

الميكروبلستيك: جسيمات صغيرة الحجم.. كبيرة الخطورة!

Silvia Arossa*, Cecilia Martin, Susann Rossbach and Carlos M. Duarte

قسم العلوم والهندسة البيئية والبيولوجية، مركز أبحاث البحر الأحمر (RSRC)، مركز أبحاث علم الأحياء الحاسوبي (CBRC)، قسم العلوم والهندسة البيولوجية البيئية (BESE)، جامعة الملك عبد الله للعلوم والتقنية (KAUST)، مدينة ثول، المملكة العربية السعودية

المراجعون الصغار

ESTELLE

العمر: 10



ISTITUTO
COMPREN-
SIVO ALTA
VAL DI SOLE

العمر: 12



JULIA

العمر: 10



MARCO

العمر: 10



قد غدا التلوث البلاستيكي مشكلة كبيرة تهدد البيئة، والمحيطات على وجه الخصوص. فعندما تصل قطعة من البلاستيك إلى البحر، فإن كلاً من مياه البحر وضوء الشمس يقللان من وتيرة انقسامها وتحللها إلى جسيمات بلاستيكية دقيقة. وتعرف هذه الجسيمات الصغيرة باسم "جسيمات الميكروبلستيك" أو "الجسيمات البلاستيكية الدقيقة" والتي تكون أصغر من الدعسوقة (الخنفساء)؛ بل إنها قد لا تكون مرئية حتى في بعض الأحيان. وقد اكتشف العلماء أن العديد من الحيوانات البحرية تستخدم هذه الجسيمات البلاستيكية كغذاء، حيث تلتهمها عن طريق الخطأ! ولكن ماذا عن الحيوانات التي تعيش في الشعاب المرجانية؟ تلتصق العديد من الحيوانات في الشعاب المرجانية بقاع البحر مثل المرجان والمحار الضخم، ومن ثم فلا تقدر على الحركة. ولذا، فلا يمكنها الهرب من هذه الجسيمات البلاستيكية التي تنهمر عليها من أعلى. وقد اكتشفنا مؤخراً أن العديد من الحيوانات التي تعيش في هذه الشعاب المرجانية لا تأكل فقط هذه الجسيمات البلاستيكية، ولكن يمكن أن تلتصق هذه الجسيمات أيضاً بأجسامها، تمامًا كما يقع الذباب في المصيدة المعدة له!

ما هي جسيمات الميكروبلاستيك؟

فكر في عدد الأغراض البلاستيكية التي تستخدمها كل يوم في حياتك اليومية؛ في المنزل والمدرسة، وحتى في وقت فراغك. تُستخدم العديد من الأغراض البلاستيكية لبضع ثوانٍ فقط ثم يقذف بها بعيدًا. وهذا هو السبب الذي يجعلنا بحاجة إلى إنتاج المزيد والمزيد من الأغراض البلاستيكية الجديدة كل يوم.

وينتج حوالي مليون طن من البلاستيك يوميًا في كل أنحاء العالم، وهي الكمية التي تعادل نحو 1000 شاحنة من الزجاجات البلاستيكية! ما الذي يحدث للزجاجة البلاستيكية أو القلم بعد أن تتوقف عن استخدامه؟ تعتبر عملية إعادة التدوير من الممارسات الشائعة في معظم المدن، حيث يُعاد استخدام البلاستيك لإنتاج أغراض جديدة. ولسوء الحظ، فإن إعادة التدوير لا تحدث في كل مكان، كما أنه لا يمكن إعادة تدوير جميع الأغراض البلاستيكية. فعلى سبيل المثال، لا يمكن إعادة تدوير أقلام الحبر الجاف أو أقلام التظليل، حيث إنها تحتوي على الحبر. ومن ثم، ينتهي المطاف بهذه الأشياء في مدافن النفايات. وفي بعض الأحيان، لا يلتزم الناس بالقواعد، حيث يتخلصون من المواد البلاستيكية في البيئة بدلًا من سلات تدوير القمامة. وبالتالي، يقوم المطر بغسل هذه الأغراض، ثم تصل إلى الأنهار، حيث ينتهي بها الحال في نهاية المطاف في المحيط.

