader framework of emerging environmental pollutants, due to their intersection with environmental exposure pathways, food chains, and everyday human behaviors. Technical Report No. (2) demonstrates that available knowledge in the Arab region regarding the health effects of microplastics remains extremely limited, and that quantitative health risk assessment constitutes the most significant knowledge gap compared to other environmental dimensions.

### 9.1 Position of the Health Dimension within the Arab Database

The report clearly indicates that the majority of Arab studies addressing microplastics have focused on environmental compartments (water, sediments, soils, and biota), while research directly related to human health has not progressed beyond indirect inference. No Arab epidemiological studies have been specifically designed to assess the relationship between microplastics exposure and defined health outcomes.

Accordingly, the health dimension in the Arab region is currently inferred from:

- The documented presence of microplastics in the environment and food,
- Logical assumptions regarding potential exposure pathways,
- Reliance on international scientific literature to estimate potential risks.

### 9.2 Potential Human Exposure Pathways

The report outlines human exposure pathways to microplastics as currently understood within the scientific framework, indicating that these pathways primarily include:

- Dietary intake (particularly fish and seafood),
- Drinking water,
- Ambient air (via inhalation of fine particles).

However, the report emphasizes that Arab-region data related to these pathways remain incomplete. Specifically:

No systematic measurements of microplastics concentrations in drinking water are available,

No quantitative studies have assessed inhalation exposure to microplastics in urban environments,

Food-related data remain limited to the detection of particles in biota without conversion into human exposure estimates.

### 9.3 Absence of Estimated Daily Intake (EDI) Assessments

- One of the central issues highlighted in the report is the absence of application of the Estimated Daily Intake (EDI) concept in Arab studies. According to the report:
- No Arab study has calculated EDI values for microplastics via food or water consumption,
- No population exposure models have been developed that account for different age groups.
- This absence results in a methodological inability to:
- Compare exposure levels across countries or regions,
- Identify population groups at higher risk,
- Link environmental data to potential health outcomes.

### 9.4 Relationship between Microplastics and Associated Contaminants

The report notes that one of the more complex health-related aspects of microplastics lies in their ability to act as vectors for chemical and biological contaminants. Global literature has demonstrated that microplastic particles are capable of:

- Adsorbing heavy metals,
- Transporting persistent organic pollutants,
- Interacting with microorganisms.

However, the report clarifies that this dimension has not been systematically investigated in the Arab context, and no local data are available linking microplastics presence to concentrations of associated contaminants within the human body

## الأبعاد الصحية وفجوة تقييم المخاطر المرتبطة بالميكروبلاستيك في المنطقة العربية

تمثل الأبعاد الصحية للتلوث بالميكروبلاستيك إحدى أكثر القضايا تعقيدًا وحساسية ضمن ملف الملوثات البيئية الناشئة، نظرًا لتداخلها مع أنماط التعرض البيئي، السلسلة الغذائية، والسلوكيات البشرية اليومية. ويظهر التقرير الفني رقم (2) أن المعرفة المتاحة في المنطقة العربية حول التأثيرات الصحية للميكروبلاستيك لا تزال محدودة للغاية، وأن التقييم الصحي الكمي للمخاطر يمثل أكبر فجوة معرفية مقارنة ببقية المحاور البيئية.

### 9.1 موقع البعد الصحي في قاعدة البيانات العربية

يشير التقرير بوضوح إلى أن معظم الدراسات العربية التي تناولت الميكروبلاستيك ركزت على الأوساط البيئية (مياه، رواسب، تربة، كائنات حية)، بينما لم تتجاوز الأبحاث ذات الصلة بالصحة البشرية مرحلة الاستدلال غير المباشر. فلا توجد دراسات وبائية عربية مصممة خصيصًا لتقييم العلاقة بين التعرض للميكروبلاستيك ونتائج صحية محددة.

