سلطنة عُمان
وزارة التربية والتعليم

رؤية عُمان 2040
نتقدم بثقة
Moving Forward with Confidence

# العلوم البيئية

## الصف الحادي عشر

## كتاب الطالب

الفصل الدراسي الأول – الجزء الأول

CAMBRIDGE UNIVERSITY PRESS

الطبعة التجريبية
1446 هـ - 2024 م

سلطنة عمان
وزارة التربية والتعليم

# العلوم البيئية

## الصف الحادي عشر

## كتاب الطالب

الفصل الدراسي الأول - الجزء الأول

CAMBRIDGE
UNIVERSITY PRESS

الطبعة التجريبية 1446 هـ - 2024 م

CAMBRIDGE
UNIVERSITY PRESS

**مطبعة جامعة كامبريدج، الرمز البريدي CB2 8BS، المملكة المتحدة.**

تشكل مطبعة جامعة كامبريدج جزءًا من الجامعة.
وللمطبعة دور في تعزيز رسالة الجامعة من خلال نشر المعرفة، سعيًا وراء
تحقيق التعليم والتعلم وتوفير أدوات البحث على أعلى مستويات التميز العالمية.

**© مطبعة جامعة كامبريدج ووزارة التربية والتعليم في سلطنة عُمان.**

يخضع هذا الكتاب لقانون حقوق الطباعة والنشر، ويخضع للاستثناء التشريعي
المسموح به قانونًا ولأحكام التراخيص ذات الصلة.
لا يجوز نسخ أي جزء من هذا الكتاب من دون الحصول على الإذن المكتوب من
مطبعة جامعة كامبريدج ومن وزارة التربية والتعليم في سلطنة عُمان.

**الطبعة التجريبية ٢٠٢٤ م، طُبعت في سلطنة عُمان**

هذه نسخة تمَّت مواءمتها من كتاب الطالب – العلوم البيئية – الصف الحادي عشر – من سلسلة كامبريدج للإدارة البيئية وسلسة العلوم البحرية لمستوى الدبلوم العام والمستوى المتقدم AS & A Level .

تمت مواءمة هذا الكتاب بناءً على العقد الموقع بين وزارة التربية والتعليم ومطبعة جامعة كامبريدج.
لا تتحمل مطبعة جامعة كامبريدج المسؤولية تجاه المواقع الإلكترونية المستخدمة في هذا الكتاب أو دقّتها،
ولا تؤكد أن المحتوى الوارد على تلك المواقع دقيق وملائم، أو أنه سيبقى كذلك.

**تمت مواءمة الكتاب**

**بموجب القرار الوزاري رقم ٢٠٢٤/٨٣ واللجان المنبثقة عنه**

**جميع حقوق الطبع والتأليف والنشر محفوظة لوزارة التربية والتعليم**
**ولا يجوز طبع الكتاب أو تصويره أو إعادة نسخه كاملًا أو مجزّأ أو ترجمته**
**أو تخزينه في نطاق استعادة المعلومات بهدف تجاري بأي شكل من الأشكال**
**إلّا بإذن كتابي مسبق من الوزارة، وفي حال الاقتباس القصير يجب ذكر المصدر.**

المغفور له

السلطان قابوس بن سعيد

-طيّب اللّه ثراه-

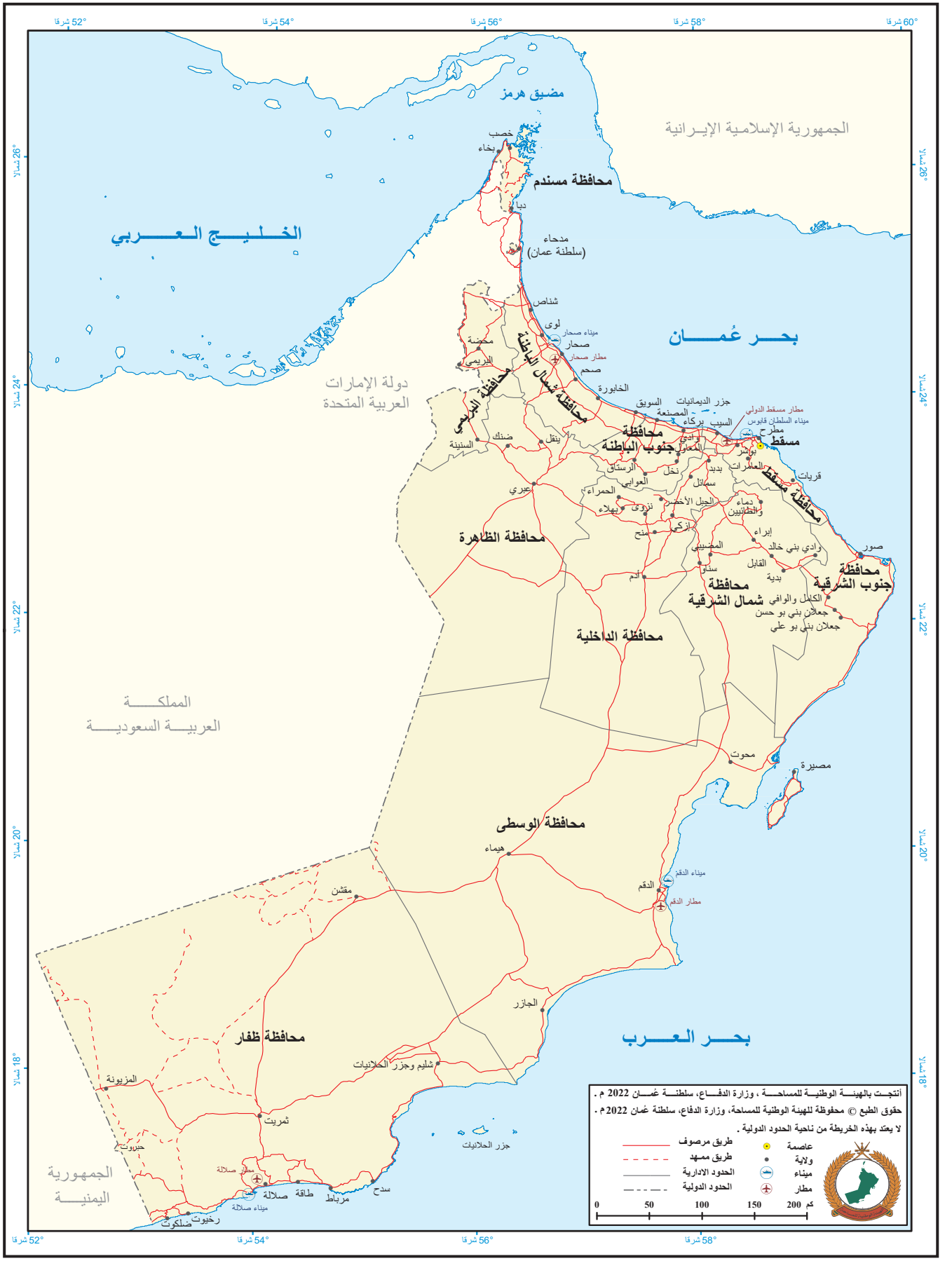
حضرة صاحب الجلالة

السلطان هيثم بن طارق المعظم

-حفظه اللّه ورعاه-

# سلطنـــــة عُمـــــان

(المحافظات والولايات)



# النَّشيدُ الْوَطَنِيُّ

يا رَبَّنا احْفَظْ لنا جَلالَةَ السُّلْطان
وَالشَّعْبَ في الأَوْطان بِالْعِزِّ والأَمان
وَلْيَدُمْ مُؤَيَّدًا عاهِلاً مُمَجَّدًا
بِالنُّفوسِ يُفْتَدى

يا عُمانُ نَحْنُ مِنْ عَهْدِ النَّبي أَوْفِياءُ مِنْ كِرامِ الْعَرَبِ
فارْتَقي هامَ السَّماء وَامْلَئي الْكَوْنَ ضِياء
وَاسْعَدي وَانْعَمي بِالرَّخاء

# تقديم

الحمد لله رب العالمين، والصلاة والسلام على خير المرسلين، سيّدنا مُحمَّد، وعلى آله وصحبه أجمعين. وبعد:

لقد حرصت وزارة التربية والتعليم على تطوير المنظومة التعليمية في جوانبها ومجالاتها المختلفة كافة؛ لتُلبّي مُتطلّبات المجتمع الحالية، وتطلُّعاته المستقبلية، ولتتواكب مع المُستجدّات العالمية في اقتصاد المعرفة، والعلوم الحياتية المختلفة؛ بما يؤدّي إلى تمكين المخرجات التعليمية من المشاركة في مجالات التنمية الشاملة للسلطنة.

وقد حظيت المناهج الدراسية، باعتبارها مكوِّنًا أساسيًا من مكوِّنات المنظومة التعليمية، بمراجعة مستمرة وتطوير شامل في نواحيها المختلفة؛ بدءًا من المقرّرات الدراسية، وطرائق التدريس، وأساليب التقويم وغيرها؛ وذلك لتتناسب مع الرؤية المستقبلية للتعليم في السلطنة، ولتتوافق مع فلسفته وأهدافه.

وقد أولت الوزارة مجال تدريس العلوم والرياضيات اهتمامًا كبيرًا يتلاءم مع مستجدات التطور العلمي والتكنولوجي والمعرفي. ومن هذا المنطلق اتَّجهت إلى الاستفادة من الخبرات الدولية؛ اتساقًا مع التطوُّر المتسارع في هذا المجال، من خلال تبنّي مشروع السلاسل العالمية في تدريس هاتَين المادّتَين وفق المعايير الدولية؛ من أجل تنمية مهارات البحث والتقصّي والاستنتاج لدى الطلبة، وتعميق فهمهم للظواهر العلمية المختلفة، وتطوير قدراتهم التنافُسية في المسابقات العلمية والمعرفية، وتحقيق نتائج أفضل في الدراسات الدولية.

إن هذا الكتاب، بما يحويه من معارف ومهارات وقيَم واتجاهات، جاء مُحقِّقًا لأهداف التعليم في السلطنة، وموائمًا للبيئة العمانية، والخصوصية الثقافية للبلد، بما يتضمَّنه من أنشطة وصور ورسوم. وهو أحد مصادر المعرفة الداعمة لتعلُّم الطالب، بالإضافة إلى غيره من المصادر المختلفة.

نتمنّى لأبنائنا الطلبة النجاح، ولزملائنا المعلّمين التوفيق فيما يبذلونه من جهود مُخلِصة، لتحقيق أهداف الرسالة التربوية السامية؛ خدمة لهذا الوطن العزيز، تحت ظل القيادة الحكيمة لمولانا حضرة صاحب الجلالة السلطان هيثم بن طارق المعظّم، حفظه الله ورعاه.

والله ولي التوفيق

**د. مديحة بنت أحمد الشيبانية**

**وزيرة التربية والتعليم**

# المحتويات


المقدمة ..... xi

كيف تستخدم هذه السلسلة ..... xiii

كيف تستخدم هذا الكتاب ..... xv

**الوحدة الأولى: مقدمة في الإدارة البيئية**

١-١ الاستدامة ..... ٢٠

١-٢ دورة الماء ..... ٢١

١-٣ النظم البيئية ..... ٢٤

**الوحدة الثانية: البحوث البيئية وجمع البيانات**

٢-١ المنهج العلمي ..... ٥١

٢-٢ جمع البيانات البيئية ..... ٥٨

**الوحدة الثالثة: التفاعلات في النظم البيئية البحرية**

٣-١ التفاعلات ..... ٨٨

٣-٢ علاقات التغذية ..... ٩٠

٣-٣ دورات المغذّيات ..... ١٠١

**الوحدة الرابعة: التصنيف**

٤-١ تصنيف الكائنات الحية البحرية ..... ١٢١

٤-٢ المجموعات الرئيسية للكائنات الحية البحرية ..... ١٢٥

قائمة المصطلحات ..... ١٥٤

# المقدمة

تُعدّ العلوم البيئية دراسة للعالم الطبيعي، ولكيفية تفاعل الإنسان مع هذا العالم، يقوم بها من يهتم بدراسة الكائنات الحية في بيئته، مركّزًا على تأثير الإنسان على البيئة، وعلى إمكانية تغيير سلوكياته للمساعدة في حمايتها والحفاظ على مواردها للأجيال القادمة. من الصعب تقديم تعريف واحد فقط للعلوم البيئية. وذلك لأنه يعمل على مستويات عديدة ويؤثر على كل جانب من جوانب حياتنا، بدءًا من طريقة تكيّف الكائنات البحرية مع محيطها وصولًا إلى تلوث الغلاف الجوّي الذي يحيط بنا.

يدرس علماء البيئة كل جانب من جوانب عالمنا الطبيعي، وكيفية تفاعله بهدف فهم عمل النظم البيئية، من أصغر بركة مياه إلى كوكب الأرض ككل. ثمّة العديد من المجالات المختلفة للإدارة البيئية يرتكز كل مجال منها على معرفة أساسية، ولقد صمّم كتاب الطالب ليتناسب مع بيئة سلطنة عمان واحتياجاتها، مع التركيز بشكل خاص على العلوم البحرية، نظرًا إلى أهمية هذا الموطن البيئي في الصناعة والاقتصاد داخل سلطنة عُمان.

يمكن تطبيق المعرفة التي ستكتسبها في هذا المنهج عبر نطاق واسع من المهن المستقبلية.

يُستخدم كتاب الأنشطة والتجارب العملية ككتاب داعم لكتاب الطالب، وسيتيح أمام الطلبة فرصًا للبحث المعمّق في الموضوعات المطروحة، فيساعدهم على تطوير مهاراتهم الرياضية والتحليلية والتدريب على حل أسئلة مشابهة لأسئلة الامتحانات. قد يقوم المعلّم بتنفيذ بعض هذه الأنشطة داخل الصف، أو يعطيها كواجب منزلي؛ وإذا توافر الوقت يمكن للطلبة إجراء هذه الأنشطة بأنفسهم لتعزيز مهاراتهم الخاصة.

تُعدّ دراسة العلوم البيئية أمرًا ملحًا، فمع تأثير تغير المناخ، والحاجة إلى مصادر طاقة أكثر تجدّدًا، وزيادة المعرفة بأهمية التنوع البيولوجي، واستمرار الاكتشافات التكنولوجية الحديثة في هذا المجال، باتت حاجتنا اليوم إلى الوعي بالعلوم البيئية أكثر من أي وقت مضى. وسواء تابع الطلبة دراستهم وتخصصهم في المجال العلمي، أو قرروا الدخول في مجال آخر، يجب أن يكونوا جميعهم على دراية تامة بكيفية العمل معًا لخلق مستقبل مستدام وناجح لسلطنة عمان.

## استخدام العلوم البيئية

يمكن تطبيق العلوم البيئية بمجموعة متنوعة من الطرائق العملية من خلال مجموعة واسعة من المهن. فعلماء البيئة هم أشخاص متخصصون في الصناعة، ومحافظون على الطبيعة، ومهندسون، ومحامون، وصحفيون، ومتخصصون في الصحة البيئية، وموظفون حكوميون وعاملون في المنظمات غير الحكومية. غالبًا ما تتكوّن فرق العلوم البيئية من متخصصين في مجالات مختلفة، بحيث يعمل أعضاء الفريق معًا لإيجاد حلول للمخاوف البيئية المحتملة أو المحددة، ويتشارك كل حسب مجال تخصصه وخبرته، ويتبادلون الأفكار والأراء والمقترحات.

باعتبارك عالمًا بيئيًا، ستعمل كجزء من فريق يعمل على تحقيق هدف مشترك.

## انضم إلى فريق العلوم البيئية

إن معرفتك بالبيئة ورغبتك في التأثير على كيفية تفاعل الإنسان مع العالم الطبيعي قد تؤدي إلى إحداث تغيير نحو الأفضل. عندما تدرس العلوم البيئية، فإنك:

- تعلم المزيد عن كوكب الأرض.
- تفكر في كيفية تأثير أفعالنا كأنواع كائنات حية على الأرض.
- تفكر بشكل ناقد، وتنظر في استراتيجيات إدارة كيفية تأثيرنا، كنوع، على عالمنا.
- تطوّر المهارات الأكاديمية الناقدة.

مهما كان مجال الدراسة الذي تسعى إليه، فإن المعرفة والمهارات البيئية التي تتعلمها في هذا الكتاب ستبقى معك. كلاهما سيساعدك على فهم التغيرات السريعة التي نشهدها في العالم اليوم.

**ملاحظة على الخرائط:** الحدود والأسماء الموضحة، والمسميات المستخدمة وعرض المواد على أي خرائط واردة في هذا الكتاب لا تعني تأييدًا رسميًا أو قبولًا من وزارة التربية في سلطنة عُمان للوضع القانوني لأي دولة أو إقليم أو منطقة أو لأي سلطة فيها أو لترسيم حدودها أو تخومها.

# كيف تستخدم هذه السلسلة

تقدّم هذه المكوّنات (أو المصادر) الدعم للطلبة في الصف الحادي عشر في سلطنة عمان لتعلم مادة العلوم البيئية واستيعابها، حيث تعمل كتب هذه السلسلة جميعها معًا لمساعدة الطلبة على تطوير المعرفة والمهارات العلمية اللازمة لمادة العلوم البيئية.

تم تصميم كتاب الطالب ليستخدمه الطلبة داخل الفصول الدراسية بتوجيه من المعلّمين. تحتوي الوحدات على تفسيرات وتعريفات وأسئلة ودراسة حالات وأمثلة عملية ومجموعة من الميزات الأخرى لإشراك الطلبة. كما تتيح لهم فرصًا كثيرة للمشاركة في نقاشات هادفة، والعمل الثنائي، والعمل الجماعي.

يحتوي «كتاب التجارب العملية والأنشطة» على أنشطة وأسئلة نهاية الوحدة، والتي تمّ اختيارها بعناية، بهدف مساعدة الطلبة على تطوير المهارات المختلفة التي يحتاجون إليها أثناء تقدمهم في دراسة كتاب العلوم البيئية. كما تساعد هذه الأسئلة الطلبة على تطوير فهمهم لمعنى الأفعال الإجرائية المستخدمة في الأسئلة، إضافة إلى دعمهم في الإجابة عن الأسئلة بشكل مناسب.

كما يحقّق هذا الكتاب للطلبة الدعم الكامل الذي يساعدهم على تطوير مهارات الاستقصاء العملية الأساسية. وكذلك مهارات تخطيط الاستقصاءات، واختيار الأداة أو الجهاز المناسب وكيفية التعامل معه، وطرح الفرضيات، وتدوين النتائج وعرضها، وتحليل البيانات وتقييمها.

يقدم دليل المعلّم عددًا لا يحصى من الأفكار العامة والدروس والواجبات المنزلية الملهمة للمعلمين. ويزوّدهم بإجابات الأسئلة الموجودة في كتاب الطالب وأسئلة الأنشطة وإرشادات ودعم لتنفيذ الاستقصاءات العملية. تتوافر أيضًا في دليل المعلّم إرشادات تخطيط الدرس والدعم التربوي، إذ يتم تشجيع المعلّمين على استخدام مزيج من أنشطة كتاب الطالب ودليل المعلّم وفقًا لاحتياجات طلبة كل فصل.

# كيف تستخدم هذا الكتاب

من خلال دراستك هذا الكتاب، ستلاحظ الكثير من الميزات المختلفة التي ستساعدك في التعلم. هذه الميزات موضحة على النحو الآتي:

### أهداف التعلّم

تُمثّل هذه الأهداف مضمون كل وحدة دراسية، وتساعد على إرشاد الطلبة خلال دراسة «كتاب الطالب»، كما تشير إلى المفاهيم المهمة المطروحة في كل موضوع، ويتم التركيز عليها عند تقويم الطالب.

### قبل أن تبدأ بدراسة الوَحدة

أنشطة استهلالية في بداية كل وحدة، تكون إما ثنائية أو جماعية أو صفية، وتتمحور حول المعرفة القبلية للموضوعات التي ستحتاج إليها قبل البدء بدراسة الوحدة.

### العلوم البيئية ضمن سياقها

تُقدّم هذه الميزة أمثلة وتطبيقات واقعية للمحتوى الموجود في كل وحدة دراسية، ما يعني أنها تشجع الطلبة على إجراء المزيد من البحث في الموضوعات المختلفة. تتضمن أسئلة للمناقشة تحفز الطلبة على التفكير في فوائد ومشاكل هذه التطبيقات.

### مهارات الاستقصاء

توفر لك هذه الميزة فرصة لتطوير مهاراتك في البحث العلمي. وقد يتضمن ذلك إجراء تجربة، أو معالجة البيانات، أو إكمال مهمة بحثية، أو توقع النتائج.

### أمثلة

توضح لك الأمثلة كيفية التعامل مع عملية أو سؤال معيّن خطوة خطوة، ثم توفر لك الفرصة لتجربتها بنفسك. ستجد هذه الميزة مفيدة للأسئلة التي تتطلب استخدام صيغة رياضية للتوصل إلى الإجابة.

### أسئلة

يتخلّل النص أسئلة تمنحك فرصة للتحقق من أنك قد فهمت الموضوع الذي قرأت عنه.

### دراسة حالة

تتيح لك دراسة حالة ودراسة حالة موسعة والأسئلة المصاحبة استكشاف حالات واقعية في إدارة البيئة بشكل فعال. كما تتيح لك فرصًا لإنتاج عملك الخاص كعمل فردي، أو ثنائي أو ضمن مجموعات، وهي غير مرتبطة بأهداف التعلم.

### مصطلحات علمية

يتم تمييز المصطلحات الأساسية في النص عند تقديمها لأول مرة؛ أما المصطلحات الأساسية الأخرى غير المرتبطة بأهداف التعلم فجرى تمييزها بعلامة (*). وقد جرى شرح معاني هذه المصطلحات في الهامش، وسوف تجد أيضًا تعريفات لها في قائمة المصطلحات الواردة في نهاية هذا الكتاب. المصطلحات التي لها علامة (*) هي غير مطلوبة للحفظ لكنها مفيدة للموضوع.

### أفعال إجرائية

لقد تمّ إبراز الأفعال الإجرائية الواردة في المنهج الدراسي بلون غامق في مربعات مميزة تتضمن تعريفًا للفعل والمهارات التي يجب عليك تطبيقها عند الإجابة عن أنواع مختلفة من الأسئلة. ويقل ظهور المربعات التي تتضمن الأفعال الإجرائية كلما أصبحت أكثر دراية بها. سوف تجد أيضًا التعريفات نفسها في قائمة المصطلحات الواردة في نهاية هذا الكتاب

## دراسة حالة موسّعة

تتضمن كل وحدة دراسة حالة موسعة تتناول بالتفصيل مشكلة أو حالة معيّنة في إطار واقعي حقيقي. فدراسة الحالة الموسعة تفتح أمام الطلبة بابًا للتفكير في مسألة ما بمزيد من التعمق، وتتضمن أنشطة أو أسئلة أو مشاريع يمكنهم تحقيقها.

وبديهي القول إن الطلبة عندما يدرسون حالة من الحالات، لا يفعلون ذلك تحضيرًا للامتحان، وإنما المهارات التي يستخدمونها للإجابة عن الأسئلة ستساعدهم في تجاوز الامتحان بنجاح.

**مهمّ**

يتم في مربّعات النص هذه إدراج حقائق وإرشادات مهمّة للطلبة.

## ملخّص

تحتوي مربّعات النص هذه على ملخّص للنقاط الرئيسية في نهاية كل وحدة.

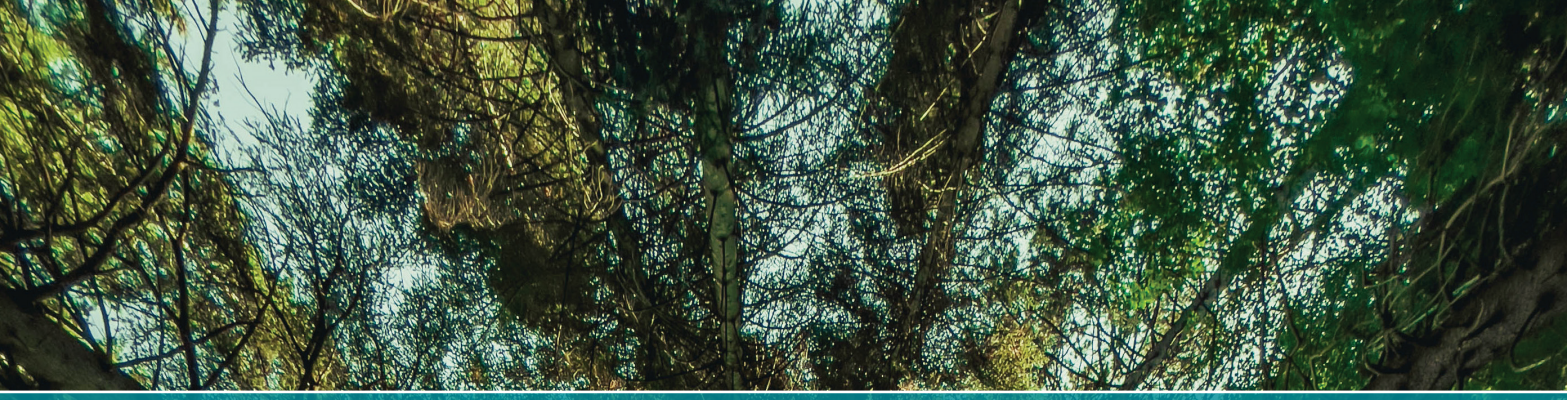
## أسئلة نهاية الوحدة

تقيس هذه الأسئلة مدى تحقّق الأهداف التعليمية في الوحدة، وقد يتطلب بعضها استخدام معارف علمية من وحدات سابقة. تتوافر إجابات هذه الأسئلة في دليل المعلّم.

## قائمة تقييم ذاتي

تلي الملخّص عبارات تتضمّن عناوين منها: «أستطيع أن» التي تتطابق مع أهداف التعلم الموجودة في بداية الوحدة؛ و «أحتاج إلى بذل المزيد من الجهد»، أو «متمكّن إلى حدٍّ ما» اللتَين تشيران إلى وجوب مراجعة ما تراه ضروريًا في هذا المجال. وقد تجد أنه من المفيد تقييم مدى ثقتك بكل من هذه العبارات أثناء عملية المراجعة.

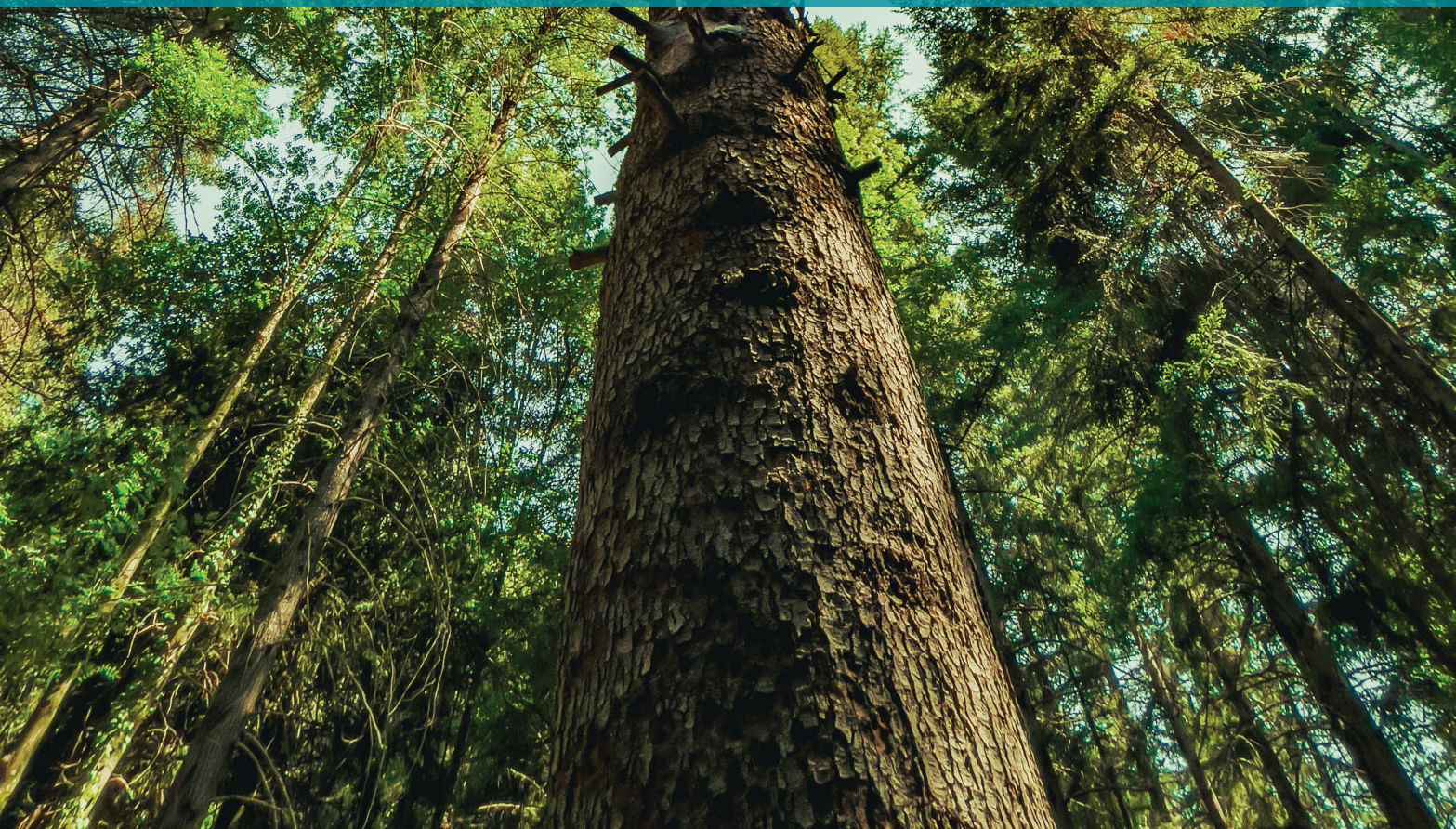
| أستطيع أن | أحتاج إلى بذل المزيد من الجهد | أقترب من تحقيق الهدف | واثق من الاستمرار | أراجع الموضوع |
|---|---|---|---|---|
| | | | | |



الوحدة الأولى

# مقدمة في الإدارة البيئية

# Introduction to Environmental Management



## أهداف التعلّم

١-١ يعرّف مصطلح الاستدامة على أنها القدرة على تلبية احتياجات الحاضر دون المساس بقدرة الأجيال القادمة على تلبية احتياجاتها.

١-٢ يشرح الحاجة إلى الإدارة المستدامة للموارد.

١-٣ يصف دورة الماء مقتصرًا على:

- التبخر
- النتح
- التكثف
- الهطول
- الاعتراض.

١-٤ يفسر ويرسم رسومًا تخطيطية تمثّل دورة الماء.

١-٥ يعرف المصطلحات الآتية: المنطقة الأحيائية، والنظام البيئي، والموطن البيئي.

١-٦ يذكر العوامل الحيوية وغير الحيوية لنظام بيئي.

١-٧ يصف كيفية تأثير العوامل الحيوية على عدد الكائنات الحية الموجودة داخل نظام بيئي وعلى تنوعها.

١-٨ يلخّص أمثلة على التفاعلات الحيوية، مقتصرًا على:

- المنافسة (داخل النوع، وبين الأنواع)
- الافتراس
- الرعي.

١-٩ يحدّد ويصف التفاعلات الحيوية الممثلة بالسلاسل الغذائية والشبكات الغذائية (مقتصرًا على المنافسة والافتراس والرعي)، بما في ذلك استخدام مصطلحات المستوى الغذائي والمنتج، والمستهلك الأولي، والمستهلك الثانوي، والمستهلك الثالثي، والمحلل.

١-١٠ يشرح كيفية فقدان الطاقة في السلسلة الغذائية.

١-١١ يصف دورة الكربون، بما في ذلك استخدام المعادلات الكيميائية لعملية التمثيل الضوئي والتنفس الهوائي واحتراق الوقود الأحفوري (مقتصرًا على $CH_4$ و $C_8H_{18}$).

١-١٢ يفسر ويرسم رسومًا تخطيطية تمثل دورة الكربون.

١-١٣ يذكر أن الكلوروفيل يمتص الطاقة الضوئية لعملية التمثيل الضوئي.

١-١٤ يصف ويشرح تأثير العوامل المحددة لعملية التمثيل الضوئي بما في ذلك الماء وتركيز ثاني أكسيد الكربون وشدة الضوء ودرجة الحرارة.

١-١٥ يشرح كيف أن عملية التمثيل الضوئي على اليابسة وفي المحيطات تشكل جزءًا حيويًا من دورة الكربون، ولها تأثير مهم على تراكيز ثاني أكسيد الكربون في الغلاف الجوي من خلال تكوين مخازن الكربون.

١-١٦ يعرّف المصطلحَين الحياد الكربوني وصافي الانبعاثات الصفري.

١-١٧ يصف ويقيّم تقنيات تحقيق صافي الانبعاثات الصفري.

## قبل أن تبدأ بدراسة الوحدة

١. تعاون مع زميلك للإجابة عن الأسئلة الآتية.
**ناقش** إجاباتك مع زملائك.

أ. **عرّف** الاستدامة.

ب. اذكر مثالَين على موارد يمكن استخدامها بشكل مستدام.

ج. ارسم دورة الماء باستخدام أكبر عدد ممكن من المصطلحات العلمية الصحيحة (يجب أن تذكر خمسة مصطلحات علمية رئيسية على الأقل).

٢. ناقش من خلال العمل في مجموعات صغيرة:

أ. ثلاثة تغييرات يمكنك القيام بها ليكون صفك أو مدرستك أكثر استدامة.

ب. كيفية تعزيز هذه التغييرات للاستدامة.

### أفعال إجرائية

**ناقش Discuss**: اكتب بعمق حول الموضوع بطريقة بنائية منظمة.

**عرّف Define**: اذكر المعنى الدقيق.

## العلوم البيئية ضمن سياقها

### توزيع الأنواع: كيف تؤثر البيئة على سلوك الأنواع وتأقلمها؟

تتصف **البيئة Environment** على سطح الأرض بأنها مهيأة تمامًا لدعم الحياة، الأمر الذي يعكس عظمة الخالق في خلقها بتوازن وتناسق منظم. وهي نظام واحد متكامل يتكوّن من أجزاء متفاعلة، وقد تؤدي التغيرات في جزء منها إلى تغيرات في أجزاء أخرى.

تعيش الكائنات الحية على سطح الأرض في تنوع واسع من المواطن البيئية. وتعيش بعض الكائنات الحية مثل فيل صحراء ناميبيا في موطن بيئي لا يبدو أنه يتناسب مع احتياجاته، لكنه تأقلم للبقاء (الصورة ١-١).

