

حلول مستمدة من الطبيعة لمعالجة قضايا المياه



Empowered lives.
Resilient nations.



منظمة الأمم المتحدة
للتربية والعلم والثقافة



البرنامج
العالمي لتقييم
الموارد المائية



أهداف
التنمية
المستدامة



United Nations
Educational, Scientific and
Cultural Organization



International
Hydrological
Programme

حلول مستمدة من الطبيعة لمعالجة قضايا المياه

صدر في عام 2018 عن منظمة الأمم المتحدة للتربية والعلم والثقافة (اليونسكو)
7, place de Fontenoy, 75352 Paris 07 SP, France

© اليونسكو 2018

تنشر اليونسكو هذا التقرير بالنيابة عن لجنة الأمم المتحدة المعنية بالموارد المائية. ويمكن الاطلاع على قائمة الأعضاء والشركاء في لجنة الأمم المتحدة المعنية بالموارد المائية في الموقع التالي: www.unwater.org

ISBN 978-92-3-600076-3



الإشارة المقترحة إلى الاقتباس:

برنامج اليونسكو العالمي لتقييم الموارد المائية / لجنة الأمم المتحدة المعنية بالموارد المائية. 2018. تقرير الأمم المتحدة العالمي عن تنمية الموارد المائية لعام 2018: الحلول المستمدة من الطبيعة لمعالجة قضايا المياه. باريس، اليونسكو.

هذا المنشور متاح مجاناً بموجب ترخيص نسبة المصنف إلى مؤلفه - الترخيص بالمثل (CC-BY-SA 3.0 IGO) (3.0 IGO) (الرابط: <http://creativecommons.org/licenses/by-sa/3.0/igo/>). ويوافق المستفيدون، عند استخدام محتوى هذا المنشور، على الالتزام بشروط الاستخدام الواردة في مستودع الانتفاع الحر لليونسكو (<http://www.unesco.org/open-access/terms-use-ccbysa-en>).

ويقتصر هذا الترخيص على محتوى النص المنشور. ويجب على الراغبين في استخدام أي مواد لا يوجد ما يدل بوضوح على أنها مواد تملكها اليونسكو طلب إذن بذلك قبل استخدامها عن طريق مراسلتنا بالبريد الإلكتروني على العنوان أو بالبريد العادي على العنوان: publication.copyright@unesco.org أو UNESCO Publishing 7, place de Fontenoy, 75352 Paris 07 SP France.

ولا تعبر التسميات المستخدمة في هذا المنشور وطريقة عرض المواد فيه عن أي رأي لليونسكو بشأن الوضع القانوني لأي بلد أو إقليم أو مدينة أو منطقة، ولا بشأن سلطات هذه الأماكن أو بشأن رسم حدودها أو تخومها.

ولا تعبر الأفكار والآراء الواردة في هذا المنشور إلا عن رأي كاتبها، ولا تمثل بالضرورة وجهات نظر اليونسكو ولا تلزم المنظمة بأي شيء. وقد وردت محتويات هذا المنشور من أعضاء لجنة الأمم المتحدة المعنية بالموارد المائية وشركائهم المذكورة أسماؤهم في صفحات عناوين الفصول في المنشورة. ولا تتحمل اليونسكو ولا برنامج اليونسكو العالمي لتقييم الموارد المائية أية مسؤولية عن الأخطاء في المحتوى المقدم أو عن التناقضات في البيانات والمحتوى بين الفصول. وأتاح برنامج اليونسكو العالمي لتقييم الموارد المائية إدراج أسماء الأفراد في هذا المنشور بوصفهم مؤلفين ومساهمين، أو التعبير عن الشكر والتقدير لهم في هذا المنشور. ولا يتحمل برنامج اليونسكو العالمي لتقييم الموارد المائية أية مسؤولية عن أي خطأ أو نقص في هذا الصدد.

العنوان الأصلي: The United Nations World Water Development Report 2018: Nature-Based Solutions for Water

تصميم الغلاف الأصلي: Phoenix Design Aid

الطباعة: مطابع اليونسكو

طُبِعَ هذا التقرير باستخدام أحبار نباتية على ورق مختلط المصادر يُشرف عليه مجلس رعاية الغابات، ويدعم الاستخدام المسؤول لاحتياجات الغابات، وهو ورق معاد تدويره تدويراً كاملاً، وخالٍ من الأحماض والكلور.

طُبِعَ في فرنسا



قائمة المحتويات

iv

تصدير

بقلم أودري أزولاي، المديرة العامة لليونسكو

v

تصدير

بقلم جلبرت ف. هاونغبو، رئيس لجنة الأمم المتحدة المعنية بالموارد المائية ورئيس الصندوق الدولي للتنمية الزراعية

vi

تمهيد

بقلم ستيفان يولينبروك، منسق برنامج اليونسكو العالمي لتقييم الموارد المائية

وريتشارد كونور، رئيس التحرير

ix

شكر وتقدير

1

الموجز التنفيذي

8

المقدمة: حالة الموارد المائية في سياق الحلول المستمدة من الطبيعة



21	الفصل الأول الحلول المستمدة من الطبيعة ومسألة المياه
1-1	المقدمة
2-1	مفاهيم وأدوات ونهج ومصطلحات متوافقة
3-1	كيف تعمل الحلول المستمدة من الطبيعة
4-1	الاهتمام المتزايد بالحلول المستمدة من الطبيعة
5-1	تقييم الحلول المستمدة من الطبيعة في سياق هذا التقرير
36	الفصل الثاني الحلول المستمدة من الطبيعة لأغراض إدارة توافر المياه
1-2	المقدمة
2-2	دراسات حالة لقطاعات وقضايا معينة
3-2	تأثير إعادة تدوير الرطوبة في توافر المياه
4-2	التحديات التي تواجه تمكين الحلول المستمدة من الطبيعة لتحقيق توافر المياه
5-2	الحلول المستمدة من الطبيعة وتوافر المياه وأهداف التنمية المستدامة
50	الفصل الثالث الحلول المستمدة من الطبيعة لإدارة جودة المياه
1-3	التحديات المتعلقة بجودة المياه والنظم الإيكولوجية والتنمية المستدامة
2-3	الحلول المستمدة من الطبيعة لقضايا الحفاظ على جودة المياه أو تحسينها
3-3	الرصد الطبيعي لجودة المياه - الرصد البيولوجي
4-3	المنافع المشتركة للحلول المستمدة من الطبيعة لجودة المياه وأوجه القصور فيها
5-3	إمكانية مساهمة الحلول المستمدة من الطبيعة في أهداف التنمية المستدامة المتعلقة بجودة المياه
62	الفصل الرابع الحلول المستمدة من الطبيعة لإدارة مخاطر المياه وتقلباتها وتغيرها
1-4	الحلول المستمدة من الطبيعة في سياق تقلبات المياه وتغيرها، والاتفاقات العالمية للتنمية المستدامة
2-4	أمثلة على الحلول المستمدة من الطبيعة للتخفيف من المخاطر والتقلبات والتغير
3-4	التحديات التي تواجه تمكين الحلول المستمدة من الطبيعة في سياق التقلبات والحد من المخاطر



78	الفصل الخامس تجارب تطبيقية على الصعيدين الوطني والإقليمي
79	1-5 المقدمة
79	2-5 تطبيق الحلول المستمدة من الطبيعة على نطاق الأحواض
86	3-5 تطبيق الحلول المستمدة من الطبيعة داخل المناطق الحضرية
86	4-5 الأطر الإقليمية والوطنية للحلول المستمدة من الطبيعة
94	الفصل السادس التمكين من الإسراع بالأخذ بالحلول المستمدة من الطبيعة
95	1-6 المقدمة
96	2-6 الاستفادة من التمويل
99	3-6 تمكين البيئة التنظيمية والقانونية
100	4-6 تعزيز التعاون بين القطاعات وتنسيق السياسات
101	5-6 تحسين قاعدة المعارف
104	6-6 إطار عمل مشترك ومعايير مشتركة لتقييم الخيارات
106	الفصل السابع تحقيق إمكانات الحلول المستمدة من الطبيعة لقضايا المياه والتنمية المستدامة
108	1-7 ما هو الوضع في الوقت الراهن؟
108	2-7 إلى أي مدى يمكننا التقدم؟
109	3-7 كيف نحقق الغاية المنشودة؟
111	4-7 تنفيذ خطة التنمية المستدامة لعام 2030 من خلال الحلول المستمدة من الطبيعة لقضايا إدارة الموارد المائية
112	5-7 الخاتمة
116	المراجع
134	المختصرات والتسميات المختصرة
136	الأطر والأشكال والجداول
138	الصور

تصدير

بقلم أودري أزولاي، المديرة العامة لليونسكو

نحن بحاجة إلى حلول جديدة لإدارة مصادر المياه من أجل التصدي لتحديات الأمن المائي المتزايدة بسبب النمو السكاني وتغير المناخ. ويقترح هذا التقرير استجابة ابتكارية موجودة، في الواقع، منذ آلاف السنين، وهي: الحلول المستمدة من الطبيعة.

إن يجب علينا اليوم، أكثر من أي وقت مضى، أن نعمل بالانسجام مع الطبيعة، بدلاً من أن نعمل ضدها. وقد تبين أن الطلب على المياه سيزيد في جميع القطاعات. ويتمثل التحدي الذي يجب أن نتصدى له جميعاً في تلبية هذا الطلب على نحو لا يؤدي إلى تفاقم الآثار السلبية على النظم الإيكولوجية.

وهذا الأمر دونه مخاطر جسام. فالاتجاهات الراهنة تشير إلى أن نحو ثلثي الغابات والأراضي الرطبة قد فقدت أو أصابها التدهور منذ بداية القرن العشرين. والتربة تنجرف وتتدهور نوعيتها. وتلوث المياه يزداد سوءاً، منذ تسعينات القرن الماضي، في جميع الأنهار تقريباً في أفريقيا وآسيا وأمريكا اللاتينية.

وتمثل هذه الاتجاهات تحديات أوسع نطاقاً بسبب زيادة خطر الفيضانات وحالات الجفاف، التي تؤثر بدورها في قدرتنا على التكيف مع تغير المناخ. ونعلم أيضاً أن شح المياه يمكن أن يؤدي إلى القلاقل المدنية والهجرة الجماعية، بل وإلى نشوب النزاعات داخل البلدان وفيما بينها.

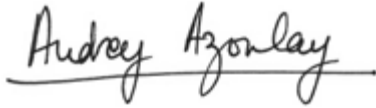
ويقرُّ الهدف 6 من خطة التنمية المستدامة لعام 2030 بأهمية ضمان توافر المياه والصرف الصحي وإدارتهما على نحو مستدام. والحلول المستمدة من الطبيعة ضرورية لتحقيق هذا الهدف.

فتأثير هذه الحلول يمكن أن يكون كبيراً: بدءاً من الهياكل الصغيرة الحجم لتجميع المياه في راجستان، بالهند، التي أعادت المياه إلى ألف قرية من القرى المصابة بالجفاف، إلى إحياء ممارسات "الحمى" التقليدية لإدارة الأراضي في حوض نهر الزرقاء بالأردن التي ترفع مستوى جودة مياه الينابيع من خلال عدم الإفراط في استغلال التربة.

وقد تسهم هذه الحلول أيضاً في جوانب أخرى للتنمية المستدامة، من كفاءة الأمن الغذائي والحدّ من خطر الكوارث إلى بناء المستوطنات الحضرية المستدامة ودعم العمل الكريم. وضمان الاستخدام المستدام لموارد هذا الكوكب أمر لا غنى عنه لضمان السلام والرخاء في الأجل الطويل.

ولا يزعم التقرير العالمي عن تنمية الموارد المائية الذي بين يديك أن الحلول المستمدة من الطبيعة فيها علاج لكل شيء، ولكن الاستنتاج الذي نخلص إليه واضح – وهو أنها إحدى أدوات هامة كثيرة للتحويل إلى نهج أكثر شمولاً في إدارة المياه.

ومن هذا المنطلق، أود أن أشكر حكومة إيطاليا ومنطقة أمبريا على دعمهما برنامج اليونسكو العالمي لتقييم المياه. وهذا التقرير، الذي ينسقه البرنامج، بمساعدة البرنامج الهيدرولوجي الدولي، هو ثمرة تعاون مستمر بين أعضاء لجنة الأمم المتحدة المعنية بالموارد المائية وشركائها. وأود أن أشكر كل من شاركوا فيه على إسهاماتهم والتزامهم بتعزيز الأمن المائي المستدام، الذي يوازن بين احتياجات البشر ومستقبل الكوكب الذي نعيش عليه.



أودري أزولاي

تصدير

بقلم جلبرت ف. هاونغبو، رئيس لجنة الأمم المتحدة المعنية بالموارد المائية ورئيس الصندوق الدولي للتنمية الزراعية

هناك أكثر من ملياري شخص يفتقدون سبل الحصول على مياه الشرب المأمونة وأكثر من ضعف ذلك العدد يفتقدون إلى الصرف الصحي المأمون. ومع النمو السريع في عدد سكان العالم، من المتوقع أن يزيد الطلب على المياه بزهاء الثلث بحلول عام 2050. وفي وجه الاستهلاك المتسارع وتفاقم التدهور البيئي والآثار المتعددة الجوانب لتغير المناخ، بات من الواضح أننا بحاجة إلى طرق جديدة لإدارة المتطلبات المتنافسة على مواردنا الثمينة من المياه العذبة.

وتشير طبعة عام 2018 من تقرير الأمم المتحدة العالمي عن تنمية الموارد المائية إلى أن الحلول قد تكون أقرب مما نظن.

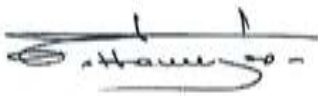
ويقدم التقرير، منذ طبعته الأولى في عام 2003، المنظور العريض لمنظومة الأمم المتحدة بشأن المسائل المتعلقة بإمدادات المياه والصرف الصحي. ويوائم كل تقرير بين المحتوى المستند إلى آخر مستجدات المعارف والعلوم ورسائل متوازنة في مجال السياسات. وتقرير هذا العام، الذي يوافق صدوره مرور 15 عاماً على تأسيس لجنة الأمم المتحدة المعنية بالموارد المائية رسمياً، يتطلع إلى الأمام ويلقي نظرة إلى الوراء.

فطالما اتجه العالم أولاً إلى البنى التحتية التي من صنع البشر، أو "الرمادية"، لتحسين إدارة المياه. وباتجاهه هذا، كثيراً ما نحى جانباً المعارف التقليدية والأصلية التي تعتنق الاتجاهات المراعية للبيئة. وقد حان الوقت، بعد انقضاء ثلاث سنوات من خطة التنمية المستدامة لعام 2030، للنظر مجدداً في الحلول المستمدة من الطبيعة للمساعدة في تحقيق الغايات المتعلقة بإدارة المياه.

ويوضح التقرير العالمي لتنمية الموارد المائية لعام 2018 أن العمل بالانسجام مع الطبيعة، بدلاً من العمل ضدها، من شأنه أن يعزز رأس المال الطبيعي وأن يدعم الاقتصاد الدائري الذي يتسم بكفاءة استخدام الموارد والتنافسية. ويمكن أن تكون الحلول المستمدة من الطبيعة فعالة من حيث التكلفة، وأن توفر في الوقت ذاته منافع بيئية واجتماعية واقتصادية. وهذه المنافع المترابطة، التي تمثل جوهر التنمية المستدامة، أساسية لتحقيق أهداف خطة عام 2030.

ويمثل هذا المنشور الرئيسي أهم إسهامات لجنة الأمم المتحدة المعنية بالموارد المائية في حملة "الطبيعة من أجل المياه" التي ستبدأ في 22 آذار/مارس 2018، اليوم العالمي للمياه. وبصفتي الرئيس الجديد للجنة، أود أن أشكر زملائي على مساهماتهم التي لا تقدر بثمن. وأعرب كذلك عن امتناني لليونسكو وللبرنامج العالمي لتقييم المياه على دورهما البالغ الأهمية في إصداره.

وأتق بأن هذا التقرير سيلهم النقاش ويحفز على اتخاذ الإجراءات على جميع المستويات المعنية للتحرك صوب إدارة الموارد المائية على نحو أكثر استدامة.



جلبرت ف. هاونغبو

لقد تم التحقق منذ وقت طويل من ضرورة كفاءة توفير كميات كافية من المياه ذات الجودة المناسبة لدعم النظم الإيكولوجية السليمة والمحافظة عليها. ولكن الطبيعة تؤدي أيضاً دوراً فريداً وأساسياً في تنظيم السمات المختلفة للدورة المائية، التي يمكن أن تقوم فيها بدور النظم و/أو المنظف و/أو المورد للمياه. ومن هنا فإن الحفاظ على سلامة النظم الإيكولوجية يؤدي مباشرة إلى تحسين الأمن المائي للجميع.

وتركز طبعة عام 2018 من تقرير الأمم المتحدة العالمي عن تنمية الموارد المائية، وهو الخامس في سلسلة من التقارير السنوية التي تتناول موضوعات محددة، على الفرص المتاحة لاستغلال العمليات الطبيعية المنظمة لمختلف عناصر الدورة المائية، التي بات يُصطلح على تسميتها برمتها الحلول المستمدة من الطبيعة لمعالجة قضايا المياه. وليست هذه مجرد "فكرة جيدة" (وهي بالطبع كذلك)، بل هي خطوة لا غنى عنها لضمان الاستدامة الطويلة الأجل للموارد المائية، والمنافع المتعددة التي توفرها المياه، من أمن الغذاء والطاقة إلى صحة الإنسان والتنمية الاجتماعية-الاقتصادية المستدامة.

وتوجد عدة أنواع مختلفة من الحلول المستمدة من الطبيعة في مجال المياه، تتراوح في حجمها من التطبيقات الصغيرة/الشخصية (كالمرحاض الجاف، مثلاً) إلى التطبيقات على مستوى المسطحات الطبيعية ومن بينها الزراعة الحافظة للموارد. وثمة حلول مستمدة من الطبيعة لقضايا المياه ملائمة للسياقات الحضرية (كالجدران الخضراء، وحدائق الأسطح، وأحواض الارتشاح أو الصرف النباتية) وللبيئات الريفية التي تمثل في كثير من الأحيان معظم مساحة أحواض الأنهار.

غير أن إدارة الموارد المائية، رغم الإنجازات التي تحققت في الأخذ بالحلول المستمدة من الطبيعة، ما زالت تعتمد إلى حد بعيد على البنى التحتية التي من صنع البشر ("الرمادية"). وليس القصد بالضرورة إحلال البنى التحتية المراعية للبيئة محل الرمادية، بل هو تحديد التوازن الأكثر ملاءمة وفعالية من حيث التكلفة والاستدامة بين البنى التحتية الرمادية والحلول المستمدة من الطبيعة نظراً إلى الأهداف والمنافع المتعددة.

وسيتطلب تعظيم إمكانات الطبيعة إلى أقصى حد في المساعدة على بلوغ الأهداف الثلاثة الرئيسية لإدارة المياه، وهي تحسين توافر المياه والنهوض بجودتها والحد من المخاطر المتعلقة بها، تهيئة بيئة تمكينية للتغيير، بما في ذلك الأطر القانونية والتنظيمية المناسبة، وآليات التمويل الملائمة، والقبول الاجتماعي. ولا نزاع واثقين من أنه يمكن التغلب بفعالية على العوائق الحالية، من قبيل نقص المعارف والقدرات والبيانات والمعلومات المتعلقة بالحلول المستمدة من الطبيعة لقضايا المياه، إذا ما توافرت الإرادة السياسية لذلك.

ويبين هذا التقرير أن ثمة عدد من الآليات التي يمكن استخدامها للإسراع في الأخذ بالحلول المستمدة من الطبيعة في مجال المياه. فقد اتضح أن خطط دفع مقابل للخدمات البيئية والسندات الخضراء تدر عائدات لا بأس بها على الاستثمار وتقلل في الوقت ذاته من ضرورة (وتكاليف) إقامة البنى التحتية الأكبر حجماً، وفي كثير من الأحيان الأكثر تكلفة، التي تتطلبها إدارة موارد المياه وتوفير خدمات الإمداد بالمياه والصرف الصحي.

والحلول المستمدة من الطبيعة لقضايا المياه أساسية لتحقيق أهداف خطة التنمية المستدامة لعام 2030 لأنها تدرّ منافع مشتركة اجتماعية واقتصادية وبيئية، في مجالات منها صحة الإنسان وسبل عيشه، والأمن الغذائي وأمن الطاقة، والنمو الاقتصادي المستدام، والوظائف اللائقة، وإصلاح النظم الإيكولوجية وصيانتها، والتنوع البيولوجي. ومن شأن القيمة الكبيرة لهذه المنافع المشتركة أن تجعل قرارات الاستثمار تفضل تلك الحلول.

وينطوي تنفيذ الحلول المستمدة من الطبيعة على مشاركة كثير من الفئات المعنية، ومن ثم التشجيع على بناء توافق في الآراء والمساعدة على زيادة الوعي بشأن ما يمكن لهذه الحلول أن تقدمه بحق لتحسين الأمن المائي. وقد حاولنا أن نضع وصفاً متوازناً ومستنداً إلى الوقائع ومحايلاً لحالة المعارف الراهنة، يشمل أحدث التطورات المتعلقة بالحلول المستمدة من الطبيعة لقضايا المياه، وشتى المنافع والفرص التي تتيحها من حيث النهوض بالإدارة المستدامة لموارد المياه. ورغم أن هذا التقرير موجه بالدرجة الأولى إلى متخذي القرار والقائمين على إدارة الموارد المائية على الصعيد الوطني، فمن المأمول أيضاً أن يكون موضع اهتمام لدى الأوساط الإنمائية الأوسع نطاقاً، فضلاً عن الأكاديميين والمهنيين وكل من يهتم ببناء مستقبل مائي منصف ومستدام بدعم من الحلول المستمدة من الطبيعة.

وهذه الطبعة الحديثة من التقرير العالمي عن تنمية الموارد المائية نتاج جهد متضافر بين الوكالات الرائدة: منظمة الأغذية والزراعة للأمم المتحدة، وبرنامج الأمم المتحدة الإنمائي، وبرنامج الأمم المتحدة للبيئة، والبرنامج الهيدرولوجي الدولي-اليونسكو، ومعهد المياه والبيئة والصحة التابع لجامعة الأمم المتحدة، وبرنامج اليونسكو العالمي لتقييم الموارد المائية، وتُكمّله مواد عن المنظورات الإقليمية مقدمة من لجنة الأمم المتحدة الاقتصادية لأوروبا، ولجنة الأمم المتحدة الاقتصادية لأمريكا اللاتينية ومنطقة البحر الكاريبي، ولجنة الأمم المتحدة الاقتصادية والاجتماعية لآسيا والمحيط الهادئ، ولجنة الأمم المتحدة الاقتصادية والاجتماعية لغربي آسيا (الإسكوا)، ومكتب اليونسكو الإقليمي المتعدد القطاعات في أبوجا. وأفاد التقرير كذلك من مدخلات ومساهمات عدة أعضاء وشركاء في لجنة الأمم المتحدة المعنية بالموارد المائية، وأعضاء اللجنة الاستشارية التقنية للبرنامج العالمي لتقييم الموارد المائية، وأفاد أيضاً من العديد من العلماء والمهنيين والمنظمات غير الحكومية الذين قدموا مجموعة واسعة من البيانات والمعلومات الجديدة.

وبالنيابة عن أمانة برنامج اليونسكو العالمي لتقييم الموارد المائية، نوّد أن نعرب عن أعظم تقديرنا للوكالات ولأعضاء وشركاء لجنة الأمم المتحدة المعنية بالموارد المائية المذكورين آنفاً، وللكتاب والمساهمين الآخرين على إسهامهم مجتمعين في إعداد هذا التقرير الفريد والموثوق به الذي نأمل أن تكون له آثار متعددة على نطاق العالم. ويستحق منا ديفيد كوتس تقديراً خاصاً لما أبداه من سخاء في المشاركة بمعرفته وحكمته طوال عملية إعداد التقرير.

وندين بالشكر العميق للحكومة الإيطالية لتمويلها برنامج اليونسكو العالمي لتقييم الموارد المائية ولإقليم أمبريا لاستضافته أمانة البرنامج في فيلا لا كولومبيللا في بيروجيا. وقد كانت إسهاماتهما فعالة في إعداد التقرير.

ونعرب عن شكرنا الخاص لأودري أزولاي، المدير العام لليونسكو، على دعمها الحيوي للبرنامج ولإعداد التقرير. وقد جعلت توجيهات جيلبرت ف. هاونغبو، رئيس الصندوق الدولي للتنمية الزراعية، بوصفه رئيساً للجنة الأمم المتحدة المعنية بالموارد المائية، إصدار هذا المنشور ممكناً.

وأخيراً ولكن ليس آخراً، نتوجّه بأصدق الامتنان إلى جميع زملائنا في أمانة البرنامج، الذين ترد أسماؤهم في كلمة الشكر والتقدير. فما كان هذا التقرير ليكتمل بلا قدرتهم المهنية وتفانيهم.

ريتشارد كونور

ستيفان يولينبروك

فريق التقرير العالمي عن تنمية الموارد المائية لعام 2018

مدير النشر
ستيغان يولينبروك

رئيس التحرير
ريتشارد كونور

منسق العمليات
إنجين كونكاغول

مساعدة المطبوعات
فالنتينا أبيت

مصمم جرافيك
ماركو تونسيني

محرر
سيمون لوباخ

اللجنة الاستشارية التقنية لبرنامج اليونسكو العالمي لتقييم الموارد المائية
أوري شامير (الرئيس)، وديباك غياوالي (نائب الرئيس)، وفاطمة عبد الرحمن عطية، وأندرس برنتيل، وإلياس فيريز،
وموكوتيسوارا غوبالاكريشنان، ودانييل ب. لوكس، وهينك فان شيك، ويوي ليونغ شي، ولازلو سومليودي، ولوسيو
أويرتيني، وألبرت رايت

أمانة برنامج اليونسكو العالمي لتقييم الموارد المائية في عام 2018

المنسق: ستيغان يولينبروك
نائبة المنسق: ميكلا ميليتو

البرامج: ريتشارد كونور، وأنجيلا ريناتا كورديرو أورتيجا، وإنجين كونكاغول، ولوسيو مينيلي
المطبوعات: فالنتينا أبيت وماركو تونسيني
الاتصالات: سيمونا غاليسي ولورينز ثوي
الإدارة والدعم: باربرا براكاجليا، وأرتورو فراسكاني، وليزا غاستالدين
تكنولوجيا المعلومات والأمن: فابيو بيانكي، وميكيلي برينساشي، وفرانشيسكو جيوفريدي

شكر وتقدير

يعرب برنامج اليونسكو العالمي لتقييم الموارد المائية عن تقديره للمساهمات القيّمة المقدمة من منظمة الأغذية والزراعة للأمم المتحدة، وبرنامج الأمم المتحدة الإنمائي، وبرنامج الأمم المتحدة للبيئة، والبرنامج الهيدرولوجي الدولي-اليونسكو، ومعهد المياه والبيئة والصحة التابع لجامعة الأمم المتحدة، التي جعلت مدخلاتها الرائدة في الفصول إعداد محتوى هذا التقرير ممكناً. ويعبر البرنامج عن التقدير الصادق للجان الأمم المتحدة الاقتصادية الإقليمية (اللجنة الاقتصادية لأوروبا واللجنة الاقتصادية لأمريكا اللاتينية ومنطقة البحر الكاريبي واللجنة الاقتصادية والاجتماعية لآسيا والمحيط الهادئ والإسكوا) وللمكتب الإقليمي المتعدد القطاعات لليونسكو في أبوجا لمساهمتهما في الفصل الخامس المتعلق بالتجارب الوطنية والإقليمية. ونود أن نشكر أيضاً أعضاء لجنة الأمم المتحدة المعنية بالموارد المائية وشركاءها وسائر المنظمات والأفراد الذين قدموا مساهمات وتعليقات مفيدة طوال عملية الإعداد. وقد استفاد التقرير كذلك من مراجعات اللجنة الاستشارية التقنية للبرنامج العالمي لتقييم الموارد المائية.

ويعرب البرنامج عن الامتنان للمساهمة المالية السخية المقدمة من الحكومة الإيطالية، التي تتيح لأمانة البرنامج القيام بوظيفتها وإصدار مجموعة التقارير العالمية عن تنمية الموارد المائية، وللتسهيلات التي يوفرها إقليم أمبريا.

وقد أتيح إصدار النسخة الإسبانية من التقرير بفضل الرابطة الوطنية لمرافق المياه والصرف الصحي في المكسيك وأعضائها. ونود أيضاً أن نعرب عن شكرنا لمكاتب اليونسكو الميدانية في ألماتي وبيجين وبرازيليا والقاهرة ونيودلهي لقيامها بترجمة الملخص التنفيذي لتقرير الأمم المتحدة العالمي عن تنمية الموارد المائية لعام 2018 إلى اللغات الروسية والصينية والبرتغالية والعربية والهندية. وبفضل التعاون القيّم بين الوكالة الوطنية البرازيلية للمياه ومكتب اليونسكو في البرازيل، أدرجت اللغة البرتغالية في سلسلة الترجمة.

مؤسسة سلطان بن عبد العزيز آل سعود الخيرية
SULTAN BIN ABDULAZIZ AL-SAUD FOUNDATION



صدر هذا المنشور باللغة العربية بفضل المساهمة السخية التي قدمتها مؤسسة سلطان بن عبد العزيز آل سعود الخيرية - المملكة العربية السعودية.

الموجز التنفيذي



إن الحلول المستمدة من الطبيعة تستلهم الطبيعة وتستخدم العمليات الطبيعية، أو تحاكيها، للمساهمة في تحسين إدارة المياه. ويمكن أن ينطوي الحل المستمد من الطبيعة على حفظ النظم الإيكولوجية الطبيعية و/أو إصلاحها و/أو تعزيز العمليات الطبيعية أو استحداثها في النظم الإيكولوجية المعدلة أو الاصطناعية. ويمكن تطبيق هذه الحلول على نطاق مصغر (مثل المراحض الجافة) أو على نطاق كئي (مثل المسطحات الطبيعية).

وقد زاد الاهتمام بالحلول المستمدة من الطبيعة زيادة كبيرة في الأعوام الماضية. ويتضح ذلك من خلال تعميم الأخذ بتلك الحلول في طائفة واسعة من السياسات العامة المقترحة، في ميادين منها الموارد المائية، والأمن الغذائي، والزراعة، والتنوع البيولوجي، والبيئة، والحد من خطر الكوارث، والمستوطنات الحضرية، وتغير المناخ. ويصوّر هذا الاتجاه المحمود تلاقي المصالح بصورة متنامية حول الاعتراف بضرورة إرساء أهداف مشتركة وتحديد أنشطة يدعم بعضها بعضاً، وهو ما تصوره على أفضل وجه خطة التنمية المستدامة لعام 2030 من خلال إقرارها بالترابط بين أهدافها وغاياتها المختلفة.

وسيكون توسيع نطاق الحلول المستمدة من الطبيعة أساسياً لتحقيق أهداف خطة التنمية المستدامة لعام 2030. فلن يتحقق الأمن المائي المستدام من خلال نهج تعتمد بقاء الأمور على حالها. وتعمل هذه الحلول بالتآزر مع الطبيعة بدلاً من العمل ضدها، ومن ثم فهي توفر وسيلة ضرورية لتجاوز أسلوب العمل كالمعتاد من أجل الارتقاء بالمكاسب الاجتماعية والاقتصادية والمتعلقة بالكفاءة الهيدرولوجية في إدارة الموارد المائية. وتبدو الحلول المستمدة من الطبيعة واعدة بوجه خاص في إحراز تقدم صوب الإنتاج المستدام للأغذية، وتحسين المستوطنات البشرية، والحصول على إمدادات المياه وخدمات الصرف الصحي، والحد من مخاطر الكوارث المرتبطة بالمياه. ويمكن أيضاً أن تساعد في التصدي لآثار تغير المناخ على الموارد المائية.

وتدعم الحلول المستمدة من الطبيعة الاقتصاد الدائري الذي يُقصد به الإصلاح والتجديد، والذي يعزّز زيادة إنتاجية الموارد



بهدف الحد من الإهدار وتجنب التلوث، بطرق منها إعادة استخدام وإعادة التدوير. وتدعم الحلول المستمدة من الطبيعة أيضاً مفاهيم النمو المراعي للبيئة أو الاقتصاد المراعي للبيئة، التي تعزز الاستخدام المستدام للموارد الطبيعية وتستخدم العمليات الطبيعية لمساندة الاقتصاد. ويدّر تطبيق هذه الحلول فيما يتعلق بالمياه منافع مشتركة اجتماعية واقتصادية وبيئية، منها تحسن صحة الإنسان وسبل عيشه، والنمو الاقتصادي المستدام، والعمل اللائق، وإصلاح النظم الإيكولوجية وصيانتها، وحماية التنوع البيئي وتعزيزه. ويمكن أن تكون قيمة بعض هذه المنافع المشتركة كبيرة وأن توجه قرارات الاستثمار لصالح الحلول المستمدة من الطبيعة.

غير أنه، على الرغم من التاريخ الطويل لتطبيق الحلول المستمدة من الطبيعة والخبرة المتنامية المكتسبة في هذا الصدد، ما زالت توجد حالات كثيرة تتجاهل فيها السياسات العامة للموارد المائية وإدارتها الخيارات التي تتيحها هذه الحلول - حتى حيث تكون كفاءتها واضحة ومحقة. فعلى سبيل المثال، على الرغم من التزايد السريع في الاستثمارات الموجهة للحلول المستمدة من الطبيعة، تشير الأدلة إلى أن ذلك لا يزال أدنى بكثير من 1 في المائة من مجموع الاستثمارات في البنى التحتية لإدارة الموارد المائية.

مياه العالم: الطلب والتوافر والجودة والظواهر البالغة الشدّة

يتزايد الطلب العالمي على المياه بمعدل يبلغ زهاء 1 في المائة في السنة نتيجة لنمو عدد السكان والتنمية الاقتصادية وأنماط الاستهلاك المتغيرة، من جملة عوامل أخرى، وسيظل ينمو نمواً كبيراً خلال العقدين القادمين. وسيزيد الطلب الصناعي والمنزلي على المياه بسرعة أكبر من الطلب الزراعي، رغم أن الزراعة ستظل أكبر مستخدم للمياه بوجه عام. وسيكون معظم الطلب المتزايد على المياه في البلدان ذات الاقتصادات النامية أو الناشئة.

وفي الوقت ذاته، تشتد كثافة الدورة المائية العالمية بسبب تغير المناخ، فتزيد رطوبة المناطق الأكثر رطوبة بصفة عامة ويزيد جفاف المناطق الأكثر جفافاً. وفي الوقت الراهن، يسكن عدد يقدر بـ 3.6 مليارات نسمة (ما يقرب من نصف عدد سكان العالم) في مناطق يحتمل أن تصبح شحيحة المياه شهراً واحداً على الأقل في كل عام، ويمكن أن يزيد هذا العدد إلى نحو 4.8-5.7 مليارات نسمة بحلول عام 2050.

ولم تنفك حالة تلوث المياه تسوء منذ تسعينات القرن الماضي في جميع الأنهار تقريباً في أفريقيا وآسيا وأمريكا اللاتينية. ومن المتوقع أن يتفاقم تدهور جودة المياه خلال العقود المقبلة مما سيزيد الأخطار على صحة الإنسان والبيئة والتنمية المستدامة. وعلى الصعيد العالمي، يتمثل أكثر التحديات الخاصة بجودة المياه شيوفاً في الإلتخام بالمغذيات، الذي كثيراً ما يرتبط بالتلوث بمسببات الأمراض، تبعاً للمناطق. وتؤثر مئات الكيماويات أيضاً في جودة المياه. ومن المتوقع أن تحدث أكبر الزيادات في التعرض للملوثات في البلدان ذات الدخل المنخفض والبلدان المتوسطة الدخل من الشريحة الدنيا، ويعزى ذلك أساساً إلى ارتفاع عدد السكان والنمو الاقتصادي والافتقار إلى نظم معالجة المياه العادمة.

وتواكب هذه الاتجاهات المتعلقة بتوافر المياه وجودتها تغيرات متوقعة في أخطار الفيضانات ونوبات الجفاف. ومن المتوقع أن يرتفع عدد الأشخاص المعرضين لخطر الفيضانات من 1.2 مليار شخص اليوم إلى زهاء 1.6 مليار شخص في عام 2050 (20 في المائة من سكان العالم تقريباً). ويقدر عدد السكان المتضررين حالياً من جراء تدهور/تصحّر الأراضي والجفاف بـ 1.8 مليار شخص، مما يجعل تلك الفئة من "الكوارث الطبيعية" أهم الفئات استناداً إلى أثر الوفيات والتأثير الاجتماعي-الاقتصادي بالنسبة إلى إجمالي الناتج المحلي للفرد.

تدهور النظم الإيكولوجية

يمثل تدهور النظم الإيكولوجية أحد الأسباب الرئيسية لزيادة الصعوبات التي تكتنف إدارة الموارد المائية. فعلى الرغم من أن زهاء 30 في المائة من أراضي العالم لا تزال مكسوة بالغابات، فإن ثلثي هذه المساحة على الأقل حالتها متدهورة. وغالبية موارد العالم من التربة، وعلى الأخص في الأراضي الزراعية، لا يمكن تصنيف حالتها بأفضل من مقبولة أو سيئة أو بالغة السوء وتشير التوقعات الحالية إلى أن هذه الحالة سوف تتفاقم، وستكون لها آثار سلبية خطيرة على الدورة المائية من خلال ارتفاع معدلات التبخر، وانخفاض تخزين المياه في التربة، وزيادة الجريان السطحي مصحوباً بزيادة التعرية. فقد فقدت نسبة تقدر بـ 64-71 في المائة من الأراضي الرطبة على نطاق العالم بسبب النشاط البشري منذ عام 1900. وقد كان لجميع هذه التغيرات آثار سلبية على الهيدرولوجيا، من النطاق المحلي إلى الإقليمي والعالمي.

وثمة أدلة على أن هذا التغير في النظم الإيكولوجية قد أسهم على مر التاريخ في اندثار عدة حضارات قديمة. والتساؤل عما إذا كان يمكننا تجنب المصير نفسه هو من التساؤلات الوجيهة اليوم. وستتوقف إجابة هذا السؤال، من بعض الأوجه على الأقل، على قدرتنا على التحول من العمل ضد الطبيعة إلى العمل بالانسجام معها - من خلال، مثلاً، اعتماد الحلول المستمدة من الطبيعة على نحو أفضل.

دور النظم الإيكولوجية في الدورة المائية

تؤثر العمليات الإيكولوجية التي تجري في المسطح الطبيعي في جودة المياه وطريقة تحركها خلال النظام، وفي تشكيل التربة والتعرية ونقل الترسيبات والترسيب - وكلها يمكن أن تمارس تأثيرات كبيرة في الهيدرولوجيا. ومع أن الغابات كثيراً ما تحظى بأكثر قدر من الاهتمام عندما يتعلق الأمر بالغطاء الأرضي والهيدرولوجيا، فإن المراعي والأراضي الزراعية تؤدي أدواراً هامة أيضاً. ولأنواع التربة أهمية حاسمة في التحكم في حركة المياه وتخزينها وتحويلها. ويقوم التنوع البيولوجي بدور وظيفي في الحلول المستمدة من الطبيعة يدعم من خلاله عمليات النظم الإيكولوجية ووظائفها، ومن ثم تقديم خدماتها.

وتحدث النظم الإيكولوجية تأثيرات هامة في إعادة تدوير تساقط المطر (التساقط) من النطاق المحلي إلى النطاق القاري. وبدلاً من اعتبارها النباتات "مستهلكاً" للمياه، ربما يكون من الأنسب النظر إليها باعتبارها "أداة لإعادة تدوير" المياه. ذلك أن ما تصل نسبته إلى 40 في المائة من التساقط الناشئ عن مصادر في اليابسة، على الصعيد العالمي، ينشأ من النتج النباتي الصاعد وغيره من التبخر البري، ويسبب هذا المصدر معظم

تساقط الأمطار في بعض المناطق. ولذلك قد يكون للقرارات المتعلقة باستخدام الأراضي في أحد الأماكن نتائج هامة لموارد المياه والناس والاقتصاد والبيئة في أماكن بعيدة - مما يشير إلى أوجه القصور في اتخاذ المجتمع المائي (بخلاف "مستودع التساقط") أساساً للإدارة.

وتستخدم البنية الأساسية المراعية للبيئة (للمياه) النظم الطبيعية أو شبه الطبيعية من قبيل الحلول المستمدة من الطبيعة لتوفير خيارات لإدارة موارد المياه ذات منافع معادلة أو مماثلة للبنية الأساسية المائية الرمادية (المبنية/المادية). وفي بعض الحالات، يمكن للنهوج الطبيعية أن تقدم الحل الرئيسي أو الحل الوحيد القابل للتطبيق (على سبيل المثال، إصلاح المسطح الطبيعي لمكافحة تدهور الأراضي والتصحر)، بينما لن يصلح سوى أحد الحلول الرمادية لبعض الأغراض الأخرى (كتزويد أسرة بالمياه عن طريق الأنابيب والصنابير على سبيل المثال). غير أنه يمكن، بل ينبغي، أن تعمل البنية الأساسية المراعية للبيئة والرمادية معاً في معظم الحالات. ويوجد بعض من أفضل الأمثلة على نشر الحلول المستمدة من الطبيعة في الأماكن التي تحسن فيها تلك الحلول أداء البنية التحتية الرمادية. ويتيح الوضع الراهن، بما فيه من بنى تحتية رمادية متهاكة أو غير ملائمة أو غير كافية على نطاق العالم، الفرص للاستعانة بالحلول المستمدة من الطبيعة باعتبارها حلولاً ابتكارية تتضمن منظورات خدمات النظم البيئية واعتبارات تعزيز المرونة وسبل العيش في تخطيط المياه وإدارتها.

ومن السمات الرئيسية للحلول المستمدة من الطبيعة أنها تميل إلى تقديم خدمات النظم الإيكولوجية معاً في مجموعات -حتى لو كانت إحداها فقط هي المستهدفة بالتدخل. ومن ثم فإنها كثيراً ما تقدم مزايا متعددة مرتبطة بالمياه وكثيراً ما تساعد على معالجة كمية المياه وجودتها ومخاطرها في وقت واحد. وتتمثل إحدى المزايا الأخرى لهذه الحلول في الكيفية التي تسهم بها في بناء مرونة النظام بأكمله.

الحلول المستمدة من الطبيعة لأغراض إدارة توافر المياه

تعالج الحلول المستمدة من الطبيعة مسألة توافر إمدادات المياه بصفة رئيسية من خلال إدارة تساقط الأمطار، والرطوبة، وتخزين ورشح ونقل المياه، بحيث تجرى التحسينات في موقع المياه المتاحة وتوقيتها وكمية توافرها لتلبية احتياجات البشر.

ومما يحدُّ بصورة متزايدة من خيار بناء المزيد من الخزانات ترسيب الطمي، ونقص الجريان المتاح، والشواغل والقيود البيئية، واستخدام أصلح المواقع للسدود وأكثرها فعالية من حيث التكلفة بالفعل في كثير من البلدان المتقدمة. وفي كثير من الحالات يمكن أن تكون أشكال تخزين المياه الأكثر ملاءمة للنظم الإيكولوجية، كالأراضي الرطبة الطبيعية، والتحسينات في رطوبة التربة، والتغذية الفعالة للمياه الجوفية، أكثر استدامة وفعالية من حيث التكلفة من البنى التحتية الرمادية التقليدية، مثل السدود.

وسوف يحتاج الأمر إلى أن تلبي الزراعة الزيادات المتوقعة في الطلب على الغذاء بتحسين كفاءة استخدامها للموارد والإقلال في الوقت ذاته من بصمتها الخارجية، إذ تعد المياه جوهرية لتلك الحاجة. ومن الركائز الرئيسية للحلول المعترف بها "التكثيف الإيكولوجي المستدام"

لإنتاج الغذاء، الذي يعزز خدمات النظم الإيكولوجية في المسطحات الطبيعية الزراعية من خلال، مثلاً، تحسين التربة وإدارة النباتات. و"الزراعة المحافظة على الموارد"، التي تتضمن ممارسات ترمي إلى تقليل اضطراب التربة إلى أدنى حد ممكن، وصون غطاء التربة، وتنظيم دورة المحصول، مثال رائد على النهوج المتبعة في تكثيف الإنتاج المستدام. ويمكن أن تكون النظم الزراعية التي تُصلح أو تحفظ خدمات النظم الإيكولوجية مماثلة في الإنتاجية للنظم المكثفة عالية المدخلات، إلا أن احتياجاتها من العناصر الخارجية أقل بدرجة كبيرة. وعلى الرغم من أن الحلول المستمدة من الطبيعة تحقق مكاسب كبيرة في الري، فإن الفرص الرئيسية لزيادة الإنتاجية تكمن في النظم المعتمدة على المطر (البعلية) التي تمثل الجانب الأكبر من الإنتاج الحالي والزراعة الأسرية (ومن ثم فهي توفر أكبر قدر من فوائد كسب العيش والحد من الفقر). وتتجاوز المكاسب النظرية التي يمكن أن تكون قابلة للتحقيق على المستوى العالمي في هذا الصدد الزيادات المتوقعة في الطلب العالمي على المياه، مما قد يقلل من التنازع بين الاستخدامات المتنافسة.

وتكتسي الحلول المستمدة من الطبيعة لمعالجة مسألة توافر المياه في المستوطنات الحضرية أيضاً أهمية كبيرة، نظراً إلى أن غالبية سكان العالم يعيشون الآن في المدن. وتمثل البنى التحتية المراعية للبيئة في المناطق الحضرية، بما في ذلك المباني المراعية للبيئة، ظاهرة ناشئة ترسي معايير قياسية جديدة ومستويات تقنية تعتمد كثيراً من الحلول المستمدة من الطبيعة. وتشجع أوساط الأعمال التجارية والصناعة أيضاً هذه الحلول بدرجة متزايدة من أجل تحسين الأمن المائي لعملياتها، مدفوعة في ذلك بمبررات تجارية مقنعة.

الحلول المستمدة من الطبيعة لأغراض إدارة

تقلل حماية مياه المصدر تكاليف معالجة المياه للموردين في المناطق الحضرية، وتسهم في تحسين سبل الحصول على مياه الشرب المأمونة في المجتمعات الريفية. وتؤدي الغابات والأراضي الرطبة والمراعي، والتربة بأنواعها والمحاصيل، عند إدارتها إدارة جيدة، أدواراً هامة في تنظيم جودة المياه من خلال الحد من تراكيزات الرواسب، والتقليل من احتجاز الملوثات وبقائها، وإعادة تدوير المغذيات. ويمكن للنظم الإيكولوجية المبنية والطبيعية، على حد سواء، أن تساعد على تحسين جودة المياه إذا أصابها التلوث.

ولا يزال التلوث غير الثابت المصدر (المنتشر) من الزراعة، وبالأخص المغذيات، يمثل مشكلة حادة في جميع أنحاء العالم، بما فيها البلدان المتقدمة. وهو أيضاً أكثر أنواع التلوث استجابة للحلول المستمدة من الطبيعة، لأن تلك الحلول يمكنها إصلاح خدمات النظم الإيكولوجية التي تمكن التربة بأنواعها من تحسين إدارة المغذيات، ومن ثم خفض الطلب على الأسمدة والحد من جريان المغذيات و/أو تسربها إلى المياه الجوفية.

ويجري استخدام البنى التحتية المراعية للبيئة في الحضر استخداماً متزايداً لإدارة التلوث من الجريان السطحي في المناطق الحضرية والحد منه. وتشمل الأمثلة على ذلك استخدام الجدران الخضراء، وحدائق الأسطح، وأحواض النباتات التي تساعد على التسرب أو الصرف، لدعم معالجة مياه الصرف والحد من جريان مياه أمطار العواصف. وتستخدم الأراضي الرطبة أيضاً داخل البيئات الحضرية للتخفيف من أثر الجريان السطحي لمياه أمطار العواصف ومياه الصرف الملوثة. وكذلك تحلل

على نطاق أحواض الأنهار والنطاقات الإقليمية، في إيجاد مجموعة من خيارات التخزين السطحي وتحت السطحي (ومزائجها) من أجل الوصول إلى أفضل النتائج البيئية والاقتصادية في مواجهة التقلب المتزايد في الموارد المائية.

الحلول المستمدة من الطبيعة لتعزيز الأمن المائي: مضاعفة المنافع

إن الحلول المستمدة من الطبيعة قادرة على تحسين الأمن المائي بوجه عام بتحسين توافر المياه وجودتها مع الحد في الوقت ذاته من المخاطر المرتبطة بالمياه وتحقيق منافع اجتماعية واقتصادية وبيئية مشتركة إضافية. وتتيح هذه الحلول تحديد النتائج التي تصب في مصلحة الجميع في جميع القطاعات. فالحلول المستمدة من الطبيعة في مجال الزراعة، مثلاً، في سبيلها إلى أن تصبح ممارسة سائدة لأنها توفر مزيداً من الإنتاجية والربحية الزراعية المستدامة ولكنها تعزز أيضاً الفوائد الشاملة على نطاق النظام بأكمله، كتحسين توافر المياه وخفض التلوث في مجرى النهر. وقد أصبح لإصلاح مستجمعات المياه وحمايتها أهمية متزايدة في سياق التصدي للتحديات المتعددة التي تعترض تحقيق استدامة إمدادات المياه للمدن السريعة النمو والحد من المخاطر التي تنطوي عليها. ويمكن للبنية التحتية الحضرية المراعية للبيئة أن تأتي بنتائج إيجابية من حيث توافر المياه وجودتها والحد من الفيضانات وحالات الجفاف. وفي سياق المياه والصرف الصحي، يمكن أن يمثل بناء أراض رطبة لمعالجة مياه الصرف حلاً من الحلول المستمدة من الطبيعة، يتسم بفعالية التكلفة ويسمح بتدفق المياه بجودة كافية لعدة استخدامات غير الشرب، منها الري، ويتيح فوائد إضافية، منها إنتاج الطاقة.

التحديات وأوجه القصور

إن التحديات التي يتعين التصدي لها من أجل الارتقاء بمستوى الحلول المستمدة من الطبيعة حتى بلوغ إمكاناتها الكاملة والكبيرة هي تحديات مشتركة إلى حد ما بين جميع القطاعات والصعد العالمية أو الخاصة بمنطقة معينة أو بمكان معين. فلا يزال هناك قصور تاريخي في الأخذ بتلك الحلول يعزى إلى استمرار الهيمنة الكاسحة لحلول البنية التحتية الرامدية في الصكوك الحالية للدول الأعضاء - من السياسات العامة إلى قوانين ولوائح البناء. ويمكن أن توجد هذه الهيمنة أيضاً في مجال الهندسة المدنية، وعلى صعيد الصكوك الاقتصادية القائمة على السوق، والخبرة الفنية لمقدمي الخدمات، ومن ثم في عقول واضعي السياسات العامة وعامة الجمهور. ويؤدي اجتماع هذه العوامل وغيرها في كثير من الأحيان إلى تصوّر أن الحلول المستمدة من الطبيعة أقل كفاءة، أو أكثر خطورة، من النظم المبنية (الرامدية).

وكثيراً ما تتطلب الحلول المستمدة من الطبيعة التعاون بين العديد من المؤسسات وأصحاب المصلحة، وهو أمر قد يصعب تحقيقه. فهذا التعاون لم يكن من العناصر التي أخذت في الاعتبار عند نشوء الترتيبات المؤسسية الحالية. وهناك افتقار على جميع المستويات، من المجتمعات المحلية إلى القائمين بالتخطيط على الصعيد الإقليمي وواضعي السياسات الوطنية، إلى الوعي والتواصل والمعارف بشأن ما يمكن للحلول المستمدة من الطبيعة أن تحققه بالفعل. ويمكن أن تتفاقم هذه الحالة بسبب

الأراضي الرطبة، سواء الطبيعية أو المبنية، أحياناً مجموعة واسعة من الملوثات الناشئة، بما فيها بعض المستحضرات الصيدلانية، أو تشلّها، وكثيراً ما يكون أداؤها أفضل من الحلول الرامدية. وقد تكون هي الحل الوحيد المطروح فيما يتعلق ببعض الكيماويات.

وثمة حدود لما يمكن أن تؤديه الحلول المستمدة من الطبيعة. فخيارات هذه الحلول لمعالجة مياه الصرف الصناعي، على سبيل المثال، تتوقف على نوع الملوثات وعلى مدى تركيزها. وقد تستمر الحاجة إلى حلول البنية التحتية الرامدية فيما يخص الكثير من مصادر المياه الملوثة. غير أن التطبيقات الصناعية للحلول المستمدة من الطبيعة، وبخاصة الأراضي الرطبة المنشأة لأغراض معالجة مياه الصرف الصناعي، أخذت في الازدياد.

الحلول المستمدة من الطبيعة لإدارة المخاطر المرتبطة بالمياه

إن المخاطر والكوارث المرتبطة بالمياه، كالفيضانات ونوبات الجفاف المرتبطة بالتقلبات الزمنية المتزايدة للموارد المائية بسبب تغير المناخ، ينتج عنها خسائر بشرية واقتصادية هائلة ومتزايدة على الصعيد العالمي. وتشير التقديرات إلى أن زهاء 30 في المائة من سكان العالم يسكنون في مناطق وأقاليم تتأثر بصفة روتينية بظواهر الفيضانات أو الجفاف. ويمثل تدهور النظم البيئية السبب الرئيسي للمخاطر والظواهر البالغة الشدة المرتبطة بالمياه، وهو يحد من القدرة على تفعيل إمكانات الحلول المستمدة من الطبيعة تفعيلاً كاملاً.