هل تعلم أنه بمجرد وصول زجاجة بلاستيكية واحدة إلى مياه البحر، فإنها تستغرق 100 عام حتى تتحلل بالكامل [1]؟ وخلال هذه الفترة، يمكن أن تسافر هذه الزجاجة حول العالم، حيث تحملها التيارات المائية معها. وخلال هذه الرحلة، تقوم كل من الأمواج والتيارات المائية وضوء الشمس والتفاعلات الكيميائية بتحليل هذه الزجاجات وغيرها من الأجزاء الكبيرة من المخلفات البلاستيكية الكبيرة إلى أجزاء بلاستيكية دقيقة، والتي تعرف باسم **جسيمات الميكروبلاستيك** (الشكل 1) [2]. وبالنسبة لبعض المخلفات البلاستيكية، فإن عملية التحول من أجزاء كبيرة إلى أخرى صغيرة قد تستغرق ما يصل إلى 1000 عام! وتحتوي بعض المنتجات التي نستخدمها يوميًا، مثل معاجين الأسنان ومنتجات التنظيف والعناية بالجلد، بالفعل على ميكروبلاستيك. ويمكن غسل هذه الجسيمات البلاستيكية أثناء الاستحمام أو غسيل الأسنان، ومن ثم تسقط في بالوعات الصرف الصحي، حيث ينتهي بها الحال في نهاية المطاف في المحيطات.

لماذا تشكل جسيمات الميكروبلاستيك خطرًا على محيطاتنا؟

يعتقد أن جسيمات الميكروبلاستيك تطفو في الغالب على سطح مياه المحيطات، وهو الأمر الصحيح بالنسبة للقطع البلاستيكية الخفيفة تلك القطع المقطوعة من الأكياس والكؤوس. أما الجسيمات البلاستيكية الثقيلة مثل تلك المأخوذة من لعب الأطفال المكسورة، فإنها تغوص في **العمود المائي**، حيث تصل إلى قاع البحر.

جسيمات الميكروبلاستيك (MICROPLASTICS)

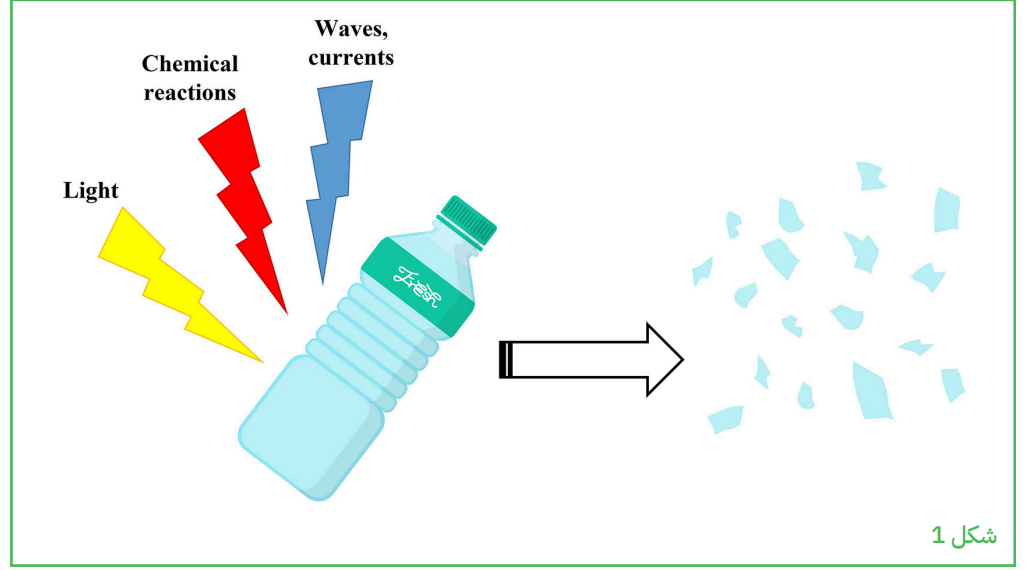
هي تلك الأجزاء من البلاستيك التي يقل قطرها عن 5 مم.