لقد تأقلم **نوع Species** من أنواع الفيلة، وهو فيل صحراء ناميبيا للعيش في موطن بيئي غير اعتيادي يتصف ببيئة صحراوية قاسية. فالمناظر الطبيعية الجافة والجرداء للصحراء مع شح الماء والغطاء النباتي ودرجة حرارة النهار المرتفعة تمثل بيئة قاسية. وهذا الواقع يمثل تحديًا للكائنات الحية الصغيرة للبقاء، ناهيك عن الثدييات الكبيرة مثل الفيل.

لقد اعتقد العلماء لسنوات أن الفيلة التي تعيش في الصحراء تمثل نوعًا منفصلًا عن الفيلة الأخرى التي تعيش في جنوب أفريقيا؛ إلا أنه لا يوجد اختلاف جيني بين فيلة الصحراء وتلك التي تعيش في نطاقات أراضي السافانا العشبية، وتعود الاختلافات الظاهرة بين نوعَي الفيلة هذه إلى تأقلم هذه الحيوانات في بيئة الصحراء.

**الصورة ١-١ تأقلمت فيلة صحراء ناميبيا مع موطنها البيئي بتذكر أماكن وجود الطعام والماء.**

للفيلة التي تأقلمت للعيش في الصحراء أقدام أكبر حجمًا من تلك التي تعيش في الأراضي العشبية؛ حيث تساعدها مساحة السطح الكبيرة لأقدامها على الحركة فوق الرمال الكثيفة فتمنعها من الانغراس. كما تأقلمت هذه الفيلة مع نقص الغذاء من خلال كتلة جسمها الصغيرة، الأمر الذي يجعل أرجلها تبدو أطول مما هي عليه فعلًا. تستطيع فيلة الصحراء أن تتحمل فترات طويلة دون شرب الماء، ما يتيح لها الوقت الكافي للتنقل بين مصادر الماء في الصحراء، والتي تفصل بينها مسافات طويلة. وعند تنقّلها أثناء الليل تعتمد على الذاكرة لتحديد موقع الماء والعثور

عليه، ثم تستخدم خرطومها وأنيابها وسيقانها لحفر الآبار في مجاري الأنهار الجافة للبحث عن الماء، إذ لا تكتفي بوجود المياه السطحية. وتكون قطعان فيلة الصحراء بشكل عام أصغر حجمًا من قطعان فيلة أراضي السافانا العشبية بسبب **القدرة الاستيعابية Carrying capacity** المحدودة للصحراء.

### أسئلة للمناقشة

١. لماذا تأخذ إناث الفيلة صغارها بشكل متكرر إلى حفر مائية محددة في الصحراء؟
٢. لماذا تعتقد أن فيلة الصحراء تفضل الحفر للحصول على الماء بدلًا من شرب المياه السطحية؟
٣. كيف تأقلمت فيلة الصحراء مع المناخ الذي تعيش فيه؟ قارن ذلك مع فيلة أراضي السافانا العشبية.

### مصطلحات علمية

*البيئة **Environment**: الوسط المحيط الذي يعيش فيه الكائن الحي.

*النوع **Species**: مجموعة من الكائنات الحية تتكون من أفراد يمكنها أن تتكاثر وتنتج أفرادًا جديدة خصبة (قادرة على الإنجاب).

*القدرة الاستيعابية **Carrying capacity**: عدد الأنواع التي يمكن أن تستوعبها منطقة معيّنة دون تدهور البيئة.

## ١-١ الاستدامة

الإدارة البيئية Environmental management ليست مصطلحًا يسهل تعريفه، إذ إن نطاقه واسع ومتشعّب ولكن ببساطة هي إدارة تأثير الأنشطة البشرية على البيئة الطبيعية. تهدف الإدارة البيئية إلى ضمان حماية خدمات النظام البيئي والتنوع البيولوجي وصيانتها بشكل مستدام. ويتم النظر في النظم البيئية بالتوازي مع المتغيرات الأخلاقية والاقتصادية والبيئية.

تحاول الإدارة البيئية أيضًا تحديد القضايا التي تنشأ بين تلبية احتياجات الناس مع حماية احتياجات البيئة.

إن ممارسة **الاستدامة Sustainability** تمنع استنزاف موارد الأرض الطبيعية أو تدهورها، وبالتالي ضمان حماية البيئة واحتياجات الأجيال القادمة. إن الاستدامة تعني إجراء التغييرات لرعاية الكوكب والحفاظ على سلامة **النظم البيئية Ecosystems**؛ حيث تحمي هذه التغييرات البيئة، والموارد الطبيعية (مثل الماء، والهواء، والتربة، والنفط، والفحم الحجري، والغاز الطبيعي، والصخور، والمعادن)، والمجتمع.

في الماضي، تم استخدام الموارد العالمية بطريقة غير مستدامة؛ على سبيل المثال، أدى الصيد الجائر إلى فقدان أو زوال كلي تقريبًا لبعض الأنواع مثل ثور البيسون الأمريكي American Bison (الصورة ١-٢).

**الصورة ١-٢ البيسون، ثور أمريكا الشمالية. كان هذا النوع من الثيران يتجول في السهول على شكل قطعان كبيرة. وقد جرى اصطياد العديد من هذه القطعان بحيث شارفت على الانقراض.**

### مصطلحات علمية

**الاستدامة Sustainability**: القدرة على تلبية احتياجات الحاضر دون المساس بقدرة الأجيال القادمة على تلبية احتياجاتها.

**النظام البيئي Ecosystem**: مجتمع أحيائي من الكائنات الحية تتفاعل مع بعضها ومع البيئة المادية التي تعيش فيها.

كمثال آخر، أدى التخلص من القمامة والنفايات في الأنهار والمحيطات إلى **تلوث Pollution** كلٍّ من موارد المياه العذبة والمناطق الساحلية التي توفر الكثير من الطعام للإنسان. وقد أدت الانبعاثات الصادرة عن الصناعة ومحطات الطاقة إلى تلوث البيئة، وهذا يؤدي إلى تلوث الهواء الذي يكون ضارًا بالتنفس. ومن الأمثلة الأخرى على الممارسات غير المستدامة هو القطع السريع الجائر لمساحات شاسعة من الغابات وهو ما يعرف بإزالة الغابات Deforestation. تساعد الغابات على تنقية الماء والهواء وتوفر موطنًا بيئيًا للعديد من الأنواع. وتمثل إعادة تشجير العديد من المناطق التي أزيلت منها الغابات محاولة لإصلاح الضرر (الصورة ١-٣).

**الصورة ١-٣ أشجار زرعتها مؤسسة الغابات المطيرة الأسترالية، وهي منظمة ملتزمة بالمساعدة في تعافي الغابات المطيرة من القطع غير المستدام والذي أثّر على جزء كبير من الغطاء الغابوي.**

تشكل الإدارة المستدامة للموارد جزءًا مهمًا من نموذج الاستدامة، وهذا يعني إدارة الموارد بطريقة تضمن عدم نفاد مصادرها. على سبيل المثال، سوف يؤدي الاستخدام غير المستدام للفحم الحجري والنفط إلى نفاد الإمدادات قبل إعادة تكوّنها، وهي عملية تستغرق 300 مليون سنة تقريبًا. وبدلًا من ذلك، يمكن استخدام أشكال بديلة من الطاقة مثل الرياح والطاقة الشمسية، وهما مصدران للطاقة يمكن توليدهما باستمرار.

تمثل إدارة الغابات Forest management مثالًا آخر على الإدارة المستدامة للموارد، إذ يمكن قطع الأشجار بهدف الاستخدام طالما توجد خطة لإعادة زراعتها، وإدارة معدل قطعها. وبذلك، يمكن الاستفادة من أخشاب الأشجار مع توفير الحماية للغابات.

الاستدامة مهمة لكل من الإنسان وكوكب الأرض. فبدون هواء نقي وماء نظيف وغذاء متوافر سيعاني كل من الإنسان والنظم البيئية. ومع استمرار الاستهلاك المفرط للموارد، قد يتسبب الإنسان في انخفاض **التنوع البيولوجي Biodiversity** والانقراض الجماعي للأنواع وفي انخفاض عدد السكان.

### مصطلحات علمية

*التلوث **Pollution**: وجود أو إدخال مادة ضارة أو لها تأثيرات سامة في البيئة. على سبيل المثل الماء الملوث ضار وغير صالح للشرب.

*التنوع البيولوجي **Biodiversity**: عدد الكائنات الحية المختلفة والموجودة في النظام البيئي أو المنطقة.

### أسئلة

١ عرّف المصطلح «مستدام».

٢ اشرح سبب أهمية الاستدامة.

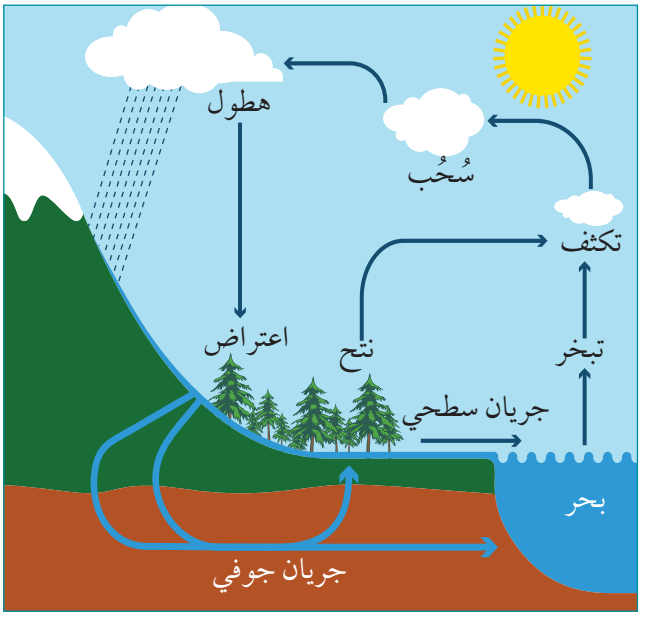
### أفعال إجرائية

**اشرح Explain**: اعرض الأهداف أو الأسباب/اجعل العلاقات بين الأشياء واضحة/توقّع لماذا و/أو كيف، وادعم إجابتك بأدلّة ذات صلة.

## ١-٢ دورة الماء

**دورة الماء Water cycle** هي الحركة المستمرة للماء على سطح الأرض وفوقه وتحته (الشكل ١-١). وهي على المستوى المحلي **نظام مفتوح Open system**، أي قد تتغير كمية الماء في نظام بيئي معيّن بحيث يمكن أن ينتقل الماء من هذا النظام البيئي وإليه. وعلى المستوى العالمي هو **نظام مغلق Closed system**، أي تتوافر كمية ثابتة من الماء على الكوكب. وعلى الرغم من أن كمية الماء على الأرض تبقى ثابتة، إلا أنّ الكمية

النسبية للماء في احتياطياتها الرئيسية قد تختلف مع مرور الوقت. وهذه الاحتياطيات هي مخازن كبيرة من الماء تشمل مخازن الجليد، والماء العذب، وماء البحر، والمياه الجوفية، ومياه الغلاف الجوي.




الشكل ١-١ دورة الماء.

**مصطلحات علمية**

**دورة الماء Water cycle**: العملية التي ينتقل فيها الماء من البحر إلى الغلاف الجوي وإلى سطح الأرض وفي جوفها ثم يعود إلى البحر.

***نظام مفتوح Open system**: نظام يمكن فيه كسب المادة أو فقدانها.

***نظام مغلق Closed system**: نظام لا تتكوّن ولا تكتسب فيه المادة ولا تفقد.

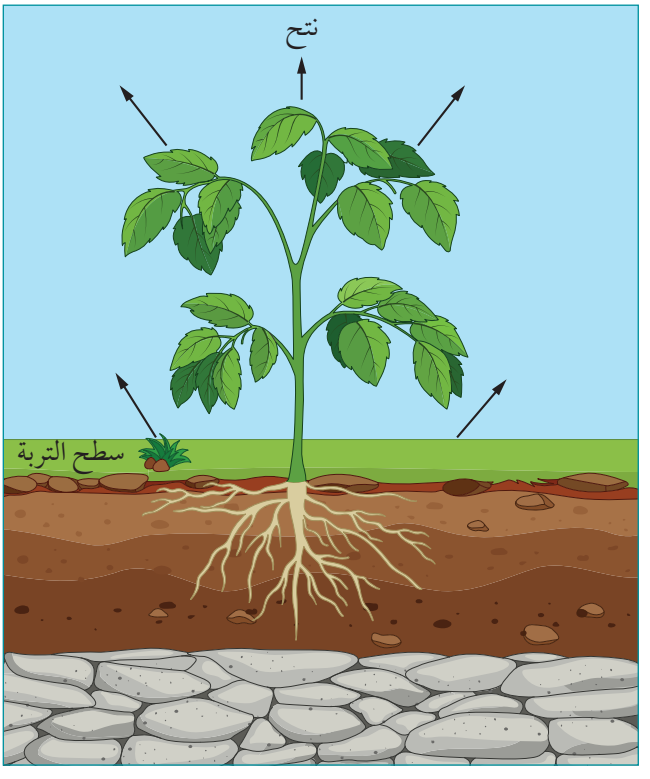
## مراحل دورة الماء

### التبخر

خلال مرحلة **التبخر Evaporation** من دورة الماء يتحوّل الماء من الحالة السائلة إلى الحالة الغازية بفعل امتصاص الطاقة، ما يؤدي إلى تبريد البيئة. تتم هذه العملية بواسطة الطاقة القادمة من الشمس، والتي تعمل على تسخين المياه السطحية. ومع تبخر الماء تتبقى كل الشوائب مثل الأملاح والغبار والملوثات، لينتج ماءً نقيًا على شكل بخار ماء. يعود هذا الماء إلى الأرض في وقت لاحق من الدورة على شكل هطول، لذا لا تقلّ كمية الماء المختزن، بل يظل الماء يتنقل فقط بين مراحل دورة الماء. وأثناء هذه المرحلة فإن احتياطيات المياه العذبة تُعوض بالمياه النقية.

### النتح

**النتح Transpiration** هي العملية التي تؤدي إلى انتقال الماء عبر النبات وخارجه (بشكل أساسي من خلال الأوراق، وفي بعض النباتات من خلال الساق أيضًا) قبل أن يطلق إلى الغلاف الجوي (الشكل ١-٢).




الشكل ١-٢ النتح هو عملية تؤدي إلى انتقال الماء من التربة إلى أعلى صعودًا عبر النبات حيث يخرج عبر مسامات أو ثقوب في الأوراق أو الساق.

**مصطلحات علمية**

**التبخر Evaporation**: عملية يتحوّل فيها السائل إلى غاز.

**النتح Transpiration**: فقدان الماء عبر أوراق النبات.

تؤثر ظروف الغلاف الجوي على معدلات التبخر والنتح. على سبيل المثال، يتباطأ النتح عندما تكون **الرطوبة Humidity** مرتفعة، حيث يقل منحدرها بين مصدر الماء (كالنبات مثلًا) والهواء، حيث تنتقل الرطوبة من منطقة مرتفعة الرطوبة إلى منطقة منخفضة الرطوبة بسرعة أكبر، لذلك، يتباطأ معدل التبخر عندما يقل هذا المنحدر. وفي يوم عاصف، يزداد معدل النتح والتبخر نتيجة دفع الهواء للرطوبة بعيدًا عن مصدر الماء، ما يزيد من منحدر الرطوبة.

## التكثف

يتحوّل الماء أثناء مرحلة **التكثف Condensation** من الحالة الغازية إلى الحالة السائلة عن طريق إطلاق الطاقة، رافعًا درجة حرارة البيئة المحيطة. تحدث هذه المرحلة عندما يلتقي الهواء الدافئ المحمّل بالرطوبة مع الهواء البارد (أو يرتفع إلى ارتفاعات أعلى وأبرد). وعند حدوث التكثف، يتشبّع الهواء بالرطوبة وتتكوّن السحب.

## الهطول

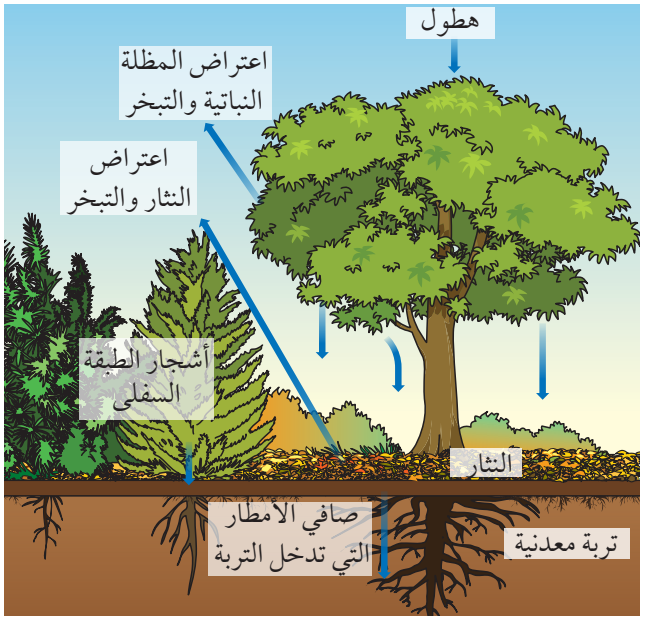
يحدث **الهطول Precipitation** بسقوط الماء المتكثف في السحب على سطح الأرض على شكل مطر، أو ثلج، أو برد، أو صقيع، أو ضباب. تختلف كمية الهطول حول الكوكب نتيجة عوامل كثيرة، تشمل معدلات الإشعاع الشمسي القادم، وأنماط الرياح العالمية، ودرجات حرارة المحيط، وتوزيع اليابسة والمحيطات على الكوكب.

تحصل المناطق المختلفة حول الكوكب على كميات وأنواع مختلفة من الهطول. على سبيل المثال، تحصل المناطق الصحراوية (الباردة أو الحارة) على أقل من 250 mm من الهطول في السنة، في حين قد تحصل المناطق الاستوائية المطيرة على أكثر من 2000 mm في السنة؛ أما في المناطق القطبية وعلى المرتفعات العالية فيكون الهطول على شكل ثلج بدلًا من المطر.

## الاعتراض

يصف **الاعتراض Interception** (الشكل ١-٣) عملية منع الهطول من الوصول إلى الأرض عن طريق أوراق الأشجار أو المظلة النباتية، أو حتى النثار. ويتبخر الماء في النهاية إلى الغلاف الجوّي من دون أن تمتصه التربة.

الماء الذي لا تعترضه المواد النباتية ستمتصّه التربة أو يكوّن جريانًا سطحيًا. فالماء الذي تمتصّه التربة قد يجدد مخازن المياه الجوفية والتي تسمى **طبقات المياه الجوفية Aquifers**؛ أما المياه الجارية السطحية فقد تدخل البحيرات، أو الأنهار أو البحر.




**الشكل ١-٣ المسارات النموذجية التي يمكن أن يسلكها الهطول في الغابة.**

### مصطلحات علمية

*الرطوبة **Humidity**: النسبة المئوية لبخار الماء في الهواء.

التكثف **Condensation**: عملية يتحوّل فيها الغاز إلى سائل نتيجة التبريد.

الهطول **Precipitation**: الماء الذي يسقط على الأرض على شكل مطر، أو ثلج، أو برد، أو صقيع أو ضباب.

الاعتراض **Interception**: حجب الأمطار عن طريق الغطاء النباتي، ومنعها من الوصول إلى التربة.

*طبقة المياه الجوفية **Aquifer**: طبقة منفذة من الصخور تحت سطح الأرض تخزن الماء في مسام الصخر.

## أسئلة

٣ **ارسم وصف** بإيجاز دورة الماء مضمنًا المصطلحات العلمية الصحيحة وتسلسلها.

٤ **قارن** بين نظام الماء المفتوح ونظام الماء المغلق.

### أفعال إجرائية

**ارسم Sketch**: أنشئ رسمًا تخطيطيًّا بسيطًا يوضح الميزات الرئيسية.

**صف Describe**: قدّم/اذكر الخصائص أو السمات والميزات الرئيسية.

**قارن Compare**: حدّد أوجه التشابه و/ أو الاختلاف معلّقًا عليها.

## ١-٣ النظم البيئية

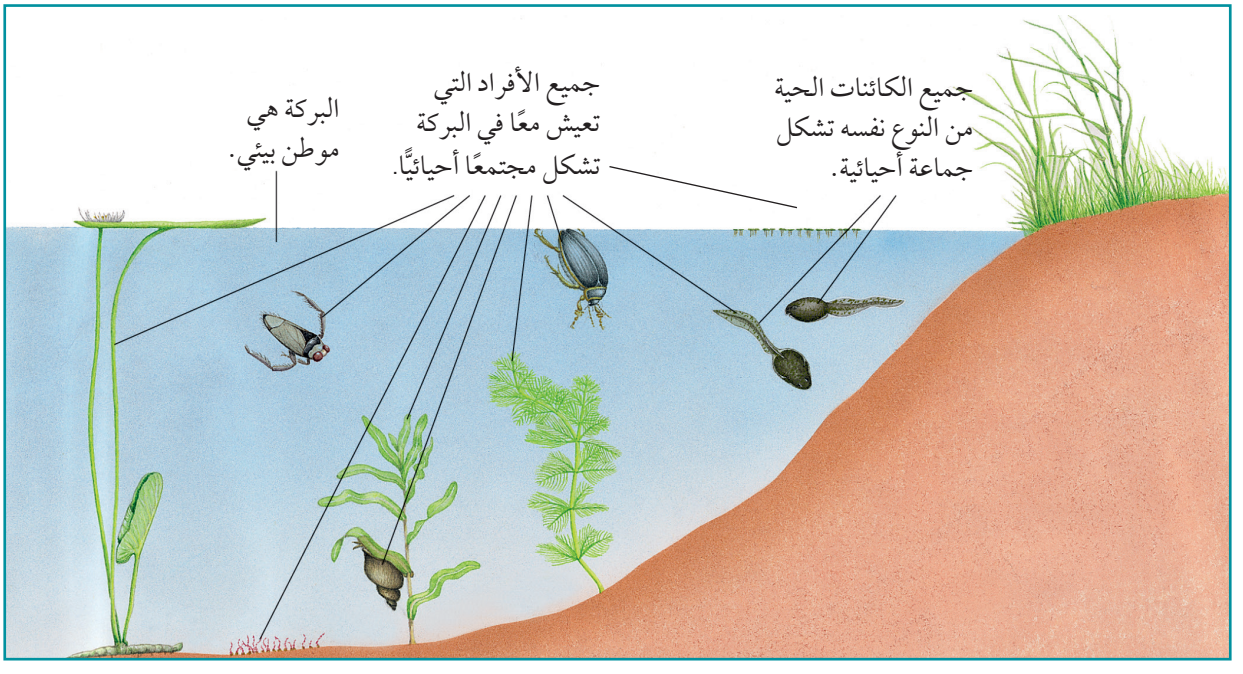
**المنطقة الأحيائية Biome** مجموعة من النظم البيئية المختلفة في منطقة جغرافية واسعة النطاق تُحدد بواسطة المناخ والغطاء النباتي السائد، على سبيل المثال، الغابة الاستوائية المطيرة. بالمقابل، النظام البيئي Ecosystem هو مساحة جغرافية أصغر من المنطقة الأحيائية، على سبيل المثال أرض رطبة صغيرة، أو نوع معيّن من الغابات.

يتمثل النظام البيئي بتفاعل العوامل **الحيوية Biotic** والعوامل **غير الحيوية Abiotic** لتكوين مجموعة معيّنة من أشكال الحياة.

تشمل العوامل الحيوية النباتات والحيوانات والكائنات الحية الأخرى كالبكتيريا، وتشمل العوامل غير الحيوية التربة والمناخ، ودرجة الحرارة، والرطوبة، والماء، والأكسجين، ودرجة الملوحة، والضوء المتوافر، والرقم الهيدروجيني (pH) التي بدورها تؤثر على النظام البيئي.

يعتمد كل عامل داخل النظام البيئي بشكل مباشر أو غير مباشر على جميع العوامل الأخرى. على سبيل المثال، تعتمد الأشجار في منطقة الأمازون على مستويات هطول الأمطار المرتفعة. ويتغير عدد الأشجار الموجودة إذا تغيرت كمية الأمطار، الأمر الذي قد يؤثر على الكائنات الحية الأخرى، وقد يؤدي في النهاية إلى تغير التربة نتيجة لتأثر المغذيات في النظام البيئي.

قد يختلف حجم النظام البيئي، فقد تكون النظم البيئية صغيرة جدًا؛ على سبيل المثال، البركة Pond هي نظام بيئي، كالأرض الرطبة الصغيرة في الغابة (الشكل ١-٤). فالأراضي الرطبة Wetland لا تكون معزولة عن الغابة، وهي تتفاعل مع النظام البيئي الأكبر.




الشكل ١-٤ البركة والكائنات الحية التي تعيش فيها تشكل نظامًا بيئيًا.

**مصطلحات علمية**

**المنطقة الأحيائية Biome**: مجموعة من النظم البيئية المختلفة في نطاق جغرافي واسع له مناخ مماثل وغطاء نباتي سائد.

**الحيوية Biotic**: الكائنات الحية (مثل النباتات).

**غير الحيوية Abiotic**: الأشياء غير الحية التي تؤثر على تركيب النظام البيئي مثل المناخ ونوع التربة وزاوية الانحدار.

ومع ذلك، تختلف الأراضي الرطبة عن مظهر الأرض المحيطة بها من حيث إنها تحتوي على مياه راكدة، وبالتالي تعيش فيها نباتات وحيوانات معيّنة. كما أن الواحة Oasis في الصحراء مثال آخر على نظام بيئي يسهل التعرف عليه. فهي تختلف بشكل كبير عن مظهر الأرض المحيطة بها بسبب توافر المياه السطحية بشكل طبيعي في منطقة أحيائية قاحلة. وتعدّ واحات ولاية بدية ذات الرمال الذهبية الناعمة بيئة سياحية جاذبة وفريدة على مستوى سلطنة عمان.

إن أصغر عنصر مكوّن في تركيب النظام البيئي هو الفرد Individual (ضفدع واحد أو نبات واحد). وكل فرد هو عضو في النوع. ويعرف النوع بأنه مجموعة من الكائنات الحية يمكن أن يتكاثر أفرادها لإنتاج نسل خصب (قادر على الإنجاب). تسمى مجموعة الأفراد من النوع نفسه التي تعيش في النظام البيئي **جماعة أحيائية Population**. قد تتحرك الجماعة الأحيائية المتنقلة أو الفرد المتنقل بين النظم البيئية، وقد تغطي مسافة قصيرة أو طويلة. على سبيل المثال، تقضي جماعة طيور السنونو Swallows فصل الصيف (أبريل – سبتمبر) في نصف الكرة الأرضية الشمالي، ثم تطير جنوبًا لقضاء الصيف (أكتوبر – مارس) في النصف الجنوبي من الكرة الأرضية، ومع ذلك لا تزال تعد جماعة أحيائية.

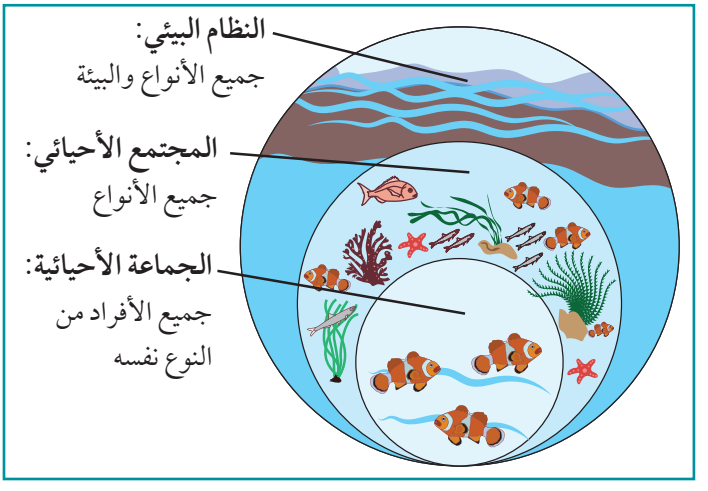
ويليها في تركيب النظام البيئي **المجتمع الأحيائي Community**، الذي يتكوّن من مختلف الجماعات الأحيائية التي تعيش معًا (الشكل ١–٥)؛ على سبيل المثال الأعشاب، والأشجار، والحشرات، والثدييات، والطيور. وتتفاعل هذه العناصر مع العوامل غير الحيوية لتكوين النظام البيئي (الصورة ١–٤).

**مصطلحات علمية**

***الجماعة الأحيائية Population**: مجموعة من الكائنات الحية من النوع نفسه تعيش في النظام البيئي.

***المجتمع الأحيائي Community**: الجماعات الأحيائية المختلفة التي تعيش معًا في نظام بيئي.

الصورة ١–٤ جزء من مجتمع أحيائي من الحياة البرية حول تجمع مائي في تنزانيا بأفريقيا.




الشكل ١–٥ العلاقات بين الجماعات الأحيائية والمجتمعات الأحيائية والنظم البيئية.

يعيش المجتمع الأحيائي في النظام البيئي في **موطن بيئي Habitat**، وهو المكان الذي يعيش فيه الكائن الحي. يلبي الموطن البيئي جميع الظروف البيئية التي احتاج إليها الكائن الحي وتأقلم معها للبقاء على قيد الحياة. وهذا يعني بالنسبة إلى الحيوان جمع الطعام، والحصول على الماء، والعثور على شريك للتزاوج والتكاثر. أما بالنسبة إلى النبات، فيعني ذلك توافر التربة المناسبة، وكمية الماء والضوء والمساحة اللازمة لتكاثر ناجح.

المكونات الرئيسية للموطن البيئي هي الماء والمأوى والطعام والمساحة. وكل كائن حي له موطن بيئي يتلاءم معه، وهذا يختلف من كائن حي إلى آخر اعتمادًا على احتياجات بقائه؛ على سبيل المثال، لا يحتاج الفهد إلى الكمية المناسبة من الطعام والماء والمأوى فقط للبقاء، لكنه يحتاج أيضًا إلى مساحة كافية. قد تؤدي **المنافسة Competition** مع الفهود أو الأنواع الأخرى إلى عدم استدامة هذا الموطن. فإذا كان كل من الفهد والأسد والضبع يصطاد الفريسة نفسها في المنطقة نفسها، فربما لا يتوافر الغذاء الكافي لها جميعًا. وإذا كانت المنافسة شديدة، فما على الحيوان إلا إيجاد منطقة جديدة. وبالإضافة إلى ذلك، إذا بدأ الإنسان باستخدام الأرض التي يصطاد فيها الفهد أو البناء فيها، فإن المساحة تتقلص ويصبح الموطن غير مناسب له.

**مصطلحات علمية**

**الموطن البيئي Habitat**: هو المكان الذي يتخذه الكائن الحي مسكنًا له، ويلبي جميع الظروف البيئية التي يحتاج إليها للبقاء على قيد الحياة.

**المنافسة Competition**: العلاقات بين الكائنات الحية التي تحتاج إلى المورد نفسه في المساحة نفسها.

## العوامل الحيوية في النظم البيئية

العوامل الحيوية في المحيط الحيوي Biosphere هي الكائنات الحية (نباتات، حيوانات، حشرات، كائنات حية دقيقة)، وتفاعلاتها الحيوية التي تشمل المنافسة والافتراس والرعي والتحلل (الصورة ١-٥).

**الصورة ١-٥ الكائنات الحية مثل النباتات الموجودة في هذه الغابة في جزر سيشل أمثلة على العوامل الحيوية التي تؤدّي دورًا في تشكل النظام البيئي ووظيفته.**

من الأمثلة على بعض هذه التفاعلات الحيوية:

- **المنافسة داخل النوع Intra- specific competition**، على سبيل المثال، يتنافس الذكور للتزاوج مع الإناث، كأن يتنافس ذكر الغزال مع ذكر غزال آخر للتزاوج مع الإناث في القطيع.
- **المنافسة بين الأنواع Inter- specific competition**، حيث تتنافس الأنواع المختلفة على الموارد نفسها. (على سبيل المثال تفترس الأسود والضباع نوعًا واحدًا من الظباء).
- **الافتراس Predation**، حيث يتغذى كائن حي على كائن حي آخر، على سبيل المثال يتغذى الأسد على الظبي.
- **الرعي Grazing**، حيث تتغذى آكلات الأعشاب Herbivores على الأعشاب والنباتات الأخرى التي تُعدّ مصدر غذائها الرئيسي، إلا أن الرعي الجائر لهذه الأعشاب ينتج عنه تغير في أنواع وكمية النباتات الموجودة في المنطقة.

**مصطلحات علمية**

**المنافسة داخل النوع Intra- specific competition**: منافسة بين أفراد النوع نفسه.

**المنافسة بين الأنواع Inter- specific competition**: منافسة بين أفراد من أنواع مختلفة.

**الافتراس Predation**: تفاعل حيوي حيث يقوم كائن حي (المفترس) بقتل وأكل كائن حي آخر (فريسته).

**الرعي Grazing**: تفاعل حيوي يتغذى فيه كائن حي على النباتات مثل الأعشاب أو أوراق الأشجار أو الطحالب.

- توفر النباتات الخضراء الأكسجين للكائنات الحية من خلال عملية التمثيل الضوئي.
- تُطلق الحيوانات ثاني أكسيد الكربون بعملية التنفس الذي تستخدمه النباتات لإنتاج الغذاء والطاقة من خلال عملية التمثيل الضوئي.
- توفر النباتات الغذاء والموطن للحيوانات، ومع ذلك، فهي تعتمد بدورها على الكائنات الحية الموجودة في التربة التي تقوم بعملية التحلل، حيث إن عملية التحلل هذه تطلق المغذيات من المواد المتحلّلة التي تحتاج إليها النباتات للنمو.
- تشارك بعض الكائنات الحية في تكاثر النباتات، على سبيل المثال، يلقح النحل الأزهار ويساعد في إخصاب نبات من نبات آخر من النوع نفسه.

## المستويات الغذائية والسلاسل الغذائية

تتكوّن العوامل الحيوية من المنتجات والمستهلكات، وهي تشغل موقعًا محددًا في **السلسلة الغذائية Food chain**.

يوجد عادة أربعة **مستويات غذائية Trophic levels** داخل **الهرم البيئي Ecological pyramid** (الشكل ١-٦). يتكوّن المستوى الأول من **المنتجات Producers**.

ومن الأمثلة على المنتجات، النباتات والطحالب والعوالق النباتية، وجميعها تستخدم الطاقة الضوئية (الإشعاع الشمسي) لتقوم بعملية التمثيل الضوئي وتنتج الغذاء الخاص بها.