ويمكن للبنية التحتية المراعية للبيئة أن تؤدي وظائف هامة في الحد من المخاطر. ويمكن أن يؤدي الجمع بين النهج المراعية للبيئة والرامدية في البنية التحتية إلى وفورات في التكاليف وإلى تحسن كبير في الحد من المخاطر بوجه عام.

ويمكن أن تشمل الحلول المستمدة من الطبيعة لإدارة الفيضانات الاحتفاظ بالمياه عن طريق إدارة الرشح والتدفق السطحي، ومن ثم الربط الهيدرولوجي بين عناصر النظام ونقل المياه من خلاله، مما يتيح مساحة لتخزين المياه عن طريق السهول الفيضية، على سبيل المثال. ومفهوم "التعايش مع الفيضانات"، الذي يشمل، في جملة أمور أخرى، مجموعة واسعة من النهج الهيكلية وغير الهيكلية التي تساعد على "التأهب" للفيضانات، يمكن أن ييسر تطبيق الحلول الملائمة المستمدة من الطبيعة للحد من خسائر الفيضانات، بل وأخطارها، وهو الأهم.

ولا تقتصر حالات الجفاف على المناطق الجافة، كما بصور الأمر أحياناً، بل يمكن أيضاً أن تكون مصدراً لخطر وقوع الكوارث في مناطق لا تعاني بطبيعتها من ندرة المياه. ومزيج الحلول المستمدة من الطبيعة الذي يُستخدم للتخفيف من الجفاف هو أساساً المزيج نفسه المتعلق بتوافر المياه، والهدف منه هو تحسين سعة تخزين المياه في المسطحات الطبيعية، بما في ذلك التربة بأنواعها والمياه الجوفية، باعتبار ذلك ضماناً لمواجهة فترات الندرة الشديدة. ويهيئ التقلب الفصلي في هطول الأمطار الفرص لتخزين المياه في المسطحات الطبيعية من أجل توفير المياه للنظم الإيكولوجية والناس خلال الفترات الأكثر جفافاً. وما زالت إمكانات التخزين الطبيعي للمياه (وبخاصة تحت السطح، في طبقات المياه الجوفية) للحد من خطر الكوارث أبعد ما تكون عن التفعيل. وبالتالي، ينبغي النظر، عند التخطيط للتخزين

الاستجابات - تهيئة الأوضاع التمكينية لتعجيل الأخذ بالحلول المستمدة من الطبيعة

تشمل الاستجابات المطلوبة لهذه التحديات أساساً تهيئة الأوضاع التي تمكن من النظر في الحلول المستمدة من الطبيعة على قدم المساواة جنباً إلى جنب مع الخيارات الأخرى المتاحة لإدارة موارد المياه.

تعبئة التمويل

لا تتطلب الحلول المستمدة من الطبيعة بالضرورة موارد مالية إضافية ولكنها تنطوي عادة على إعادة توجيه التمويل الموجود واستخدامه على نحو أكثر فعالية. ويجري تعبئة الاستثمارات في البنى التحتية المراعية للبيئة بفضل تزايد الاعتراف بقدرة خدمات النظم الإيكولوجية على تقديم حلول على نطاق النظام تجعل الاستثمارات أكثر استدامة وفعالية من حيث التكلفة بمرور الوقت. وكثيراً ما لا تجري مراعاة هذه العوامل الخارجية الإيجابية في عمليات تقييم عوائد الاستثمارات الموجّهة للحلول المستمدة من الطبيعة، كذلك لا تأخذ عادة العوائد المتأتية من البنى التحتية الرامدية في الاعتبار جميع العوامل الخارجية البيئية والاجتماعية السلبية.

ويوفر دفع مقابل لمشروعات الخدمات البيئية حوافز نقدية وغير نقدية تدفع الجهات المنتجة من المجتمعات المحلية والمزارعين وملاك الأراضي الخاصة إلى حماية النظم الإيكولوجية الطبيعية وإصلاحها وحفظها واعتماد الممارسات المستدامة في مجال الزراعة وغيرها من الممارسات المتعلقة باستخدام الأراضي. وتولد هذه الإجراءات منافع مستخدمى المياه في المراحل النهائية في شكل تنظيم المياه ومكافحة الفيضانات والتعرية والتحكم في الرواسب، في جملة أمور أخرى، مما يكفل من ثم إمدادات مستمرة عالية الجودة من المياه ويساعد على الحد من تكاليف معالجة المياه وصيانة المعدات.

ويدل سوق "السندات الخضراء" الناشئ على وجود إمكانات واعدة فيما يتعلق بتعبئة التمويل من أجل الحلول المستمدة من الطبيعة، ويوضح بوجه خاص أن هذه الحلول يمكن أن يكون أدائها جيداً عند تقييمها باستخدام المعايير الموحدة الصارمة لأداء الاستثمارات. ويمكن أيضاً مواصلة حفز القطاع الخاص وتوجيهه إلى تشجيع الحلول المستمدة من الطبيعة في المجالات التي يعمل فيها. ومن شأن بناء الخبرة الفنية الداخلية والوعي بفعالية هذه الحلول داخل المؤسسات أن ييسر ذلك.

ويمثل تحويل السياسات العامة الزراعية مساراً هاماً لتمويل زيادة الأخذ بالحلول المستمدة من الطبيعة. ويتطلب ذلك التغلب على الواقع المتمثل في أن الغالبية الساحقة من الإعانات الزراعية، وربما غالبية التمويل العام وجميع استثمارات القطاع الخاص في البحث والتطوير الزراعي تقريباً، تدعم تكثيف الزراعة التقليدية، مما يزيد انعدام الأمن المائي. فتعميم مفهوم التكثيف الإيكولوجي المستدام للإنتاج الزراعي، الذي ينطوي أساساً على نشر الحلول المستمدة من الطبيعة (كالأساليب المحسّنة لإدارة التربة والمساحات الطبيعية، مثلاً)، ليس مجرد الطريقة المعترف بها للمضي قدماً في تحقيق الأمن الغذائي فحسب، بل إنه قد يمثل كذلك إنجازاً كبيراً في تمويل الحلول المستمدة من الطبيعة في مجال المياه.

عدم الفهم لكيفية تحقيق التكامل بين البنى التحتية المراعية للبيئة والرامدية على نطاق واسع، وعدم القدرة بوجه عام على تطبيق الحلول المستمدة من الطبيعة في سياق المياه. وما زالت الأساطير و/أو الشكوك تثار بشأن أداء البنى التحتية الطبيعية أو المراعية للبيئة، وبشأن ما يمكن أن تعنيه خدمات النظم الإيكولوجية من الوجهة العملية. يضاف إلى ذلك أن ماهية الحل المستمد من الطبيعة لا تكون واضحة تماماً في بعض الأحيان. وهناك نقص في التوجيه الفني والأدوات والنهوج اللازمة لتحديد المزيج الصحيح من الحلول المستمدة من الطبيعة وخيارات البنى التحتية الرامدية. وفهم الوظائف الهيدرولوجية للنظم الإيكولوجية الطبيعية، كالأراضي الرطبة والسهول الفيضية، أقل من فهم الوظائف التي توفرها البنى التحتية الرامدية. وبالتالي، فإن الحلول المستمدة من الطبيعة تُغفل حتى بدرجة أكبر في تقييم السياسات وفي تخطيط وإدارة الموارد الطبيعية والتنمية. وتتفاقم هذه الحالة جزئياً بفعل عدم كفاية البحث والتطوير في مجال الحلول المستمدة من الطبيعة، وبصفة خاصة بفعل انعدام عمليات التقييم المحايدة والقوية للخبرة الراهنة في هذا المجال، ولا سيما من حيث أدائها الهيدرولوجي، وتحليلات التكاليف والعوائد مقارنةً بالحلول الرامدية أو بالاقتران معها.

وهناك حدود لما يمكن أن تحققه النظم الإيكولوجية، ويلزم التعرف على تلك الحدود على نحو أفضل. فعلى سبيل المثال، توضع نظريات جيدة بشأن "نقطة التحول"، التي بعدها يصبح التغير السلبي في النظام الإيكولوجي غير قابل للرجوع عنه، ولكن نادراً ما يتم قياسها. ولذلك فمن الضروري الاعتراف بضعف قدرة النظم الإيكولوجية على التحمل وتحديد العتبات التي تؤدي عندها أي ضغوط إضافية (على سبيل المثال، إضافة ملوثات أو مواد سامة) إلى ضرر للنظام الإيكولوجي لا رجعة فيه.

ويدعو ارتفاع درجة التباين في آثار النظم الإيكولوجية على الهيدرولوجيا (تبعاً لنوع النظام الإيكولوجي أو نوعه الفرعي، والموقع، والحالة، والمناخ، والإدارة) إلى الحذر لتفادي الفرضيات التعميمية بشأن الحلول المستمدة من الطبيعة. فعلى سبيل المثال، يمكن أن تزيد الأشجار إعادة تغذية المياه الجوفية أو تقللها وفقاً لنوع الأشجار وكثافتها وموقعها وحجمها وعمرها. فالنظم الطبيعية ديناميكية وتتغير أدوارها وآثارها بمرور الزمن.

ومن الفرضيات التي كثيراً ما تتسم بالمبالغة بشأن الحلول المستمدة من الطبيعة أنها "فعالة من حيث التكلفة"، بينما ينبغي إثبات ذلك من خلال عملية تقييم، تشمل النظر في المنافع المشتركة. فرغم أن بعض تطبيقات الحلول المستمدة من الطبيعة على نطاق صغير قد تكون منخفضة أو عديمة التكلفة، فإن بعض التطبيقات، لا سيما المستخدمة على نطاق واسع، يمكن أن تتطلب استثمارات كبيرة. ويمكن أن تتفاوت تكاليف إصلاح النظام الإيكولوجي، على سبيل المثال، تفاوتاً كبيراً من بضع مئات إلى عدة ملايين من الدولارات الأمريكية للهكتار الواحد. والمعرفة بخصائص الموقع المعنى لدى النشر الميداني للحلول المستمدة من الطبيعة ضرورية ولكنها كثيراً ما تكون قاصرة. والآن بعد أن زاد الاهتمام بهذه الحلول، إذا أُريد عدم تبديد هذا الزخم الجديد، يلزم أن يزيد العاملون في هذا المجال بدرجة كبيرة المعارف اللازمة لدعم اتخاذ القرارات وتجنب المبالغة بشأن أداء الحلول المستمدة من الطبيعة.

وتقييم المنافع المشتركة للحلول المستمدة من الطبيعة (من خلال تحليل أكثر شمولاً للفعالية من حيث التكلفة) خطوة لا غنى عنها في تحقيق كفاءة الاستثمارات والاستفادة من الموارد المالية عبر قطاعات متعددة. ويلزم في تقييم خيارات الاستثمار إدخال جميع المنافع في الحساب، وليس فقط مجموعة ضيقة من النتائج الهيدرولوجية. ورغم أن هذا يتطلب اتباع نهج منظم تفصيلي، فإن الشواهد تدل على أن ذلك سيؤدي إلى تحسينات كبيرة في اتخاذ القرارات والأداء العام للنظام.

تهيئة بيئة تنظيمية وقانونية تمكينية

أعدت الغالبية العظمى من البيئات التنظيمية والقانونية الحالية لإدارة المياه مع وضع النهج الخاصة بالبنى التحتية الرمادية في الاعتبار إلى حد بعيد. ونتيجة لذلك، يمكن أن يكون من الصعب في كثير من الأحيان إعادة تهيئة الحلول المستمدة من الطبيعة لتتلاءم مع الإطار القائم. غير أن من الممكن تحقيق الكثير بزيادة الفعالية في تعزيز هذه الحلول من خلال الأطر القائمة، بدلاً من توقع تغييرات جذرية في اللوائح التنظيمية. وفي الأماكن التي لا توجد فيها بعد تشريعات تمكينية يمكن، كخطوة أولى مفيدة في هذه العملية، تحديد الموضع الذي تدعم فيه الحلول المستمدة من الطبيعة نهج التخطيط الحالية والكيفية التي يتم بها ذلك على مختلف المستويات.

والتشريعات الوطنية لتيسير تنفيذ الحلول المستمدة من الطبيعة على الصعيد المحلي لها أهمية بالغة بوجه خاص. وقد اعتمد عدد صغير، ولكنه متزايد، من البلدان أطراً تنظيمية لتعزيز الحلول المستمدة من الطبيعة على الصعيد الوطني. ففي برونو، على سبيل المثال، اعتمد إطار قانوني لتنظيم الاستثمار في البنى التحتية المراعية للبيئة ورصده. ويمكن للأطر الإقليمية أيضاً أن تحفز على التغيير. فعلى سبيل المثال، زاد الاتحاد الأوروبي إلى حد بعيد الفرص المتاحة لنشر الحلول المستمدة من الطبيعة من خلال الموازنة بين تشريعاته وسياساته المتعلقة بالزراعة والموارد المائية والبيئة.

وعلى الصعيد العالمي، تتيح الحلول المستمدة من الطبيعة للدول الأعضاء وسيلة للاستجابة لمختلف الاتفاقات البيئية المتعددة الأطراف واستخدامها (وخاصة اتفاقية التنوع البيولوجي، واتفاقية الأمم المتحدة الإطارية بشأن تغير المناخ، واتفاقية رامسار بشأن الأراضي الرطبة، وإطار سنداي للحد من مخاطر الكوارث، والأطر المتفق عليها للأمن الغذائي واتفاق باريس بشأن تغير المناخ) مع تلبية الضرورات الاقتصادية والاجتماعية في الوقت ذاته. ومن الأطر الشاملة لتعزيز الحلول المستمدة من الطبيعة خطة التنمية المستدامة لعام 2030 وأهداف التنمية المستدامة الواردة بها.

تحسين التعاون بين جميع القطاعات

يمكن أن تتطلب الحلول المستمدة من الطبيعة مستويات للتعاون بين القطاعات والمؤسسات أكبر كثيراً مما تتطلبه النهج المتبعة في البنى التحتية الرمادية، وخاصة عند تطبيقها على نطاق المسطحات الطبيعية. غير أن هذا يمكن أيضاً أن يفتح باب الفرص للجمع بين تلك المجموعات معاً في إطار نهج أو برنامج مشترك.

وفي كثير من البلدان، لا يزال مشهد السياسات مجزأ للغاية. ويمثل تنسيق السياسات على نحو أفضل عبر البرامج الاقتصادية والبيئية والاجتماعية مطلباً عاماً في حد ذاته. والحلول المستمدة من الطبيعة ليست مجرد مستفيدة من هذا التنسيق وإنما هي أيضاً وسيلة لتحقيقه، بسبب قدرتها على تقديم منافع مشتركة متعددة، وفي كثير من الأحيان

ذات أهمية تتجاوز مجرد النتائج الهيدرولوجية. ويمكن للتكليفات الواضحة من أعلى مستوى للسياسات العامة أن تعجل كثيراً بالأخذ بهذه الحلول المستمدة من الطبيعة وأن تشجع على توثيق التعاون بين القطاعات.

تحسين قاعدة المعارف

يمثل تحسين قاعدة المعارف المتعلقة بالحلول المستمدة من الطبيعة، بما في ذلك من خلال العلوم الدقيقة في بعض الحالات، مطلباً شاملاً ضرورياً. فوجود أدلة ثابتة يساعد على إقناع صناع القرار بجدوى الحلول المستمدة من الطبيعة. ومن الشواغل التي تثار كثيراً، على سبيل المثال، أن هذه الحلول تستغرق وقتاً طويلاً لتحقيق تأثيرها، مما يعني أن البنى التحتية الرمادية تكون أسرع. غير أن الشواهد تدل على أن هذا ليس صحيحاً بالضرورة وأن الوقت اللازم لظهور المنافع يمكن مقارنته بالحلول القائمة على البنى التحتية الرمادية.

ويمكن للمعارف التقليدية أو الموجودة لدى المجتمعات المحلية عن أداء النظم الإيكولوجية والتفاعل بين الطبيعة والمجتمع أن تمثل موارد هامة. ويلزم النهوض بدمج هذه المعارف في عمليات التقييم واتخاذ القرار.

ومن الاستجابات ذات الأولوية وضع وتنفيذ معايير موحدة يمكن على أساسها تقييم الحلول المستمدة من الطبيعة والخيارات الأخرى لإدارة الموارد المائية. ويمكن وضع معايير عامة مشتركة لتقييم خيارات إدارة الموارد المائية (على سبيل المثال، تقييم الحلول المراعية للبيئة مقارنة بالحلول الرمادية) على أساس كل حالة على حدة. ومن الشروط الرئيسية لذلك إدراج جميع المنافع الهيدرولوجية والمنافع المشتركة الأخرى والمجموعة الكاملة لتكاليف خدمات النظم الإيكولوجية وفوائدها (لكل خيار من الخيارات). وسوف يقتضي هذا بدوره بناء توافق في الآراء بين مختلف الفئات صاحبة المصلحة المعنية.

الإسهامات المحتملة للحلول المستمدة من الطبيعة

لإدارة المياه في تنفيذ خطة التنمية المستدامة لعام 2030

تنطوي الحلول المستمدة من الطبيعة على إمكانات كبيرة للمساهمة في تحقيق معظم غايات الهدف 6 من أهداف التنمية المستدامة (المتعلق بالمياه). وترجم هذه المساهمة إلى تأثيرات إيجابية مباشرة وملفتة للنظر على أهداف التنمية المستدامة الأخرى في المجالات التي تتعلق بالأمن المائي لدعم الزراعة المستدامة (الهدف 2 من أهداف التنمية المستدامة، وبصفة خاصة الغاية 2-4)، والحياة الصحية (الهدف 3 من أهداف التنمية المستدامة)، وبناء بنى تحتية قادرة على الصمود (فيما يتعلق بالمياه) (الهدف 9 من أهداف التنمية المستدامة)، والمستوطنات الحضرية المستدامة (الهدف 11 من أهداف التنمية المستدامة) والحد من مخاطر الكوارث (الهدف 11 من أهداف التنمية المستدامة، والهدف 13 فيما يتصل بتغير المناخ).

وتتسم المنافع المشتركة للحلول المستمدة من الطبيعة بأهمية كبيرة فيما يتعلق بأهداف التنمية المستدامة المرتبطة بالنظم الإيكولوجية/بالبيئة، بما في ذلك الحد من الضغوط التي يفرضها استخدام الأراضي على المناطق الساحلية والمحيطات (الهدف 14 من أهداف التنمية المستدامة) وحماية النظم الإيكولوجية والتنوع البيولوجي (الهدف 15 من أهداف التنمية المستدامة). وهناك بعض المجالات الأخرى التي تنتج فيها المنافع المشتركة لهذه الحلول مزايا قيمة للغاية من حيث تحقيق أهداف التنمية

المستدامة، وهي تشمل جوانب أخرى للزراعة، هي: الطاقة، والنمو الاقتصادي الشامل للجميع والمستدام، والعمالة الكاملة والمنتجة، والعمل اللائق للجميع؛ وجعل المدن والمستوطنات البشرية شاملة للجميع، ومأمونة، ومرنة، ومستدامة؛ وكفالة استدامة أنماط الاستهلاك والإنتاج؛ ومكافحة تغير المناخ وآثاره.

العمل في المستقبل

لزيادة نشر الحلول المستمدة من الطبيعة أهمية محورية في مواجهة التحديات الرئيسية المعاصرة لإدارة موارد المياه المتمثلة في إدامة وتحسين توافر المياه وجودتها، مع الحد من المخاطر المرتبطة بالمياه في الوقت ذاته. وبدون الإسراع في الأخذ بهذه الحلول، سيستمر الأمن المائي في التراجع، وقد يحدث ذلك بخطوات سريعة. فهذه الحلول تتيح وسيلة حيوية لتجاوز أسلوب الاستمرار في العمل كالمعتاد. غير أن ضرورة زيادة نشر الحلول المستمدة من الطبيعة والفرص المتاحة لذلك ما زالت لا تحظى بالتقدير الكافي.

ودائماً ما تدعو التقارير العالمية عن تنمية الموارد المائية إلى إحداث تغيير تحويلي في الكيفية التي تدار بها المياه. ويعزز نقص الاعتراف بالأدوار التي تقوم بها النظم الإيكولوجية في إدارة المياه ضرورة التغيير التحويلي، الذي تتيح زيادة الإقبال على الحلول المستمدة من الطبيعة وسيلة لتحقيقه. ولم يعد من الممكن أن يظل هذا التغيير التحويلي مجرد أمل، بل يلزم التعجيل سريعاً بالتحول، وأهم من ذلك، يلزم ترجمة هذا التحول إلى سياسات عامة مفعلة تفعل ككاملاً، إلى جانب تحسين الإجراءات على صعيد المواقع. ويلزم أن يتمثل الهدف في تقليل التكاليف والمخاطر إلى أدنى حد، وتحقيق أقصى قدر من عوائد النظم وقوتها، مع توفير أداء أمثل من حيث ضمان "الصلاحية للاستخدام" في الوقت نفسه. وينبغي أن تضطلع السياسة العامة بدور في التمكين من اتخاذ القرارات السليمة على مستوى المواقع فيما يتعلق بهذه الأمور. وقد بدأنا بداية جيدة، ولو أنها متأخرة بعض الشيء، في هذه العملية، ولكن الطريق أمامنا لا يزال طويلاً.

الخاتمة

في الوقت الذي ترسم فيه البشرية مسارها خلال حقبة الأنثروبوسين، وتحاول أن تتجنب مآسي الماضي، لا يكون اعتماد الحلول المستمدة من الطبيعة مجرد أمر ضروري لتحسين نتائج الإدارة المائية وتحقيق الأمن المائي فحسب، بل هو عنصر حيوي لضمان توفير المنافع المشتركة اللازمة لجميع جوانب التنمية المستدامة. وبالرغم من أن الحلول المستمدة من الطبيعة ليست علاجاً لجميع المشاكل، فإنها ستؤدي دوراً لا غنى عنه في بناء مستقبل أفضل وأكثر إشراقاً وأماناً وإنصافاً للجميع.

المقدمة

حالة الموارد المائية في سياق الحلول
المستمدة من الطبيعة



ما زالت الاتجاهات الحالية في حالة الموارد المائية إلى حد بعيد على حالها عندما جرى تقييمها وتحديثها في التقارير العالمية السابقة عن تنمية الموارد المائية. ولا يزال العالم يواجه تحديات متعددة ومعقدة في مجال المياه من المتوقع أن تزداد حدة في المستقبل. وتتوسع هذه المقدمة في جانبين من جوانب هذه التحديات المتعلقة بالموارد المائية يتسمان بأهمية خاصة للحلول المستمدة من الطبيعة. فهي تشمل، أولاً، تقييماً على المستوى العالمي للحالة والاتجاهات الراهنة في الطلب على المياه وتوافرها، والظواهر المتطرفة المتعلقة بالمياه وجودة المياه، مع التسليم بأن الإدارة المستدامة للغذاء والطاقة والمياه مترابطة ترابطاً شديداً وأن هذه الروابط يلزم تقييمها. وثانياً، تصف المقدمة كيف تبين آثار التغير في النظام الإيكولوجي على موارد المياه بوضوح ضرورة إدراج النظم الإيكولوجية في هذا الترابط بين الغذاء-الطاقة-المياه.

الطلب على المياه

لقد زاد الاستخدام العالمي للمياه ستة أمثال خلال المائة سنة الماضية. (Wada et al., 2016) وهو مستمر في الزيادة باطراد بمعدل زهاء 1 في المائة سنوياً (نظام المعلومات المتعلقة بالمياه والزراعة، بدون تاريخ). ومن المتوقع أن يستمر استخدام المياه في الزيادة على الصعيد العالمي، نتيجة للنمو السكاني والتنمية الاقتصادية وأنماط الاستهلاك المتغيرة، من بين عوامل أخرى.

ومن المتوقع أن يزيد عدد سكان العالم من 7.7 مليارات نسمة في عام 2017 إلى ما بين 9.4 و10.2 مليارات نسمة بحلول عام 2050، وأن يعيش ثلثا السكان في المدن. ويُنتظر أن يحدث أكثر من نصف هذا النمو المتوقع في أفريقيا (بزيادة +1.3 مليار نسمة)، ويُتوقع أن تكون آسيا (+0.75 مليار) ثاني أكبر مساهم في النمو السكاني في المستقبل (UNDESA, 2017). وخلال الفترة نفسها (2017-2050)، من المتوقع أن يزيد الناتج المحلي الإجمالي العالمي مرتين ونصف (OECD, n.d.)، مع اختلافات كبيرة فيما بين البلدان ودخلها. ومن المتوقع أن يزيد الطلب العالمي على الإنتاج الزراعي وإنتاج الطاقة (بصفة رئيسية الأغذية والكهرباء)، وكلاهما كثيف الاستخدام للمياه، بنسبة 60 في المائة و80 في المائة تقريباً، على التوالي، بحلول عام 2025 (Alexandratos and Bruinsma, 2012; OECD, 2012). وفي الوقت ذاته، تزداد الدورة المائية العالمية كثافة بسبب الاحترار العالمي، بحيث تزداد رطوبة المناطق الأكثر رطوبة ويزداد جفاف المناطق الأكثر جفافاً





سوف يستمر الطلب العالمي على المياه في النمو بدرجة كبيرة خلال العقدين القادمين

(IPCC, 2014). وتوضح هذا الجوانب من التغير العالمي ضرورة التخطيط للإدارة والتدابير المضادة الاستراتيجية والمعقولة والفعالة في مواجهة تدهور الأمن المائي¹ وتنفيذها على وجه السرعة (Burek et al., 2016).

ويقدر الطلب العالمي على المياه في الوقت الحاضر بزهاء 4 600 كم³ في السنة ومن المتوقع أن يزيد بنسبة تتراوح بين 20 و30 في المائة ليصل إلى ما بين 5 500 و6 000 كم³ في السنة بحلول عام 2050 (Burek et al., 2016). غير أن، "التقديرات على النطاق العالمي معقدة بسبب قلة البيانات القائمة على الملاحظة المتاحة وتفاعلات مجموعة من العوامل البيئية والاجتماعية والاقتصادية والسياسية الهامة، من قبيل تغير المناخ والنمو السكاني وتغير استخدام الأراضي والعمالة والتنمية الاقتصادية والابتكار التكنولوجي والاستقرار السياسي ومدى التعاون الدولي على الصعيد العالمي. وبسبب هذه الترابطات، فإن إدارة المياه على الصعيد المحلي تترتب عليها آثار عالمية، وتترتب على التطورات العالمية آثار محلية". (Wada et al., 2016, p. 176).

وتستأثر الزراعة بنحو 70 في المائة من كميات سحب المياه على الصعيد العالمي، التي تستخدم الغالبية العظمى منها لأغراض الري. ومع ذلك فإن التقديرات العالمية للطلب السنوي على مياه الري يكتنفها عدم اليقين. ولا يُعزى هذا إلى نقص الرصد والإبلاغ بشأن المياه المستخدمة في الري فحسب، وإنما أيضاً إلى التقلب المتأصل في طابع هذه الممارسة ذاتها. فكميات المياه المستخدمة للري في أي وقت معين تتفاوت بتفاوت المحاصيل ومواسم نموها المختلفة، وتعتمد أيضاً على ممارسات الزراعة والتنوع في التربة المحلية والظروف المناخية، ناهيك عن أي تغيرات في مساحة الأرض المجهزة للري. ولكفاءة مختلف أساليب الري أيضاً تأثير مباشر على استخدام المياه بوجه عام. وهذا هو ما يجعل التكهن بالطلب على المياه لأغراض الري في المستقبل بهذه الدرجة من الصعوبة. فعلى سبيل المثال، بينما يتوقع بوريك وآخرون (2016) أن تتراوح الزيادات في الاحتياجات العالمية من المياه لري المحاصيل لعام 2050 بين 23 في المائة و42 في المائة تقريباً فوق المستوى في عام 2010، قدّرت منظمة الأغذية والزراعة للأمم المتحدة (FAO, 2011a) الزيادة بنسبة 5.5 في المائة في

الكميات المسحوبة من المياه لأغراض الري من عام 2008 إلى عام 2050. وبعد أن ذكرت منظمة التعاون والتنمية في الميدان الاقتصادي (OECD, 2012) الزيادات المتوقعة في كفاءة مياه الري، تنبأت بحدوث انخفاض طفيف في استخدام المياه لأغراض الري خلال الفترة 2000-2050.

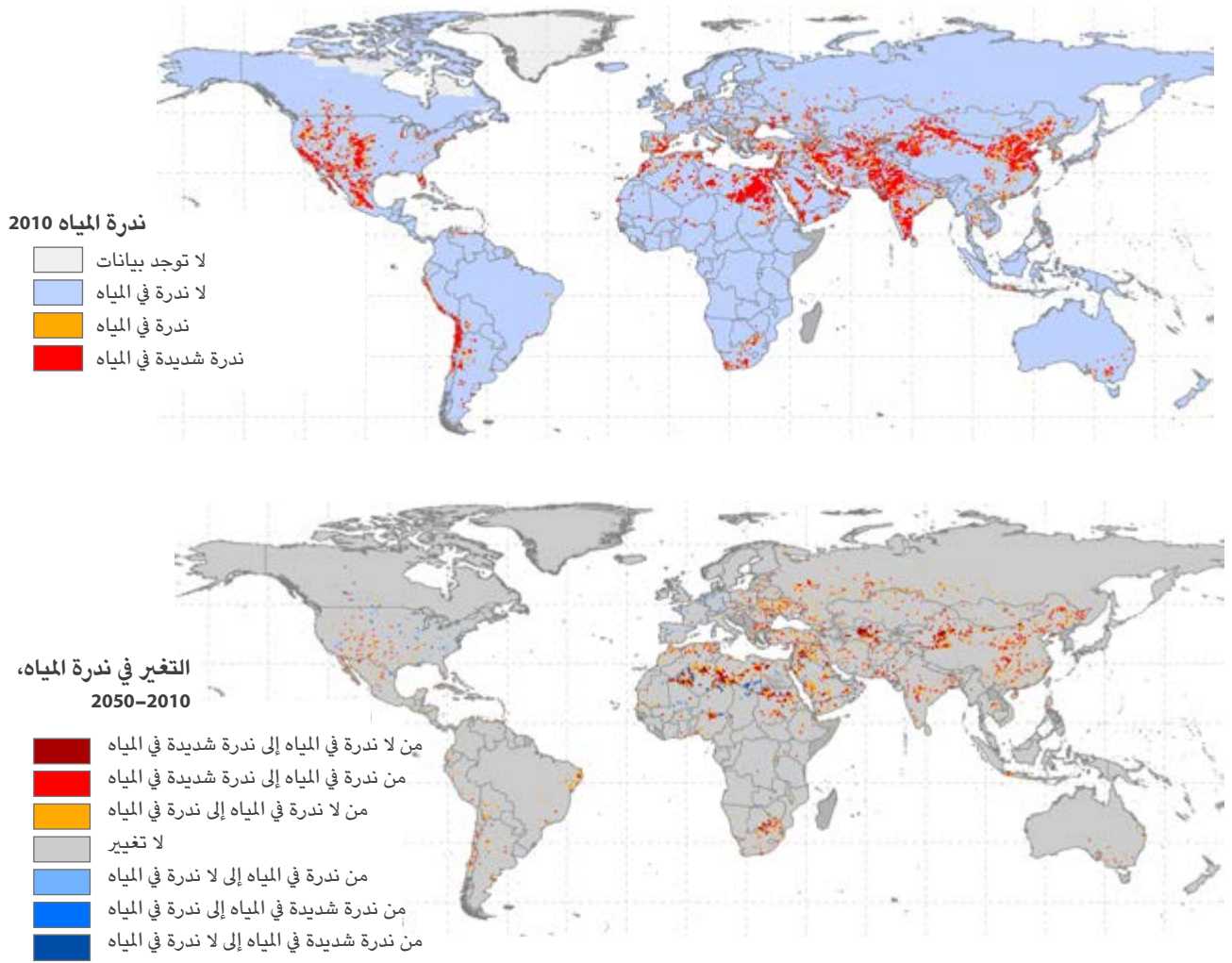
وبغض النظر عن أي زيادة في الطلب على المياه لأغراض الزراعة، فإن تلبية الزيادة المقدرة بنسبة 60 في المائة في الطلب على الغذاء سوف تتطلب التوسع في الأراضي الصالحة للزراعة في إطار العمل كالمعتاد. وبموجب ممارسات الإدارة السائدة، ينطوي تكثيف الإنتاج على زيادة في اضطراب التربة بسبب الآلات وفي المدخلات من الكيماويات الزراعية والطاقة والمياه. وتمثل هذه العوامل المترتبة بنظم الغذاء نسبة 70 في المائة من الخسارة المتوقعة في التنوع البيولوجي الأرضي بحلول عام 2050 (Leadley et al., 2014). غير أن هذه الآثار، بما في ذلك المتطلبات من الأراضي والمياه الإضافية يمكن تفاديها إلى حد بعيد إذا استند التكثيف الإضافي للإنتاج الزراعي إلى تكثيف إيكولوجي يشمل تحسين خدمات النظم الإيكولوجية للحد من المدخلات الخارجية (FAO, 2011b).

واستخدام الصناعة للمياه، الذي يمثل نسبة 20 في المائة تقريباً من كميات السحب العالمية، يهيمن عليه إنتاج الطاقة، المسؤول عن قرابة 75 في المائة، حيث تستخدم نسبة 25 في المائة المتبقية من كميات المياه المسحوبة للصناعة في أغراض التصنيع (WWAP, 2014). وتشير توقعات بوريك وآخرين (2016) إلى أن الطلب الكلي على المياه من الصناعة سيزيد في جميع مناطق العالم، باستثناء أمريكا الشمالية وأوروبا الغربية وجنوب أوروبا. ويمكن أن يزيد الطلب الصناعي بما يصل إلى ثمانية أضعاف (من حيث القيمة النسبية) في مناطق مثل الغرب والوسط والشرق والجنوب الأفريقي، التي تمثل الصناعات فيها حالياً نسبة صغيرة للغاية من مجموع استخدام المياه. ومن شأن الطلب الصناعي أيضاً أن يزيد زيادة كبيرة (بما يصل إلى مرتين ونصف) في جنوب ووسط وشرق آسيا (Burek et al., 2016). ووفقاً لمنظمة التعاون والتنمية في الميدان الاقتصادي (2012)، يُتوقع أن يزيد الطلب على المياه لأغراض التصنيع بنسبة 400 في المائة خلال الفترة 2000-2050. وقد أشارت التوقعات إلى ارتفاع كميات سحب المياه لإنتاج الطاقة على الصعيد العالمي بمقدار الخمس خلال الفترة 2010-2035، في حين سيرتفع استهلاك المياه بنسبة 85 في المائة مدفوعاً بالتحول إلى محطات الطاقة الأكثر كفاءة التي تستخدم نظم تبريد أكثر تقدماً (تقلل الكميات المسحوبة من المياه ولكنها تزيد الاستهلاك) وزيادة إنتاج أنواع الوقود الأحفوري (IEA, 2012). ويشير شاتورفيدي وآخرون (2013) إلى أن قصر إنتاج الطاقة الأحفورية على الأراضي الزراعية الهامشية أو المهجورة غير المروية قد يخفف من الآثار السلبية على إنتاج الغذاء وأسعاره واستخدام المياه والتنوع البيولوجي.

ومن المتوقع أن يزيد استخدام المياه للأغراض المنزلية، الذي يمثل تقريباً نسبة 10 في المائة المتبقية من كميات سحب المياه على الصعيد العالمي، زيادة كبيرة خلال الفترة 2010-2050 في جميع مناطق العالم تقريباً، فيما عدا أوروبا الغربية التي سيظل فيها ثابتاً. ويُنتظر أن تحدث أكبر الزيادات في الطلب المنزلي، نسبياً، في المناطق دون الإقليمية الأفريقية والآسيوية حيث يمكن أن تصبح أكثر من ثلاثة أمثالها، وقد تتضاعف أكثر من مئتين في أمريكا الوسطى والجنوبية (Burek et al., 2016). ويمكن أن يُعزى هذا النمو المتوقع بصفة رئيسية إلى زيادة متوقعة في خدمات الإمداد بالمياه في المستوطنات الحضرية.

¹ يعرف الأمن المائي بأنه "قدرة السكان على ضمان الوصول المستدام إلى كميات كافية من المياه ذات الجودة المقبولة من أجل الحفاظ على سبل العيش ورفاه الإنسان والتنمية الاجتماعية والاقتصادية، ولكفالة الحماية من التلوث الناجم عن المياه والكوارث المتعلقة بالمياه، ولحفظ النظم الإيكولوجية في مناخ يسوده السلام والاستقرار السياسي" (UN-Water, 2013).

الشكل 1 الندرة المادية في المياه في عام 2010 (الشكل العلوي) والتغير المتوقع في ندرة المياه* بحلول عام 2050 (الشكل السفلي) استناداً إلى سيناريو منتصف الطريق**



* تعتبر المناطق نادرة المياه عندما يتراوح إجمالي السحوبات للاستخدام البشري بين 20 و40 في المائة من مجموع الموارد المائية السطحية المتجددة، وشديدة الندرة في المياه عندما تتجاوز السحوبات نسبة 40 في المائة.

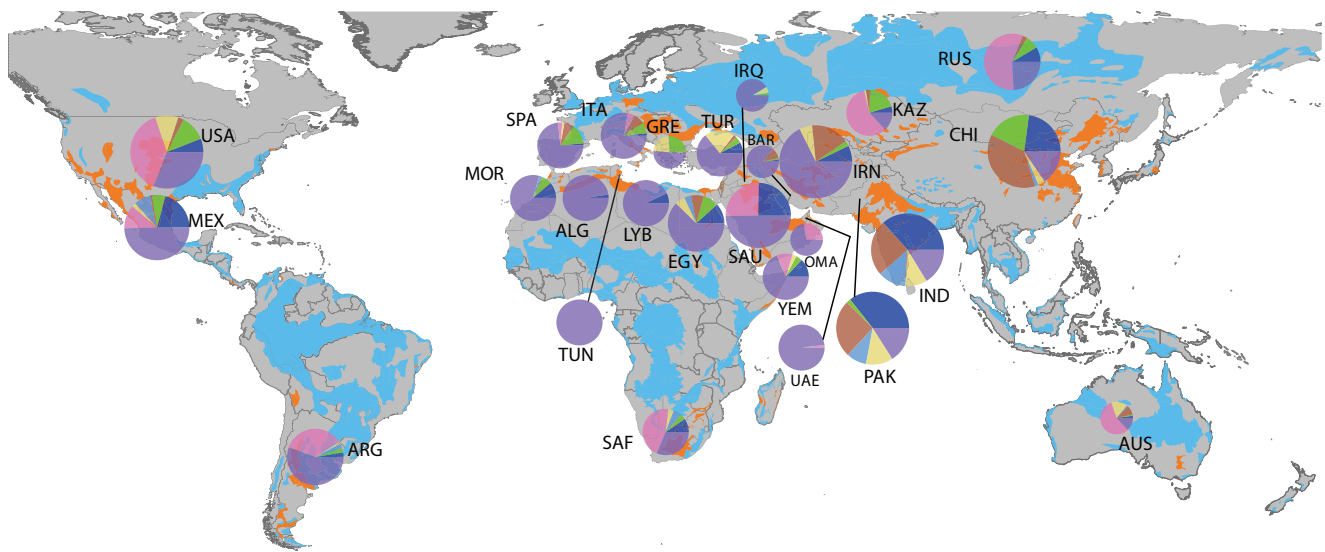
** السيناريوهات المستخدمة في عملية النمذجة هذه مبنية على "المسارات الاجتماعية الاقتصادية المشتركة الممتدة للمياه". ويفترض سيناريو منتصف الطريق أن التنمية العالمية تتقدم على امتداد الاتجاهات والنماذج الماضية، بحيث أن الاتجاهات الاجتماعية والاقتصادية والتكنولوجية لا تتغير بدرجة ملحوظة عن الأنماط التاريخية (أي، العمل كالمعتاد).

المصدر: Burek et al. (2016, fig. 4-39, p. 65).

توافر المياه

من شأن موارد المياه السطحية المتاحة على صعيد القارات أن تظل ثابتة نسبياً بعكس النمو في عدد السكان أو الناتج المحلي الإجمالي أو الطلب على المياه. وعلى الصعيد دون الإقليمي، سيكون أي تغيير صغيراً، يتفاوت من -5 إلى +5 في المائة، بسبب تأثيرات تغير المناخ، ولكن التغييرات يمكن أن تكون أشد وضوحاً بكثير على الصعيد القطري (Burek et al., 2016). وكثير من البلدان تمر حالياً بالفعل بظروف تتسم بالندرة الشاملة في المياه ومن المحتمل أن تضطر إلى التعامل مع انخفاض توافر الموارد المائية السطحية في فترة الخمسينات (الشكل 1). وفي الوقت الراهن، تكاد تكون جميع البلدان في نطاق يمتد من زهاء 10 درجات إلى 40 درجة شمالاً، من المكسيك إلى الصين ومن ثم إلى جنوب أوروبا متأثرة بندرة المياه، إلى جانب أستراليا وغرب أمريكا الجنوبية والجنوب الأفريقي في نصف الكرة الجنوبي

ومجمل القول أن الطلب العالمي على المياه سوف يواصل النمو ملحوظاً خلال العقود القادمة. ومن المحتمل أن ينمو الطلب الصناعي والمنزلي على المياه بمعدل أسرع كثيراً من الطلب الزراعي، رغم أن الزراعة ستظل أكبر مستخدم بوجه عام. وتنبأ روزغرانت وآخرون (2002) بأن النمو المطلق في الطلب غير الزراعي على المياه سيتجاوز "لأول مرة في تاريخ العالم" النمو في الطلب الزراعي، مما ينتج عنه انخفاض حصة الزراعة من إجمالي استهلاك المياه في البلدان النامية من 86 في المائة في عام 1995 إلى 76 في المائة في عام 2025. وتبرز هذه التوقعات أهمية التصدي للتحديات المائية التي تواجه الزراعة في الأماكن التي يُنتظر أن يزيد فيها الطلب الزراعي على المياه والتنافس عليها. وستكون الخيارات المعتمدة للتنمية الزراعية هي العامل الأكثر حسماً في تحديد مستقبل الأمن المائي في الزراعة والقطاعات الأخرى.



استنفاد المياه الجوفية لأغراض الري

مؤشر إجهاد المياه الجوفية*



30 < كم³ سنة⁻¹
30-10 كم³ سنة⁻¹
10-2 كم³ سنة⁻¹
1 > كم³ سنة⁻¹
1 > كم³ سنة⁻¹

1 <
1 >

* مؤشر إجهاد المياه الجوفية هو النسبة المحسوبة لبصمة المياه الجوفية (وتعرّف رسمياً أكثر بأنها $GF = A[C/(R - E)]$ ، حيث C و R و E تمثل، على التوالي، متوسط السحب السنوي من المياه الجوفية للمنطقة، ومعدل إعادة التغذية، ومساهمة المياه الجوفية في الجاري المائية البيئية، و A تمثل امتداد مساحة أي منطقة معينة يمكن فيها تحديد R و C إلى مساحة الخزان الجوفي (AA). وتدل النسبة $GF/AA > 1$ على المناطق التي يمكن أن يؤثر فيها الاستهلاك غير المستدام للمياه الجوفية على توافر المياه الجوفية والمياه السطحية والنظم الإيكولوجية المعتمدة على المياه الجوفية.

ملاحظة: تبين الرسوم البيانية الدائرية الأجزاء التي يستنفدها ري المحاصيل الرئيسية من المياه الجوفية بحسب البلد، وتدل أحجامها على الكمية الإجمالية للمياه الجوفية المستنفدة بفعل ري المحاصيل. أما خريطة الخلفية فتبين مؤشر إجهاد المياه الجوفية (ويقابل الاستغلال المفرط حين تزيد قيمة المؤشر عن الواحد الصحيح) للخزانات الجوفية الرئيسية. ويوجد في بعض البلدان خزانات جوفية أفرط في استغلالها ولكن لا يوجد رسم بياني دائري لأن استخدام المياه الجوفية لا يتعلق بالري بصفة رئيسية. والمساحات المظلة باللون الرمادي تمثل المناطق الخالية من أي إنتاج محصولي رئيسي معتمد على المياه الجوفية.

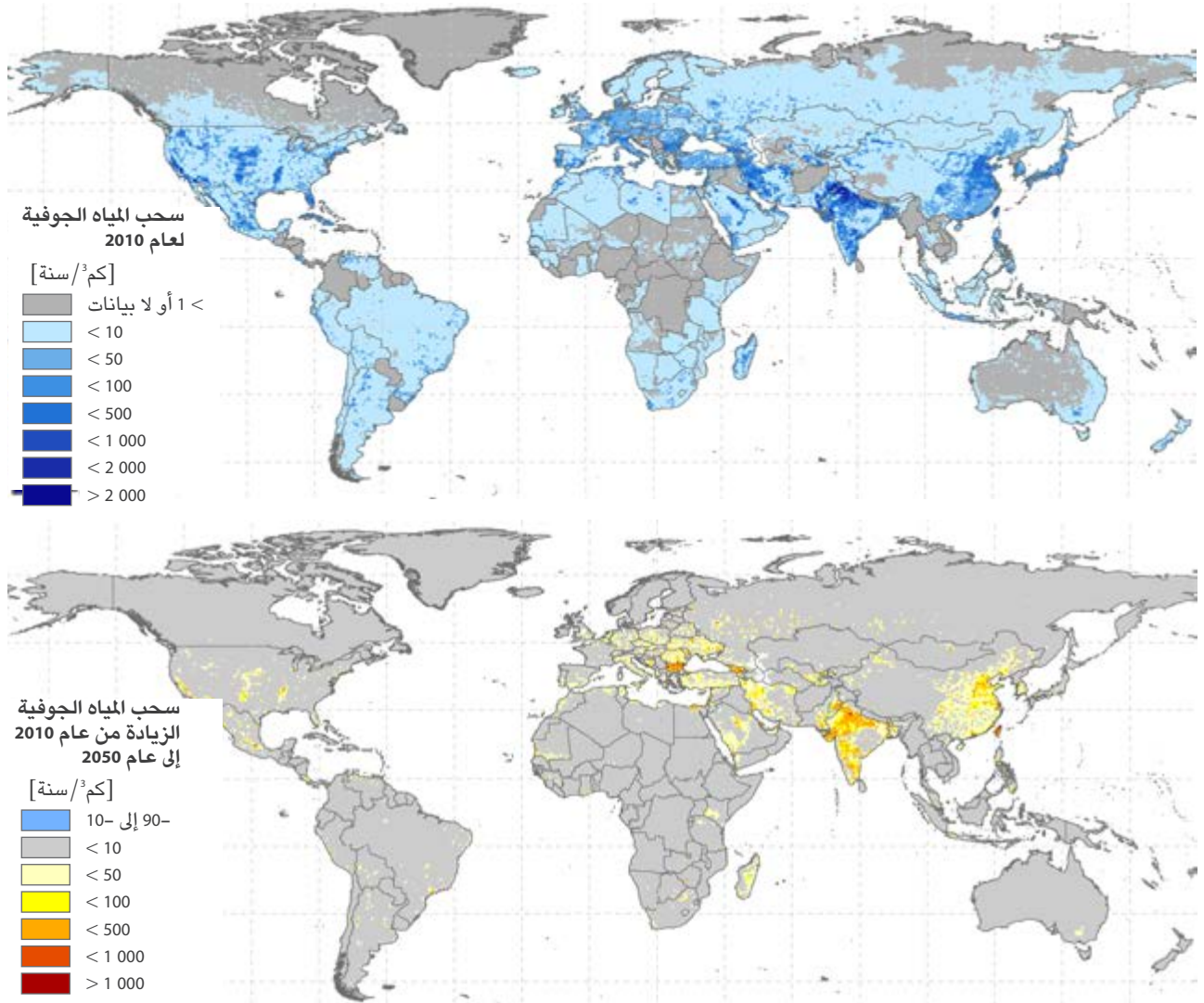
المصدر: Dalin et al. (2017, fig. 1, pp. 700–704). © 2017 Reprinted by permission from Macmillan Publishers Ltd

ويبلغ استخدام المياه الجوفية على الصعيد العالمي، لأغراض الزراعة بصفة رئيسية، 800 كم³ في السنة في العقد الحالي، وتمثل الهند والولايات المتحدة الأمريكية والصين وإيران وباكستان (بالترتيب التنازلي) نسبة 67 في المائة من إجمالي السحوبات على نطاق العالم (Burek et al., 2016). وقد تم تحديد كميات السحب المائي لأغراض الري باعتبارها العامل الرئيسي في استنفاد المياه الجوفية على نطاق العالم (الشكل 2). وتشير التوقعات إلى حدوث طفرة كبيرة في كميات المياه الجوفية المسحوبة تبلغ 1100 كم³ في السنة بحلول خمسينات القرن الحادي والعشرين، تمثل زيادة نسبتها 39 في المائة عن المستويات الحالية (الشكل 3).

ولا يمكن إدراك أهمية التحديات التي تواجه توافر المياه حالياً إدراكاً كاملاً إلا بمقارنة سحب المياه بمستوياتها المستدامة القصوى. فعند زهاء 4600 كم³ في السنة، تكون الكميات المسحوبة الحالية على الصعيد العالمي قد اقتربت بالفعل من مستوياتها المستدامة القصوى (Gleick and Palaniappan, 2012; Hoekstra and Mekonnen, 2010) والأرقام العالمية، كما أشير في التقارير السابقة عن تنمية الموارد المائية في العالم، تخفي تحديات أشد

(Veldkamp et al., 2017). وطوال الفترة من أوائل إلى منتصف هذا العقد، كان زهاء 1.9 مليار شخص (27 في المائة من عدد سكان العالم) يعيشون في مناطق يحتمل أن تعاني ندرة شديدة في المياه ويمكن أن يزيد هذا العدد في عام 2050 إلى نحو من 3.2-2.7 مليارات شخص. غير أنه إذا أخذ التفاوت الشهري في الاعتبار، فإن 3.6 مليارات شخص على نطاق العالم (نصف عدد سكان العالم تقريباً) يعيشون بالفعل في مناطق معرضة لندرة المياه لمدة شهر واحد في السنة على الأقل ويمكن أن يزيد هذا العدد إلى نحو 5.7-4.8 مليارات شخص في عام 2050. ويعيش نحو 73 في المائة من السكان المتضررين في آسيا (69 في المائة بحلول عام 2050). وبإدخال عامل القدرة على التكيف في الاعتبار، سيكون 4.6-3.6 مليارات شخص (47-43 في المائة) خاضعين لضغوط مائية في فترة الخمسينات، وستعيش نسبة 91-96 في المائة منهم في آسيا، وبصفة رئيسية في شرق وجنوب آسيا، ونسبة 9-4 في المائة في أفريقيا، وبصفة رئيسية في الشمال (Burek et al., 2016).

كميات السحب من المياه الجوفية في عام 2010 (الشكل العلوي) والزيادات في سحب المياه الجوفية عن مستويات عام 2010 بحلول عام 2050 (الشكل السفلي) استناداً إلى سيناريو منتصف الطريق*



* السيناريوهات المستخدمة لعملية النمذجة هذه تستند إلى "مسارات المياه الاجتماعية-الاقتصادية المشتركة الممتدة". ويفترض سيناريو منتصف الطريق أن التنمية العالمية تتقدم حسب الاتجاهات والنماذج الماضية، بحيث لا تتحول الاتجاهات الاجتماعية والاقتصادية والتكنولوجية تحولاً ملحوظاً عن الأنماط التاريخية (أي العمل كالمعتاد)

المصدر: Burek et al. (2016, fig. 4-29, p. 55).