وبناءً على ذلك، فإن البعد الصحي في المنطقة العربية يُستمد حاليًا من:

- وجود الميكروبلاستيك في البيئة والغذاء،
- الاستنتاج المنطقي لمسارات التعرض المحتملة،
- والاستعانة بالأدبيات الدولية لتقدير المخاطر المحتملة.

### 9.2 مسارات التعرض البشري المحتملة

يعرض التقرير مسارات التعرض البشري للميكروبلاستيك كما تُفهم في الإطار العلمي الحالي، ويشير إلى أن هذه المسارات تشمل بشكل رئيسي:

- الاستهلاك الغذائي (خصوصًا الأسماك والمأكولات البحرية)،
- مياه الشرب،
- الهواء الجوي (عبر استنشاق الجسيمات الدقيقة).

غير أن التقرير يؤكد أن البيانات العربية المتعلقة بهذه المسارات غير مكتملة، حيث:

- لا توجد قياسات منهجية لتركيز الميكروبلاستيك في مياه الشرب،
- ولا دراسات كمية حول استنشاق الميكروبلاستيك في البيئات الحضرية،
- وتظل بيانات الغذاء مقتصرًا على رصد وجود الجسيمات في الكائنات الحية دون تحويلها إلى تقديرات تعرض بشرية.

### 9.3 غياب تقدير الجرعة اليومية المتناولة (EDI)

من النقاط المركزية التي يبرزها التقرير غياب تطبيق مفهوم الجرعة اليومية المتناولة المقدر (Estimated Daily Intake – EDI) في الدراسات العربية. فلا توجد، وفق ما ورد في التقرير:

- أي دراسة عربية قامت بحساب EDI للميكروبلاستيك عبر الغذاء أو المياه،
- أو نماذج تعرض سكاني تأخذ في الاعتبار الفئات العمرية المختلفة.

ويؤدي هذا الغياب إلى عجز منهجي عن:

- مقارنة مستويات التعرض بين الدول أو المناطق،
- تقييم الفئات السكانية الأكثر عرضة للخطر،
- أو ربط البيانات البيئية بنتائج صحية محتملة.

### 9.4 العلاقة بين الميكروبلاستيك والملوثات المصاحبة

يشير التقرير إلى أن أحد الأبعاد الصحية المعقدة للميكروبلاستيك يتمثل في قدرته على العمل ك ناقل للملوثات الكيميائية والبيولوجية. فقد أظهرت الأدبيات العالمية أن الجسيمات البلاستيكية الدقيقة قادرة على:

- امتزاز المعادن الثقيلة،
- حمل الملوثات العضوية الثابتة،
- والتفاعل مع الكائنات الدقيقة.

غير أن التقرير يوضح أن هذا البعد لم يُدرس بشكل منهجي في السياق العربي، ولا توجد بيانات محلية تربط بين وجود الميكروبلاستيك وتركيز الملوثات المصاحبة في الجسم البشري.



### 9.5 Gaps in Clinical and Epidemiological Studies

The report confirms that the Arab region lacks:

- Long-term epidemiological studies linking chronic microplastics exposure to specific health outcomes,
- Clinical studies assessing physiological or biochemical effects of exposure,
- Research focused on vulnerable population groups such as children and pregnant women.

This absence represents one of the most significant barriers to incorporating microplastics into public health regulatory frameworks, as evidence-based health policies cannot be formulated without direct human data.

### 9.6 Reliance on Global Literature and Its Limitations

In the absence of local data, the report indicates that health risk assessments related to microplastics in the Arab region currently rely on international literature. However, the report cautions against:

- Generalizing findings derived from studies conducted in different environmental and dietary contexts,
- Overlooking regional specificities related to dietary habits, climate conditions, and exposure levels.

Consequently, exclusive reliance on global data may result in inaccurate risk estimates within the Arab context.