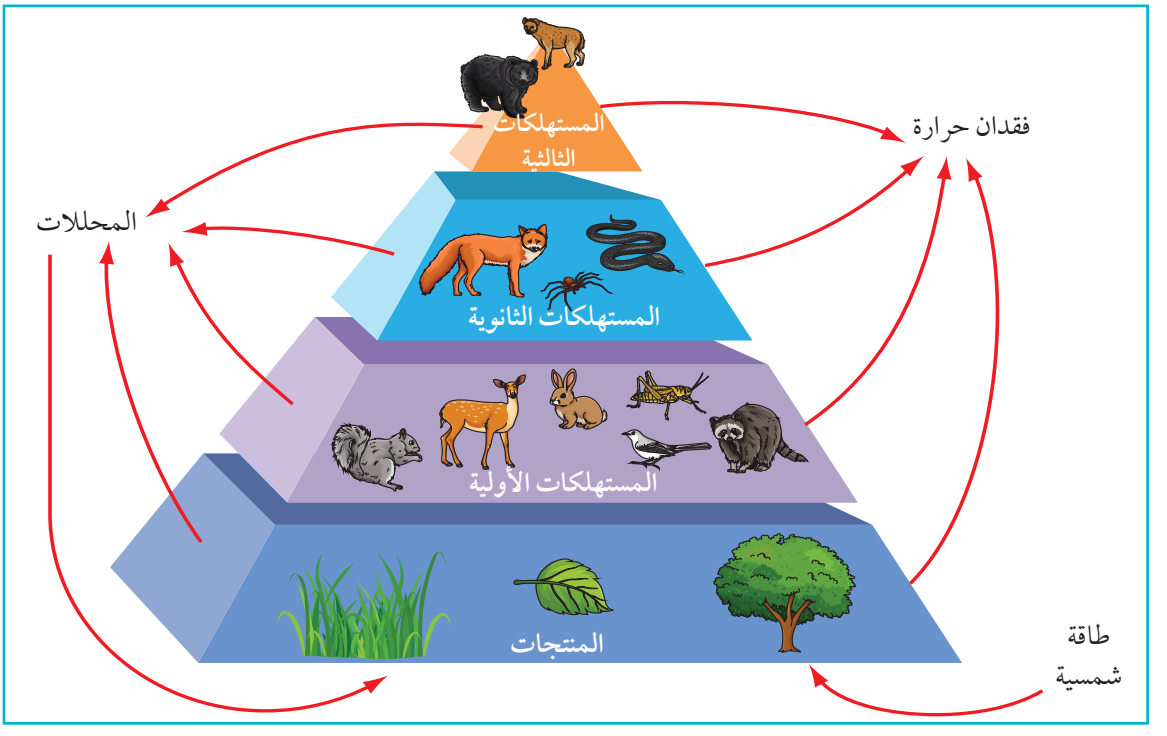
### مصطلحات علمية

**السلسلة الغذائية Food chain**: تسلسل تغذية الكائنات الحية، ويشير إلى تدفق الطاقة، حيث يتم استهلاك أحد الأنواع من المستهلك الذي يليه، أي من المنتج عبر السلسلة إلى المفترس العلوي.

**المستوى الغذائي Trophic level**: مجموعة من الكائنات الحية داخل النظام البيئي تملأ المستوى نفسه داخل السلسلة الغذائية.

**الهرم البيئي Ecological pyramid**: رسم يمثل العلاقة بين الكائنات الحية في مستويات غذائية مختلفة في النظام البيئي.

**المنتج Producer**: الكائن الحي في السلسلة الغذائية الذي ينتج غذاءَه من خلال عملية التمثيل الضوئي.




الشكل ١-٦ هرم بيئي يوضح كيف يتوافق الصعود عبر المستويات الغذائية مع انخفاض مقدار المغذيات المتوافرة. يتم تمرير 10% فقط من الطاقة إلى المستوى التالي، ما يقلل من كمية الطاقة المتوافرة أثناء صعود الهرم.

تتكوّن المستويات الغذائية الثلاثة الأخرى من **المستهلكات Consumers**، التي لا تستطيع إنتاج مصدر غذائها، ويجب عليها استهلاك كائنات حية أخرى للحصول على المغذيات. يتكوّن المستوى الغذائي الثاني من **آكلات الأعشاب Herbivores** (المستهلكات الأولية)؛ وتأكل آكلات الأعشاب فقط المنتجات (النباتات) للحصول على طاقتها.

يتكوّن المستويان الثالث والرابع من **القوارت Omnivores** و**آكلات اللحوم Carnivores**. تعرف المستهلكات في المستوى الثالث باسم المستهلكات الثانوية، حيث إنها تأكل الكائنات الحية من المستويَين الغذائيَّين الأولَين. وهي عادة قوارت تأكل النباتات والحيوانات على حد سواء.

وتعرف المستهلكات في المستوى الرابع باسم المستهلكات الثالثية، وهي غالبًا مفترسات عليا Apex predators وتعدّ من آكلات اللحوم كالأسد في الصورة (١-٦) وتشكل قمة الطبقة العليا للهرم البيئي. تستهلك هذه الحيوانات اللحوم فقط ولا توجد مفترسات طبيعية لها. ويمكن للقوارت كالدب على سبيل المثال أن تكون مستهلكات ثالثية.

ومن الممكن أن تحتوي بعض الأهرامات البيئية على مستويات غذائية إضافية، اعتمادًا على النظام البيئي.

**الصورة ١-٦ الأسد مثال على المفترس العلوي مع عدم وجود مفترسات طبيعية له ويحتل موقعًا على قمة الهرم البيئي.**

لا تنتمي **المحللات Decomposers** كالفطريات والبكتيريا إلى مستوى غذائي محدد. ومع ذلك تؤدّي دورًا مهمًا في استهلاك المواد النباتية والحيوانية الميتة، وتحوّلها إلى مغذيات وطاقة تطلق مرة أخرى إلى التربة وتستخدمها النباتات للنمو. وهي بذلك «القائمة بإعادة التدوير» Recyclers في النظام البيئي بشكل فاعل (الشكل ١-٦).

**العامل المحدد Limiting factor** في **الشبكة الغذائية Food web** أو الهرم البيئي هو كمية الطاقة المتوافرة لكل مستوى غذائي. ويتم تحويل نحو 10% فقط من الطاقة التي يتم استهلاكها عند كل مستوى غذائي إلى **كتلة حيوية Biomass**، ويتم فقدان باقي الطاقة من خلال الفضلات، والتنفس، والتكاثر والنمو (الشكل ١-٦).

### مصطلحات علمية

**المستهلك Consumer**: الكائن الحي الذي لا يستطيع إنتاج غذائه بنفسه ويجب أن يأكل كائنات حية أخرى للحصول على المغذيات.

***آكل الأعشاب Herbivore**: كائن حي يأكل النباتات فقط، ويعرف أيضًا باسم المستهلك الأولي.

***القارت Omnivore**: كائن حي يأكل كلًا من اللحوم والنباتات، ويؤدي غالبًا دور المستهلك الثانوي.

***آكل اللحوم Carnivore**: كائن حي يأكل اللحوم فقط، ويؤدي غالبًا دور المستهلك الثالثي.

**المحلل Decomposer**: كائن حي يقوم بتفكيك المادة العضوية.

**العامل المحدد Limiting factor**: هو العامل الذي يسبب تباطؤ نمو الجماعة الأحيائية أو تقييد حجمها (قد يستخدم مصطلح العامل المحدد أيضًا في سياقات أخرى للإشارة إلى أي عامل قد يبطئ أو يقلل من احتمال حدوث أمر ما).

**الشبكة الغذائية Food web**: ارتباط جميع أفراد السلاسل الغذائية داخل المجتمع الأحيائي.

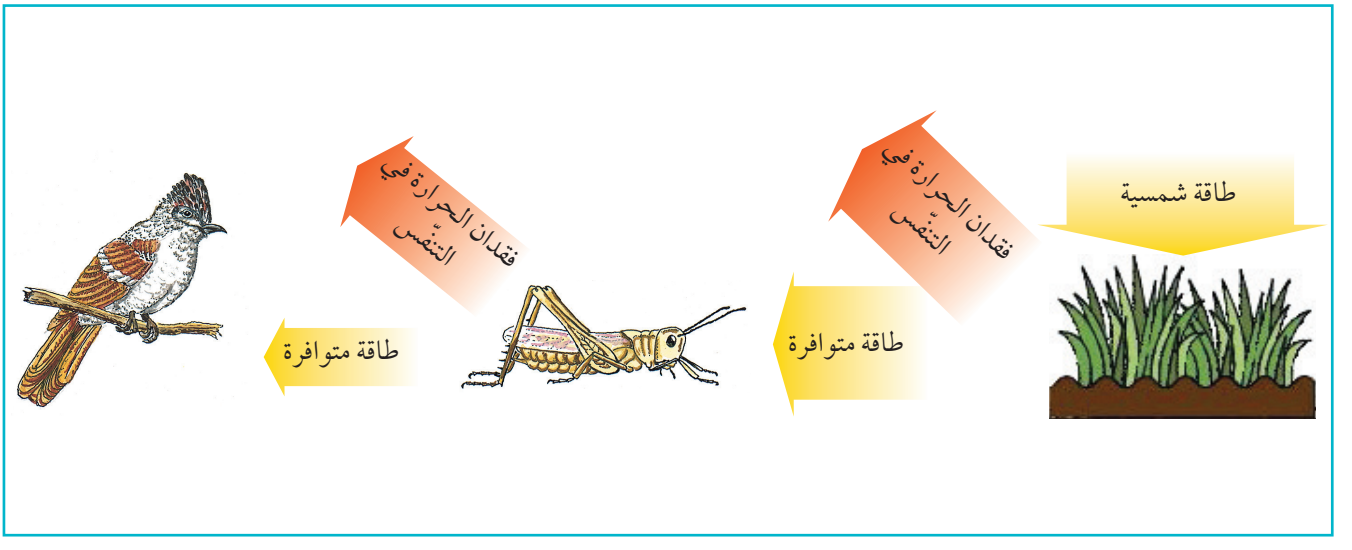
**الكتلة الحيوية Biomass**: إجمالي كمية المادة العضوية أو وزنها في النظام البيئي أو المواد النباتية المستخدمة كمصدر للطاقة.

وهذا يعني أنه في الوقت الذي يستهلك فيه المفترس العلوي – في المستوى الرابع– فريسته، سيكون 0.001% فقط من الطاقة التي خزنها المنتج في السلسلة الغذائية متاحًا ليستخدمه ذلك المفترس العلوي. وبالتالي، يتحدد طول السلسلة الغذائية بكمية الطاقة التي تنتقل بين كل مستوى من مستويات السلسلة الغذائية.

تمثل السلسلة الغذائية في الشكل (١–٧) تتابع تغذية الكائنات الحية الذي يشير إلى تدفق الطاقة نتيجة استهلاك نوع واحد من قبل المستهلك الذي يليه، بدءًا من المنتج الأساسي عبر السلسلة، وصولًا إلى المستهلك الثانوي. يشير السهم في السلسلة الغذائية إلى اتجاه تدفق الطاقة. قد تشتمل السلاسل الغذائية على العديد من المستويات الغذائية، وصولًا إلى المفترس العلوي.

الشبكة الغذائية في النظام البيئي هي تشابك العديد من السلاسل الغذائية المختلفة لتكوّن شبكة، حيث تكون جميع النباتات والحيوانات في النظام البيئي جزءًا من هذه الشبكة الغذائية المعقدة (الشكل ١–٨).

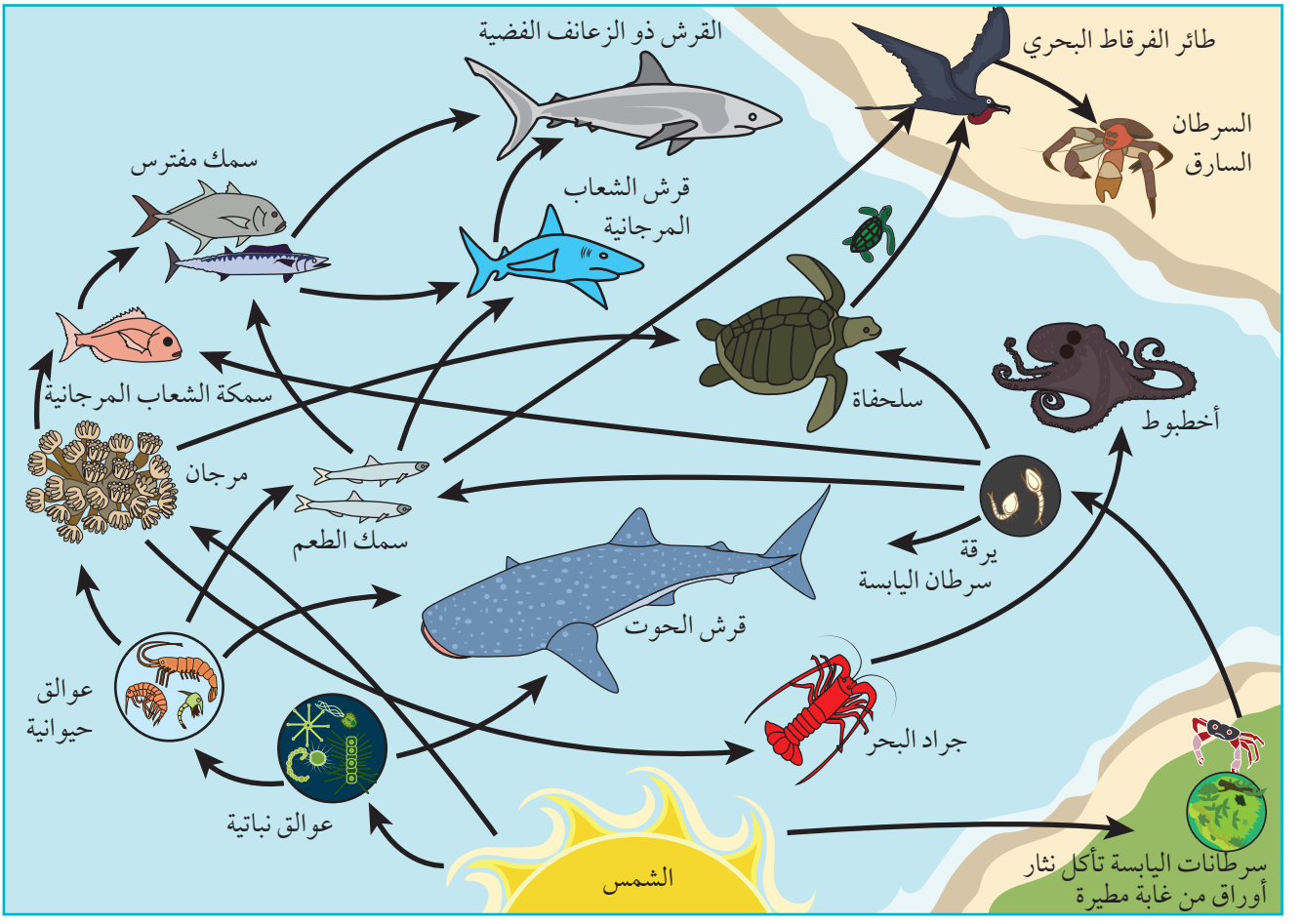
يكون النظام البيئي أكثر استقرارًا كلما كانت الشبكة الغذائية أكثر تعقيدًا. فإذا وجد عدد كبير من المنتجات والفرائس، فسيتوافر للمستهلكات مصادر غذائية بديلة عند اختفاء نوع واحد، ويصبح بإمكانها البقاء على قيد الحياة. في المقابل يكون النظام البيئي أكثر هشاشة كلما كانت الشبكة الغذائية أصغر وأقل تعقيدًا، وزيادة احتمالية انهياره نتيجة لأي عامل متغير داخله (مثل التلوث، أو نقص المياه، أو اختفاء الأنواع).




**الشكل ١–٧ يوضح سلسلة غذائية تتدفق فيها الطاقة من المنتجات (النباتات) إلى المستهلك الأولي (الجندب)، ثم إلى المستهلك الثانوي (صائد الذباب).**

**مهمّ**

عندما يطلب إليك رسم شبكة غذائية أو سلسلة غذائية تحتاج فقط إلى كتابة أسماء الكائنات الحية، لا إلى رسم صور للكائنات الحية نفسها.




**الشكل ١-٨ مثال على الشبكة الغذائية التي توضح التعقيد في مسارات الطاقة مع مصادر غذاء مختلفة لكائنات حية متنوعة.**

## دراسة حالة

### التأقلم مع مناخ الصحراء الحارة

تستطيع الكائنات الحية التأقلم مع الظروف المختلفة. ويكون هذا التأقلم في بعض الأحيان غير عادي، إذ تعيش بعض الأنواع في مناطق تكون فيها العوامل غير الحيوية قاسية جدًّا بحيث لا يمكنها البقاء على قيد الحياة. يكون التنوع البيولوجي في هذه المناطق منخفضًا بفعل الظروف القاسية، بحيث لا يبقى منها إلا الأنواع عالية التخصص.

### خنفساء صحراء ناميبيا

الموطن الأصلي لخنفساء صحراء ناميبيا Namib desert beetle هو صحراء ناميبيا على امتداد الساحل الغربي لجنوب أفريقيا (الصورة ١-٧). قد تتلقى المناطق الأكثر جفافًا ما لا يقل عن 2 mm من الأمطار سنويًا، ما يجعلها صحراء شديدة الجفاف. ومع ذلك، جعل الله سبحانه وتعالى في خنفساء الصحراء طريقة تحافظ فيها على رطوبة جسمها. فهي تجمع الماء من على ظهرها المتعرج في الصباح الباكر عندما يتحرك الضباب من البحر باتجاه الداخل. ولشرب الماء تقف الخنفساء على نتوءات صغيرة من الرمال حيث تساعد أرجلها الخلفية الطويلة والرفيعة على رفع جسمها إلى الأعلى بزاوية 45 درجة. تنشر الخنفساء أجنحتها المتصلبة وتلتقط قُطيرات الضباب عليها، وهكذا تلتصق قُطيرات الماء على النتوءات **المحبة للماء Hydrophilic** الموجودة على الأجنحة، ثم تتدحرج نحو فم الخنفساء لتشرب. وتستطيع خنفساء صحراء ناميبيا بهذه الطريقة أن تعيش في بيئة يصعب فيها الحصول على كمية كافية من الماء لبقائها على قيد الحياة.

#### مصطلحات علمية

*محبة للماء **Hydrophilic**: مادة تجذب الماء وتحتفظ به.

## تابع

**الصورة ١-٧ تعيش خنفساء صحراء ناميبيا Namib في أحد المناخات الأكثر جفافًا في العالم، حيث يبلغ معدل هطول الأمطار 40 mm فقط في السنة. لقد تأقلمت عن طريق جمع الماء من ضباب الصباح الباكر، بما يسمى أيضًا تشمس الضباب.**

### ضفادع الصحراء

بعض البرمائيات التي ترتبط بالمناخات الرطبة تأقلمت على العيش في الصحراء أو في المناخات التي تتعرض لفترات طويلة من الجفاف. وقد جعل الله لها استراتيجيات مختلفة، كامتلاكها أطرافًا قادرة على الحفر؛ إذ تحفر حتى عمق 1.5 m تحت السطح بعيدًا عن الحرارة. ويمكنها قضاء أشهر وحتى سنوات في الحفرة في كل مرة، حيث تخرج للتكاثر في برك مؤقتة تتكوّن بعد هطول الأمطار.

الضفدع الأفريقي (بكسي) African Pixie ثاني أكبر ضفدع في العالم، ويعرف بالضفدع الأفريقي العملاق، أو الضفدع الثور Bullfrog نظرًا إلى حجمه الكبير وصوته العميق (الصورة ١-٨). يستطيع هذا الضفدع البقاء حيًا في المناخ الحار والجاف، حيث تتعرض المنطقة لموجات جفاف دورية طويلة المدى.

يمكن لهذا الضفدع البقاء تحت سطح الأرض أثناء ظروف الجفاف حتى 7 سنوات. فكيف يستطيع ذلك؟

يعيش ضفدع بكسي في المنطقة العشبية (السافانا) في جنوب أفريقيا بالقرب من مصادر المياه العذبة مثل البحيرات والبرك. لكنه يعيش خلال فترات الجفاف في الجحور على عمق (15-20 cm) تحت سطح الأرض، وقد كان الاعتقاد سابقًا أن ضفدع بكسي يموت خلال فترات

**الصورة ١-٨ ذكر ضفدع بكسي ببطنه الأصفر المميز.**

الجفاف الطويلة المعتادة في موطنه البيئي. عندما تبدأ الأرض بالجفاف، يفرز هذا الضفدع طبقة من المخاط حول جسمه تكوّن **كيسًا مخاطيًا Mucus sac** متخصصًا. ويعيش الضفدع في الكيس في حالة **سُبات Hibernation** بانتظار عودة الأمطار؛ وبمجرد عودتها يذيب الماء الكيس المخاطي، ويستيقظ الضفدع.

### مصطلحات علمية

*المخاط **Mucus**: مادة لزجة دبقة تغلف السطح الذي تغطيه وتحميه وترطبه.

*السُّبات **Hibernation**: فترة زمنية يكون فيها النبات أو الحيوان في حالة سكون أو حالة غير نشطة تشبه النوم.

### أسئلة

١. في مجموعات من طالبَين أو ثلاثة، ابحثوا عن كائن حي يشبه ضفدع بكسي أو خنفساء صحراء ناميبيا، اللذين يستخدمان طريقة غير عادية للبقاء على قيد الحياة في النظام البيئي، حيث لا يتوقع ذلك. ضمّن مناقشتك العوامل الحيوية والعوامل غير الحيوية والسلاسل الغذائية وتدفقات الطاقة.

٢. اعرض نتائجك على الصف، وناقش الآليات المختلفة التي ساعدت الكائنات الحية التي استقصيتها للبقاء على قيد الحياة.

## دورة الكربون

**دورة الكربون Carbon cycle** سلسلة من العمليات يتم من خلالها إعادة استخدام الكربون في الطبيعة. في هذه الدورة، ينتقل الكربون من الغلاف الجوي إلى الكائنات الحية ثم إلى الأرض قبل أن يطلق مرة أخرى إلى الغلاف الجوي. معظم الكربون يتم تخزينه في الصخور والرواسب بينما يتم تخزين كميّات أقل في المحيطات والغلاف الجوي والكائنات الحية. يتدفق الكربون في دورة الكربون بين مخازنه المختلفة. وتكون بعض هذه التبادلات سريعة وبعضها الآخر بطيئًا. وقد يؤدي أي تغيير في تدفق دورة الكربون إلى حصول أحد المخازن على المزيد من الكربون ليخزن مقدارًا أقل في مخزن آخر. هذا المبدأ أساسي لفهم كيف تسبب التغيرات في توازن الكربون في الغلاف الجوي تغيرات في المناخ العالمي.

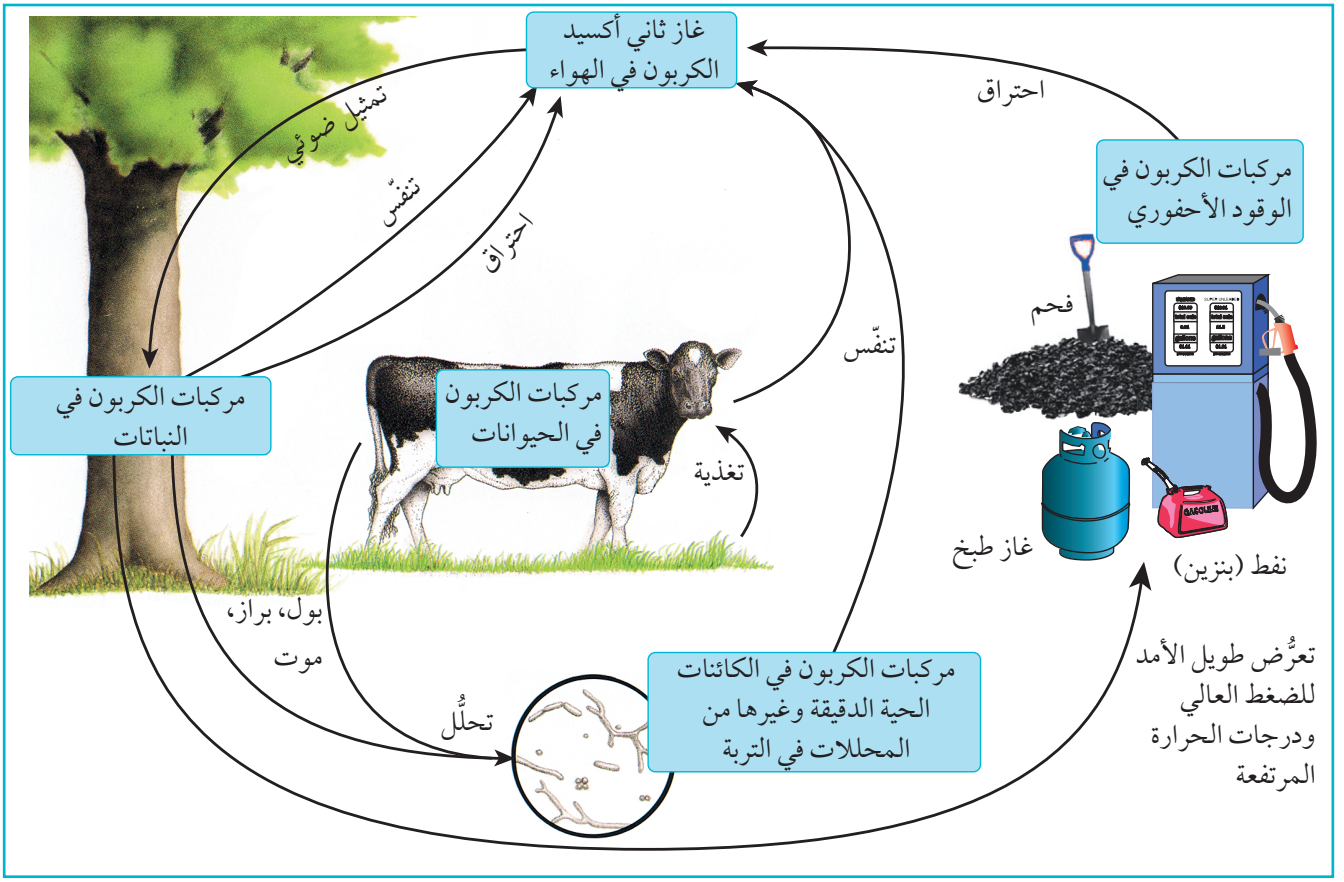
### مصطلحات علمية

**دورة الكربون Carbon cycle**: تدفق الكربون بين مخازن الكربون المختلفة.

دورة الكربون مثل دورة الماء، تمثل نظامًا يحتوي على مدخلات، ومخازن، وتدفقات ومخرجات تنقل الكربون من مخزن كربون إلى مخزن آخر، الأمر الذي يغير من توازن الكربون داخل هذه الدورة.

يشكل الكربون أساس الحياة على الأرض، حيث تتكون الكائنات الحية منه، ويستهلكه الإنسان، وتعتمد حياته على اقتصادياته.

تمثل دورة الكربون حركة الكربون عبر الكائنات الحية على الأرض، وداخل المحيط الحيوي (الشكل ١-٩). تنتقل ذرات الكربون باستمرار من الغلاف الجوي إلى الأرض ثم تعود إلى الغلاف الجوي.

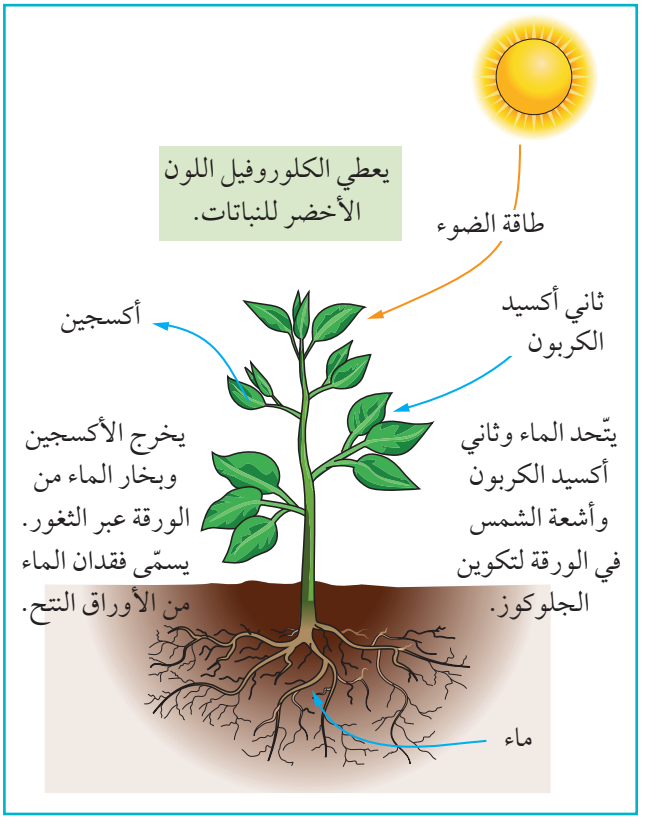



**الشكل ١-٩ دورة الكربون، توضح كيف يمكن أن ينتقل ثاني أكسيد الكربون من مخزن إلى آخر في فترة زمنية قصيرة نسبيًا (أسابيع، أيام، وحتى ساعات).**

ويخزن معظم الكربون على الأرض في الصخور والرواسب والأحافير، في حين يوجد الباقي في الغلاف الجوي والمحيطات والكائنات الحية. يؤدي تحجر Fossilization المادة العضوية إلى تكوّن مصادر طاقة الكربون مثل الفحم الحجري والنفط. وتختلف الفترات الزمنية التي تتم فيها العمليات المختلفة في دورة الكربون من أيام إلى عقود بين الكائنات الحية والغلاف الجوي، ومئات ملايين السنين أثناء عملية التحجر، والتي يتنقل فيها الكربون بين قشرة الأرض والغلاف الجوي.

الكربون عنصر متعدد الاستخدامات يمكنه تكوين تنوع كبير من الجزيئات العضوية المعقدة، حتى إن مركب DNA يُبنى حول سلسلة كربون.

يأتي الكربون في غالبية المنتجات من ثاني أكسيد الكربون في الهواء، والذي يتحول إلى الجلوكوز أثناء عملية **التمثيل الضوئي Photosynthesis** (الشكل ١-١٠). تستخدم الكائنات الحية التي تقوم بعملية التمثيل الضوئي **الكلوروفيل Chlorophyll**، وهو صبغة موجودة في البلاستيدات الخضراء، لامتصاص الطاقة من ضوء الشمس واستخدامها لتفاعل ثاني أكسيد الكربون والماء معًا لإنتاج الجلوكوز والأكسجين (الصورة ١-٩).




**الشكل ١-١٠ في عملية التمثيل الضوئي، يستخدم النبات طاقة الضوء وثاني أكسيد الكربون والماء لإنتاج الطاقة على شكل جلوكوز، ويطلق النبات الأكسجين كناتج ثانوي.**

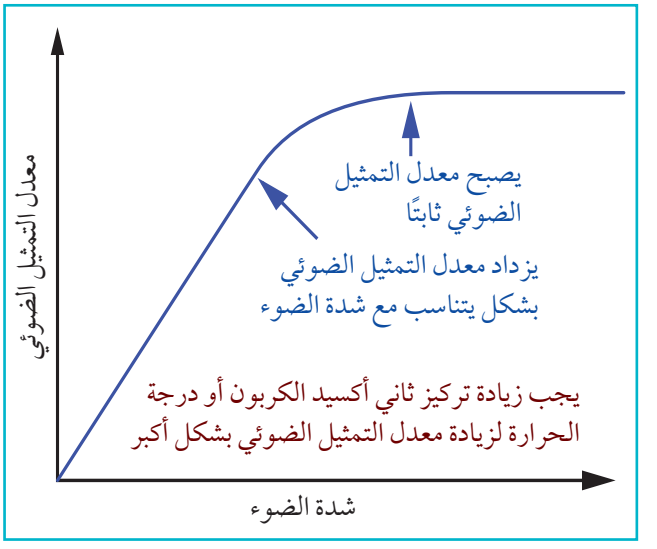
### مصطلحات علمية

**التمثيل الضوئي Photosynthesis**: العملية التي تصنع النباتات من خلالها الجلوكوز باستخدام ثاني أكسيد الكربون والماء والطاقة من أشعة الشمس.

**الكلوروفيل Chlorophyll**: الصبغة الخضراء في أوراق جميع النباتات المسؤولة عن امتصاص الضوء لتوفير الطاقة لعملية التمثيل الضوئي.

**الصورة ١-٩ جميع هذه المنتجات الثلاثة: نبات الصبّار ونبات النعناع البلدي ونخيل جوز الهند تستخدم الكلوروفيل للقيام بعملية التمثيل الضوئي.**

يعتمد التمثيل الضوئي على بعض العوامل المحددة. إن توافر الماء وثاني أكسيد الكربون ودرجة الحرارة فضلًا عن الضوء كلها تؤثر على معدل عملية التمثيل الضوئي. فإذا كان أي من هذه العوامل محدودًا أو غائبًا، فسوف تتباطأ عملية التمثيل الضوئي أو تتوقف (الشكل ١-١١).




**الشكل ١-١١ معدل التمثيل الضوئي مقابل شدة الضوء.**

الكائنات الحية على الأرض التي تقوم بعملية التمثيل الضوئي (النباتات والعوالق النباتية) تشكل جزءًا حيويًا من دورة الكربون، فتأخذ الكائنات الحية ثاني أكسيد الكربون من الغلاف الجوي وتحوله في خلاياها إلى الجلوكوز. تطلق تلك الكائنات الحية الطاقة المخزنة في الجلوكوز من خلال عملية تسمى التنفس. **التنفس الهوائي Aerobic respiration** يكسر جزيئات الجلوكوز باستخدام الأكسجين وينتج ثاني أكسيد الكربون والماء.

التمثيل الضوئي:

أكسجين + جلوكوز $\xrightarrow[\text{الكلوروفيل}]{\text{ضوء الشمس}}$ ماء + ثاني أكسيد الكربون

$$6CO_2 + 6H_2O \longrightarrow C_6H_{12}O_6 + 6O_2$$

التنفّس الهوائي:

ماء + ثاني أكسيد الكربون ⟶ أكسجين + جلوكوز

$$C_6H_{12}O_6 + 6O_2 \longrightarrow 6CO_2 + 6H_2O$$

**ملاحظة:** المعادلتان متعاكستان.

يمكن إطلاق الكربون الذي يخزنه النبات بعدة طرائق:

- يستخدم النبات الجلوكوز للتنفس، ويطلق ثاني أكسيد الكربون في الغلاف الجوي، أو يدخل الكربون في خلايا جديدة للتكاثر والنمو وإصلاح التلف.
- يأكل المستهلك الأولي النبات، ويُدخل الكربون في نظامه الخاص، أو يطلقه على شكل ثاني أكسيد الكربون من خلال التنفّس.
- يتحلل النبات ويُعاد إطلاق الكربون مرة أخرى إلى الغلاف الجوي.
- يطلق الكربون مرة أخرى إلى الغلاف الجوي على شكل ثاني أكسيد الكربون عند حرق النبات تاركًا الرماد.
- يطلق الكربون المختزن عند **احتراق Combustion** الوقود الأحفوري (النفط والفحم الحجري) الناتج من تحجر النباتات.