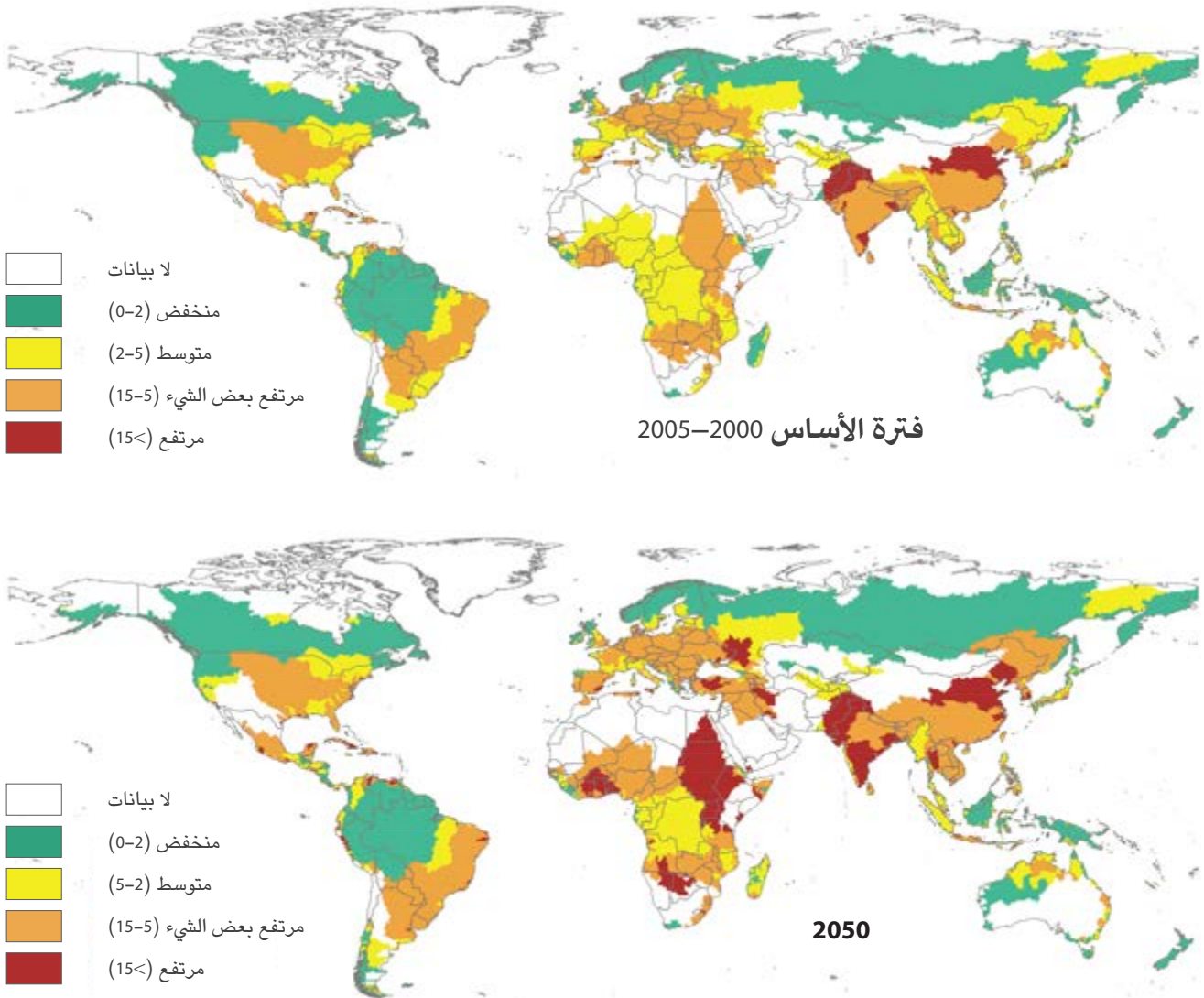
بتدابير تنظيمية فيما يتعلق بمخصصات المياه و/أو مساحات الري (Ward and Pulido-Velazquez, 2008). وقد لاحظ التقييم الشامل لإدارة المياه في الزراعة (2007) بالفعل أن نطاق التوسع في الري على نطاق العالم محدود، مع وجود بعض الاستثناءات الإقليمية، وأنه ينبغي تحويل الاهتمام عن مخصصات المياه السطحية إلى النهوض بالزراعة البعلية. ومن العوامل التي تحد بصفة متزايدة من خيار بناء مزيد من الخزانات ترسب الطمي والجريان المتاح والشواغل البيئية والقيود، وأن معظم المواقع الفعالة التكلفة والصالحة في البلدان المتقدمة قد تم تحديدها واستخدامها. وفي بعض المناطق، قد تكون أشكال اختزان الماء الملائمة للنظم الإيكولوجية، كالأراضي الرطبة الطبيعية ورطوبة التربة والمزيد من الكفاءة في إعادة تغذية المياه الجوفية، أكثر استدامة وفعالية من حيث التكلفة من البنى التحتية التقليدية كالسدود (منظمة التعاون والتنمية في الميدان الاقتصادي، 2016).

قسوة على الصعيدين الإقليمي والمحلي. فأكبر نظم للمياه الجوفية في العالم يعاني ثلثها الآن من الإجهاد المائي (Richey et al., 2015). وكذلك تفترض اتجاهات المياه الجوفية السالفة الذكر تزايد كميات السحب من المياه الجوفية (الأفقورية) غير المتجددة - وهو مسار لا جدال في عدم استدامته.

وتشتد المنافسة على الأراضي الزراعية الهامشية المتدهورة المهجورة من أجل الإنتاج الغذائي والتوسع الحضري وإصلاح النظم الإيكولوجية الطبيعية، مما ينفي ادعاء أن هذه الأراضي تتيح بديلاً معقولاً يصلح لأغراض إنتاج الطاقة الحيوية المعتمدة على الري (SCBD, 2014). فضلاً عن ذلك، قد يؤدي تحسين كفاءة استخدام مياه الري بالفعل إلى استنفاد المياه استنفاداً شاملاً ومكثفاً على مستوى الأحواض من خلال الزيادات في التبخر الكلي من المحاصيل والتخفيضات في التدفقات العائدة (Huffaker, 2008).

ولذلك ينبغي أن تكون المكاسب في كفاءة استخدام المياه مصحوبة

مؤشرات المخاطر المتعلقة بجودة المياه في أحواض الأنهار الرئيسية خلال فترة الأساس (2000-2005) مقارنة بعام 2050 (مؤشر النيتروجين في إطار منظمة الكومنولث للبحوث العلمية والصناعية* - السيناريو المتوسط**)



* منظمة الكومنولث للبحوث العلمية والصناعية

** يُدخل هذا السيناريو في حسابه حدوث مستقبل أكثر جفافاً (وفقاً لتوقعات نموذج منظمة الكومنولث للبحوث العلمية والصناعية الخاص بتغير المناخ) ومستوى متوسطاً من النمو الاجتماعي والاقتصادي.

المصدر: (Veolia/IFPRI (2015, fig. 3, p. 9).

جودة المياه

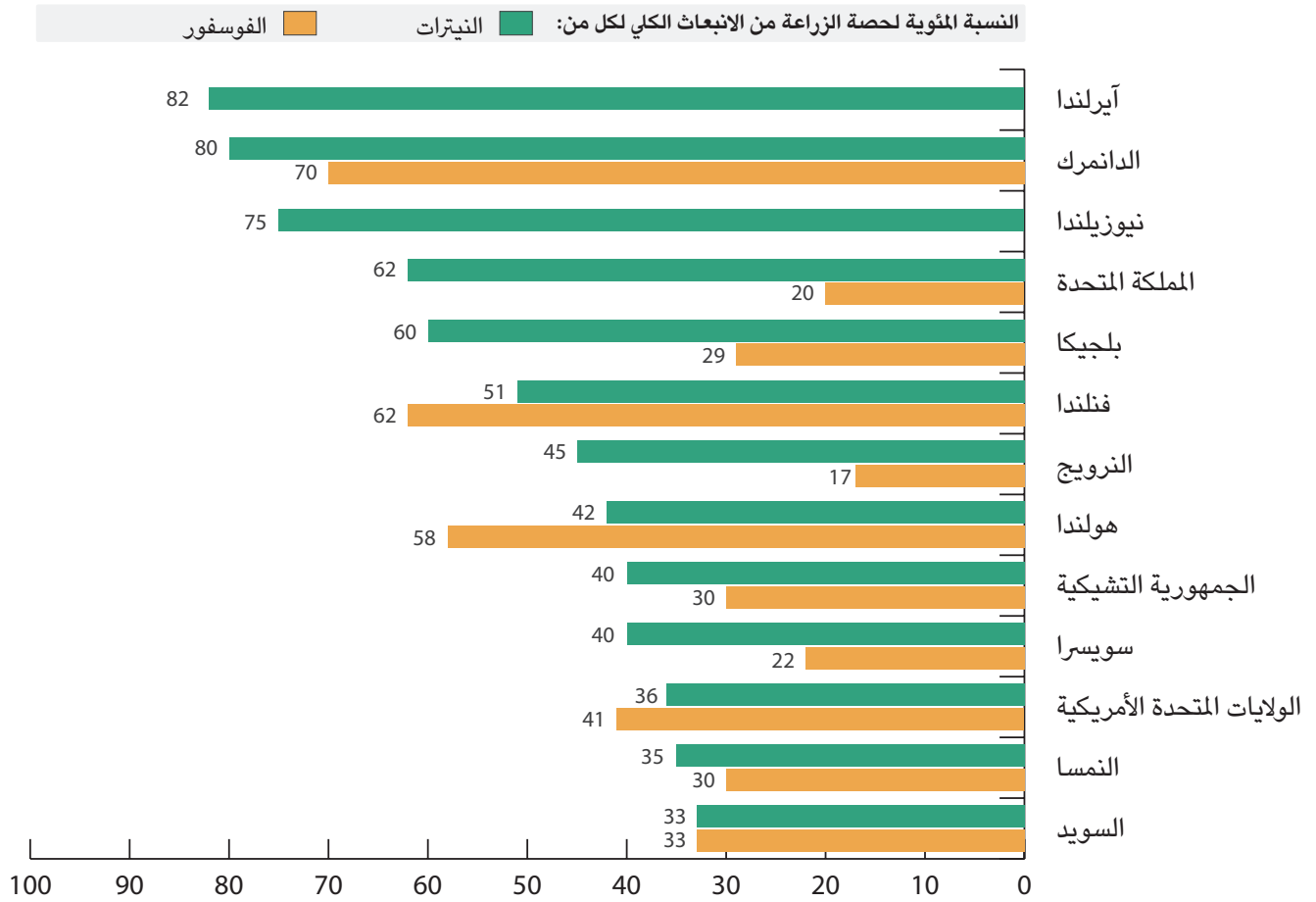
متزايد في الجودة العامة للمياه وما يترتب عليه من آثار مدمرة على صحة الإنسان والنظم الإيكولوجية (WWAP, 2017).

وعلى الصعيد العالمي، يتمثل أكثر التحديات المتعلقة بجودة المياه انتشاراً في تحميل المغذيات، الذي كثيراً ما يقترن، حسب المنطقة، بالتلوث بالعوامل المسببة للأمراض (UNEP, 2016a). وتتفاوت المساهمة النسبية بالمغذيات من مياه صرف المصادر الثابتة مقابل المصادر المنتشرة حسب المناطق. وبالرغم من عقود من التنظيم والاستثمارات الكبيرة للحد من المصادر الثابتة لتلوث المياه في البلدان المتقدمة، فإن التحديات المتعلقة بجودة المياه مستمرة نتيجة لمصادر التلوث المنتشرة القليلة التنظيم. وتعتبر إدارة الجريان المنتشر للمغذيات الزائدة من الزراعة، بما في ذلك التسرب إلى المياه الجوفية، أكثر التحديات المتعلقة بجودة المياه انتشاراً على الصعيد العالمي (UNEP, 2016a; OECD, 2017). ولا تزال الزراعة المصدر

المناطق الرئيسية المعرضة لأخطار تتعلق بجودة المياه مرتبطة إلى حد بعيد بدرجات الكثافة السكانية ومناطق النمو الاقتصادي، وتتحدد السيناريوهات المقبلة إلى حد بعيد بالعوامل نفسها (الشكل 4). ومنذ فترة التسعينات من القرن الماضي، ساءت حالة تلوث المياه في جميع الأنهار تقريباً في أفريقيا وآسيا وأمريكا اللاتينية (UNEP, 2016a). ومن المتوقع أن يتصاعد التدهور في جودة المياه خلال العقود المقبلة وسيزيد هذا من المخاطر التي تتهدد صحة الإنسان والبيئة والتنمية المستدامة (Veolia/IFPRI, 2015).

ويُطلق في البيئة دون أي معالجة مسبقة ما تقدر نسبته بـ80 في المائة من جميع مياه الصرف الصناعي وصرف البلديات، مما ينجم عنه تدهور

الشكل 5 النسبة المئوية لحصة الزراعة من إجمالي انبعاثات النيترات والفوسفور في بلدان منظمة التعاون والتنمية في الميدان الاقتصادي، 2000–2009



ملحوظة: البلدان المذكورة وفقاً للترتيب التنازلي لأعلى نصيب من النيترات في المياه السطحية

في حالة النيترات، الأرقام المذكورة هي المقابلة لعام 2000 للجمهورية التشيكية وسويسرا والنرويج والنمسا ونيوزيلندا والولايات المتحدة الأمريكية، وعام 2002 للدانمرك، وعام 2004 لآيرلندا وفنلندا؛ و2005 لبلجيكا (والونيا)؛ وعام 2008 للمملكة المتحدة؛ و2009 للسويد وهولندا.

في حالة الفوسفور، الأرقام المذكورة مقابلة لعام 2000 للجمهورية التشيكية وسويسرا والنرويج والنمسا والولايات المتحدة الأمريكية؛ وعام 2002 للدانمرك، وعام 2004 لفرنلندا؛ وعام 2005 لبلجيكا (والونيا)؛ وعام 2009 للسويد والمملكة المتحدة وهولندا.

المصدر: OECD (2013, fig. 9.1, p. 122).

متاحة عن تأثيرات 325 عنصراً من أصل 380 عنصراً نشطاً في المبيدات الحشرية المسجلة للاستخدام في أستراليا على الكائنات الحية في التربة، وهي من بين أول الكائنات العضوية تعرضاً لهذه المبيدات من غير أن تكون مستهدفة بها. ويوجه تقرير صدر مؤخراً للمقرر الخاص المعني بالحق في الغذاء (الجمعية العامة للأمم المتحدة، 2017) الاهتمام إلى الأهمية العاجلة لتحسين سياسات استخدام المبيدات الحشرية. والملوثات المسببة للمخاوف المستجدة تتطور وتتزايد باستمرار، وكثيراً ما تُكتشف بدرجات تركيز أعلى مما كان متوقعاً (Sauvé and Desrosiers, 2014). ومن الأمثلة على ذلك المستحضرات الصيدلانية والهرمونات والكيماويات الصناعية ومنتجات الرعاية الشخصية ومثبطات اللهب والمنظفات الصناعية والمركبات المشبعة بالفلور والكافين والعطور وسموم الطحالب الزرقاء المخضرة والمواد النانوية ومواد التنظيف الميكروبية ومنتجات تحويلها. وتنقل الآثار على الأشخاص وعلى التنوع البيولوجي بصفة رئيسية عن طريق المياه وهي مجهولة إلى حد بعيد (WWAP, 2017).

المهيمن للنيتروجين التفاعلي الذي يُطلق في البيئة ومصدراً هاماً للفوسفور (الشكل 5). وليست التنمية الاقتصادية وحدها حلاً لهذه المشكلة. وقد سجلت قرابة 15 في المائة من محطات رصد المياه الجوفية في أوروبا أن مستوى النيترات الذي حددته منظمة الصحة العالمية تم تجاوزه في مياه الشرب، وسجلت محطات الرصد أن ما يقرب من 30 في المائة من الأنهار و40 في المائة من البحيرات غنية بالمغذيات أو متخمة بالمغذيات في الفترة (EC, 2013a) (2008–2011).

ومئات الكيماويات، فضلاً عن المغذيات، مسؤولة أيضاً عن التأثير في جودة المياه. وقد زاد تكثيف الزراعة بالفعل استخدام الكيماويات على نطاق العالم إلى ما يقرب من مليوني طن سنوياً تمثل المبيدات العشبية نسبة 47.5 في المائة منها، والمبيدات الحشرية 29.5 في المائة، والمبيدات الفطرية 17.5 في المائة، وغيرها 5.5 في المائة (De et al., 2014). والآثار الناجمة عن هذا الاتجاه لم يتم قياسها كمياً إلى حد بعيد وتوجد فجوات خطيرة في البيانات: فعلى سبيل المثال، لم يجد بونيمان وآخرون (2006) أي بيانات

على الصعيد العالمي، يتمثل أكثر التحديات المتعلقة بجودة المياه شيوفاً في تحميل المغذيات

زيادة قدرها 340 في المائة عن عام 2009 (OECD, 2012, p. 209). وقد كانت الفيضانات سبباً فيما نسبته 47 في المائة من جميع الكوارث المرتبطة بالطقس منذ عام 1995، حيث أثرت على أشخاص مجموعهم 2.3 مليار شخص. وارتفع عدد الفيضانات إلى 171 فيضاً في المتوسط في السنة خلال الفترة 2005-2014، بزيادة عن المتوسط السنوي البالغ 127 في العقد الأسبق (مكتب الأبحاث المتعلقة بالقرارات البيئية/ مكتب الأمم المتحدة للحد من مخاطر الكوارث، 2015، CRED/UNISDR، 2015). وقد بلغت التكلفة الناجمة عن الفيضانات 39 في المائة و11 في المائة من الناتج المحلي الإجمالي في جمهورية كوريا الشعبية واليمن على التوالي، على سبيل المثال (مكتب الأبحاث المتعلقة بالقرارات البيئية/ مكتب الأمم المتحدة للحد من مخاطر الكوارث، 2015، CRED/UNISDR، 2015).

ويقدر عدد السكان المتضررين حالياً من تدهور الأراضي/ التصحر والجفاف بـ 1.8 مليار نسمة، مما يجعل هذه أكبر فئة "للكوارث الطبيعية" استناداً إلى معدل الوفيات والأثر الاجتماعي والاقتصادي مقارنة بالناتج المحلي الإجمالي للشخص الواحد (Low, 2013). ويمثل الجفاف أيضاً مشكلة مستوطنة طويلة الأجل مقارنة بالآثار القصيرة الأجل للفيضانات، ويمكن القول بأن حالات الجفاف تمثل أكبر خطر وحيد من أخطار تغير المناخ. وسوف تحدث التغيرات في أنماط هطول الأمطار في المستقبل تغييراً في معدل حدوث الجفاف، ومن ثم في توافر رطوبة التربة اللازمة للنباتات في كثير من بقاع العالم (الشكل 6). ويمكن التخفيف من طول فترات الجفاف وحدتها المتوقعة بمزيد من تخزين المياه، وهو يحتاج إلى تكثيف الاستثمارات في البنى التحتية التي يمكن أن توفر بدائل هامة للمجتمع والبيئة. ولذلك يجب أن يمثل تخزين المياه في البيئة ("البنى التحتية للمراعية للبيئة") جزءاً من الحلول الخاصة بمواقع معينة. ذلك أن آثار حالات الجفاف ستتفاقم بزيادة كميات سحب المياه لتلبية للطلب المتزايد عليها.

اتجاهات التغير في النظم الإيكولوجية التي تؤثر في موارد المياه

تؤثر جميع الأنواع الرئيسية للنظم الإيكولوجية أو المناطق الأحيائية الأرضية ومعظم الساحلية في توافر المياه وجودتها ومخاطرها (انظر الفصل الأول). ومن ثم فالاتجاهات السائدة في مدى هذه النظم الإيكولوجية وحالتها ذات أهمية خاصة لهذا التقرير لأنها تشير إلى مدى إمكانية أن يساهم حفظ و/أو إصلاح النظام الإيكولوجي في مواجهة التحديات المتعلقة بإدارة الموارد المائية.

وزهاء 30 في المائة من مساحة الأرض في العالم مكسوة بالغابات، ولكن نسبة 65 في المائة على الأقل من هذه المساحة حالتها متدهورة بالفعل (منظمة الأغذية والزراعة للأمم المتحدة (FAO, 2010). غير أن معدل صافي الخسارة في مساحة الغابات قد تم خفضه بما يزيد عن 50 في المائة في السنوات الخمس والعشرين الماضية وفي بعض المناطق تعوّض زراعة الغابات الخسارة في الغابات الطبيعية (FAO, 2016). والمراعي من أكثر المناطق الأحيائية اتساعاً في العالم، وعندما تدرج فيها الأراضي الزراعية والمساحات التي توجد فيها أشجار ولكن تهيم عليها الأعشاب، فإن مساحتها تتجاوز مساحة الغابات. وتقع المراعي بطبيعة الحال في المناطق التي تتسم فيها الأوضاع المناخية إما بالجفاف الشديد أو البرودة الشديدة التي لا تسمح بأنواع النباتات الأخرى كالغابات، ولكن مساحات كبيرة من الغابات والأراضي الرطبة قد تم تحويلها أيضاً إلى أراض عشبية، لا سيما

وسيؤثر تغير المناخ على جودة المياه بطرق مختلفة. فعلى سبيل المثال، التغيرات في الأنماط المكانية والزمانية والتنوع في تساقط الأمطار تؤثر على تدفقات المياه السطحية ومن ثم تكون لها آثار تخفيفية، بينما الزيادات في درجات الحرارة تسبب مزيداً من التبخر من السطوح وأنواع التربة المفتوحة، وزيادة النتج من خلال النباتات يحتمل أن تحد من توافر المياه (Hipsey and Arheimer, 2013). وتزداد سرعة استنفاد الأوكسجين الذائب بسبب ارتفاع درجات حرارة المياه ويمكن أن يتوقع ارتفاع في محتويات التدفق من الملوثات في التكوينات المائية بعد الظواهر المطيرة البالغة الشدة (IPCC, 2014).

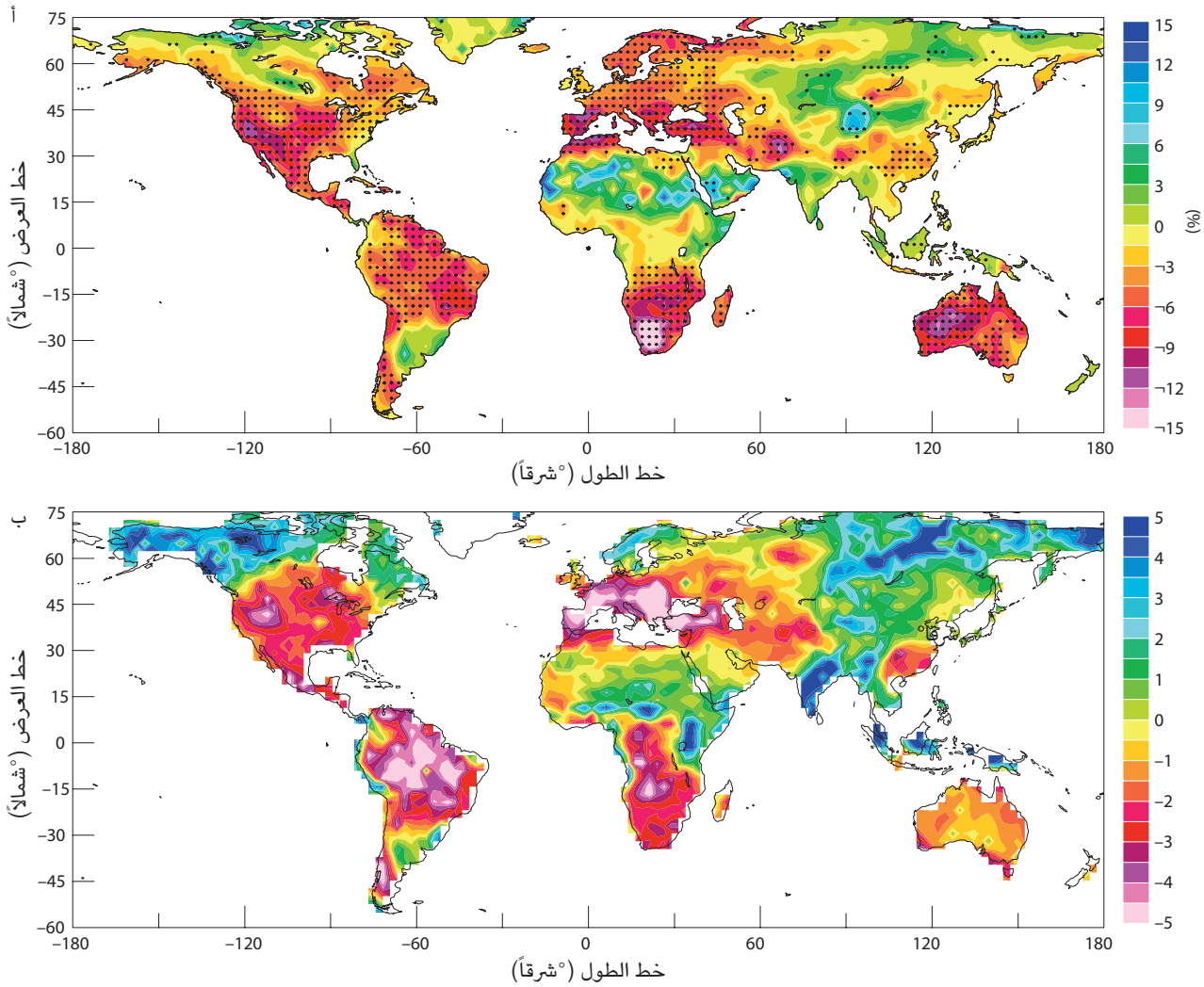
ومن المتوقع أن تحدث أكبر الزيادات في التعرض للملوثات في البلدان المنخفضة الدخل والمتوسطة الدخل من الشريحة الدنيا، ويعزى ذلك في المقام الأول إلى زيادة النمو السكاني والاقتصادي في هذه البلدان، ولا سيما الواقعة في أفريقيا (UNEP, 2016a)، والافتقار إلى نظم إدارة مياه الصرف (WWAP, 2017). ونظراً إلى الطابع العابر للحدود لمعظم أحواض الأنهار، فستكون للتعاون الإقليمي أهمية حيوية في التصدي للتحديات المتوقعة فيما يتعلق بجودة المياه.

الظواهر البالغة الشدة

الاتجاهات التي يتخذها توافر المياه تكون مصحوبة بتغيرات متوقعة في مخاطر الفيضانات والجفاف. ويتمثل أحد المخاوف بصفة خاصة في أن خطر الفيضانات المتزايد يقع في بعض المناطق التي تتسم تقليدياً بندرة المياه (على سبيل المثال في شيلي والصين والهند، والشرق الأوسط وشمال أفريقيا) ويحتمل أن يكون إعداد الاستراتيجيات لمواجهة ظواهر الفيضانات فيها ضعيفاً. وقد ارتفعت الخسائر الاقتصادية بسبب الأخطار المرتبطة بالمياه ارتفاعاً كبيراً خلال العقود الماضية. فمنذ عام 1992، تضرر 4.2 مليارات شخص من الفيضانات وحالات الجفاف والعواصف (95 في المائة من جميع الأشخاص المتضررين من جميع الكوارث)، وسببت أضراراً قدرها 1.3 تريليون دولار أمريكي - أي 63 في المائة من جميع الأضرار المرتبطة بالكوارث على نطاق العالم (اللجنة الاقتصادية والاجتماعية لآسيا والمحيط الهادئ/ مكتب الأمم المتحدة للحد من مخاطر الكوارث، 2012، UNESCAP/UNISDR، 2012).

ووفقاً لمنظمة التعاون والتنمية في الميدان الاقتصادي، "من المتوقع أن يرتفع عدد الأشخاص المعرضين للخطر من الفيضانات من 1.2 مليار شخص اليوم إلى زهاء 1.6 مليار شخص في عام 2050 (ما يقرب من 20 في المائة من عدد سكان العالم) ومن المتوقع أن تبلغ القيمة الاقتصادية للأصول المعرضة للخطر نحو 45 تريليون دولار أمريكي بحلول عام 2050،

التغيرات المقبلة المتوقعة في متوسط محتوى التربة من الرطوبة في طبقة السنتيمترات العشرة العليا مقدرة بالنسبة المئوية للتغير* من الفترة 1980-1999 (الشكل العلوي) إلى الفترة 2080-2099 (الشكل السفلي)



* استناداً إلى تنبؤات المجموعات المتعددة النماذج التي يحاكها 11 نموذجاً بالمرحلة الخامسة لمشروع المقارنة بين أزواج من النماذج في إطار سيناريو الانبعاثات 5-4 لمسارات تركيز ممثلة.

المصدر: Dai (2013, fig. 2, p. 53). © 2013 Reprinted by permission from Macmillan Publishers Ltd

الثمانينات من القرن الماضي، فقد ظل معدل الخسارة مرتفعاً في آسيا، حيث لا يزال التحويل مستمراً على نطاق واسع وبسرعة للأراضي الرطبة الطبيعية في الداخل وفي المناطق الساحلية. ويعوض التوسع في الأراضي الرطبة الاصطناعية أو المدارة، وبصفة رئيسية الخزانات وحقول الأرز، بعضاً من هذه الخسائر. وقد خلصت الغالبية العظمى من الاستعراضات إلى أن الأراضي الرطبة إما أن تزيد أو تخفض عنصراً معيناً من عناصر الدورة المائية (Bullock and Acreman, 2003). ولذلك فإن مدى هذه الخسارة تترتب عليه نتائج كبيرة للهيدرولوجيا، غير أن الأراضي الرطبة المختلفة تتباين في خصائصها الهيدرولوجية ومن الصعب التقييم الكمي لتأثير هذا التغير العالمي على موارد المياه.

واستخدام الإنسان المباشر للأراضي وتغيير استخدامه لها يحدثان آثاراً كبيرة في الهيدرولوجيا بدءاً من النطاق المحلي إلى النطاق الإقليمي والعالمي (انظر الفصل الأول، القسم 3-3). وثمة أدلة دامغة على أن الاتجاهات السائدة في هذا الاستخدام وتغييره تؤثر في التوازنات المائية على نطاق الأحواض، وفي حوض أعالي نهر الميسيسيبي (Schilling and Libra, 2003)؛ وأيضاً في النطاقات الوسطى لحوض النهر

لرعي الماشية أو إنتاج المحاصيل. وبالمثل، تم "تحسين" مساحات شاسعة من المراعي الطبيعية (أي تغييرها لأغراض رعي الماشية). ولذلك فإن القياس الكمي للاتجاهات الخاصة بالمساحة والحالة أكثر صعوبة.

ولا تغطي الأراضي الرطبة (بما فيها الأنهار والبحيرات) سوى 2.6 في المائة من الأراضي ولكنها تؤدي في الهيدرولوجيا دوراً أكبر من حجمها لكل وحدة من وحدات المساحة. ويتراوح أفضل تقدير للخسارة المبلغ عنها في مساحة الأراضي الرطبة الطبيعية التي تعزى إلى النشاط البشري بين 54 في المائة و 57 في المائة في المتوسط على نطاق العالم، ولكن الخسارة ربما تكون قد ارتفعت إلى 87 في المائة منذ عام 1700، وتضاعفت سرعة معدل فقدان الأراضي الرطبة بمقدار 3.7 أمثال خلال القرن العشرين وأوائل الحادي والعشرين، بما يعادل فقدان 64-71 في المائة من امتداد الأراضي الرطبة التي كانت موجودة في عام 1900 (Davidson, 2014). وقد كانت الخسائر أكبر وأسرع في الأراضي الرطبة الطبيعية الداخلية عنها في الساحلية. ورغم أن معدل فقدان الأراضي الرطبة في أوروبا قد تباطأ، وظل منخفضاً في أمريكا الشمالية منذ فترة

زهاء 30 في المائة من مساحة الأراضي على نطاق العالم مكسوة بالغابات، ولكن نسبة لا تقل عن 65 في المائة من هذه المساحة في حالة متدهورة بالفعل

الزراعية من نطاق الإنتاج في كل عام ويخفضان الإمكانات الإنتاجية لمساحة قدرها 46-20 مليون هكتار أخرى (FAO/ITPS, 2015a). وتتأثر مساحة من الأراضي المروية تقدر بـ60 مليون هكتار (أو 20 في المائة من المجموع) بملوحة التربة (Squires and Glenn, 2011).

وهناك دلائل كثيرة على أن تغير النظام الإيكولوجي يزيد المخاطر وقابلية التأثر، وأنه في كثير من الحالات العامل الرئيسي الذي يحدد مستويات المخاطر (Renaud et al., 2013). ويتسبب تغير استخدام الأراضي وتدهور التربة والتعرية وفقدان الأراضي الرطبة جميعاً في زيادة خطر الكوارث (Wisner et al., 2012). وتمثل تأثيرات تغير المناخ وتدهور النظم الإيكولوجية وزيادة خطر الكوارث المتعلقة بالمناخ فيما بينها دوامة مفرغة (Munang et al., 2013). وعكس اتجاه تدهور النظم الإيكولوجية وتتمثل إحدى الاستجابات على صعيد السياسات الرئيسية لوقاية الأمن الغذائي من التأثير بتغير للمناخ في عكس الاتجاه السائد نحو تدهور النظم الإيكولوجية (FAO, 2013a). ومن الثابت أن الأراضي الرطبة الساحلية السليمة، بما في ذلك أشجار المانغروف، يمكن أن تحمي المجتمعات الساحلية من الظواهر الجوية المتطرفة (وارتفاع مستوى سطح البحر) وأن فقدانها يزيد من المخاطر والضعف. وعلى الرغم من أن زيادة حمولات الرواسب تمثل مشكلة فيما يتعلق بجودة المياه في جميع أنحاء العالم، إلا أن المستويات الطبيعية لنقل الرواسب في اتجاه التيار يمكن أن تتوقف عندما تُحجز الرواسب خلف السدود، مما يقوض تدفقات الترسيبات اللازمة للحفاظ على سلامة الأراضي الرطبة الساحلية. ففي دلتا المسيسيبي، على سبيل المثال، كان أحد العوامل الرئيسية التي أسهمت في شدة آثار إعصار كاترينا في عام 2005 فقدان الأراضي الرطبة وما تتيحه من خدمات متعلقة بالحماية من العواصف والفيضانات، نتيجة لانخفاض مدخلات الرواسب بسبب بناء السدود وتشغيلها في أعالي النهر (Batker et al., 2010). ويقع كثير من المستوطنات الحضرية الكبرى ومعظم المدن الكبرى في مناطق دلتا الأنهار المعرضة لمستويات مخاطر مماثلة، إن لم تكن أعلى، من خلال نهج تتسم (بسوء) إدارة مماثل للأراضي والمياه. وليس السؤال المطروح ما إذا كان معظم هذه المستوطنات والمدن سيتأثر بالمثل - ولكن متى.

الأصفر (Sun et al., 2006; Zhang et al., 2015) على سبيل المثال. وفضلاً عن هذا التأثير في ديناميات التوازن المائي داخل مستجمعات المياه، يمكن أن يؤثر استخدام الإنسان المباشر للأراضي وتغييره استخداماً كذلك في أنماط التساقط والجريان في المستجمعات الأخرى، بسبب الدور الذي تؤديه النباتات بوصفها "عامل تدوير للمياه" وأثر دوران الغلاف الجوي.

والأنشطة البشرية التي تؤدي إلى تغيرات في المراعي أصبحت الآن منتشرة على نطاق واسع (Gibson, 2009). فالإفراط في الرعي وتدهور التربة والرّص السطحي تؤدي إلى ارتفاع معدلات التبخر وانخفاض تخزين المياه في التربة وزيادة الجريان السطحي، وكلها أمور تعدّ ضارة بخدمات توفير المياه التي تؤديها المراعي، بما في ذلك جودة المياه (McIntyre and Marshall, 2010)، والتخفيف من مخاطر الفيضانات والجفاف (Jackson et al., 2008). وتتجلى آثارها الكبيرة بصورة متزايدة عندما تقترن إدارة المراعي بالحرق المنتظم، الذي يميل إلى زيادة استخدام المياه من خلال إعادة نمو النباتات، ومن ثم يقلل من العائد المائي (Sakaluskas et al., 2001). وتوثق المؤلفات بدرجة متزايدة رص التربة الذي ينجم عن الرعي وما يقترن به من تخفيضات في القدرة على الارتشاح (Bilotta et al., 2010). فزهاء 7.5 في المائة من المراعي على نطاق العالم قد تدهورت بسبب الإفراط في الرعي وحده (Conant, 2012).

ويوجد أكبر قدر من المعارف المتعلقة بالحالة الراهنة لتغير النظم الإيكولوجية واتجاهاتها وآثارها في الموارد المائية في مجال التربة بأنواعها، أو تدهور الأراضي. وطبقة التربة-النباتات هي منطقة التماس الأكثر أهمية بين المياه والنظم الإيكولوجية واحتياجات الإنسان (انظر الفصل الأول، القسم 2-3). وقد خلص التقييم الذي أجراه الفريق الحكومي الدولي التقني المعني بالتربة لحالة موارد العالم من التربة لعام 2015 (FAO/ITPS, 2015a) إلى أن غالبية موارد التربة في العالم هي في حالة لا يمكن تصنيفها بأفضل من مقبولة أو سيئة أو شديدة السوء وتشير التوقعات الحالية إلى أن هذه الحالة ستزداد سوءاً. ويعرض الجدول 1 موجزاً شاملاً لحالة أكبر عشرة مخاطر على التربة واتجاهاتها. وأهم المخاطر التي تتهدد رأس المال الطبيعي المتمثل في التربة على النطاق العالمي هي تعرية التربة، وفقدان الكربون العضوي في التربة، واختلال توازن المغذيات، وفقدان التنوع البيولوجي، وتترابط هذه المخاطر ارتباطاً وثيقاً (ويوجد أيضاً ترابط بين الوظائف الأخرى التي تؤثر عليها معظم المخاطر الأخرى) وتؤثر على موارد المياه.

ويرتبط تدهور الأراضي بضعف خدمات النظم الإيكولوجية وانخفاض إنتاجية المياه (Bossio et al., 2008)، بما في ذلك في النظم القائمة على الري (Uphoff et al., 2011). وتزيل تعرية التربة من الأراضي الزراعية 25-40 مليار طن من التربة السطحية في كل عام، مما يخفض كثيراً غلات المحاصيل وقدرة التربة على تنظيم المياه والكربون والمغذيات، وتخرج من الأراضي 23-42 مليون طن من النيتروجين و15-26 مليون طن من الفوسفور، مما يخلف أثراً سلبية كبيرة على جودة المياه (FAO/ITPS, 2015a). وتقدر الخسارة العالمية في وعاء الكربون العضوي بالتربة منذ عام 1850 بنحو 12 + 66 مليار طن، ولا يسهم هذا إسهاماً كبيراً في زيادة تركيز غازات الدفيئة في الغلاف الجوي فحسب، بل هو أيضاً عامل رئيسي في الإضرار بتوافر المياه للمحاصيل (FAO/ITPS, 2015b). وملوحة التربة وكمية الصوديوم فيها في طريقهما لأن يصبحا مشكلة كبيرة على نطاق العالم سواء في المناطق المعتمدة على الري أو غير المعتمدة عليه، إذ يخرجان ما يقدر بـ 0.3-1.5 مليون هكتار من الأرض

الجدول 1 حالة المخاطر التي تهدد التربة واتجاهاتها على مستوى العالم باستثناء القارة القطبية الجنوبية (أنتاركتيكا)

الحالة والاتجاه					التهديد لوظيفة التربة
جيد جداً	جيد	معتدل	ضعيف	ضعيف جداً	
		↗E ↗NA ↗SP	↘A ↘LAC ↘SSA	↘NENA	تعرية التربة
		↗NA ↗SP	↕A ↕E ↘LAC ↘NENA ↘SSA		تغير الكربون العضوي
	↕NENA	↘SP	↘A ↕E ↘LAC ↘SSA ↘NA		اختلال توازن المغذيات
	↗NA ↕SP	↘NENA ↕SSA	↕A ↘E ↘LAC		الملوحة ونسبة الصوديوم
	=SSA ↘SP	↕LAC ↘NA	↘A ↘E	↘NENA	فقدان مسامية التربة والاستحواذ على الأراضي للأغراض الحضرية
	↕NA ↕SP	↕A ↘E ↘SSA	↘NENA ↘LAC		فقدان التنوع البيولوجي للتربة
	↘SSA ↗NA ↗SP	↕LAC	↘A ↘E	↘NENA	التلوث
	↕NENA	↕LAC ↘SP	↘A ↕E ↘SSA ↘NA		التحمض
	=SSA	↕E ↕NA ↕SP	↘A ↘LAC ↘NENA		الدك
	↕NENA =SSA ↕NA ↕SP	↘A ↕E =LAC			التشبع بالمياه

= مستقرة ↕ متغيرة ↗ تتحسن ↘ تتدهور

ملاحظة: NA: أمريكا الشمالية؛ E: أوروبا؛ NENA: الشرق الأدنى وشمال أفريقيا؛ LAC: منطقة أمريكا اللاتينية والكاريبي؛ SSA: أفريقيا جنوب الصحراء الكبرى؛ SP: جنوب غرب المحيط الهادي؛ A: آسيا.

المصدر: FAO/ITPS (2015b, table 8, p. 67).

الحلول المستمدة من الطبيعة ومسألة المياه

1



برنامج اليونسكو العالمي لتقييم الموارد المائية |

ديفيد كوتس وريتشارد كونور

بمساهمة: جيوسيبي أردوينو (البرنامج الهيدرولوجي الدولي - اليونسكو) وكاي شفيرتسل (معهد جامعة الأمم المتحدة للإدارة المتكاملة لتدفقات المواد والموارد)²

إعادة تشجير غابات المانغروف

1-1 المقدمة

الحلول المستندة إلى الطبيعة مستوحاة من الطبيعة وتدعمها الطبيعة وتستخدم، أو تحاكي، العمليات الطبيعية للمساهمة في تحسين إدارة المياه. ولذلك، فإن السمة المميزة للحلول المستندة من الطبيعة ليست ما إذا كان النظام الإيكولوجي المستخدم "طبيعياً"، ولكن ما إذا كانت العمليات الطبيعية تدار على نحو استباقي لتحقيق هدف متعلق بالمياه. فالحلول المستندة من الطبيعة تستخدم خدمات النظام الإيكولوجي للمساهمة في تحقيق نتائج خاصة بإدارة المياه. ويمكن أن يتضمن الحل المستند من الطبيعة حفظ النظم الإيكولوجية الطبيعية أو إصلاحها و/أو تعزيز أو استحداث عمليات طبيعية في النظم الإيكولوجية المعدلة أو الاصطناعية. ويمكن تطبيق هذه الحلول على نطاق مصغر (المراحيض الجافة، مثلاً) أو على نطاق كلي (المسطح الطبيعي، مثلاً).

وفي هذا التقرير، يعبر عن النهج المستندة إلى الطبيعة باعتبارها "حلولاً" لإبراز مساهمتها الحالية والمحتملة في حل المشكلات أو التحديات الرئيسية المعاصرة لإدارة المياه أو التغلب عليها - وهي نقطة تركيز رئيسية في سلسلة التقرير العالمي عن تنمية الموارد المائية. بيد أنها يمكن أن تفيد أيضاً حيث لا توجد مشكلة أو صعوبة محلية شديدة فيما يتعلق بالمياه، على سبيل المثال من خلال تقديم منافع مشتركة محسنة لإدارة موارد المياه أو بوصفها مجرد خيار جمالي، حتى عندما تكون المكاسب في الإنتاجية هامشية.

وليس الاعتراف بدور النظم الإيكولوجية ومفهوم الحلول المستندة من الطبيعة وتطبيقها في مجال إدارة المياه بالتأكيد أمراً جديداً. فقد ترسخ دور النظم الإيكولوجية في العلوم الهيدرولوجية الحديثة منذ عقود. وقد تكون المصطلحات الخاصة بالحلول المستندة من الطبيعة ظهرت في زهاء عام 2016 (Cohen-Shacham et al., 2016)، ولكن تطبيق العمليات الطبيعية لإدارة المياه ربما يمتد لآلاف السنين. ولم تتطرق الإصدارات السابقة من سلسلة التقرير العالمي عن تنمية الموارد المائية إلى الحلول المستندة من الطبيعة إلا بإيجاز (وعادة باستخدام مصطلحات بديلة). غير أن ثمة اهتماماً متزايداً بسرعة بهذه الحلول سواء في منتديات

2 لا تمثل الآراء الواردة في هذا الفصل إلا آراء المؤلف (المؤلفين)، ولا يعني إيرادها أن جامعة الأمم المتحدة تؤيدها.



السياسة أو في الكتابات الفنية، وهو يمثل من بعض الأوجه رداً على الرأي القائل بأن إمكاناتها لا تحظى بالتقدير الكافي.

ويتجلى هذا في اعتماد خطة التنمية المستدامة لعام 2030، وأهداف التنمية المستدامة الواردة فيها، الغاية 6-6 ("حماية وترميم النظم الإيكولوجية المتصلة بالمياه، بما في ذلك الجبال والغابات والأراضي الرطبة والأنهار ومستودعات المياه الجوفية والبحيرات، بحلول عام 2020") لدعم تحقيق الهدف 6 من أهداف التنمية المستدامة ("كفالة توافر المياه وخدمات الصرف الصحي للجميع وإدارتها إدارة مستدامة")، بما في ذلك فيما يتعلق بالغايات الأخرى المعنية بمياه الشرب والصرف الصحي وجودة المياه وكفاءة استخدام المياه وإدارة المتكاملة للموارد المائية. واستجابة لذلك، فقد خُصّصت طبعة عام 2018 من التقرير العالمي عن تنمية الموارد المائية للحلول المستمدة من الطبيعة ويولى فيها اهتمام خاص لدور تلك الحلول في المساهمة في هذه الخطة.

وهناك دروس مهمة من التاريخ القديم تساعد في تحديد سياق هذا التقرير. فعدم استقرار العلاقة بين النظم الإيكولوجية والهيدرولوجيا ورفاه الإنسان، على سبيل المثال، يتجلى في انهيار "حضارات الأنهار العظيمة" الأولى على ضفاف دجلة والفرات والنيل والسند-الغانجيز والنهر الأصفر (Ito, 1997) الذي بدأت تغيرات هيدرولوجية وتناقص في معدل سقوط الأمطار تصل نسبته إلى 30 في المائة في منطقة من العالم تمتد من أوروبا إلى نهر السند (Cullen et al., 2000; Weiss and Bradley, 2001). وفي بعض الحالات، قد يكون التصحر الذي بدأ بالتغيرات في الأحوال الجوية المائية قد عجلت به التغيرات في استخدام الأراضي، بما في ذلك الإفراط في رعي الماشية، حيث سعت المجموعات المهاجرة التماساً لظروف زراعية أكثر ملاءمة (Weiss et al., 1993). ويمكن الرجوع بتاريخ مشابه إلى حضارة المايا (250-950 م)

في أمريكا الوسطى (Peterson and Haug, 2005). ومن المؤكد أنه على مدى فترة الألفي عام إلى ثلاثة آلاف عام الماضية، كلما أحدث البشر تغييراً في المسطحات الطبيعية، لأغراض الزراعة بصفة رئيسية، كان يلي ذلك تدهور قاعدة رأس المال الطبيعي وكان هذا التدهور يؤدي دائماً إلى فقدان القدرة الإنتاجية للأرض، مما يفضي في كثير من الأحيان إلى تصحرها والتخلي عنها (Montgomery, 2007). ويمكن استخلاص أوجه شبه بين البارحة واليوم. إذ تشير مجموعة متزايدة من الأدلة (كما جاء في المقدمة) إلى أنه، بينما بدأت البشرية في رسم مسارها عبر حقبة الأثرروبوسين، بدأت التحولات الأساسية في حالة النظم الأرضية ووظائفها تتجاوز نطاق التنوع الذي شهده عصر الهولوسين (Steffen et al., 2015).

2-1 مفاهيم وأدوات ونهج ومصطلحات متوافقة

هناك عدد من المفاهيم أو الأدوات أو النهج أو المصطلحات المماثلة للحلول المستمدة من الطبيعة أو الشبيهة بها أو المتوافقة معها قيد الاستخدام بين أوساط مختلف مجموعات أصحاب المصلحة أو المنتديات. فهي جميعاً تهدف، من خلال الاعتراف بالمساهمة التي يمكن أن تقدمها النظم الإيكولوجية، إلى إحداث توازن مع نهج للبنية التحتية المبنية أكثر اتساقاً بالطابع التكنوقراطي يميل إلى الهيمنة في مجال إدارة الموارد المائية. فالهيدرولوجيا والإيكولوجية هي علم تكاملي يركز على التفاعل بين الهيدرولوجيا والكائنات الحية (الإطار 1-1). ونهج النظم الإيكولوجية هو إطار مفاهيمي لحل قضايا النظام الإيكولوجي، اعتمدته اتفاقية التنوع البيولوجي (CBD, 1992) ويتوافق مع الاستخدام

الحكيم لمفهوم الأراضي الرطبة الوارد في اتفاقية رامسار بشأن الأراضي الرطبة (1971). وتشمل الإدارة القائمة على النظم الإيكولوجية والتكيف أو التخفيف القائم على النظم الإيكولوجية حفظ النظم الإيكولوجية وإدارتها وإصلاحها على نحو مستدام. وتصف التدفقات البيئية كميات تدفقات المياه اللازمة لدعم النظم الإيكولوجية للمياه العذبة ومصاب الأنهار وجودتها وأنماطها وخدمات النظم الإيكولوجية التي توفرها. أما المعالجة الإيكولوجية، والنباتية، والبيولوجية فهي مفاهيم تستخدم إصلاح النظام الإيكولوجي لإعادة منظومة متنوعة من المجتمعات النباتية في نظام إيكولوجي معين بحيث يتم تعزيز قدراته الدارئة أو العلاجية. ومن المفاهيم والأدوات والنهج الأخرى التي تتعلق جزئياً بالحلول المستمدة من الطبيعة الإصلاح الإيكولوجي، والهندسة الإيكولوجية، واستصلاح مسطحات الغابات، والبنية التحتية المراعية للبيئة أو الطبيعية، والحد من مخاطر الكوارث القائم على النظم الإيكولوجية وخدمات النظم الإيكولوجية المتعلقة بالتكيف مع تغير المناخ (Cohen-Shacham et al., 2016).

وتدعم الحلول المستمدة من الطبيعة الاقتصاد الدائري الذي يشجع على مزيد من إنتاجية الموارد بهدف الحد من الإهدار وتجنب التلوث، بطرق منها إعادة الاستخدام وإعادة التدوير، ويُقصد منه أن يكون إصلاحياً وتجديدياً، بعكس الاقتصاد الخطي الذي يتمثل في نموذج الإنتاج القائم على "الأخذ، والصنع، والتخلص". وتدعم الحلول المستمدة من الطبيعة أيضاً مفهومي النمو الأخضر أو الاقتصاد الأخضر، اللذين يعززان الاستخدام المستدام للموارد الطبيعية ويسخران العمليات الطبيعية لدعم الاقتصادات.

وتعترف الحلول المستمدة من الطبيعة بالنظم الإيكولوجية باعتبارها رأس مال طبيعياً، أو مخزون الموارد الطبيعية المتجددة وغير المتجددة (مثل النباتات والحيوانات والهواء والماء والتربة بأنواعها والمعادن) التي تجتمع لتؤتي الناس تدفقاً من المنافع (مقتبسة بتصرف من Jansson et al., 1994; Atkinson and Pearce, 1995). ويتزايد اعتراف مجموعة واسعة من أصحاب المصلحة بروتوكول رأس المال الطبيعي³، ومنها الشركات، وهو يدعم استخدام الحلول المستمدة من الطبيعة بتسليط الضوء على تدفق المنافع التي يمكن الحصول عليها عن طريق استخدام الطبيعة. ويساعد هذا الإطار، من خلال عملية قوية ومنظمة، على تنظيم الآثار الواقعة على رأس المال الطبيعي وأوجه الاعتماد عليه وتحييدها وقياسها وتقييمها ويمكن أن يحفز على الاستثمار في الحلول المستمدة من الطبيعة.

وتتسق الحلول المستمدة من الطبيعة مع معتقدات دينية أو ثقافية أو طوطمية عديدة تؤكد التصورات المتعلقة بالطبيعة بدلاً من قرارات الإدارة التي تدفع إليها النهج التكنوقراطية، إن لم تكن ضرورية لهذه المعتقدات. ذلك أن تلك الحلول تمثل نموذجاً عالمياً يعتمدته القادة العلمانيون والروحانيون الذين يقولون بصفة عامة إن التعدي على حدود الطبيعة هو خطيئة (أو ما يعادلها). فالقيم الموجودة في معظم الأديان، بما فيها الإسلام والبوذية والزرادشتية واليهودية والمسيحية، على سبيل المثال، تنادي بالمساواة بين الإنسان والطبيعة والاستخدام المناسب بدلاً من الإفراط في الاستخدام وبالتطهر بعد الاستخدام (Taylor, 2005). وبالمثل، فإن أمننا الأرض أو الطبيعة الأم تعبيران مجازيان شائعان عن الأرض ومحيطها الحيوي بوصفهما الشيء المانح والمديم للحياة. وقد تكون هذه المفاهيم مهمة على الصعيد المحلي أو الوطني أو الإقليمي

3 يمكن الاطلاع على مزيد من المعلومات عن رأس المال الطبيعي وروتوكول رأس المال الطبيعي في الموقع /naturalcapitalcoalition.org/protocol/.

الهيدرولوجيا الإيكولوجية

الهيدرولوجيا الإيكولوجية علم تكاملي يركز على التفاعل بين الهيدرولوجيا والكائنات الحية. وهي تسعى إلى تعزيز خدمات النظام الإيكولوجي في المسطحات الطبيعية المعدلة للحد من التأثيرات البشرية. وترمي النهج الكلية التي تدير الهيدرولوجيا والكائنات الحية إلى تحقيق الاستدامة في النظم الإيكولوجية وسكانها البشر، وتحسين الإدارة المتكاملة للموارد المائية. ويوفر علم الهيدرولوجيا الإيكولوجية المعارف الأساسية والأدوات التطبيقية اللازمة لتحقيق الهدف 6 من أهداف التنمية المستدامة المتعلق بالماء.