عمود المياه (WATER COLUMN)

المساحة التي تشغلها مياه البحر بدءًا من السطح وحتى القاع.

شكل 1

تتكون الجسيمات البلاستيكية الصغيرة (الميكروبلستيك) في المحيطات عندما يقوم كل من ضوء الشمس والتفاعلات الكيميائية والأمواج والتيارات المائية بتحليل المنتجات البلاستيكية الكبيرة. حيث تتحول القطع البلاستيكية إلى أجزاء أصغر وأصغر بمرور الوقت، ويطلق عليها اسم "جسيمات الميكروبلستيك" عندما يكون قطرها أقل من 5 مم.



شكل 1

شبكة الغذاء
(FOOD WEB)

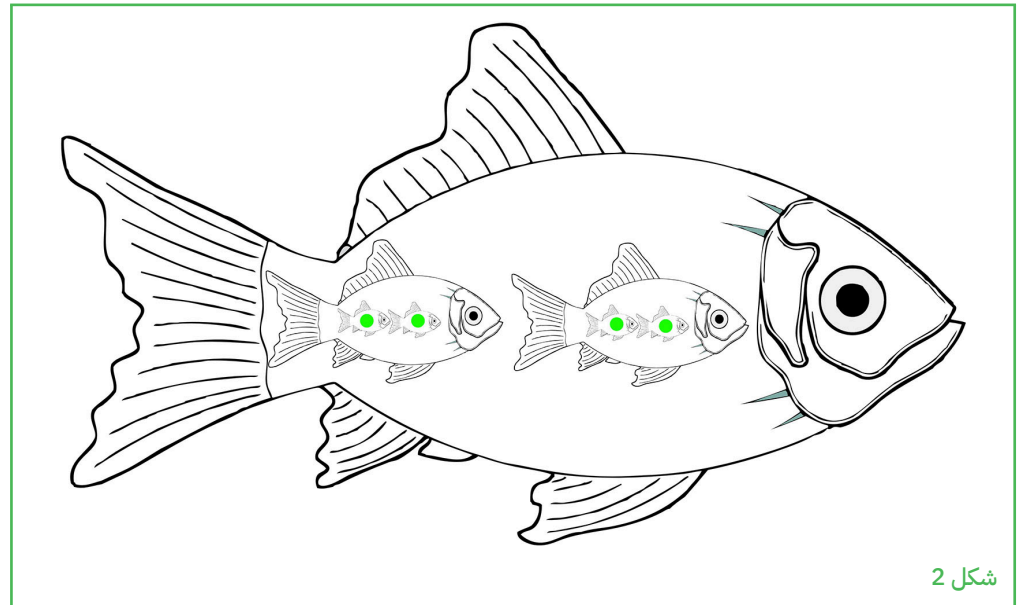
هي الكائنات المختلفة من النباتات الدقيقة إلى الحيتان، بالإضافة إلى كل شيء بينهما، والتي يتغذى كل منها على الآخر.

التراكم الحيوي
(BIOACCUMULATION)

يعرف التراكم الحيوي على أنه العملية التي يتم من خلالها تراكم المواد السامة في الكائنات الحية عند التهامها لكائنات حية أخرى. عند التهامها لكائنات حية أخرى.

شكل 2

يعرف التراكم الحيوي على أنه العملية التي يتم من خلالها تراكم المواد السامة في الكائنات الحية عند التهامها لكائنات حية أخرى. فعلى سبيل المثال، إذا أكلت سمكة واحدة صغيرة في المحيط جسيمًا بلاستيكيًا واحدًا، ثم أكلت سمكة متوسطة الحجم اثنين من هذه الأسماك، فإن السمكة متوسطة الحجم تكون بذلك قد ابتلعت جسيمين بلاستيكيين. وإذا التهمت سمكة أكبر حجمًا اثنين من هذه الأسماك متوسطة الحجم، فإنها ستكون بذلك قد ابتلعت 4 أجزاء بلاستيكية في جسمها.