يطلق ثاني أكسيد الكربون في كل هذه العمليات مرة أخرى إلى الغلاف الجوي الأمر الذي يجعله متاحًا للامتصاص في دورة الكربون.

ترتبط دورة الكربون ارتباطًا وثيقًا بمواسم نمو النباتات، حيث يتزايد ثاني أكسيد الكربون في الغلاف الجوي أثناء فترات النمو البطيء (في الشتاء) ويتناقص أثناء فترات النمو السريع (في الصيف). لذلك تؤدّي الكائنات الحية التي تقوم بعملية التمثيل الضوئي دورًا حيويًا في دورة الكربون (الشكل ١-٩).

تشكل دورة الكربون جانبًا مهمًا من الحياة على الأرض، فثاني أكسيد الكربون هو أحد غازات الدفيئة وقد يحتجز الحرارة من الشمس.

### مصطلحات علمية

**التنفّس الهوائي Aerobic respiration**: التفاعلات الكيميائية في الخلايا التي تفكك جزيئات الجلوكوز باستخدام الأكسجين وتطلق الطاقة وثاني أكسيد الكربون والماء.

**احتراق Combustion**: احتراق شيء ما، مثلًا احتراق الوقود الأحفوري لاستخدام طاقته.

## الحياد الكربوني وصافي الانبعاثات الصفري

يخزن الكربون في **مصارف الكربون** **Carbon sinks** طويلة الأمد أو قصيرة الأمد، وهو مخزن طبيعي أو صناعي يمتص الكربون ويحتفظ به. عندما يطلق أحد هذه المخازن الكربون يصبح **مصدر كربون** **Carbon source**.

يمكن للعديد من الأنشطة البشرية أن تسهم في زيادة كربون الغلاف الجوي إما بإزالة مصارف الكربون، مثل قطع أشجار القرم (المانجروف)، أو تكوين مصادر كربون من خلال احتراق الوقود الأحفوري. قد تؤدي زيادة كميّة الكربون في الغلاف الجوي إلى زيادة ظاهرة الاحتباس الحراري (تأثير غازات الدفيئة)، ما يسبب ارتفاع درجة الحرارة العالمية، ويؤدي إلى تغير المناخ. سوف تتعلم المزيد عن هذا الموضوع في الصف الثاني عشر.

إحدى الطرائق الرئيسية التي يسهم فيها الإنسان في زيادة كربون الغلاف الجوي هي احتراق الوقود الأحفوري، وهو الوقود الذي يحتوي على الكربون المتكوّن على مدى ملايين السنين من تحلل المواد العضوية.

فيما يأتي معادلة احتراق نوعَين من الوقود:

**احتراق غاز الميثان:**

ماء + ثاني أكسيد الكربون ⟶ أكسجين + ميثان

$$CH_4 + 2O_2 \longrightarrow CO_2 + 2H_2O$$

**احتراق الأوكتان، أحد مكونات النفط:**

ماء + ثاني أكسيد الكربون ⟶ أكسجين + أوكتان

$$2C_8H_{18} + 25O_2 \longrightarrow 16CO_2 + 18H_2O$$

لاحظ أوجه الشبه فيما بينها ومع معادلة التنفس الهوائي.

يحقق الشخص – أو الشركة أو الدولة – **الحياد الكربوني (أو الحياد الصفري)** **Carbon neutral** إذا وازن بين ثاني أكسيد الكربون الذي ينطلق في الغلاف الجوي من خلال الأنشطة اليومية، والكميّة التي يزيلها منه. ويمكن تحقيق ذلك بطريقتَين: تقليل كميّة مصادر الكربون التي يستخدمها، أو زيادة مصارف الكربون المتوافرة. على سبيل المثال، يمكن لشركة تنتج الطاقة من خلال احتراق الوقود الأحفوري أن توازن الكربون المنبعث من خلال رعاية برامج زراعة الأشجار. فالقيّمون على الشركة أو الدولة، وعلى الرغم من إضافتهم للكربون إلى الغلاف الجوي، إلا أنهم يعملون على امتصاصه من الغلاف الجوي أيضًا، حيث يكون صافي إنتاجهم الإجمالي لثاني أكسيد الكربون صفرًا، أي **صافي الانبعاثات الصفري** **Net zero emissions**.

**مصطلحات علمية**

**مصرّف كربون** **Carbon sink**: مخزن يمتص المزيد من الكربون من الغلاف الجوي مقارنة بما يطلقه.

**مصدر كربون** **Carbon source**: مخزن يطلق المزيد من الكربون إلى الغلاف الجوي مقارنة بما يخزنه.

**الحياد الكربوني** **Carbon neutral**: التوازن بين كميّة الكربون الذي يتم إطلاقه وكميّة الكربون الذي يتم امتصاصه عبر الأنشطة المختلفة، الأمر الذي يؤدي إلى صافي انبعاثات صفري في الغلاف الجوي.

**صافي الانبعاثات الصفري** **Net zero emissions**: هدف التخلص التام من كمية الغازات الدفيئة الناتجة من الأنشطة البشرية وذلك عن طريق تخفيض الانبعاثات وتنفيذ طرائق لامتصاص ثاني أكسيد الكربون من الغلاف الجوي.

## الاستراتيجية الوطنية للانتقال المنظم للوصول إلى الحياد الصفري

يجب على الشركة أو الدولة التي تهدف إلى تحقيق صافي انبعاثات صفري النظر أولًا إلى بصمتها الكربونية الحالية التي ستُظهر جميع الانبعاثات الناتجة عن الأنشطة الحالية. فعلى سبيل المثال تمّ في سلطنة عمان تقدير انبعاثات الكربون لعام 2021 م ما يقارب 90 مليون طن مكافئ ثاني أكسيد الكربون؛ حيث إن 95 % من هذه الانبعاثات تصدر من خمسة قطاعات رئيسية، كما هو موضح في الشكل (١-١٢)

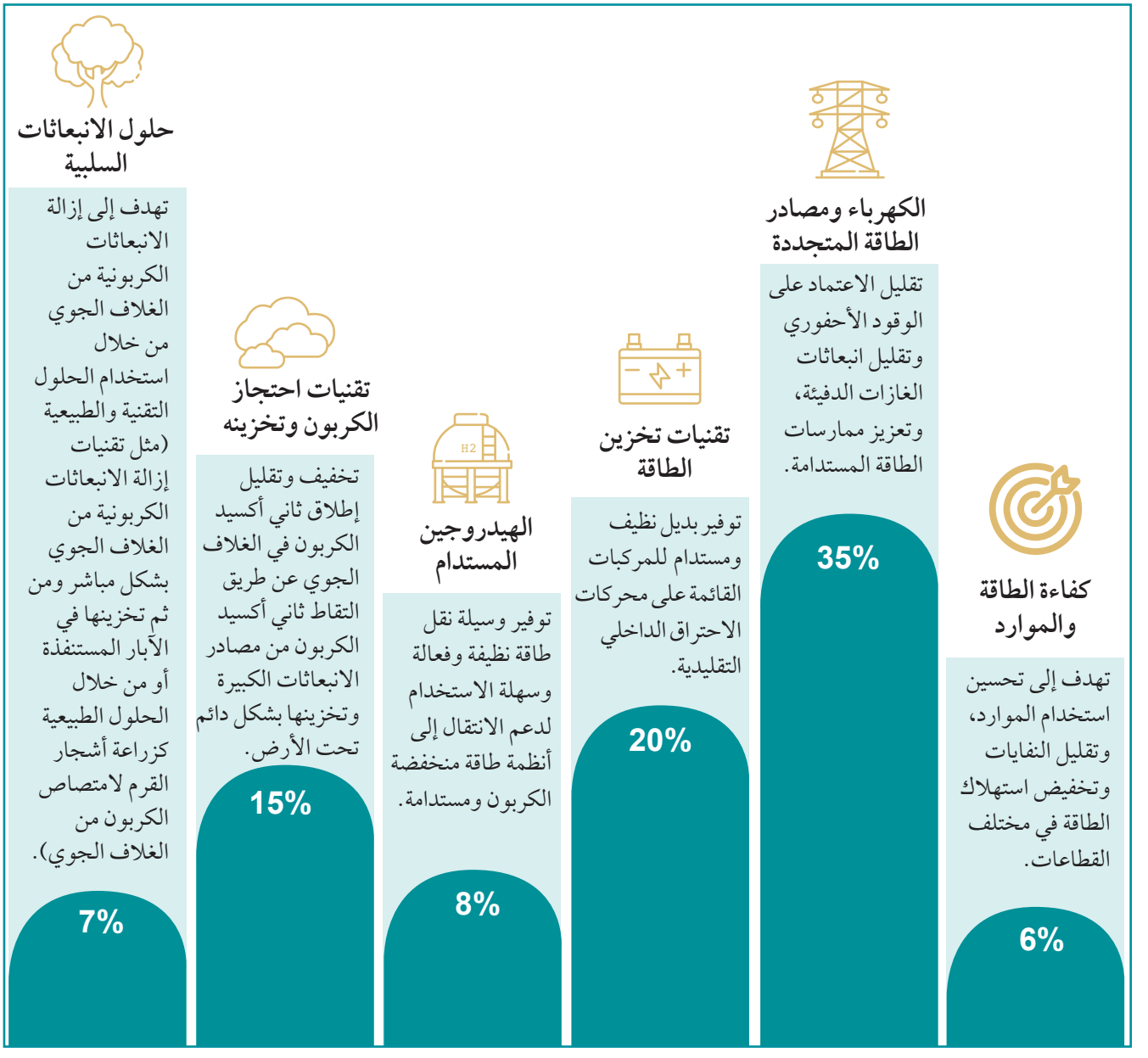
**الشكل ١-١٢ الانبعاثات الكربونية من القطاعات الرئيسية في سلطنة عُمان عام 2021 م.**

تحتاج سلطنة عمان لتحقيق صافي انبعاثات صفري إلى تقليل انبعاثاتها الكربونية من جميع القطاعات الخمسة، وزيادة احتجاز الكربون وتخزينه من خلال اتباع تقنيات مختلفة (الشكل ١-١٣).

ثمّة تحديات حقيقية تواجه تحقيق صافي انبعاثات صفري. فالكثير من الأشخاص في سلطنة عمان يمتلكون سيارات تعمل على البنزين، وتغيير ذلك يتطلب أساليب مختلفة، خصوصًا أن السيارات الكهربائية الجديدة عادة ما تكون أكثر تكلفة مقارنة مع سيارات البنزين. وقد كشف استطلاع رأي حديث لسكان محافظة مسقط عن وجود مخاوف بشأن استخدام السيارات الكهربائية من حيث البنية التحتية العامة للشحن الكهربائي، والمعرفة المحدودة بالسيارات الكهربائية، والأمور المالية المتعلقة بذلك. وكانت هناك حاجة أيضًا إلى زيادة الوعي العام بتغير المناخ وكيف يمكن للسيارات الكهربائية أن تساعد في الحد من هذا الأمر.

تقدم سلطنة عمان حوافز تشجيعية لاقتناء السيارات الكهربائية، مثل الإعفاء من الضريبة الجمركية ورسوم التسجيل. كما يشمل الدعم أيضًا تطويرات في البنية التحتية، مثل تركيب أجهزة الشحن السريع على الطرق السريعة. وقد يكون تشغيل السيارات الكهربائية أقل كلفة عند الاستخدام اليومي، حيث تستهلك السيارات الكهربائية طاقة كهربائية أقل (أي كفاءة أعلى في استهلاك الطاقة) لقطع المسافة نفسها التي تقطعها السيارات التي تعمل بالبنزين. وحتى لو تمّ توليد الطاقة الكهربائية من مصادر غير متجددة، تظلّ السيارات الكهربائية الخيار الأكثر صداقة للبيئة، وذلك لأنها تُصدر انبعاثات غازات دفيئة أقل بكثير من السيارات التي تعمل بالبنزين.

وعلى الرغم من الكلفة الأولية المرتفعة لشراء السيارة الكهربائية وتوفير البنية التحتية اللازمة، توجد فوائد لكل من المستهلك والبيئة. يعتقد معظم المشاركين في استطلاع الرأي في مسقط أن السيارات الكهربائية يمكن أن تحسن جودة الهواء، وتعزز الظروف المعيشية في المناطق المدنية، وتقلل من الضوضاء وتلوث الهواء.




**الشكل ١-١٣ التقنيات المساهمة في تحقيق الحياد الكربوني لسلطنة عُمان بحلول عام 2050 م،**
**المصدر: تقرير البرنامج الوطني لصافي انبعاثات الكربون الصفري لعام 2023 م، سلطنة عمان.**

يتمثل الهدف في سلطنة عمان في تقليل الانبعاثات من قطاع النقل إلى ما يصل إلى 100% بحلول سنة 2050 م، والسيارات الكهربائية هي الحل الأمثل لذلك (الصورة (١-١٠).

الصورة ١-١٠ سيارة كهربائية.

### أسئلة

٥ عرّف المصطلحات الآتية: المنطقة الأحيائية، النظام البيئي، الموطن البيئي.

٦ اشرح كيف يمكن أن يؤثر التغير في معدل التمثيل الضوئي على كميّة ثاني أكسيد الكربون في الغلاف الجوي.

٧ اشرح أهمية التمثيل الضوئي في دورة الكربون.

٨ حدّد نظامًا بيئيًا محليًا واكتب 150 – 200 كلمة عنه. **لخص** معنى المصطلحات العلمية: حيوي، وغير حيوي، وعوامل محددة، وناقش تأثيرها على التنوع البيولوجي. ارسم سلسلة غذائية للأنواع الموجودة في النظام البيئي.

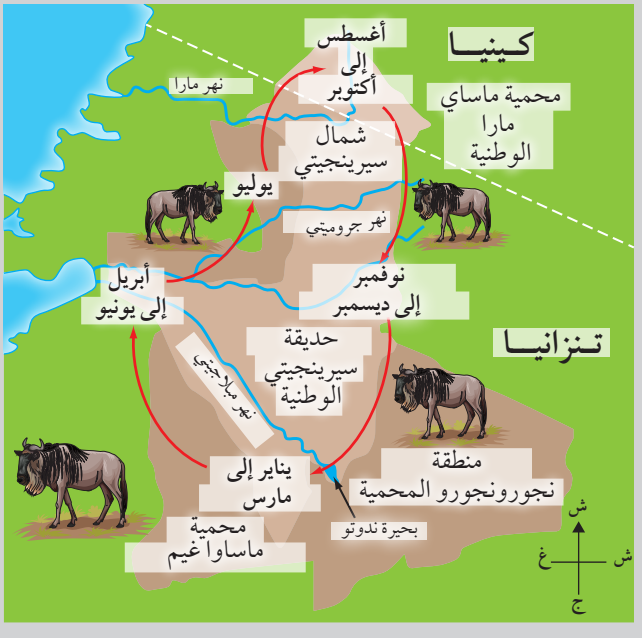
### أفعال إجرائية

**لخص Summarize**: اختر وقدم النقاط الرئيسية بدون تفصيل.

## دراسة حالة موسعة

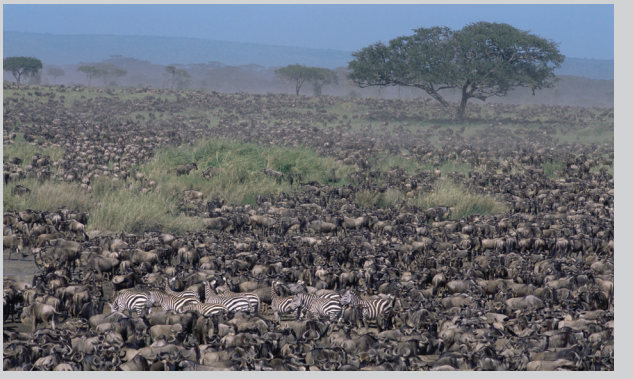
### ماساي مارا: الهجرة الكبرى

يهاجر كل سنة أكثر من مليوني حمار وحشي، وحيوان النّو وظبي الإيلاند وغزال من جنوب محمية سيرينجيتي Serengeti في تنزانيا لتتغذى على أعشاب ماساي مارا Masai Mara في كينيا (الشكل ١-١٤). لا تحدث هذه الهجرة مرة واحدة بين المنطقتَين، بل تشير إلى حركة مستمرة لهذه القطعان الكبيرة على مدار السنة، والتي تعرف بالهجرة الكبرى (الصورة ١-١١)، وتغطي مسافة 800 كم بنمط دائري يشبه اتجاه عقارب الساعة أثناء عبورها سيرينجيتي وماساي مارا.




الشكل ١-١٤ طرق هجرة القطعان الكبيرة.

(تابع)



**الصورة ١-١١ الهجرة الكبرى: تتبع قطعان كبيرة من حيوان النّو وحمير الوحش والظباء والغزلان مسارًا مستمرًا للهجرة حول سيرينجيتي وماساي مارا كل سنة.**

يتعيّن على الحيوانات عبور عدد من الأنهر في هذه الهجرة، بما في ذلك مارا Mara، وأنهر جرومتي Grumeti Rivers. وعلى الرغم من مخاطر المعبر المتمثّلة بوجود أكبر التماسيح في العالم وبتيارات الماء السريعة فهي تعبر الأنهر بحثًا عن الطعام على الجانب الآخر، بمعدّل يقارب 1.2 مليون من حيوان النّو سنويًا، ويموت منها نحو 6250 حيوانًا خلال هذا العبور (الصورة ١-١٢).

**الصورة ١-١٢ تعبر حيوانات النّو الوحشية نهر مارا في كينيا بأعداد كبيرة ما يقلل من احتمال تعرض الأفراد لهجوم التماسيح. ومع ذلك، تزيد الأعداد الكبيرة من خطر الغرق أو التعرض للتدافع والدعس.**

يمثل نهر مارا الذي يصبّ في بحيرة فكتوريا مصدرًا رئيسيًا للحياة البرية في النظام البيئي الأكبر سيرينجيتي-مارا. وتوفر الأفراد من القطعان التي تموت أثناء هجرتها غذاء للتماسيح وأسماك النهر. ويدعم كلا العاملَين، غير الحيوي (النهر) والحيوي (الحيوانات التي تموت في النهر) الحياة، فهما يعملان كنظام واحد، ويعتمد كل منهما على الآخر للتوازن البيئي.

### الأسباب غير الحيوية والأسباب الحيوية للهجرة الكبرى

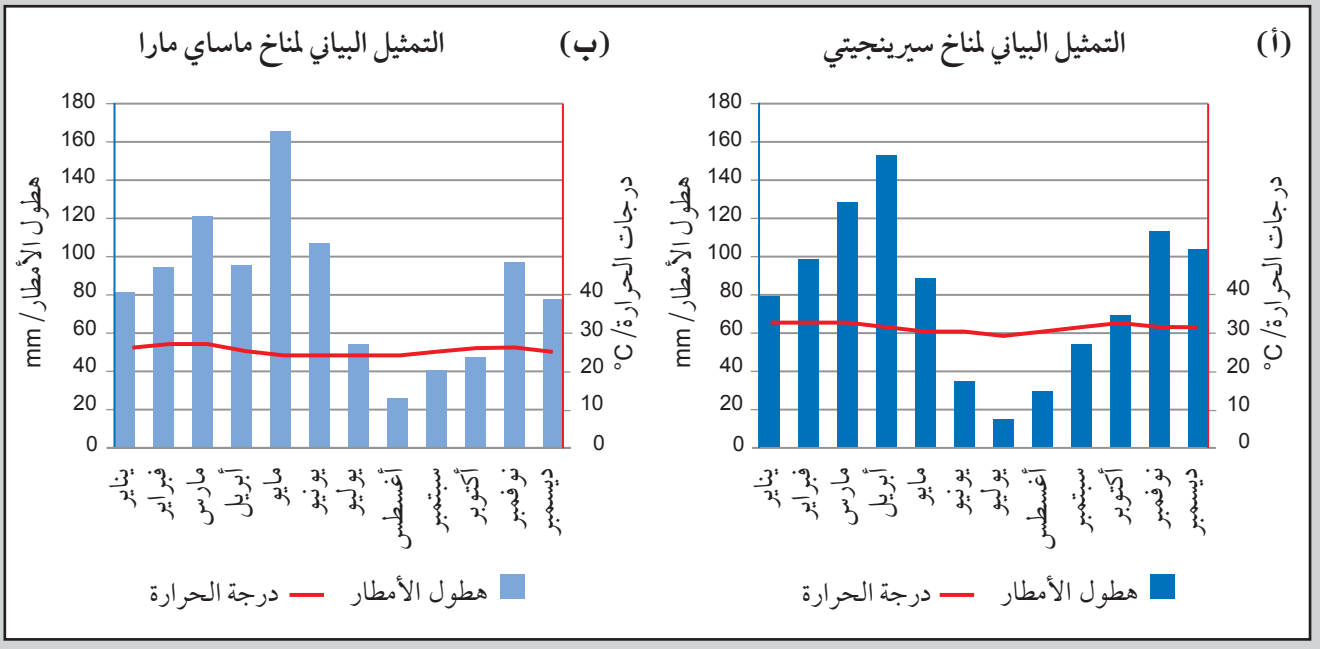
يُعتقد أن السبب الرئيسي غير الحيوي للهجرة الكبرى هو المناخ (الشكلان ١-١٥أ و ١-١٥ب)، حيث تتبع الحيوانات الأمطار. عند ملاحظة التمثيلات البيانية للمناخ لكل من جنوب سيرينجيتي (أقصى نقطة جنوبية للهجرة – الشكل ١-١٥أ) وماساي مارا (أقصى نقطة شمالية للهجرة، الشكل ١-١٥ب) لا يظهر اختلاف واضح في درجات الحرارة أو هطول الأمطار، فدرجات الحرارة القصوى ثابتة ومتماثلة على مدار العام في كلا المنطقتَين. يتراوح **مدى** Range درجات الحرارة في ماساي مارا بين 25 °C و 27 °C، ونطاقات درجات الحرارة في جنوب سيرينجيتي بين 29 °C و 34 °C. وتبدو أنماط الهطول المطري للوهلة الأولى متماثلة أيضًا مع مواسم جفاف تحدث في منتصف السنة. ومع ذلك، يوجد اختلاف بين المواسم الجافة والمواسم الرطبة. فالموسم الجاف في سيرينجيتي أكثر وضوحًا مما هو عليه في ماساي مارا، لأن الأمطار تهطل بانتظام أكبر في ماساي مارا الأقرب إلى خط الاستواء.

خلال شهرَي يناير وفبراير تنتشر القطعان عبر جنوب سيرينجيتي حيث الهطول كاف لتعزيز نمو النباتات، وهناك تلد الإناث. ومن شهر يوليو حتى شهر أكتوبر تنتقل الحيوانات بعيدًا عن المناطق الجنوبية شديدة الجفاف، وتتحرك شمالًا لتتبع هطول الأمطار والمناطق التي لا يزال نمو النبات فيها سليمًا. وتبدأ القطعان بالتوجّه إلى الجنوب مرة أخرى عندما تهطل الأمطار في المنطقة في شهر أكتوبر.

**مصطلحات علمية**

**المدى Range**: الفرق بين الحدود العليا والحدود الدنيا على مقياس معيّن (مثلًا درجة الحرارة).

## (تابع)




**الشكل ١-١٥ (أ) التمثيل البياني للمناخ في منطقة جنوب سيرينجيتي التي تقع في جنوب طريق الهجرة، و (ب) ماساي مارا التي تقع في شمال طريق الهجرة، وتظهر فيه درجات الحرارة القصوى الشهرية ومتوسط هطول الأمطار الشهري.**

يرتبط العامل الحيوي الرئيسي في هذه الهجرة، وهو الغطاء النباتي المتوافر، ارتباطًا وثيقًا بالمناخ؛ إذ تحتاج النباتات إلى الأمطار، وهي تموت خلال موسم الجفاف لتنمو مرة أخرى خلال موسم الأمطار. وعلى الرغم من أن المناخ هو السبب، فإن للغطاء النباتي القدر نفسه من الأهمية عند مناقشة أسباب الهجرة الكبرى، حيث تتبع القطعان الكبيرة الطعام.

ومع سعيها المستمر إلى الطعام، تضيف القطعان الكبيرة عاملًا حيويًا آخر يستحق أن يؤخذ بعين الاعتبار، يتمثل بضغط الرعي على موارد الغذاء المتوافرة. ففي كل منطقة تنتقل إليها القطعان الكبيرة، يحدث فيها الرعي، الذي يقلل من كمية الطعام المتاحة، لذلك تسعى هذه الحيوانات إلى الانتقال للعثور على مصدر غذاء أكثر وفرة.

إن هذه الهجرة توفر إمدادات الغذاء على المدى الطويل، لأن المنطقة التي تم رعيها تتعافى بعد مغادرة الحيوانات لها بسبب كمية المغذيات الناتجة من روث هذه الحيوانات وتقليب التربة بحوافرها. وعندما تعود إليها بعد سنة، تكون هذه المناطق قد تعافت تمامًا ونمت نباتاتها، وهكذا تستمر في دعم القطعان سنة تلو أخرى.

لا نعرف حتى الآن كيف تدرك الحيوانات مكان وجود الطعام، ومتى تتحرك للعثور عليه. وقد تم تطوير بعض النظريات حول هذا السلوك، بحيث تشير معظم الأدلة إلى أن لأنماط الطقس ودورة مواسم الأمطار والجفاف التأثير الأكبر على حركة الحيوانات. ومع ذلك، لا يمكن التنبؤ بموعد هطول الأمطار في المنطقة، لذا يصعب التنبؤ بدقة أين ستكون الحيوانات في وقت معيّن من السنة، وكم من الوقت ستبقى في المنطقة.

### أسئلة

١. **احسب** النسبة المئوية لأعداد حيوان النّو المتوقع أن تموت أثناء عبور نهر مارا كل سنة.

٢. قدّر كمية هطول الأمطار سنويًا في منطقة ماساي مارا وجنوب سيرينجيتي.

٣. صف الموارد التي توفرها القطعان الكبيرة للنباتات أثناء تحركها عبر المنطقة.

٤. اشرح: لماذا تلد الإناث في شهرَي يناير/فبراير عندما تكون في الجنوب؟

**(تابع)**

٥. صف تأثير تسوير منطقة سيرينجيتي على الحياة البرية والنباتات. اشرح السبب.

**مشروع دراسة الحالة الموسعة**

نفذ بحثًا لتستقصي:

١. كيف يمكن للسياحة في محميّتَي سيرينجيتي وماساي مارا أن تشكل تهديدًا للنظام البيئي والسكان الأصليين.

٢. اقترح بعض الحلول المستدامة التي يمكن توظيفها لتحسين السياحة وتدريب منظِّمي الرحلات السياحية في المحميات.

٣. استنتج مدى نجاح هذه الممارسات المستدامة إذا نفذت.

ضمّن البحث أمورًا مثل: عدد السياح، والمركبات المستخدمة، وبناء أماكن الإقامة، والنفايات، والتلوث الذي يسببه السياح، والضوضاء، ونوع السياحة، والحواجز الصناعية مثل الأسوار، ووصول سكان ماساي مارا إلى المناطق، وتآكل التربة، وفقدان المواطن البيئية.

اكتب تقريرًا من 600–800 كلمة مع النتائج التي توصلت إليها. يجب أن يتضمن التقرير العناوين الآتية:

مقدمة، السياحة كتهديد، فرص السياحة المستدامة، الاستنتاج.

**أفعال إجرائية**

**احسب Calculate**: إيجاد الحل استنادًا إلى الحقائق أو الأرقام أو المعلومات المقدمة.

## ملخّص

| |
|---|
| الاستدامة البيئية هي حماية البيئة ومواردها الطبيعية لحماية مستقبل احتياجات الأجيال القادمة والطبيعة. |
| دورة الماء هي تدفق الماء بين اليابسة والمسطحات المائية والغلاف الجوي. |
| تختلف النظم البيئية من حيث الحجم والتنوع البيولوجي، وتتكوّن من عوامل حيوية وعوامل غير حيوية. |
| توفر الكائنات الحية في النظام البيئي الموارد بعضها لبعض، وتقسم تدفقات الطاقة الناتجة في مستويات غذائية. |
| التمثيل الضوئي هي العملية التي يتم من خلالها تحويل طاقة الشمس والماء وثاني أكسيد الكربون إلى طاقة مخزنة على شكل جلوكوز وأكسجين، ثم يتم إطلاقها للاستخدام أثناء التنفّس. |
| دورة الكربون هي الحركة المستمرة لذرات الكربون من الغلاف الجوي إلى الكائنات الحية وخزنها داخل الأرض، ثم عودتها إلى الغلاف الجوي. |
| قد تتسبب أنشطة الإنسان في إطلاق كميات إضافية من الكربون في الغلاف الجوي. وتهدف تقنيات تحقيق صافي الانبعاثات الصفري والحياد الكربوني إلى تحقيق التوازن بين انبعاثات الكربون وامتصاص الكربون. وهذه غالبًا ما تتطلب استثمارًا اقتصاديًا وتغييرات سلوكية. |

## أسئلة نهاية الوحدة

١ أي العمليات الآتية تمتص ثاني أكسيد الكربون من الغلاف الجوي؟

**أ.** الاحتراق

**ب.** التمثيل الضوئي

**ج.** التنفس

**د.** التحلل **[1]**

٢ أي سلسلة غذائية هي الصحيحة؟

**أ.** مستهلك ثالثي ← مستهلك أولي ← منتج

**ب.** منتج ← مستهلك أولي ← مستهلك ثالثي

**ج.** مستهلك أولي ← منتج ← مستهلك ثانوي

**د.** منتج ← مستهلك أولي ← مستهلك ثانوي **[1]**

٣ أي العبارات الآتية تعرّف مصطلح المنطقة الأحيائية بشكل صحيح؟

**أ.** مجموعة من النظم البيئية المختلفة في نطاق جغرافي واسع يحددها مناخ مماثل وغطاء نباتي سائد.

**ب.** مجتمع أحيائي من الكائنات الحية التي تتفاعل مع بعضها ومع البيئة المادية.

**ج.** مجموعة من الكائنات الحية المختلفة التي تشترك في سمات متشابهة وتتأقلم مع بيئة المنطقة التي تعيش فيها.

**د.** العوامل الحيوية لنظام بيئي. **[1]**

## (تابع)

٤ تتناول المقالة القصيرة أدناه الطريقة التي تستخدمها شركة في إنتاج الملابس. اقرأ المقالة ثم أجب عن الأسئلة الآتية.

### مصنوعة لإعادة الاستخدام

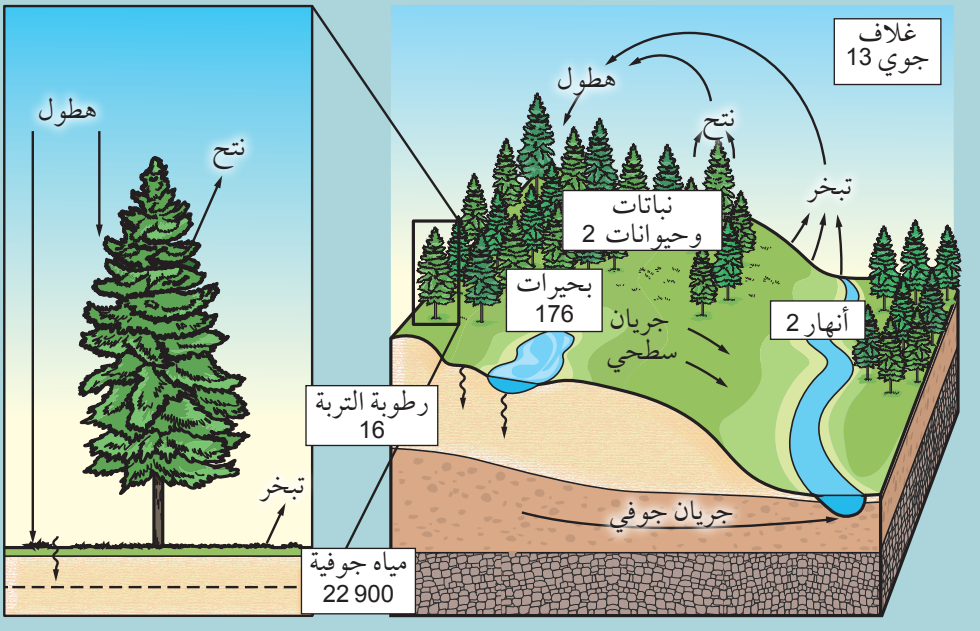
تهدف شركة لوغان إكو كلوثنغ Logan's Eco- Clothing إلى تعزيز التزامها بالمساعدة في معالجة النفايات البلاستيكية على الأرض. وقد طرحت أحدث مجموعة من ملابسها المصنوعة من البلاستيك المعاد تدويره من المحيط، وهي قابلة لإعادة التدوير بنسبة 100%. يمكن إعادة جميع المنتجات المستخدمة إلى الشركة حيث يتم تفكيكها لتُستخدم مرة ثانية لإنتاج ملابس جديدة. وبهذه الطريقة قد يعاد استخدام المواد الخام باستمرار ما يقلل الضغط على مكبات النفايات والمحيطات.

**أ.** عرّف المصطلح "استدامة". **[2]**

**ب.** اشرح كيف يمكن اعتبار منتجات شركة لوغان إكو كلوثنغ مستدامة. **[3]**

**[المجموع: 5]**

٥ يمثل الشكل أدناه بعض تدفقات ومخازن دورة الماء في الغابة.