ويشجع علم الهيدرولوجيا الإيكولوجية على دمج مستجمع المياه وكائناته الحيوية في كيان واحد، ويصبح استخدام خصائص النظام الإيكولوجي أداة إدارية يمكن أن يعالج فيها علم الهيدرولوجيا الإيكولوجية الجوانب الأساسية لإدارة الموارد المائية. وهو يتيح أساساً علمياً سليماً لاعتماد المستجمع المائي باعتباره وحدة التخطيط الأساسية. وبإدماج مفهوم تحسين قدرة النظام البيئي على الصمود كأداة للإدارة، تعزز الهيدرولوجيا الإيكولوجية الأساس المنطقي لاعتماد نهج وقائي وكمي إزاء مستجمعات المياه - على عكس النهج التفاعلي والقطاعي والخاص بموقع معين المعتاد في الممارسات الحالية لإدارة الموارد المائية. وفي الوقت نفسه، تشدد الهيدرولوجيا الإيكولوجية على أهمية التدابير التكنولوجية الإيكولوجية كعنصر لا يتجزأ من إدارة المياه، مكملاً للنهج الهندسية القياسية/العادية (Zalewski, 2002). فضلاً عن ذلك، طور ميتش ويورجنسن (2004) تطبيق الهندسة الإيكولوجية، كإدارة الأراضي الرطبة مثلاً لتنقية المياه من أحمال المغذيات الزائدة بالاستناد إلى النظرية الإيكولوجية والنمذجة الرياضية.

وتعمل الهيدرولوجيا الإيكولوجية بمثابة عامل تسارع للانتقال من الإيكولوجيا الوصفية، وممارسات الحفظ التقييدية والإدارة الهندسية المفرطة للأنظمة الإيكولوجية المائية إلى الإيكولوجيا التحليلية/الوظيفية والإدارة الخلاقة وحفظ المياه العذبة (Zalewski et al., 1997).

الشكل | الهيدرولوجيا الإيكولوجية: الماضي والحاضر والمستقبل



ومنذ عام 2011، يقوم البرنامج الهيدرولوجي الدولي التابع لليونسكو بتشجيع إنشاء مواقع إرشادية مختلفة في أنحاء العالم لتطبيق حلول الهيدرولوجيا الإيكولوجية على نحو منهجي في مستجمعات المياه من جميع الأحجام. ويطبق الموقع الإرشادي الهيدرولوجيا الإيكولوجية في أهدافه الخاصة بالتعامل مع مسائل من قبيل تركيزات الملوثات والمغذيات، وتحسين جودة المياه، والتخفيف من الفيضانات، وفقدان قدرة النباتات على الاحتفاظ بالمياه، وما إلى ذلك. وتجري دراسة العمليات الهيدرولوجية والإيكولوجية من النطاق الجزيئي (العمليات الميكروبية) إلى نطاق مستجمعات المياه في الموائل المائية كالأراضي الرطبة والمستنقعات وأشجار المانغروف والأنهار من المنابع إلى السهول والمناطق الساحلية، من أجل إيجاد حلول طويلة الأجل تدمج فيها المكونات الاجتماعية. وتشمل المواقع الإرشادية مفهوم إمكانات النظام الإيكولوجي المحسنة، من خلال تطبيق الاستراتيجيات الهيدرولوجية الإيكولوجية، لتحقيق استدامة النظم الإيكولوجية المرتبطة بالمياه من أجل تحسين الإدارة المتكاملة للموارد المائية. ويطلق على هذه العملية WBSRC (W-الماء، B-التنوع البيولوجي، S-خدمات النظام الإيكولوجي، R-المرونة، C-الثقافة أو الجانب الاجتماعي)، وهي تحتوي على العناصر الخمسة التي ينبغي أخذها بعين الاعتبار في أثناء محاولة تعزيز القدرة الاستيعابية للنظم الإيكولوجية المعدلة.

إعداد: البرنامج الهيدرولوجي الدولي
التابع لليونسكو.

المصدر: (Zalewski et al. (1997, fig. 2, p. 13).

ويمكن أن تتفوق على النهج التي تعتمد على العلم والتكنولوجيا. ونظراً إلى أن هذا التقرير يذهب إلى أن الحلول المستمدة من الطبيعة ينبغي أن تعتمد أيضاً على العلم والاقتصاد السليمين، فإنها تقيم جسراً بين هذين النموذجين التقليدي والحديث. من بين أشياء أخرى، ويمكن أن يجعل ذلك من القادة الدينيين والثقافيين والطومبيين حلفاء أقوى في نشر هذه الحلول.

وتميل الحلول المستمدة من الطبيعة إلى الانسجام مع القوانين العرفية والمعارف التقليدية/المحلية التي يمكن أن تكون لها أهمية على الصعيد المحلي. وكذلك يمكن أن يكون النهج القائم على حقوق الإنسان لإدارة وحوكمة الموارد المائية متسقاً مع الحلول المستمدة من الطبيعة، خاصة إذا كان تركيزه على القوانين العرفية. ومن المسائل الإضافية المتعلقة بالحقوق التي يتعين النظر فيها الاعتراف بالحقوق الجماعية للشعوب الأصلية في الأراضي والأقاليم والموارد الطبيعية التي تشغلها وتستهلكها تقليدياً، وحققها في التنمية وفي التكيف مع تغير المناخ والتخفيف من آثاره. (إعلان الأمم المتحدة بشأن حقوق الشعوب الأصلية).

1-3 كيف تعمل الحلول المستمدة من الطبيعة

1-3-1 دور النظم الإيكولوجية في الدورة المائية

تؤثر الخصائص الفيزيائية والكيميائية والبيولوجية للنظم الإيكولوجية على جميع المسارات الهيدرولوجية في الدورة المائية (الشكل 1-1). وتؤثر العمليات البيولوجية في المسطحات الطبيعية، وخاصة في التربة، على جودة المياه أثناء تحركها من خلال النظام، وتؤثر أيضاً في تكوين التربة وتعريتها ونقل الرواسب والترسيب - وكل هذه الأمور يمكن أن تؤثر تأثيراً كبيراً على الهيدرولوجيا. وهناك أيضاً تدفقات كبيرة للطاقة مرتبطة بهذه الدورة الطبيعية: فالحرارة الكامنة التي تنطوي عليها عملية التبخر، على سبيل المثال، يمكن أن تمارس تأثيراً مبرداً وتمثل أساساً للحلول المستمدة من الطبيعة لتنظيم المناخات الحضرية مثلاً.

1-3-2 مكونات النظام الإيكولوجي الرئيسية المعنية

جميع أنواع النظم الإيكولوجية أو المناطق الأحيائية البرية الرئيسية، ومعظم الساحلية، تؤثر على المياه. والجزء الأكبر من تطبيقات الحلول المستمدة من الطبيعة، بما في ذلك المستخدمة في المسطحات الحضرية، تنطوي أساساً على إدارة الغطاء النباتي والتربة بأنواعها و/أو الأراضي الرطبة (بما في ذلك الأنهار والبحيرات).

الغطاء النباتي

تغطي النباتات زهاء 72% من الكتلة الأرضية العالمية (FAO/ITPS, 2015a). وتعرض جذوع النبات وأوراقه

التساقط (المطر أو الثلج) أو الرطوبة السحابية. وتؤثر النباتات في توافر المياه وفي المناخ من خلال وظائف النتج ومن ثم تزيل المياه من التربة والمياه الجوفية في بعض الأحيان. وتساهم جذور النباتات في بنية التربة وصحتها، ومن ثم تؤثر في تخزين/توفر المياه في التربة، وفي التسرب والرشح إلى المياه الجوفية. وفي جميع المسطحات الطبيعية باستثناء أشدها جفافاً أو المنجمدة، تنشئ شجوخة النبات الطبيعية طبقة حرجة من المواد العضوية التي تغطي التربة، وتنظم التعرية والتبخر من الأرض.

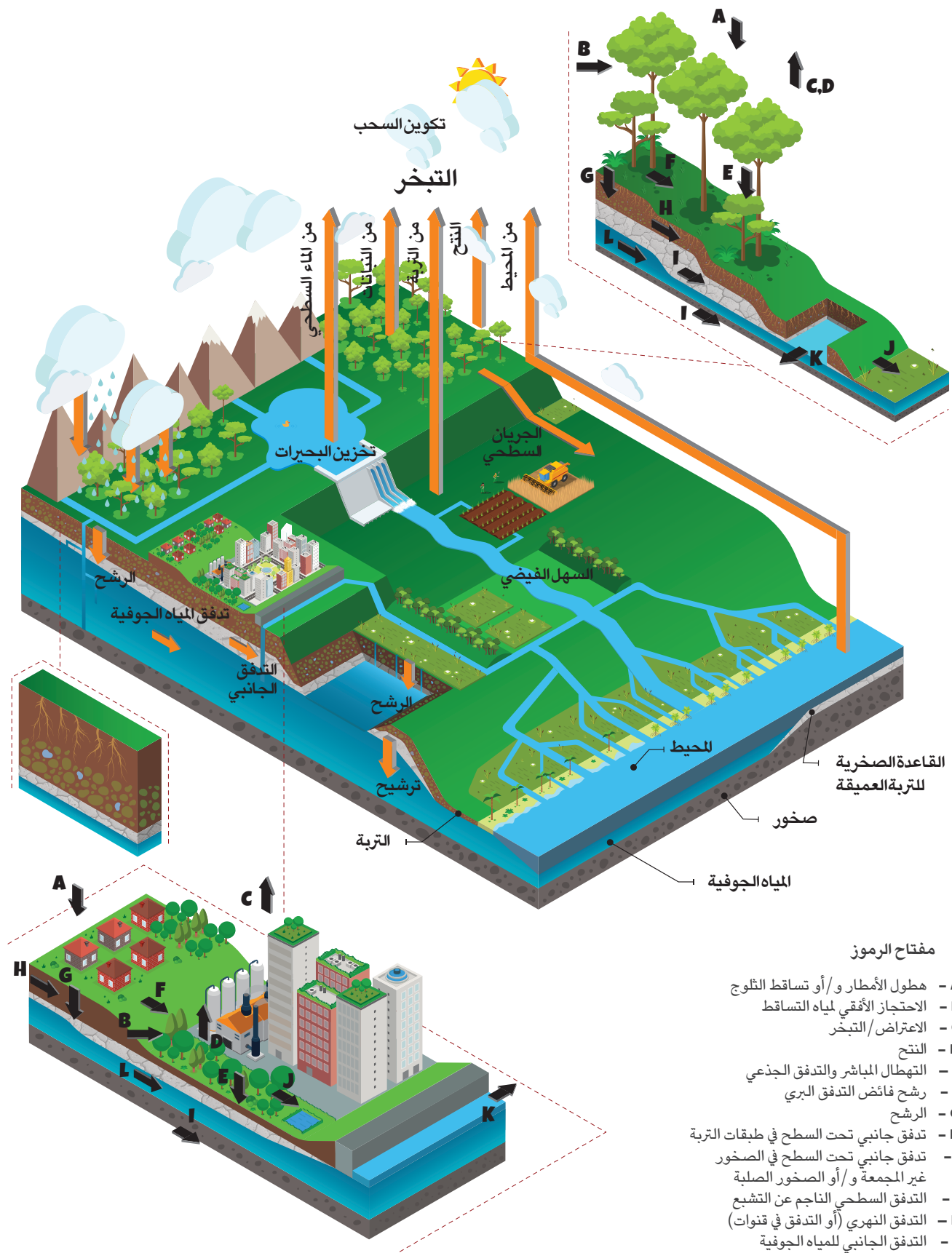
وتشتمل المسطحات الطبيعية عادةً على مجموعة متنوعة من فئات الغطاء النباتي، يمكن أن يكون لكل منها درجات مختلفة من التأثير

على الدورة المائية، التي تتأثر أيضاً بنظام الإدارة المعمول به. فكثيراً ما تحظى الغابات، مثلاً، بأكثر قدر من الاهتمام فيما يتعلق بالغطاء الأرضي والهيدرولوجيا، ولكن المراعي والأراضي الزراعية مهمة جداً كذلك. وعلى الرغم من استخدام الغابات على نطاق واسع بنجاح كحلول لأجل الاستصلاح، فقد وُجد أن استصلاح الأراضي العشبية والجنابات في هضبة لوس في الصين يحدث تحسينات في تخزين رطوبة التربة والحفاظ على التربة تتفوق إعادة التشجير في ذلك الموقع (Chen et al., 2010; Zhang et al., 2015). وتنتج المراعي الطبيعية أيضاً في العادة مياهاً عالية الجودة. غير أن ارتفاع تركيز النيتروجين والفسفور في الجريان السطحي، في حالة الأراضي العشبية التي تعالج بالسماد الطبيعي (كما هو الحال، مثلاً، في أوروبا الغربية والولايات المتحدة الأمريكية)، يمثل مشكلة كبيرة (Hahn et al., 2012). ويستدعي ذلك الأخذ في المسطحات الطبيعية بنهج هيدرولوجية يكون فيها الغطاء الأرضي وإدارة الأراضي هما محور الاهتمام ويُنظر في كل منهما من حيث الأداء المتوقع للمساح الطبيعية المعنى. والأهم من ذلك كله أنه يلزم تجنب الأرض الجرداء (ما لم تكن طبيعية، كما هو الحال في الصحارى أو القمم الجليدية، على سبيل المثال)، لأنها تعدّ مساهماً هاماً في تردي التربة/الأراضي، بما في ذلك زيادة التعرية وتقليل إنتاجية المياه (FAO/ITPS, 2015a).

التربة

تؤدي التربة بأنواعها دوراً رئيسياً، وكثيراً ما يتم التقليل من شأنه، في حركة المياه وتخزينها وتحويلها. وتشتمل التربة على نظم معيشية معقدة وترتبط عملياتها الهيدرولوجية ارتباطاً وثيقاً بسلامتها الإيكولوجية. ولا تتوقف كمية تسرب المياه أو تبخرها أو ترشحها خلال الأرض على الغطاء النباتي والمناخ فحسب، وإنما أيضاً على هندسة مساحة مسام التربة، ومن ثم على بنية التربة. وعلاوة على ذلك، فإن الأوضاع على سطح التربة (الغطاء النباتي، وبنية التربة، وما إلى ذلك) تتحكم في تقسيم الأمطار إلى جريان سطحي ورشح. وفي منطقة الجذور، تقسم بعد ذلك المياه المتسربة بين التبخر والنتج من جهة والترشيح العميق من جهة أخرى. ومن المعروف أن التغيرات في الإدارة والغطاء الأرضي تؤثر في بنية التربة ومن ثم تعدل خصائصها المذكورة. فسد مسامية التربة بالطرق والبنى التحتية الأخرى في المدن مثلاً، في حالة متطرفة، يقوض تماماً هيدرولوجيا التربة، وينجم عنه فقدان الرشح، ومن ثم يتم تحويل أمطار التساقط إلى الانسياب على سطح الأرض، مما يسهم في أحيان كثيرة في الفيضانات. وفصلاً عن ذلك، لسلامة التربة، وعلى وجه الخصوص قدرتها على دعم دوران المغذيات، تأثير كبير على جودة المياه، لا سيما في نظم الزراعة (FAO, 2011b).

وتعتبر منظومة التربة-الغطاء النباتي أول مستقبل لتساقط الأمطار والطاقة التي تهبط على اليابسة. والمنطقة الواقعة من النطاقات العلوية لمنسوب المياه الجوفية (أو الصخور القاعدية) إلى ما فوق الطبقة النباتية للتربة مباشرة بالغلة الأهمية للتحكم في كمية المياه الأرضية وجودتها (FAO/ITPS, 2015a). وما يقرب من 65% من المياه المتساقطة على اليابسة إما أن يُخترن داخل التربة والنباتات أو يتبخر منها (Oki and Kanae, 2006). وأكثر من 95% من المياه المخزنة على اليابسة مخزونة في منطقة الفادوز (الضلة) والمناطق المشبعة (المياه الجوفية) من التربة، باستثناء المياه التي لا تزال محفوظة في الأنهار الجليدية (Bockheim and Gennadiyev, 2010). وعلى الرغم من أن مياه التربة في الطبقة العليا، الأكثر احتواء على النشاط البيولوجي، لا تشمل سوى 0.05 في المائة فقط من مخزون المياه العذبة في العالم (FAO/ITPS, 2015a)، فإن



المصدر: برنامج اليونسكو العالمي لتقييم الموارد المائية.

تدفقات المياه والطاقة صعوداً وهبوطاً من خلال التربة هائلة والصلة قوية بينها. وتشير هذه الأرقام بوضوح إلى أهمية مياه التربة للتوازن بين اليابسة - الماء - الطاقة على كوكب الأرض، بما في ذلك التبادل بين مياه التربة وأمطار التساقط عن طريق النتح، وإمكانية الحصول على نتائج إيجابية مع ارتفاع درجة حرارة المناخ في المستقبل (Huntington, 2006).

الأراضي الرطبة

مع أن زهاء 2.6 في المائة فقط من الأراضي مغطاة بكتل المياه الداخلية (FAO/ITPS, 2015b)، فإن الأراضي الرطبة، بما في ذلك الأنهار والبحيرات⁴، تؤدي دوراً كبيراً وغير متناسب في مجال الهيدرولوجيا حسب الوحدة المساحية. وكثيراً ما يهرح حفظ الأراضي الرطبة بالعمليات الهيدرولوجية، بما في ذلك تغذية المياه الجوفية وتصريفها، وتغيير تدفق الفيضانات، وتثبيت الرواسب، وجودة المياه (Maltby, 1991). وتؤدي الأراضي الرطبة الساحلية كذلك دوراً مهماً في الحد من مخاطر الكوارث المتعلقة بالمياه: فأشجار المانغروف، على سبيل المثال، وإلى حد أقل مستنقعات المياه المالحة، يمكن أن تقلل من طاقة الأمواج والتيارات، وتثبت الرواسب بجذورها وتحد من مخاطر الفيضانات الناجمة عن اشتداد العواصف.

3-3-1 استخدام الأراضي وتغيير استخدامها

يدرس استخدام الأراضي وتغيير استخدامها بفعل الإنسان مباشرة تأثير المكونات الأرضية (بما في ذلك الغطاء الأرضي - كالغابات الطبيعية، مثلاً، في مقابل الأراضي الزراعية) للنظم الإيكولوجية، وفي بعض الحالات الأراضي الرطبة، على الهيدرولوجيا. ويمثل هذا الاستخدام أو التغيير فيه أحد العوامل الهامة التي تحدد الدورات المائية على جميع النطاقات المحلية والإقليمية والقارية.

وتقدم النظم البيئية مساهمات مهمة في إعادة تدوير مياه التساقط من النطاقات المحلية إلى القارية. وعلى مستوى العالم، تنشأ نسبة تصل إلى 40 في المائة من أمطار الهطول بفعل التبخر من الأرض في عكس اتجاه الريح، حيث يمثل هذا المصدر أكثر من نصف الأمطار التي تسقط في بعض المناطق؛ وينشأ الباقي من المحيطات (Keys et al., 2016). ويمكن أن تكون مساهمة الغطاء النباتي في هطول الأمطار على الصعيد المحلي أعلى من ذلك بكثير. بل إن هناك بعض مناطق يكون فيها الغطاء النباتي هو المصدر الرئيسي أو الوحيد للمياه السطحية المحلية، كما في حالة الغطاء النباتي الذي يلتقط الماء من السحب في موسم غياب التساقط المحلي (Hildebrandt and Eltahir, 2006). وقد يكون من الملائم النظر إلى الغطاء النباتي باعتباره "أداة لإعادة تدوير" المياه، بدلاً من اعتباره "مستهلكاً" لها (Aragão, 2012).

وعلى المستوى المحلي، يكون لإدارة المحاصيل والتربة في الحقول تأثير كبير على الهيدرولوجيا الميدانية المحلية (FAO, 2011b). وجدير بالذكر، أن جميع الأراضي الزراعية والمراعي، بغض النظر عن اتساع نطاقها، تخضع لإدارة نشطة وعادة ما تكون مكثفة. ومن العوامل التي تؤثر في هيدرولوجيا الأراضي الزراعية نوع المحصول واستخدام المواد الكيميائية، والمباعدة الزمنية بين المحاصيل، ودورة المحصول، وخاصة اضطراب التربة من خلال الحرث، من جملة تدخلات أخرى. ويمكن تعديلها جميعاً من أجل إدارة توفير المياه للمحاصيل وإعادة تغذية المياه الجوفية ومعدلات التبخر والجريان السطحي وتعرية التربة وتوافر المغذيات النباتية، من بين عوامل أخرى، وممارسة أشكال من التأثير الكبير في توافر المياه وجودتها سواء في داخل المزارع أو خارجها، بما في ذلك على نطاق المسطحات الطبيعية (FAO, 2011b).

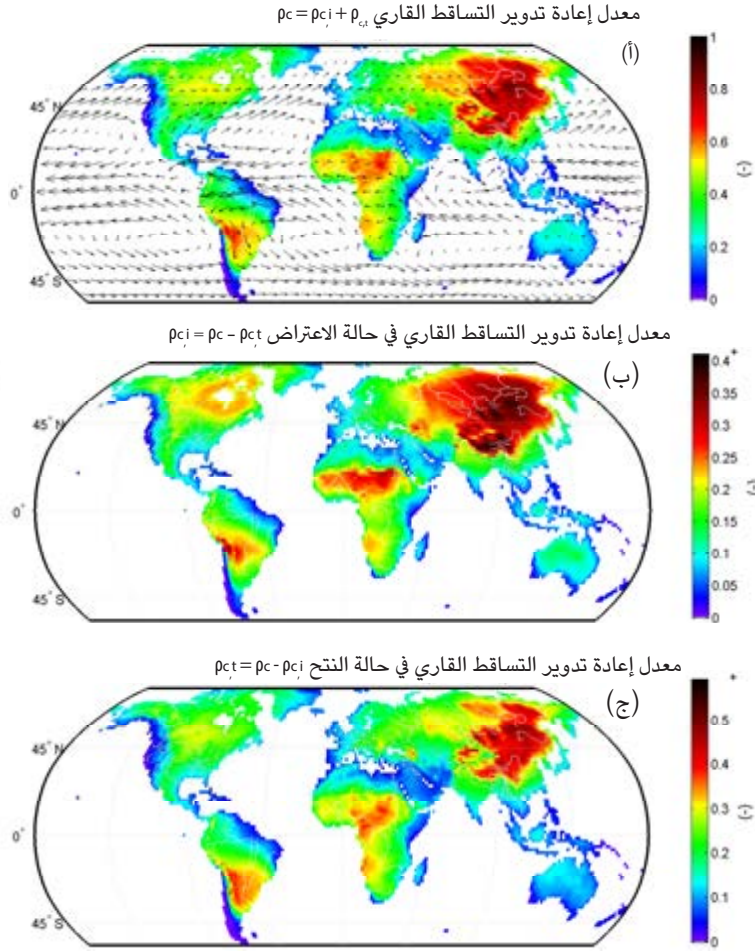
ويوضح الشكل 1-2 كيفية إعادة تدوير التساقط بالمقاييس القارية. ومن الأمثلة الأخرى على ذلك التبخر في حوض نهر الكونغو، الذي يعد مصدراً رئيسياً لهطول الأمطار في منطقة الساحل، وحوض ريو دي لا بلاتا في أوروغواي والأرجنتين، حيث تنشأ 70 في المائة من مياه الأمطار على هيئة تبخر من غابات الأمازون (Van der Ent et al., 2010). ومن هنا فإن إزالة الغابات وغير ذلك من سبل استخدام الأراضي وتغيير استخدامها التي تؤثر في دورة مياه الأمازون تهدد الإنتاج الزراعي خارج الأمازون (Nobre, 2014). وعلى غرار ذلك، يقوم خليج غينيا والرطوبة من جميع أنحاء وسط أفريقيا بدور هام في إحداث التدفقات المائية إلى النيل عبر المرتفعات الإثيوبية (Viste and Sorteberg, 2013). ومن المحتمل أن يكون لإزالة الغطاء النباتي أشد الآثار في هطول الأمطار في المناطق الأكثر جفافاً، مما يسهم في اشتداد ندرة المياه وتدهور الأراضي والتصحّر في تلك المناطق (Keys et al., 2016).

وعليه، قد يكون للقرارات المتعلقة باستخدام الأراضي في مكان ما نتائج هامة لموارد المياه والناس والاقتصاد والبيئة في أماكن بعيدة. وتؤدي إعادة تدوير مياه التساقط إلى أوجه ترابط بين بلدان لا يلزم بالضرورة أن تكون متجاورة ولا تشترك في نفس الحوض (الشكل 3-1). ويشكك تأثير استخدام الأراضي وتغيير استخدامها على حركة الرطوبة وتساقط المطر اللاحق في صحة اعتبار "مستجمع المياه" الوحدة المشتركة للإدارة. فاستخدام مستجمع المياه كوحدة ينطبق على أفضل نحو على إدارة المياه السطحية والجوفية، ولكن الإنجازات الحديثة في مجال الهيدرولوجيا قد كشفت عن وجود "مستجمعات مياه الغلاف الجوي" - أو ما يعرف كذلك باسم "مستجمعات التساقط" (Keys et al., 2017).

4-3-1 أوجه التباين في الهيدرولوجيا داخل أنواع النظم الإيكولوجية وفيما بينها

هناك درجة عالية من التباين في آثار النظم الإيكولوجية على الهيدرولوجيا سواء داخل أنواع النظم الإيكولوجية أو أنواعها الفرعية، وموقعها وحالتها، والمناخ والإدارة، أو فيما بينها. ويدعو ذلك إلى التزام الحذر تجنباً للفرضيات المعممة بشأن الحلول المستمدة من الطبيعة، نظراً إلى وجوب الإلمام بمواقع نشرها الميداني على وجه التحديد. فالأشجار، على سبيل المثال، يمكن أن تزيد تغذية المياه الجوفية أو تنقصها وفقاً لنوع الأشجار المعنية وكثافتها ومكانها (Borg et al., 1988; Ilstedt et al., 2016). وكذلك تتوقف علاقات الشجر - التربة والرطوبة - المياه الجوفية على حجم الأشجار المعنية وعمرها (Dawson, 1996). وعادةً ما تكون معدلات التبخر للغابات أعلى بكثير من المراعي حيث يتجاوز معدل الأمطار 2000 ملم في السنة، ولكن معدلاتهما متشابهة في المناطق التي يقل فيها معدل سقوط الأمطار عن 500 ملم

4 تعتمد اتفاقية رامسار بشأن الأراضي الرطبة (1971) تعريفاً واسعاً للغاية للأراضي الرطبة باعتبارها "مناطق الهور وأراضي الخث والأراضي المغمورة بالمياه، سواء بصورة طبيعية أو اصطناعية، دائمة أو مؤقتة، وسواء كانت هذه المياه راكدة أو جارية، عذبة أو خصماء أو مالحة، بما فيها مناطق المياه البحرية التي لا يتجاوز عمقها ستة أمتار في حالة الجزر" (المادة 1). وإن اعتمد هذا التعريف أيضاً في اتفاقية التنوع البيولوجي (1992)، استخدم أيضاً في هذا التقرير. ومن ثم، فإن "الأراضي الرطبة" تشمل الأنهار والبحيرات والخزانات وأشجار المانغروف والتربة المشبعة بصورة دائمة (خاصة الأراضي الخثية)، من بين أنواع أخرى. غير أن المصطلحات تختلف بين البلدان ومجموعات المستخدمين، ويرى الكثيرون أن الأراضي الرطبة تقتصر على المناطق الطبيعية الضحلة الكثيفة النباتات، مثل "المستنقعات" و"السبخات" و"الأهوار" وما إلى ذلك. لهذا يلزم توخي الحرص عند الإشارة إلى "الأراضي الرطبة" بصفة عامة أو مجموعة فرعية من الأراضي الرطبة - مع التحديد حسب الاقتضاء.



ملاحظة: ينتهي مقياس اللون في الحالة (ب) عند 0.41، وهو الكسر الممثل للمتوسط العالمي لتدفقات التبخر المباشر (الاعتراض)؛ وينتهي مقياس اللون للحالة (ج) عند 0.59، وهو الكسر الممثل للمتوسط العالمي لتدفق التبخر المتأخر (النتج). وتشير الأسهم في الحالة (أ) إلى تدفقات الرطوبة المتكاملة رأسياً.

المصدر: (Source: Van der Ent et al. (2014, fig. 2, p. 477).

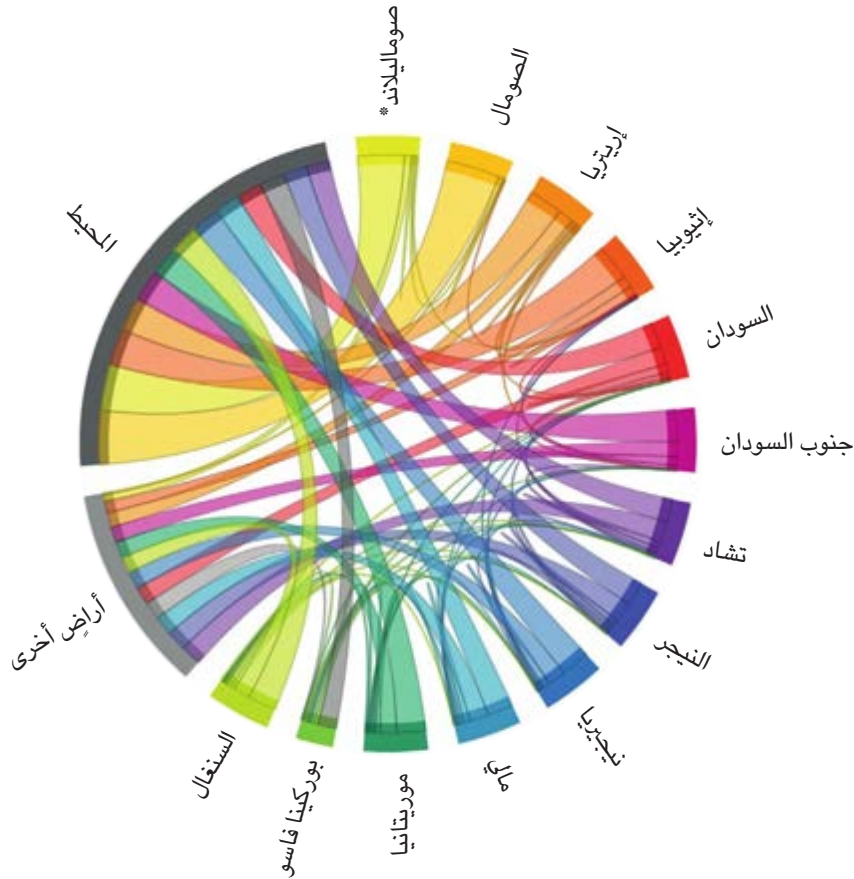
التربة من الكربون العضوي، ورطوبتها والرشح من خلالها، ومن ثم على الجريان والتعرية وإعادة تغذية المياه الجوفية (FAO, 2011b). وتؤثر هذه الأمور، مجتمعة، في جودة المياه، ولا سيما فيما يتعلق بتركيز المغذيات والترسيب (FAO/ITPS, 2015a). وبالمثل، تكون الغابات والأراضي العشبية والأراضي الرطبة في حالتها الطبيعية أكثر تنوعاً البيولوجي وتختلف ملامحها الهيدرولوجية وتقدم خدمات إيكولوجية أفضل بصفة عامة مما تكون عليه وهي خاضعة للإدارة أو عندما تضطرب أحوالها. وكذلك يعزز التنوع البيولوجي المرونة، أو قدرة النظام على التعافي من الضغوط الخارجية من قبيل حالات الجفاف أو أخطاء الإدارة (Fischer et al., 2006).

وثانياً، التنوع البيولوجي مهم للحلول المستمدة من الطبيعة من حيث تحقيق أهداف التنوع البيولوجي المتعلقة بـ "الحفظ"، بغض النظر عن دوره الوظيفي فيما يتعلق بالمياه. ونظراً إلى أن هذه الحلول تستند إلى توسيع نطاق النظام الإيكولوجي أو تعزيز حالته أو سلامته، فهي كقاعدة عامة تميل إلى دعم الحفاظ على التنوع البيولوجي باعتباره منفعة مشتركة كبيرة. غير أن هذا ليس بالضرورة صحيحاً دائماً. فعلى سبيل المثال، من شأن استخدام أراضي رطبة طبيعية موجودة للتعامل مع أحمال المغذيات الزائدة أن يغير من طابعها الإيكولوجي وبالتأكيد

في السنة (Zhang et al., 2001). وتشير التقارير على نطاق واسع إلى أن الأراضي الرطبة "تعمل كالإسفنج"، ومن ثم تحد من الفيضانات وتمنع حالات الجفاف، ولكن بعض الأراضي الرطبة في أعالي الأنهار يمكن أن تزيد من الفيضانات في مجرى النهر (Bullock and Acreman, 2003). وكذلك يختلف الأداء الهيدرولوجي للتربة اختلافاً كبيراً بين أنواع التربة وحالتها وإدارتها (FAO/ITPS, 2015a). فلا ينبغي أن يفترض أن النظم الإيكولوجية "الطبيعية" هي بالضرورة أفضل من حيث الهيدرولوجيا. فالكثير يتوقف على ما هو مطلوب من المنطقة أو المسطح الطبيعي، بما في ذلك الفوائد غير الهيدرولوجية ومدى تناسبها مع تكاليف الإدارة الشاملة.

5-3-1 دور التنوع البيولوجي

التنوع البيولوجي مهم للحلول المستمدة من الطبيعة من ناحيتين. فهو، أولاً، يؤدي دوراً وظيفياً في تلك الحلول يدعم من خلاله عمليات النظام الإيكولوجي ووظائفه، وهو ما يمكن ذلك النظام الإيكولوجي من تقديم خدماته (Hooper et al., 2005). فالكائنات الحية الموجودة في التربة، على سبيل المثال، تمثل مجتمعاً حياً مهماً في منظومة التربة، يوفر مجموعة واسعة من خدماتها الأساسية من خلال تشكيل القدرات الأيضية ووظائف التربة (Van der Putten et al., 2004). وترتبط التخفيضات في التنوع البيولوجي للتربة عادةً بآثار سلبية على محتوى



ملاحظة: يقابل عرض التدفق الجزء الذي يتلقاه البلد/ [الإقليم] من التساقط. ويقابل لون التدفق البلد/ [الإقليم] الذي يكون فيه تدفق الرطوبة هذا في شكل تساقط. وعندما يتبادل بلدان/ [إقليمان] الرطوبة فيما بينهما، يقابل لون ذلك التدفق البلد الذي يتلقى الجزء الأكبر (الصافي) في صورة مطر. وقد أدرجت البلدان/ [الأقاليم]، بدءاً من المحيط، في اتجاه عقارب الساعة من الشرق إلى الغرب.

* صومالييلاند هي منطقة ذاتية الحكم في الصومال، تخضع للحكومة الاتحادية الصومالية.

المصدر: © 2017. Keys et al. (2017, fig. 6, p. 18). أعيد طبعها بإذن من Elsevier.

المائية (Perrot-Maitre and Davies, 2001)، أو خدمات النظم الإيكولوجية المتعلقة بالمياه (Coates et al., 2013). وترد بعض هذه الخدمات الرئيسية في الجدول 1-1.

وتبسيطاً للأمور، يمكن تجميع خدمات النظام الإيكولوجي المتعلقة بالمياه في الخدمات التي تتعلق بحركة المياه (مثل التبخر، والتدفق البري والتسرب إلى باطن الأرض)، وتخزين المياه (أساساً في التربة والمياه الجوفية والأراضي الرطبة) أو تحويل المياه، بما في ذلك جودتها (Acreman and Mountford, 2009). وتحدد هذه العناصر مجتمعة الأبعاد الثلاثة للتحديات المتعلقة بالموارد المائية في معظم القطاعات والمشاكل، إن لم يكن فيها جميعاً، وهي: توفر المياه (العرض أو الكمية)، وجودة المياه، والتخفيف من المخاطر والظواهر البالغة الشدة (بما في ذلك مخاطر الكوارث المتعلقة بالمياه). ومن ثم، يستكشف الفصل الثاني والثالث والرابع من هذا التقرير الكيفية التي تساهم بها الحلول المستمدة من الطبيعة بخدمات النظام الإيكولوجي للمساعدة في إدارة المياه في هذه المجالات الثلاثة، وكيفية تقديمها مساهمات كبيرة في مواجهة التحديات الرئيسية المتعلقة بإدارة الموارد المائية، ومنها: جودة مياه الشرب؛ وتوفير السياقات الاجتماعية والاقتصادية التي تقع فيها خدمات النظام الإيكولوجي مهمة من حيث تصميم الحلول المستمدة من الطبيعة التي

من التنوع البيولوجي الذي تدعمه. ويتوقف ما إذا كان ينبغي القيام بذلك على القدرة الاستيعابية المحتملة للأراضي الرطبة، ونقاط التحول المحتملة في النظام الإيكولوجي وما هو مرغوب فيه من خصائص واستخدامات للأراضي الرطبة (WWAP, 2017). ففي أوروبا، يمكن أن يؤدي استصلاح الأراضي الزراعية غير المستغلة استغلالاً كافياً بجعلها مناطق أقرب إلى الطبيعة، كمناطق شاطئية لحماية الأنهار أو لتحسين خدمات مستجمعات المياه، مثلاً، إلى فقدان التنوع البيولوجي الفريد في حالات كان يلزم فيها الاستزراع للحفاظ عليه (CBD, 2015). وتدعو هذه الملاحظات إلى الحرص، عند الاقتضاء، على إدراج التنوع البيولوجي في عمليات التقييم المتعلقة بأثر الحلول المستمدة من الطبيعة، وحيثما تدعو الحاجة، إدراج ضمانات التنوع البيولوجي في تطبيقات هذه الحلول.

3-1-6 وظائف النظام الإيكولوجي وعمله وفوائده للناس (خدمات النظام الإيكولوجي)

يمكن إدارة عمليات النظم الإيكولوجية ووظائفها المتعلقة بالمياه لتحقيق منافع للناس باعتباره "خدمات النظام الإيكولوجي". وتعتمد جميع خدمات النظام الإيكولوجي على المياه، ولكن بعض الخدمات المحددة التي يؤديها النظام الإيكولوجي تؤثر مباشرة في توافر المياه وجودتها، ويشار إليها بأسماء مختلفة، مثل خدمات مستجمعات المياه (Stanton et al., 2010)، أو الخدمات

الفئة التي تنتمي إليها خدمة النظام الإيكولوجي		مثال على وظائف النظام الإيكولوجي ومنافعه
خدمات النظم الإيكولوجية المتعلقة بالمياه*		
خدمات التزويد/التزويد - منتجات يتم الحصول عليها من النظم البيئية		
إمدادات المياه العذبة	توفير المياه العذبة للاستهلاك البشري والاحتياجات البشرية	
الخدمات التنظيمية - المنافع التي يتم الحصول عليها من تنظيم عمليات النظام البيئي		
تنظيم المياه	تنظيم وجود المياه عبر الزمان والمكان - المياه السطحية وتصريف المياه الجوفية/إعادة تغذيتها	
تنظيم التعرية	تثبيت التربة (يرتبط بتنظيم المخاطر الطبيعية ويدعم خدمات التزويد)	
تنظيم الرواسب	تنظيم تكوين الرواسب وتدفعها عن طريق المياه خلال النظام، بما في ذلك الترسيب للحفاظ على الأراضي الرطبة والأراضي المبنية الساحلية	
تنقية المياه ومعالجة النفايات	امتصاص ومعالجة المغذيات والملوثات والاحتفاظ بها، وترسيب الجسيمات	
- تنظيم المخاطر الطبيعية	- الحد من مخاطر الكوارث المتعلقة بالمياه	
- حماية السواحل	- إضعاف/تبيد الأمواج، وصدّ الرياح	
- الوقاية من الفيضانات	- تخزين المياه أو إبطاء تدفقها للحد من ذرى الفيضانات	
- الحماية من الجفاف	- توفير مصادر المياه خلال فترات الجفاف	
تنظيم المناخ/إعادة تدوير الرطوبة	التأثير في التساقط والرطوبة على المستويين المحلي والإقليمي وإحداث آثار التبريد المحلي/الإقليمي من خلال التبخر	
خدمات النظم الإيكولوجية التي تعتمد على المياه (خدمات أخرى أو منافع مشتركة)**		
خدمات التزويد/التزويد - المنتجات التي يتم الحصول عليها من النظم الإيكولوجية		
الغذاء والألياف	مصادر الأسماك، المنتجات الزراعية، موارد الغابات غير الخشبية	
الطاقة	الطاقة الكهربائية المائية والطاقة الأحيائية	
الموارد الجينية	مصدر للمواد الوراثية، على سبيل المثال للزراعة والأدوية	
المواد الكيميائية الحيوية والأدوية الطبيعية والمستحضرات الصيدلانية	الكيمائيات والأدوية والمستحضرات الصيدلانية المشتقة من الأحياء الحية	
الخدمات التنظيمية - المنافع التي يتم الحصول عليها من تنظيم عمليات النظام الإيكولوجي		
تنظيم جودة الهواء	تدوير ثاني أكسيد الكربون والأكسجين، والتحكم في تلوث الهواء	
تنظيم المناخ	فصل/عزل الكربون - تنظيم انبعاثات غازات الدفيئة وإطلاقها في الغلاف الجوي	
مكافحة الآفات والأمراض	التأثير على وجود ومدى وشدة الآفات والأمراض البشرية والنباتية والحيوانية	
	الإدارة المتكاملة للآفات على نحو يعزز التنظيم الطبيعي للآفات يمكن أن تقلل من استخدام مبيدات الآفات	
	- تحسين جودة المياه وحالة التربة ودورها في تدوير المياه	
التلقيح	استدامة التلقيح الحيواني للنباتات لدعم إنتاج المحاصيل والتنوع البيولوجي	
خدمات الدعم - الخدمات الضرورية لتوفير جميع الخدمات الأخرى		
تدوير المغذيات	يحافظ على الأداء الكلي للنظام الإيكولوجي	
الإنتاج الأولي	يدعم كل الحياة على الأرض	
تكوين التربة	يحافظ على الإنتاج العادي للتربة لدعم معظم خدمات النظام الإيكولوجي الأرضية الأخرى	
الخدمات الثقافية - الفوائد غير المادية التي يمكن أن يستمدّها الناس من النظم الإيكولوجية		
القيم الروحية والدينية والطوطمية	المعتقدات التي تعتمد على وجود النظم الإيكولوجية (الطبيعة)	
القيم الجمالية	الفوائد المستمدة من النظم الإيكولوجية التي تعتبر جميلة أو جذابة أو موضع تقدير بصري، وما إليها	
الترفيه والسياحة البيئية	المنافع الاجتماعية الاقتصادية (مثل سبل المعيشة) القائمة على السياحة والترفيه، بما في ذلك الرياضة (مثل الصيد الترفيهي)	

* خدمات النظم الإيكولوجية المتعلقة بالمياه هي الخدمات التي تؤثر مباشرة في كمية المياه وجودتها، ومن ثم تدعم الحلول المستمدة من الطبيعة.

** خدمات النظم الإيكولوجية المعتمدة على المياه هي الخدمات التي تعتمد على المياه ولكنها لا تؤدي دوراً، أو تؤدي دوراً محدوداً، في كمية المياه أو جودتها وهي من الفوائد المشتركة للحلول المستمدة من الطبيعة

المصدر: استناداً إلى (2012) Russi et al. (2005) Millennium Ecosystem Assessment.

حلول البنية التحتية الطبيعية أو المراعية للبيئة لإدارة المياه على نطاق المسطحات الطبيعية



المصدر: Infographic 'Natural Infrastructure for Water Management', © IUCN Water 2015

الأهداف في مجالات متعددة للسياسة العامة (الجدول 2-1). ويمكن للبنية التحتية المراعية للبيئة في حال نشرها على مساحات أكبر أن توفر منافع على مستوى المسطحات الطبيعية (الشكل 4-1).

وما برحت مسألة ما إذا كان يفضل الأخذ بحلول البنية التحتية المراعية للبيئة أو الرمادية محل نقاش (Palmer et al., 2015). فالمنظور "الرمادي" يرى أن الروابط الواسعة بين البنية التحتية الرمادية المتعلقة بالمياه والتنمية الاقتصادية مستقرة على نحو لا بأس به، وأن التنمية الاقتصادية والاجتماعية تتقلص في البلدان التي تفقر إلى البنية التحتية الرمادية الكافية لإدارة المياه، مما يجعل العديد من البلدان النامية "رهينة لهيكلها" وأن هناك لذلك حاجة إلى مزيد من البنى التحتية الرمادية (Muller et al., 2015). ويدعى جزئياً إلى الأخذ بنهج يقوم على الحلول المستمدة من الطبيعة بسبب الآثار البيئية والاجتماعية السلبية المرتبطة بتطبيق البنية التحتية الرمادية على نطاق واسع. وتتمثل الحجة المقدمة في هذه الحالة في أن إعادة تصميم النهج التقليدية أمر مطلوب، بحيث يعمل النهج بالتآزر مع النظم الطبيعية وليس ضدها، وتوفر فيه الحلول المستمدة من الطبيعة بدائل أو مكملات للبنية التحتية الرمادية، لأن تلك الحلول يمكن أن تكون مساوية لها أو تفوقها فعالية من حيث التكلفة وأن توفر العديد من المنافع المشتركة التي كثيراً ما تُنسى عندما يضيق تعريف إدارة المياه وتطبيقها

لا تقتصر على تلبية الاحتياجات المجتمعية ولكن يمكن أيضاً تنفيذها بفعالية. فعلى سبيل المثال، عندما يُقترح إصلاح النظام الإيكولوجي لتصحيح مشكلة ناجمة عن خسارة سابقة في خدمات هذا النظام، من الضروري أن يُعرف العوامل المباشرة وغير المباشرة التي تسببت في هذه الخسارة. وما لم تتم معالجة هذه العوامل، فمن غير المحتمل أن تنجح الحلول المستمدة من الطبيعة.

7-3-1 البنية التحتية المراعية للبيئة (الخضراء)

تشير البنية التحتية المراعية للبيئة (فيما يتعلق بالمياه) إلى النظم الطبيعية أو شبه الطبيعية التي توفر خيارات لإدارة الموارد المائية مصحوبة بفوائد مكافئة أو مشابهة للبنية التحتية الرمادية التقليدية (المبنية/المادية) المتعلقة بالمياه. والبنية التحتية المراعية للبيئة هي تطبيق لأحد الحلول المستمدة من الطبيعة. وكثيراً ما يستخدم مصطلحاً *البنية التحتية الإيكولوجية والبنية الطبيعية* لوصف أصول متماثلة. وتنطوي حلول البنية التحتية المراعية للبيئة في العادة على بذل جهد مقصود وواع للاستفادة من خدمات النظام الإيكولوجي لتوفير منافع أولية خاصة بإدارة المياه فضلاً عن مجموعة واسعة من الفوائد الثانوية، وذلك باستخدام نهج أكثر شمولاً (UNEP-DHI/IUCN/TNC, 2014). ويتزايد الاعتراف بالبنية التحتية المراعية للبيئة باعتبارها فرصة مهمة للتعامل مع التحديات المعقدة لإدارة المياه ويمكن استخدامها لدعم

حل البنية التحتية الرمادية المقابل (على مستوى الخدمة الأولية)	الموقع				الحل القائم على البنية التحتية المراعية للبيئة	المسألة المتعلقة بإدارة المياه (الخدمة الأولية التي يتعين توفيرها)
	البحر	السهل الفيضي	مستجمع المياه	الجزيرة		
السدود وضخ المياه الجوفية نظم توزيع المياه					التشجير/إعادة التشجير وحفظ الغابات	تنظيم إمدادات المياه (بما في ذلك التخفيف من حدة الجفاف)
					إعادة ربط الأنهار بالسهول الفيضية	
					استصلاح الأراضي الرطبة/حفظها	
					بناء الأراضي الرطبة	
					تجميع المياه*	
					المساحات الخضراء (التخلص من الملوثات والترسيب في مياه العواصف، والرشح)	
					الأرصقة النفاذة*	
محطة لمعالجة المياه					التشجير/إعادة التشجير وحفظ الغابات	تنقية المياه
					الواجهات الشاطئية	
					إعادة ربط الأنهار بالسهول الفيضية	
					استصلاح الأراضي الرطبة/حفظها	
					بناء الأراضي الرطبة	
					المساحات الخضراء (القضاء على التلوث والترسيب، والرشح)	
					الأرصقة النفاذة*	
تعزيز المنحدرات					التشجير/إعادة التشجير وحفظ الغابات	مكافحة التعرية
					الواجهات الشاطئية	
					إعادة ربط الأنهار بالسهول الفيضية	
محطة لمعالجة المياه					التشجير/إعادة التشجير وحفظ الغابات	التحكم البيولوجي
					الواجهات الشاطئية	
					إعادة ربط الأنهار بالسهول الفيضية	
					استصلاح الأراضي الرطبة/حفظها	
					بناء الأراضي الرطبة	
السدود					التشجير/إعادة التشجير وحفظ الغابات	التحكم في درجة حرارة الماء
					الواجهات الشاطئية	
					إعادة ربط الأنهار بالسهول الفيضية	
					استصلاح الأراضي الرطبة/حفظها	
					بناء الأراضي الرطبة	
					المساحات الخضراء (تظليل طرق المياه)	
السدود والحواجز					التشجير/إعادة التشجير وحفظ الغابات	السيطرة على الفيضانات النهرية
					الواجهات الشاطئية	
					إعادة ربط الأنهار بالسهول الفيضية	
					استصلاح الأراضي الرطبة/حفظها	
					بناء الأراضي الرطبة	
البنية التحتية لمياه العواصف في المناطق الحضرية					إنشاء مسارب للفيضانات	التخفيف من حدة الظواهر المطرطفة (الفيضانات)
					الأسطح الخضراء	
					المساحات الخضراء (الوقاية من التلوث ومنع الترسيب، والرشح)	
					تجميع المياه*	
الحواجز البحرية					الأرصقة النفاذة*	السيطرة على الفيضانات (العواصف) الساحلية
					حماية/استصلاح أشجار المانغروف والمستنقعات الساحلية والكثبان	
					حماية/استصلاح الشعاب المرجانية (المرجان/المحار)	

* العناصر المبنية التي تتفاعل مع السمات الطبيعية لتعزيز خدمات النظام الإيكولوجي المتعلقة بالمياه.

المصدر: UNEP-DHI/IUCN/TNC (2014, table 1, p. 6).

(WWAP, 2016). ويمكن أن تكون لبعض هذه الفوائد قيمة كبيرة وأن تميل بقرارات الاستثمار لصالح الحلول المستمدة من الطبيعة. ومن الميزات الرئيسية الأخرى للحلول المستمدة من الطبيعة الطريقة التي تساهم بها في بناء مرونة النظام بأسره.

يشمل الجزء الأكبر من تطبيقات الحلول المستمدة من الطبيعة، بما في ذلك في المسطحات الطبيعية الحضرية، بصورة أساسية إدارة الغطاء النباتي والتربة و/أو الأراضي الرطبة (بما في ذلك الأنهار والبحيرات)

4-1 الاهتمام المتزايد بالحلول المستمدة من الطبيعة

1-4-1 البيئة والتنمية والمياه

في المراحل المبكرة من خطة التنمية الحديثة، كانت العلاقة بين التنمية والبيئة توصف بأنها علاقة مقايضة، وخاصة فيما يتعلق بالمياه. وكانت التأثيرات البيئية معروفة جيداً ولكنها تعتبر تكلفة مقبولة للتنمية. وفي الآونة الحديثة، تحول الحوار المتعلق بالمياه والبيئة تحولاً كبيراً نحو الطرق التي يمكن بها إدارة البيئة لدعم الاحتياجات البشرية من المياه (الشكل 1-5). ويمكن تتبع تحول مماثل في الاهتمام لدى أوساط الأعمال التجارية ومختلف المنظمات المتعلقة بالسياسات. وتتمثل النتيجة الصافية في تحول كبير نحو الحلول المستمدة من الطبيعة في الأزمنة الحديثة وبوجه خاص خلال السنوات العشر الماضية.

1-4-2 بيان جدوى الحلول المستمدة من الطبيعة

تهتم مؤسسات الأعمال اهتماماً متزايداً بالاستثمار في رأس المال الطبيعي والحلول المستمدة من الطبيعة، مدفوعة في ذلك ببيان مقنع بجودها⁵. ومن العوامل التجارية التي تدفع للأخذ بالحلول المستمدة من الطبيعة ما يلي: قيود الموارد؛ والمتطلبات التنظيمية؛ وتغير المناخ والظواهر المناخية القاسية؛ واهتمامات الجهات صاحبة المصلحة؛ والفوائد المالية المباشرة؛ البيئية المشتركة؛ والمكاسب التشغيلية والمالية والمتصلة بالسمعة المتأتية من المنافع الاجتماعية المشتركة.

1-4-3 الاتفاقات البيئية المتعددة الأطراف والأطر العالمية المتعلقة بالأمن الغذائي والحد من مخاطر الكوارث وتغير المناخ

يمكن تتبع جدول زمني في هذا الصدد من خلال خطة البحوث، مع إيلاء الاهتمام لمصطلح الحلول المستمدة من الطبيعة أو المصطلحات المماثلة التي نشأت في نحو عام 1990 (بالتزامن مع مؤتمر الأمم المتحدة للتنمية المستدامة لعام 1992، الذي انبثقت من خلاله اتفاقية التنوع البيولوجي (1992)، واتفاقية الأمم المتحدة لمكافحة التصحر (1994) واتفاقية الأمم المتحدة الإطارية بشأن تغير المناخ (1992))، وأخذت في الازدياد من الفترة 2000-2005 فما بعدها (الشكل 1-6). وكان أحد العوامل الرئيسية في ذلك تزايد الاهتمام بمفهوم خدمات النظام الإيكولوجي من زهاء عام 2000 فصاعداً وتحسين الجهود المبذولة لتقييمها، الأمر الذي مكّن من تحسين التواصل مع واضعي السياسات. وكان أحد المعالم البارزة هو تقييم النظام البيئي للألفية (2005).