شكل 2

وقد اكتشف العلماء أن تناول الجسيمات البلاستيكية الصغيرة من الممكن أن يتسبب في مشكلات صحية في العديد من الحيوانات البحرية. فعلى سبيل المثال، قد تكون بعض الأجزاء البلاستيكية حادة، ومن ثم تؤذي المعدة أو الجهاز الهضمي لهذه الحيوانات. كما أنه عند امتلاء أمعاء هذه الحيوانات بالقطع البلاستيكية، فإنها لا تشعر بالجوع، ومن ثم لا تتناول الغذاء المناسب، ولذا ينتهي بها الحال إلى الموت جوعاً! كما أنه من الممكن أيضاً أن تؤدي هذه الجسيمات البلاستيكية عمل قطع الإسفنج الصغيرة التي تمتص المواد الكيميائية، ولا سيما إذا تنقلت هذه الجسيمات لفترة زمنية طويلة في مياه المحيط. وعندما تلتهم الحيوانات البحرية أو حتى الإنسان هذه الجسيمات البلاستيكية التي امتصت المواد الكيميائية، فيمكن لهذه المواد الكيميائية أن تتسبب في العديد من المشكلات الصحية؛ مثل العقم.

الجسيمات البلاستيكية في الشعاب المرجانية

على الرغم من أن العلماء المعنيين بدراسة التلوث البلاستيكي يدركون أن الكثير من النفايات البلاستيكية ينتهي بها الحال في البحر الأحمر، فإنهم لم يتمكنوا إلا من العثور على القليل من هذه النفايات طافية على سطح البحر أو عائلاً في العمود المائي. ومن ثم، تملكهم الدهشة حول المكان الذي ذهبت إليه كل هذه الكمية المفقودة من النفايات! هناك احتمالية واحدة، وهي أن هذه الجسيمات البلاستيكية "تنهمر" على الشعاب المرجانية من أعلى، ومن ثم تعلق هناك [4].

إن الشعاب المرجانية عبارة عن **نظم بيئية** مهمة، حيث إنها توفر الحماية والغذاء للعديد من الكائنات الحية الأخرى التي تعتبر الشعاب موطناً لها. بيد أن ما يميز الشعاب المرجانية هو أن هيكلها مكون من الهيكل العظمي الصلب للمرجان، وهي تلك الأجزاء من المرجان التي نراها في العادة. وبالإضافة إلى المرجان، فهناك العديد من الحيوانات المهمة الأخرى التي تعيش في الشعاب المرجانية، مثل المحار الضخم. وهذا المحار هو نوع من المحار الضخم الذي يعيش في العادة راسياً بين المرجان (**الشكل 3B**). ويحصل المحار الضخم على الغذاء عن طريق مص المياه بأفواهه والتهام جميع الجزئيات الدقيقة الطافية على سطح المياه. ويمكن للمرجان أيضاً الإمساك بالجزئيات الصغيرة من المياه، وذلك باستخدام اللوامس الموجودة على **البوليبيات**، والتي تمثل الجزء الحي من المرجان والتي تعيش داخل الهيكل العظمي (**الشكل 3A**). وحيث إن كلاً من المرجان والمحار الضخم يعيشان في حالة من الارتباط الدائم بقاع المحيط، فإنه يجب عليها الانتظار لجزئيات الغذاء حتى تمر بهما، تماماً كما يفعل حزام النقل في مطعم سوشي. كما أنه ليس بمقدورهما أيضاً الحركة للهروب من هذه الأجسام البلاستيكية التي تنهمر عليهم من أعلى في المياه.

التجارب على المرجان والمحار الضخم

أراد العلماء رؤية الكيفية التي يقوم كل من المرجان والمحار الضخم من خلالها بالتفاعل مع الجسيمات البلاستيكية الموجودة في المياه. ومن ثم، جمعوا العديد من حيوانات المرجان والمحار الضخم من البحر الأحمر، ووضعوها في أحواض تربية الكائنات المائية.