**الشكل ١-١٦ دورة الماء في الغابة. تمثل الأرقام الكتل في $10^{15}$ kg من المياه المخزنة في كل خزان.**

**أ.** عرّف المصطلحَين: **الاعتراض، النتح.** **[2]**

**ب.** استخدم الشكل لحساب إجمالي كميّة المياه المختزنة على شكل مياه سطحية على الأرض. **[2]**

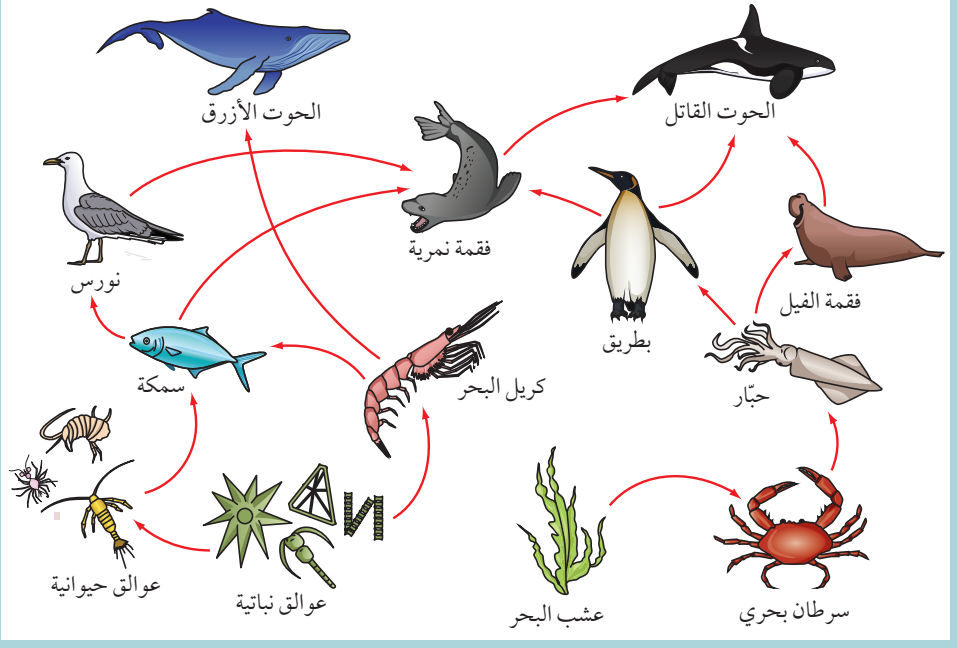
**ج.** اذكر عملية واحدة، غير التكثف، وصف كيف تتغيّر فيها حالة الماء في دورة الماء. **[2]**

**د.** اشرح التأثير الناجم عن تغير توافر المياه على معدل عملية التمثيل الضوئي في الغابة. **[3]**

**[المجموع: 9]**

## (تابع)

٦ يبيّن الشكل أدناه شبكة غذاء بحرية.




**أ.** اقترح تأثير انخفاض عدد فقمات الفيل على شبكة الغذاء البحرية الموضحة أعلاه. **[4]**

**ب.** اشرح أهمية المنتجات في هذه الشبكة الغذائية. **[2]**

**ج.** اذكر كيف يمكن أن يؤدي تأثير الانخفاض في أعداد المنتجات في هذا النظام البيئي على الإنسان. **[2]**

**[المجموع: 8]**

٧ تركيز ثاني أكسيد الكربون في الغلاف الجوي وشدة الضوء عاملان يحدّان من معدل عملية التمثيل الضوئي.

**أ.** اشرح المقصود بـ **العامل المحدد** فيما يتعلق بعملية التمثيل الضوئي. **[2]**

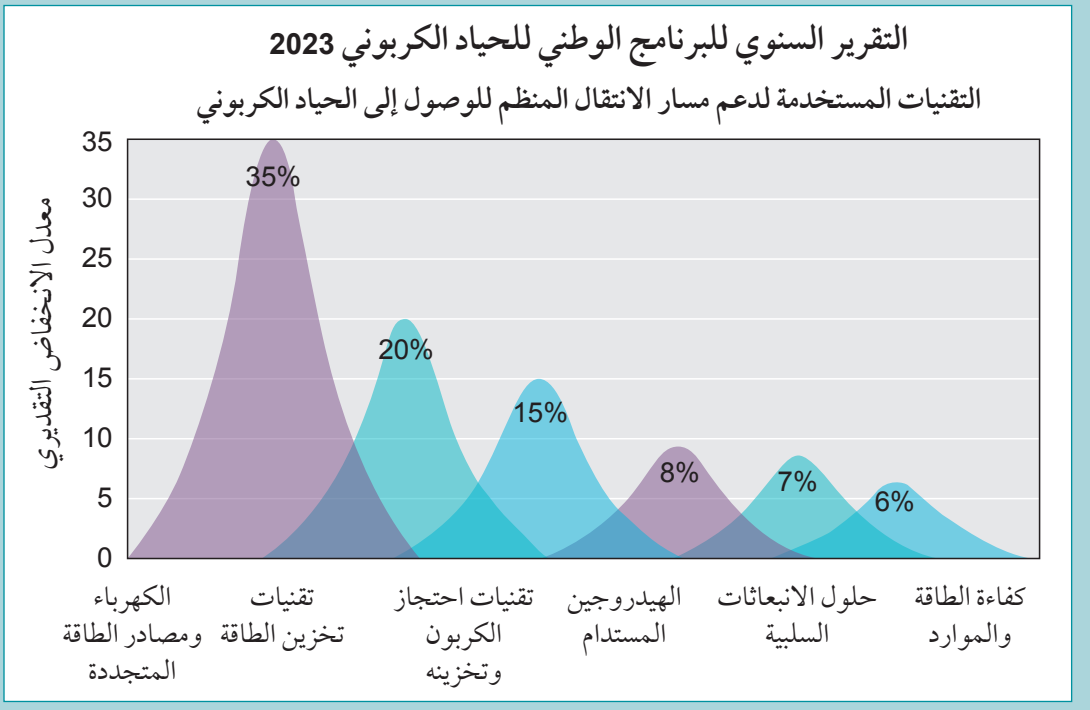
تعيش الشعاب المرجانية في تكافل مع حُيَيْوَنَات صفراء zooxanthellae (طحالب تقوم بعملية التمثيل الضوئي)، حيث توفر هذه الطحالب المغذيات للشعاب المرجانية، وتوفر الشعاب المرجانية بدورها البيئة المناسبة للحُيَيْوَنَات الصفراء.

**ب.** صف تأثيرات انخفاض جودة و/ أو كمية الضوء على كل من الشعاب المرجانية والحُيَيْوَنَات الصفراء. **[3]**

**[المجموع: 5]**

**(تابع)**

٨ يبيّن الشكل (١-١٧) تقريرًا عن التقنيات المستخدمة لتحقيق الحياد الكربوني، والانخفاض في انبعاثات ثاني أكسيد الكربون التقديرية الذي ستحققه كل تقنية.




الشكل ١-١٧

**أ.** ١. ما المقصود بـ «الحياد الكربوني»؟ **[3]**

٢. لماذا تهدف سلطنة عمان للوصول إلى الحياد الكربوني؟ **[2]**

٣. إذا كانت التقنيات الستّ جميعها ناجحة، فكم سيكون الانخفاض الإجمالي في الانبعاثات الكربونية؟ **[1]**

**ب.** حلول الانبعاثات السلبية مذكورة أيضًا. اشرح كيف ستساعد "حلول الانبعاثات السلبية" على تخفيض الانبعاثات الكربونية. **[3]**

**ج.** السيارات الكهربائية جزء رئيسي من خطة تحقيق الحياد الكربوني في سلطنة عمان بحلول العام 2050 م.

إلى أي مدى تتفق مع هذه العبارة؟

أعط أسبابًا مضمنًا معلومات من أمثلة ذات صلة لدعم إجابتك. **[10]**

**[المجموع: 19]**

## قائمة تقييم ذاتي

بعد دراسة الوحدة، أكمل الجدول الآتي.

ستساعدك هذه القائمة على اكتشاف الثغرات في معرفتك وتساعدك على التعلم بشكل أكثر فاعلية.

| أستطيع أن | أحتاج إلى بذل المزيد من الجهد | أقترب من تحقيق الهدف | واثق من الاستمرار | أراجع الموضوع |
|---|---|---|---|---|
| أعرّف مصطلح الاستدامة بأنها القدرة على تلبية احتياجات الحاضر من دون المساس بقدرة الأجيال القادمة على تلبية احتياجاتها. | | | | ١-١ |
| أشرح الحاجة إلى الإدارة المستدامة للموارد. | | | | ١-١ |
| أصف دورة الماء مقتصرًا على:<br>• التبخر<br>• النتح<br>• التكثف<br>• الهطول<br>• الاعتراض. | | | | ١-٢ |
| أفسر وأرسم رسومًا تخطيطية تمثل دورة الماء. | | | | ١-٢ |
| أعرّف المصطلحات الآتية: المنطقة الأحيائية، النظام البيئي، الموطن البيئي. | | | | ١-٣ |
| أذكرالعوامل الحيوية وغير الحيوية لنظام بيئي. | | | | ١-٣ |
| أشرح التفاعلات الحيوية باستخدام أمثلة. | | | | ١-٣ |
| أصف كيفية تأثير العوامل الحيوية على عدد الكائنات الحية الموجودة داخل النظام البيئي وعلى تنوعها. | | | | ١-٣ |
| ألخص أمثلة على التفاعلات الحيوية مقتصرًا على:<br>• المنافسة (داخل النوع وبين الأنواع)<br>• الافتراس<br>• الرعي. | | | | ١-٣ |
| أحدّد وأصف التفاعلات الحيوية الممثلة بالسلاسل الغذائية والشبكات الغذائية (مقتصرًا على المنافسة والافتراس والرعي)، بما في ذلك استخدام المصطلحات: المستوى الغذائي، المنتج، والمستهلك الأولي، والمستهلك الثانوي، والمستهلك الثالثي، والمحلل. | | | | ١-٣ |
| أشرح كيفية فقدان الطاقة في السلاسل الغذائية. | | | | ١-٣ |

( تابع)

| أستطيع أن | أحتاج إلى بذل المزيد من الجهد | أقترب من تحقيق الهدف | واثق من الاستمرار | أراجع الموضوع |
|---|---|---|---|---|
| أصف دورة الكربون، بما في ذلك استخدام المعادلات الكيميائية للتمثيل الضوئي والتنفّس الهوائي واحتراق الوقود الأحفوري (مقتصرًا على $CH_4$ و $C_8H_{18}$). | | | | ١-٣ |
| أفسر وأرسم رسومًا تخطيطية تمثل دورة الكربون. | | | | ١-٣ |
| أذكر أن الكلوروفيل يلتقط الطاقة الضوئية لعملية التمثيل الضوئي. | | | | ١-٣ |
| أصف وأشرح تأثير العوامل المحددة لعملية التمثيل الضوئي بما في ذلك الماء وتركيز ثاني أكسيد الكربون وشدة الضوء ودرجة الحرارة. | | | | ١-٣ |
| أشرح كيف أن عملية التمثيل الضوئي على اليابسة وفي المحيطات هي جزء حيوي في دورة الكربون ولها تأثير مهم على تركيزات ثاني أكسيد الكربون في الغلاف الجوي من خلال تكوين مخازن الكربون. | | | | ١-٣ |
| أعرّف المصطلحَين: الحياد الكربوني والحياد الكربوني. | | | | ١-٣ |
| أصف وأقيّم تقنيات تحقيق الحياد الكربوني. | | | | ١-٣ |

الوحدة الثانية

# البحوث البيئية وجمع البيانات

# Environmental Research and Data Collection

## أهداف التعلّم

٢-١ يصف كيف يتضمن المنهج العلمي التفاعل بين الملاحظات وتكوين الفرضيات واختبارها وتقييمها.

٢-٢ يصيغ الفرضيات بناءً على الملاحظات أو البيانات التجريبية.

٢-٣ يخطط استقصاءات يتم فيها ضبط المتغيرات وجمع النتائج الكمية.

٢-٤ يشرح مصطلحَي المتغير المستقل والمتغير التابع ويحدّد كل نوع في تجربة معيّنة.

٢-٥ يفسّر البيانات ليحدّد ما إذا كانت تدعم أو تدحض الفرضية التي يتم اختبارها.

٢-٦ يشرح كيف تؤدي المحددات في قياس البيانات إلى عدم اليقين في النتائج.

٢-٧ يصف كيف يمكن للفرضية التي يتم دعمها باستمرار عن طريق الملاحظة والاستقصاء أن تصبح نظرية.

٢-٨ يعرف المصطلحَين: الموثوقية والتحيّز ويشرح أهميتهما للاستقصاءات البيئية.

٢-٩ يذكر أن استراتيجيات جمع العيّنات تستخدم لجمع البيانات الممثّلة.

٢-١٠ يشرح كيف تهدف استراتيجيتا جمع العيّنات العشوائية وجمع العيّنات المنتظمة إلى ضمان توزيع العيّنات بشكل جيد مع تقليل خطر التحيز.

٢-١١ يصف ويشرح العوامل المؤثرة على مدى ملاءمة استراتيجيتَي جمع العيّنات العشوائية أو المنتظمة للدراسات المختلفة، متضمنًا الحجم، وسهولة الوصول والمعرفة بالبيئة.

٢-١٢ يقيّم اختيار استراتيجيتَي جمع العيّنات العشوائية والمنتظمة في السياقات المألوفة وغير المألوفة.

٢-١٣ يصف التقنيات المستخدمة لجمع بيانات العيّنات.

٢-١٤ يصف فوائد ومحددات تقنيات جمع العيّنات المختلفة.

٢-١٥ يختار ويستخدم تقنية جمع عيّنات مناسبة لجمع البيانات البيئية.

٢-١٦ يستخدم البيانات لكي:

- يحسب الحجم التقديري للجماعة الأحيائية باستخدام مؤشر لينكولن (سيتم تضمين مؤشر لينكولن).
- يحسب التنوع البيولوجي التقديري باستخدام مؤشر سيمبسون للتنوع (سيتم تضمين مؤشر سيمبسون).
- يقدّر النسبة المئوية للتغطية والتكرار باستخدام بيانات المربعات القياسية.
- يقدّر الوفرة باستخدام بيانات المربعات القياسية.

## قبل أن تبدأ بدراسة الوحدة

١. من خلال العمل في مجموعة ثنائية، تعاون مع زميلك على حل الأسئلة الآتية، ثم ناقشا إجاباتكما مع باقي الزملاء في الصف.

أ. أراد باحث تسجيل كميّات هطول الأمطار ودرجات الحرارة لمدة شهر. صمّم جدولًا يمكن استخدامه لجمع البيانات.

ب. كيف تختلف العيّنات العشوائية عن العيّنات المنتظمة؟

ج. تنبأ بنتائج الاستقصاء الآتي: تتناقص كميّة الأمطار في منطقة زراعية. تم إجراء استقصاء لتحديد ما إذا كان انخفاض معدل الأمطار يؤثر في نمو المحاصيل.

## العلوم البيئية ضمن سياقها

### دور المنهج العلمي في الإدارة البيئية

**تقييم الأثر البيئي Environmental Impact Assessment (EIA)** هو عملية منهجية تهدف إلى تحديد وتقييم الآثار البيئية المحتملة لإنشاء أو لتطوير مشروع مُقترح، مثل منجم، أو مبنى، أو حتى ملعب جولف. وهي تراعي العوامل الاجتماعية والاقتصادية والبيئية لإنشاء أو لتطوير المُقترح، والنتائج الإيجابية والسلبية. ويُعدّ تقييم الأثر البيئي أداة تستند إلى المنهج العلمي وتحدد المجالات المحتملة للقلق قبل بدء المشروع.

### تعدين الرمل المعدني في موزمبيق

اُقتُرح إنشاء منجم **لثاني أكسيد التيتانيوم Titanium dioxide** على شاطئ ناءٍ في موزمبيق (على الساحل الشرقي لجنوب أفريقيا). وبسبب نقص الأبحاث التي أُجريت على المنطقة، فإن المعرفة تكون محدودة جدًا بالأنواع التي تعيش فيها، والتنوع البيولوجي، والهشاشة البيئية والاستقرار الاجتماعي. ولمعرفة ما إذا كان التعدين في المنطقة مقبولاً بيئيًا، يجب القيام بدراسات علمية. تشمل هذه الدراسات تحديد جيولوجية المنطقة، والغطاء النباتي، والأنواع النباتية والحيوانية التي تعيش فيها، ومستويات التنوع البيولوجي، وتراكيب المنطقة الاجتماعية والثقافية.

إضافة إلى أنه يجب تحديد المجالات التي تثير القلق، والتي قد تكون طبيعية أو بشرية. وقد تشمل المخاطر التي تهدد المواطن البيئية، أو الأنواع المهددة بالانقراض، أو تلك التي تهدد المشروع نفسه. يتم بعد ذلك استقدام الباحثين المتخصصين في المجالات الرئيسية (مثل: علماء النبات وعلماء الحيوان) إلى المنطقة لإجراء دراسات علمية متنوعة باستخدام المنهج العلمي بهدف تحديد الأنواع الموجودة. تعمل الدراسة العلمية على تحديد أكبر عدد ممكن من الأنواع أو المجالات التي تثير القلق ثم تقديم تقارير بالنتائج التي تم الحصول عليها. تستخدم هذه الدراسات تقنيات مثل صور الأقمار الصناعية، وجمع العيّنات على الأرض، وإجراء مقابلات ومناقشات مع السكان المحليين.

يجب تطبيق المنهج العلمي بطريقة شفافة وغير متحيزة للحصول على بيانات موثوقة. ولا بدّ من أن يتم تحديد الأنواع على نحوٍ صحيح، وعند الضرورة، سيُطلب من المجتمع الدولي تحديد الأنواع النادرة وتلك التي تم اكتشافها حديثًا.

### مصطلحات علمية

***تقييم الأثر البيئي Environmental Impact Assessment (EIA):**
تقييم العواقب البيئية لخطة، أو سياسة، أو برنامج، أو مشروع قبل اتخاذ قرار العمل به.

***ثاني أكسيد التيتانيوم Titanium dioxide:**
معدن شائع يوجد في النباتات والحيوانات، وهو العنصر التاسع الأكثر شيوعًا في قشرة الأرض. وهو مسحوق أبيض يمكن تحويله إلى صبغة بيضاء ناصعة، ويُستخدم في منتجات كثيرة، منها: الطلاء، والورق، والبلاستيك، والحبر، والصابون، وملونات الطعام، والكريم الواقي من الشمس.

### أسئلة للمناقشة

١. لماذا من المهم تحديد الأنواع التي تعيش في منطقة ما قبل بدء مشروع مثل المنجم الظاهر في الصورة ٢-١؟

٢. باعتقادك، ما مدى شدة الأثر البيئي الذي قد يستلزم إيقاف مشروع كهذا؟

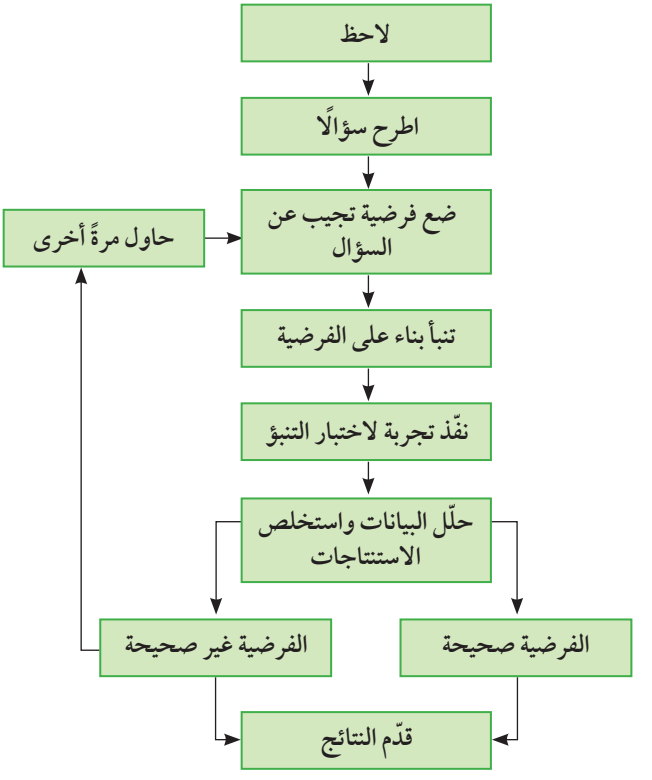
٣. باعتقادك، كيف يمكن أن يؤثر المناخ سلبًا على مشروع كهذا؟

٤. تقدّم تقييمات الأثر البيئي (EIAs) فرصة للعلماء لإجراء البحوث في أجزاء غير مستكشفة من العالم. هل تعتقد أن هذا سيكون مفيدًا؟ ولماذا؟

**الصورة ٢-١ التعدين الشاطئي باستخدام منصّة الحفر في الرمال والماء، في خليج ريتشارد Richard's Bay، جنوب أفريقيا. وهذا هو التعدين نفسه الذي سيُستخدم في منجم الرمال المعدنية في موزمبيق.**

## ٢-١ المنهج العلمي

سوف تجري استقصاءً لجمع البيانات من البيئة. للقيام بذلك يجب عليك أولًا التخطيط للاستقصاء قبل البدء بالعمل الميداني المناسب. هناك العديد من الاستقصاءات المختلفة التي يمكنك اختيارها، والتي يجب أن تتبع جميعها **المنهج العلمي** Scientific method وهو عملية موحّدة تتيح لك اختبار **فرضية** Hypothesis ما. حتى وإن ثبتت صحة فرضية ما، فإنه يمكن إعادة اختبارها في المستقبل (الشكل ٢-١).




**الشكل ٢-١ المنهج العلمي يبدأ بملاحظة، ثم يمر بجميع الخطوات إلى أن يتم تقديم نتيجة. يتضمن المنهج العلمي مسار حلقة تغذية راجعة؛ وعندما يثبت خطأ الفرضية يتم إعادة الاختبار.**

الخطوات الأساسية للمنهج العلمي، هي:

١. إجراء **ملاحظة** Observation تصف مشكلة ما أو طرح سؤال.

٢. وضع فرضية.

٣. اختبار الفرضية باستخدام **البيانات** Data التي تم جمعها، واستخدام طرائق محددة جيدًا للقيام بذلك.

٤. استخلاص الاستنتاجات باستخدام البيانات.

### مصطلحات علمية

**المنهج العلمي** Scientific method:
إجراء يتضمن الملاحظة المنهجية، والقياس، والتجربة لاختبار الفرضيات.

**الفرضية** Hypothesis:
عبارة محدّدة قابلة للاختبار يُصيغها الباحث ويتنبأ بها نتيجة دراسة تم التخطيط لها للإجابة عن سؤال محدد.

**الملاحظة** Observation:
مراقبة، أو مشاهدة، أو الانتباه بهدف الاستقصاء العلمي.

**البيانات** Data:
مجموعة من المعلومات، على شكل حقائق، أو أعداد، أو قياسات، أو إحصائيات، يمكن استخدامها للتحليل.

**البيانات النوعية** Qualitative data:
بيانات وصفية، أو غير عددية. يتم جمع هذه البيانات من خلال الملاحظات، والمقابلات، ومجموعات التركيز.

**البيانات الكمّية** Quantitative data:
بيانات عددية، تبيّن الكميّة، والمدى أو مقدار متغيّر ما. على سبيل المثال، كميّة الأمطار الشهرية.

### الملاحظات والأسئلة والفرضيات

الخطوة الأولى في المنهج العلمي هي إجراء الملاحظات. على سبيل المثال، قد تلاحظ في منطقة ما أن الغطاء النباتي يتعرّض للموت (أي وجود مناطق فيها بقايا نباتات ميتة). في هذه المرحلة، تكون الملاحظات غالبًا نوعية Qualitative، وليست كمّية Quantitative. وبالتالي نحصل على **بيانات نوعية** Qualitative data وليست **بيانات كمّية** Quantitative data (الصورة ٢-٢ والجدول ٢-١).

الصورة ٢-٢ باحث يلاحظ المياه لجمع البيانات بهدف إجراء دراسة بحثية.

البيانات النوعية هي معلومات تعتمد على الوصف بدلًا من البيانات الكمّية. فمثلًا نعلم أن النباتات (أو الغطاء النباتي) تواجه صعوبة في بقائها ونموّها في منطقة ما؛ لأننا لاحظنا بالعين المجرّدة موت هذه النباتات في تلك المنطقة. يمكن أن تساعد البيانات الكميّة (العددية) في استقصاء أسباب موت هذه النباتات.

| أوجه المقارنة | البيانات النوعية | البيانات الكميّة |
|---|---|---|
| التعريف | بيانات وصفية ليس شرطًا أن يعبّر عنها بالأعداد. | بيانات عددية يمكن التعبير عنها بالأعداد أو يمكن قياسها. |
| هل البيانات قابلة للعد؟ | لا | نعم |
| نوع البيانات | كلمات، أشياء، صور، ملاحظات، رموز. | أعداد أو إحصائيات. |

الجدول ٢-١ مقارنة بين البيانات النوعية والبيانات الكمّية.

تُصاغ فرضية لمحاولة تفسير ملاحظة معيّنة. الفرضية هي إحدى الإجابات المحتملة عن السؤال «لماذا؟» ففي المثال الوارد أعلاه، قد يكون السؤال «لماذا تموت النباتات في هذه المنطقة؟» وقد تكون الفرضية: «تناقص مستويات هطول الأمطار السنوية يتسبب في موت النباتات» أو «تسبّب تسرب مواد سامّة في تلوث التربة، ما أدى إلى موت النباتات».

في هذه المرحلة، يمكن التنبؤ Prediction، وهو جملة يتم فيها توقّع النتائج التي يمكن التوصّل إليها. على سبيل المثال، «تناقص هطول الأمطار في المنطقة تدريجيًا على مدى الأعوام الماضية أدى إلى قلّة المياه المتوافرة في البيئة».

من خصائص الفرضية الجيدة أنها:

- تكون على شكل جملة.
- لا تكون على شكل سؤال.
- تتضمّن سببًا ونتيجة.
- تكون مختصرة.
- يمكن اختبارها عن طريق تجربة.
- قد يثبت عدم صحتها من خلال النتائج.

## اختبار الفرضية وضبط المتغيّرات

بعد صياغة الفرضية، تحتاج إلى تخطيط تجربة لاختبارها من دون تحيُّز Bias. فإذا لم تجب البيانات عن الفرضية، فستحتاج إلى التخطيط لتجربة جديدة للحصول على إجابة. بالمقابل، إذا وجدت أن الفرضية غير صحيحة، يمكنك اقتراح فرضية ثانية واختبارها؛ لإيجاد سبب للملاحظة.

### مصطلحات علمية

**التنبؤ Prediction:**
جملة تُبيّن النتائج المتوقّعة لتجربة اختبار الفرضية؛ لمعرفة ما إذا كانت الفرضية صحيحة.

**التحيّز Bias:**
عندما يقوم الباحث، بقصد أو من دون قصد، بأخطاء منهجية في جمع العيّنات أو اختبار الفرضية، باختيار أو تفضيل نتيجة معيّنة من دون غيرها.

لتحليل البيانات باستخدام **الإحصاء Statistics**، تحتاج التجربة إلى تسجيل أو جمع بيانات كميّة يمكن تحليلها وإثبات الفرضية أو دحضها. ولتحقيق ذلك، يجب ضبط **المتغيرات Variables** في التجربة على نحوٍ صحيح.

## المتغيّرات

المتغير هو أي عامل يمكن تغييره أو التحكم فيه، أو قياسه في تجربة ما. وبعبارة أخرى، المتغيرات هي ظروف في التجربة يمكن أن تتغير أو يتم تغييرها. تتضمن التجارب أنواعًا مختلفة من المتغيرات والتي تُقسم إلى **متغيرات مستقلة Independent variables** و**متغيرات تابعة Dependent variables** (الشكل ٢-٢).

**الشكل ٢-٢ المتغيرات المستقلة و المتغيرات التابعة. الماء هو المتغير المستقل الذي يتم تغييره. حجم النبتة، أو عدد الأوراق، وما إذا كانت النبتة تعيش أو تموت هي المتغيرات التابعة.**

المتغير المستقل هو الذي يتم تغييره خلال التجربة. وهو أيضًا سبب أي تغيير يحدث في التجربة وتكون قيمته مستقلة عن المتغيرات الأخرى في الدراسة (مثل كمية الماء أو السماد التي يتم تزويد النبتة بها).

المتغير التابع هو الذي يتأثر في التجربة. تعتمد قيمته على التغييرات في المتغير المستقل. المتغير التابع أيضًا هو المتغيّر الذي تتم ملاحظته أو قياسه (مثل معدل نمو النبتة). فمع تغيير المتغير المستقل، تتم ملاحظة المتغير التابع للتأكد من حدوث التغيير. يوضح الجدول ٢-٢ أمثلة تبيّن الفرق بين المتغيّرات المستقلّة والمتغيّرات التابعة.

إضافة إلى هذَين المتغيرَين (المستقل والتابع)، يجب أيضًا تضمين التجربة بـ **مجموعة ضابطة Control group** (الشكل ٢-٣). يتم التعامل مع هذه المجموعة بالطريقة نفسها التي تُعامل بها المجموعة التجريبية، ويجب أن تكون جميع المتغيرات التي تتعرض لها هذه المجموعة متطابقة تمامًا مع ما تتعرّض له المجموعة التجريبية، باستثناء المتغيّر المستقل. تُستخدم المجموعة الضابطة لعزل تأثير المتغير المستقل وتحديد سبب التغييرات التي تلاحظها.

### مصطلحات علمية

***الإحصاء Statistics:**
ممارسة جمع وتحليل وتفسير البيانات العددية التي تكون كميّاتها كبيرة ويشمل ذلك طرائق مراجعة البيانات واستخلاص الاستنتاجات من هذه البيانات. الإحصاء هو طريقة لرؤية الأنماط في البيانات العددية أو لتحديد ما إذا كانت البيانات تظهر فروقًا بين طريقتَين تُعتمدان لمعالجتها.

**المتغيّر Variable:**
عامل قد يتغير في النوعية أو الكميّة أو الحجم بحسب فئة البيانات التي يتم قياسها (مثل هطول الأمطار).

**المتغيّر المستقل Independent variable:**
متغير قائم بذاته ولا يتغيّر بالمتغيرات الأخرى. وهو المتغيّر الذي يتم تغييره في التجربة لاختبار الفرضية.

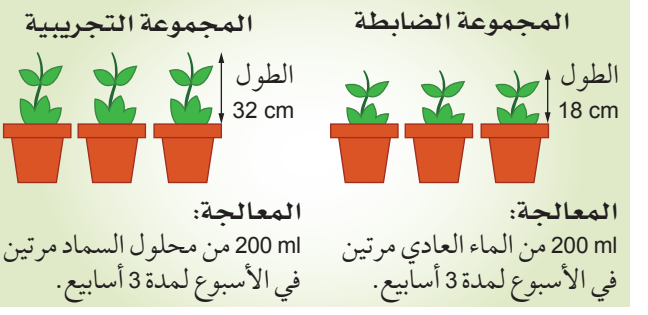
**المتغيّر التابع Dependent variable:**
متغير يعتمد على عوامل أخرى، وهو المتغير الذي يتم قياسه خلال التجربة.

***المجموعة الضابطة Control group:**
مجموعة في الاختبار لا تتم معالجتها أو تعريضها للمتغير المستقل. تتم مقارنة نتائج هذه المجموعة بنتائج المجموعة التجريبية المستهدفة في الاختبار.

| التجربة | المتغيّر المستقل | المتغيّر التابع | مثال على مجموعة ضابطة |
|---|---|---|---|
| تأثير الأسمدة على نمو النبات. | كمية الأسمدة المستخدمة. | معدّل نمو النبات. | نباتات لم تزوّد بالأسمدة، تنمو في ظروف تربة طبيعية. |
| تأثير الملح على ملوحة الماء. | كمية الملح المُضافة إلى الماء. | ملوحة الماء. | ماء بدون إضافة ملح. |
| هل يؤثر التغيّر في درجة حرارة غرفة الصف على درجات اختبار مادة الرياضيات؟ | درجة الحرارة في الغرفة، والتي يمكن أن تكون مرتفعة أو منخفضة لاختبار التأثير. | الدرجات التي حصّلها الطلبة في اختبار الرياضيات. يمكنك استخدام اختبار قياسي (اختبار موحد)، لتحديد ما إذا كانت الدرجات تتفاوت بارتفاع أو انخفاض درجة الحرارة في الغرفة. | الدرجات المحصّلة عندما تكون درجة حرارة الغرفة معتدلة. |
| اختبار تأثير ضوء الشمس على نمو النبات. | كمية ضوء الشمس التي يتعرض لها النبات. يمكن تغييرها لاختبار أي تأثير. | معدّل النمو، أو تدهور حالة النبات. | نباتات تتعرض لكمّية قياسية محدّدة من ضوء الشمس التي تسمح بنمو طبيعي. |
| تأثير الرقم الهيدروجيني pH على فقس بيض الأسماك. | مستوى حامضية الماء أو قاعديته (الرقم الهيدروجيني pH). | فقس بيض الأسماك. | الاحتفاظ ببيض الأسماك من النوع نفسه عند الرقم الهيدروجيني pH الطبيعي له. |
| تأثير تسرّب مياه الصرف الصحي على الكائنات الحية المائية. | تسرّب مياه الصرف الصحي. | الكائنات الحية المائية الموجودة في النهر مع اتجاه تسرّب مياه الصرف الصحي. | عيّنات Samples (الكائنات الحية) الموجودة في النهر في موقع بعيد عن اتجاه مياه الصرف الصحي ولم يتأثر بالتسرب. |

**الجدول ٢-٢ أمثلة على تجارب توضح المتغيّرات المستقلة والمتغيّرات التابعة.**

ويغير الباحثون المتغير المستقل في المجموعة التجريبية إلا أنهم يحافظون عليه ثابتًا في المجموعة الضابطة. يمكن بعد ذلك مقارنة نتائج المجموعتَين.




**الشكل ٢-٣ المجموعة الضابطة والمجموعة التجريبية في تجربة أجريت على نبات. للمجموعة الضابطة والمجموعة التجريبية المتغيّرات ذاتها باستثناء محلول السماد، وهو المتغير المستقل في هذا المثال الذي بدوره يؤثر على معدل نمو النبات وهو المتغير التابع.**

توفر المجموعة الضابطة للباحث النتائج التي يمكن توقعها تحت «الظروف الطبيعية». قد تختبر الفرضية: «أن نمو النبات يتحسن عندما تُضاف الأسمدة السائلة إلى مياه الري». ستكون المجموعة الضابطة هي النباتات التي تُروى بالماء من دون إضافة سماد، في حين تحتوي المجموعة التجريبية على نباتات تُروى بالماء المضاف إليه محلول السماد. يُذكر أن جميع المتغيرات الأخرى تبقى ثابتة لكلا المجموعتَين.