### 9.7 Methodological Challenges in Health Risk Assessment

The report highlights several methodological challenges that hinder health risk assessment related to microplastics, including:

- Difficulties in standardizing measurement units (particle counts versus mass-based metrics),
- High variability in particle characteristics (size, shape, polymer type),
- The absence of health-based reference values or accepted safety thresholds.

The report emphasizes that while these challenges persist at the global level, they are exacerbated in the Arab region due to limited baseline data.

### 9.8 Implications for Health and Food Policies

From a policy perspective, the report indicates that health data gaps lead to:

- Difficulty in incorporating microplastics into food safety risk assessments,
- The absence of clear regulatory exposure standards,
- Delays in integrating this pollutant category into public health strategies.

The report warns that the continuation of this situation may result in a widening gap between global scientific knowledge and regional regulatory implementation

### 9.5 الفجوة في الدراسات السريرية والوبائية

يؤكد التقرير أن المنطقة العربية تفتقر إلى:

- دراسات وبائية طويلة الأمد تربط التعرض المزمن للميكروبلاستيك بنتائج صحية محددة،
  - دراسات سريرية تقيّم التأثيرات الفسيولوجية أو البيوكيميائية للتعرض،
  - أبحاث تركز على الفئات الحساسة مثل الأطفال والحوامل.
- ويمثل هذا الغياب أحد أكبر العوائق أمام إدراج الميكروبلاستيك ضمن الأطر التنظيمية الصحية، حيث لا يمكن صياغة سياسات صحية قائمة على الأدلة دون وجود بيانات بشرية مباشرة.

### 9.6 الاعتماد على الأدبيات العالمية وحدوده

في ظل غياب البيانات المحلية، يشير التقرير إلى أن أي تقييم صحي للميكروبلاستيك في المنطقة العربية يعتمد حاليًا على الأدبيات الدولية. إلا أن التقرير يحذر من:

- تعميم نتائج دراسات أجريت في سياقات بيئية وغذائية مختلفة،
- تجاهل الخصائص الإقليمية المتعلقة بأنماط الغذاء، المناخ، ومستويات التعرض.

وبالتالي، فإن الاعتماد الحصري على البيانات العالمية قد يؤدي إلى تقديرات غير دقيقة للمخاطر في السياق العربي.

### 9.7 التحديات المنهجية في تقييم المخاطر الصحية

يُبرز التقرير عددًا من التحديات المنهجية التي تعيق تقييم المخاطر الصحية المرتبطة بالميكروبلاستيك، من بينها:

- صعوبة توحيد وحدات القياس (عدد الجسيمات مقابل الكتلة)،
  - التباين الكبير في خصائص الجسيمات (حجم، شكل، بوليمر)،
  - غياب قيم مرجعية أو حدود أمنة معتمدة صحيًا.
- ويؤكد التقرير أن هذه التحديات لا تزال قائمة حتى على المستوى العالمي، لكنها تتفاقم في المنطقة العربية بسبب محدودية البيانات الأساسية.

### 9.8 التداعيات على السياسات الصحية والغذائية

من منظور سياسي، يشير التقرير إلى أن فجوة البيانات الصحية تؤدي إلى:

- صعوبة إدراج الميكروبلاستيك ضمن تقييمات المخاطر الغذائية،
  - غياب معايير تنظيمية واضحة للتعرض،
  - وتأخر إدماج هذا الملوث ضمن استراتيجيات الصحة العامة.
- ويحذر التقرير من أن استمرار هذا الوضع قد يؤدي إلى فجوة متزايدة بين المعرفة العلمية العالمية والتطبيقات التنظيمية الإقليمية.



## Regional Implications and the Network's Vision for Solutions through the Hexuple Helix Model of Innovation and Sustainability

Technical Report reveals a clear disparity among Arab countries in terms of data availability, analytical capacities, and the scope of studies addressing microplastics and nanoplastics. This disparity is not merely a transient research-related phenomenon, but rather a direct reflection of deeper structural imbalances within scientific research systems, environmental governance frameworks, and policy integration at the regional level.