النظام البيئي (ECOSYSTEM)

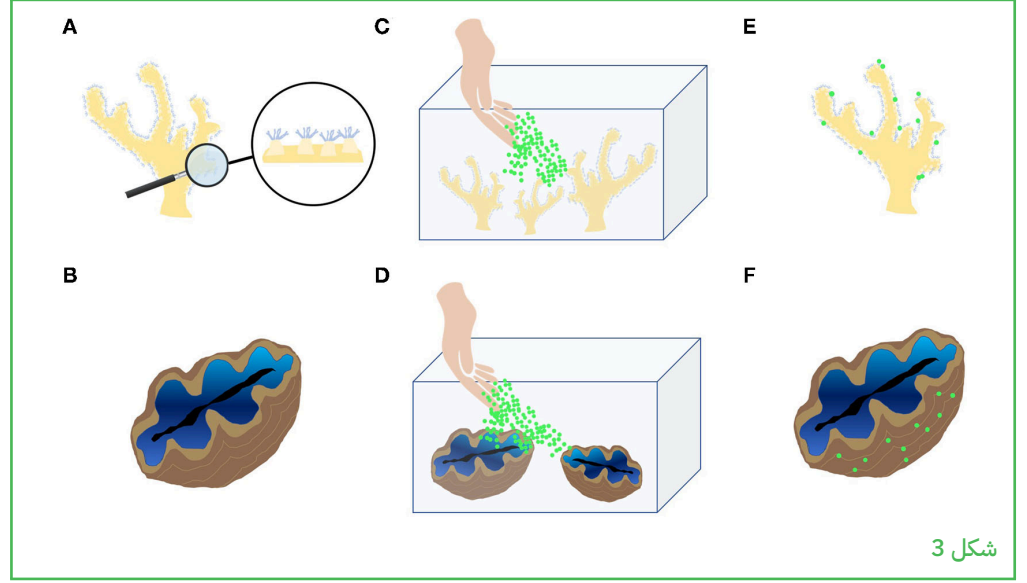
نظام يشمل جميع الكائنات الحية وغير الحية في منطقة ما، بما في ذلك النباتات والحيوانات والأحياء الدقيقة والمياه والتربة والصخور.

البوليبيات (POLYPS)

كائنات حية مائية بسيطة تعيش في داخل المرجان، وهي مسؤولة عن تكوين الهياكل العظمية للمرجان.

شكل 3

(A) يحتوي المرجان على حيوانات مائية بسيطة ودقيقة تعيش داخل هيكل عظمي صلب، والتي تمسك بجزئيات الغذاء من المياه عن طريق لوامسها. (B) يمسخ الحار العملاق أيضًا بغذائه من المياه عن طريق عملية الترشيح. (C, D) وضع العلماء جسيمات بلاستيكية خضراء مشعة في أحواض تربية الكائنات المائية التي يعيش بها المرجان أو المحار الضخم. (E, F) التصق الكثير من الجسيمات البلاستيكية بالهياكل العظمية للمرجان وبعصف المحار الضخم.



وبالإضافة إلى ذلك، وضع العلماء في هذه المياه جسيمات بلاستيكية متوهجة خضراء تشع ضوءاً أخضرًا ساطعًا، بحيث يمكنهم رؤيتها بسهولة (الشكلان 3C, D). استمرت التجربة على الشعاب المرجانية ما بين 24 إلى 28 ساعة، بينما استمرت على المحار مدة 12 يومًا. وفي نهاية التجربة، تمكن العلماء من خلال استخدام الميكروسكوب من إحصاء الجسيمات البلاستيكية الموجودة في أمعاء الحيوانات، وتلك الملتصقة بالأجزاء الخارجية من أجسامها (على هياكل المرجان أو على أصداف المحار). وقد وجد العلماء أن كل حيوان مرجان يلتهم 80 جسيمًا من الميكروبلستيك كل يوم (بحيث يدخل 1-2 جسيم إلى أمعاء الحيوان من خلال كل 10 لوامس)، في حين يأكل كل محار ضخم 8 جسيمات كل يوم. وكانت المفاجأة الحقيقية أن الآلاف من جسيمات الميكروبلستيك قد وجدت ملتصقة بأسطح المرجان والمحار الضخم (الشكلان 3E, F).