### مصطلحات علمية

**عيّنة Sample:**
مجموعة من البيانات (عدد النباتات، وعدد الأنواع، وتوزيع النباتات) جُمعت من جماعة أحيائية كبيرة لقياسها.

عند إجراء تجربة، قد تؤثر عدة متغيرات على نتائجك، فعلى سبيل المثال، عند اختبار كيفية استجابة نمو النبات لكمية الماء، من المهم تذكّر أن النباتات يمكن أن تتأثر أيضًا بضوء الشمس، ونوع التربة، والرياح والآفات الزراعية. لاختبار تأثير الماء وحده في التجربة يجب ضبط جميع المتغيرات الأخرى المحتملة، والتي تُعرف **بالمتغيرات الضابطة Control variables** (الجدول ٢-٣).

| التجربة | المتغيّر الذي يتم اختباره | المتغيرات التي يتم ضبطها |
|---|---|---|
| اختبار تأثير نوعية التربة على نمو النبات. | نوعية التربة. | درجة الحرارة، كميّة الضوء، كميّة الماء، نوع النبات المُستخدم وحجمه. |
| اختبار تأثير درجة حرارة الغرفة على درجات الاختبار. | درجة حرارة الغرفة. | راحة الطلبة، كميّة الإضاءة المتاحة، الضوضاء، مدة الزمن المُتاح. |

**الجدول ٢-٣ أمثلة على متغيّرات ضابطة.**

المتغيّر الضابط هو أي متغير يُثبّت (يبقى ثابتًا) في الاستقصاء. ولا يكون تأثيره جزءًا من الاستقصاء، بل يحتاج إلى الضبط كي لا يؤثر على النتائج. ومن الأمثلة على العوامل التي قد تحتاج إلى الضبط:

- درجة الحرارة
- $CO_2$
- $O_2$
- الرقم الهيدروجيني pH
- شدة الإضاءة

إذا تم تغيير أكثر من متغير واحد في تجربة معيّنة عند اختبار متغير مستقل محدّد، فلن تكون البيانات التي تم الحصول عليها موثوقة (صحيحة). ويعود سبب ذلك إلى عدم إمكانية تحديد أي متغير تسبب في تغيير البيانات.

**مصطلحات علمية**

**المتغيّر الضابط Control variable:**
أي متغير يُثبّت (يبقى ثابتًا) خلال التجربة.

## تفسير البيانات

إن لتفسير البيانات دورًا مهمًا في نجاح التجربة. فمن خلال تفسير البيانات وتحليلها، يمكنك تحديد ما إذا كانت نتائج التجربة تدعم الفرضية أو تدحضها. يعطي تفسير البيانات معنى للمعلومات التي تم جمعها، وسيساعدك على تحديد مدى أهميتها. في بعض الحالات، قد تدعم البيانات الفرضية جزئيًا فقط.

تحتاج إلى تمثيل البيانات الكمّية (الرقمية Numerical data) التي تم جمعها أثناء الاستقصاءات في شكل تمثيلات بيانية. سيساعدك هذا الأمر على تصوّر بياناتك وتفسيرها. وسيمكّنك هذا أيضًا من معرفة ما إذا كانت بياناتك تحتوي على أنماط أو اتجاهات متسقة أو **قيم شاذة Anomalies values**.

عند تنفيذ التمثيلات البيانية، تأكد من كتابة مسمّيات المحاور بوضوح وتضمين الوحدات عند الحاجة. يجب أن يسمح مقياس المحاور للتمثيل البياني بملء أكثر من نصف الشبكة في كِلا الاتجاهَين. لا تضغط التمثيل البياني في زاوية واحدة من الشبكة. وبالإضافة إلى ذلك، ينبغي استخدام مقياس معقول ومقبول.

**مصطلحات علمية**

**قيم شاذة Anomalies values:**
بيانات غير معتادة، والتي تنحرف عن الأنماط والاتجاهات التي تشير إليها بقية البيانات.

تشمل أنواع التمثيلات البيانية ما يلي:

- تمثيل بياني بالأعمدة – للبيانات ذات الفئات (الشكل ٢-٤ أ).
- مخطط دائري – للبيانات ذات الفئات (الشكل ٢-٤ ب).
- تمثيل بياني خطي – للبيانات المستمرة (الشكل ٢-٤ ج).
- تمثيل بياني مبعثر – للبيانات المستمرة (الشكل ٢-٤ د).

هناك ست خطوات رئيسية لتفسير التمثيل البياني:

١. **اقرأ الأساسيات:** اقرأ المسمّيات وكافة الإيضاحات والتعليقات التفسيرية الموجودة على التمثيل البياني. ما هي المعلومات التي يقدمها لك التمثيل البياني؟

٢. **اقرأ الأعداد المهمة:** النقاط المهمة هي نقاط الذروة (الارتفاعات القصوى)، ونقاط أدنى المستويات، ونقاط التكتلات أو التجمعات، والنقاط التي تلتقي فيها البيانات أو تتقاطع فيها، والقيم الشاذة.

٣. **عرّف الاتجاهات:** ما الاتجاهات التي تلاحظها في البيانات؟

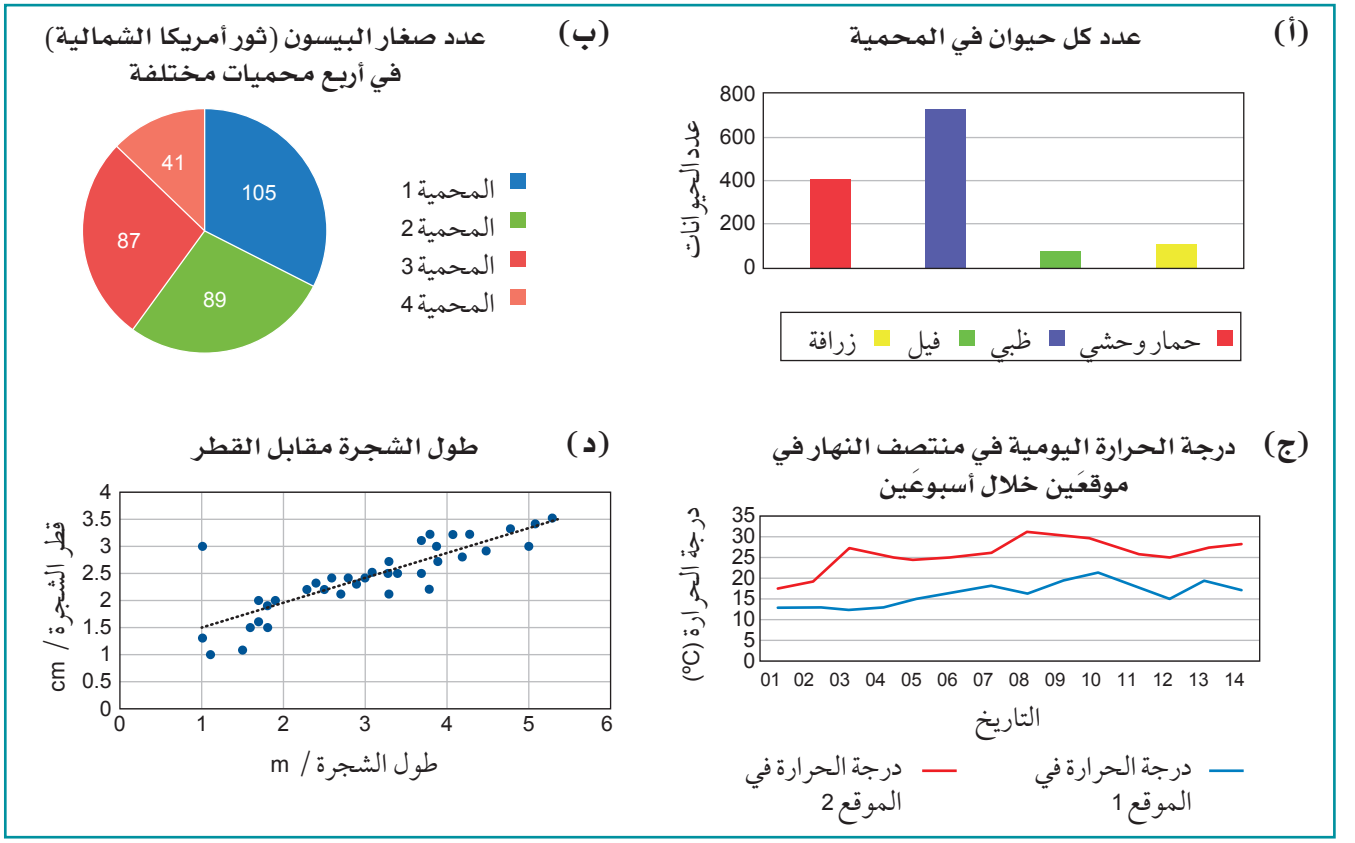
٤. **قارن الاتجاهات:** عندما يتم تمثيل مجموعات بيانات متعددة معًا على التمثيل البياني نفسه، يمكنك مقارنة المعلومات أو الاتجاهات (الشكل ٢-٤ ج).

٥. **تحليل الاتجاهات:** قد تثبت البيانات فرضية ما أو تدحضها، أو قد تسمح بوضع فرضية جديدة.

٦. **استخلاص الاستنتاجات:** استخدم البيانات الموجودة في التمثيل البياني لاستخلاص الاستنتاجات ودعمها.

وتشمل المصطلحات التي يمكنك استخدامها لوصف التغيير في التمثيل البياني ما يأتي:

- الصعود: يزيد، يعلو، يرتفع، يتزايد.
- النزول: يقل، يهبط، ينخفض، يتناقص.




**الشكل ٢-٤** قد تشتمل الأنواع المختلفة من التمثيلات البيانية لعرض البيانات على: (أ) تمثيل بياني بالأعمدة، (ب) مخطط دائري، (ج) تمثيل بياني خطّي، (د) تمثيل بياني مبعثر.

- لا تغيير: تبقى مستقرة وثابتة.
- متغير بشكل متكرر: متقلب.
- في الأعلى: الذروة، أعلى نقطة.
- في الأسفل: أدنى نقطة.

تأكّد من أنك تصف بوضوح ما يحدث في التمثيل البياني، وادعم وصفك ببيانات منه. انظر الشكل ٢-٤، هل يمكنك تفسير البيانات الموجودة في التمثيلات البيانية الأربعة؟ هل يمكنك اقتراح فرضيات قد تدعمها هذه التمثيلات البيانية؟

**المحددات Limitations** في المنهج العلمي هي أوجه القصور، وأجزاء التجربة التي تحول دون حصول الباحثين على **بيانات موثوقة Reliable data** وتؤدي إلى عدم اليقين في النتائج. قد توجد محددات تجريبية بسبب القيود في تصميم البحث أو الاستقصاء، أو المواد، أو المنهجية المعتمدة، أو الزمن المتاح والتكاليف (الصورة ٢-٣). ومن الأمثلة الأخرى على المحددات، المشكلات التي تتعلّق بالعيّنة، وحجم العيّنة ومشكلات في الأدوات أو التقنيات المستخدَمة لجمع المعلومات. يمكن التغلّب على هذه المحددات عن طريق تحديد المشكلة المحتملة بوضوح واقتراح طرائق لمعالجتها. وتعدّ القيود الزمنية والمالية أيضًا محدّدات شائعة، ويجب تحديدها بوضوح وملاحظتها عند إجراء البحث.

**مصطلحات علمية**

**المحددات Limitations:**
أوجه القصور في دراسة ما، والتي يمكن أن تؤثر على المعلومات التي يتم جمعها. تشمل المحددات تصميم البحث، والمنهجية، والمواد والقيود الزمنية والمالية (التكاليف).

**بيانات موثوقة Reliable data:**
بيانات كاملة ودقيقة إلى حدّ معقول، تعمل على الإجابة عن الفرضية بطريقة واضحة وشفافة ولم يتم التدخل فيها أو تعديلها بشكلٍ غير مناسب.

**الصورة ٢-٣ باحثان يجمعان البيانات في الميدان. المحددات في هذا النوع من جمع البيانات قد تشمل صعوبة الوصول إلى المواقع النائية لتكرار جمع البيانات، أو الظروف الجوية.**

والمحددات في المنهج العلمي لها اعتبارات مهمة؛ حيث يجب أن تكون الفرضية قابلة للاختبار لإثباتها أو دحضها. لذلك، يجب أن يكون ممكنًا تكرار التجربة بنتائج مماثلة، وعلى الباحثين الإبلاغ عن أية قضايا يتم تحديدها، الأمر الذي سيسهم في فهم الآخرين للمحدّدات المحتملة للبيانات التي يتم تحليلها.

أمثلة على المحددات في التجارب العلمية:

- المعرفة البشرية الحالية: على سبيل المثال، قبل 500 سنة، كان التطبيب بالإدماء يُعدّ طريقة علمية سليمة لعلاج المرض، في حين نحن الآن نعلم أنها ليست طريقة فعّالة للسيطرة على المرض.
- الخطأ البشري (مثل الخطأ في تحضير تركيز مادة كيميائية لاختبارها، أو خطأ في حساب الزمن اللازم للتجربة) قد يؤدي إلى نتائج غير دقيقة.
- تحيّز الباحث، قد يكون نطاق التركيز على التجربة ضيقًا بسبب تحيز الباحث. هذا يعني أن الباحث قد يتوقع إجابة محددة، وبالتالي قد يغفل عن معلومات أخرى يمكن أن تعطي نتيجة مختلفة.

الفرضية التي تدعمها النتائج العلمية باستمرار من خلال العديد من الملاحظات والاستقصاءات المتكررة، وقابلة

للتطبيق على مجموعة واسعة من الظواهر أو الحالات، حينها يمكن أن تصبح **نظرية علمية** Scientific theory. على سبيل المثال، تؤدي انبعاثات الكربون في الغلاف الجوي إلى زيادة قابلية الغلاف الجوي على الاحتفاظ بالحرارة (ظاهرة الاحتباس الحراري). لم تعد هذه فرضية، بل أصبحت نظرية. يمكن استخدام النظريات في **النماذج** Models للتنبؤ بما قد يحدث في مواقف مختلفة. على سبيل المثال، إذا استمر تزايد انبعاثات الكربون، فما النتائج المتوقعة؟

النظريات ليست ثابتة. يمكن تعديلها وتغييرها كلما توافرت بيانات جديدة.

**مصطلحات علمية**

**النظرية العلمية Scientific theory:**
تفسير لجانب من جوانب العالم الطبيعي تم اختباره مرارًا وتكرارًا للتحقق منه باستخدام المنهج العلمي.

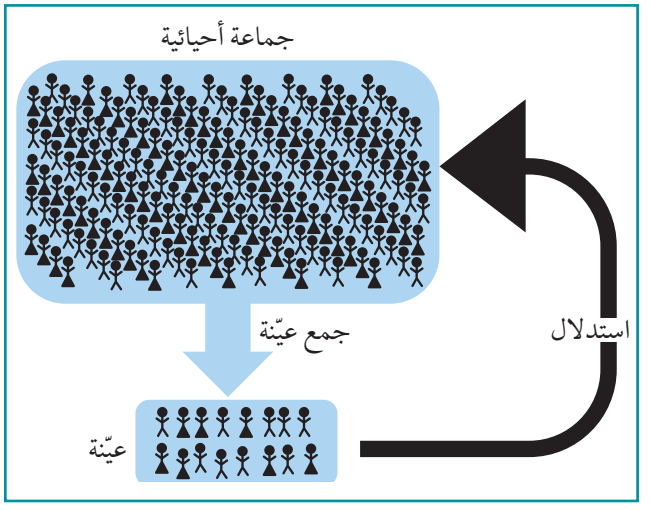
**النموذج Model:**
هو نتاج تمثيل فيزيائي، أو مفاهيمي أو رياضي لحدث حقيقي صعب الملاحظة.

### أسئلة

١. عرّف مصطلحَي: التحيز والتنبؤ.
٢. قارن بين معنى المتغير المستقل والمتغير التابع.
٣. لخّص كيفية صياغة فرضية لتجربة ما.
٤. صِف الخطوات الأساسية عند اختبار فرضية ما. يمكنك استخدام رسم تخطيطي لتوضيح الخطوات.
٥. صِف متطلبات أن تصبح فرضية ما نظرية علمية.

## ٢-٢ جمع البيانات البيئية

العيّنة هي مجموعة صغيرة من البيانات (عدد النباتات، عدد الأنواع، توزيع النبات) التي يتم جمعها من جماعة أحيائية كبيرة. يجب أن تمثّل العيّنة المتغير الذي يتم استقصاؤه، وبذلك يضمن أن النتائج يمكن استخدامها لتعميمها على الجماعة الأحيائية أو المنطقة بأكملها (الشكل ٢-٥).




**الشكل ٢-٥** رسم تخطيطي يمثل جماعة أحيائية وعيّنة ممثلة لها.

### العيّنات العشوائية والعيّنات المنتظمة

الاستراتيجيات المستخدمة لجمع البيانات تشمل جمع العيّنات العشوائية والعيّنات المنتظمة (الشكل ٢-٦).

يتم **جمع العيّنات العشوائية** Random sampling من خلال اختيار نقاط جمع العيّنات باستخدام أرقام عشوائية. يمكن إنشاء هذه الأرقام باستخدام برنامج حاسوبي، أو عن طريق إنشاء نمط شبكي لمنطقة الدراسة؛ إذ يُخصّص رقم لكل نقطة في الشبكة، ويتم اختيار هذه الأرقام على نحوٍ عشوائي لتجمع العيّنات من هذه النقاط. تساعد هذه الاستراتيجية في تقليل تحيّز الباحث. جمع العيّنات العشوائية مفيد عندما يكون حجم الجماعة الأحيائية أو حجم العيّنات الفردية صغيرًا نسبيًا؛ إذ يكون لجميع الأفراد فرصة متساوية ليكونوا ضمن العيّنات (انظر الموضوع ٢-١ المنهج العلمي).

**مصطلحات علمية**

**جمع العيّنات العشوائية Random sampling:**
جمع عيّنات تعتمد على سحب أسماء/أرقام على نحوٍ عشوائي أو استخدام برنامج حاسوبي لإعطاء قائمة عشوائية.

أما **جمع العيّنات المنتظمة Systematic sampling** فيتم باستخدام نمط منتظم لتحديد نقاط العيّنة، على سبيل المثال، كل ثالث منزل في جانب الشارع الأيسر طُلب إليه الإجابة عن استبانة، أو جمع عيّنة بعد كل خمسة أمتار مربعة على النمط الشبكي لمنطقة الدراسة. يكون جمع العيّنات المنتظمة أكثر فاعلية عندما لا تُظهر البيانات أنماطًا متوقعة وعندما لا يتلاعب الباحث بالبيانات.

استراتيجيات جمع العيّنات العشوائية والمنتظمة قد تتضمن جمع العيّنات النقطية والخطية على حدّ سواء. في معظم الحالات، تستخدم الطريقة النقطية لجمع العيّنات العشوائية، والطريقة الخطية لجمع العيّنات المنتظمة.

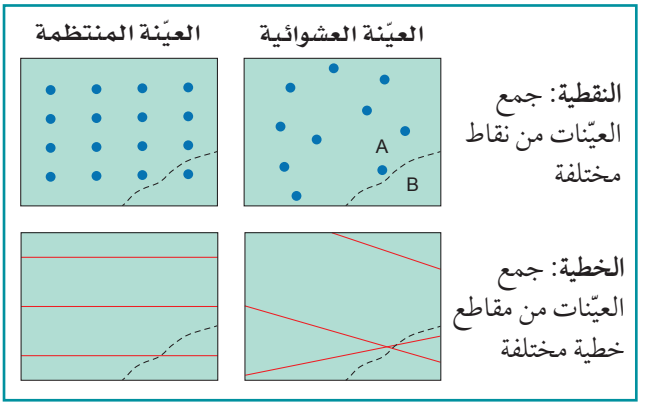
## جمع العيّنات النقطية

جمع العيّنات النقطية Point sampling هي من أكثر الطرائق شيوعًا لتقدير الغطاء النباتي في موقع معيّن. يتم ذلك عن طريق اختيار عدد من النقاط داخل منطقة معيّنة (إما بشكل عشوائي أو منتظم) وتحديد عدد تلك النقاط التي تحتوي على نوع محدد من النباتات. وبهذه الطريقة، يمكن حساب إجمالي الغطاء النباتي من هذا النوع كنسبة مئوية من عدد المرات التي تقع فيها النقاط على النوع النباتي الذي تستهدفه الدراسة (انظر الشكل ٢-٦).

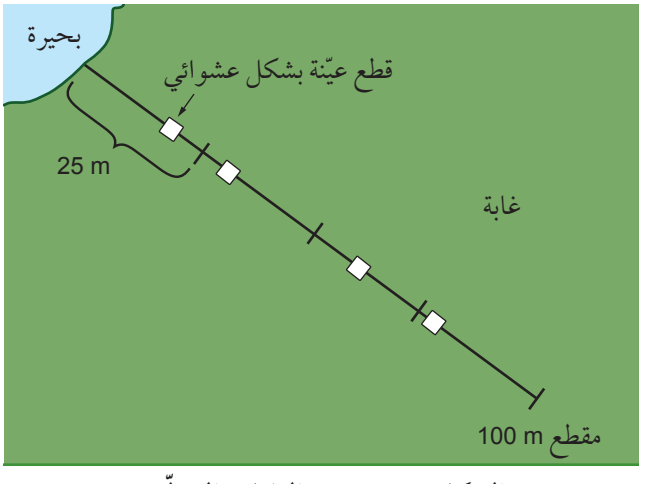
## جمع العيّنات الخطّية

تُعدّ جمع العيّنات الخطية Line sampling من استراتيجيات جمع العيّنات، حيث يتم جمع البيانات على طول خط مستقيم يسمّى مقطع، ويتم تسجيل كل نبات يلامس الخط. تستغرق هذه الطريقة وقتًا طويلًا، ويمكن استخدامها مع طريقة العيّنة النقطية، وذلك لجمع عيّنات من نقاط محددة على طول الخط.

وفي بعض الحالات عند جمع العيّنات الخطّية يتم وضع **مربعات قياسية Quadrats** بشكل عشوائي أو منتظم على طول المقطع (انظر الشكلَين ٢-٦ و ٢-٧).




**الشكل ٢-٦ استراتيجيات مختلفة لجمع العيّنات ستوفر المنطقة B نتائج مختلفة اعتمادًا على الاستراتيجية المستخدمة. على سبيل المثال، قد يؤدي نظام جمع العيّنات العشوائية إلى خطأ (نقص أو زيادة) في تمثيل البيانات من المنطقة B، والذي قد يظهره جمع العيّنات المنتظمة.**




**الشكل ٢-٧ جمع العيّنات الخطّية.**

مع زيادة حجم العيّنات وحاجة الباحث إلى إنشاء عيّنات متعددة، قد تصبح عملية جمع العيّنات مكلفة وتستغرق وقتًا طويلًا.

### مصطلحات علمية

**جمع العيّنات المنتظمة Systematic sampling:** اختيار عيّنة بناءً على فواصل منتظمة عوضًا من الاختيار العشوائي.

**المربع القياسي Quadrat:** إطار لجمع عيّنات بمساحة محددة مثلًا متر مربع واحد ($1\ m^2$)، يتم اختيارها لتقييم التوزيع المحلي للنباتات أو الحيوانات.

## ملاءمة استراتيجيات جمع العيّنات وحجم العيّنة

يعدّ هدف الدراسة العامل الأساسي في تحديد استراتيجية جمع العيّنات المُناسبة. على سبيل المثال:

- عند قياس إجمالي المواد السامة التي تلقى في نهر ما: يمكن جمع عيّنة ماء كبيرة على مدار 24 ساعة لقياس متوسط تركيز المواد السامة في النهر.
- بينما عند مراقبة الانسكابات العَرَضية للمواد السامة: يمكن جمع عيّنات ماء فردية بشكل متكرّر، على سبيل المثال كل ساعة، لمعرفة التغيّرات السريعة في تركيز المواد السامة.

يحتاج الباحثون إلى التفكير في حجم العيّنة المطلوب، ومدى سهولة الوصول إلى موقع جمع العيّنات، ومعرفتهم بالبيئة التي يتم دراستها والدراسات المماثلة السابقة التي يمكن أن توجّه الاستراتيجية التي تم اختيارها.

بالنسبة إلى حجم العيّنة، فإن الحد الأدنى الذي سيعطي نتائج ذات معنى هو 100، في حين يكون الحد الأقصى لحجم العيّنة 10% من الجماعة الأحيائية، طالما أن هذا العدد لا يتجاوز 1000. على سبيل المثال، إذا تم إجراء مسح على خمس مدن بإجمالي 7200 منزل، فلن يكون ممكنًا مسح كل منزل، بسبب القيود المتعلقة بالتكلفة والوقت. في هذه الحالة، سيختار الباحث عادةً عيّنة ممثّلة من تلك المنازل الـ 7200 للحصول على بيانات ممثّلة. يعتمد حجم العيّنة على مستوى الدقة الذي يسعى الباحث لتحقيقه. ففي هذا المثال، سيكون مقدار العيّنة 10% هو مسح 720 منزلًا. ومع ذلك، تخيّل لو أن هذه المدينة تضمّ 20 000 منزل، فإن 10% من 20 000 تساوي 2000، أي أن الرقم تجاوز 1000، في هذه الحالة، سيكون الحد الأقصى لحجم العيّنة هو 1000.

أما عندما يكون حجم الجماعة الأحيائية أقل من 100، فإنه يجب تضمين جميع الأفراد أو نقاط جمع العيّنة في المسح.

يتم اختيار الحجم الأدنى للعيّنة عندما:

- يكون كل من الزمن والميزانية محدودَين.
- يكون المطلوب تقديرًا تقريبيًا.
- لن يتم تقسيم البيانات إلى مجموعات مختلفة للتحليل.
- توقّع إجابات / نتائج مشابهة.

يتم اختيار الحجم الأقصى للعيّنة عند:

- وفرة الزمن والميزانية.
- الحاجة إلى الحصول على النتائج الدقيقة.
- إمكانية تقسيم البيانات إلى فروع مختلفة.
- توقّع إجابات / نتائج مختلفة.

سواء أكنت تستخدم طرائقك الخاصة أو التي استخدمها الآخرون سابقًا، يجب أن تبحث عن التحيز، والدقة (كيفية جمع البيانات بحرص) وكفاءة العملية وما إذا كانت استراتيجية جمع العيّنات المستخدمة مناسبة للدراسة. يوضح الجدول ٢-٤ ملخّص لاسترتيجيات وطرائق جمع العيّنات.

| الاستراتيجية | الطريقة |
|---|---|
| **جمع العيّنات العشوائية باستخدام الطريقة النقطية** | ١. قسّم المنطقة المحددة لجمع العيّنات منها إلى شبكة من مربعات باستخدام أشرطة القياس.<br>٢. استخدم أرقامًا تم إنتاجها حاسوبيًا، أو اسحب أرقامًا بطريقة عشوائية؛ لتحديد إحداثيات داخل الشبكة لجمع العيّنة.<br>٣. اجمع العيّنات في نقطة محددة باستخدام أدوات جمع العيّنات المناسبة. |

| الاستراتيجية | الطريقة |
|---|---|
| | ٤. اجمع البيانات ذات الصلة، مع تحديد أي أنواع الكائنات الحية أو العوامل التي تحتاج إلى تسجيلها.<br>٥. سجّل النتائج في جدول.<br>٦. احسب المتوسط الحسابي للبيانات التي تم جمعها. |
| **جمع العيّنات المنتظمة باستخدام الطريقة الخطية** | ١. مدّ شريط قياس من جانب واحد من الموطن البيئي إلى الجانب الآخر.<br>٢. ابدأ بجمع العيّنات عند (0 m) على الشريط باستخدام أدوات جمع العيّنات المناسبة.<br>٣. اجمع البيانات ذات الصلة.<br>٤. استخدم «مفتاح تعرف» لتحديد ما إذا كان كل نوع ذا صلة.<br>٥. سجّل النتائج في جدول.<br>٦. انقل معدّات جمع العيّنات على طول شريط القياس.<br>٧. كرّر الخطوات من ٣ إلى ٥ على فترات منتظمة على طول شريط القياس.<br>٨. استمر إلى أن يتم جمع عيّنات على طول شريط القياس كاملًا.<br>٩. احسب المتوسط الحسابي للبيانات التي تم جمعها. |

**الجدول ٢-٤ استراتيجيات وطرائق جمع العيّنات. بالنسبة إلى جمع العيّنات العشوائية والمنتظمة، تأكد من توحيد طريقة جمع العيّنات في كل نقطة لجعل البيانات قابلة للمقارنة. على سبيل المثال، المدة الزمنية التي تقضيها في جمع العيّنات من نقطة ما، أو حجم المنطقة التي تم جمع عيّنات منها، أو عدد العيّنات التي تم جمعها.**

## أسئلة

٦ اذكر الاختلاف بين جمع العيّنة العشوائية وجمع العيّنة المنتظمة.

٧ حدّد العوامل التي يجب مراعاتها عند تحديد الحد الأدنى أو الأقصى لحجم العيّنة المطلوب.

٨ احسب حجم العيّنة في الحالتين الآتيتين:

**أ.** يريد باحث معرفة النسبة المئوية للأشجار التي أصيبت بالفطريات في غابة ما باستخدام العيّنة العشوائية. تحتوي المنطقة التي يتم فحصها من الغابة على 2750 شجرة. كم شجرة يجب على الباحث تضمينها في المسح؟

**ب.** يستقصي باحث عدد الأسر التي تعيد تدوير نفاياتها في ثلاث مدن مختلفة:

- المدينة ١: فيها 98 منزلًا.
- المدينة ٢: فيها 10 700 منزل.
- المدينة ٣: فيها 2970 منزلًا.

ما حجم العيّنة التي يجب أن تُجمع من كل مدينة للحصول على بيانات ممثلة لمنطقة الدراسة؟

**أفعال إجرائية**

**حدّد Identify**: سمِّ، اختر، تعرّف.

إذا كنت ترغب في إجراء تحليل للبيانات في نهاية التجربة، فأنت بحاجة إلى عيّنة كبيرة بما يكفي للتوصّل إلى استنتاجات سليمة منها. لذا، فمن المهم أن تقرر عدد العيّنات التي ستجمعها للحصول على نتائج موثوقة، علمًا بأن ذلك يختلف بحسب العمل الميداني الذي يتم تنفيذه. بالنسبة إلى التجارب المخبرية، فإن تكرار الاختبار خمس مرات يوفر بيانات أساسية كافية لإجراء تحليل إحصائي للمعلومات. كلما جمعت المزيد من البيانات، كانت نتائجك أكثر موثوقية. ومع ذلك، لاحظ أن كثرة البيانات قد تكون أيضًا مشكلة؛ لأنها تصبح صعبة المعالجة والتطبيق بطريقة ذات معنى.

## تقنيات جمع العيّنات

تتوافر تقنيات مختلفة لجمع العيّنات للعمل الميداني. من المهم اختيار التقنية الصحيحة للمهمة المطلوبة.

لجميع تقنيات جمع العيّنات فوائد ومحددات. تشمل بعض المحددات التحيز في جمع العيّنات، ونقص المهارة في تحديد الأنواع، والذي يؤدي إلى خطأ في التعرف على الأنواع أو نقص / زيادة في إحصاء الأنواع، إضافة إلى الإضرار بأفراد الجماعة الأحيائية التي تشملهم العيّنة، وطول المدة الزمنية اللازمة للحصول على عيّنات ذات دلالة إحصائية، وتكلفة العمل الذي يستغرق مدّة زمنية طويلة في الميدان. إن العديد من التقنيات ليست صعبة التنفيذ، لذا فإن سهولة الاستخدام والتكلفة المنخفضة لإنتاج المعدات لهما فائدة في العمل الميداني. إضافة إلى ذلك، تؤدي هذه الطرائق إلى إنتاج بيانات كمية يمكن استخدامها في الإحصاءات وإعداد التمثيلات البيانية.

### المربع القياسي

يتم جمع البيانات داخل مربع ذي أربعة جوانب بحجم محدد مسبقًا. يمكن دمج هذه التقنية مع طريقة جمع العيّنات الخطّية، كما يظهر في الصورة ٢-٤.

**الصورة ٢-٤ يمكن استخدام المربع القياسي الشبكي لجمع عيّنات من منطقة أو على طول مقطع.**

تُستخدم المربعات القياسية Quadrats لجمع عيّنات من الأنواع **الثابتة** **Sedentary** أو الأنواع التي تتحرك ببطء شديد، مثل الحلازين. عند اللجوء إلى جمع العيّنات لأنواع معيّنة فهي إما أن تكون موجودة أو غير موجودة. يمكن بعد ذلك استخدام البيانات لتحديد **تكرار** **Frequency** كل نوع في منطقة العيّنة كاملة.

**مصطلحات علمية**

***الثابتة** **Sedentary**:
الكائنات التي لا تتحرك، كالنباتات أو الأنواع التي تعيش على الشواطئ الصخرية مثل البرنقيل.

**التكرار** **Frequency**:
عدد مرات ظهور نوع معيّن (مثل النبات) في عيّنة ما.

يُعدّ المربع القياسي المفتوح Open frame quadrat أبسط طريقة لجمع البيانات لقائمة الأنواع. المربع القياسي هو إطار مربع، يكون في العادة مصنوعًا من سلك أو خشب بأبعاد محددة (على سبيل المثال، 0.25 m × 0.25 m). يتم وضع الإطار على الأرض بحيث يمكن دراسة النباتات الموجودة بداخله.

يمكن استخدام جمع العيّنات بالمربع القياسي لتحديد ما يأتي:

- عدد النباتات الفردية.
- عدد الأفراد من نوع معيّن.
- عدد الأنواع المختلفة.

- النسبة المئوية المقدرة للتغطية (النسبة المئوية لمنطقة المربع القياسي المغطاة بنوع معيّن).

يمكن التعبير عن المعلومات على شكل نسبة مئوية للتغطية أو على شكل تكرار موضعي. كما يمكن استخدام المربع القياسي بشكل عشوائي أو منتظم على نمط شبكي ما.

**المحددات:**

- قد يؤدي التقدير إلى التحيز، وإلى الحسابات الخاطئة، وفي النهاية إلى بيانات غير موثوقة.

**الفوائد:**

- سهل وسريع وغير مكلف.

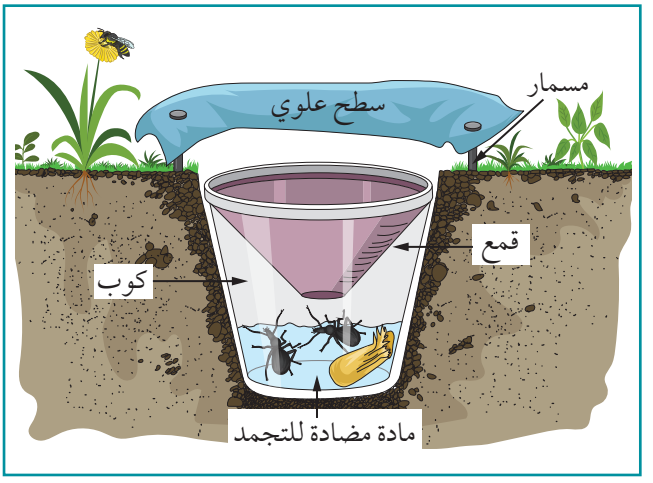
أما المربع القياسي الشبكي Gridded quadrat فهو مربع تم تقسيمه إلى مربعات أصغر (شبكة) (الصورة ٢-٤).