### 10.1 Imbalance among Arab Countries: A Data-Driven Analytical Perspective

The report demonstrates that the Arab countries included do not fall within a single tier with respect to:

- The number of studies conducted,
- The diversity of environmental compartments investigated,
- The availability of analytical technologies,
- The capacity to progress from descriptive monitoring to risk assessment.

While some countries possess multiple datasets covering water, sediments, and biota, others are represented by a single study or a single environmental compartment. This disparity reflects:

- Differences in national research priorities,
- Variations in environmental science funding,
- Unequal access to advanced analytical infrastructure.

The report emphasizes that such imbalances undermine regional data integration and limit the feasibility of comparative assessments or the development of unified Arab policies.

### 10.2 Regional Implications of the Lack of Integration

The report notes that microplastics and nanoplastics are inherently transboundary pollutants that cannot be effectively addressed within narrow national frameworks. Consequently, disparities among countries result in:

- Spatial gaps in monitoring coverage,
- Limited capacity to trace pollution sources at the regional scale,
- The absence of coordinated early-warning and intervention mechanisms.

The report further highlights that the lack of systematic national monitoring programs across all Arab countries forces reliance on fragmented research datasets, which are insufficient for developing long-term strategies or evaluating policy effectiveness.

### 10.3 Limitations of Conventional Approaches to Addressing the Issue

The report's overarching analysis indicates that addressing microplastics pollution in the Arab region cannot succeed through:

- Isolated sector-specific interventions,
- Short-term research projects,
- Direct transfer of models developed in different international contexts.

The complex nature of plastic pollution—and its intersection with consumption patterns, production systems, governance structures, and public health—requires a systems-based approach that transcends individual sectors and institutions.

### 10.4 The Arab Network's Vision: From Monitoring to Scientific Governance

Building on the gaps identified in the report, the Arab Network for Emerging Environmental Pollutants proposes a vision centered on transitioning from:

- Fragmented knowledge,
- To evidence-based regional scientific governance.

This vision does not seek to replace national roles, but rather to:

- Support them,
- Integrate them,
- Connect them within a flexible and scalable regional framework.

At its core, this vision recognizes that the primary challenge is not merely the lack of studies, but the absence of an institutional architecture capable of linking knowledge generation with decision-making and implementation.

## التداعيات الإقليمية، ورؤية الشبكة للحل عبر نموذج Hexuple Helix للابتكار والاستدامة

يكشف التقرير الفني عن تباين واضح بين الدول العربية في مستوى توفر البيانات، القدرات التحليلية، ونطاق الدراسات المتعلقة بالميكروبلاستيك والنانو بلاستيك. ولا يُعد هذا التباين مجرد ظاهرة بحثية عابرة، بل يمثل انعكاساً مباشراً لاختلالات هيكلية أعمق في منظومات البحث العلمي، الحوكمة البيئية، وتكامل السياسات على المستوى الإقليمي.

**10.1 عدم التوازن بين الدول العربية: قراءة تحليلية قائمة على البيانات**  
يوضح التقرير أن الدول العربية المشمولة لا تقع ضمن مستوى واحد من حيث:

- عدد الدراسات المنفذة،
- تنوع الأوساط البيئية المدروسة،
- توفر التقنيات التحليلية،
- القدرة على الانتقال من الرصد إلى التقييم.

ففي حين تمتلك بعض الدول بيانات متعددة تشمل المياه، الرواسب، والكائنات الحية، تظل دول أخرى ممثلة بدراسة واحدة أو نطاق بيئي واحد فقط. ويعكس هذا التفاوت:

- اختلاف أولويات البحث العلمي،
- تباين التمويل المخصص للعلوم البيئية،
- تفاوت الوصول إلى البنية التحتية التحليلية المتقدمة.