وقبل عام 2010، تناولت اتفاقية التنوع البيولوجي المياه العذبة إلى حد بعيد من منطلق التخفيف من آثار إدارة المياه على التنوع البيولوجي. ولكن بالتوازي مع الجهود الأوسع نطاقاً التي بُذلت لربط التنوع البيولوجي على نحو أكثر وضوحاً بالتنمية، كان من المعالم

(Palmer et al., 2015). بيد أن الجدل حول البنية التحتية المراعية للبيئة مقابل الرمادية يمثل ثنائية مصطنعة (McCartney and Dalton, 2015). فهو يوحي بأن من الضروري اختيار إحداهما أو الأخرى، في حين أن الخيار عادة ما يكون في الواقع هو أي مزيج منهما هو الأنسب وبأي درجة. وهناك أمثلة تقدم فيها النهج المستمدة من الطبيعة الحل الرئيسي أو الوحيد القابل للتطبيق (كاستصلاح المسطحات الطبيعية، مثلاً، لمكافحة تدهور الأراضي والتصحر) وأمثلة لا يفي بالغرض فيها سوى حل رمادي (على سبيل المثال، توفير المياه للأسر المعيشية من خلال الأنابيب والصنابير)، ولكن البنية التحتية المراعية للبيئة والرمادية، في معظم الحالات، يمكن بل وينبغي أن تعمل معاً. وعلى أي حال، فإن إدارة المياه تقوم بالفعل على مزيج من الأخضر والرمادي، لأن النظم الإيكولوجية هي دائماً مصدر المياه التي تتم إدارتها لاحقاً عن طريق البنية التحتية الرمادية. ومن أفضل الأمثلة على نشر الحلول المستمدة من الطبيعة الطرق التي يمكن أن تُستخدم بها لتحسين أداء البنية التحتية الرمادية. فقد ازداد متوسط العمر الاقتصادي المتوقع لسد إيتايبو للطاقة الكهرومائية في البرازيل/باراغواي، مثلاً، وهو واحد من أكبر السدود في العالم، ستة أضعاف بتطبيق ممارسات محسنة لإدارة المسطحات الطبيعية والزراعة في مستجمع المياه للحد من الترسيب في الخزان، مع تحسين إنتاجية المزارع ودخول المزارعين في الوقت نفسه (Kassam et al., 2012).

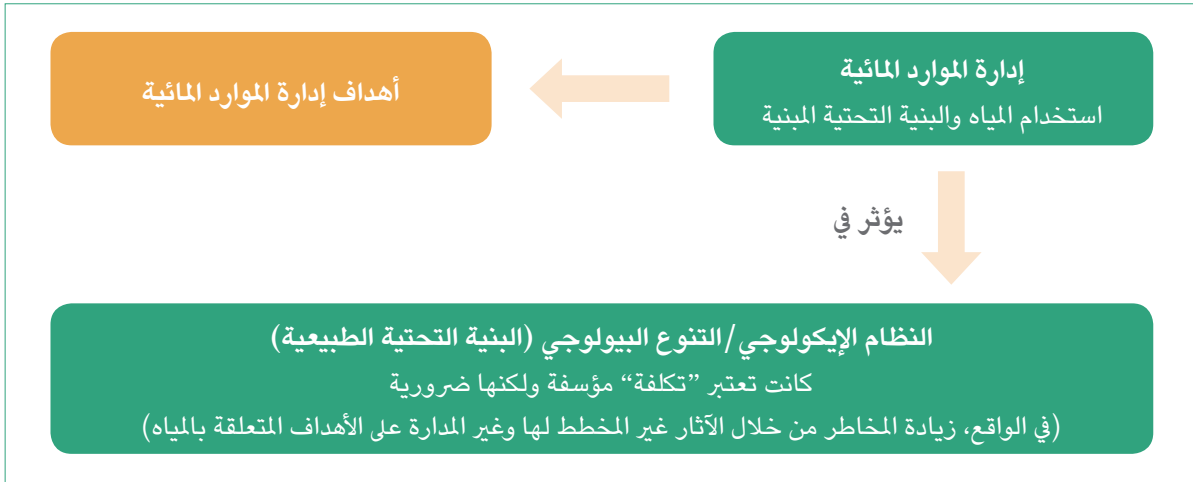
1-3-8 المنافع المشتركة للحلول المستمدة من الطبيعة

تتمثل إحدى السمات الرئيسية للحلول المستمدة من الطبيعة في أنها تقدّم في العادة مجموعات من خدمات النظام الإيكولوجي (الجدول 1-1) معاً - حتى عندما تكون إحداها فقط هي المستهدفة بالإدارة. وعادة ما تقدم الحلول المستمدة من الطبيعة فوائد متعددة متعلقة بالمياه، وتساعد في كثير من الأحيان على معالجة كمية المياه وجودتها ومخاطرها في وقت واحد. وهي، فضلاً عن ذلك، كثيراً ما تقدم منافع مشتركة خارج نطاق خدمات النظام الإيكولوجي المتعلقة بالمياه. إذ يمكن للأراضي الرطبة المبنية المستخدمة لمعالجة مياه الصرف، على سبيل المثال، أن توفر الكتلة الأحيائية اللازمة لإنتاج الطاقة (Avellán et al., 2017). ويمكن أن يؤدي إنشاء نظام إيكولوجي أو استصلاحه إلى إيجاد أو تحسين مصائد الأسماك، وموارد الغابات الخشبية وغير الخشبية، والتنوع البيولوجي، والقيم الجمالية والخدمات الثقافية والترفيهية للمسطحات الطبيعية، ويمكن لتلك بدورها أن تؤدي إلى فوائد اجتماعية واقتصادية إضافية تشمل تحسين سبل المعيشة والحد من الفقر فضلاً عن استحداث فرص عمل جديدة وإيجاد وظائف لائقة

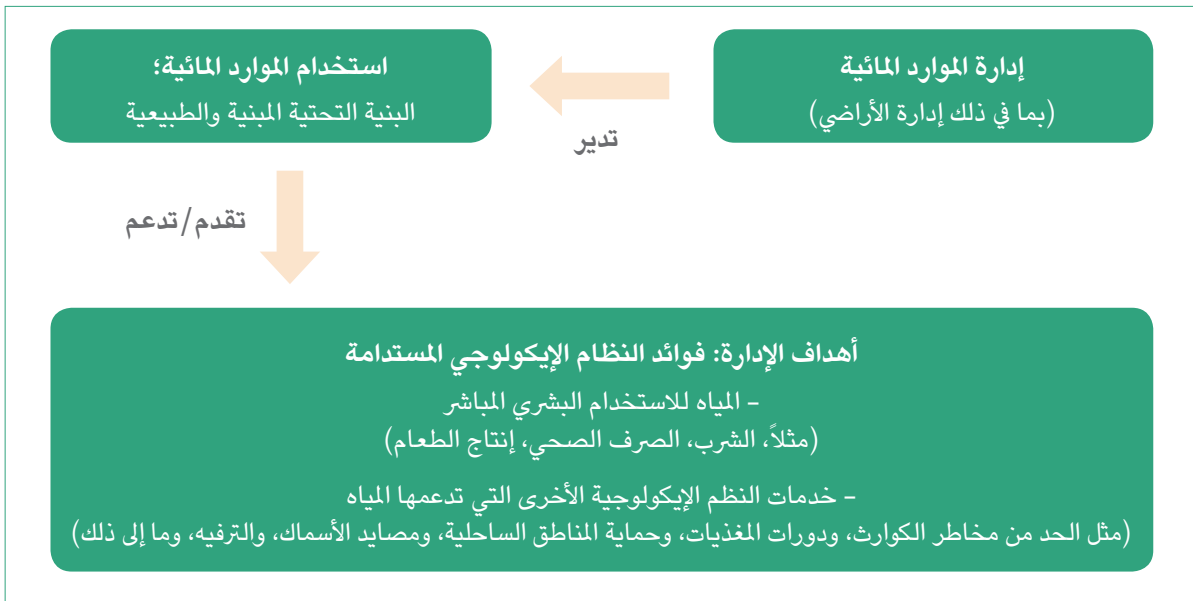
5 للاطلاع على استعراض مفصل لبيان الجدوى، يرجى زيارة منصة البنية التحتية الطبيعية للأعمال في الموقع www.naturalinfrastructureforbusiness.org.

تطور النهج إزاء العلاقة بين الماء والنظام الإيكولوجي وتحول التركيز من النظر إلى التأثير في النظم الإيكولوجية إلى إدارة النظم الإيكولوجية من أجل تحقيق أهداف إدارة الموارد المائية

النهج القديمة:



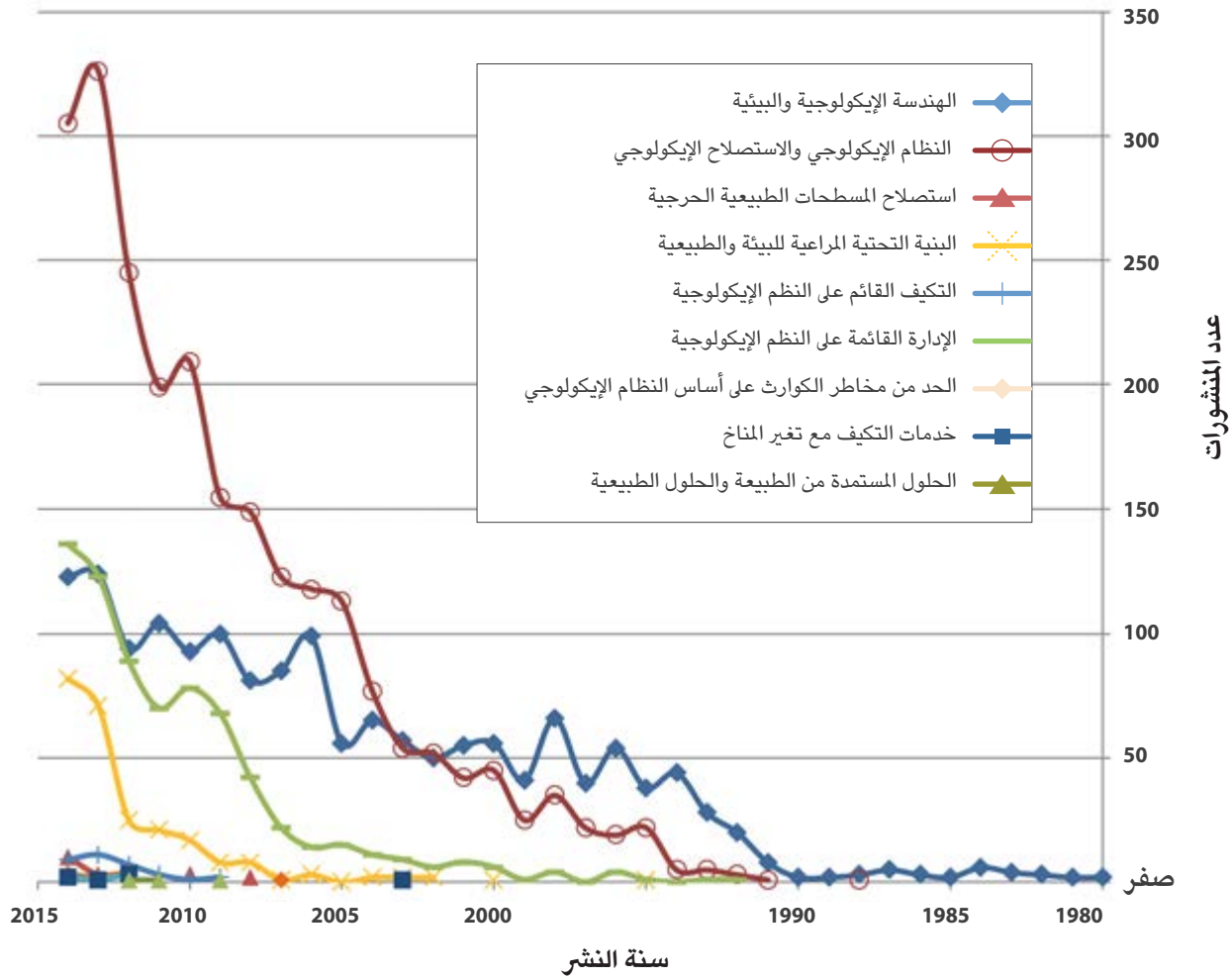
النموذج الجديد:



المصدر: (Coates and Smith (2012, fig. 2, p. 171).

وكذلك يجري الاعتراف بصورة متزايدة وأكثر صراحة بالحلول المستمدة من الطبيعة في المتدييات الأخرى. وتدخل هذه الحلول في صميم التدابير الوقائية والإصلاحية المبذولة لمكافحة تدهور الأراضي في إطار اتفاقية الأمم المتحدة لمكافحة التصحر: ففي عام 2015، ربط مؤتمر الأطراف الثاني عشر للاتفاقية التنفيذ بأهداف التنمية المستدامة ولا سيما بالغاية 15-3 منها: "مكافحة التصحر، وترميم الأراضي والتربة المتدهورة، بما في ذلك الأراضي المتضررة من التصحر والجفاف والفيضانات، والسعي إلى تحقيق عالم خالٍ من ظاهرة تدهور الأراضي، بحلول عام 2030". وقد اعترف منذ أمد طويل بالنهج المستندة إلى الطبيعة للحد من مخاطر الكوارث (Renaud et al., 2013). غير أن دور النظم الإيكولوجية في الحد من مخاطر الكوارث لم يحظ إلا مؤخراً باهتمام كبير في الأطر العالمية، كما يتضح من زيادة الاهتمام بالنظم الإيكولوجية في إطار

البارزة اعتماد إشارة إلى خدمات النظم الإيكولوجية المتعلقة بالمياه في إطار الهدف 14 من أهداف أيتشي للتنوع البيولوجي، "بحلول عام 2020، استعادة وصون النظم الإيكولوجية التي توفر خدمات أساسية، بما في ذلك الخدمات المرتبطة بالمياه، وتسهم في الصحة وسبل العيش والرفاه..." (CBD, 2010, para. 13). وكان هذا مقدمة لأول تعبير واضح عن العلاقة الإيجابية بين النظم الإيكولوجية والمياه في الخطة العالمية للتنمية المستدامة، الذي ورد في الفقرة 122 من الوثيقة الختامية لمؤتمر الأمم المتحدة للتنمية المستدامة لعام 2012 (ريو+2012، UNCSO, 2012) (20) المستقبل الذي نصبو إليه: "ونسلم بأن للنظم الإيكولوجية دوراً رئيسياً في الحفاظ على المياه كمياً ونوعاً، ونؤيد الإجراءات المتخذة في إطار الحدود الوطنية بهدف حماية هذه النظم الإيكولوجية وإدارتها على نحو مستدام".



ملاحظة: الحلول "المستمدة من الطبيعة" والحلول "الطبيعية" مصطلحان غير مستخدمين على نطاق واسع في الأوساط الأكاديمية، ومن ثم لا يوجد تعبير واضح عن الاتجاهات في استخدامهما في تلك الأوساط.

المصدر: (Cohen-Shacham et al. (2016, fig. 8, p. 23, based on data from Web of Science).

التغيرات المتعلقة بتغير المناخ في النظم الإيكولوجية ورفاه الإنسان وفي آثار تغير المناخ التي تنشأ عن تغير النظم الإيكولوجي (SEG, 2007; IPCC, 2014). وهذا يعني أن الإدارة القائمة على النظم الإيكولوجي ينبغي أن تكون الوسيلة الرئيسية للتكيف مع تغير المناخ - وهذا ينطوي إلى حد بعيد على استخدام الحلول المستمدة من الطبيعة لقضايا المياه. وهذه الحلول مسلم بها بالفعل في جدول الأعمال المتعلق بتغير المناخ. وكثيراً ما تبرز برامج العمل الوطنية للتكيف، في إطار اتفاقية الأمم المتحدة الإطارية بشأن تغير المناخ، نهج التكيف القائمة على النظم الإيكولوجي. وتؤدي أوجه الترابط القوية بين دورات الكربون والماء، أيضاً، إلى تأزر كبير بين التخفيف من تغير المناخ والتكيف معه. فخفض الانبعاثات الناجمة عن إزالة الغابات وتدهورها، مثلاً، هو تطبيق لنهج مستمد من الطبيعة لإدارة المناخ العالمي بغرض التخفيف من حدة تغير المناخ في المقام الأول، ولكن الدور الذي تؤديه الأشجار في الهيدرولوجيا ينطوي على علاقة جوهرية بالتكيف. وكذلك تنشأ زهاء 25 في المائة من انبعاثات غازات الدفيئة من تغير استخدام الأراضي (FAO, 2014b) ويتسبب فقدان المياه في كثير من الاتجاهات التي يتخذها تدهور الأراضي؛ فالأراضي الخثية، على سبيل المثال، تقوم بدور هام في الهيدرولوجيا

سنداي للحد من مخاطر الكوارث للفترة 2015-2030 مقارنة بسابقه، إطار عمل هيوغو للفترة 2005-2015. (UNEP, 2015). وقد احتضن جدول الأعمال العالمي الحالي بشأن الأمن الغذائي كذلك الدور المحوري الذي تقوم به الحلول الوطنية، على سبيل المثال، كما يتضح من خلال الإطار الاستراتيجي المراجع للفترة 2010-2019 لمنظمة الأغذية والزراعة للأمم المتحدة (الفاو)، الذي أقره مؤتمر منظمة الأغذية والزراعة في حزيران/يونيو 2013 (FAO, 2014a). وتم مؤخراً أيضاً تضمين نهج شبيهة بالحلول المستمدة من الطبيعة في المبادئ الطوعية الخاصة بالاستثمارات المسؤولة في الزراعة ونظم الأغذية التي أقرتها لجنة الأمن الغذائي العالمي في تشرين الأول/أكتوبر 2014؛ وعلى سبيل المثال، المبدأ 6 منها: "الحفاظ على الموارد الطبيعية وإدارتها على نحو مستدام، وزيادة المرونة، والحد من مخاطر الكوارث" (CFS, 2014).

وتتسم الحلول المستمدة من الطبيعة بأهمية محورية لمعالجة تغير المناخ. وقد أكدت لجنة الأمم المتحدة المعنية بالموارد المائية أن آثار تغير المناخ تقع إلى حد بعيد على الهيدرولوجيا وموارد المياه (UN-Water, 2010). وتعد الدورة المائية المتغيرة عنصراً أساسياً في معظم

ينبغي أن تكون الإدارة القائمة على النظام الإيكولوجي هي الوسيلة الأساسية للتكيف مع تغير المناخ - وهذا ينطوي إلى حد بعيد على استخدام الحلول المستمدة من الطبيعة لقضايا المياه

السياسات المتعلقة بالموارد المائية وإدارتها خيارات هذه الحلول - حتى عندما تكون واضحة للعيان وثبتت كفاءتها. وما زالت توجد أيضاً حالات كثيرة جداً لتطبيق الحلول المستمدة من الطبيعة بناء على أسس علمية غير مستقرة ومن ثم لا تحقق الآثار المرجوة منها. ولذلك فإن الفصل السادس يتطرق إلى بعض المعوقات المعروفة لتطبيق تلك الحلول على أساس الخبرة المستمدة من عمليات التقييم الواردة في الفصل الثاني إلى الخامس، فضلاً عن مصادر أخرى للمعلومات، وينظر أيضاً في الطرق والوسائل اللازمة للتغلب على هذه المعوقات. ومحو التركيز الأساسي في هذا كله هو تهيئة الظروف الصحيحة التي تمكن من النظر في الحلول المستمدة من الطبيعة على ساحة أكثر تكافؤاً في جدول أعمال المياه برمتها، بحيث يمكن تقييمها تقييماً عادلاً مقارنةً بالخيارات الأخرى. ويستخلص الفصل السابع الاستنتاجات والرؤى المحتملة، مع إيلاء اهتمام خاص للفرص التي تتيحها الحلول المستمدة من الطبيعة لمساعدة الدول الأعضاء (وغيرها من الجهات صاحبة المصلحة) على تحقيق إدارة مواردها المائية وأهداف التنمية المستدامة المرتبطة بها، بما في ذلك فيما يتعلق بخطة التنمية المستدامة لعام 2030.

والدروس المستفادة من التاريخ التي سلفت الإشارة إليها لا تجيب على أسئلة هامة: فهل يمكن تجنب الكوارث نفسها التي عانت منها الحضارات السابقة؟ وهل المجتمعات في القرن الحادي والعشرين في وضع أفضل مما كانت عليه قبل آلاف السنين؟ إن الوضع الحالي للنظم الإيكولوجية (انظر المقدمة، مثلاً) بالتأكيد لا يبشر بالخير. ولا تزال المعرفة قاصرة بشأن كيفية إدارة العلاقة بين الماء والغذاء والطاقة والنظم الإيكولوجية، وخاصة عندما يتعلق الأمر بالتأثير في العوامل الاجتماعية والسياسية المحركة للتغيير. وسوف يتوقف الكثير على التوازن الذي يمكن تحقيقه بين تدهور النظم الإيكولوجية المرتبطة بالمياه وحفظها واستصلاحها، وعلى الكيفية التي يمكن بها إدارة العمليات الهيدرولوجية للنظام الإيكولوجي على نحو أفضل للمساعدة في تحقيق الأهداف المتعددة لإدارة الموارد المائية. وبغض النظر عما إذا كانت هناك كارثة على الأفق، فإنه لا غنى عن زيادة المكاسب في كفاءة إدارة الموارد المائية على الأصعدة الاجتماعية والاقتصادية والهيدرولوجية، التي ستؤدي فيها الحلول المستمدة من الطبيعة بالتأكيد دوراً هاماً. ويحاول هذا التقرير أن يقيم كيفية القيام بذلك.

المحلية، ولكن هذا النوع من الأراضي الرطبة يخزن ضعف الكربون الذي تخزنه غابات العالم بأسره، وعندما يتم تصريفه، تمثل الأراضي الخثية مصدراً لانبعاثات هائلة لغازات الدفيئة (Parish et al., 2008).

4-4-1 ربط الحلول المستمدة من الطبيعة بخطة التنمية المستدامة لعام 2030 وأهداف التنمية المستدامة الواردة فيها

تجسد الحلول المستمدة من الطبيعة المبادئ الثلاثة الأساسية لتحقيق أهداف التنمية المستدامة: عدم القابلية للتجزئة (لا يمكن تحقيق هدف على حساب أي أهداف أخرى)، والشمول (عدم ترك أحد وراء الركب)، والتسارع (بالتركيز على الإجراءات ذات العائدات الإنمائية المتعددة).

وقد ساهم الهدف 14 من أهداف أيتشي للتنوع البيولوجي والوثائق الختامية لمؤتمر ريو 20+ (على النحو الوارد آنفاً) في إدماج النظم الإيكولوجية في الهدف 6 من أهداف التنمية المستدامة من خلال الغاية 6-6 ("حماية وترميم النظم الإيكولوجية المتصلة بالمياه، بما في ذلك الجبال والغابات والأراضي الرطبة والأنهار ومستودعات المياه الجوفية والبحيرات، بحلول عام 2020") إقراراً بدور النظم الإيكولوجية في تحقيق الهدف الرئيسي المتعلق بالمياه (الهدف 6 من أهداف التنمية المستدامة) والغايات الأخرى المتصلة به. وفضلاً عن الغاية 6-6، والهدف 14 من أهداف التنمية المستدامة (المحيطات) والهدف 15 من أهداف التنمية المستدامة بصفة خاصة (النظم الإيكولوجية الأرضية)، يرد ذكر النظم الإيكولوجية أيضاً في أهداف التنمية المستدامة فيما يتعلق بالأمن الغذائي في الغاية 2-4 وكذلك بالإشارة إلى المياه ("ضمان وجود نظم إنتاج غذائي مستدامة، وتنفيذ ممارسات زراعية متينة تؤدي إلى زيادة الإنتاجية والمحاصيل، وتساعد على الحفاظ على النظم الإيكولوجية، وتعزيز القدرة على التكيف مع تغير المناخ وعلى مواجهة أحوال الطقس الشديدة وحالات الجفاف والفيضانات وغيرها من الكوارث، وتحسّن تدريجياً جودة الأراضي والتربة، بحلول عام 2030"). وحتى في الهدفين 14 و15 من أهداف التنمية المستدامة، لا يشير تحديداً إلى السبب في وجوب حماية النظم الإيكولوجية أو استصلاحها سوى الغاية 15-3 فقط، وهي تشير مرة أخرى إلى المياه (تدهور الأراضي والجفاف والفيضانات). ويمكن أن تسهم الحلول المستمدة من الطبيعة في تحقيق الكثير من أهداف التنمية المستدامة وغاياتها، حتى لو لم يتم ذكرها بصراحة حالياً. ويجري استكشاف هذه الروابط باستفاضة في الفصول اللاحقة وتلخيصها في الفصل السابع.

5-1 تقييم الحلول المستمدة من الطبيعة في سياق هذا التقرير

من الواضح أن هناك اعترافاً متزايداً بالحلول المستمدة من الطبيعة في الخطط المتعلقة بالموارد المائية. وتتناول الفصول الثاني والثالث والرابع من هذا التقرير هذه الحلول لأغراض إدارة توافر المياه وجودتها ومخاطرها، على التوالي. ويتضمن الفصل الخامس أمثلة على التجارب مع الحلول المستمدة من الطبيعة على المستويات الإقليمية. ويقدم كل منها مزيداً من التفاصيل عن تلك الحلول، بما في ذلك أمثلة مستمدة من القطاعات.

ومع ذلك، فبالرغم من التاريخ الطويل لتطبيق الحلول المستمدة من الطبيعة والخبرة المتزايدة بها، ما زالت توجد حالات كثيرة تتجاهل فيها

الحلول المستمدة من الطبيعة لأغراض إدارة توافر المياه

2



منظمة الأغذية والزراعة | أمانى الفرّا وأنطوني تورتون

بمساهمة⁶ ديفيد كوتس وريتشارد كونور (WWAP)؛ ومارلوس دي سوزا وأولكاي أونفر (FAO)؛ وشعبة منظمة الأمم المتحدة للتنمية الصناعية لكفاءة الموارد الصناعية وجون بين (John G. Payne & Associates Ltd)؛ وماثيو مكارتن (المعهد الدولي لإدارة المياه IWMI)؛ وبن زونيفيلد (مركز أمستردام لدراسات الأغذية العالمية-الجامعة المجانية VU-ACWFS)؛ وربیکا ولينج (الاتحاد الدولي لصون الطبيعة IUCN)؛ وتاتيانا فيدوتوفا (المجلس العالمي للأعمال التجارية من أجل التنمية المستدامة WBCSD)؛ ودانيل تسيجاي (اتفاقية الأمم المتحدة لمكافحة التصحر UNCCD).

1-2 المقدمة

تواجه معظم الدول الأعضاء تحديات بسبب ندرة مصطنعة في المياه، على المستوى المحلي على الأقل إن لم يكن على المستوى الوطني، تتفاقم لعدم الإسراع في الأخذ بحلول توجهها السياسات العامة. فندرة المياه تتأثر بالعرض والطلب. ورغم وجود أمثلة على الكيفية التي يمكن أن تؤثر بها الحلول المستمدة من الطبيعة على الطلب (تقليل احتياجات المحاصيل من المياه في الري، مثلاً)، فهي تعالج بصورة رئيسية إمدادات المياه من خلال إدارة تخزين المياه ورشحها (قدرة الامتصاص والإطلاق من خلال الخاصية الشعرية) ونقلها بحيث تحدث تحسينات في موقع المياه المتاحة للاحتياجات البشرية وتوقيتها وكميتها. ويعتبر الأخذ بنهج قائم على الحلول المستمدة من الطبيعة وسيلة أساسية لمعالجة ندرة المياه بوجه عام من خلال إدارة جانب العرض، لأسباب ليس أقلها أن هذا النهج معترف به باعتباره الحل الرئيسي لتحقيق استدامة المياه لأغراض الزراعة (انظر القسم 2-2-1) - التي تعد إلى حد بعيد المجال الأمس حاجة إلى تحقيق الاستدامة الشاملة لموارد المياه بسبب غلبته في الطلب الحالي على المياه وارتباطه بالتحديات التي سنواجهها في المستقبل (انظر المقدمة).

ويتأثر توافر المياه (وخاصة ندرتها) بجودة المياه. فتحسين جودة المياه، على سبيل المثال، يتيح إعادة استخدامها. وتمثل الفيضانات وحالات الجفاف الكارثية نهايتي التفاوت المفرط فيما يتعلق بتوافر المياه. ويركز الفصل الحالي على الطريقة التي يمكن بها أن تساعد الحلول المستمدة من الطبيعة الدول الأعضاء في مواجهة تحدياتها الوطنية المتعلقة بتوافر المياه، بصرف النظر عن التحديات المتعلقة بجودة المياه وحالاتها المتطرفة، التي يغطيها الفصلان الثالث والرابع، على التوالي، رغم بقاء صلات هامة فيما بينهما.

تؤثر النظم الإيكولوجية تأثيراً كبيراً في كمية المياه المتاحة من حيث الزمان والمكان (انظر الفصل الأول). ويلاحظ على الأخص أن طبقة التربة - الغطاء النباتي هي العنصر الرئيسي الذي يحدد مصير مياه التساقط عن طريق التأثير على الرشح من سطح الأرض، ومن ثم إعادة تغذية المياه الجوفية، واحتجاز الجريان السطحي ورطوبة التربة في منطقة جذور النباتات (لها أهمية خاصة للزراعة)، وأخيراً إعادة تدوير

الأراضي الرطبة في بانتانال (البرازيل)



6. يود المؤلفون أن يشكروا ساره ديفيدسون، من المنتدى العالمي للمياه-الولايات المتحدة، على تعليقاتها المفيدة.

المياه مرة أخرى لتعود إلى الغلاف الجوي من خلال تدفقات التبخر. وتنطوي الحلول المستمدة من الطبيعة أساساً على إدارة هذه المسارات، إما من خلال حفظ النظام الإيكولوجي أو إصلاحه، ومن خلال نهج مختلفة لاستخدام الأراضي وإدارتها، سواء في النطاقات الصغيرة أو نطاقات المسطحات الطبيعية أو في السياقات الحضرية أو الريفية. وفضلاً عن ذلك، يجري تقديم النهج البنيوية التي تنطوي على إحداث تغييرات مادية في المسطحات الطبيعية، مثل إنشاء منخفضات صغيرة

لتجميع المياه أو الاستفادة بالمياه غير المستغلة في المسطحات الطبيعية (الإطار 2-1)، على أنها حلول مستمدة من الطبيعة، رغم أن بعض هذه النهج يمكن القول بأنها تعمل كمجرد بنية أساسية رمادية صغيرة الحجم. وقد أدرجت النهج البنيوية هنا بوجه خاص حيث تستخدم مقترنة بإدارة المكونات الحية للمسطحات الطبيعية. وتبعاً لتفسيراتها، يمكن أن تعتبر حلولاً مستمدة من الطبيعة أو أمثلة (ولو أنها صغيرة الحجم) على نهج البنية التحتية الهجين المراعية للبيئة/الرمادية.

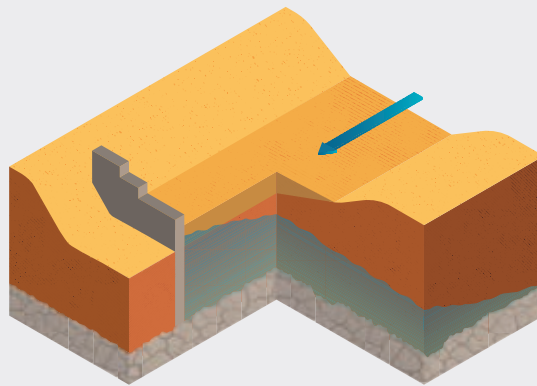
تخزين المياه المستمد من الطبيعة في الأنهار الجافة في أفريقيا

تمثل القيعان في العديد من الأنهار والمجاري المائية الموسمية (المعروفة أيضاً بالزائلة) التي تعبر الأراضي القاحلة وشبه القاحلة طويلاً وعرضاً خزانات ضحلة للمياه الجوفية، يعاد ملؤها في كل مرة تتدفق فيها تلك الأنهار. ويمكن للمجتمعات المحلية أن تسحب المياه من طبقات المياه الجوفية الغرينية هذه خلال موسم الجفاف، باستخدام مجموعة متنوعة من الوسائل البسيطة. غير أن هذا الحل التخزيني، رغم إمكاناته التخزينية العالية، لا يُستفاد منه حالياً بالقدر الكافي في كثير من مناطق أفريقيا، ولا سيما للأغراض الإنتاجية من قبيل الزراعة (Lasage et al, 2008 ; Love et al., 2011).

وتمثل أنهار شاشي وتولي وساشاني في المناطق القاحلة جنوب زمبابوي نموذجاً للإمكانات الكبيرة لهذا النوع من تخزين المياه. فحتى بعد موسم الأمطار البالغ الجفاف في عام 2015-2016، كانت قيعان هذه الأنهار الموسمية تحتوي على مياه كافية للري. غير أن الاستفادة من هذا المورد للأغراض الإنتاجية لا يزال يمثل تحدياً كبيراً (Critchley and Di Prima, 2012).

وتستخدم "السدود الرملية" (أي الحواجز عبر النهر في الرمال) في حدائق ري ساشاني جنوبي زمبابوي بالاقتران مع مضخات للرفع البسيط منخفضة التكلفة تعمل بالطاقة الشمسية. وتزيد "السدود الرملية" تدريجياً سُمك طبقة الرواسب في النهر (من خلال زيادة ارتفاع السد على مراحل)، ومن ثم زيادة حجم المياه المخزنة وإمكانية الوصول إليها على حد سواء. وتتيح هذه التقنية للمزارعين الوصول إلى المياه للري التكميلي وتخفف من المخاطر المرتبطة بتوافر المياه. ويمكن أيضاً أن تمكن المزارعين من تمديد موسم الزراعة إلى فترة الجفاف وحصاد محصول ثان (نقدي أو رئيسي)، مما يتيح بعض الفرص لتعزيز الدخل وتحسين سبل العيش.

الشكل | رسم تخطيطي لسد رملي



المصدر: استناداً إلى www.metameta.nl.

ويمكن دعم الاستخدام المستدام لهذا التخزين القائم على الطبيعة بإقامة جهاز رصد مجتمعي يكفل حصول جميع مستخدمي المياه على معلومات صحيحة ومتماثلة عن مستويات المياه الجوفية الفعلية - وهذا عنصر حاسم في إدارة مورد تجميعي مشترك من هذا القبيل على نحو مستدام (Ostrom, 2008).

ونظراً إلى أن خمس أفريقيا يتألف من أراضٍ قاحلة وشبه قاحلة، وبافتراض أن 1 في المائة من هذه الأراضي صالحة للزراعة وتقع في مكان ملائم بالقرب من نهر رملي، فيُحتمل أن توفر الأنهار الرملية إمكانية تخزين المياه لما يصل إلى 60000 كيلومتر مربع من الأرض المروية في أفريقيا. وهذا رقم ذو مغزى عند مقارنته بمساحة الأراضي المروية التي كانت موجودة في عام 2010، وتبلغ 130000 كيلومتر مربع (You et al., 2010)، ويزداد أهمية لأنها تقع في مناطق يمثل فيها العجز في الرطوبة تحدياً كبيراً متكرراً.

إعداد: أنبليك دوكر (معهد التعليم في مجال المياه، دلفت)، وإيسو يازو هاغو (جامعة ميكيلي)، وستيفن هاسي (حلقات عمل داهاني بشأن المياه)، وميكي هالشفوف (مؤسسة أكاسيا لاستشارات المياه)، ورالف لاساج (معهد الدراسات البيئية في جامعة أمستردام المجانية)، وموسى موانغي (جامعة ساوث إيسترن كينيا)، وبييتر فان در تساج (معهد التعليم في مجال المياه، دلفت).

فوائد استخدام الحلول المستمدة من الطبيعة على نطاق واسع - استصلاح المسطحات الطبيعية لتحسين الأمن المائي في راجستان، بالهند

أدى انخفاض معدل هطول الأمطار على نحو غير معتاد في الفترة 1985-1986، إلى جانب الإفراط في قطع الأشجار، إلى أسوأ موجات الجفاف في تاريخ راجستان. وقد تضرر بشدة إقليم ألوار، وهو من أفقر الأقاليم في الولاية. فترجع منسوب المياه الجوفية إلى ما دون المستويات الحرجة، وأعلنت الولاية أن أجزاء من الإقليم "مناطق مظلمة"، مما يعني أن خطورة الحالة تستدعي فرض قيود على أي عمليات إضافية لاستخراج المياه الجوفية. وقدمت تارون بهارات سانغ، وهي منظمة غير حكومية، الدعم للمجتمعات المحلية من أجل القيام باستصلاح الدورات والموارد المائية المحلية على نطاق المسطحات الطبيعية. ومن خلال القيادة التي وفرتها النساء، اللواتي يتحملن عادة مسؤولية توفير المياه العذبة المأمونة لأسرهن، تم إحياء المبادرات المحلية التقليدية المتعلقة بالمياه من خلال حشد الناس حول قضايا إدارة الغابات والموارد المائية. وتركزت الأنشطة على بناء هياكل صغيرة الحجم لتجميع المياه مع اقترانها بتجديد الغابات والتربة، ولا سيما في مستجمعات المياه العليا، للمساعدة على النهوض بإعادة تغذية موارد المياه الجوفية.

وكان التأثير كبيراً. فعلى سبيل المثال، أُعيدت المياه إلى 1000 قرية في جميع أنحاء الولاية؛ وأصبحت خمسة أنهار كانت تجف بعد موسم الأمطار الموسمية السنوية تتدفق الآن مرة أخرى وأعيد إنشاء مصائد الأسماك فيها؛ وارتفعت مستويات المياه الجوفية بمقدار ستة أمتار تقريباً؛ وزادت الأراضي الزراعية المنتجة من 20 في المائة إلى 80 في المائة من حجم المستجمع المائي؛ وزاد الغطاء الحرجي الحرج بنسبة 33 في المائة، بما في ذلك في الأراضي الزراعية، مما يساعد في الحفاظ على سلامة التربة وقدرتها على الاحتفاظ بالمياه؛ ولوحظت عودة الأحياء البرية من قبيل الظبي والفهد. وأجرى إيفرارد (2015) تقييماً علمياً للبرنامج يؤكد فوائده الاجتماعية-الاقتصادية المعلنة.

وقد أسفرت هذه الحلول المبتكرة في مجال المياه عن تحسين الأمن المائي في المناطق الريفية بالهند (SIWI, 2015).

المصدر: (Singh (2016).

التحدي من خلال ابتكارات تزيد من إنتاجية الزراعة وكفاءتها، في سياق الاستخدام المستدام للموارد الطبيعية، والحد من التلوث، واستخدام طاقة نظيفة، وزيادة الحد من تأثيرات تغير المناخ والتكيف معها، فضلاً عن تقديم خدمات بيئية. (FAO, 2013b, item 53).

ولا يولي الاهتمام للمياه بصورة مستقلة في هذا النهج، الذي ينظر إلى تحسين أداء النظام الإيكولوجي في مجموعه، وعلى سبيل المثال دورة المغذيات (ومن ثم كفاءة استخدام الأسمدة ومن ثم جودة المياه)،

وتقدم دراسة حالة تارون بهارات سانغ في راجستان، بالهند، مثالاً ممتازاً على الطريقة التي يمكن بها لنهوض المسطحات الطبيعية المنخفضة التكلفة التي يقودها المجتمع المحلي تحسين تغذية المياه الجوفية وتوافر المياه السطحية على حد سواء من خلال الجمع بين إدارة التربة والغطاء النباتي والتدخلات البنيوية (المادية). ويوفر نهج الحلول المستمدة من الطبيعة مكاسب اجتماعية-اقتصادية كبيرة لقطاعات ومصالح متعددة، ويوضح أيضاً كيف يمكن لإدارة المسطحات الطبيعية أن تحسّن المناخ المحلي، بما في ذلك أنماط التساقط (الإطار 2-2).

وهناك أمثلة تكون فيها الحلول المستمدة من الطبيعة أو البنية التحتية (المبنية) الرمادية هي الخيار الوحيد لتحسين توافر المياه، ولكن ينبغي في العادة أن يُنظر في استخدام الاثنين معاً وأن يجري تصميمهما وتشغيلهما في تناغم. وينبغي أن يستفيد النهجان من الفوائد التي يتبناها الآخر من أجل تسخير أوجه التعاضد بينهما لتحسين أداء النظام برمته (الشكل 1-2).

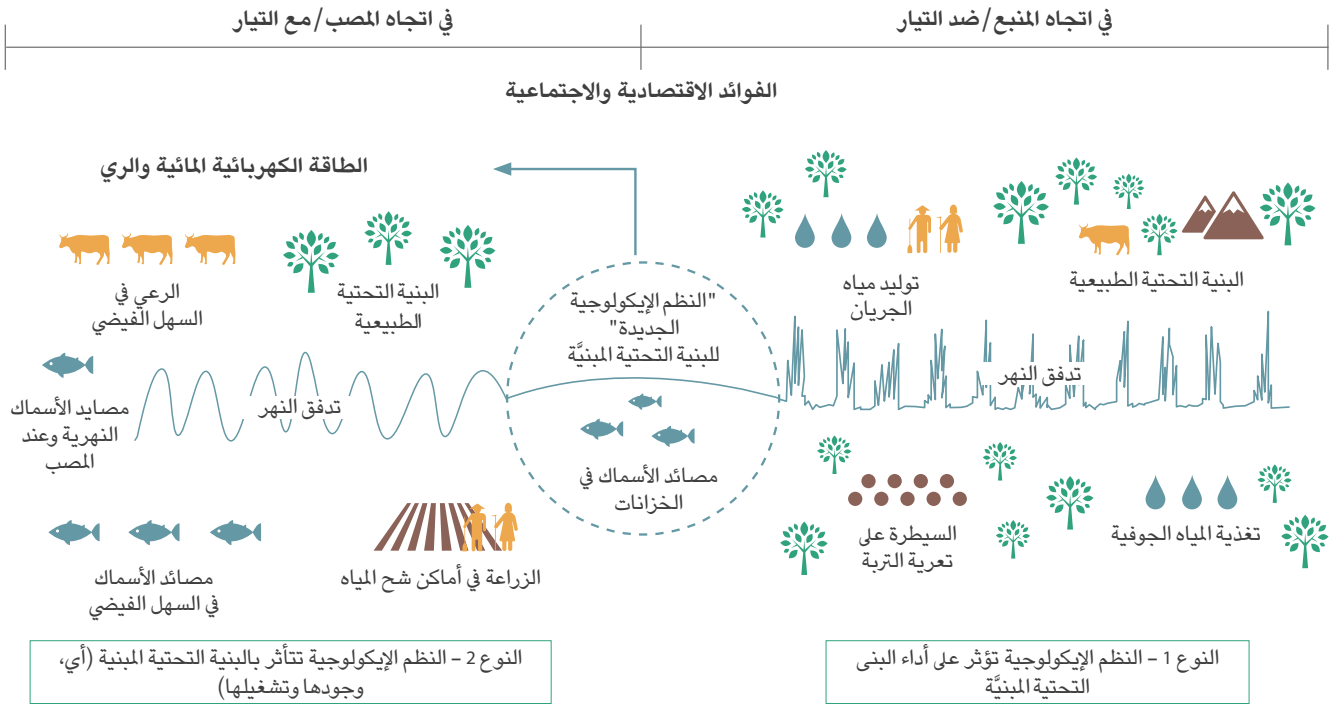
2-2 دراسات حالة لقطاعات وقضايا معينة

1-2-2 الزراعة

نظراً إلى أهمية المياه للأمن الغذائي والزراعة والتغذية المستدامتين (HLPE, 2015)، سيصبح التحدي المتمثل في إطعام أعداد متنامية من السكان قضية مركزية بدرجة متزايدة في معظم السياسات الإنمائية الوطنية. فبينما يعاني ما يقرب من 800 مليون شخص من الجوع في الوقت الحالي، سوف يلزم زيادة إنتاج الغذاء العالمي بحلول عام 2050 بنسبة 50 في المائة لإطعام أكثر من 9 مليارات شخص من المتوقع أن يعيشوا على كوكبنا (FAO/ IFAD/ UNICEF/ WFP/ WHO, 2017). ومن المقبول الآن أن هذه الزيادة لا يمكن تحقيقها من خلال سير العمل كالمعتاد، وأن من الضروري إحداث تغيير تحويلي في كيفية إنتاج الغذاء (FAO, 2011b; 2014a). وسوف يلزم أن تلبى الزراعة الزيادات المتوقعة في الإنتاج من خلال تحسين كفاءة استخدام الموارد مع تقليل اعتمادها على عناصر خارجية في الوقت نفسه، وللمياه أهمية محورية لهذه العملية. وقد جرى تحليل هذا الموضوع بعمق كبير. ومن الركائز التي تستند إليها الحلول «التكيف الإيكولوجي المستدام» لإنتاج الغذاء الذي يعزز خدمات النظام الإيكولوجي في المسطحات الطبيعية الزراعية، على سبيل المثال، من خلال تحسين إدارة التربة والغطاء النباتي (FAO, 2014a). وقد أصبح هذا النهج الآن شائع الاستخدام كما يتجلى ذلك، على سبيل المثال، في الإطار الاستراتيجي المراجع للفترة 2010-2019 لمنظمة الأمم المتحدة للتغذية والزراعة (FAO, 2013b) ⁷.

ويبرز هدفه الاستراتيجي 2 الدور الحيوي للتنوع البيولوجي وخدمات النظام الإيكولوجي في تحقيق أهداف هذا الإطار، بما في ذلك «الاستفادة من إمكانات الاقتصاد الحيوي في زيادة إسهامات الزراعة والغابات ومصائد الأسماك في التنمية الاقتصادية، مع توليد الدخل وفرص العمل وإتاحة الفرص المعيشية للأسر الريفية، وسكان المناطق الريفية بوجه عام. وعلى نظم الإنتاج أن تواجه هذا

⁷ اعتمدته الدورة الثامنة والثلاثون لمؤتمر منظمة الأغذية والزراعة في حزيران/يونيو 2013 في قرار المؤتمر C. 2013/7.



المصدر: CGIAR WLE (2017, fig. 1, p. 5, developed using some results from WISE-UP to Climate).

زيادة التنوع البيولوجي في النظم الزراعية التي لوحظت في استعراض حديث (Cardinale et al., 2012). وتمثل هذه النهج أيضاً استراتيجية أساسية لتحسين قدرة الزراعة على الصمود في مواجهة تغير المناخ (FAO, 2014a).

وقد أجرت الشبكة العالمية لنهوج وتكنولوجيات حفظ الموارد (WOCAT, 2007) تحليلاً مفصلاً تناول 42 دراسة حالة معمقة لمبادرات الحفاظ على التربة والمياه في جميع أنحاء العالم، فيما يرتبط بصورة رئيسية ولكن ليس حصرياً بالزراعة. ويمكن تصنيف تدابير حفظ التربة والمياه في الفئات التالية:

- **الزراعة الحافظة للموارد** - وتتميز بنظم تتضمن ثلاثة مبادئ أساسية: الحد الأدنى من اضطراب التربة، ودرجة من الغطاء الدائم للتربة، والدورة الزراعية.
- **التسميد العضوي/التسميد العضوي المخلط** - حيث يتمثل القصد من الأسمدة العضوية والأسمدة العضوية المخلطة في تحسين خصوبة التربة وفي الوقت نفسه تعزيز بنية التربة (ضد التدمج والتقشر) وتحسين ارتشاح المياه وتسربها.
- **الشرائط النباتية/الغطاء النباتي** - كاستخدام الأعشاب أو الأشجار مثلاً بطرق مختلفة. وفي حالة الشرائط، كثيراً ما يؤدي ذلك إلى تكوين حواجز ومصابط بسبب «تآكل الحراثة» - حركة انحدار التربة في أثناء الزراعة. وفي حالات أخرى، تكون آثار الغطاء النباتي المتشتمل متعددة، ومنها زيادة الغطاء الأرضي وتحسين بنية التربة والرشح، وكذلك انخفاض التعرية بفعل المياه والرياح.

وتنظيم الآفات والأمراض، والتلقيح، ومنع تآكل التربة. والتحسينات في الدورة المائية (تنظيم المياه) من المتطلبات والنتائج المحورية والمتعددة القطاعات.

وكان الاهتمام الموجه لاستخدام المياه في الزراعة سابقاً يميل إلى التركيز على الري لما فيه من ارتفاع مستويات سحب المياه. غير أن التقييم الشامل لإدارة المياه في الزراعة (2007) بين أن الفرص الرئيسية لزيادة الإنتاجية هي في النظم البعلية التي تمثل الجزء الأكبر من الإنتاج الحالي والزراعة الأسرية (ومن ثم تؤدي إلى منافع تتعلق بكسب العيش والحد من الفقر).

ويمكن أن تنطبق منافع الحلول المستمدة من الطبيعة على الزراعة بجميع مستوياتها، من الزراعة الأسرية الصغيرة النطاق (FAO, 2011b) إلى الزراعة «الصناعية» على نطاق واسع. والجدوى الاقتصادية واستدامة النظام الإيكولوجي هما وجهان لعملة واحدة (Scholes and Biggs, 2004). وقد أوضحت دراسة حديثة لنظم المحصول الواحد المبسطة والكثيفة للغاية، مثلاً، أن تنوع المسطحات الطبيعية لا يتيح فقط إدارة أفضل للمياه والمغذيات والتنوع البيولوجي والتربة، بل يزيد في الوقت ذاته إنتاج المحاصيل (Liebman and Schulte, 2015). والنظم الزراعية التي تحافظ على خدمات النظام الإيكولوجي باستخدام ممارسات من قبيل الحراثة من أجل الحفاظ على التربة، وتنوع المحاصيل، وتكثيف البقول، والمكافحة البيولوجية للآفات، لا يقل أداؤها جودة عن النظم المكثفة عالية المدخلات (Badgley et al., 2007; Power, 2010). والقدرة على المقاومة والتعافي من مختلف أشكال الإجهاد، بما في ذلك حالات الجفاف والفيضانات، فضلاً عن الآفات والأمراض، هي من بين الآثار المترتبة على



هناك أمثلة إما أن تكون فيها الحلول المستمدة من الطبيعة أو البنية التحتية (المبنية) الرمادية هي الخيار الوحيد لتحسين توافر المياه، ولكن ينبغي في العادة أن يُنظر في استخدام الاثنين معاً وأن يجري تصميمهما وتشغيلهما في تناغم

الاستدامة، تكون هذه الفوائد أكثر إثارة للإعجاب. وقد وجد استعراض لمشروعات التنمية الزراعية في 57 بلداً من البلدان المنخفضة الدخل، على سبيل المثال، أن المزيد من الكفاءة في استخدام المياه والحد من استخدام مبيدات الآفات وإدخال التحسينات على سلامة التربة، أدى إلى زيادة متوسط غلة المحاصيل بنسبة 79 في المائة (Pretty et al., 2006).

وهناك أيضاً فرص كبيرة لتحسين كفاءة استخدام المياه في الري عن طريق الحلول المستمدة من الطبيعة، ويمكن أن يحدث ذلك تأثيراً كبيراً بسبب أن الري يمثل 70 في المائة من كميات سحب المياه الحالية (HLPE, 2015). وتعتمد الحلول المستمدة من الطبيعة لزيادة كفاءة استخدام المياه في الري على تحسين إدارة المستجمعات لتعزيز المياه الجوفية وإعادة تغذية الخزانات (الإطار 1-2)، بطرق منها تقليل الغرين الذي يزيد من سعة تخزين الخزان وتحسين سلامة التربة (كما في حالة النظم المعتمدة على المطر) من خلال زيادة احتفاظ التربة بالرطوبة مثلاً. وكذلك يمكن أن يؤدي تحسين إدارة النظم الإيكولوجي للتربة في الحقول المروية إلى وفورات كبيرة في المياه (الإطار 4-2).

وتعتبر المنافع البيئية المشتركة التي تعود على زيادة الإنتاج الزراعي المستدام من هذه النهج، وغيرها من النهج القائمة على الحلول المستمدة من الطبيعة، كبيرة - ويساعد على الأخذ بها إلى حد بعيد تقليل الضغوط على تحويل الأراضي وخفض التلوث والتعرية والاحتياجات من المياه. فنظم الأغذية (بمعنى أنماط استهلاك الأغذية وأساليب إنتاجها)، على سبيل المثال، تسبب 70 في المائة من الخسارة المتوقعة في التنوع البيولوجي بحلول عام 2050 في إطار أسلوب العمل كالمعتاد (Leadley et al., 2014).

وتوفر الحلول المستمدة من الطبيعة أيضاً الفرص لتقليل النزاعات بين القطاعات على استخدام المياه وذلك من خلال تحسين أداء النظم. فمثلاً، تتزايد التوترات بين المصالح المتعلقة بالتعدين والمصالح الزراعية في مقاطعة ليمبوبو في جنوب أفريقيا، إذ أن من المحتمل أن يصبح سد نجيليلي، المستخدم بصفة رئيسية للزراعة، مطموراً تماماً بالرواسب الغرينية خلال عقد من الزمن بسبب منجم ماكادو للفحم المجاور.