كانت كمية الجسيمات البلاستيكية الملتصقة بالهياكل العظمية للمرجان (العملية التي تعرف بالالتصاق) أكثر بمقدار 40 مرة من الكمية التي أكلها المرجان. أما المحار الضخم، فكانت كمية الجسيمات البلاستيكية الملتصقة بعصفه أكثر 60 مرة من تلك الكمية التي ابتلعها داخل جسمه! وكان هذا أول دليل على أن التصاق الجسيمات البلاستيكية بالكائنات الحية في المحيط قوي جدًا [5, 6]!

لماذا يمثل هذا البلاستيك الملتصق مشكلة؟

تعد النتيجة التي توصل إليها العلماء حول أن جسيمات الميكروبلستيك التي تلتصق بسطح المرجان أو بأصداف المحار الضخم حقًا مهمة لعددٍ من الأسباب. أولاً: حيث إن المرجان والمحار من الكائنات المُكسِّسة (أي أنها تصنع هياكلها العظمية وأصدافها بنفسها من مادة تعرف بـكربونات الكالسيوم)، فيمكن للجسيمات البلاستيكية أن تدخل في بناء الهياكل العظمية أو الأصداف، وذلك من شأنه أن يجعل هيكل المرجان أضعف أو أن يتسبب في حدوث مشكلات صحية للمرجان أو المحار. ثانيًا: تعتبر الهياكل العظمية

الالتصاق

(ADHESION)

عملية التصاق جزيء ما بأحد الأسطح.

الكائنات المُكسِّسة

(CALCIFIER)

الكائنات التي تستخدم كربونات الكالسيوم (نفس المواد الداخلة في تكوين عظامنا) لتكوين هيكلها العظمي.

وأصداف المرجان في الغالب موطناً للكائنات الحية الأخرى مثل الأسماك الصغيرة والجمبري والديدان والطحالب الدقيقة. ومن ثم، يمكن لكل هذه الكائنات أن تتصل على نحو أكثر سهولة مع هذه الجسيمات البلاستيكية الضارة والتي تلتصق بسطح المحار أو المرجان. وأخيراً وليس آخراً، تفسر الكمية الضخمة من الجسيمات البلاستيكية التي اكتشف العلماء أنها ملتصقة بهياكل الشعاب المرجانية السبب وراء عدم عثورهم على كمية كبيرة من البلاستيك كما توقعوا في مياه البحر الأحمر - علمًا بأن هذا البحر يتمتع بوجود أكثر أنظمة الشعاب المرجانية تنوعًا في العالم.

ويأمل العلماء أن تساعد هذه الدراسة البشر على فهم التأثير السلبي للبلاستيك على الكائنات البحرية، فضلًا عن فهم السبب وراء أهمية تقليل كمية البلاستيك التي تصل المحيطات. يمكن لأي شخص المساعدة في هذا الأمر! على سبيل المثال، يمكننا استخدام مواد قابلة للتدوير، فضلًا عن البلاستيك الذي يستخدم لمرة واحدة: فكر في حقائب التسوق وزجاجات المياه والكؤوس. وإذا لم يكن هذا الأمر ممكنًا، فإنه يتعين علينا دائمًا التخلص من النفايات البلاستيكية في سلة المهملات المناسبة، من أجل إعادة التدوير. وإذا تعاوننا جميعًا في الحد من استخدام المواد البلاستيكية والتخلص منها على النحو الصحيح، فإنه يمكننا المساعدة في حماية محيطاتنا والحيوانات التي تعيش فيه من التهديد الكبير الذي تتسبب فيه جسيمات الميكروبلاستيك هذه.