يتم حساب عدد مربعات الشبكة التي يوجد فيها النبات وتُحسب النسبة المئوية للتغطية. هذه الطريقة أكثر موثوقية من المربع القياسي المفتوح. ومع ذلك، يحتاج الباحث إلى معرفة كافية لتحديد الأنواع النباتية المختلفة. وفي حال كانت الأنواع متشابهة جدًا، قد يصبح هذا الأمر صعبًا.

## المصائد الشِّراكية

المصيدة الشِّراكية Pitfall trap هي مصيدة تُستخدم لجمع عيّنات من جماعات الحشرات التي تكون نشطة على الأرض. تتكوّن هذه المصيدة عادةً من كوب أو دورق يُدفن بحيث تكون حافته العلوية مستوية مع سطح الأرض. تسقط الحشرات في المصيدة ويمكن تحديدها عند الفحص (الشكل ٢-٨).

بعض المصائد الشراكية تحتوي على ثقب في القاعدة للسماح بتصريف الماء في حال هطول الأمطار خلال الليل، بينما يُضاف إلى مصائد أخرى مادة مضادة للتجمد Antifreeze تقتل الحشرات، الأمر الذي يمنع افتراسها من الحشرات المفترسة ويمنع حشرات العيّنة من الهروب من المصيدة.




**الشكل ٢-٨ مثال على مصيدة شراكية.**

**المحددات:**

- قد تأكل الحشرات المفترسة الحشرات الأخرى في المصيدة، لذلك غالبًا ما توضع مادة مضادة للتجمد أو مادة أخرى في المصيدة لقتل الحشرات.
- يتطلب التعرّف على الحشرات تدريبًا ومهارة.
- يستغرق زيارة المواقع وقتًا، ويجب أن يكون عدد المواقع المشمولة في موقع العيّنة محدودًا.
- قد تمتلئ المصيدة بالماء إذا تُركت لفترة طويلة جدًا، ما يؤدي إلى قتل الحشرات أو جرفها بعيدًا.
- هذه المصائد مخصصة لاصطياد الحشرات الصغيرة، أما الحشرات الطائرة فتتمكّن من الهروب.
- المناطق الحضرية لا تناسب هذا النوع من جمع العيّنات، لأن أسطحها عادةً ما تكون صلبة، وتحتاج الحاويات إلى أن تُغمر في الأرض.

**الفوائد:**

- المصائد سهلة وغير مكلفة في الإعداد.
- يمكن ترك المصائد لفترات زمنية طويلة لزيادة فرصة جمع العيّنات.

## شِباك اصطياد الحشرات

شِباك اصطياد الحشرات Sweep nets (الشكل ٢-٩) هي شِباك مركّبة على عصا. تُستخدم لجمع الحشرات

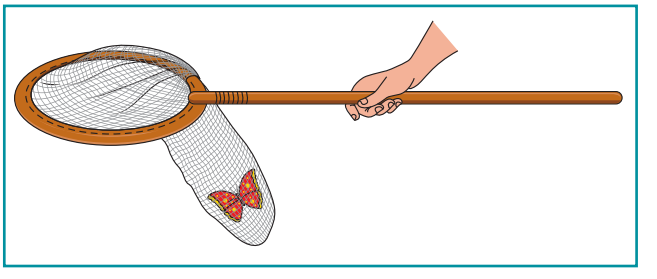
وغيرها من اللافقاريات التي تكون على الأعشاب الطويلة. يمكن رفع الشبكة فوق النباتات وتحريكها بحركة على شكل الرقم ثمانية (8)، أو إبقاؤها بين النباتات وتحريكها بحركة بندولية. بمجرد الانتهاء من جمع العيّنة، عليك الاحتفاظ بالشبكة مغلقة حتى لا تتمكن الحشرات من الهروب.

**المحددات:**

- الغطاء النباتي الكثيف لا يصلح لهذا النوع من جمع العيّنات.
- ليست كل الحشرات قابلة للصيد بالسهولة ذاتها؛ لذا ربما لا تمثل العيّنة جميع الأنواع الموجودة.
- تستغرق وقتًا طويلًا وقد تتسبب في تلف النباتات.

**الفوائد:**

- هذه الطريقة غير مكلفة وسهلة الاستخدام، ولا تتطلب مدة زمنية طويلة أو المهارة لإكمالها. يمكن للمتطوعين المساعدة في جمع العيّنات.



**الشكل ٢-٩ مثال على شبكة اصطياد الحشرات تُستخدم لصيد الحشرات الطائرة.**

## جمع العيّنات بالركل

يُستخدم جمع العيّنات بالركل Kick sampling على نطاق واسع لجمع عيّنات من اللافقاريات التي تعيش في قاع النهر أو حافة وادي أو فلج. توضع شبكة اصطياد الحشرات في اتجاه مجرى النهر من نقطة جمع العيّنات، بحيث يتدفق الماء إلى داخلها. يقوم الباحث بركل قاع النهر لمدة زمنية محددة في كل مرة يستهدف فيها عيّنة، وتُجمع الكائنات التي تُثار من القاع بفعل الركل في الشبكة للتعرف عليها لاحقًا (الشكل ٢-١٠).

**الشكل ٢-١٠ يتم جمع العيّنات بالركل في المياه الضحلة من قاع النهر، بواسطة شخص واحد أو شخصين.**

**المحددات:**

- قد يتم فقدان الأنواع الصغيرة إذا كانت فتحات الشبكة كبيرة جدًا.
- الأنواع الملتصقة بالصخور سيتم فقدانها.
- من الصعب تنفيذ هذه الطريقة في المياه التي تحتوي على الكثير من الطمي.

**الفوائد:**

- سريع التنفيذ وفعّال من حيث التكلفة.

## ضع علامة - أطلق - أعد الإمساك

تُستخدم تقنية ضع علامة - أطلق - أعد الإمساك Mark – release – recapture لتقدير حجم الجماعة الأحيائية (مؤشر لينكولن)؛ إذ لا يكون الإمساك على جميع الأفراد فيها أمرًا عمليًا.

في هذه التقنية يُستخدم الاصطياد المباشر، حيث يتم فيها الإمساك بالأفراد ثم وضع علامة عليها بطريقة لا تؤذيها. يسجّل الباحث بعد ذلك معلومات عنها (الجنس، والوزن، والطول، واللون، والنوع، وكيف تم وضع العلامة) قبل إطلاقها مرة أخرى لتعود إلى الجماعة الأحيائية حيث تم الإمساك بها. عندما يتم إعادة جمع عيّنات من المنطقة، يكون من السهل التعرف على الأفراد التي تم الإمساك بها مسبقًا، ويتم تسجيل إعادة الإمساك

بها لتضاف إلى جميع الكائنات التي تم القبض عليها لأول مرة. تُستخدم العلامات لمعرفة الكائنات الحية المأخوذة من العيّنات لاحقًا سواء أكانت حيوانات كبيرة أوحتى حشرات (الصورة ٢-٥).

**الصورة ٢-٥ توضح عملية وضع العلامة على الكائن الحي وإطلاقه لتعقب حركته. عندما تتم إعادة جمع عيّنات من المنطقة، يكون من السهل التعرف على هذا الفرد.**

**المحددات:**

- قد تؤدي عملية الإمساك أو وضع العلامة على الكائن الحي إلى تقليل فرص نجاته.
- ربما لا تسهل رؤية العلامات على الكائن الحي عند إعادة الإمساك به.
- الكائن الذي يتم اصطياده مرة واحدة قد تقل احتمالية اصطياده مرة أخرى بسبب اكتسابه لسلوكيات تحاشي المصائد.
- يتم الاصطياد المباشر لكائنات حية، لذلك يجب فحص المصائد بانتظام لضمان عدم تعرض الكائنات للأذى.

**الفوائد:**

- أدنى حدّ من الأذى يمكن أن يلحق بالكائنات الحية.
- يمكن إجراء هذا النوع من جمع العيّنات في المواقع النائية ويمكن إعادة زيارة نقطة العيّنة المحددة في تواقيت لاحقة.

يوضح الجدول ٢-٥ الطرائق المستخدمة لكل تقنية.

| التقنية | الطريقة |
|---|---|
| **المربع القياسي** | **جمع العيّنات العشوائية باستخدام المربع القياسي:**<br>١. ضَع المربع القياسي عند كل إحداثية تم تحديدها في عملية جمع العيّنات العشوائية.<br>٢. احسب عدد أفراد كل نوع في كل مربع.<br>**جمع العيّنات المنتظمة باستخدام المربع القياسي:**<br>تُستخدم طريقة جمع العيّنات الخطية عندما يكون هناك تغيير تدريجي من جانب واحد للموطن البيئي إلى الجانب الآخر، مثل التغيير في مقدار الضوء بين الحدود الخارجية للغابة ومركزها.<br>- باستخدام إجراء جمع العيّنات المنتظمة، ضع المربع عند (0 m) ثم احسب عدد أفراد كل نوع. |

| التقنية | الطريقة |
|---|---|
| المصائد الشراكية | **بعد استخدام استراتيجية جمع العيّنات العشوائية أو المنتظمة:**<br>١. اختر موقعًا لمصيدتك، على أرض مستوية، بالقرب من الغطاء النباتي.<br>٢. استخدم مجرفة لحفر حفرة صغيرة.<br>٣. ضع كوبًا نظيفًا في الحفرة. ثم املأ أي فراغ حول الكوب بالتربة. تأكد من أن الجزء العلوي من الكوب مستوٍ مع الأرض.<br>٤. إذا كنت تريد تجنّب تراكم مياه الأمطار في المصيدة، فاثقب الكوب من الأسفل.<br>٥. اترك مصيدتك طوال الليل. إذا كنت تتركها خلال النهار، فافحصها على الأقل كل بضع ساعات.<br>٦. فرّغ محتوى المصيدة في صينية لترى الحشرات التي قمت بصيدها. ثم استخدم أدلة التعرف لمساعدتك في تحديد الحشرات.<br>٧. سجّل نتائجك. اكتب ملاحظات بشأن ما اصطدته: التاريخ والموقع.<br>٨. يمكنك رسم الحشرات التي اصطدتها، أو التقاط صور لها.<br>٩. أطلق الحشرات بحذر، وأعدها إلى مأواها أو إلى مكان آمن في المنطقة التي وجدتها فيها. |
| شِباك اصطياد الحشرات | **بعد استخدام استراتيجية جمع العيّنات العشوائية أو المنتظمة:**<br>١. حافظ على مسار الشبكة موازيًا للأرض.<br>٢. قم بإمالة فتحة الشبكة بحيث تكون الحافة السفلية للإطار متقدمة قليلًا على الحافة العلوية.<br>٣. حرّك الشبكة من جانب إلى آخر بحركة نصف دائرية. ثم امسح، بحركة واحدة، في كل خطوة أثناء السير في منطقة العيّنة أو على طول الخط.<br>٤. في منطقة الغطاء النباتي التي تكون فيها النباتات قصيرة، حرّك الشبكة بعمق قدر الإمكان.<br>٥. في منطقة النباتات الأطول، امسح فقط بعمق كافٍ للحفاظ على الحافة العلوية لفتحة الشبكة متساوية مع قمم النباتات.<br>٦. فرّغ محتوى الشبكة في صينية لترى الحشرات التي اصطدتها. واستخدم أدلة التعرف لمساعدتك في تحديد الحشرات.<br>٧. سجّل نتائجك. اكتب ملاحظات بشأن ما اصطدته: التاريخ والموقع.<br>٨. يمكنك رسم الحشرات التي اصطدتها، أو التقاط صور لها. |

| التقنية | الطريقة |
|---|---|
| **جمع العيّنات بالركل** | **بعد استخدام استراتيجية جمع العيّنات العشوائية أو المنتظمة:**<br>١. ابحث عن منطقة مناسبة لمياه جارية ضحلة مثل قاع وادي أو فلج.<br>٢. أمسك شبكة دقيقة المسامات في اتجاه مجرى الماء حيث تقف.<br>٣. استخدم قدمًا واحدة لركل قاع الجدول. ستنتقل الكائنات الحية التي تمّت إزاحتها من قاع المياه الضحلة إلى الشبكة.<br>٤. اجمع العيّنة الأولى من النقطة الأدنى في المجرى أوّلًا، ثم اعمل على جمع العيّنات صعودًا باتجاه المجرى. |
| **ضع علامة – أطلق – أعد الإمساك** | **بعد استخدام استراتيجية جمع العيّنات العشوائية أو المنتظمة:**<br>١. استخدم الاصطياد المباشر للإمساك بالكائنات الحية.<br>٢. ضع علامة مناسبة للكائن الحي. قد تكون العلامة بقعة من الطلاء الملون المضاد للماء أو حلقة ملونة أو علامة راديو RFID tag. يجب أن يتم استخدامها بطريقة لا يتأثر بها الكائن الحي.<br>٣. انتظر فترة زمنية مناسبة قبل العودة إلى الموقع نفسه واستخدام التقنية نفسها للإمساك بالكائنات الحية.<br>٤. سجل عدد الكائنات الحية التي تم الإمساك بها في الخطوة ٣ والتي تم وضع علامة عليها في الخطوة ٢، وعدد الكائنات التي لم يتم وضع العلامة عليها.<br>٥. قم بتطبيق مؤشر لينكولن لتقدير حجم الجماعة الأحيائية (انظر المثال ١). |

**الجدول ٢–٥ طرائق استخدام التقنيات في الحقل.**

## تحليل البيانات باستخدام أدوات إحصائية

بمجرد جمع البيانات، يمكنك معالجة النتائج بعدة طرائق (الصورة ٢–٦). التحليل الإحصائي Statistical analysis للبيانات ضروري لفهم المعلومات، ويمكن استخدامه لتحديد الأنماط في البيانات أو لإظهار الفروقات بين مجموعات البيانات.

**الصورة ٢–٦ يتم تحليل البيانات المجمعة من أنحاء كوكب الأرض باستخدام مجموعة متنوعة من الأدوات الإحصائية.**

يمكن استخدام مجموعة متنوعة من الأدوات الإحصائية، مثل:

### مؤشر لينكولن

يُستخدم مؤشر لينكولن لحساب حجم الجماعة الأحيائية التقديري. يتم ذلك باستخدام تقنية ضع علامة – أطلق – أعد الإمساك وتطبيق المعادلة الآتية:

$$N = \frac{n_1 \times n_2}{m_2}$$

حيث:

$N$ = حجم الجماعة الأحيائية التقديري.

$n_1$ = عدد الأفراد التي تم إمساكها في العيّنة الأولى.

$n_2$ = عدد الأفراد (المميزة بعلامة بالإضافة إلى تلك التي لا تتميّز بعلامة) والتي تم إمساكها في العيّنة الثانية.

$m_2$ = عدد الأفراد المميزة بعلامة وقد تمّ إعادة إمساكها في العيّنة الثانية.

## مثال

### استخدام مؤشر لينكولن

١. بعد جمع عيّنات عشوائية، تم إمساك 200 بطة، ووضع عليها علامة ثم أُعيد إطلاقها. بعد أربعة أسابيع، تم جمع عيّنات من 180 بطة لا توجد عليها علامة و 20 بطة عليها علامة في الموقع نفسه.

**الخطوة ١:** $n_1 = 200$

**الخطوة ٢:** $n_2 = 180 + 20 = 200$

**الخطوة ٣:** $m_2 = 20$

**الخطوة ٤:** $N = \frac{200 \times 200}{20}$

**الإجابة:** $N = 2000$

يشير هذا إلى أنه في الموقع الذي تم فيه جمع العيّنات، يكون تقدير عدد الجماعة الأحيائية للبط نحو 2000.

الآن استخدم البيانات التالية ومؤشر لينكولن لحساب حجم الجماعة الأحيائية. اكتب الخطوات التي اتبعتها للوصول إلى الإجابة.

تم استخدام طريقة ضع علامة – أطلق – أعد الإمساك لتحديد عدد نسور السمك على جزيرة (الصورة ٢–٧). تم تسجيل البيانات الآتية:

١. عدد نسور السمك التي تم القبض عليها في البداية، ووضع علامة عليها ثم أُعيد إطلاقها = 22

٢. العدد الإجمالي لنسور السمك التي تم القبض عليها في العيّنة الثانية = 14

٣. عدد نسور السمك التي عليها علامة في العيّنة الثانية = 2

**الصورة ٢–٧ نسر سمك أفريقي يصطاد سمكة من نهر.**

لاحظ أن مؤشر لينكولن يأخذ ببعض الافتراضات:

- عدم وجود هجرة خارجية أو داخلية للجماعة الأحيائية. بمعنى آخر، الجماعة الأحيائية التي يتم دراستها هي جماعة مغلقة.
- الفترة الزمنية الفاصلة بين جمع العيّنات قليلة مقارنة بالعمر الافتراضي للكائن الحي الذي يتم جمع عيّنات منه.
- الكائنات الحية المميزة بعلامة قد اختلطت ببقية الجماعة الأحيائية في الفترة الزمنية بين جمع العيّنات.

## مؤشر سيمبسون

يُستخدم مؤشر سيمبسون لحساب التنوع البيولوجي المقدّر في النظام البيئي (الصورة ٢–٨). ويؤخذ في الاعتبار كل من عدد الأنواع الموجودة (ثراء الأنواع) ووفرة كل نوع. يمكن استخدام مؤشر سيمبسون مع البيانات التي تُظهر أنواعًا، وأجناسًا، أو عائلات.

**الصورة ٢–٨ سرب من الأسماك في نهر سوكوري، البرازيل.**

ويتم إجراؤه باستخدام تقنيات جمع العيّنات الخطية بالمربع القياسي والمعادلة الآتية:

$$D = 1 - \left(\Sigma \left(\frac{n}{N}\right)^2\right)$$

حيث:

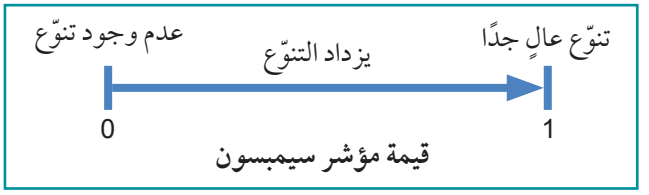
$D$ = التنوع.

$\Sigma$ = المجموع (الإجمالي).

$n$ = عدد الأفراد من كل نوع موجود.

$N$ = العدد الإجمالي للأفراد من جميع الأنواع الموجودة في العيّنة.

يتراوح التنوع من 0 إلى 1؛ إذ يُمثّل 1 تنوعًا عاليًا جدًا و 0 يُمثّل عدم وجود تنوع. كلما اقتربت النتيجة من 1، ازداد التنوع.



قيمة مؤشر سيمبسون

## مثال

### استخدام مؤشر سيمبسون

٢. تم اختبار تنوع الغطاء النباتي في منطقة معيّنة بجمع العيّنات العشوائية باستخدام المربعات القياسية. يتم تسجيل عدد الأنواع النباتية في كل مربع، إضافة إلى عدد أفراد كلّ نوع.

| النوع | العدد ($n$) |
|---|---|
| أ | 5 |
| ب | 8 |
| ج | 2 |
| د | 7 |
| هـ | 3 |
| المجموع | $N$ = **25** |

شاهد ما يحدث عندما تضع هذه الأرقام في مؤشر سيمبسون:

**الخطوة ١:** $D = 1 - \left(\Sigma\left(\frac{n}{N}\right)^2\right)$

**الخطوة ٢:**

$$D = 1 - \left(\left(\frac{5}{25}\right)^2 + \left(\frac{8}{25}\right)^2 + \left(\frac{2}{25}\right)^2 + \left(\frac{7}{25}\right)^2 + \left(\frac{3}{25}\right)^2\right)$$

**الخطوة ٣:**

$$D = 1 - ((0.2)^2 + (0.32)^2 + (0.08)^2 + (0.28)^2 + (0.12)^2)$$

**الخطوة ٤:**

$$D = 1 - (0.04 + 0.1 + 0.006 + 0.08 + 0.01)$$

**الخطوة ٥:**

$$D = 1 - 0.236$$

**الإجابة:** $D = 0.76$

هنا يمثل 0.76 من الاحتمالية. هذا يعني أنه إذا اخترت أي فردَين من العيّنة عشوائيًا، فسيكون هناك احتمال بنسبة 76% أن يكون الفردان مختلفَين. وهذا يعني أن هناك تنوعًا بيولوجيًا كبيرًا.

الآن احسب التنوع البيولوجي في نهر ما باستخدام البيانات التالية ومؤشر سيمبسون (الصورة ٢-٩). اكتب الخطوات التي اتبعتها للوصول إلى إجابتك.

الصورة ٢-٩ سمكة سلور.

| النوع | العدد ($n$) |
|---|---|
| السلمون المرقّط | 83 |
| الباس (القاروس) | 65 |
| الكارب (الشبوط) | 110 |
| السلور (القرموط) | 9 |
| المجموع | $N$ = .... |

## النسبة المئوية للتكرار والتغطية باستخدام بيانات المربع القياسي

تعكس نسبة التكرار احتمال وجود نوع معيّن في مربع قياسي واحد في منطقة العيّنة.

$$\text{التكرار} = \frac{\text{عدد المربعات القياسية التي يوجد فيها النوع}}{\text{عدد المربعات القياسية الكلي}}$$

$$\text{النسبة المئوية للتكرار} = \frac{\text{عدد المربعات القياسية التي يوجد فيها النوع}}{\text{عدد المربعات القياسية الكلي}} \times 100$$

## مثال

### استخدام معادلة النسبة المئوية للتكرار

٣. أُجري استقصاء بهدف تحديد الفرق في المساحة التي تغطيها النباتات بين منطقتَين إحداهما يتوافر فيها دجاج وأخرى خالية منه (الصورة ٢-١٠). تم جمع عيّنات منتظمة باستخدام المقاطع في كلا المنطقتَين. رُصدت أزهار القرع في 6 مربعات قياسية من أصل 30 مربعًا في المنطقة التي يوجد فيها دجاج، في حين رُصدت أزهار من النوع ذاته في 20 مربعًا قياسيًّا من أصل 30 مربعًا في المنطقة الخالية من الدجاج.

(أ)

(ب)

**الصورة ٢-١٠ منطقة (أ) يكثر فيها الدجاج وتُظهر كيف قُضِي على جميع النباتات فيها، مقارنةً بمنطقة أخرى (ب) تكون التغطية النباتية فيها جيدة ولا دجاج فيها.**

النسبة المئوية للتكرار في المنطقة التي يتواجد فيها دجاج:

$$= \frac{6}{30} \times 100 = 20\%$$

النسبة المئوية للتكرار في المنطقة الخالية من الدجاج:

$$= \frac{20}{30} \times 100 = 66\%$$

إن عدد عيّنات المربعات القياسية التي جُمعت يؤثر على مصداقية النتائج. لذا لا بد أن يكون عدد العيّنات كبيرًا بما يكفي لضمان الدقة، على أن لا يكون العدد مبالغًا فيه بحيث يتعذر التعامل معه منطقيًا. وبما أن البيانات كمّية فإن ذلك يقلل من خطر تحيّز الباحث.

لنقم الآن بحساب التكرار في المثال الآتي:

نجم البحر المكلّل بالأشواك Crown-of-thorn starfish كائن حي مفترس، موطنه الطبيعي الشعاب المرجانية، ويتغذّى عليها. أدى الصيد الجائر للمفترس الرئيسي لنجم البحر وهو التريتون العملاق (Giant triton) (حلزون بحري كبير) من أجل الحصول على لحمه وقشرته، إلى ازدياد كبير في أعداد نجم البحر. وقد أثّرت هذه الزيادة الكبيرة في أعداده سلبًا على الشعاب المرجانية، فبات النظام البيئي غير متوازن.

استخدم البيانات الآتية لحساب تكرار الشعاب المرجانية الميتة عندما يكون نجم البحر المكلّل بالأشواك موجودًا.

أُجري استقصاء باستخدام العيّنات العشوائية والمربعات القياسية؛ لتحديد عدد الشعاب المرجانية الميتة في المناطق التي ازدادت فيها أعداد نجم البحر المكلّل بالأشواك على نحو كبير (الصورة ٢-١١).

وُجدت الشعاب المرجانية ميتة في 27 مربعًا قياسيًا من أصل 35 مربعًا في المناطق التي كثُر فيها نجم البحر المكلّل بالأشواك، في حين كانت الشعاب المرجانية ميتة في مربّعَين من أصل 35 مربعًا قياسيًا في المناطق التي لا يوجد فيها نجم البحر.

١. احسب نسبة تكرار الشعاب المرجانية الميتة في الحالتَين. وضّح كيف توصلت إلى إجابتك.

٢. ناقش الاستنتاجات التي يمكنك استخلاصها من هذه النتائج.

**الصورة ٢-١١ مثال على نجم البحر المكلّل بالأشواك الذي يتغذى على الشعاب المرجانية في المحيط الهندي.**

يمكن حساب **النسبة المئوية للتغطية Percentage cover** باستخدام الطريقة ذاتها. النسبة المئوية للتغطية هي المساحة التي يغطيها نوع معيّن، بدلًا من عدد الأفراد الموجودة. على سبيل المثال، في حالة النباتات مثل الحزازيات Mosses أو الأعشاب، من الصعب عدّ النباتات الفردية؛ لذا يقوم الباحث بتقدير نسبة المساحة التي يغطيها النبات في كل مربع قياسي. يتم استخدام تلك المعلومات بعد ذلك لحساب متوسط النسبة المئوية للتغطية في جميع المربعات التي تم جمع عيّنات منها.

**مصطلحات علمية**

**النسبة المئوية للتغطية Percentage cover:**
مقياس لمدى المساحة التي يشغلها كائن حي كنسبة مئوية من منطقة محددة.

**تقييم ذاتي**

١. هل تدرّبت من خلال الأمثلة التي شُرحت لك؟ هل باستطاعتك فهم كيفية استخدام كل صيغة إحصائية؟
٢. هل تمكّنت من العمل على أنشطة الإحصاء بنجاح باستخدام الأمثلة؟
٣. هل تفهم ما تعنيه نتائج حساباتك؟

## الوفرة التقديرية باستخدام مقياس (ACFOR)

يمكن حساب **الوفرة Abundance** التقديرية باستخدام بيانات المربع القياسي ومقياس ACFOR النوعي. إن هذا الاستخدام يوفر نتائج أسرع من النسبة المئوية للتغطية، إلا أنه يعتمد على تقدير الفرد الذي يُجري الدراسة. بناءً على تقديرات الباحث يتوزع هذا التصنيف إلى الفئات التالية:

- وفيرة جدًا (**A**) : Abundant
- شائعة (**C**) : Common
- متكررة (**F**) : Frequent
- عَرَضية (**O**) : Occasional
- نادرة (**R**) : Rare
- غير موجودة (**N**) : None

من خلال هذا المقياس يمكننا استخدام حرف من الأحرف: A، C، F، O، R للدلالة على وفرة النباتات مثلًا في المربعات القياسية. يُستخدم الحرف N في حال لم يكن النبات موجودًا، في حين يُستخدم الحرف A إذا كان النبات يغطي معظم المربع القياسي. من فوائد استخدام هذا المقياس سهولته. ومع ذلك، توجد محددات لاستخدامه منها تحيّز الباحث (غالبًا ما يتم تقدير وفرة النباتات التي لها أزهار على نحوٍ مبالغ فيه، بينما يتم تجاهل النباتات غير اللافتة للنظر أو عدم الأخذ بأهميتها). إضافة إلى أن التقديرات تترك هامشًا للخطأ؛ إذ يجب أن يكون لدى الباحث معرفة عميقة ومتجذرة بعلم النباتات لتحديد التشابهات بين الأنواع المختلفة من النباتات.

لتقليل تحيز الباحث، استخدم مربعًا قياسيًا يتضمّن شبكة (10 × 10)، واحسب المربعات التي تشغل ما لا يقل عن نصف النباتات.

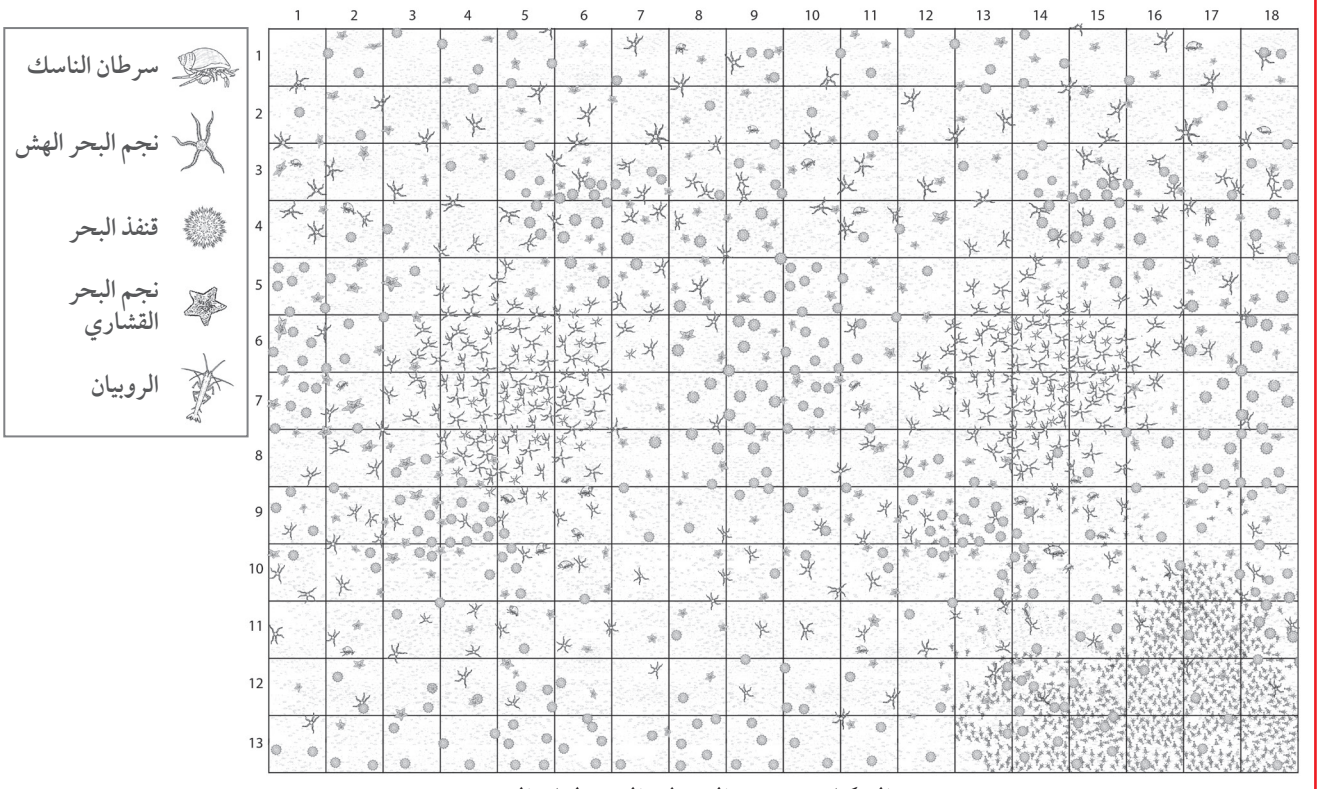
**مصطلحات علمية**

**الوفرة Abundance:**
حساب الوفرة يعني احتساب العدد الفعلي لكائن حيّ معيّن موجود. قد تكون الوفرة منخفضة، عندما يكون عدد الأفراد قليلًا. وتكون الوفرة كبيرة عندما يكون عدد أفراد الكائن الحي كبيرًا.

## مثال

### حساب النسبة المئوية للتغطية والوفرة التقديرية

٤. يوضح الشكل ٢-١١ قاع البحر، مقسمًا إلى شبكة من المربعات أبعاد كل مربع منها 0.5 m x 0.5 m. تمّت تسمية كل محور بأعداد لتحديد إحداثيات شبكة المربعات. أراد أحد العلماء حساب النسبة المئوية للتغطية التقديرية لنوعَين مكتظَّين (الأكثر تعدادًا)، نجم البحر الهش brittlestar والروبيان (أسفل يمين الشكل)، حيث كان من الصعب حساب عدد الكائنات الحية الفردية.




الشكل ٢-١١ الموطن البيئي لقاع البحر.

لحساب النسبة المئوية للتغطية لنجم البحر الهش، أحصى العالم جميع المربعات التي غطى فيها نجم البحر الهش غالبية المربع. لتسهيل الأمر، رسم العالم خطًا أزرق حول الجماعات الأحيائية لنجم البحر الهش التي كانت متجمعة معًا (الشكل ٢-١١)، وأحصى عدد كل هذه المربعات. إذا تم تغطية نصف مربعين تقريبًا، فسيتم جمعهما معًا لتكوين مربع كامل واحد. وبما أن هذا كان تقديرًا، فقد تحصل على قيم مختلفة قليلًا.

النسبة المئوية للتغطية لنجم البحر الهش:

$$= \frac{\text{عدد المربّعات القياسية المغطاة بنجوم البحر الهشة}}{\text{عدد المربّعات القياسية الكلّي}} \times 100$$

النسبة المئوية للتغطية لنجم البحر الهش:

$$= \frac{18}{234} \times 100$$

$$= 0.077 \times 100$$

$$= 7.7\%$$

١. هل ستؤدي هذه الطريقة إلى تقليل تقدير النسبة المئوية للتغطية لنجوم البحر الهشة أو إلى تقدير مبالغ فيه؟ اشرح أسبابك.

٢. احسب النسبة المئوية للتغطية للروبيان باستخدام الطريقة نفسها.

استخدم عالم آخر طريقة مقياس ACFOR لتقدير وفرة الأنواع في المنطقة نفسها. لقد اختار مربعًا عشوائيًا، وتم تقييم كل نوع فيه باستخدام مقياس ACFOR، كالآتي:

وفيرة جدًا Abundant = تغطية أكبر من 80%

شائعة Common = تغطية 61-80%

متكررة Frequent = تغطية 41-60%

عَرَضية Occasional = تغطية 21-40 %

نادرة Rare = تغطية 1-20%

غير موجودة None = تغطية 0%

## تابع

| النوع | مقياس ACFOR (مربع 3 x 17) |
|---|---|
| سرطان الناسك | N |
| نجم البحر الهش | O |
| قنفذ البحر | R |
| نجم البحر القشاري | R |
| الروبيان | N |

٣. اختر مربعًا عشوائيًا آخر وقم بتقييم وفرة كل نوع باستخدام مقياس ACFOR.

٤. ناقش إيجابيات وسلبيات استخدام طريقة مثل مقياس ACFOR.

## أسئلة

(٩) اشرح الفرق بين المربع القياسي المفتوح والمربع القياسي الشبكي.

(١٠) متى يمكنك استخدام مؤشر لينكولن كأداة إحصائية؟

(١١) ما الذي يمكن تحديده باستخدام البيانات التي تُجمع بواسطة المربعات القياسية؟

(١٢) اشرح كيف يتم استخدام المصائد الشراكية أو جمع العيّنات بالركل في الميدان لجمع عيّنات من الأنواع المتنقلة.