بيد أنه يُعتزم إنشاء منجم مفتوح بطول 20 كيلومتراً وعرض كيلومتر واحد يتيح فرصة لاستخدام النفايات الصخرية لبناء طبقة مياه جوفية

• **الزراعة الحراجية** - ويقصد بها نظم استخدام الأراضي التي تزرع فيها الأشجار مرتبطة بالمحاصيل الزراعية أو المراعي أو الماشية. عادة، وهناك في العادة تفاعلات إيكولوجية واقتصادية على حد سواء بين مكونات النظام. وتوجد مجموعة واسعة من التطبيقات الممكنة، بدءاً من أحزمة الحماية، إلى تغذية الأشجار بمخلفات القهوة، إلى الزراعة متعددة الطبقات.

• وفيما يلي ثلاثة نهج هيكلية كثيراً ما تدعمها المكونات الحية للمسطحات الطبيعية:

- تجميع المياه - الذي يشمل جمع وتركيز جريان مياه الهطول لأغراض إنتاج المحاصيل، أو لتحسين أداء الأعشاب والأشجار، في المناطق الجافة التي يكون فيها نقص الرطوبة هو العائق الرئيسي.

- التحكم في مجاري السيول - ويشمل مجموعة من التدابير التي تعالج هذا النوع الخاص والحاد من التعرية، حيث يقتضي الأمر إصلاح الأراضي. وهناك مجموعة كبيرة من التدابير المختلفة والمكملة، ولكن الحواجز الهيكلية هي السائدة - وكثيراً ما يثبتها الغطاء النباتي الدائم. وتطبق هذه التقنيات في العادة على مستجمع فرعي كامل.

- المصاطب - وتضم مجموعة واسعة من أنواع المصاطب المختلفة، من المنحدرة باتجاه المجرى إلى المسطحة أو المنحدرة إلى الخلف، وفيها أنظمة للصرف أو بدونها.

ومن بين هذه التكنولوجيات، أصبحت الزراعة الحافظة للموارد (الإطار 2-3) النهج الرائد لنموذج زراعي بديل من أجل تكثيف إنتاج المحاصيل لا يحسن الإنتاجية ويحافظ عليها فحسب، وإنما يقدم أيضاً خدمات بيئية مهمة (Kassam et al., 2009; 2011a; FAO, 2011c).

والفرص المتاحة لتحسين ممارسات الإدارة في المزارع التي تستهدف المياه الخضراء⁸ (المحاصيل البعلية) يمكن أن تحسن كثيراً توافر المياه لإنتاج المحاصيل. وباستخدام تقديرات معتدلة (25 في المائة) للتخفيض في التبخر من التربة وتحسين تجميع المياه من خلال تعديل نظم الحراثة أو استخدام الغطاء العضوي الواقي للتربة في نموذج عالمي دينامي للتوازن بين النبات والماء، قدر روست وآخرون (Rost et al., 2009) أنه يمكن زيادة إنتاج المحاصيل العالمية بنسبة 20 في المائة تقريباً بممارسات إدارة المياه الخضراء في نطاق المزرعة وحدها. ويترجم ذلك إلى فائدة في استخدام المياه تبلغ زهاء 1650 كم³ في السنة (بناءً على الزيادات في صافي الإنتاجية الأولية). وذهب فولكينمارك وروكشتروم (2004) (Falkenmark and Rockström, 2004) إلى أن التحسين في إنتاجية المياه الخضراء يبلغ 530 كم³ سنوياً من خلال مجموعة من التقنيات المماثلة. وعلى الرغم من أن هؤلاء المؤلفين يعتبرون تقديراتهم متحفظة، إلا أن هذه التوقعات لا تزال غير مؤكدة. ومع ذلك، فهي مؤشر مفيد على حجم الفوائد المحتملة المتاحة. فعلى سبيل المثال، تشير الأرقام الحديثة العهد إلى أن المكاسب المحتملة تعادل تقريباً إنتاج المحاصيل المتأني من 50 في المائة من مياه الري المسحوبة حالياً، أو 35 في المائة من إجمالي سحب المياه. وهو ما يفوق الزيادة المتوقعة في الطلب العالمي على المياه من الآن وحتى عام 2050. وحيثما يقترن ذلك بتدابير أخرى لتحسين

⁸ الماء الأخضر هو ماء التساقط الذي يتم تخزينه في التربة في منطقة الجذور ويتبخر أو يطلق في عملية النتج أو يدخل في تكوين النباتات. وهو ذو أهمية خاصة للمنتجات الزراعية والبستانية والحرجية. للاطلاع على مزيد من التفاصيل، انظر: waterfootprint.org/en/water-footprint/what-is-water-footprint/

الزراعة الحافظة للموارد - نهج لتكثيف الإنتاج المستدام

تنطوي الزراعة الحافظة للموارد على التطبيق المتزامن لثلاثة مبادئ عملية تستند إلى الممارسات توضع محلياً (Friedrich et al., 2008; Kassam et al., 2011a) هي: التقليل من اضطراب التربة (بذر البذور دون حراثة)؛ والحفاظ على غطاء واقٍ عضوي مستمر للتربة من فضلات النباتات و/أو النباتات (المحاصيل الرئيسية ومحاصيل التغطية بما فيها البقوليات)؛ وزراعة أنواع نباتية متنوعة يمكن أن تشمل، في النظم الزراعية المختلفة، المحاصيل السنوية أو الدائمة والأشجار والشجيرات والمراعي إما في مجموعات أو على التوالي أو في دورات، وكلها تسهم في تعزيز قدرة النظام على الصمود. ذلك أن إزالة اضطراب التربة الميكانيكي أو تقليله إلى أدنى حد يتجنب أو يخفف من تدمير بنية التربة السطحية ومسامها، ومن فقدان ما بها من المواد العضوية وتدميجهما الذي يحدث مع الحراثة. وقد خلص ستاجناري وآخرون (Stagnari et al., 2009) إلى أن الزراعة الحافظة للموارد، بالمقارنة مع زراعة الحراثة التقليدية، ينتج عنها "تحسين بنية التربة واستقرارها؛ وزيادة القدرة على التصريف وعلى الاحتفاظ بالمياه؛ والحد من خطر جريان مياه الأمطار (انظر الشكل لاحقاً)؛ والحد من تلوث المياه السطحية بالمبيدات الحشرية بنسبة تصل إلى 100 في المائة والأسمدة بنسبة تصل إلى 70 في المائة؛ وانخفاض يتراوح بين زهاء الربع والنصف في استهلاك الطاقة وانبعاثات ثاني أكسيد الكربون".

الشكل | الحقل ذاته وفيه أقسام تحت الحراثة (يمين) وللزراعة الحافظة للموارد/عدم الحراثة (يسار) بعد عاصفة مطرية غزيرة مباشرة



ملاحظة: يؤدي تدميم التربة وفقدانها القدرة على رشح المياه الناجمان عن الحراثة العادي للتربة إلى إعاقة الصرف والإغراق بالمياه في الحقل المحروث (إلى اليمين) وعدم حدوث أي إغراق في الحقل غير المحروث (يسار). التقطت الصورة في حزيران/يونيو 2004 في قطعة أرض من تجربة ميدانية طويلة الأمد "أوبراكر" في زوليكونف بالقرب من برن بسويسرا، وبدأتها في عام 1994 الرابطة السويسرية لعدم الحراثة.

الصور: فولفجانج شتورني

وقد ثبتت المنافع الاقتصادية للزراعة الحافظة للموارد في نظم مختلفة في جميع أنحاء العالم، بدءاً من النظم الزراعية لصغار الملاك في أمريكا اللاتينية وأفريقيا جنوب الصحراء الكبرى إلى نظم الإنتاج التجاري الواسع النطاق في البرازيل وكندا (يوجد استعراض لها في Govaerts et al., 2009). وفي الوقت الحالي، هناك زهاء 1.8 مليون كيلومتر مربع من الأراضي الزراعية التي تخضع للزراعة الحافظة للموارد، تمثل زهاء 12.5 في المائة من مساحة الأراضي الزراعية في العالم، بزيادة قدرها 69.2 في المائة منذ عام 2008/2009 (Kassam et al., 2017). غير أن الأخذ بها يتفاوت تفاوتاً كبيراً بين المناطق. ففي بعض دول أمريكا الجنوبية، على سبيل المثال، يخضع 70 في المائة من الأراضي الزراعية للزراعة الحافظة للموارد، في حين أن المساحة في مناطق أخرى لا تكاد تذكر. ويبدو أن الاختلافات تتعلق بالتصورات، والسياسات الزراعية، والدعم الميداني للمزارعين، والحوافز، أكثر مما تتعلق بالعوامل الجيولوجية-المناخية-البيولوجية، مما يشير إلى أن بيئة السياسات التمكينية هي من العوامل الرئيسية التي تتحكم في زيادة تطبيقها (Derpsch and Friedric, 2009).

2-2-2 المستوطنات الحضرية

تكتسي الحلول المستمدة من الطبيعة لمعالجة مسألة توافر المياه في المستوطنات الحضرية أهمية كبيرة، نظراً إلى أن غالبية سكان العالم أصبحت الآن تقيم في المدن. ويمكن لإدارة تدفقات المياه من خلال المسطحات ذات الطابع الحضري تحسين توافر الموارد المائية (Lundqvist and Turton, 2001). وهناك مجموعة واسعة من الخيارات المتاحة للنظر فيها. وكثير من الحلول المستمدة من الطبيعة متعددة الوظائف، تعالج توافر المياه (الندرة/العرض) وجودة المياه والمخاطر التي تتعرض لها.

بالطرق الهندسية يستعاض بها عن وظيفة سد نيجيلي كجهاز تخزين، مما يقلل من حدة النزاع المحتمل (Turton and Botha, 2013). وتتأثر هذه المنطقة أيضاً بتغير المناخ حيث يتبين من بعض النماذج احتمال وجود ارتفاع قدره 5 درجات مئوية في درجة الحرارة المحيطة من الخزان ويبرز الحاجة إلى التخزين تحت السطح بدلاً من ذلك (الإطار 1-2). وهذا التخزين يساعد على المواءمة بين احتياجات المجتمع، بإيجاد ترخيص اجتماعي جديد بالتعدين في منطقة تعاني من قلة المياه.

نظام تكثيف زراعة الأرز (زيادة الإنتاجية بمياه أقل)

الأرز غذاء أساسي لنحو نصف سكان العالم. وزراعة الأرز المروية في الأراضي المنخفضة، التي تشمل زهاء 56 في المائة من إجمالي المساحة المزروعة بالأرز، تنتج زهاء 76 في المائة من إجمالي محصول الأرز في العالم (Uphoff and Dazzo, 2016). ونظام تكثيف زراعة الأرز هو نهج يشمل استعادة الأداء الوظيفي للتربة على الصعيدين البيئي والهيدرولوجي، بالاستناد إلى بعض التعديلات في ممارسات إدارة المحاصيل والمياه المعتادة بدلاً من الاعتماد على استحداث أصناف جديدة أو على استخدام مزيد من مدخلات الكيماويات الزراعية بلا نهاية. وقد ترسخت جذوره على نطاق دولي، وتجاوزت أصوله في مدغشقر إلى أماكن بعيدة (Kassam et al., 2011b). ومما يتسم بأهمية خاصة هنا ممارسة نظام تكثيف زراعة الأرز بالحفاظ على رطوبة التربة دون غمرها بالمياه باستمرار لكي تكون حالة التربة في معظمها هوائية وليست مشبعة وصماء على الدوام. وتختلف النتائج اختلافاً كبيراً بين المناطق، ولكن هذا النظام يمكن أن يصبح أكثر توفيراً للعمالة بمرور الوقت، إلى جانب توفير المياه (بنسبة 25-50 في المائة) والبذور (بنسبة 80-90 في المائة)، مما يقلل من التكاليف (بنسبة 10-20 في المائة)، ويزيد من إنتاج الأرز بنسبة لا تقل عن 25-50 في المائة، وكثيراً ما تكون 50-100 في المائة بل وأحياناً تزيد عن ذلك (Uphoff, 2008). ويؤكد تشاو وآخرون (2009) Zhao et al. (2009) التأثير الإيجابي لنظام تكثيف زراعة الأرز في غلة الأرز وكفاءة استخدام النيتروجين والماء. وقد بين جاتون-هاردي وآخرون (2013) Gathorne-Hardy et al. (2013) أن الأساليب المتبعة في نظام تكثيف زراعة الأرز تزيد غلته بنسبة كبيرة قدرها 58 في المائة، مع تقليل استخدامات المياه. وفي الوقت ذاته، يتيح هذا النظام فرصاً لإجراء تخفيضات كبيرة في انبعاثات غازات الدفيئة نتيجة للتحويل من الظروف اللاهوائية إلى الهوائية في التربة، مما يؤدي إلى خفض انبعاثات الميثان (التي لا تقابلها زيادة انبعاثات أكسيد النيتروجين) وتقليل الانبعاثات المتضمنة في الكهرباء المستخدمة لضخ المياه لأغراض الري (Gathorne-Hardy et al., 2013; Dill et al., 2013). وفضلاً عن تحسين كفاءة إنتاج الأرز، بما في ذلك متطلبات المحاصيل من المياه، فإن منافع نظام تكثيف زراعة الأرز في مجموعها تجعل إنتاج الأرز أكثر ملاءمة للبيئة (Uphoff and Dazzo, 2016). وهي كذلك تزيد من المرونة، ومن ثم تمثل نهجاً رئيسياً للتكيف مع تغير المناخ (Thakur et al., 2016). ذلك أن الشعور بتغير المناخ والحاجة إلى تكنولوجيا للحفاظ على الرطوبة هما من العوامل الرئيسية في اعتماد نظام تكثيف الأرز، وخاصة في الأراضي الجافة (Bezabih et al., 2016).

ويمكن تصنيفها في الفئات التالية:

- إدارة مستجمعات المياه خارج المناطق الحضرية التي تعمل على تحسين الإمدادات إلى هذه المناطق (بما في ذلك موارد المياه السطحية والمياه الجوفية) - بالاقتران دائماً تقريباً مع تحسين جودة المياه.
- تحسين إعادة تدوير المياه داخل الدورات المائية الحضرية، كإعادة استخدام مياه الصرف، مثلاً، التي تتيحها الحلول المستمدة من الطبيعة لتحسين جودة مياه الصرف (انظر الفصل الثالث وبرنامج اليونسكو العالمي لتقييم الموارد المائية، 2017).
- نشر البنية التحتية المراعية للبيئة داخل حدود المدن.

ويرد تناول التدابير المتعلقة بالمستجمعات لتحسين إمدادات المياه إلى المدن بمزيد من التفصيل في الفصلين الثالث والخامس، اللذين يؤكدان تأثيرها على تحسين جودة المياه. غير أن هذه التدابير يمكن أيضاً أن تحسّن مباشرة كمية المياه المتاحة لمستخدمي المدن عن طريق الاستفادة من قدرة البنية التحتية الطبيعية لمستجمعات المياه على تخزين المياه وإطلاقها بصورة طبيعية، وعلى وجه الخصوص تنظيم تدفق المجاري المائية (وإعادة تغذية المياه الجوفية). وهذا مفيد بوجه خاص لأنه يساعد على تنظيم التغيرات في العرض والحد من ندرة المياه خلال فترات الجفاف. وعادة ما تعمل خواص المسطحات الطبيعية هذه في انسجام مع نهج البنية التحتية الرمادية لإمدادات المياه الحضرية وتحسّنها (الإطار 2-5).

ويتزايد الإقبال على البنية التحتية الحضرية المراعية للبيئة، كما يشهد بذلك الاستثمار المتزايد، على سبيل المثال (Bennett and Ruef, 2016). وتجري إعادة تهيئة البنية الأساسية المراعية للبيئة (انظر الفصل الأول، القسم 1-3-7) لتحسين الأداء الهيدرولوجي للمساحات ذات الطابع الحضري القديمة أو تدمج في تصميم مناطق جديدة، بسبب فعاليتها من حيث التكلفة وفوائدها المتعددة (UNEP-DHI / IUCN / TNC, 2014). ومن أمثلة التدابير المتعلقة بتنظيم إمدادات المياه للمستوطنات الحضرية إعادة التشجير، واستصلاح أو بناء الأراضي الرطبة، وإنشاء وصلات جديدة بين الأنهار والسهول الفيضية، وتجميع المياه، والأرصعة القابلة للنفاذ، والمساحات الخضراء (لإزالة الملوثات والرواسب من مياه السيول والرشح). فالبنية التحتية المراعية للبيئة في الأماكن الحضرية تعيد أساساً المسارات المائية عند نقطة تلاقي وتفاعل الأرض/الماء وتديرها ومن ثم تتحكم في مصير التساقط، بما في ذلك الجريان وإعادة تغذية المياه الجوفية.

وهذا التنظيم لتدفقات المياه في المناطق الحضرية يزيد بوجه خاص من تخزين المياه في تلك المناطق ومن ثم القدرة على التكيف مع التفاوتات في توافر المياه، سواء لإدارة الفيضانات أو كحاجز واقٍ من ندرة المياه. وتساعد حدائق الغذاء الحضرية أيضاً على زيادة استخدام الأمطار في تلك المناطق والحد من الطلب على المياه للزراعة في المناطق الريفية فضلاً عن تقصير سلاسل الإمداد بالغذاء في الوقت ذاته، مما يؤدي إلى مزيد من وفورات المياه من خلال تجنب إهدار الأغذية. ويمكن أن تحسّن البنية التحتية الحضرية المراعية للبيئة أيضاً بدرجة كبيرة المناخ في المناطق الحضرية بما توفره من التظليل وآثار التبريد الناجم عن التبخر - الأمر الذي يسفر عن تحسين جودة الحياة للمواطنين كمنفعة مشتركة.

والمباني المراعية للبيئة هي ظاهرة ناشئة توضع لها معايير قياسية وتقنية جديدة تعتمد الكثير من الحلول المستمدة من الطبيعة. ومن الأمور ذات الأهمية البالغة في هذا الصدد المواءمة بين المتطلبات التنظيمية

استصلاح المسطحات الطبيعية يحسّن من نتائج المياه المتعددة لنهر تانا، كينيا

يوفر نهر تانا في كينيا 80 في المائة من مياه الشرب لنيروبي، ويولّد 70 في المائة من الطاقة الكهربائية المائية في البلد ويروي زهاء 645 كيلومتراً مربعاً من الأراضي الزراعية. وقد تم تحويل سفوح التلال شديدة الانحدار والمناطق المتاخمة للنهار إلى الاستغلال الزراعي، مما أدى إلى تآكل التربة. ويخفض الترسيب قدرة الخزانات ويزيد تكاليف معالجة المياه في نيروبي. وسيجري صرف مبلغ 10 ملايين دولار أمريكي للاستثمار في الإدارة المستدامة للأراضي على مدى 10 سنوات، مما سيؤدي إلى عائد قدره 21.5 مليون دولار أمريكي من المزايا الاقتصادية خلال فترة زمنية مدتها 30 عاماً. وتشمل التدخلات المضطلع بها ما يلي: تحسين الإدارة الشاطئية، وتصطيب منحدرات التلال، وإعادة تشجير الأراضي المتدهورة، واتخاذ تدابير لتشجيع الاحتفاظ بشرائط عشبية في المزارع، والتخفيف من تآكل التربة الناجم عن الطرق. وفيما يتعلق بإمدادات المياه، سيتم الحفاظ على سعة تخزين الخزانات نتيجة للحد من الترسيب. وسوف تتحسن إيرادات شركة الطاقة الكهربائية المائية كنتيجة مباشرة لهذا الإجراء. وقد استفادت شركة المياه والصرف الصحي في مدينة نيروبي كذلك من تجنب الترشيع وخفض استهلاك الطاقة وتقليل تكاليف التخلص من الحمأة. ويُتوخى المحافظة على فوائد الحد من الترسيب في مجموعة واسعة من سيناريوهات تغير المناخ.

المصادر: (Baker et al. (2015); TNC (2015); and Simmons et al. (2017).

الإطار 5-2 دراسة حالة لمستجمع مياه نهر تانا (كينيا) تشمل فيها المنافع المتأتية من نهج الحلول المستمدة من الطبيعة زيادة إيرادات شركة الطاقة الكهربائية المائية نتيجة لتحسين إمدادات المياه إلى الخزان. ويمكن أن تكون فوائد الحلول المستمدة من الطبيعة لتحسين كفاءة تشغيل سدود الطاقة الكهربائية المائية كبيرة وأن تمثل أمثلة جيدة لكيفية التكامل بين البنية التحتية المراعية للبيئة والرمادية (الإطار 2-7).

وقد استُكشفت علاقة النظم الإيكولوجية بالصلة بين المياه والطاقة والاستجابات الممكنة للتحديات من خلال نهج الإدارة المتكاملة للموارد المائية/النظام الإيكولوجي، باستخدام أدوات من قبيل دفع مقابل للخدمات البيئية، وإدارة المستدامة للسدود، والاستثمار الاستراتيجي في أحواض المياه، بصورة أكمل في الفصل التاسع من تقرير برنامج اليونسكو العالمي لتقييم الموارد المائية (2014)، الذي يتضمن تفاصيل ومراجع إضافية.

وتستثمر الصناعة بصورة متزايدة في الحلول المستمدة من الطبيعة لتحسين الأمن المائي لعملياتها. وقد قام المجلس العالمي للأعمال التجارية من أجل التنمية المستدامة بجمع دراسات حالة من الشركات التي تستثمر في هذه الحلول (المجلس العالمي للأعمال التجارية من أجل التنمية المستدامة، 2015a) (WBCSD, 2015a)). فمجموعة فولكس فاجن في المكسيك، على سبيل المثال، تدبر مصنعاً للإنتاج في وادي بوييلا تلاكسكالا حيث إمدادات المياه غير كافية لمدينة بوييلا المتنامية. وتعاونت الشركة مع اللجنة الوطنية للمناطق الطبيعية المحمية من أجل تأمين إمدادات مياه موثوقة. وخلص التحليل إلى أن تجديد المياه الجوفية في الوادي مرهون بدرجة كبيرة بوظائف النظم الإيكولوجية وأن إزالة الغابات على المنحدرات البركانية قد زادت من جريان المياه، مما أدى إلى الحد من إعادة تغذية طبقة المياه الجوفية. وعلى مر ست سنوات مكّنت زراعة الأشجار وإقامة الحفر والجوانب الترابية من توفير أكثر من 1.3 مليون متر مكعب سنوياً من المياه الإضافية لتغذية طبقة المياه الجوفية - وهي كمية من المياه تفوق ما تستهلكه مجموعة فولكس فاجن في المكسيك سنوياً (WBCSD, 2015b).

وفي عام 2013، قامت منظمة الأمم المتحدة للتنمية الصناعية (UNIDO) بدور رائد في صدور إعلان ليما بشأن التنمية الصناعية الشاملة

بغرض تحفيز الأخذ بهذه الحلول، أو حتى جعلها إلزامية. والحلول المستمدة من الطبيعة هي الوضع الطبيعي الجديد (يرد مزيد من مناقشته في الفصل السادس). وفي مفهوم وبرنامج «المدينة الإسفنجية» في الصين مثال جيد على تحسين الحلول المستمدة من الطبيعة إمدادات المياه على نطاق واسع في المناطق الحضرية، بالاستناد إلى حد بعيد إلى نشر النهج المتعلقة بالبنية التحتية المراعية للبيئة في المسطحات الطبيعية الحضرية، من أجل تحسين توافر المياه بصفة رئيسية (الإطار 2-6).

وفيما يتعلق بدعم التوسع في الحلول المستمدة من الطبيعة في المدن، قدمت اللجنة الاقتصادية والاجتماعية لآسيا والمحيط الهادئ (2017)، على سبيل المثال، دورة للتعليم الإلكتروني حسب وتيرة الدارسين عن التحول نحو البنية التحتية القادرة على التكيف مع التغيرات المائية والمدن المستدامة. وتعرض الدورة أوجه الترابط بين الأهداف 6 و8 و11 و13 من أهداف التنمية المستدامة إلى جانب استعراض عام لأفضل الممارسات وموجزات السياسات والاستراتيجيات والنهج الشاملة لإدارة الحضرية الجيدة. وقد صُممت هذه الدورة لتوعية واضعي السياسات ولتعزيز الاستفادة من المزايا الكاملة للبنية التحتية القادرة على التكيف مع الماء، من أجل تحقيق مدن شاملة للجميع وأمنة ومستدامة ولديها الاستعداد لتحقيق أهداف التنمية المستدامة.

2-3 الطاقة والصناعة

لأصناف الوقود الأحيائي والطاقة الكهربائية المائية أهمية خاصة للحلول المستمدة من الطبيعة فيما يتعلق بإمدادات المياه في سياق إنتاج الطاقة. فمحاصيل الوقود الأحيائي يمكن أن تستخدم كميات كبيرة من المياه ويمكن أن تزيد من ندرة المياه، في جملة آثار أخرى (Mielke et al., 2010). غير أن الحلول المستمدة من الطبيعة فيما يخص محاصيل الوقود الأحيائي هي أساساً الحلول ذاتها الخاصة بالزراعة، حسبما سبق توضيحه في القسم 2-1. وتتضمن تطبيقات الحلول المستمدة من الطبيعة لتحسين إمدادات المياه لأغراض الطاقة الكهربائية المائية بصفة أساسية نُهجاً مُحسّنة لإدارة المستجمعات المائية تنظم إمدادات المياه إلى منشآت الطاقة الكهربائية المائية (عادةً عن طريق الخزانات)، وتخفيضات لأحمال الرواسب في الخزانات من أجل زيادة كفاءة تخزين السدود (وتكاليف تشغيل محطات توليد الكهرباء). ويقدم

مفهوم "المدينة الإسفنجية" في الصين

بدأت الحكومة المركزية في الصين مؤخراً مشروع "المدينة الإسفنجية" بغرض تحسين توافر المياه في المستوطنات الحضرية. ويستخدم مفهوم "المدينة الإسفنجية" مزيجاً من الحلول المستمدة من الطبيعة والبنية التحتية الرمادية للاحتفاظ بمياه الجريان في المناطق الحضرية من أجل إعادة استخدامها فيما بعد. ويتمثل الهدف من هذا المشروع في "امتصاص 70% من مياه الأمطار وإعادة استخدامها من خلال تحسين نفاذ المياه والاحتفاظ بها وتخزينها وتنقيتها وصرفها، فضلاً عن توفير المياه وإعادة استخدامها. وينبغي أن تحقق هذا الهدف نسبة 20 في المائة من المناطق الحضرية بحلول عام 2020 ونسبة 80 في المائة منها بحلول عام 2030" (سفارة مملكة هولندا في الصين، 2016، الصفحة 1). ومن خلال مشروع "المدينة الإسفنجية"، يُتوقع التخفيف من الآثار السلبية للتشييد الحضري على النظم الإيكولوجية الطبيعية.

"إن نشر الحلول المستمدة من الطبيعة على نطاق المدينة مثل الأسطح الخضراء والأرصعة المسامية والإصلاح البيولوجي إلى جانب استصلاح الأراضي الرطبة في المناطق الحضرية وشبه الحضرية والأنهار يكمن في صميم هذه المبادرة الوطنية" (Xu and Horn, 2017, p. 1).

وبحلول عام 2020، سيتم بناء 16 مدينة "إسفنجية" تجريبية عبر مساحة تزيد عن 450 كيلومتراً مربعاً، بها أكثر من 3 000 مشروع بناء مخطط لها واستثمارات إجمالية قدرها 8.65 مليارات رمينبي (زهاء 1.25 مليار دولار أمريكي) (سفارة مملكة هولندا في الصين، 2016). وتشمل النتائج الأولية التخفيف من التشبع بالمياه في المناطق الحضرية، وتحسين النظم الإيكولوجية المرتبطة بالمياه، وتعزيز التنمية الصناعية، وتحسين الارتياح العام لدى الجمهور. وقد أدمج التخطيط المركزي للسياسات، المنسجم فعلياً مع التنفيذ على المستوى المحلي، مفهوم "المدينة الإسفنجية" في التخطيط التنظيمي الحضري والترميم الإيكولوجي على مستوى المدن والأقاليم في مقاطعتي شينتشين وقوانغدونغ.

ومن أمثلة التدابير المتخذة تركيب الأسطح الخضراء، والحواجز، والأرصعة النفاذة، وكذلك تنشيط البحيرات والأراضي الرطبة المتدهورة التي تمتص مياه الأمطار الزائدة. وتستخدم بعد ذلك حوائق المطر وأغوار تنقية مياه الجريان لتجميعها وإزالة بعض الملوثات منها. ثم يعاد بعض هذه المياه إلى النظام الطبيعي ويُخزن ككفالة توافر المياه لأغراض الري والتنظيف خلال فترات الجفاف (Xu and Horn, 2017).

إعداد: اللجنة الاقتصادية والاجتماعية لآسيا والمحيط الهادئ.



الصورة: © Syrn / Shutterstock.com

تزيد الخدمات التي يتيحها المستودع المائي بمقدار خمسة أضعاف العمر التشغيلي المتوقع لسد إيتايبو للطاقة الكهربية المائية في حوض نهر بارانا في البرازيل

يتأثر توليد الطاقة الكهربية بكفاءة من خزان سد إيتايبو في حوض نهر بارانا الثالث، الواقع في الجزء الغربي من ولاية بارانا، البرازيل، على حدود باراغواي، بإدارة التربة في مستجمع المياه. وتؤدي الرواسب التي تدخل الخزان إلى الحد من التخزين وتقليل عمر الخزان، إلى جانب زيادة تكاليف الصيانة ومن ثم تكاليف توليد الكهرباء، مما يوفر حافزاً مالياً لتحسين إدارة مستجمع المياه. وقد أقام برنامج Cultivando Água Boa (الارتقاء بجودة المياه) شراكة مع المزارعين لتحقيق الأهداف المتبادلة للاستدامة (Mello and Van Raij, 2006; Itaipu Binacional, n.d.). ومن الركائز الأساسية لبرنامج Cultivando Água Boa الارتقاء بجودة المياه الشراكة التي تكوّنت من خلال الاتحاد البرازيلي لعدم الحراثة وتشمل قياس الآثار التي تحدثها إدارة المزارع عن طريق نظام تسجيل يشير إلى مدى إسهام كل مزرعة في تحسين ظروف المياه (Laurent et al., 2011). وهذا يتيح للوكالة الوطنية للمياه اعتبار المزارعين بمثابة "منتجين للمياه"، إذ تحدد الوكالة قيمة لخدمات النظام الإيكولوجي التي تولدها المزارع المشاركة في البرنامج وتكافئ المزارعين على نهجهم الاستباقي (ANA, 2011). وبوجه عام، ارتفع العمر الافتراضي لمجمع السد من رقمه الأصلي الذي يبلغ زهاء 60 عاماً عند بنائه إلى ما يقرب من 350 عاماً الآن. فضلاً عن ذلك، تتحقق فوائد بيئية أخرى (مثل انخفاض الجريان السطحي للمغذيات)، والأهم من ذلك أنه طرأت زيادة على الإنتاجية الزراعية والاستدامة - مما أسفر عن سيناريو يفوز فيه المزارعون وشركة الطاقة الكهربائية المائية على السواء.

دي لا بلاتا في الأرجنتين/أوروغواي ينبع من التبخر من غابات الأمازون (Van der Ent et al., 2010). ومن ثم قد تؤثر قرارات استخدام الأراضي في أحد الأماكن تأثيراً كبيراً في توافر المياه في أماكن بعيدة. وهذا أمر مهم على وجه الخصوص نظراً إلى أن إزالة الغطاء النباتي للتربة ربما يكون لها أشد الآثار في سقوط الأمطار في المناطق الأكثر جفافاً، إذ تسهم في زيادة شح المياه وتدهور الأراضي والتصحّر هناك (Keys et al., 2016).

وبضاهي تأثير استخدام الأراضي وتغيير استخدامها على حركة الرطوبة، والتساقط اللاحق، تأثير «مستجمع المياه» باعتباره الوحدة المشتركة للإدارة في هذا الصدد، مما يشير إلى أنه ينبغي النظر أيضاً في استخدام «مستجمعات المياه في الغلاف الجوي» - المعروفة باسم «أحواض التساقط» كوحدة (Keys et al., 2016). غير أن هذا يمثل تحديات كبيرة لحكومة توافر الموارد المائية (Keys et al., 2017). والجهود التي بُذلت في الوقت الراهن لمعالجة هذا الجانب من إدارة توافر موارد المياه قليلة ولكن هناك بعض الأمثلة. فمرفق البيئة العالمية يدعم برنامجاً متعدد الوظائف على نطاق المسطحات الطبيعية يعترف بالدور الحاسم

والمستدامة، الذي يدعو البند 7 منه إلى تعزيز «استخدام الموارد الطبيعية وخدمات النظم الإيكولوجية التي توفرها، وإدارتها وحمايتها على نحو مستدام» (UNIDO, 2013, item 7). وأوجد ذلك زخماً بشأن هذا الموضوع، أدى إلى خطة التنمية المستدامة لعام 2030، ولا سيما الغايتان 4-6 و6-6 المتعلقة بندرة المياه والنظم الإيكولوجية، على التوالي (WWAP, 2015). وتتيح الخطة مثلاً على كيفية تعميم الحلول المستمدة من الطبيعة في ميادين إصلاح السياسات المعنية.

4-2-2 مكافحة التصحر

تتسبب ضغوط متعددة في التصحر، ولكن هذه العملية نتيجة مباشرة لتدهور قدرة الأرض على الاحتفاظ بالمياه (إن لم يكن هذا تعريفها). ويتناول الفصل الرابع بمزيد من التفصيل مسألة التصحر وما يرتبط به من تدهور الأراضي والجفاف، بوصفها كوارث طبيعية، ولكن الأمثلة الواردة هنا على الحلول المستمدة من الطبيعة التي تعيد المياه إلى المسطحات الطبيعية، بما في ذلك المياه الجوفية والتربة الزراعية، هي نهج معترف بها لمكافحة التصحر (وتدهور الأراضي والجفاف) عند تطبيقها في المناطق الضعيفة المعنية. وإذ يمثل تدهور النظام الإيكولوجي السبب الأساسي للتصحّر، فإن الحلول المستمدة من الطبيعة تمثل الوسيلة الوحيدة الممكنة لمكافحته على نطاق واسع. ولذلك، تقع الحلول المستمدة من الطبيعة في طليعة الجهود الرامية إلى استعادة إنتاجية الأراضي في المناطق المتضررة. وعلى سبيل المثال، تشجع اتفاقية الأمم المتحدة لمكافحة التصحر الأخذ بهذه الحلول كوسيلة محورية لمكافحة تدهور الأراضي (هيئة التفاعل بين العلوم والسياسات لاتفاقية الأمم المتحدة لمكافحة التصحر، 2016). ومن الأمور الحاسمة في هذه النهج إعادة تدوير الرطوبة، واحتباس مياه التربة، وتعزيز منافع الرشح المترتبة على استصلاح المسطحات الطبيعية.

5-2-2 المياه والصرف الصحي والنظافة الصحية

بالرغم من أن مساهمة الحلول المستمدة من الطبيعة في تحسين نتائج مبادرة توفير المياه وخدمات الصرف الصحي والنظافة الصحية للجميع ترتبط بصورة أساسياً بجودة المياه (انظر الفصل الثالث)، إلا أن أهداف توفير المياه وخدمات الصرف الصحي والنظافة الصحية تكون أسهل بكثير في تحقيقها عندما توجد إمدادات كافية من المياه لجميع الاستخدامات - المنزلية والصناعية والزراعية - وعندما تكون إمداداتها مدارة على نحو فعال لمنع التلوث. وليس تخفيف آثار التصحر وتدهور الأراضي والجفاف سوى مثال واحد على الدعم الذي توفره الحلول المستمدة من الطبيعة للنتائج في مجال توفير المياه وخدمات الصرف الصحي والنظافة الصحية للجميع من خلال تحسين توافر الموارد المائية وإمكانية الوصول إليها. وكثيراً ما تكون الأفضلية في منافع الحلول المستمدة من الطبيعة للفئات الأكثر حرماناً وضعفاً، كأوساط الأقليات والمجتمعات الريفية والنساء. ويمكن للأخذ بنهج الحلول المستمدة من الطبيعة أن يحسّن الصحة العامة، وخاصة في البلدان النامية، بالمساعدة على ضمان توفير المياه المأمونة وخدمات الصرف الصحي الملائمة (Brix et al., 2011).

3-2 تأثير إعادة تدوير الرطوبة في توافر المياه

يسلط الفصل الأول (انظر القسم 1-3-3) الضوء على التأثير المهم لتدفقات التبخر في إعادة تدوير الرطوبة على الصعيدين الإقليمي والعالمي وأمطار التساقط اللاحق. ويمكن أن يكون هذا التأثير في توافر المياه كبيراً؛ فعلى سبيل المثال، 70 في المائة من هطول الأمطار لحوض ريو

والمناخ. وثمة مبررات تجارية قوية لإقامة شراكة مع الطبيعة ولكنها بصفة عامة تحتاج إلى إثبات، لأنها تُعتبر في كثير من الأحيان «بديلاً» عن المعتاد اتباعه. بيد أنه عندما تقوم الشركات الكبيرة بإجراء عمليات تقييم تفصيلية وتشجع في تطبيق الحلول المستمدة من الطبيعة، يمكن أن تكون النتائج هامة، كما يتبين من مبادرة تحديد البصمة المائية التي بدأتها ساب-ميلر في عام 2009 بالاقتران/ بالتعاون مع الصندوق العالمي للطبيعة⁹. والآن بعد أن بات من الواضح أن الحلول المستمدة من الطبيعة أكثر بروزاً في بعض خطط السياسات، فهي تواجه خطر التقليل من شأنها بالمزيد من سوء التطبيق حيث لا يفي الأداء بالتوقعات. ولمواجهة ذلك، يلزم إرساء قاعدة أفضل بكثير للمعارف المتعلقة بتلك الحلول، تشتمل على عمليات تقييم علمية موسعة وغير متحيزة لأدائها. ويمكن أن تستغرق بعض الحلول المستمدة من الطبيعة شيئاً من الوقت في حين يفضل الكثيرون من أصحاب المصلحة الحصول على نتائج مضمونة في وقت أسرع. فضلاً عن أن الحلول المستمدة من الطبيعة ضعيفة الإدماج في التخصصات الداعمة، كالهندسة المدنية، مما يؤدي إلى نقص في المهارات.

الاعتبارات المالية. قد لا تتوافر البيانات الجيدة لإثراء خيارات الاستثمار القائم على البيانات. فالحلول المستمدة من الطبيعة تنقسم بقابلية متأصلة للتغير، تبعاً للموقع وعوامل أخرى يلزم فهمها إذا أُريد اتباعها مع درجة كافية من تجنب المخاطر المرتبطة بها. ومن شأن الحوافز المالية والأدوات السوقية المحسنة لاعتماد الحلول المستمدة من الطبيعة (انظر القسمين 2-2 و 2-6) أن تعزز المنطق التجاري وتيسر اتخاذ القرار لتطبيقها.

الاعتبارات المؤسسية. كثيراً ما تتطلب الحلول المستمدة من الطبيعة مستويات عالية من التعاون بين القطاعات والمؤسسات. وينبغي تشجيع ذلك من أجل تسريع الإجراءات، مع إيلاء الاعتبار لإدارة الموارد كآلية من آليات المشاركة. ويمكن لبيئة السياسات التمكينية أن تفعل الكثير لتعزيز التعاون. فجعل النظر في الحلول المستمدة من الطبيعة إلزامياً، على سبيل المثال، في خيارات الاستثمار، يمكن أن يحفز التعاون بين من لديهم معرفة بهذه الحلول ومن يقومون بعملية اختيار الاستثمار.

وليست المعايير واللوائح والمبادئ التوجيهية والحوافز التي تنظم الحلول المستمدة من الطبيعة مشتركة أو موحدة في جميع الاقتصادات الوطنية. وهذا أيضاً مقيد للصناعة، التي تفضل اليقين.

وتقتضي الحلول المستمدة من الطبيعة الأخذ بنهج محسنة لإدارة موارد المياه على نطاق المسطحات الطبيعية. وقد كانت الإدارة المتكاملة للموارد المائية مطمئناً طوال عقود من الزمن (Allan, 2003) إلا أن الإخفاق كثيراً ما يصيبها بسبب المصالح القطاعية المترسقة، والعوائق السياسية والإدارية (Jønch- Clausen, 2004)، وعدم وجود المسؤولية الجماعية (Goldin et al., 2008). فضلاً عن ذلك، على الرغم من تضمين الحلول المستمدة من الطبيعة في مبادئ الإدارة المتكاملة للموارد المائية من الناحية النظرية، فهي ليست مدمجة جيداً في النهج القائمة على تلك المبادئ في الممارسة العملية وكثيراً ما تكون غائبة. وعلى سبيل المثال، يعمل مديرو الموارد المائية عادة بصورة منعزلة، ولكن الإدارة المتكاملة للأراضي والمياه ضرورية (Bossio et al., 2010). ومفهوم الإدارة المتكاملة للموارد الأرضية والمائية مستمر

الذي يؤديه حوض الأمازون في تنظيم المناخ على الصعيدين الإقليمي والعالمي، بتكلفة استثمارية تبلغ 683 مليون دولار أمريكي، بما في ذلك التمويل المشترك (مرفق البيئة العالمية، 2017). وهذا البرنامج مصمم لتحسين السياسات والاستثمارات في المناطق المحمية والإدارة المتكاملة للمساحات الطبيعية، من أجل أمور منها تجنب الخطر الشديد في أن يصل النظام الإيكولوجي في منطقة الأمازون ككل إلى النقطة الحرجة المتمثلة في الموت التدريجي غير القابل للسيطرة للغابات الطبيعية بسبب الجفاف والحرائق. ذلك أن حدوث ذلك سيكون من الصعب للغاية وقفه وله عواقب اجتماعية واقتصادية هائلة من خلال تقليل توافر المياه لجملة أمور منها الزراعة المعتمدة على هذا النظام (الموجودة بصورة أساسية خارج الحوض) والعمر المتوقع للبنية التحتية للطاقة الإقليمية (أي السدود).

4-2 التحديات التي تواجه تمكين الحلول المستمدة من الطبيعة لتحقيق توافر المياه

تشمل التحديات الرئيسية التي تواجه معظم الجهات الفاعلة، بما في ذلك السلطات التنظيمية والحكومات المحلية والصناعة والأعمال التجارية والزراعة والمجتمع المدني، في الارتقاء بتطبيقات الحلول المستمدة من الطبيعة ما يلي:

بيئات السياسات التمكينية. كثيراً ما تكون البيئات التي توجد بها السياسات العامة مثبطة، وفي بعض الحالات محيطية تماماً، للأخذ بالحلول المستمدة من الطبيعة. ووجود بيئة السياسات التمكينية ضروري للتشجيع على اعتماد الحلول المستمدة من الطبيعة عند الاقتضاء. فأشكال الدعم والحوافز المقدمة للمزارعين في مجال الزراعة، مثلاً، يلزم إعادة توجيهها في كثير من الأحيان لدعم الاستدامة، بما في ذلك اعتماد الحلول المستمدة من الطبيعة. وينبغي كذلك زيادة إدماج الحلول المستمدة من الطبيعة في مجموعة أوسع من أفضل الممارسات المؤسسية واستغلال فرص التسويق المختلفة المتاحة، أو دخول أسواق جديدة أو تحويل التصورات العامة فيما يتعلق بالمواطنة الجيدة للشركات (WBCSD, 2015a).

الوعي/التصورات. هناك الكثير مما يجب عمله لبناء قاعدة معلومات عن الحلول المستمدة من الطبيعة وتعزيز الوعي بها. فأزمات المياه وظروفها المتطرفة (الفيضانات وحالات الجفاف) تولد لحظات يُشجذ فيها الوعي، مما يزيد من فرصة النظر في خيارات الحلول المستمدة من الطبيعة. والمجتمع المدني عامل رئيسي في التأثير في بيئات السياسة والاستثمار، ويمكن توعيته بصورة أفضل. وللمؤسسات الصغيرة والمتوسطة الحجم تأثير تراكمي كبير ويلزم أن تصبح أكثر استنارة ومشاركة.

الاعتبارات التقنية. وكثيراً ما يكون العديد من أصحاب المصلحة كارهين للمخاطرة، مفضلين عادةً الحلول المجربة والمختبرة، مما يضع عائقاً يحول دون اعتماد حلول هندسية بديلة (غير تقليدية). ونظراً إلى أن فعالية الحلول المستمدة من الطبيعة تتفاوت تفاوتاً كبيراً على المستوى المحلي (Burek et al., 2016)، فمن الضروري أن يتم تخطيطها وتصميمها وبناءها بعناية لمساعدة المخططين/المهندسين على تحديد الموقع الملائم والخيار الصحيح بين الحلول المستمدة من الطبيعة لإطلاق أقصى قدر من الفائدة. وهذا يتطلب بدوره إجراء تقييم موثوق للأداء المتوقع خلال مرحلة التصميم، مما يؤدي إلى تحليل أكثر دقة للتكاليف

9 للاطلاع على مزيد من التفاصيل، انظر www.wwf.org.uk/updates/wwf-and-sabmiller-unveil-water-footprint-beer



على الرغم من تضمين الحلول المستمدة من الطبيعة في مبادئ الإدارة المتكاملة للموارد المائية من الناحية النظرية، فهي ليست مدمجة بصورة جيدة في النهج القائمة على تلك المبادئ في الممارسة العملية وكثيراً ما تكون غائبة

في الانتشار في جميع أنحاء العالم مع تركيز متزايد على إدراج خدمات النظام الإيكولوجي كمزايا قابلة للقياس الكمي. ونظراً إلى أن الحلول المستمدة من الطبيعة تعتمد على اتساع مدى التطبيق وتشمل العديد من خدمات النظام الإيكولوجي فضلاً عن تنظيم المياه، فمن الضروري عادة أخذ مداها في الاعتبار (Hanson et al., 2012). وهذا يتطلب أيضاً تحسين الاهتمام بإدارة آثار استخدام الأراضي والمياه على المناطق الساحلية والموارد البحرية. وفي نموذج "من المصدر إلى البحر" (الإطار 2-8) نهج يعزز ترتيبات الإدارة المتكاملة التي يمكن أن توازن بين أهداف التنمية لجميع القطاعات على نطاق المسطحات الطبيعية، مع مراعاة تدفقات خدمات النظام الإيكولوجي وتمكين التنسيق والتكامل بين أهداف الإدارة المختلفة (Granit et al., 2017). وتحتاج هذه النهج أيضاً إلى الربط بين دورات الماء والنفايات والطاقة (FAO, 2014c).

5-2 الحلول المستمدة من الطبيعة وتوافر المياه وأهداف التنمية المستدامة

يتعلق الاستخدام المستدام للموارد بجميع أهداف التنمية المستدامة، وكذلك الشأن مع توافر المياه. فبدون مياه كافية، يكون معظم التقدم الاقتصادي والاجتماعي مقيداً. وقد استكشفت لجنة الأمم المتحدة المعنية بالموارد المائية (2016a). الروابط بين المياه والصرف الصحي في أهداف التنمية المستدامة وغاياتها. وتساهم الحلول المستمدة من الطبيعة المتعلقة بتوافر المياه في جميع الغايات الخاصة بالهدف 6 من أهداف التنمية المستدامة (المتعلق بالمياه) التي تترجم بدورها إلى تحسين منافع توافر المياه بوجه عام. غير أن هناك نهجاً عديدة لإدارة توافر المياه، بطرق منها إدارة جانب الطلب، وتحسين جودة المياه، وإعادة استخدام البنية التحتية الرمادية وتحسينها، فضلاً عن الحلول المستمدة من الطبيعة. ويجري تناول الصلات بين الحلول المستمدة من الطبيعة وأهداف التنمية المستدامة لجودة المياه والحد من مخاطرها في الفصلين الثالث والرابع، على التوالي، بينما يقدم الفصل السابع تقييماً عاماً للفرص الإجمالية. فالترابط بين هذا العدد الكبير من أهداف التنمية المستدامة عن طريق مسائل متعلقة بالمياه يجعل من الصعب فصل الحلول المستمدة من الطبيعة لندرة المياه عن إدارة الأراضي والمياه بوجه عام. ولذلك، فإن هذا القسم يكتفي بتسليط الضوء على بعض المجالات التي توفر فيها الحلول

المستمدة من الطبيعة فرصاً وأدلة للتعامل مع مسألة توافر المياه في مقابل الخيارات الأخرى، مع أخذ تعقيدات هذا الموضوع بعين الاعتبار.

وتكمن أكبر الإمكانيات التي تنطوي عليها الحلول المستمدة من الطبيعة من أجل تحسين توافر المياه إلى حد بعيد، مقارنة بالخيارات الأخرى، في مجال الزراعة، وذلك من خلال تحقيق مكاسب تتعلق بالكفاءة في نظم الزراعة البعلية والمروية. ومن ثم، فهذا عنصر رئيسي من عناصر تحقيق الهدف 2 من أهداف التنمية المستدامة («القضاء على الجوع وتوفير الأمن الغذائي والتغذية المحسنة وتعزيز الزراعة المستدامة») وعلى وجه الخصوص الحاجة الأساسية لتحقيق الغاية 2-4 («...ضمان وجود نظم إنتاج غذائي مستدامة، وتنفيذ ممارسات زراعية متينة تؤدي إلى زيادة الإنتاجية والمحاصيل، وتساعد على الحفاظ على النظم الإيكولوجية، وتعزز القدرة على التكيف مع تغير المناخ وعلى مواجهة أحوال الطقس الشديدة وحالات الجفاف والفيضانات وغيرها من الكوارث، وتحسن تدريجياً جودة الأراضي والتربة»)، مما يدعم تحقيق الغايات الأخرى في الهدف 2 من أهداف التنمية المستدامة، التي تؤدي بدورها إلى تعزيز العديد من التحسينات الأخرى في رفاه الإنسان (بما في ذلك الصحة والحد من الفقر والاستدامة البيئية). وتمثل الحلول المستمدة من الطبيعة لمعالجة توفير المياه في المناطق الحضرية، ومن أجل تلك المناطق، مجاًلاً واعداً آخر، مقارنة بالخيارات البديلة، ومن ثم فهي تساهم في الهدف 11 من أهداف التنمية المستدامة («جعل المدن والمستوطنات البشرية شاملة للجميع وأمنة وقادرة على الصمود ومستدامة»). وتتيح المنافع المشتركة للحلول المستمدة من الطبيعة بشأن توافر المياه، وعلى الأخص قدرتها على تحسين الآثار الخارجية للزراعة على النظم الإيكولوجية، فرصاً كبيرة للمساهمة بقدر هام في الهدف 12 من أهداف التنمية المستدامة («ضمان وجود أنماط استهلاك وإنتاج مستدامة») و15 («حماية النظم الإيكولوجية البرية وترميمها وتعزيز استخدامها على نحو مستدام، وإدارة الغابات على نحو مستدام، ومكافحة التصحر، ووقف تدهور الأراضي وعكس مساره، ووقف فقدان التنوع البيولوجي»). وتجدر الإشارة بوجه خاص إلى أن الحلول المستمدة من الطبيعة هي أقدر الوسائل المتاحة على مكافحة التصحر ومن ثم تحقيق الغاية 15-3 («مكافحة التصحر، وترميم الأراضي والتربة المتدهورة، بما في ذلك الأراضي المتضررة من التصحر والجفاف والفيضانات، والسعي إلى تحقيق عالم خالٍ من ظاهرة تدهور الأراضي»). وبقدر ما تخفف الحلول المستمدة من الطبيعة من التأثيرات النهائية في المناطق الساحلية/البحرية، فإنها تنطوي أيضاً على إمكانية كبيرة لتحقيق الهدف 14 من أهداف التنمية المستدامة («حفظ المحيطات والبحار والموارد البحرية واستخدامها على نحو مستدام لتحقيق التنمية المستدامة»). ونظراً إلى أن معظم هذه الحلول تنطوي على النهوض بقدرة النظام على الصمود، وفي كثير من الحالات، زيادة تخزين الكربون (خاصة من خلال إدارة التربة والغطاء النباتي)، فهي تساهم إسهاماً كبيراً في الهدف 13 («تخفيف إجراءات عاجلة للتصدي لتغير المناخ وآثاره»).