مقال المصدر الأصلي

Arossa, S., Martin, C., Rossbach, S., and Duarte, C.M., 2019. Microplastic removal by Red Sea giant clam (*Tridacna maxima*). *Environ Pollut.* 252:1257–66. doi: 10.1016/j.envpol.2019.05.149

المراجع

1. Ioakeimidis, C., Fotopoulou, K. N., Karapanagioti, H. K., Geraga, M., Zeri, C., Papathanassiou, E., et al. 2016. The degradation potential of PET bottles in the marine environment: an ATR-FTIR based approach. *Sci. Rep.* 6:23501. doi: 10.1038/srep23501
2. Barnes, D. K., Galgani, F., Thompson, R. C., and Barlaz, M. 2009. Accumulation and fragmentation of plastic debris in global environments. *Philos Trans R Soc Lond B Biol Sci.* 364:1985–98. doi: 10.1098/rstb.2008.0205
3. von Moos, N., Burkhardt-Holm, P., and Köhler, A. 2012. Uptake and effects of microplastics on cells and tissue of the blue mussel *Mytilus edulis* L. after an experimental exposure. *Environ Sci Technol.* 46:11327–35. doi: 10.1021/es302332w
4. Martí, E., Martin, C., Cózar, A., and Duarte, C. M. 2017. Low abundance of plastic fragments in the surface waters of the red sea. *Front. Mar. Sci.* 4:333. doi: 10.3389/fmars.2017.00333
5. Arossa, S., Martin, C., Rossbach, S., and Duarte, C. M. 2019. Microplastic removal by Red Sea giant clam (*Tridacna maxima*). *Environ Pollut.* 252:1257–66. doi: 10.1016/j.envpol.2019.05.149

6. Martin, C., Corona, E., Mahadik, G. A., and Duarte, C. M. 2019. Adhesion to coral surface as a potential sink for marine microplastics. *Environ. Pollut.* 255:113281. doi: 10.1016/j.envpol.2019.113281

نُشر على الإنترنت بتاريخ: 09 يناير 2023

المحرر: Christian Woolstra

'مرشدو العلوم': Marco Fusi and Janet Striuli

الاقتباس: (2023) Arossa S, Martin C, Rossbach S and Duarte CM: الميكروبلاستيك: جسيمات صغيرة الحجم.. كبيرة الخطورة! *Front. Young Minds* 9:608621. doi: 10.3389/frym.2021.608621-ar

مُترجم ومقتبس من: (2021) Arossa S, Martin C, Rossbach S and Duarte CM: Microplastics: Small Particles, Big Threat. *Front. Young Minds* 9:608621. doi: 10.3389/frym.2021.608621

إقرار تضارب المصالح: يعلن المؤلفون أن البحث قد أُجري في غياب أي علاقات تجارية أو مالية يمكن تفسيرها على أنها تضارب محتمل في المصالح.

.Arossa, Martin, Rossbach and Duarte 2023 © 2021 © COPYRIGHT هذا مقال مفتوح الوصول يتم توزيعه بموجب شروط ترخيص المشاركة الإبداعية [Creative Commons Attribution License \(CC BY\)](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/). يُسمح باستخدام أو التوزيع أو الاستنساخ في منتديات أخرى، شريطة أن يكون المؤلف (المؤلفون) الأصلي أو مالك (مالكو) حقوق النشر مقيّدًا وأن يتم الرجوع إلى المنشور الأصلي في هذه المجلة وفقًا للممارسات الأكاديمية المقبولة. لا يُسمح بأي استخدام أو توزيع أو إعادة إنتاج لا يتوافق مع هذه الشروط.

المراجعون الصغار

ESTELLE، العمر: 10

لدي إستيل روح مغامرة تُعنى بالعديد من الاهتمامات بدءًا من الرقص، ومرورًا بالمايكاج، وانتهاءً بالتجارب وكرة القاعدة (البيسبول). وهي تحب الكتابة، وقد نُشر لها قصيدة شعرية ذات مرة في جريدة إلكترونية. وتحب إستيل قضاء الوقت مع أصدقائها بنفس القدر الذي تحب فيه مضايقة أخيها وأختها الصغيرين. وهي تعيش مع عائلتها في المنطقة الشمالية الشرقية حيث تذهب للسباحة في المحيط في الصيف، كما تقوم بالتزلج في الشتاء.