(١٣) متى يكون استخدام تقنية «ضع علامة – أطلق – أعد الإمساك» أكثر مناسبة؟

## التخطيط لاستقصاء بيئي

الاستقصاء البيئي عملية تتبع المنهج العلمي. وهو يُستخدم لتحديد المخاطر البيئية أو المشكلات القائمة (الصورة ٢-١٢). قد تتراوح الاستقصاءات البيئية ما بين الاستقصاءات البيئية السريّة (لتحديد ما إذا كان يتم إحداث ضرر بيئي من خلال أنشطة غير قانونية، مثلًا)، واستخدام البيانات لضمان أن التطوير المقترح يسبب أقل ضرر بيئي ممكن.

يجب أن يبدأ الاستقصاء البيئي بسؤال أو مشكلة محددة، ومن هنا يطوّر الباحث فرضيته. وبمجرد تحديد الفرضية، يجب تصميم خطة لجمع البيانات لإثبات الفرضية أو دحضها.

الصورة ٢-١٢ باحث يقوم بجمع عيّنات من التربة في حقل أناناس.

عادةً ما يكون هناك مبدأ أساسي يدعم الفرضية، على سبيل المثال، قد تكون فرضيتك: «كمية الأمطار تتناقص مع مرور الزمن في مدينة صلالة». المبادئ الأساسية التي تدعم هذه الفرضية قد تتضمن مناقشات تتعلق بسجلات وبيانات تغير المناخ في المنطقة والتغيرات في الغطاء النباتي (انخفاض الغطاء النباتي أو حدوث التصحر بسبب الرعي الجائر وزيادة أعداد المواشي في المنطقة أو حدوث التصحر، إلخ). وقد يثبت أن هذه الفرضية غير صحيحة. على سبيل المثال، قد يكون التغير في كمية المياه المتوافرة ناجمًا عن الإفراط في استخدامها من قبل الناس في المنطقة، أو زيادة السكان بسبب زيادة أعداد السيّاح في موسم الخريف.

ثم يتنبأ الباحثون بالنتيجة المتوقعة. قد تستند هذه التنبؤات إلى أعمال تجريبية سابقة أو حقائق علمية مثبتة تدعم نتيجة محتملة معيّنة (المبدأ الذي يدعم الفرضية). وقد تثبت عدم صحة التنبؤات والفرضيات على حدٍ سواء.

عند التخطيط للطرائق التي سيتم استخدامها، يحتاج الباحث إلى مراعاة الأمور الآتية:

- كيف سيتم جمع البيانات؟
- هل تتوافر بيانات أخرى يمكن استخدامها لتطوير النتائج؟
- ما المعدات اللازمة؟
- ما التكاليف اللازمة؟
- هل من الممكن جمع البيانات ذات الصلة بالموارد المتاحة؟

بعد أن يجمع الباحثون البيانات، يتم تحليل النتائج؛ لتحديد ما تكشفه. ثم يتوصل الباحثون إلى استنتاجات بناءً على كل من البيانات التي تم جمعها والمعلومات المتوافرة. إذا ثبت أن الفرضية غير صحيحة، فيجب أن يبدأ الاستقصاء من جديد لمعرفة سبب المشكلة التي تم تحديدها.

**دراسة حالة موسعة**

## استكشاف أسرار التنوع البيولوجي البحري باستخدام التكنولوجيا

يعمل العلماء والمهندسون معًا لتصميم طرائق مبتكرة جديدة لجمع البيانات الحيوية وغير الحيوية اللازمة لكشف الأسرار البيئية للمحيط الأزرق العميق والكائنات التي تعيش على حوافه الساحلية. تستخدم هذه التقنيات أحدث التكنولوجيا والطرائق لجمع عيّنات من البيئة، الأمر الذي يعني أنه يمكن جمع البيانات من أماكن لم يتم مسحها من قبل.

### روبوتات بلح البحر Robomussels

تستخدم مؤسسة الدراسات متعددة التخصصات للمحيطات الساحلية PISCO «روبوتات بلح البحر Robomussels» لمراقبة كيفية تأثير العوامل غير الحيوية على التنوع البيولوجي للشواطئ الصخرية. فروبوتات بلح البحر هي أجهزة تسجيل بيانات تشبه بلح البحر الحقيقي وتغيّر درجة حرارتها (الصورة ٢-١٣). عند تثبيتها على الشواطئ الصخرية يمكن استخدامها لتسجيل درجات حرارة مجموعات بلح البحر، ثم يتم استخدام هذه البيانات لمراقبة آثار الاحتباس الحراري والتنبؤ بها.

الصورة ٢-١٣ روبوت بلح البحر.

### هياكل مراقبة الشعاب المرجانية المستقلة (ARMS)

يتم اتّباع طريقة مختلفة من قبل مشروع التنوع البيولوجي البحري العالمي سميثسونيان Smithsonian's Global Marine Biodiversity Project. يستخدم هذا المشروع هياكل مراقبة الشعاب المرجانية المستقلة ARMS، وهي مكعبات تحتوي على طبقة من الصفائح التي تحاكي الشقوق والفجوات في الشعاب المرجانية. تم تصميم هذه المعدّات لتستعمرها الحيوانات اللافقارية الصغيرة والطحالب (Cryptofauna) التي تعيش في قاع المحيط بدلًا من الحيوانات الفقارية المعروفة. يتم وضع ARMS على قاع المحيط وتركها لمدة تتراوح بين سنة وثلاث سنوات. توفر ARMS طريقة معيارية لقياس ومقارنة كمية التنوع البيولوجي بين المجتمعات الأحيائية للشعاب المرجانية العالمية.

## تابع

لقد استخدم الغواصون ARMS لمراقبة الشعاب المرجانية في المياه الضحلة. أما الآن فيمكن نشر ARMS باستخدام الغواصات، في الشعاب العميقة لاستكشاف الدور الذي قد تؤدّيه هذه الشعاب العميقة في بقاء الشعاب الضحلة. ومع مرور الوقت، يأمل العلماء أن تتمكن ARMS من مراقبة تأثير ارتفاع درجة الحرارة وحامضية المحيطات على الشعاب المرجانية.

### الغواصات فائقة السرعة

تُعدّ أعمق نقاط الأرض، كخنادق أعماق البحار، من أصعب المواطن البيئية البحرية استكشافًا، وقد تمكّن علماء البحار منذ عدة سنوات من مراقبة وجمع عيّنات من الرواسب القاعية باستخدام مركبات يتم تشغيلها من بُعد ROVs أو بإسقاط أجهزة حفر طويلة من سفن المسح إلى قاع المحيط.

تعتبر الغواصات فائقة السرعة تطورًا مثيرًا يُستخدم في الآونة الأخيرة، إذ تعمل على نقل الناس إلى أعمق أجزاء المحيطات. وقد جرى أول غوص لاستكشاف خندق ماريانا Mariana Trench في المحيط الهادئ الغربي في عام 1960م من قبل الملازم في البحرية الأمريكية دون والش Don Walsh والمهندس السويسري جاك بيكارد Jacques Piccard على متن سفينة تدعى باتيسكاف ترييستي Bathyscaphe Trieste. ثم قام مخرج الأفلام جيمس كاميرون James Cameron بعد نصف قرن في عام 2012م بالغوص في غواصته ديب سي تشالنجر Deep Sea Challenger. وفي مايو 2019م، قام المستكشف البحري فيكتور فيسكوفو Victor Vescovo بقيادة غواصته المصنوعة من التيتانيوم، مركبة الغوص العميق "DSV" Limiting Factor، بمفرده (الصورة ٢-١٤).

**الصورة ٢-١٤ غواصة فيكتور فيسكوفو، DSV Limiting Factor.**

أصبح فيسكوفو Vescovo أول شخص يصل إلى أعمق جزء من خندق ماريانا على عمق 10 972 m، وقد اكتشف خلال رحلته ثلاثة أنواع جديدة من الحيوانات البحرية: مزدوجات الأرجل Amphipod، أفعوانية الذيل Spoon worm (الدودة الملعقية)، وسمكة الحلزون الوردية Pink snailfish، إضافة إلى أنه وجد دليلًا على احتمال وجود نفايات بلاستيكية في أعماق المحيطات، والتي تبيّن وصول النفايات البشرية البلاستيكية إلى أعماق المحيطات قبل وقت طويل من وصول الإنسان إليها.

## تابع

لم يتوقف فيسكوفو وفريقه عند المحيط الهادئ، بل كانت رحلتهم الاستكشافية «بعثة الأعماق الخمسة Five Deeps Expedition» هي الأولى التي تصل إلى أعمق نقطة في كل من المحيطات الأخرى: خندق بورتوريكو Puerto Rico Trench في المحيط الأطلسي وخندق ساوث ساندويتش South Sandwich Trench في المحيط الجنوبي، خندق جاوة Java Trench في المحيط الهندي، وعمق مولوي Molloy Deep في المحيط المتجمد الشمالي (الشكل ٢-١٢). كانت الغواصة مصحوبة بسفينة بحث واستكشاف تسمى DSSV Pressure Drop، مجهزة بمختبرات جافة ورطبة إضافة إلى جهاز سونار Sonar (جهاز تحديد مواقع الأجسام باستخدام موجات الصوت) متعدد الحزم وعالي الدقة وقادر على رسم خرائط قاع البحر.

تم إجراء استكشاف علمي إضافي بواسطة ثلاث مركبات قاعية تسمى فلير Flere وسكاف Skaff وكلوسب Closp. كانت الغواصة والمركبات القاعية مزودة بكاميرات فيديو وإضاءة إضافة إلى صناديق بيولوجية يمكنها تخزين العيّنات الجيولوجية والبيولوجية.

أحد الأهداف الرئيسة للرحلة، إلى جانب اكتشاف مخلوقات جديدة تعيش في قاع المحيط هو المساعدة في فهم الأنماط الحياتية المختلفة والتكيفات والسلوكات التي تساعدها على البقاء في منطقة الهاديال Hadal zone (المنطقة الهاوية - أعمق منطقة في المحيطات). وقد استقصى علماء البحار تأثير النشاط الزلزالي المتكرر على التنوع، والحجم، والعمر، والتكاثر في المجتمعات الأحيائية التي تعيش في خنادق أعماق البحار.

### صيدلية أعماق البحار

قد تثبت الفتحات البحرية العميقة أنها مصدر لأدوية صيدلانية جديدة حيث تسكنها كائنات حيّة في ظروف قاسية وذات كيمياء حيوية فريدة وغير مألوفة، الأمر الذي يمكّنها من البقاء في درجات حرارة وضغط ودرجة حموضة قاسية. يعمل علماء البحار على التنقيب البيولوجي في الرواسب القاعية عن طريق إسقاط جهاز حفر طويل من سفن المسح إلى قاع المحيط. تكون الكائنات الحية التي في الرواسب حساسة للضغط وتحتاج إلى غرف ضغط عالٍ للبقاء والنمو في المختبرات التي بمستوى سطح البحر. يستخرج الباحثون المركبات النشطة بيولوجيًا التي تُنتجها هذه الكائنات ويعملون على اختبارها لمعرفة خصائصها. كما يتم استخدام سمك الزرد Zebrafish (السمك المخطط) لاختبار الأدوية الجديدة لأنها تتمتع بفيسيولوجيا مشابهة للبشر. أحد هذه الأدوية المفيدة هو من البكتيريا *Dermacoccus abyssi*. وهي بكتيريا موجودة في رواسب خندق ماريانا. تنتج هذه البكتيريا مركبات الديرماكوزين Dermacozines، وهو دواء جديد قد يساعد في الحماية من الطفيل المسبب لمرض النوم الأفريقي.

الشكل ٢-١٢ بعثة الأعماق الخمسة.

## تابع

تُستَخدم الأقمار الصناعية لتتبع الجماعات الأحيائية المتنقلة، مثل سلاحف منقار الصقر Hawksbill turtles (سلاحف بحرية)، بحيث يتم تثبيت جهاز إرسال على السلحفاة، وكلما ظهرت على السطح، يتم إرسال إشارة إلى الأقمار الصناعية فوق المحيط. يساعد موقع الأقمار الصناعية التي تستقبل الإشارة على تحديد موقع السلحفاة (الصورة ٢-١٥).

**الصورة ٢-١٥ سلحفاة منقار الصقر مزوّدة بجهاز تتبّع عبر الأقمار الصناعية.**

### طرائق أخرى لجمع البيانات

يمكن استخدام نظم المعلومات الجغرافية (GIS) لرسم خريطة البيانات الجغرافية لمنطقة معيّنة. يظهر الشكل ٢-١٣ كيف تم استخدام هذا بالتزامن مع صور الأقمار الصناعية لرسم خريطة تسرب نفطي قبالة سواحل المكسيك.

يُعدّ جمع البيانات الجماعي أو حشد المصادر Crowd sourcing أيضًا طريقة شائعة لتتبع أعداد أفراد الجماعة الأحيائية. هناك العديد من المواقع والتطبيقات، مثل iNaturalist و Zooniverse، التي يمكن أن يستخدمها عامة الناس لتسجيل مشاهدات لحياة برّية معيّنة. توفر البيانات التي يتم جمعها وقتًا وموقعًا، ويمكن استخلاص تقديرات أعداد الجماعة الأحيائية من هذه البيانات.

### أسئلة

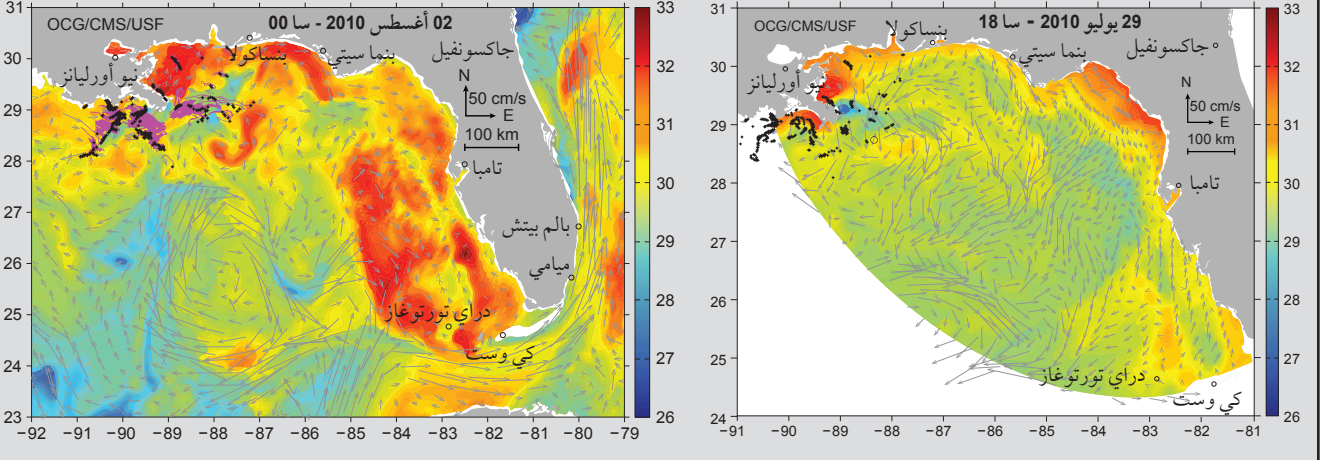
١. اقترح سبب اختبار بعثة الأعماق الخمسة للروابط الجينية بين العيّنات البيولوجية التي جمعت من الأعماق الخمسة.

٢. كانت غواصة (مركبة الغوص العميق) DSV Limiting Factor قادرة على قياس الظروف غير الحيوية في كل من مواقع الغوص الخمسة المختلفة. استخدم الخريطة في الشكل ٢-١٣ للتنبّؤ بما إذا كانت الفروقات في درجة الحرارة والضغط قد تؤدي إلى وجود تنوع بيولوجي مختلف للكائنات الحية.

٣. تعمل البعثات العلمية البحرية في مواقع نائية جدًا بعيدًا عن اليابسة. اقترح احتياطات السلامة التي يجب أن يتخذها قبطان سفينة الأبحاث.

٤. اقترح الفوائد التي يمكن أن توفرها غواصة يقودها البشر لاستكشاف المواطن البيئية البحرية بدلًا من استخدام هياكل مراقبة الشعاب المرجانية ذاتية التشغيل ARMS أو مركبة يتم تشغيلها عن بُعد ROV.

٥. تم اكتشاف ستة أنواع جديدة من الإسفنج البحري (A–F) في المواطن البيئية البحرية. أنتج كل نوع من الإسفنج مضادًا حيويًا مختلفًا ضد بكتيريوم مقاومة للأدوية.




**الشكل ٢-١٣ صور تظهر حركة تسرب النفط من منصة Deep Water Horizon بين 29 يوليو 2010 و 2 أغسطس 2010 م.**

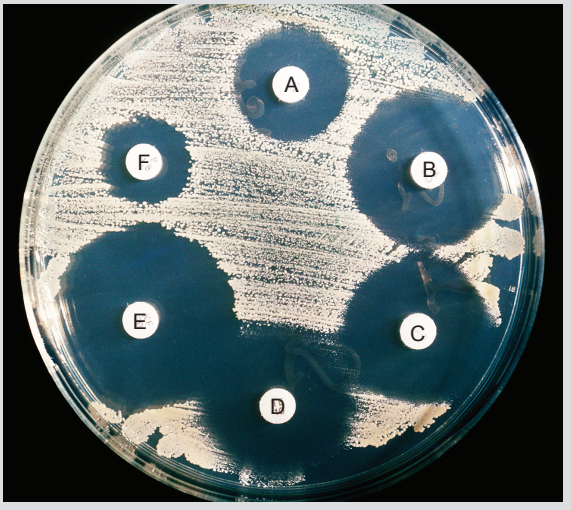
## تابع

في تجربة أخرى، تم زراعة طبقة من البكتيريوم المقاومة للأدوية على طبق آجار (الصورة ٢-١٦)، ثم وُضعت أقراص بيضاء يحتوي كل منها على مضاد حيوي أنتجه نوع من الإسفنج على طبقة البكتيريوم وتركت لمدة 24 ساعة. ثم تم قياس تأثير كل مضاد حيوي وذلك بقياس نصف قطر منطقة التثبيط الخاصة به. منطقة التثبيط هي منطقة لا يمكن للبكتيريا النمو فيها بسبب إنتاج المضاد الحيوي. في الصورة ٢-١٦، منطقة التثبيط هي قطر المنطقة التي تخلو من النمو البكتيري حول كل قرص (A–F).

أ. صف متغيرًا ضابطًا لكل قرص من أقراص المضاد الحيوي (A–F) من شأنه أن يساعد في ضمان اختبار عادل.

ب. أي إسفنج بحري (A–F) هو الأكثر فاعلية ضد نمو هذه البكتيريوم المقاومة للأدوية؟ اشرح إجابتك.

ج. اقترح أسبابًا قد تجعل الباحثين في مجال الطب يختارون إجراء تجارب سريرية باستخدام عدد من المضادات الحيوية المكتشفة وليس فقط بالمضاد الحيوي E.




**الصورة ٢-١٦ تأثير المضادات الحيوية التي تنتجها ستة أنواع جديدة من الإسفنج البحري (A–F).**

## ملخّص

| |
|---|
| المنهج العلمي إجراء يتضمن الملاحظة المنهجية والقياس والتجربة لإثبات الفرضية أو دحضها. |
| يمكن جمع البيانات النوعية والكمّية. |
| يجب تجنّب التحيز العلمي عند اختبار الفرضية. |
| يتم تشكيل النظرية العلمية من خلال الاختبار العلمي المتكرر وإثبات فرضية. |
| جمع البيانات من العمل الميداني معقد بسبب العديد من المتغيرات. قد ينتج منه مجموعات كبيرة من البيانات. |
| قد تكون طرائق جمع العيّنات إما عشوائية أو منتظمة، بما في ذلك استخدام العيّنات النقطية، وعيّنات المقاطع الخطية. |
| يمكن استخدام تقنيات مختلفة للعمل الميداني، ومنها: المربعات القياسية، والمصائد الشّراكية، وشباك اصطياد الحشرات، وجمع العيّنات بالركل. يجب اختيار التقنية الصحيحة لكل استقصاء. |
| التحليل الإحصائي للبيانات مهم لإثبات الفرضية أو دحضها. |

## أسئلة نهاية الوحدة

١ باستخدام مجموعات البيانات الآتية ومؤشر سيمبسون:

$$D = 1 - \left(\Sigma \left(\frac{n}{N}\right)^2\right)$$

- منطقة في غابة النرويج تحتوي على 122 شجرة صنوبر راتينجي و 31 شجرة تنوب و 42 شجرة صنوبر أحمر.
- حديقة وطنية في أفريقيا تحتوي على 8 أسود، و 17 وحيد قرن، و 1219 إمبالا (الظباء الأفريقية)، و 42 فيلًا، و 12 ضبعًا.

**أ.** احسب مؤشر تنوع سيمبسون لكل موقع. **[8]**

**ب.** قارن الفروقات في التنوع بين الموقعَين المذكورَين أعلاه. **[2]**

**[المجموع: 10]**

٢ تم جمع عيّنات من السلمون في موقع في المحيط الأطلسي مرة واحدة في السنة وفحصها للتأكد من وجود قمل البحر.

يوضح الجدول ٢-٦ نسبة السلمون المصاب بقمل البحر في المحيط الأطلسي بين عامَي 2007 و 2016 م.

| العام | عدد أسماك السلمون التي تم اصطيادها في موقع جمع العيّنات | نسبة أسماك السلمون المصابة بقمل البحر (%) |
|---|---|---|
| 2007 | 356 | 1.7 |
| 2008 | 302 | 4.3 |
| 2009 | 340 | 4.4 |
| 2010 | 253 | 4.6 |
| 2011 | 307 | 6 |
| 2012 | 105 | 7.4 |
| 2013 | 68 | 5.3 |
| 2014 | 35 | 8.2 |
| 2015 | 32 | 8.9 |
| 2016 | 15 | 11.4 |

الجدول ٢-٦

**أ.** ارسم تمثيلًا بيانيًا يوضّح التغيرات في عدد أسماك السلمون كل عام. **[4]**

**ب.** صِف نمط التمثيل البياني. **[2]**

**ج.** قيِّم الأدلة التي تشير إلى أن قمل البحر يؤثر على صحة السلمون. **[4]**

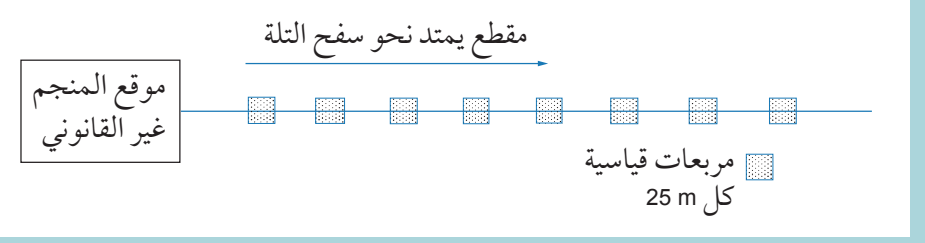
**[المجموع: 10]**

**أفعال إجرائية**

**قيِّم Evaluate**: تقييم شيء ما، أي الحكم على جودته أو أهميته أو كميته أو قيمته.

## تابع

٣ رغب عالِم بيئة في تحديد ما إذا كانت التربة عند سفح التلة المنحدرة من منجم ذهب غير قانوني ملوثة بالزئبق، فجمع عيّنات تربة كتلتها 500 g من ثمانية مواقع (مربعات قياسية)، يبعد كل منها عن الذي يليه 25 m، على طول مقطع يمتد من المنجم نحو الأسفل، كما هو موضح في الشكل ٢-١٤.




الشكل ٢-١٤

اقترح الباحث طريقتَين:

**الطريقة ١:**

- غربلة كل عيّنة تربة كتلتها 500 g على نحوٍ منفصل لإزالة أي حجارة، أو مواد نباتية وحيوانية.
- يوضع 100 g من كل عيّنة في كيس واحد وخلطها جيدًا.
- اختبار العيّنة المختلطة للتعرّف على مستويات الزئبق.

**الطريقة ٢:**

- غربلة كل عيّنة تربة كتلتها 500 g على نحوٍ منفصل لإزالة أي حجارة، أو مواد نباتية وحيوانية.
- اختبار كل عيّنة بشكل فردي لمعرفة مستوى الزئبق في كل منها.
- تسجيل النتائج لكل عيّنة.

**أ.** اذكر ميزة واحدة لاستخدام الطريقة ١ مقارنة بالطريقة ٢. **[1]**

**ب.** من خلال الطريقة ٢، استخدم الباحث مقطعَين كل منهما من ثمانية مربعات قياسية وحصل على النتائج الموضحة في الجدول ٢-٧:

| مستوى الزئبق في التربة (mg / kg من التربة) | | |
|---|---|---|
| المربع القياسي | المقطع (1) | المقطع (2) |
| 1 | 73.8 | 81.4 |
| 2 | 45.8 | 59.0 |
| 3 | 36.1 | 47.1 |
| 4 | 20.4 | 22.3 |
| 5 | 9.8 | 11.2 |
| 6 | 4.5 | 6.1 |
| 7 | 2.2 | 3.4 |
| 8 | 0.7 | 2.1 |

الجدول ٢-٧

## تابع

١. مثّل المعلومات الواردة في الجدول تمثيلًا بيانيًا خطيًا. [4]

٢. صِف الاتجاه Trend الذي يظهره التمثيل البياني واقترح تفسيرًا للنتائج. [4]

٣. احسب مدى المقطع 1. [1]

ج. اقترح العالِم الفرضية الآتية: «**تنخفض تراكيز الزئبق في التربة بزيادة البُعد عن موقع المنجم**». بالإشارة إلى الجدول ٢-٧، اذكر ما إذا كانت هذه الفرضية صحيحة أم خاطئة. [3]

### حقائق عن الزئبق

- الزئبق هو معدن ثقيل سام للكائنات الحية.
- الزئبق ضار إذا تم استنشاقه وقد يتم امتصاصه من خلال الجلد السليم.
- قد يتسبّب التعرض للزئبق بفشل الأعضاء، وبالسرطانات، وبتلف الدماغ، وحتى بالموت.
- قد يتسبّب الزئبق بحدوث ضرر للعينَين والرئتَين.
- يجب اتخاذ الإجراءات اللازمة عندما تصل تراكيز الزئبق إلى 0.3 mg / kg في التربة.

د. بالإشارة إلى المعلومات الواردة في الشكل ٢-١٣ والجدول ٢-٨ و «حقائق عن الزئبق»، اكتب استنتاجًا مناسبًا حول المخاطر الصحية لكل من المنقّبين في المناجم غير القانونية، والباحثين الذين يعملون في الموقع. [6]

**[المجموع: 19]**

٤ أظهرت دراسة للفقمة الحلقية أن معدتها احتوت على مجموعة متنوعة من الفرائس اللافقارية: 73 سلطعونًا، 55 محارة، 47 حلزونًا، 32 من مزدوجات الأرجل، و 18 كريل شماليًا.

١. احسب، لأقرب رقم صحيح، متوسط اللافقاريات في معدة الفقمة، وضّح خطوات عملك. [2]

٢. استخدم مؤشر سيمبسون للتنوع ($D$) لحساب التنوع البيولوجي في نظام غذاء الفقمة.

$$D = 1 - \left(\Sigma \left(\frac{n}{N}\right)^2\right)$$

حيث:

$\Sigma$ = المجموع (الإجمالي).

$n$ = عدد الأفراد من كل نوع مختلف.

$N$ = العدد الإجمالي للأفراد من جميع الأنواع. [2]

٣. تم العثور على جماعة أحيائية مختلفة من الفقمة الحلقية لديها مؤشر تنوع أعلى للأنواع. إلامَ يشير مؤشر التنوع العالي للأنواع بخصوص الموطن البيئي؟ [2]

**[المجموع: 6]**

## تابع

٥ تم جمع عيّنات من شاطئَين صخريَّين باستخدام المربعات القياسية. وقد وُجد في عيّنات المقطع الخطّي للشاطئ الصخري A: 320 محارة، 335 حلزونًا بحريًا، و 345 برنقيل (قشريات). في حين وُجد في عيّنات المقطع الخطّي للشاطئ الصخري B: 20 محارة، 39 حلزونًا بحريًا، و 941 برنقيل (قشريات).

**أ.** ما هو ثراء الأنواع لكل شاطئ صخري؟ **[1]**

**ب.** تنبّأ: أيّ شاطئ صخري لديه تنوع بيولوجي أكبر؟ **[3]**

**ج.** استخدم مؤشر سيمبسون للتنوع ($D$) لحساب التنوع البيولوجي للشاطئ الصخري A. وضّح خطوات عملك وأعط إجابتك مقرّبة إلى أقرب 3 أرقام عشرية.

$$D = 1 - \left(\Sigma \left(\frac{n}{N}\right)^2\right)$$

حيث:

$\Sigma$ = المجموع (الإجمالي).

$n$ = عدد الأفراد من كل نوع مختلف.

$N$ = العدد الإجمالي للأفراد من جميع الأنواع. **[2]**

**أفعال إجرائية**

برّر **Justify**: ادعم الموضوع بالأدلة والحجة.

**د.** مؤشر سيمبسون للتنوع للشاطئ الصخري B هو 0.113.

برّر: أيّ شاطئ صخري لديه التنوع البيولوجي الأقل؟ **[1]**

**[المجموع: 7]**

٦ صِف طريقة جمع عيّنات منتظمة لاستقصاء توزيع ووفرة الكائنات الحية التي تعيش في منطقة الشاطئ بين المد العالي والمد المنخفض على شاطئ صخري. **[10]**

**[المجموع: 10]**

## قائمة تقييم ذاتي

بعد دراسة الوحدة، أكمل الجدول الآتي:

| أستطيع أن | أحتاج إلى بذل المزيد من الجهد | أقترب من تحقيق الهدف | واثق من الاستمرار | أراجع الموضوع |
|---|---|---|---|---|
| أصف كيف يتضمن المنهج العلمي التفاعل بين الملاحظات وصياغة الفرضيات واختبارها وتقييمها. | | | | ١-٢ |
| أصيغ الفرضيات بناءً على الملاحظات أو البيانات التجريبية. | | | | ١-٢ |
| أخطط استقصاءات يتم فيها ضبط المتغيرات وجمع النتائج الكميّة. | | | | ١-٢ |
| أشرح مصطلحَي المتغيّر المستقل والمتغيّر التابع وأحدد كل نوع في تجربة معيّنة. | | | | ١-٢ |
| أفسّر البيانات لتحديد ما إذا كانت تدعم أو تدحض الفرضية التي يتم اختبارها. | | | | ١-٢ |
| أشرح كيف تؤدي المحددات في قياس البيانات إلى عدم اليقين في النتائج. | | | | ١-٢ |
| أصف كيف يمكن للفرضية التي يتم دعمها باستمرار بالملاحظة والاستقصاء أن تصبح نظرية. | | | | ١-٢ |
| أعرّف مصطلحَي الموثوقية والتحيز وأشرح أهميتهما للاستقصاءات البيئية. | | | | ١-٢ |
| أذكر أن استراتيجيات جمع العيّنات تُستخدم لجمع البيانات التمثيلية. | | | | ٢-٢ |
| أشرح كيف تهدف استراتيجيتا جمع العيّنات العشوائية والمنتظمة إلى ضمان توزيع العيّنات بشكل جيد مع تقليل خطر التحيّز. | | | | ٢-٢ |
| أصف وأشرح العوامل التي تؤثر على مدى ملاءمة استراتيجيتَي جمع العيّنات العشوائية أو المنتظمة للدراسات المختلفة متضمنًا الحجم وسهولة الوصول والمعرفة بالبيئة. | | | | ٢-٢ |
| أقيّم اختيار استراتيجيتَي جمع العيّنات العشوائية والمنتظمة في سياقات مألوفة وغير مألوفة. | | | | ٢-٢ |
| أصف التقنيات المستخدمة لجمع بيانات العيّنات. | | | | ٢-٢ |
| أصف فوائد ومحددات تقنيات جمع العيّنات المختلفة. | | | | ٢-٢ |

## قائمة تقييم ذاتي (تابع)

| أستطيع أن | أحتاج إلى بذل المزيد من الجهد | أقترب من تحقيق الهدف | واثق من الاستمرار | أراجع الموضوع |
|---|---|---|---|---|
| أختار تقنية جمع عيّنات مناسبة وأستخدمها لجمع البيانات البيئية. | | | | ٢-٢ |
| أستخدم البيانات لـ:<br>• أحسب الحجم المقدّر للجماعة الأحيائية باستخدام مؤشر لينكولن (سيتم تضمين مؤشر لينكولن).<br>• أحسب التنوع البيولوجي المقدّر باستخدام مؤشر سيمبسون للتنوع (سيتم تضمين مؤشر سيمبسون).<br>• أقدّر النسبة المئوية للتغطية والتكرار باستخدام بيانات المربعات القياسية.<br>• أقدّر الوفرة باستخدام بيانات المربعات القياسية. | | | | ٢-٢ |

طبع بمطابع وزارة الإعلام

تم بحمد الله

# العلوم البيئية – كتاب الطالب

تم تصميم كتاب الطالب ليستخدمه بتوجيه من المعلم. تحتوي الوحدات على تفسيرات وتعريفات وأسئلة ودراسة حالات وأمثلة عملية ومجموعة من الميزات الأخرى لإشراك الطلبة في استيعاب المعلومة وفهمها بأساليب منهجية جاذبة. كما تتيح لهم فرصًا كثيرة للمشاركة في نقاشات هادفة، والعمل بشكل فردي أو ثنائي أو مع المجموعة.

- بعض الميزات مثل «قبل أن تبدأ بدراسة الوحدة»، والملخصات، وكيفية التعلم النشط، وبناء المهارات، تمنح فرصًا للتفكير.
- تدعم «العلوم البيئية ضمن سياقها»، تفسير الأفكار ضمن سياق العالم الواقعي، وتحفز مناقشة المفاهيم مع الطلبة الآخرين.
- تتيح دراسة حالة ودراسة حالة موسعة والأسئلة المصاحبة لها استكشاف حالات واقعية في إدارة البيئة بشكل فعال. كما تتيح للطلبة فرصًا للعمل بشكل فردي، أو ثنائي أو ضمن مجموعات.
- تساعد أسئلة موضوعات الوحدات، والأمثلة المصاحبة والتمثيلات البيانية والصور والأشكال على تطوير مهارات القرن الحادي والعشرين.
- تشجع الأسئلة ذات الجزئيات المتعددة الموجودة في نهاية كل وحدة على التحضير لأداء الامتحانات بثقة.

يشمل منهج العلوم البيئية للصف الحادي عشر من هذه السلسلة أيضًا:

- كتاب التجارب العملية والأنشطة
- دليل المعلّم



الطبعة التجريبية 1446هـ - 2024م

www.moe.gov.om

CAMBRIDGE
UNIVERSITY PRESS