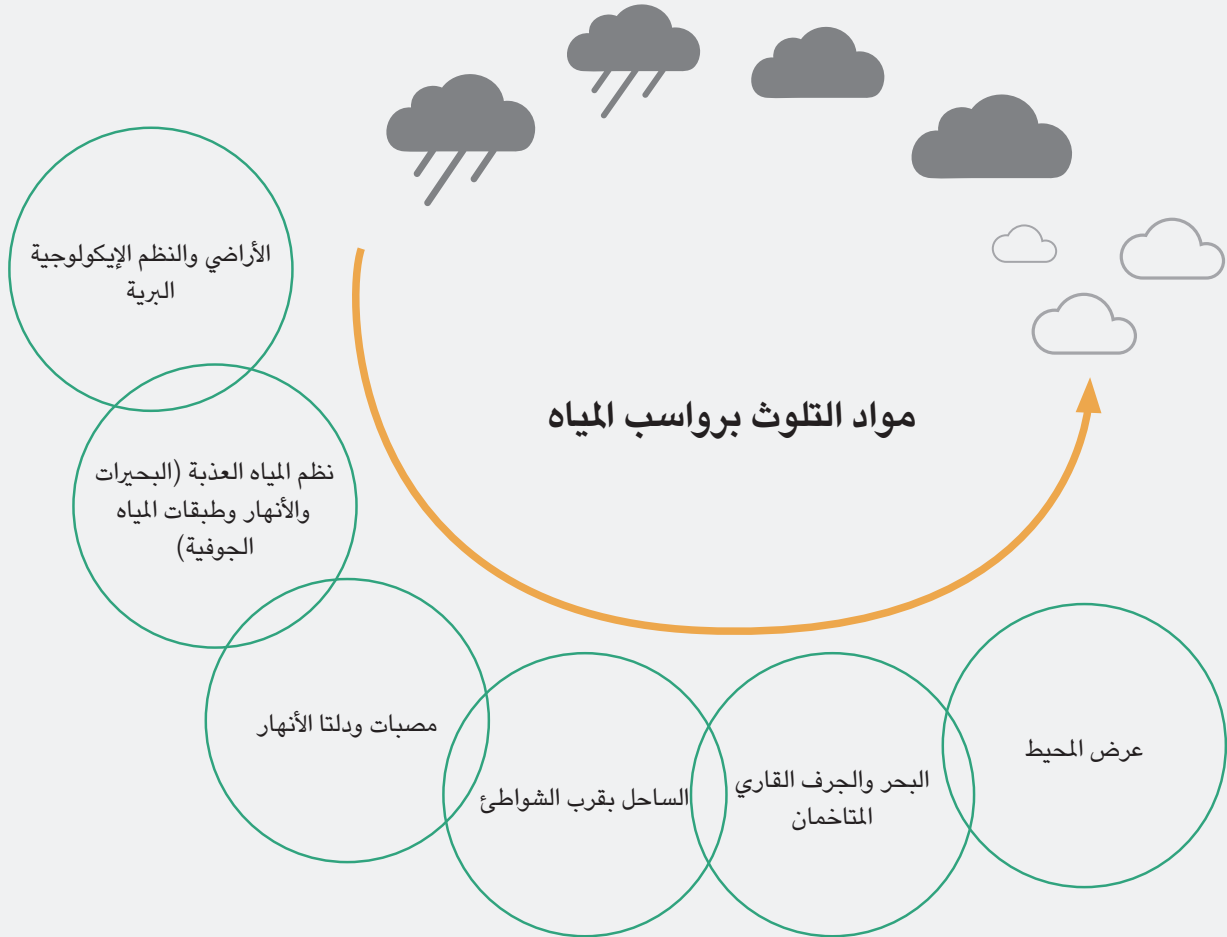
ويمكن الإشارة إلى مزيد من الروابط المتبادلة، بعضها ذو إمكانيات عالية أيضاً لتطبيق الحلول المستمدة من الطبيعة لأغراض توفير المياه. ويواصل الفصل السابع بحث هذا الموضوع. أما للأغراض الحالية، فيُستخلص أن الحلول المستمدة من الطبيعة لتوفير المياه تنطوي على إمكانيات وأدلة للغاية للمساهمة في تحقيق أهداف التنمية المستدامة، سواء بالاقتران مع نهج أخرى أو كبديل عنها.

نهج "من المنبع إلى البحر"

يشمل نهج "من المنبع إلى البحر" الصلات بين إدارة الأراضي والمياه عند المنبع وجودة مناطق الدلتا والمناطق الساحلية في المراحل النهائية، التي تتراكم من خلال التدفقات السطحية والجوفية، والأنهار، وشبكات القنوات، ومسارات البنى التحتية وتراعى فيه هذه الصلات.

وينظر هذا النهج في التفاعل الديناميكي بين اليابسة والمحيطات - الذي يجسد أحد التحديات الإنمائية والبيئية الرئيسية في عصرنا - لمعالجة الضغوط المتزايدة على قاعدة موارد الأراضي والمياه وتردّي هذه القاعدة، وهي أمور تؤثر بوجه خاص على الفقراء ممّن لا يمكنهم التعويض عن أثارها باتخاذ تدابير مكلفة. وترجم العوامل الرئيسية المباشرة وغير المباشرة المحددة لموارد الأراضي والمياه عند المنبع إلى ضغوط متزايدة في أسفل المجرى، بما في ذلك من خلال المصببات دخولاً إلى المناطق الساحلية ومن ثم إلى ما وراءها من المحيطات. ولا يمكن في معظم الأحيان للمجتمعات في أسفل المجرى التأثير على هذه العوامل السالفة الذكر عند المنبع أو إدارتها. وعلاوة على ذلك، فإن البلدان التي تشترك في مستجمعات المياه تحتاج إلى تعاون دولي وثيق لتوحيد الإدارة المنسقة للأراضي والمياه التي تضمن وصول تدفقات المياه لأجل طويل عبر الحدود بالجودة المطلوبة. ويمثل نظام "من المنبع إلى البحر" أحد النهج لإدارة هذه المخاطر، لأنه يراعي استخدامات الأراضي والمياه في المناطق المرتفعة والمنخفضة، وكذلك احتياجات الذين يعتمدون على الموارد الساحلية والبحرية.

الشكل | التدفقات الرئيسية للمياه والرواسب والتلوث والمواد تربط بين القطاعات الجغرافية من المصدر إلى المصب



المصدر: (Adapted from Granit et al. (2017, fig. 1, p. 5).

الحلول المستمدة من الطبيعة لإدارة جودة المياه

3



بمساهمة: شعبة اليونيدو لكفاءة مصادر الموارد الصناعية وجون باين (John G. Payne & Associates Ltd)؛ سارة مرجاني زاده (FAO)؛ ومايكل ماك كلیم وكين إيرفين (IHE Delft)؛ ومايك أكرمان وكريستوف كيودينيك (IAHS)؛ وبرياني أميراسنغ وكريس ديكنز (IWMI)؛ وإيمانويل كوهين-شاشام (IUCN)؛ وتاتيانا فيديتوفا (WBCSD)؛ وكريستوفر كوكس (UN Environment GPA)؛ ومايا برتولي (UNEP-DHI)؛ وديفيد كوتس وريتشارد كونور (WWAP)؛ وإميلي سيمونز ويورجي جاستيلوميندي (TNC)؛ وماريا تيريزا جوتيريس (ILO).

1-3 التحديات المتعلقة بجودة المياه والنظم الإيكولوجية والتنمية المستدامة

تؤدي التحديات الخطيرة التي يمثلها تلوث المياه وتدهور جودة المياه على نطاق العالم إلى مخاطر على صحة الإنسان والنظم الإيكولوجية، إلى جانب الحد من توافر موارد المياه العذبة لتلبية الاحتياجات البشرية، ومن قدرة النظم الإيكولوجية المتعلقة بالمياه على توفير السلع والخدمات، بما في ذلك التقنية الطبيعية للمياه. والشواهد واسعة الانتشار على مدى التدهور في جودة المياه العذبة (انظر المقدمة)، الناجم عن نمو السكان والتوسع الحضري، والتصنيع، وتوسيع نطاق الزراعة وتكتيفها، وأثار تغير المناخ. ومما يثير القلق بوجه خاص تلوث النظم الإيكولوجية للمياه العذبة، والنظم الإيكولوجية الساحلية والبحرية في نهاية المطاف. وتشمل الأنواع الرئيسية من الملوثات المواد الكيميائية والمغذيات. وكذلك يمكن أن يكون لتزايد مستويات الملوحة وارتفاع درجات حرارة الماء والهواء آثار هامة (UNEP, 2016a). ومن دواعي القلق بنوع خاص فقدان الأراضي الرطبة ذات المياه العذبة، التي تتمتع بقدرة فريدة على ترشيح المياه وتحسين نوعيتها، على نطاق العالم؛ إذ تشير التقديرات إلى أن نسبة 64-71 في المائة من مساحة الأراضي الرطبة قد فقدت منذ عام 1900 (Davidson, 2014).

والصرف الزراعي هو المصدر الرئيسي لتحميل المغذيات والملوثات الأخرى، مثل المبيدات الحشرية. ويمثل قصور الإدارة لمياه الصرف الصحي البلدية والصناعية مصدراً رئيسياً آخر لتلوث المياه (UNESCO, 2015a)، لا سيما في البلدان المنخفضة الدخل حيث يخضع ما يقدر بنسبة 8 في المائة فقط من هذا النوع من مياه الصرف الصحي لأي نوع من المعالجة (Sato et al., 2013). وقد أدت إدارة الصرف الصحي إدارة غير مأمونة إلى تلوث مصادر مياه الشرب بالملوثات المسببة للأمراض، مما يتسبب في الإصابة بالأمراض المنقولة بالماء (UNEP, 2016a). وكذلك يؤثر جريان مياه العواصف الملوثة في المناطق الحضرية، والنفايات السائلة الناتجة عن التعدين والصناعات الاستخراجية، بما في ذلك الانسكابات الصناعية، وتحميل الرواسب ونقل النفايات الصلبة في المسطحات المائية، تأثيراً مباشراً على جودة المياه السطحية والمياه الجوفية، مما يتسبب أحياناً في تلوث شديد بالكيمائويات والمعادن الثقيلة. وتمثل الملوثات الجديدة (بما في ذلك المضادات الحيوية



2-3 الحلول المستمدة من الطبيعة لقضايا الحفاظ على جودة المياه أو تحسينها

1-2-3 حماية جودة مياه المصادر

تقوم مستجمعات المياه السليمة بتجميع المياه وتخزينها وترشيحها وتوصيلها إلى المجتمعات بمختلف أحجامها. وتقلل حماية مياه المصدر من تكاليف معالجة المياه على الموردين في المناطق الحضرية، وتسهم في تحسين سبل الحصول على مياه الشرب المأمونة في المجتمعات الريفية، ويمكن أيضاً أن توفر المياه ذات الجودة الملائمة للاستخدامات الأخرى من قبيل الري الزراعي.

والفوائد التي تنطوي عليها حماية مستجمعات المياه من أجل تحسين جودة المياه المتاحة للمستوطنات البشرية، والمدن بصفة خاصة، هائلة. فقد قدّرت عملية للنمذجة قام بها حديثاً آبل وآخرون (Abell et al. 2017)، على سبيل المثال، أن أنشطة حفظ الأراضي و/أو استصلاحها (مثل حماية الغابات وإعادة التشجير واستخدام محاصيل التغطية في الزراعة) يمكن أن تؤدي إلى انخفاض بنسبة 10 في المائة (أو أكثر) في الرواسب أو المغذيات (الفوسفور) في مستجمعات المياه التي تغطي حالياً 37 في المائة من مساحة الأرض التي لا يكسوها الجليد في العالم (4.8 ملايين كيلومتر مربع). ولذلك قد يمكن أن يستفيد أكثر من 1.7 مليار شخص (أكثر من نصف سكان المناطق الحضرية في العالم)، يعيشون في 4 000 مدينة في المنطقة التي تغطيها هذه الدراسة، من تحسين جودة المياه نتيجة لتطبيق الحلول المستمدة من الطبيعة على مصادرهم من مستجمعات المياه، بما في ذلك «780 مليون شخص يعيشون في مستجمعات المياه الواقعة في بلدان المئين العاشر الأدنى من مؤشر التنمية البشرية (في عام 2017، p. 71)» (Abell et al., 2017).

وتوفر الغابات والأراضي الرطبة والمراعي، فضلاً عن التربة بأنواعها والمحاصيل، عندما تدار إدارة سليمة، «بنية تحتية مراعية للبيئة» عالية القيمة لتعزيز حماية مياه المصادر. وهي تؤدي أدواراً مهمة في تنظيم تدفقات المياه والحفاظ على جودتها بتقليل تركيزات الرواسب، من خلال منع تعرية التربة، وبالتقاط الملوثات واحتجازها (UNEP-DHI/IUCN/TNC, 2014). وتعمل الحواجز الشاطئية الحرجية على منع تلوث الأنهار مع توفير الظل الذي يساعد على الحد من التلوث الحراري (Parkyn, 2004). وتستخدم الأراضي العشبية على نطاق واسع لإدارة جودة المياه ويمكن في بعض الأحيان أن توفر مياهاً ذات جودة أفضل من التي توفرها الغابات (الفصل الأول). ويمكن كذلك للأراضي الرطبة قرب المنبع أن تتيح منافع هامة فيما يتعلق بجودة المياه، وذلك بسبب قدرتها الطبيعية على تسير ترشيح الفضلات السائلة وامتصاص الملوثات (اقتصاديات النظم الإيكولوجية والتنوع البيولوجي، 2011).

وإصلاح المسطحات الطبيعية، ولا سيما استعادة القدرات الوظيفية في النظم الزراعية، الآن نهج واسع الانتشار ويروج له ترويجاً كبيراً. وهو ليس فعالاً فقط في تحسين جودة المياه ولكنه يوفر أيضاً فوائد متعددة (الإطار 1-3).

وهناك تدخلات مختلفة متاحة لإدارة الأراضي من أجل حماية أو استصلاح مستجمعات المياه وعادة ما تُستخدم معاً، تبعاً للظروف المحلية (الجدول 1-3). وتدعمها في العادة حوافز مالية وحوافز أخرى متنوعة كخطط دفع نظير للخدمات البيئية مثلاً، (انظر القسم 2-5)، في كثير من الأحيان باستخدام شراكات مبتكرة بين القطاعين العام والخاص، كصناديق المياه المتنوعة (الإطار 3-6) التي تعمل في عدة بلدان مثلاً.

من شأن تدهور جودة المياه وزيادة تلوثها أن يعيق إمكانية تحقيق كثير من أهداف التنمية المستدامة وسائر الاتفاقات الدولية

والهرمونات والمواد الصيدلانية الأخرى ومنتجات العناية الشخصية والمواد الكيميائية المنزلية والصناعية) تحديات جديدة فيما يتعلق بجودة المياه. فعلى سبيل المثال، قد تمثل مسببات الأمراض المحمولة بالمياه والمقاومة لأدوية متعددة وممرجات إعاقاة الغدد الصماء مخاطر كبيرة على صحة الإنسان والنظم الإيكولوجية (UNESCO, 2015b). ولا تتوافر في كثير من الأحيان بيانات محددة عن مدى التلوث وتدهور جودة المياه، مما يزيد من حجم التحديات المتعلقة بإدارة جودة المياه (UN-Water, 2016a).

ويسهم تغير المناخ أيضاً في تدهور جودة المياه من خلال التأثير في كمية المياه المتاحة موسمياً (أو عدم وجودها) ودرجة حرارتها، ومن ثم في تعديل خصائصها الفيزيائية والكيميائية والبيولوجية (Delpla et al., 2009). ويمكن أن يؤدي حدوث الفيضانات بتواتر وكثافة أكثر إلى انتشار الملوثات من خلال الجريان، ويمكن أن يؤدي ارتفاع مستوى سطح البحر إلى زيادة الملوحة. وتؤثر الزيادات في شح المياه والتغيرات التي تنتاب الدورة الهيدرولوجية في حجم النظم الإيكولوجية للمياه العذبة وإنتاجيتها ووظيفتها، بما في ذلك قدرتها على توفير خدمات النظام الإيكولوجي، وكثيراً ما تصل آثارها لمسافات بعيدة أسفل المجرى أو إلى داخل المناطق الساحلية (Parry et al., 2007). وكذلك تؤدي التغيرات التي تطرأ على تساقط الأمطار وتدفقات المجاري المائية فتقلل من كمية المياه المتوفرة أو من إتاحتها مباشرة إلى انخفاض جودة المياه (Finlayson et al., 2006). ومستويات جودة المياه المنخفضة الناتجة ذاتها هي في الواقع نوع من أنواع الندرة حين لا تعود المياه صالحة للاستعمال مباشرة لكثير من الاستخدامات المنتجة (Aylward et al., 2005).

ويتحول التدهور في جودة المياه مباشرة إلى مخاطر بيئية واجتماعية واقتصادية، تمس صحة الإنسان، وتحد من إنتاج الغذاء، وتقلل من وظائف النظام الإيكولوجي، وتعوق النمو الاقتصادي (UNESCO, 2015a). ومن ثم، فجودة المياه عنصر أساسي في مفهوم التنمية المستدامة، وُضع في صدارة العمل من خلال خطة التنمية المستدامة لعام 2030 وأهداف التنمية المستدامة، ويجري تناوله بمزيد من التفصيل في القسم 3-5 لاحقاً. ومن شأن تدني جودة المياه وزيادة تلوثها أن يعيق إمكانية تحقيق كثير من أهداف التنمية المستدامة، ومن الاتفاقات الدولية الأخرى مثل أهداف أيتشي للتنوع البيولوجي.

برنامج محميات حفظ الأراضي لحماية جودة المياه في الولايات المتحدة الأمريكية

يرمي برنامج محميات حفظ الأراضي الذي تضطلع به وزارة الزراعة الأمريكية إلى إخراج الأراضي الخاصة الحساسة بيئياً من نطاق الإنتاج الزراعي وإعادة العشب والأشجار إليها لحماية جودة المياه، والحد من التعرية، وزيادة موائل الحياة البرية. وفي آب/أغسطس 2016، كان زهاء 100000 كيلومتر مربع مسجلاً في عقود لمحميات الحفظ.

ومشاركة المزارعين في البرنامج طوعية لأنها تنطوي على اتخاذ إجراءات على الأراضي التي يملكونها بصورة قانونية. ويعرض المزارعون أراضيهم للتسجيل في البرنامج وتضطلع وكالة خدمة المزارع بتقييم العروض وتصنيفها باستخدام مؤشر للمزايا البيئية. وتشمل العوامل التي يأخذها المؤشر في الاعتبار الفوائد المتأتية من تغطية موائل الحياة البرية، والفوائد المتعلقة بجودة المياه الناجمة عن انخفاض التعرية، والجريان، والارتشاح، والفوائد في المزرعة الناجمة عن انخفاض التعرية، والمنافع الدائمة، والفوائد المتعلقة بجودة الهواء، والتكلفة.

وفي مقابل تخصيص الأراضي وإعادة تضريرها، يتلقى المزارعون المشاركون مبالغ مقابل الإيجار ومساعدات لتقاسم التكاليف في عقود تتفاوت مدتها من 10 سنوات إلى 15 سنة. وتدفع معدلات الإيجار سنوياً وتستند إلى معدلات الإيجار النقدية المحلية للأراضي الجافة التي تدفع في الأراضي الزراعية. وتتاح المساعدة في تقاسم التكاليف لدفع ما يصل إلى 50 في المائة من تكاليف إدخال الممارسات المعتمدة لتحقيق أهداف الحفظ. ويدفع البرنامج في كل عام ما يقرب من ملياري دولار أمريكي للمزارعين على هيئة إيجارات وتقاسم للتكاليف.

وقد تبين أن البرنامج يقلل من جريان النيتروجين والفوسفور من المزارع بنسبة تزيد عن 90 في المائة و 80 في المائة، على التوالي. وقد تم استصلاح ما يزيد عن 110 000 كيلومتر مربع من الأراضي الرطبة وخفض تعرية التربة بمقدار 180 مليون طن سنوياً. فضلاً عن ذلك، يجري حساب عزل الكربون بمتوسط قدره 49 مليون طن من مكافئ ثاني أكسيد الكربون كل عام. ويحسن هذا النهج أيضاً مرونة المزارع واستدامتها وإنتاجيتها.

المصادر: وكالة خدمة الزراعة التابعة لوزارة الزراعة الأمريكية (2008: 2016).

إعداد: مايكل مكين (معهد التعليم في مجال المياه).

من خدمات تنظيم الآفات والأمراض في المسطحات الزراعية على زيادة استخدام مبيدات الآفات، مما يجتري بدوره النظام الإيكولوجي من خلال أشكال التأثير على الكائنات غير المستهدفة، ومن ثم يشجع على زيادة استخدام مبيدات الآفات. وتعريض التربة العارية لعوامل الطقس في النظم الزراعية، وخاصة على المنحدرات، يزيد كثيراً من التعرية والآثار اللاحقة على جودة المياه (انظر الفصل الأول). وتديم هذه الآثار دورة ضارة ومكلفة تتعارض مع مصالح المزارعين: فهم لا يستفيدون من خسارة الأسمدة و/أو المبيدات الحشرية في حقولهم، بل يدفعون ثمنها في الواقع، وهم يدركون أهمية الحفاظ على التربة في مزارعهم لاستدامة معيشتهم ذاتها. وقد أصبح من المسلّم به جيداً أن النهج الرئيسي الذي سيمكّن الزراعة من زيادة إنتاجها بينما تزيد استدامتها هو مفهوم التكثيف الإيكولوجي المستدام (FAO, 2011b; 2014b). وهذا ينطوي في الأساس على إعادة خدمات النظام الإيكولوجي إلى المسطحات الطبيعية لدعم الزيادات المستدامة في الإنتاجية مع إبقاء المؤثرات الخارجية في الوقت نفسه ضمن حدود مقبولة. وسيكون تحسين جودة المياه إحدى هذه الفوائد الهامة.

وقد تحقق كثير من التقدم في هذا النهج في السنوات الماضية، وساعد عليه أن المزارعين، من خلال تحسين إنتاجية المزارع واستدامتها، وغيرهم من مجموعات أصحاب المصلحة يمكن أن يستفيدوا بصورة متبادلة. إذ إن «الزراعة المحافظة على الموارد»، التي تتضمن ممارسات ترمي إلى تقليل اضطراب التربة ضماناً لبقاء درجة من الغطاء الدائم للتربة ودورة محصولية منتظمة، مثلاً، هي نهج رائد لتكثيف الإنتاج المستدام، واعتماده أخذ في الانتشار السريع (انظر الفصل الثاني، الإطارات 2-3). وهذا النهج متعدد الوظائف ولكن إحدى فوائده الهامة تتمثل في تحسين جودة المياه من خلال تحسين دورة المغذيات، والحدّ من ثم من استخدام الأسمدة وتعرية التربة. وتستخدم مجموعة أخرى متنوعة من تدخلات

وكثيراً ما تكون التدابير الطبيعية لحماية مياه المصدر أقل تكلفة من إدارة الآثار في أسفل المجرى (مثل معالجة المياه في مكان الاستخدام؛ انظر الفصل السادس). ويتّرجم ارتفاع جودة مياه المصدر إلى وفورات في تكلفة معالجة المياه (Gartner et al., 2013) وربما إلى تفادي تحمل تكاليف رأسمالية لتوسعة مرافق المعالجة أو بناء مرافق جديدة (اقتصاديات النظم الإيكولوجية والتنوع البيولوجي، 2009).

2-2-3 الحد من آثار الزراعة في جودة المياه

المساران اللذان تؤثر من خلالهما الزراعة على جودة المياه هما التلوث الثابت المصدر والتلوث المنتشر. والتلوث الثابت المصدر، مثل آثار مياه الصرف غير المعالجة (أو المعالجة على نحو غير كافٍ) الناجمة عن التربية المكثفة للماشية أو منشآت تجهيز الأغذية، ينتمي إلى مجال العمليات الصناعية أكثر من غيره ويجري تناوله في القسم 3-2-4.

أما التلوث المنتشر فلا يزال يمثل المشكلة الأكبر في جميع أنحاء العالم، بما في ذلك في البلدان المتقدمة (انظر الفصل الأول). غير أنه أيضاً الأكثر استجابة للحلول المستمدة من الطبيعة. وينشأ التلوث الناتج عن هذا المصدر أساساً لسببين مترابطين (FAO, 2011b). أولاً، الإفراط في استخدام الكيماويات الزراعية التي تتسرب لاحقاً إلى المياه الجوفية أو إلى مياه الجريان السطحي، وذلك في كثير من الأحيان بتشجيع من الإعانات الضارة. وثانياً، تقنيات الزراعة الميكانيكية «الحديثة»، وبصفة خاصة إزالة الغطاء النباتي والحرق المكثف، الذي يُفسد النظام الإيكولوجي لطبقة التربة/الغطاء النباتي ويقلل من قدرته على تقديم عدد من خدمات النظم الإيكولوجية الهامة للحفاظ على جودة المياه. ومن أمثلة ذلك: يؤدي انخفاض دورة المغذيات في التربة إلى زيادة صرف الأسمدة وجريانها، وانخفاض كفاءة استخدامها، مما يؤدي بدوره إلى استخدام مزيد من الأسمدة تعويضاً عن ذلك. وعلى غرار ذلك، يشجع الإقلال

النشاط المتعلق بحماية مياه المصدر	الوصف	النشاط المتعلق بحماية مياه المصدر	الوصف
حماية الأراضي المستهدفة	حماية الأراضي المستهدفة مصطلح يشمل بوجه عام جميع أنشطة الحفظ المضطلع بها لحماية النظم الإيكولوجية المستهدفة، مثل الغابات أو المراعي أو الأراضي الرطبة. ويمكن أيضاً أن تكون الأحراج الزراعية - حيث تزرع الأشجار أو الشجيرات بين المحاصيل أو المراعي - محوراً لتركيز الحماية. وعادة ما يُضطلع بحماية الأراضي المستهدفة كإجراء وقائي يقلل من مخاطر الآثار البيئية الضارة في المستقبل، من خلال زيادة الرواسب مثلاً أو تركيزات المغذيات التي قد تنتج عن تغيير استخدامات الأراضي. وبالتالي، تختلف هذه الأنواع من أنشطة الحفظ عن الأنشطة التي تركز على الحد من التحميل الحالي للملوثات.	أفضل ممارسات الإدارة في مجال تربية المواشي	يُقصد بأفضل ممارسات الإدارة في مجال تربية المواشي التغييرات التي تجرى على ممارسات إدارة الأراضي في مزارع تربية المواشي التي يمكن توجيهها نحو تحقيق نتائج بيئية إيجابية متعددة. ومزارع المواشي الحرجية هي ممارسة الجمع بين الأشجار والمراعي العلفية والماشية. وتطبق أفضل ممارسات الإدارة في مجال تربية المواشي عادة للحفاظ على جودة المياه والتربة أو تحسينها من خلال تحسين ممارسات إدارة الرعي، وهياكل الرعي (مثل طرق الوصول، والسيارات، وتثبيت التدرج)، أو المعالجات الأرضية (على سبيل المثال، إدارة الشجيرات، وبذر البذور في المرعى، ومعالجات حافة الحقل). وتسعى هذه الأنواع من التحسينات عادةً إلى الحد من الترسبات ومن تحميل المغذيات (مثل الفوسفور والنيتروجين)، فضلاً عن مسببات الأمراض التي يحتمل أن تكون ضارة من نفايات الماشية.
تجديد الغطاء النباتي	يتعلق تجديد الغطاء النباتي باستعادة الغابات الطبيعية أو الأراضي العشبية أو غيرها من الموائل من خلال الزراعة (البذر المباشر) أو عن طريق تمكين التجديد الطبيعي؛ ويشمل إعادة تحريج المراعي (الاستعادة النشطة أو السلبية للغابات على أراضي الرعي). ويعيد تجديد الغطاء النباتي قدرة الطبيعة على ما يلي: (1) تثبيت التربة في مكانها والحد من تعريتها، (2) الترشيح الطبيعي للملوثات من التدفق البري، (3) المساعدة في نفاذ مياه الجريان إلى داخل التربة.	إدارة مخاطر الحرائق	تنطوي إدارة مخاطر الحرائق على نشر أنشطة الإدارة التي تقلل من مصادر الاشتعال في الغابات ومن ثم تحدُّ من مخاطر حدوث حرائق كارثية. وتسعى إدارة مخاطر الحرائق، التي يشار إليها عادةً كذلك باسم "تخفيض مصادر الاشتعال الحرجي"، إلى تحقيق أهداف خفض مصادر الاشتعال من خلال التخفيف الميكانيكي من الكثافة و/أو عمليات الإحراق الخاضعة للسيطرة. وتستخدم إدارة مخاطر الحرائق عادةً في المناطق التي تكون فيها الغابات عرضة لحرائق الغابات الكارثية. ويمكن أن تمثل الإزالة المفاجئة للغطاء الحرجي والضرر الذي يلحق بالغطاء الأرضي نتيجة للحرائق الكارثية مشكلة بنوع خاص عندما تعقب الحريق عاصفة مطرية كبيرة، لأن هذه الظواهر يمكن أن تسبب انجرافاً واسع النطاق لسفوح التلال غير المؤمنة. وبناءً على ذلك، فإن إدارة مخاطر الحرائق، شأنها كشأن حماية الأراضي المستهدفة، تسعى إلى الحفاظ على سلامة الغابات في حالة جيدة والحد من مخاطر زيادة نقل الرواسب والمغذيات في المستقبل، وهي بذلك تختلف عن الأنشطة الأخرى التي ترمي إلى تقليل عمليات التحميل السنوية الحالية للملوثات.
استصلاح ضفاف الأنهار	يستلزم استصلاح ضفتي النهر استعادة الموائل الطبيعية عند واجهة التقاء الأرض والمياه على طول ضفاف النهر أو المجرى المائي أو البحيرة. ويشار إلى هذه الأشرطة أحياناً باسم الحواجز المشاطنة. وتشمل المناطق المشاطنة المنطقة التي تلتقي عندها الأرض والنهر أو المجرى المائي أو البحيرة. وتسعى عملية استصلاح ضفاف الأنهار إلى استعادة الوظائف الشاطئية والروابط الفيزيائية والكيميائية والبيولوجية الملائمة بين النظم الإيكولوجية البرية والمائية (Beschta and Kauffman, 2000). وتتضمن الملامح الرئيسية للمناطق المشاطنة السليمة في الأشجار الأصلية ذات الجذور العميقة التي تعمل على تماسك التربة. والعشب والشجيرات أيضاً أغطية أرضية هامة ومرشحات أحيائية. وللحواجز المشاطنة أهمية خاصة لأنها تمثل آخر دفاع ضد تدفق الملوثات التي تصب في مجاري المياه. ويمكن أن توفر موائل حرجة على حافة المياه، ويمكن أيضاً أن تساعد، من خلال التظليل، على خفض درجات حرارة المياه. وينطوي تنظيم درجات الحرارة على آثار مهمة فيما يتعلق بقدرة الماء على الاحتفاظ بمستويات كافية من الأكسجين الذائب، ويمكن أن يكون حاسم الأهمية لبقاء الأنواع المائية، ويرتبط بانخفاض معدلات انتشار الطحالب (Halliday et al., 2016).	استصلاح الأراضي الرطبة واستحداثها	يستلزم استصلاح الأراضي الرطبة واستحداثها استعادة الهيدرولوجيا والنباتات وأنواع التربة للأراضي الرطبة السابقة أو المتدهورة التي تم تجفيفها أو زراعتها أو تعديلها بأي شكل آخر، أو إنشاء أرض رطبة جديدة لتعويض خسائر الأراضي الرطبة أو محاكاة وظائف الأراضي الرطبة الطبيعية. والأراضي الرطبة هي المناطق التي تغطي فيها المياه التربة طول الوقت أو بعض الوقت. وتحمي الأراضي الرطبة جودة المياه وتحسنها، وتوفر موئلاً للأسماك والأحياء البرية، وتخزن مياه الفيضانات وتحافظ على تدفق المياه السطحية خلال فترات الجفاف. وبالتالي، فإن الطابع الكلي لاستصلاح الأراضي الرطبة، بما في ذلك إعادة إدخال الحيوانات، أمر هام. وعادة ما تُنشأ الأرض الرطبة من خلال حفر التربة في الهضاب إلى ارتفاعات تدعم نمو الأنواع التي تعيش في الأراضي الرطبة من خلال إنشاء هيدرولوجيا مناسبة. وقد تُنشأ الأراضي الرطبة أو تُستصلح عن طريق هذا النهج أو غيره مثل إزالة أنابيب الصرف تحت الأرض، وإقامة السدود أو سدّ الخنادق المفتوحة.
تطبيق أفضل ممارسات الإدارة الزراعية	يُقصد بأفضل ممارسات الإدارة الزراعية التغييرات في إدارة الأراضي الزراعية التي يمكن توجيهها نحو تحقيق نتائج بيئية إيجابية متعددة. وتوجد مجموعة واسعة متنوعة من أفضل ممارسات الإدارة الزراعية، ومنها ممارسات مثل محاصيل التغطية، والزراعة دون حراثة، والدقة في استخدام الأسمدة، وكفاءة الري، والزراعة الكنتورية والحراثة الزراعية. وفي سياق صناديق المياه الحالية، تستخدم أفضل ممارسات الإدارة الزراعية في المقام الأول للإشارة إلى تعديل ممارسات إدارة الأراضي في الأراضي الزراعية، وتحديدًا تلك التي تركز على الحد من التعرية وجريان المغذيات. ويمكن أن تساعد هذه الممارسات على حماية إمدادات مياه الشرب، فضلاً عن المساعدة على حماية الاستخدامات الأخرى مثل الترفيه والموائل الحيوانية ومصادر الأسماك والاستخدامات الزراعية مثل الري وسقي الحيوانات.	إدارة الطرق	تتضمن إدارة الطرق نشر مجموعة من تقنيات التجنب والتخفيف التي ترمي إلى تقليل الآثار البيئية للطرق، بما في ذلك الآثار المتعلقة بالتأثير السلبي على التربة والمياه والأنواع والموائل. وتشمل الآثار البيئية للطرق التربة المذابة والتربة المدمجة؛ وتغير الظروف الذي يغير درجة حموضة التربة ونمو النباتات وهيكल المجتمع الخضري؛ وإعادة تشكيل التضاريس التي يمكن أن تؤدي إلى تغيير الأنظمة الهيدرولوجية؛ و/أو زيادة عدد ومدى الانهيارات الأرضية وتدفقات الحطام، التي يمكن أن تؤثر على النظم البرية والمائية. وقد تشمل تقنيات التخفيف فيما يتعلق بإدارة الطرق إجراءات على مستوى الموقع لتقليل التعرية وتحسين أماكن عبور الطرق للمجاري المائية، أو تنفيذ إدارة سبل الوصول وإغلاق الطرق وإيقاف تشغيلها.

المصدر: مقتبس بتصرف من (Abell et al. (2017, table 2.4, p. 39

في معظم الحالات يمكن، بل ينبغي، أن تعمل البنية التحتية المراعية للبيئة والرمامدية معاً

في أسفل المجرى، وتوفير فسيفساء متنوعة من الموائل، وتقديم مختلف خدمات النظام الإيكولوجي وفوائده للوظيفة التي يؤديها المسطح الطبيعي. وقد بين استعراض للأراضي الرطبة في المزارع في المملكة المتحدة وأيرلندا (Newman et al., 2015) إلى أن نظم الأراضي الرطبة الزراعية بجميع أنواعها، باستثناء النترات في نظم الأراضي الرطبة المشيدة المتكاملة (البرك المفتوحة)، توفر مستويات مرتفعة من إزالة الكثير من الملوثات، بما في ذلك الإزال الكاملة للنيتروجين والأمونيوم/الأمونيا والنترات والنترت والفسفور التفاعلي القابل للذوبان، والطلب على الأكسجين الكيميائي، والطلب على الأكسجين البيولوجي والمواد الصلبة العالقة. غير أن الأراضي الرطبة الزراعية تحتاج إلى تخطيط وصيانة دقيقين لأداء وظيفتها المحددة في التصميم على النحو الأمثل لفترة طويلة من الزمن.

والهيدرولوجيا الإيكولوجية (انظر الفصل الأول، الإطار 1-1) نهج ينظر على نحو متكامل في تفاعل الماء والكائنات الحية من المستوى الجزيئي إلى مستوى مستجمعات المياه، باستخدام كثير من الأساليب المذكورة آنفاً، من بين أساليب أخرى، لتحسين الطرق التي تُدار بها المياه عبر المسطحات الطبيعية. وله أهمية خاصة في الحد من التلوث الناجم عن الزراعة (اليونسكو، 2016).

وعندما يتم إخراج الأراضي من نطاق الإنتاج الزراعي، يمكن لبعض هذه التدخلات أن تقلل من المساحة المحصولية. ومع ذلك، لا يلزم أن ينقص هذا من الإنتاج الكلي لأنه قد يؤدي إلى تحسينات على نطاق النظام بأسره. فتنوع المسطحات الطبيعية في النظم الزراعية المبسطة العالية الكثافة ذات المحصول الواحد، على سبيل المثال، لا تقتصر نتائجها على تحسين جودة المياه، من بين أمور أخرى، فحسب بل يزيد في الوقت نفسه من إنتاج المحاصيل في المساحات المتبقية للتعويض عن المساحة التي فقدتها المحاصيل (Liebman and Schulte, 2015). وثبت أن النظم الزراعية التي تحفظ خدمات النظام الإيكولوجي باستخدام ممارسات من قبيل الزراعة

الإدارة المستمدة من الطبيعة على نطاق واسع للحد من آثار الزراعة على جودة المياه، منها مثلاً:

العشب الشاطئي والحواجز الشجرية على امتداد ضفاف الأنهار وحواف البحيرات من النهج الشائعة والفعالة من حيث التكلفة للحد من جريان المغذيات والرواسب وتسربها من الأراضي الزراعية إلى النظم الإيكولوجية المائية. فلهذه المساحات النباتية نظم جذرية جيدة التكوين، وطبقات سطحية عضوية، وغطاء خضري أرضي، تعمل بمثابة مرشحات فيزيائية وبيولوجية لمياه الجريان والرواسب التي قد تكون محملة بالمغذيات والمواد الكيميائية الزراعية الأخرى.

ويمكن أن تساعد **الحدود الحقلية والشرائط العازلة**، وهي شرائط نباتية على امتداد الحقول الزراعية، في خفض تلوث المياه من الأراضي الزراعية (الإطار 2-3) بوقف حركة نقل الرواسب والمواد المغذية في الجريان السطحي وزيادة الرش للحد من حجم الجريان الذي ينتقل في نهاية المطاف إلى المجاري المائية.

والممرات المائية الخضرية (شرائط عازلة رطبة وأنواع أخرى من المناطق الرطبة) هي قنوات تصريف تبقى تحت الغطاء النباتي ويتم فيها ترشيح مياه الجريان المنقولة من الحقول من الرواسب والمغذيات والمواد الكيميائية الزراعية الأخرى عن طريق التلامس المادي مع الغطاء النباتي وتأثير الترشيح الذي تمارسه التربة التحتية وتربة أرضية القناة.

وتتوقف كفاءة هذه التدخلات، في معظم الحالات، على نوع الغطاء النباتي والعوامل الأخرى مثل سرعة الجريان ومعدلات الرش، فضلاً عن الصيانة من تعرية التربة أو الانسداد بفعل الرواسب، في حالة قنوات الصرف.

وتصمّم **أحواض التحكم في المياه والرواسب** (بصفة عامة على الأراضي الأشد انحداراً) لتحويل مسار الجريان واحتجاز المياه وإطلاقها مؤقتاً من خلال منفذ أنبوبى أو عن طريق الرش. وهي تساهم في الحد من التدفقات البرية التجريفية التي يمكن أن تأتي معها الرواسب والمغذيات، مما يسمح بزيادة الرش. والنوع الشائع الاستخدام من هذه الأحواض هو أحواض الاحتجاز الجافة، وهي عبارة عن منخفضات عشبية أو أحواض يتم إنشاؤها عن طريق الحفر وتوجيه الجريان إليها لتسهيل الترشيح البطيء للرواسب وامتصاص المغذيات بواسطة الغطاء النباتي. وهناك نوع آخر هو هياكل التفتية، التي عادة ما تكون عبارة عن حفر مملوءة بالتربة والغطاء الواقي والنباتات تستخدم لاحتواء مياه الجريان لتنفذ من خلال مكونات القاع المرشحة، إلى جانب الاعتماد على التفاعلات البيولوجية والكيميائية الحيوية داخل مصفوفة التربة وحول المناطق الجذرية للنباتات.

والأراضي الرطبة في المسطحات الزراعية فعالة في الحد من انسياب حمولات المغذيات والرواسب العالقة من المناطق الزراعية إلى المياه المتلقية

تحسين جودة المياه باستخدام أشرطة عازلة في المزارع الأوروبية

تقتضي متطلبات الامتثال الشامل في السياسة الزراعية المشتركة للاتحاد الأوروبي، منذ عام 2005، أن يمثل جميع المزارعين الذين يتلقون مدفوعات مباشرة للمعايير المتعلقة بجودة الحالة الزراعية والبيئية للأراضي عن طريق إقامة شرائط عازلة على طول المجاري المائية. وفي عام 2015، كان 90 في المائة من الأراضي الزراعية الأوروبية تقريباً (1.56 مليون كيلومتر مربع) ممتثلة لتلك المعايير (EC, 2017a). غير أنه لم يُجر أي تحليل منهجي لآثار الشرائط العازلة في المزارع الأوروبية على جودة المياه. وقد انخفضت أحمال المغذيات السارية إلى الأنهار الأوروبية بسبب مجموعة من تدابير الحد من المغذيات المطلوبة بموجب توجيه الاتحاد الأوروبي بشأن النترات وغيره من الإجراءات المتعلقة بالسياسات، ومن الصعب عزل مساهمة الحواجز الشاطئية وحدها.

إعداد: مايكل مكلين (معهد التعليم في مجال المياه).



ثمة اهتمام متزايد وسريع بإدماج البنية التحتية المراعية للبيئة في تخطيط وتصميم المناطق الحضرية من أجل إدارة التلوث الناجم عن جريان الصرف في هذه المناطق والحد منه

(UNESCO/HELCOM, 2017). وقد أثبتت الدراسات أن الأراضي الرطبة المنشأة يمكن أن توفر حلاً بديلاً لإزالة الملوثات الناشئة من مياه الصرف المنزلية، ومن ثم تكمل بفعالية نظم معالجة مياه الصرف التقليدية. وتم إثبات فعالية الأراضي الرطبة المنشأة في إزالة مستحضرات صيدلانية مختلفة في أوكرانيا (Vystavna et al., 2017; UNESCO, forthcoming) (الإطار 3-3)، وفي دراسات أخرى على نطاق تجريبي (Matamoros et al., 2009; Zhang et al., 2011) ودراسات كاملة (Vymazal et al., 2017; Vystavna et al., 2017). وتشير هذه النتائج إلى أن الحلول المستمدة من الطبيعة، فيما يتعلق ببعض هذه الملوثات الناشئة، تعمل على نحو أفضل من الحلول الرمادية وفي بعض الحالات قد تكون هي الحل الوحيد.

ويمكن للحلول المستمدة من الطبيعة أن تزيد جودة المياه المعاد استخدامها من خلال إدارة تغذية طبقة المياه الجوفية (انظر القسم 4-2-3)، حيث يجري تحسين جودة مياه الصرف المعالجة جزئياً بواسطة عمليات بيوفيزيائية في أثناء رشحها من خلال التربة والرواسب (الإطار 3-4).

4-2-3 الحد من آثار الصناعة في جودة المياه

تتوقف فرص استخدام الحلول المستمدة من الطبيعة في معالجة مياه الصرف الصناعي على نوع الملوث وتركيزه. وقد تستمر الحاجة إلى حلول البنية التحتية الرمادية فيما يتعلق بالكثير من مصادر المياه الملوثة. غير أن التطبيقات الصناعية للحلول المستمدة من الطبيعة، وخاصة الأراضي الرطبة المنشأة لمعالجة مياه الصرف الصناعي، أخذت في الازدياد. وقد أوضح استعراض 138 تطبيقاً في 33 دولة أن الأراضي الرطبة المنشأة تُستخدم للعديد من أنواع النفايات السائلة الصناعية (Vymazal, 2014). وخلال العقود الماضية، أجريت عروض توضيحية لتطبيقات الأراضي الرطبة المنشأة لمعالجة مياه الصرف على المخلفات الصناعية السائلة كالمخلفات الناتجة عن البتروكيماويات، ومنتجات الألبان، وتصنيع اللحوم، والمجازر، ومقسم اللب والورق. وقد أضيفت مؤخراً تطبيقات لمياه الصرف من مصانع الجعة والمدايع ومعاصر الزيتون (Vymazal, 2014; De la Varga et al., 2017).

وقد اكتسبت الأراضي الرطبة المنشأة مكانة في معالجة مياه الصرف الناجمة عن معامل الألبان باعتبارها ملائمة بوجه خاص لمعالجة مياه الصرف الناتجة عن معامل الألبان وإنتاج الجبن وغيرها من الصناعات الغذائية ومصانع النبيذ (De la Varga et al., 2017). وكثيراً ما توفر الحلول المستمدة من الطبيعة لإدارة مياه الصرف الصناعي وضماً "يفوز فيه الجميع"، سواء في ذلك الصناعة أو أصحاب المصلحة، من خلال إيجاد عدد من المنافع المشتركة الاجتماعية والاقتصادية (انظر القسم 3-4).

3-3 الرصد الطبيعي لجودة المياه - الرصد البيولوجي

بالرغم من أن الرصد البيولوجي ليس بالضبط من الحلول المستمدة من الطبيعة بتعريفها الوارد في هذا التقرير (انظر الفصل 1)، فهو أداة مهمة ومفيدة تستخدم الكائنات العضوية المائية (اللافقاريات والطحالب والأسماك) والتغيرات في سلوكها، الناتجة عن الضغوط الخارجية من قبيل حدوث تغيير في جودة المياه، لرصد جودة المياه، ومن ثم المساهمة في تحقيق الأهداف المتوخاة من إدارة جودة المياه.

بدون حرائث، وتنويع المحاصيل، وتكثيف البقول، والمكافحة البيولوجية للآفات، لا يقل أدائها جودة عن الأنظمة المكثفة عالية المدخلات (Badgley et al., 2007; Power, 2010).

3-2-3 تحسين جودة المياه في المستوطنات البشرية

ثمة اهتمام متزايد وسريع بإدماج البنية التحتية المراعية للبيئة في تخطيط وتصميم المناطق الحضرية من أجل إدارة التلوث الناجم عن جريان الصرف في هذه المناطق والحد منه (UNEP-DHI/IUCN, 2014). ومن الأمثلة على ذلك استخدام الجدران الخضراء وحدائق الأسطح والأشجار في الشوارع وأحواض الرش أو الصرف الحضري لدعم معالجة مياه الصرف والحد من جريان مياه العواصف. وتستخدم الأراضي الرطبة وغيرها من سمات الصرف المستدام على نطاق واسع في البيئات الحضرية للتخفيف من تأثير جريان مياه العواصف ومياه الصرف الملوثة (Scholz, 2006; Woods Ballard et al., 2007). غير أن جودة مياه المجرى المائي قد لا تتحسن تحسناً ملحوظاً إذا لم يتم ربط العناصر بعضها ببعض من خلال اتباع نهج كُلي لإدارة المياه في البيئات الحضرية (Lloyd et al., 2002; Gurnell et al., 2007).

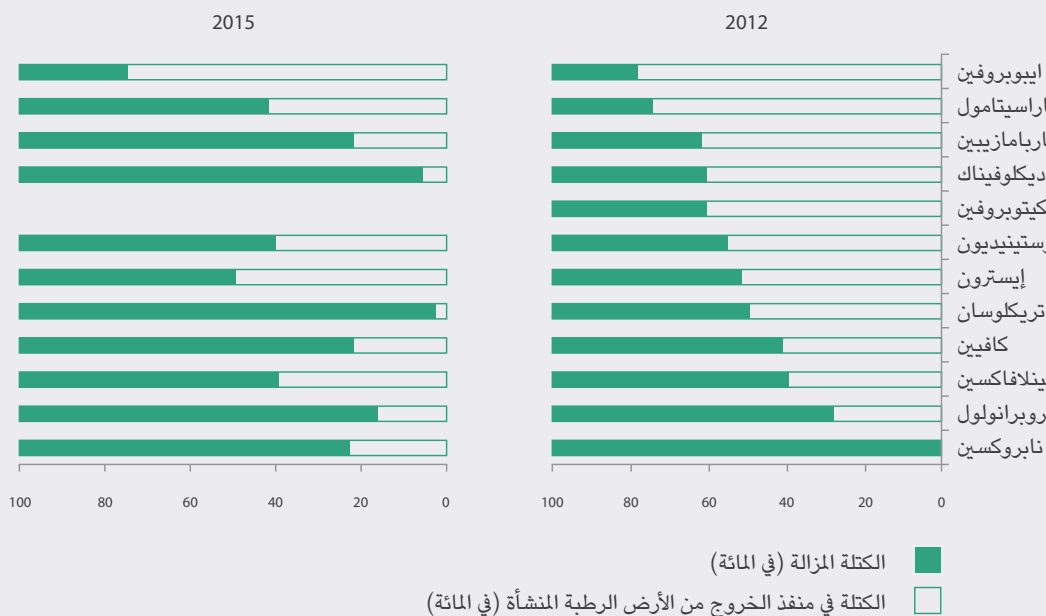
وتتيح هذه النهج كذلك فوائد مشتركة تتمثل في تحسين جودة حياة السكان (Cohen-Shacham et al., 2016). ويمكن للنهج المستند إلى الهيدرولوجيا الإيكولوجية، مثل التخطيط والإدارة المتكاملين للمناطق الخضراء والممرات المائية في المناطق الحضرية، المعروفة باسم الشبكات "الزرقاء-الخضراء" (University of Łódź/City of Łódź, 2011) أن تساعد في تحسين جودة المياه في هذه المناطق. وعلى سبيل المثال، يستخدم إعداد نظام لتتابع الترسيب/الترشيح البيولوجي لتنقية مياه العواصف في المناطق الحضرية بغرض تعزيز الاحتفاظ بالمياه في هذه المناطق من أجل التكيف مع تغير المناخ، إلى جانب تحسين صحة سكان المدن وجودة حياتهم (Zalewski, 2014).

والأراضي الرطبة المنشأة التي تحاكي وظيفة الأراضي الرطبة الطبيعية هي من أكثر الحلول المستمدة من الطبيعة استخداماً لمعالجة مياه الصرف المنزلية. وهي تستخدم نباتات الأراضي الرطبة وترتبتها والوظائف الميكروبية المرتبطة بها لإزالة فائض النيتروجين والفوسفور والبتاسيوم، والملوثات العضوية الزائدة. وتعمل الأراضي الرطبة الطبيعية والأراضي المبنية كذلك على تحليل مجموعة من الملوثات الناشئة أو شلها. ومن بين 118 مستحضر صيدلانياً تم رصدها في السوائل الداخلة والخارجة في المعالجة التقليدية لمياه الصرف، تمت إزالة ما يقرب من نصفها جزئياً فقط بكفاءة تقل عن 50 في المائة (اليونسكو/لجنة حماية البيئة البحرية في منطقة بحر البلطيق،

إزالة المستحضرات الصيدلانية في أرض رطبة منشأة في أوكرانيا

تشير دراسة عن إزالة المستحضرات الصيدلانية في الأراضي الرطبة المنشأة على نطاق تجريبي في أوكرانيا، في إطار دراسة الحالة التي أجرتها المبادرة الدولية لليونسكو بشأن جودة المياه على الملوثات الناشئة في المياه ومياه الصرف في شرق أوكرانيا: حدوثها، ومصيرها وتنظيمها، إلى الإمكانيات الكبيرة للأراضي الرطبة المنشأة فيما يتعلق بإزالة المستحضرات الصيدلانية من مياه الصرف، إذ تتراوح معدلات الإزالة بين 5 و90 في المائة (انظر الشكل) للمواد الصيدلانية المختلفة. وبحثت الدراسة علاوة على ذلك العلاقة بين معدلات إزالة الملوثات وظروف التشغيل في الأراضي الرطبة، بمقارنة القياسات في بداية تشغيل الأرض الرطبة في عام 2012 وبعد ثلاث سنوات في عام 2015، بعد تغيير ضوابطها التشغيلية (زيادة وقت بقاء المياه، ونمو غطاء النباتات المائية الكبيرة وتركيب نظام التهوية). وبعد تغيير ضوابط التشغيل، زادت كفاءة إزالة معظم تلك المستحضرات (انظر الشكل).

الشكل | معدلات الإزالة لمستحضرات صيدلانية مختلفة في أرض رطبة منشأة على نطاق تجريبي في ظروف تشغيل مختلفة في عامي 2012 و2015



المصدر: استناداً إلى اليونسكو (لم يصدر بعد).

وكانت الأرض الرطبة المنشأة أكثر كفاءة في إزالة المركبات الصعبة مثل الكاربامازيبين والديكلوفيناك - وهما من بين المستحضرات المكتشفة بأعلى التركيزات في مياه الصرف المعالجة. ونظراً إلى أن هذه الكفاءة العالية في الإزالة يمكن أن تُعزى أيضاً إلى معايير إدارة مختلفة للأرض الرطبة، فإنه يلزم إجراء المزيد من الدراسات لتحديد العلاقات بين نضوج الأراضي الرطبة المنشأة ومعدل إزالة الملوثات.

المصادر: فايساتفنا وآخرون، 2017؛ اليونسكو (لم تصدر بعد)

إعداد: يوليا فايساتفنا (أكاديمية العلوم التشيكية)، ويوري فيرجيلز (الجامعة الوطنية للاقتصاد الحضري، أوكرانيا)، وسارانتويا زانداريا (اليونسكو-البرنامج الهيدرولوجي الدولي).

تعزيز إمدادات المياه الجوفية وجودة المياه عن طريق استخدام التربة للمعالجة الثالثة لمياه الصرف في إسرائيل

ترشح المخلفات السائلة التي تلقت المعالجة الثانية بمحطة شافدان لمعالجة مياه الصرف إلى السهل الساحلي الرمي لإسرائيل حيث تتحسن جودتها أكثر في أثناء تسربها إلى طبقة المياه الجوفية من أجل استعادتها فيما بعد. ويحوّل نحو 110-130 مليون متر مكعب من النفايات السائلة سنوياً إلى خمسة أحواض رشح (لكل منها زهاء عشرة أحواض فرعية) يتم غمرها في دورات تتراوح مدتها ما بين ثلاثة إلى خمسة أيام، وفترة جفاف مدتها يوم واحد، ثم تُستعاد النفايات السائلة من حلقتين من آبار الإنتاج المحيطة بأحواض الرشح. ومن خلال معالجة التربة للمياه الجوفية، تتحسن جودة المياه بدرجة كبيرة وتستخدم في الري دون قيود، مما يزيد من ثم من توافر المياه في المناطق القاحلة في إسرائيل.