ويؤكد التقرير أن هذا الاختلال يؤدي إلى عدم قابلية البيانات للتكامل الإقليمي، ويحد من إمكانية إجراء تقييمات مقارنة أو صياغة سياسات عربية موحدة.

### 10.2 التداعيات الإقليمية لغياب التكامل

يشير التقرير إلى أن الميكروبلاستيك والنانو بلاستيك يمثلان ملوثات عابرة للحدود بطبيعتها، لا يمكن احتواؤها ضمن أطر وطنية ضيقة. وبالتالي، فإن التفاوت بين الدول يؤدي إلى:

- فجوات مكانية في الرصد،
- ضعف القدرة على تتبع مصادر التلوث إقليمياً،
- غياب آليات الإنذار المبكر والتدخل المنسق.

كما يبرز التقرير أن غياب برامج رصد وطنية منتظمة في جميع الدول العربية يؤدي إلى الاعتماد على بيانات بحثية متفرقة، لا يمكن البناء عليها لوضع استراتيجيات طويلة الأمد أو تقييم فعالية السياسات الحالية.

### 10.3 حدود المقاربات التقليدية في معالجة المشكلة

يُظهر التحليل الكلي للتقرير أن معالجة ملف الميكروبلاستيك في المنطقة العربية لا يمكن أن تنجح عبر:

- تدخلات قطاعية منفصلة،
- مشاريع بحثية قصيرة الأمد،
- نقل نماذج جاهزة من سياقات دولية مختلفة.

فالطبيعة المعقدة للتلوث البلاستيكي، وتداخله مع أنماط الاستهلاك، الإنتاج، الحوكمة، والصحة العامة، تتطلب مقاربة نظامية (Systems-based approach) تتجاوز حدود القطاع الواحد أو المؤسسة الواحدة.

### 10.4 رؤية الشبكة العربية: من الرصد إلى الحوكمة العلمية

انطلاقاً من الفجوات التي كشفها التقرير، تطرح الشبكة العربية للتصدي للملوثات البيئية الناشئة رؤية تقوم على التحول من:

- المعرفة المجزأة،
  - إلى حوكمة علمية إقليمية قائمة على الأدلة.
- ولا تهدف هذه الرؤية إلى استبدال الأدوار الوطنية، بل إلى:

- دعمها،
- تكاملها،
- وربطها ضمن إطار إقليمي مرن وقابل للتوسع.

وترتكز هذه الرؤية على أن التحدي القائم ليس نقص الدراسات فحسب، بل غياب البنية التي تربط المعرفة بالقرار والتطبيق.

# Hexuple Helix Model for Innovation & Sustainability

## 10.5 The Hexuple Helix Model of Innovation and Sustainability as a Solution Framework

The Network proposes the adoption of the Hexuple Helix Model of Innovation and Sustainability as a strategic framework for addressing microplastics pollution in the Arab region. This model represents an advanced evolution of multi-helix frameworks (Triple and Quadruple Helix) and reflects the complexity of contemporary environmental challenges.

The six components of the model in the Arab context include:

### • Universities and research institutions

Responsible for knowledge generation, methodological development, and scientific capacity building.

### • Government authorities and policymakers

Tasked with translating scientific evidence into actionable policies, regulations, and enforcement mechanisms.

### • Industry and the private sector

As both a potential source of pollution and a key partner in solutions through innovation, cleaner production, and impact reduction.

### • Civil society and non-governmental organizations

Supporting transparency, public awareness, and the linkage between science and society.

### • The environment and natural systems

Not merely as objects of study, but as active components that must be integrated into sustainability and ecological resilience assessments.

### • Regional and international organizations and funding mechanisms

Providing technical support, facilitating knowledge transfer, and ensuring the institutional sustainability of initiatives.

## 10.6 Center of Excellence as the Scientific Arm of the Network

Within this framework, the Network proposes the establishment of a Regional Center of Excellence for Emerging Plastic Pollutants, serving as a scientific and technical arm supporting the Network's objectives. The Center would be responsible for:

- Coordinating regional monitoring programs,
- Developing standardized protocols,
- Providing advanced analytical services to countries with limited capacities,
- Building and maintaining a unified Arab microplastics database.