ISTITUTO COMPRENSIVO ALTA VAL DI SOLE، العمر: 12

نحن مجموعة صغيرة نرتاد المدرسة في وسط منطقة جبال الألب في إيطاليا، وقد انتقلنا للتو إلى المدرسة الثانوية حيث نستمتع بجميع المواد الدراسية! ولنا الشرف بأن نشارك في مراجعة



هذا المقال الذي جعلنا نفهم ضخامة المشكلة التي تتعلق بالبلاستيك في المحيطات. وسنبذل قصارى جهدنا للحفاظ على هذا الكوكب نظيفًا من البلاستيك!



JULIA, العمر: 10

هي طالبة في الصف الخامس، وتستمتع بالتعلم عن البيئة! وهي تحب الحيوانات، كما أنها مهتمة بكل حقيقة عنها، وإن كانت صغيرة. وهي تحب الموسيقى والعزف على البيانو والطبلة والفيولا، كما أنها تساعد أمها في فهم النوتة الموسيقية لأغانيها المفضلة. كما أنها أيضًا تحب الرسم وتعلم العلوم المختلفة. وعلاوة على ذلك، فقد كتبت كتابًا عن الخيال العلمي، وهي تحب كلبها.



MARCO, العمر: 10

هو ولد يبلغ من العمر 10 أعوام، وهو يحب المغامرات والطبيعة. وقد زاد لديه مؤخرًا حب كرة القدم، وهو يتنقل في أرجاء المدينة للتمرن مع أصدقائه. وهو يتمتع بصوت رائع، كما أنه يحب الغناء.

المؤلفون



SILVIA AROSSA

سيلفيا طالبة مرشحة للدكتوراه في جامعة الملك عبد العزيز للعلوم والتقنية. وقد بدأت رحلتها في عالم ما تحت المياه المذهل عن طريق دراسة السلاحف البحرية وشقائق النعمان البحرية. ثم إنها قد غدت مهتمة، على نحو تدريجي، بفهم كيفية تأثير النشاطات البشرية على الكائنات البحرية. وهي تقوم الآن بدراسة كيفية تأثير التغيرات المناخية والبيئية على الفقاريات واللافقاريات البحرية، وحتى الخلايا البشرية. *silvia.arossa@kaust.edu.sa



CECILIA MARTIN

سيسيليا عالمة بحرية بدأت في دراسة العالم البحري من خلال الغوص في دراسة الشعاب المرجانية في المالديف. وهي تعيش الآن على ساحل البحر الأحمر، حيث يمكنها مراقبة التلوث البيئي الذي ينتهي به المطاف هناك على شواطئ هذا البحر. وهي تحاول فهم كيفية التي يتم بها التخلص من البلاستيك كل يوم في مياه البحر الأحمر وأماكن العثور على هذه النفايات البلاستيكية. وهي تبحث عن البلاستيك في الشعاب المرجانية، وفي المياه وعلى الشواطئ وفي قاع البحر وفي أشجار المانغروف (النباتات التي تعيش بين البحر والشاطئ).



SUSANN ROSSBACH

سوزان باحثة بحرية تريد أن تفهم كيفية بناء الحيوانات البحرية، مثل المحار الضخم والمرجان، لهماكلها. وهي مهتمة بصورة خاصة بمعرفة كيف يمكن لهذه الحيوانات البقاء على قيد الحياة في ظروف محيطاتنا المتغيرة. كما أنها تحب الغوص واستكشاف عالم ما تحت الماء ومشاركة الدروس التي تتعلمها والصور التي تلتقطها تحت الماء مع الآخرين.

**CARLOS M. DUARTE**

كارلوس باحث بحري يريد أن يوجه الجهد العالمي لإعادة بناء ثروة الحياة البحرية، وهذا بعد ما يقرب من أربعة عقود من توثيقه لمدى تأثير الضغوط البشرية على الحياة البحرية. وهو يُحب الكلاب ويستمتع بوجوده بعيدًا في عرض البحر، كما يهوى القراءة، وممارسة السباحة، والغوص الحر والتريز، واللعب مع حفيده أوليفر.

جامعة الملك عبد الله
للعلوم والتقنية
King Abdullah University of
Science and Technology



النسخة العربية مقدمة من
Arabic version provided by