The Center is not envisioned as a centralized replacement for national institutions, but rather as an integrative platform that connects and strengthens existing capacities.

## 10.7 Regional Added Value of the Proposed Model

The report demonstrates that adopting the Hexuple Helix Model would:

- Reduce disparities among countries,
- Enhance knowledge and technology transfer,
- Link scientific research with the practical needs of decision-makers,
- Transform environmental data into effective governance and sustainability tools.

Moreover, this model enables a transition from diagnostic assessment toward systematic, evidence-based intervention.

## 10.5 نموذج Hexuple Helix للاستدامة والابتكار كإطار حل

تقترح الشبكة اعتماد Hexuple Helix Model of Innovation and Sustainability كإطار استراتيجي لمعالجة التلوث بالميكروبلاستيك في المنطقة العربية. ويُعد هذا النموذج امتدادًا متقدمًا لنماذج الحلقات المتعددة (Triple / Quadruple Helix)، ويعكس تعقيد التحديات البيئية المعاصرة.

المكونات الستة للنموذج في السياق العربي:

- الجامعات والمؤسسات البحثية لتوليد المعرفة، تطوير المنهجيات، وبناء القدرات العلمية.
- الجهات الحكومية وصناع القرار لترجمة الأدلة العلمية إلى سياسات وتشريعات قابلة للتنفيذ.
- القطاع الصناعي والخاص بوصفه مصدرًا محتملاً للتلوث، وشريكًا أساسيًا في الحل عبر الابتكار وتقليل الأثر البيئي.
- المجتمع المدني والمنظمات غير الحكومية لدعم الشفافية، رفع الوعي، وربط العلم بالمجتمع.
- البيئة والنظم الطبيعية ليس فقط كموضوع للدراسة، بل كعنصر فاعل يجب أن يُدمج في تقييمات الاستدامة والمرونة البيئية.
- المنظمات الإقليمية والدولية والتمويل لتوفير الدعم الفني، نقل المعرفة، وضمان الاستدامة المؤسسية للمبادرات.

## 10.6 مركز التميز كذراع علمي للشبكة

في إطار هذا النموذج، تقترح الشبكة إنشاء مركز تميز إقليمي للملوثات البلاستيكية الناشئة يعمل كذراع علمي وتقني داعم لأهداف الشبكة، ويقوم بـ:

- تنسيق برامج الرصد الإقليمي،
- تطوير بروتوكولات قياسية،
- توفير التحليل المتقدم للدول ذات القدرات المحدودة،
- بناء قاعدة بيانات عربية موحدة.

ولا يُنظر إلى المركز كمؤسسة مركزية بديلة، بل كمنصة تكاملية تربط القدرات القائمة وتعرزها.

## 10.7 القيمة المضافة الإقليمية للنموذج المقترح

يوضح التقرير أن اعتماد نموذج Hexuple Helix من شأنه:

- تقليص الفجوات بين الدول،
- تعزيز نقل المعرفة والتكنولوجيا،
- ربط البحث العلمي بالاحتياجات الفعلية لصناع القرار،
- تحويل البيانات البيئية إلى أدوات حوكمة واستدامة.

كما يتيح هذا النموذج الانتقال من مرحلة التشخيص إلى مرحلة التدخل المنهجي المبني على الأدلة.

- Awareness & Participation
- Social Justice

- Green Investments
- Venture Capital





Emerging Pollutants Network



Main Office: University City, Sharjah, United Arab Emirates  
المكتب الرئيسي : المدينة الجامعية -الشارقة- الامارات العربية المتحدة  
Telephone: +61 406 972 641

<https://astf.net/ept/en/>  
Email: [evpt.ept@astf.net](mailto:evpt.ept@astf.net)