المصدر: (Goren 2009).

إعداد: كاتالين ستيفان (جامعة دريسدن التقنية، من خلال الاستعراض العالمي للسياسات السكانية وحصرها: gripp.iwmi.org/).

استخدام برغوث الماء والطحالب لرصد سمية المياه والاكتشاف المبكر لحالات التلوث الإضافي المفاجئ - محطة جودة مياه الراين في فورمز، ألمانيا

تستخدم الكائنات العضوية المائية لرصد حالة السلامة العامة لنهر الراين وجودة مياهه، سواء في مجرى النهر (في الموقع) أو في التحاليل المخبرية (خارج الموقع) في محطة جودة مياه الراين، ألمانيا. ويستخدم أحد قشريات المياه العذبة وهو "برغوث الماء" في الرصد "الإنذاري" لسمية المياه بسبب تفاعلاته السمية مع ملوثات المياه. ونظراً إلى أن التفاعلات السمية لبرغوث الماء مع ملوثات معينة، أو مع تركيزات التلوث العالية، سريعة نسبياً، فهي تتيح الكشف المبكر عن حوادث التلوث غير المعتادة. والكشف المبكر عن تلوث المياه هذا أمر مهم لاتخاذ التدابير الفورية اللازمة لحماية إمدادات مياه الشرب والنظم الإيكولوجية من الأحمال السامة أو عالية التلوث. وتستخدم محطة التحكم في جودة مياه نهر الراين أيضاً الطحالب بمثابة اختبار أحيائي لرصد المواد السامة كمبيدات الأعشاب على شبكة الإنترنت (كل 30 دقيقة).

إعداد: سارانتويا زانداريا (البرنامج الهيدرولوجي الدولي - اليونيسكو).

* تواصل شخصي مع فريق محطة رصد جودة مياه الراين. للاطلاع على مزيد من المعلومات، انظر الموقع www.rheinguetestation.de/

وتشمل **المنافع البيئية المشتركة** المتأتية من الحلول المستمدة من الطبيعة لجودة المياه حماية التنوع البيولوجي وتعزيزه، والحد من الاتجاه السائد إلى فقدان وتدهور النظم الإيكولوجية الأرضية والمائية وخدماتها أو عكس هذا الاتجاه (تحسين توافر المياه وخدمات النظم الإيكولوجية). فتحسين جودة المياه يقدم فوائد بيئية يمكن أن تمتد إلى المناطق الساحلية الواقعة في أسفل المسار، التي يمكن أن تعاني من الإلتخام بالمغذيات المرتبط بوجود قدر مفرط من المغذيات في مستجمعات المياه الواقعة في أعالي المجرى، وكثيراً ما تتجاوز ذلك بأن تدعم تحسين سلامة المحيطات. وتقدم الحلول المستمدة من الطبيعة لجودة المياه كذلك وظائف وخدمات إضافية، منها تحسين الموائل، وعزل الكربون، وتثبيت التربة، وإعادة تغذية المياه الجوفية؛ والتخفيف من آثار من الفيضانات (Haddaway et al., 2016).

وترتبط **الفوائد الاجتماعية-الاقتصادية** لتحسين جودة المياه بتقليل المخاطر على الصحة العامة وتعزيز التنمية الاقتصادية و/أو سبل العيش المستدام - وخاصة في المناطق والمجتمعات الريفية - مما يسهم في الحد من أوجه التفاوت الاجتماعي التي تؤثر على النساء والفئات المحرومة والفقراء والأشخاص الذين يعيشون في الأحياء الفقيرة / المستوطنات العشوائية. وبوجه عام، قد يكون أفقر الناس هم أكبر المستفيدين من الحلول المستمدة من الطبيعة لتحسين جودة المياه، لا سيما حيث يفتقرون إلى مصادر المياه المحسنة ويواجهون خطر انعدام الأمن الغذائي. بيد أن تطبيق هذه الحلول لإدارة جودة المياه يدرّ فوائد مشتركة إضافية قد لا توفرها بالضرورة الحلول الرمادية

ويتيح الرصد البيولوجي حلاً منخفض التكلفة نسبياً لمراقبة جودة المياه يمكن أن تساعد على سد الفجوات الموجودة في البيانات والمعلومات المتعلقة بجودتها. ويمكن أن يكون الرصد البيولوجي، أو الرصد الأحيائي، باستخدام أنواع حساسة لنطاق واسع من عوامل الإجهاد مثل الملوثات كمؤشرات، فعالاً للغاية في دعم إدارة المياه المحلية. وقد أدرجت أدوات الرصد الأحيائي على مر السنين كجزء من ممارسة إدارة الموارد المائية، ليس فقط من أجل رصد جودة المياه ولكن أيضاً كمؤشرات للسلامة العامة للنظام الإيكولوجي المائي. والرصد الأحيائي مدرج كذلك في التقنيات الحديثة لمراقبة جودة المياه (الإطار 3-5).

ونظراً إلى أن الرصد الأحيائي مقياس مباشر لسلامة النظام الإيكولوجي، فهو بديهي للغاية للجمهور من غير المتخصصين ويمكن من ثم أن يساهم في زيادة الوعي بين المجتمعات (Aceves-Bueno et al., 2015). ففي جنوب أفريقيا، على سبيل المثال، تستخدم المجتمعات المحلية النظام المصغر لتقييم المجاري المائية¹⁰ في رصد جودة المياه والإشراف عليها، ودعم الإدارة التشاركية لموارد المياه (Graham et al., 2004). ويتيح هذا النظام أيضاً أداة لقيام المواطنين بالرصد، يلقي استخدامها إلى جانب المعارف التقليدية اهتماماً متزايداً في مجال إدارة المياه، ولا سيما مع تحسن التطورات في تكنولوجيا الإرسال ومعالجة البيانات والتصوير (Lansing, 1987; Huntington, 2000; Minkman et al., 2017; Buytaert et al., 2014).

وتقدم جنوب أفريقيا مثالاً يُستخدم فيه الرصد الأحيائي على نطاق واسع، وباعتماد بصورة أساسية على رصد اللافقاريات باستخدام مؤشر النظام المصغر لتقييم المجاري المائية (Dickens and Graham, 2002)، أعدت مؤشرات بيولوجية تكميلية على أساس الأسماك والخضرة الشاطئية والطحالب الوحيدة الخلية (الدياتومات)، وتم دمجها في برنامج رصد الحالة الإيكولوجية لأنهار جنوب أفريقيا، الذي تشترك فيه إدارتان حكوميتان ووكالة أبحاث وعدد من منظمات المجتمع المدني، مما يوفر مثالاً على الإدارة التشاركية لموارد المياه (الجمعية الألمانية لإدارة المياه والمياه العادمة والنفايات، بدون تاريخ). علاوة على ذلك، تُستخدم المؤشرات البيولوجية في جنوب أفريقيا لرصد سلامة الأنهار؛ والإبلاغ عن حالة البيئة؛ وكمداخلات لتحديد التدفقات البيئية أو الاحتياجات المائية؛ وتصنيف الموارد المائية في طبقات من حيث الإدارة؛ وتحديد أهداف لجودة الموارد تكون ملزمة قانوناً لجميع الإدارات الحكومية. وقد أدرجت التدابير البيولوجية لسلامة النظام الإيكولوجي أيضاً في الغاية 6-6 من أهداف التنمية المستدامة، المتعلقة بالنظم الإيكولوجية المرتبطة بالمياه.

4-3 المنافع المشتركة للحلول المستمدة من الطبيعة لجودة المياه وأوجه القصور فيها

1-4-3 منافع مشتركة بيئية واجتماعية-اقتصادية

لا يقتصر تميم الحلول المستمدة من الطبيعة لإدارة جودة المياه على توفير حلول واعدة وفعالة من حيث التكلفة فحسب، بل يتيح أيضاً فوائد بيئية واجتماعية-اقتصادية إضافية من الاستثمارات نفسها.

10 للاطلاع على مزيد من المعلومات، انظر الموقع www.minisass.org

وحدها. ومن الأمثلة على ذلك إيجاد فرص العمل، بما في ذلك الوظائف المرتبطة مباشرة بتنفيذ الحلول المستمدة من الطبيعة ذاتها.

2-4-3 أوجه القصور في الحلول المستمدة من الطبيعة بشأن جودة المياه

توفر الحلول المستمدة من الطبيعة تطبيقات واعدة بوصفها تدخلات بديلة أو تكميلية في مجال إدارة جودة المياه. ومع ذلك، فلا تزال هناك تحديات وأوجه قصور، يمكن أن تعوق استخدامها على نطاق واسع في بعض التطبيقات. وتتمثل أوجه القصور التقنية للحلول المستمدة من الطبيعة في قدرتها المحدودة على إزالة بعض الملوثات، خاصة في التطبيقات الصناعية والتعدينية حيث توجد النفايات السائلة بتركيزات مرتفعة. وعلى الرغم من وجود دليل، على سبيل المثال، على أن الأراضي الرطبة يمكن أن تزيل 20-60 في المائة من المعادن في الماء وأن تعترض وتحتجز 80-90 في المائة من الرواسب من الجريان السطحي، إلا أن هناك معلومات أقل عن قدرة كثير من نباتات الأراضي الرطبة على إزالة بعض المواد السامة المرتبطة بالمبيدات الحشرية ومياه الصرف الصناعي وأنشطة التعدين، على الرغم من أنه وُجد أن المعادن الثقيلة تتراكم في أنسجة بعض نباتات الأراضي الرطبة بمعدل يبلغ 100000 ضعف التركيز الموجود في المياه المحيطة (Skov, 2015). ولذلك من الضروري الاعتراف بالقدرة الاستيعابية المحدودة للنظم الإيكولوجية وتحديد العبثات التي تؤدي فيها إضافة الملوثات والمواد السامة إلى ضرر لا يمكن إصلاحه.

ولعل من أوجه القصور الأخرى طول فترة الاحتجاز المطلوبة لإزالة بعض الملوثات. وتدل الأبحاث على أن بقاء مرور المياه عبر الأراضي الرطبة نسبياً يمكن أن يتيح وقتاً كافياً لفقدان الكائنات الممرضة قدرتها على البقاء أو لأن تستهلكها كائنات حية أخرى في النظام البيئي. غير أن هناك أيضاً إمكانية لتراكم المواد السامة في الأراضي الرطبة، مما يحول تلك الأراضي في الواقع إلى «مناطق ساخنة» محتملة يمكن أن يثبت فيها إضرار المستويات العالية من التلوث بوظائف النظام البيئي للأراضي الرطبة وسلامته (Skov, 2015). ومن ثم، يمكن للنهج الهجينة، التي تكمل فيها الحلول المستمدة من الطبيعة تكنولوجيات معالجة المياه التقليدية، أن توفر حلولاً مناسبة، وخاصة لتخفيض حمولة المغذيات الثقيلة. ونظراً إلى أن هذه الحلول قد تتطلب فترات احتجاز أطول، يلزم إحداث توازن بينها ومعدل المعالجة التقليدية، الأمر الذي قد يشمل قطاعاً أكبر من النظام الإيكولوجي، ومتطلبات مؤسسية وتنظيمية أخرى (انظر الفصل السادس).

ويمكن أن تدعم الحلول المستمدة من الطبيعة تقديم خدمات المياه بطرق مكملة للبنية التحتية التقليدية للمياه ومتكاملة معها (UNEP-DHI/IUCN/TNC, 2014). لذلك، من المهم أن يُنظر إلى الحلول المستمدة من الطبيعة، سواء فيما يتعلق بجودة المياه أو الأهداف الأخرى لإدارة المياه، بالاقتران مع الخيارات الأخرى، بناءً على نهج موحدة إزاء التكاليف والفوائد المحتملة. وينبغي أن يشمل هذا الإيلاء الاعتبار الواجب للمجموعة الواسعة من المنافع المشتركة البيئية والاجتماعية-الاقتصادية (بما في ذلك زيادة القدرة على التكيف مع المناخ المتغير) التي توفرها الحلول المستمدة من الطبيعة فضلاً عن المنافع الرئيسية المتعلقة بجودة المياه. ويعزز الجمع بين الحلول المستمدة من الطبيعة والبنية التحتية الرمادية في خطط إدارة المياه أيضاً استدامة البنية التحتية المائية الرمادية.

تتمثل أوجه القصور التقنية للحلول المستمدة من الطبيعة في قدرتها المحدودة على إزالة بعض الملوثات، خاصة في التطبيقات الصناعية والتعدينية حيث توجد النفايات السائلة بتركيز مرتفع

وتوسيع نطاق إشراك أصحاب المصلحة ومشاركة المجتمعات المحلية أمر هام في تطبيق الحلول المستمدة من الطبيعة، لا سيما مشاركة الذين تعتمد مصادر رزقهم على السلع والخدمات التي توفرها المسطحات الطبيعية. ونظراً إلى أن الحلول المستمدة من الطبيعة لمسألة جودة المياه وتطبيقاتها الخاصة تتوقف على عوامل كثيرة، هناك تحد يواجه فيما يتعلق بعدم وجود أدلة تاريخية راسخة على التأثيرات الإيجابية للحلول المستمدة من الطبيعة تتيح إجراء مقارنات مع الحلول الأخرى. وقد يزيد ذلك من المخاطر المتصورة أو من مستوى عدم اليقين تجاه هذه المشروعات، مقارنة بالأداء الثابت لتكنولوجيات معالجة المياه التقليدية (UNEP-DHI/IUCN/TNC, 2014). ويمثل سد هذه الفجوة في المعلومات عاملاً رئيسياً لتمكين الحلول المستمدة من الطبيعة لجودة المياه من الوقوف على قدم المساواة مع البدائل التقليدية.

ويمكن الحد من أوجه قصور الحلول المستمدة من الطبيعة المذكورة في التطبيقات المتعلقة بإدارة جودة المياه بالطرق التالية:

- تحسين قاعدة المعارف وتشجيع البحوث والابتكار فيما يتعلق بالحلول المستمدة من الطبيعة في مجال إدارة جودة المياه، بما في ذلك اختبار تلك الحلول في مختلف الظروف الهيدرولوجية والبيئية والاجتماعية - الاقتصادية والإدارية؛
- تعزيز القدرة عن طريق تبادل المعارف ونشرها وإعداد البرامج التعليمية التي تركز على الحلول المستمدة من الطبيعة باعتبارها جزءاً لا يتجزأ من إدارة جودة المياه؛
- إدراج الحلول المستمدة من الطبيعة في السياسات والأطر القانونية والتنظيمية المتعلقة بإدارة جودة المياه، وتشجيع الاستثمار في الحلول المستمدة من الطبيعة وتنفيذها؛
- تشجيع استثمارات القطاع الخاص في الحلول المستمدة من الطبيعة من خلال نماذج توضح الجدوى التجارية من الحلول المستمدة من الطبيعة لإدارة جودة المياه (الإطار 3-6؛ انظر أيضاً القسم 2-5-2)؛
- التعاون مع المجتمع المدني على التوعية بإمكانات الحلول المستمدة من الطبيعة لإدارة جودة المياه، والدعوة إلى إجراء تغييرات في السياسات لدعم الحلول المستمدة من الطبيعة والترويج لها لدى القادة السياسيين.

صناديق المياه كوسيلة لتطبيق الحلول المستمدة من الطبيعة لحماية مصادر المياه

صناديق المياه هي عبارة عن برامج مؤسسية تنشئها المدن والممارسون في مجال المحافظة على البيئة ويمكن أن تعالج قضايا الحوكمة من خلال سد الثغرات العلمية والقضائية والمالية والتنفيذية. وأثبتت الأبحاث التي أجريت على مر السنوات الخمس عشرة الماضية قدرتها على تمكين المستخدمين في المراحل النهائية من الاستثمار في حماية الموائل وإدارة الأراضي المنتجة لتحسين جودة المياه وكميتها، وتوجد حالات ناجحة، على سبيل المثال، في كيتو وسان أنطونيو (تكساس) ومؤخراً في نيروبي (Abell et al., 2017). ويرمي صندوق نيروبي للمياه إلى توضيح كيف يمكن للاستثمارات في الحلول المستمدة من الطبيعة في مستجمعات المياه في أعالي نهر تانا، التي تغطي زهاء 1.7 مليون هكتار وتوفر 95 في المائة من مياه الشرب في نيروبي، أن تحقق عائداً مزدوجاً على الاستثمار. ووجدت دراسة جدوى أن استثمار 10 ملايين دولار أمريكي في أنشطة صندوق المياه، مثل إقامة الحواجز الشاطئية وإعادة زراعة الغابات وتطبيق الممارسات الزراعية المحسنة، يمكن أن يتوقع أن يدر عائداً يقدر بنحو 21.5 مليون دولار من المنافع الاقتصادية خلال فترة زمنية مدتها 30 عاماً (TNC, 2015).

إعداد: إليزابيث مولين برنهاردت (برنامج الأمم المتحدة للبيئة).

العازلة، على وجه الخصوص، تدعم مباشرة الغايات 1-15 و2-15 و4-15. وتساهم الحلول المستمدة من الطبيعة لتحقيق جودة المياه، مثل الشرائط العازلة ومناطق الخضرة الشاطئية، في الغايتين 3-15 و5-15 والمتعلقتين بمكافحة التصحر وتدهور الأراضي والحد من فقدان الموائل والتنوع البيولوجي. ويساهم تنفيذ الحلول المستمدة من الطبيعة لجودة المياه أيضاً في تحقيق الغاية 9-15: إمداج قيم النظم الإيكولوجية والتنوع البيولوجي في الاستراتيجيات الإنمائية.

ويمكن إيجاد روابط إضافية بالهدف 7 من أهداف التنمية المستدامة (الطاقة النظيفة). وبما أن معظم الحلول المستمدة من الطبيعة تتطلب قليلاً جداً من الطاقة الخارجية (إن استخدمتها)، فإنها يمكن أن تقلل من احتياجات تكنولوجيات معالجة مياه الصرف التقليدية من الطاقة. والحلول المستمدة من الطبيعة التي تعمل على تحسين كفاءة استخدام المواد المغذية والكيميائية في الزراعة ذات أهمية خاصة للهدف 12 من أهداف التنمية المستدامة («أنماط استهلاك وإنتاج مسؤولة»)، وبالمثل فإن الحلول المستمدة من الطبيعة لإدارة الجريان السطحي في المناطق الحضرية (المعادن الثقيلة والمواد الكيميائية) تساهم بوجه خاص في تحقيق الغاية 12-4 (الحد من إطلاق المواد الكيميائية الخطرة في الماء والترربة). وكذلك تدعم المنافع البيئية والاجتماعية-الاقتصادية الناتجة عن الحلول المستمدة من الطبيعة لإدارة جودة المياه الهدف 1 من أهداف التنمية المستدامة (القضاء على الفقر)، والجوانب الأخرى من الهدف 2 من خلال تعزيز سبل المعيشة، مثلاً، لا سيما في المناطق الريفية.

3-5 إمكانية مساهمة الحلول المستمدة من الطبيعة في أهداف التنمية المستدامة المتعلقة بجودة المياه

تنطوي مجموعة المزايا و«الفوائد المشتركة» التي تقدمها الحلول المستمدة من الطبيعة لإدارة جودة المياه على إمكانات كبيرة للإسهام في تحقيق أهداف التنمية المستدامة، مما يمكن المجتمعات من الانتقال إلى تحقيق الاستدامة. ونظراً إلى أن تحسين جودة المياه يحسن أيضاً توافرها (للاستخدامات المتعددة)، وفي بعض الحالات يقلل من المخاطر المرتبطة بالمياه، هناك العديد من الروابط المحتملة عبر معظم أهداف التنمية المستدامة وغاياتها.

ويقدم الجدول 3-2 لمحة عامة عن أوضح الروابط المباشرة بين جودة المياه المحسنة وأهداف التنمية المستدامة التي تبدو فيها الحلول المستمدة من الطبيعة واعدة بوجه خاص.

الهدف 6 من أهداف التنمية المستدامة ضمان توافر المياه وخدمات الصرف الصحي للجميع وإدارتها إدارة مستدامة: الحلول المستمدة من الطبيعة لإدارة جودة المياه تدعم تحقيق جميع غايات الهدف 6. وهناك مجموعة واسعة من الحلول المستمدة من الطبيعة ضرورية لتحقيق الغاية 6-3، مثل حماية مستجمعات المياه لتحسين جودة المياه في مستجمعات مياه المصدر والأراضي الرطبة المنشأة من أجل الحد من المغذيات وغيرها من التلوث من مصادر مختلفة. وقد تساهم الحلول المستمدة من الطبيعة في الغايتين 6-1 و6-2 بتقليل المخاطر على صحة الإنسان من مياه الشرب غير المأمونة والصرف الصحي غير المأمون من خلال حماية مياه المصدر والحلول البديلة للصرف الصحي، مثلاً، كالصرف الصحي الإيكولوجي. وتمثل جميع الحلول المستمدة من الطبيعة لإدارة جودة المياه وسيلة لتنفيذ الغاية 6-6 في سياق الهدف 6 من أهداف التنمية المستدامة.

وتبرز الحلول المستمدة من الطبيعة بوجه خاص في تحسين آثار النظم الزراعية على جودة المياه وهي من ثم أساسية لتحقيق الهدف 2 من أهداف التنمية المستدامة (تعزيز الزراعة المستدامة، في جملة أمور أخرى)، لأن الحد من التأثيرات على جودة المياه هو أحد المحددات الرئيسية للاستدامة في الزراعة، وخاصة فيما يتعلق بالغاية 2-4. والفوائد الصحية (الهدف 3 من أهداف التنمية المستدامة) من مساهمات الحلول المستمدة من الطبيعة في تحسين جودة المياه لا تحتاج إلى بيان. وبالمثل، يسهم هذا النهج وغيره من نهج الحلول المستمدة من الطبيعة للحد من التلوث البري إسهاماً كبيراً في الحفاظ على المحيطات والبحار والموارد البحرية واستخدامها على نحو مستدام (الهدف 14 من أهداف التنمية المستدامة)، وعلى الأخص عن طريق الحد من مدخلات المغذيات (الغاية 14-1). وتمثل البنية التحتية المراعية للبيئة (الحلول المستمدة من الطبيعة) جزءاً لا يتجزأ من إقامة بنية تحتية قادرة على الصمود (الهدف 9 من أهداف التنمية المستدامة). وعلى غرار ذلك، تمثل البنية التحتية المراعية للبيئة عنصراً أساسياً في بناء مدن آمنة وقادرة على الصمود ومستدامة (الهدف 11 من أهداف التنمية المستدامة).

وتتسم المنافع البيئية المشتركة للحلول المستمدة من الطبيعة لتحسين جودة المياه بأهمية خاصة لأنها تساهم في دعم التنوع البيولوجي والنظم الإيكولوجية بصفة عامة (الهدف 15 من أهداف التنمية المستدامة، فضلاً عن الهدف 14 المذكور آنفاً). والنظم الإيكولوجية البرية والمائية مترابطة ترابطاً وثيقاً. والحلول المستمدة من الطبيعة التي تستخدم وظائف وخدمات النظام الإيكولوجي من خلال حماية مستجمعات المياه، والأراضي الرطبة الطبيعية أو الاصطناعية، وإعادة التشجير، والأرض

هدف التنمية المستدامة	الغاية
الهدف 6 المياه والصرف الصحي	1-6 تحقيق هدف حصول الجميع بإنصاف على مياه الشرب المأمونة والميسورة التكلفة
	2-6 تحقيق هدف حصول الجميع على خدمات الصرف الصحي والنظافة الصحية ووضع نهاية للتغوط في العراء، وإيلاء اهتمام خاص لاحتياجات النساء والفتيات ومن يعيشون في ظل أوضاع هشّة
	3-6 تحسين جودة المياه عن طريق الحد من التلوث ووقف إلقاء النفايات والمواد الكيميائية والمواد الخطرة وتقليل تسربها إلى أدنى حد، وخفض نسبة مياه المجاري غير المعالجة إلى النصف، وزيادة إعادة التدوير وإعادة الاستخدام المأمونة بنسبة كبيرة على الصعيد العالمي
	6-6 حماية وترميم النظم الإيكولوجية المتصلة بالمياه، بما في ذلك الجبال والغابات والأراضي الرطبة والأنهار ومستودعات المياه الجوفية والبحيرات
الهدف 1 الفقر	4-1 ضمان تمتّع جميع الرجال والنساء، ولا سيما الفقراء والضعفاء منهم، بالحقوق نفسها في الحصول على الموارد الاقتصادية، وكذلك حصولهم على الخدمات الأساسية...
الهدف 2 ... تعزيز الزراعة المستدامة	4-2 ضمان وجود نظم إنتاج غذائي مستدامة، وتنفيذ ممارسات زراعية متينة تؤدي إلى زيادة الإنتاجية والمحاصيل، وتساعد على الحفاظ على النظم الإيكولوجية ... وتحسّن تدريجياً جودة الأراضي والتربة
	3-3 وضع نهاية لأوبئة الإيدز والسل والملاريا والأمراض المدارية المهملة ومكافحة التهاب الكبد والأمراض المنقولة بالمياه والأمراض المعدية الأخرى
الهدف 3 الصحة	9-3 الحد بدرجة كبيرة من عدد الوفيات والأمراض الناجمة عن التعرّض للمواد الكيميائية الخطرة وتلوث وتلوث الهواء والماء والتربة
	3-7 مضاعفة المعدل العالمي للتحسن في كفاءة استخدام الطاقة
الهدف 9 إقامة بني تحتية قادرة على الصمود ...	4-9 تحسين البنى التحتية وتحديث الصناعات ... من أجل تحقيق استدامتها، مع زيادة كفاءة استخدام الموارد وزيادة اعتماد التكنولوجيات والعمليات الصناعية النظيفة والسليمة بيئياً ...
	3-11 تعزيز التوسع الحضري الشامل للجميع والمستدام...
الهدف 11 المدن المستدامة	6-11 الحد من الأثر البيئي السلبي الفردي للمدن ...
	4-12 تحقيق الإدارة السليمة بيئياً للمواد الكيميائية وجميع النفايات طوال دورة عمرها، وفقاً للأطر الدولية المتفق عليها، والحد بدرجة كبيرة من إطلاقها في الهواء والماء والتربة من أجل التقليل إلى أدنى حد من آثارها الضارة على صحة الإنسان والبيئة
الهدف 14 حفظ المحيطات والبحار والموارد البحرية واستخدامها على نحو مستدام لتحقيق التنمية المستدامة	1-14 ... منع التلوث بجميع أنواعه والحد منه بدرجة كبيرة، ولا سيما من الأنشطة البرية، بما في ذلك الحطام البحري وتلوث المغذيات
	1-15 ضمان حفظ وترميم النظم الإيكولوجية البرية والنظم الإيكولوجية للمياه العذبة الداخلية وخدماتها، ولا سيما الغابات والأراضي الرطبة والجبال والأراضي الجافة، وضمان استخدامها على نحو مستدام، وذلك وفقاً للالتزامات بموجب الاتفاقات الدولية

المصدر: (7) (2015a, p. 7) Adapted and updated from UNESCO

الحلول المستمدة من الطبيعة لإدارة مخاطر المياه وتقلباتها وتغيرها

4



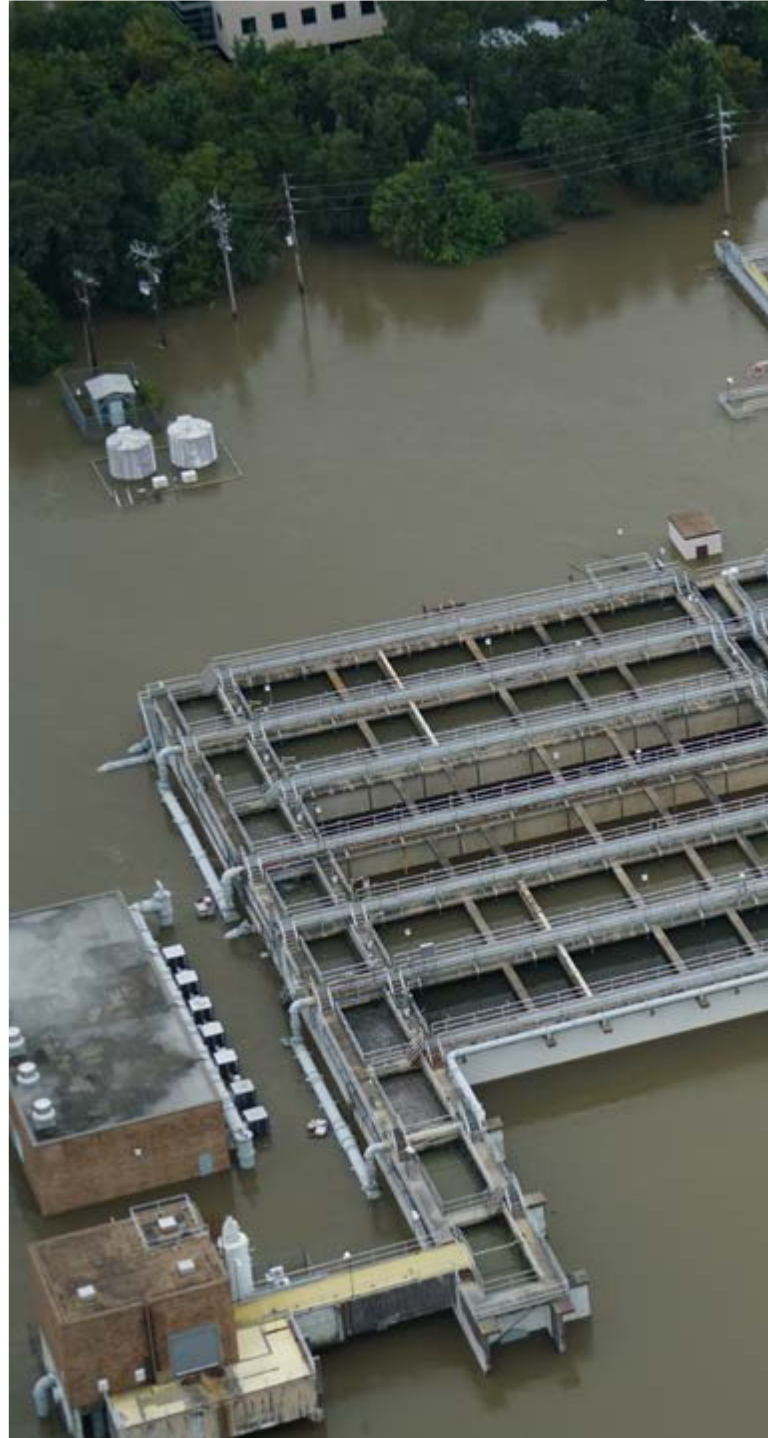
معهد المياه والبيئة والصحة التابع لجامعة الأمم المتحدة | فلاديمير سماختين، ونيدهي ناغابهاثلا، ومنظور قادر، وليزا جوبي

بمساهمة¹¹ بيتر بوريك (المعهد الدول للتحليل التطبيقي للنظم)؛ وكارين فيلهولث وماثيو مكارتنى وبول بافيليتش (المعهد الدولي لإدارة المياه)؛ ودانيل تسيغاي (اتفاقية الأمم المتحدة لمكافحة التصحر)؛ وتاتيانا فيدوتوفا (المجلس العالمي للأعمال التجارية من أجل التنمية المستدامة)؛ وجياكومو تيروغي (المنظمة العالمية للأرصاد الجوية).

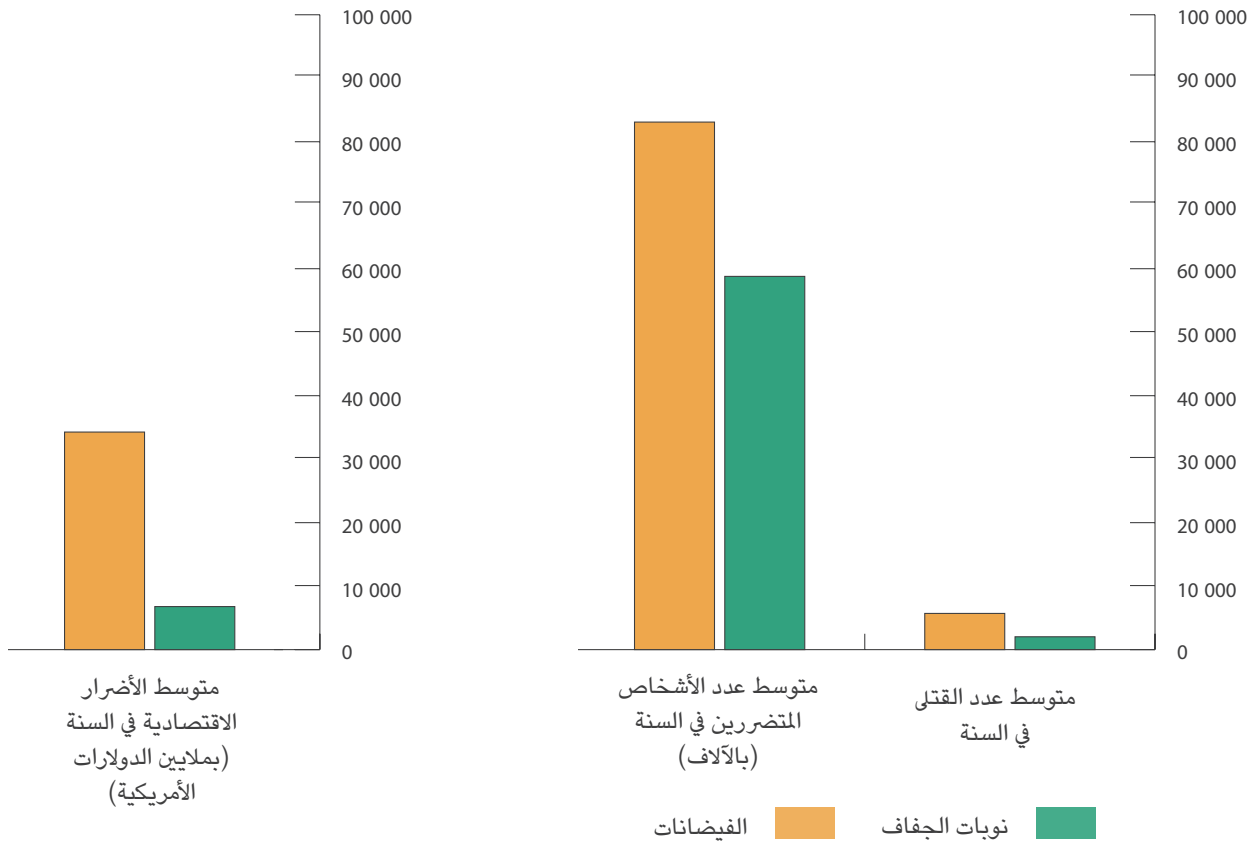
المياه تغمر محطة معالجة مياه الصرف الصحي بعد الإعصار هارفي (الولايات المتحدة الأمريكية)

1-4 الحلول المستمدة من الطبيعة في سياق تقلبات المياه وتغيرها، والاتفاقات العالمية للتنمية المستدامة

تؤثر تقلبات الموارد المائية تأثيراً كبيراً في التنمية (Hall et al., 2014). وتشير التقديرات إلى أن زهاء 30 في المائة من سكان العالم يقيمون في مناطق وأقاليم تتأثر بصورة روتينية إما بظواهر الفيضانات أو بحالات الجفاف - وهي الكوارث الرئيسية المتعلقة بالمياه التي يتجلى من خلالها تقلب أحوالها. ووفقاً لقاعدة بيانات الكوارث الدولية لمركز أبحاث الأوبئة الناجمة عن الكوارث (CRED, n.d.)، الذي أجرى تحليلاً للبيانات لفترة العشر سنوات 2006-2015 يرد تلخيصه في التقرير عن الكوارث في العالم (IFRC, 2016)، يتأثر نحو 140 مليون شخص، ويموت في جميع أنحاء العالم ما يقرب من 10000 شخص من جراء الكوارث المتعلقة بالمياه سنوياً (الشكل 1-4). وإذا اجتمعت درجات الحرارة القصوى مع الجفاف، أو العواصف مع الفيضانات، فإن عدد الضحايا يكاد يصل إلى ثلاثة أضعاف ذلك. ولوضع ذلك في سياقه، فإن المتوسط السنوي لعدد الوفيات المرتبطة بكوارث المياه الناجمة عن الفيضانات والجفاف معاً هو في حدود عدد الوفيات السنوية الناجمة عن الإرهاب. في حين أن عدد الأشخاص المتضررين من الفيضانات وحالات الجفاف (المشردون، الذين فقدوا دخلهم أو منازلهم، وما إلى ذلك) يتجاوز بزهاء خمسة أمثال عدد الأشخاص المصابين بفيروس نقص المناعة البشرية. ويبلغ متوسط الخسارة الاقتصادية الناجمة عن الفيضانات والجفاف على نطاق العالم أكثر من 40 مليار دولار أمريكي سنوياً في جميع القطاعات الاقتصادية. وتضيف العواصف خسائر اقتصادية أخرى بقيمة 46 مليار دولار أمريكي سنوياً في المتوسط. ويتفاوت عدد الوفيات والأشخاص المتضررين، وتتفاوت أيضاً الخسائر الاقتصادية، تفاوتاً كبيراً بحسب السنة والقارة، وأفريقيا وآسيا أكثر القارات تأثراً بحسب المؤشرات الثلاثة جميعاً. ومن المتوقع أن ترتفع هذه الأرقام إلى 200-400 مليار دولار أمريكي في السنة بحلول عام 2030، وفقاً لتقديرات مختلفة. وتؤثر هذه الخسائر تأثيراً شديداً في أمن المياه والغذاء والطاقة وتستهلك معظم إجمالي تدفق المساعدات الإنمائية الحالية (OECD, 2015a).



11 يود المؤلفون أن يشكروا ساره ديفيدسون، الصندوق العالمي للطبيعة-الولايات المتحدة، على ملاحظاتها المفيدة.



المصدر: استناداً إلى البيانات الواردة من مركز أبحاث الأوبئة الناجمة عن الكوارث (بلا تاريخ).

ولا تنشأ كل تقلبات الموارد المائية عن تقلب المناخ الطبيعي أو تغير المناخ البشري المنشأ. وكما لوحظ في المقدمة، فإن تدهور النظام الإيكولوجي من خلال تغير استخدام الأراضي وفقدان الأراضي الرطبة وتدهور الأراضي، على سبيل المثال، سبب مهم من أسباب زيادة المخاطر المرتبطة بالمياه وفي كثير من الحالات يكون السبب الرئيسي للخطر والكوارث. وهذا يعني أن استصلاح النظام البيئي يجب أن يمثل الاستجابة الرئيسية للحد من تلك المخاطر، وذلك من خلال تطبيق الحلول المستمدة من الطبيعة.

وقد تكون الزراعة أكثر القطاعات الاقتصادية تأثراً بتزايد التقلبات في الموارد المائية على مستوى العالم، وهي بالتأكيد أكثرها ضعفاً من الناحية الاجتماعية والاقتصادية بسبب اعتماد المجتمعات الريفية في البلدان النامية عليها. فهي تستوعب ما متوسطه 84 في المائة من الآثار الاقتصادية السلبية للجفاف، و25 في المائة من جميع الأضرار الناجمة عن الكوارث المتعلقة بالمناخ (FAO, 2015). وينظر العلماء والمزارعون وحتى أوساط الأعمال إلى التقلبات، التي يُطلق عليها "ظواهر الطقس المتطرفة"، باعتبارها واحدة من أكثر مخاطر الإنتاج المحتمل حدوثها خلال السنوات العشر القادمة (WEF, 2015). وقد قُدرت مكاسب الرفاه التي تحققت في عام 2010 من مجرد التخفيف من التقلبات الهيدرولوجية بوجه عام من خلال تأمين المياه لمستخدمي الري الحاليين على مستوى العالم بمبلغ 94 مليار دولار أمريكي (Sadoff et al., 2015).

والأضرار التي تلحق بالصناعات المختلفة والبنى التحتية الحضرية، من الفيضانات الكارثية على وجه الخصوص، لا تقل عن ذلك أهمية. فقد

ويعُدّل تغير المناخ (وقد عدّل بالفعل) النمط العالمي للجريان السطحي (Milly et al., 2005)، وتشير بعض الدراسات إلى زيادة الجريان السطحي العالمي بنسبة 4 في المائة تقريباً عند ارتفاع درجة الحرارة العالمية بمقدار 1 درجة مئوية (Labat et al., 2004). ولكن الأهم من ذلك، أن تغير المناخ يزيد من تواتر الظواهر الجوية المتطرفة وشدها وقسوتها (O'Gorman, 2015)، مما قد يؤدي إلى زيادة تواتر الظواهر المتطرفة المرتبطة بالمياه وحجمها (IPCC, 2012; Mazdiyasi and AghaKouchak, 2015). وبالرغم من أن حالات عدم اليقين المرتبطة بالتوقعات المناخية لا تسمح حتى الآن في كثير من الحالات بإصدار بيانات كمية قوية عن آثار تغير المناخ على المياه بوجه عام، وعن تقلبات المياه بوجه خاص، فإن بعض الأدلة والتوقعات التاريخية تشير إلى أن مخاطر الفيضانات قد تتفاقم، لا سيما في أجزاء من جنوب وشرق وجنوب شرق وشمال شرق آسيا، وكذلك في أفريقيا الاستوائية وأمريكا الجنوبية - بسبب التغيرات في أنماط التساقط التي تؤثر على الدورة الهيدرولوجية. وأوضح هيراباياشي وآخرون (Hirabayashi et al., 2008) أن تواتر الفيضانات سيزداد في معظم المناطق، باستثناء أمريكا الشمالية ومن وسط إلى غرب منطقة آسيا وأوروبا. ومن المتوقع أيضاً أن يزيد تواتر حالات الجفاف على الصعيد العالمي، فيما عدا خطوط العرض الشمالية العالية فقط، وشرقي أستراليا وشرق منطقة آسيا وأوروبا، التي تشهد انخفاضاً أو لا تحدث فيها تغييرات كبيرة. ويُتوقع أن تشهد عدة مناطق زيادات في تواتر الفيضانات وحالات الجفاف.

كان للخسائر الاقتصادية التي بلغت 43 مليار دولار أمريكي و 16 مليار دولار أمريكي من الخسائر المؤمن عليها نتيجة لفيضان عام 2011 في تايلاند تأثير واضح في صناعة التأمين والاستثمار الأجنبي المباشر (Munich Re, 2013). غير أن حالات عدم اليقين في تقديرات الأضرار الناجمة عن الفيضانات قد تكون كبيرة (Wagenaar et al., 2016).

وفي الوقت نفسه، توفر تقلبات المياه (أي نظام التدفق الموسمي الطبيعي والفيضانات المرتبطة به) فوائد اجتماعية - إيكولوجية كبيرة، لمصائد الأسماك الطبيعية والزراعة في وقت تراجع الفيضانات، مثلاً. وقد تفوق هذه الفوائد في نظم الدلتا الكبيرة، مثل دلتا نهر ميكونغ، ضعف التكاليف السنوية للضرر الناجم عن الفيضانات البالغة الشدة أو ضعفها (MRC, 2009). وبالمثل، فإن التباين الموسمي في هطول الأمطار يُحدث الفرص لتخزين المياه، سواء باستخدام البنية التحتية المراعية للبيئة أو الرامدية، لتوفير المياه للنظم الإيكولوجية والأشخاص طوال فترات الجفاف. وعليه فإن إدارة التقلبات لا تعني إزالتها، وإنما بالأحرى التقليل من الأضرار وتعظيم الفرص التي توفرها. ومن الأفضل معالجة هذه الثنائية عن طريق الحلول المستمدة من الطبيعة. يضاف إلى ذلك أن تغير المناخ يُحدث آثاره في المقام الأول من خلال النظم الإيكولوجية والهيدرولوجيا. ومن ثم فإن الاستجابة الأولية للتغير التدريجي والتقلب في موارد المياه وتدفقاتها تتمثل في التكيف القائم على النظام الإيكولوجي - وهو مفهوم يترجم إلى مجموعة من الحلول المستمدة من الطبيعة.

وتشير بعض الاتجاهات الحديثة، من قبيل التطوير المتزايد للتخزين السطحي للمياه من جهة، والبنية التحتية المائية القديمة من جهة أخرى، إلى الحاجة إلى حلول مبتكرة تدمج المنظورات المتعلقة بخدمات النظم الإيكولوجية، والقدرة على الصمود، واعتبارات سبل العيش، على نحو أكثر بروزاً في عمليات التخطيط والإدارة التي تتصدى بوضوح لمسألة تقلبات المياه. وتتفاقم هذه الاحتياجات بسبب النمو السكاني السريع، والتوسع الحضري، والضغط الأخرى المتزايدة على الموارد المائية. ويرى كثير من البلدان في البنية التحتية الرامدية الكبيرة للمياه الحل للتعامل مع تقلبات الموارد المائية، ولا سيما مع توقع حدوث زيادات في حدوث هذه التقلبات بفعل تغير المناخ. ومن ثم يجري بناء وتخطيط مزيد من البنى التحتية الرامدية الكبيرة (مثل السدود وجسور الحماية من الفيضانات). ويضيف تقادم البنى التحتية الرامدية المتهاكلة القائمة تحدياً آخر - فهي قد لا تتماشى مع الرؤية التي تم تصميمها وفقاً لها وقد تكون غير فعالة لأن المعايير الهيدرولوجية التي صممت بناءً عليها أخذت في التغير الآن. وتتمثل الاستجابة المناسبة في الاعتراف بالمنافع الكبيرة التي توفرها النظم الإيكولوجية والبنية التحتية المراعية للبيئة في مجال الحد من المخاطر وتصميم البنية التحتية المراعية للبيئة والرامدية جنباً إلى جنب لزيادة أداء النظام إلى أقصى حد وتحقيق منافع أكبر للناس والطبيعة والاقتصاد. وهذا هو جوهر نهج الحلول المستمدة من الطبيعة.

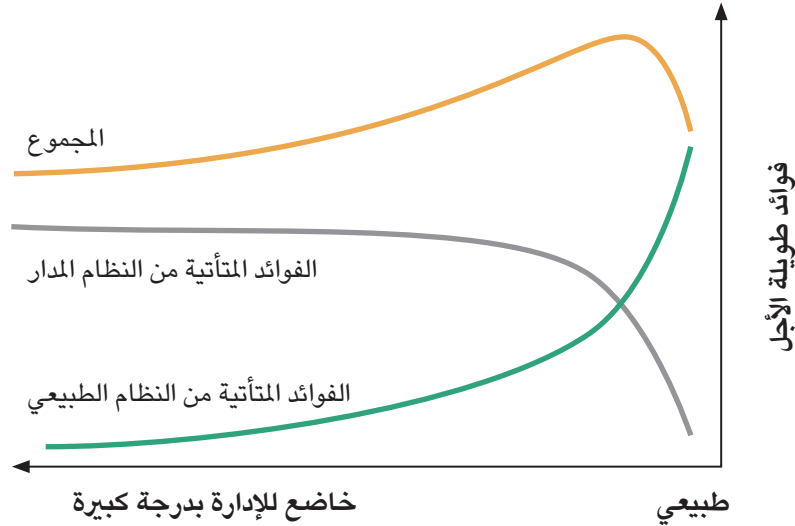
ويتناول العديد من غايات أهداف التنمية المستدامة الجوانب المختلفة لإدارة الكوارث المتعلقة بالمياه وتقلباتها، سواء بصورة صريحة أو ضمنية. فالغاية 5-1 ترمي إلى «بناء قدرة الفقراء والفئات الضعيفة على الصمود والحد من تعرضها وتأثرها ... بالهزات والكوارث». وتركز الغايتان 4-2 و 9-1 على «الممارسات الزراعية المرنة» و «البنى التحتية القادرة على الصمود»، على التوالي. وترمي الغاية 11-5 إلى «التقليل إلى درجة كبيرة من عدد الوفيات وعدد الأشخاص المتضررين، وتحقيق انخفاض كبير في الخسائر الاقتصادية المباشرة ... التي تحدث بسبب الكوارث، بما في ذلك الكوارث المتصلة بالمياه، مع التركيز على حماية

الفقراء والأشخاص الذين يعيشون في ظل أوضاع هشة». وتتمثل الغاية 13-1 في «تعزيز القدرة على الصمود في مواجهة الأخطار المرتبطة بالمناخ والكوارث الطبيعية ... وتعزيز القدرة على التكيف معها»، بينما ترمي الغاية 3-15 إلى «ترميم الأراضي ... المتدهورة، بما في ذلك الأراضي المتضررة من التصحر والجفاف والفيضانات». وهناك أوجه تآزر واضحة بين هذه الغايات (UN-Water, 2016b) وقد لا تصبح هذه الأوجه أقوى إلا بالنظر إلى الحلول المستمدة من الطبيعة باعتبارها المفهوم الداعم لها جميعاً.

وقد أشار كثير من المنتديات والمبادرات الدولية للسياسات إلى ضرورة الابتعاد عن نهج ردود الفعل تجاه الفيضانات والأخذ بنهج وقائية، أي تقليل المخاطر. والحد من مخاطر الفيضانات هو المجال الذي يلاحظ أن الحلول المستمدة من الطبيعة تتفوق فيه على غيرها. ويمكن أن يسهل مفهوم «التعايش مع الفيضانات» الذي يشمل، من بين أمور أخرى، مجموعة من النهج البنوية (وغير البنوية) التي تساعد في «التأهب» للفيضانات، تطبيق الحلول الملائمة المستمدة من الطبيعة للحد من خسائر الفيضانات، وأهم من ذلك الحد من خطرها (انظر القسم 4-5). وفضلاً عن خطة التنمية المستدامة لعام 2030، يدعو إطار سنداي للحد من مخاطر الكوارث (2015 - 2030) أيضاً وكالات الأمم المتحدة المعنية إلى تعزيز الآليات العالمية القائمة وتنفيذ آليات جديدة لزيادة الوعي بمخاطر الكوارث المتعلقة بالمياه وتأثيرها على المجتمع وتحسين الفهم لهذه الأمور، وإلى وضع استراتيجيات للحد من مخاطر الكوارث (UNISDR, 2015).

ويسلم هذا الإطار كذلك بضرورة الانتقال من التخطيط والتعافي في أعقاب الكوارث بصفة رئيسية إلى الحد الاستباقي من المخاطر لمنع وقوع الكوارث. وهو ينص على أن تولي الاستراتيجيات أيضاً الاعتبار لمجموعة من الحلول القائمة على النظم الإيكولوجية. ومن ثم إذا طبقت الحلول المستمدة من الطبيعة على نطاق واسع، فإنه يمكنها أن تغير الطريقة التي تدار بها الموارد المائية، لا سيما في سياق الفيضانات وحالات الجفاف ذات التأثير الكبير. ويتمثل الدور الأساسي الذي تؤديه الحلول المستمدة من الطبيعة هنا في زيادة المرونة من أجل تقليل احتمال حدوث كوارث، رغم أنها يمكن أيضاً أن تقوم بدور في التعافي بعد الكوارث. وينبغي أن تكون هذه الحلول جزءاً من التخطيط والإجراءات التحضيرية المطلوبة للحد من مخاطر الكوارث والضعف أمامها والتعرض لها، وزيادة القدرة المجتمعية على التصدي عند وقوع الكارثة وبعدها.

وترد معالجة الحلول المستمدة من الطبيعة كذلك في الخطة الحضرية الجديدة، وهي إطار للاستدامة الحضرية تم اعتماده في عام 2016 لإدراك أن عدد سكان المناطق الحضرية سوف يتضاعف ويصل إلى 70 في المائة من سكان العالم بحلول عام 2050. وترمي الخطة الحضرية الجديدة إلى التأثير على كيفية تخطيط المدن وتصميمها وتمويلها وتطويرها وتنظيمها وإدارتها. وتتطرق الخطة إلى مسألة المياه والحلول المستمدة من الطبيعة، وتذكر صلاتها بأهداف التنمية المستدامة على وجه التحديد: فالفقرة 101، مثلاً، تشير إلى المياه والحلول المستمدة من الطبيعة، بينما تشير الفقرة 157 إلى الابتكار المستمد من الطبيعة (UNGA, 2016). ومع ذلك، فلم يتضح بعد على وجه التحديد كيف يمكن إدارة هذه الخطة المعقدة وكيف ستجري إدارتها وتفعيلها وتنفيذها. وأخيراً، يشدد اتفاق باريس لعام 2015 بشأن تغير المناخ (UNFCCC, 2015) تشديداً كبيراً للغاية على التكيف، الذي لن يكون ممكناً بحال من الأحوال ما لم يبدأ تنفيذ مجموعة من الحلول المستمدة من الطبيعة التي تتعامل مع تزايد التقلبات المائية والظواهر المتطرفة الناجمة عن تغير المناخ.



المصدر: (Acreman (2001, fig. 3)

2-4 أمثلة على الحلول المستمدة من الطبيعة للتخفيف من المخاطر والتقلبات والتغير

تحتوي معظم تدخلات إدارة الموارد المائية على عنصر من عناصر الحلول المستمدة من الطبيعة (UNEP-DHI/IUCN/TNC, 2014)، وينطبق الأمر نفسه على التدخلات التي تتناول إدارة تقلبات المياه وتغيرها. فعندما يدخل تعديل على أحد النظم الإيكولوجية الطبيعية (نظام مائي، مثلاً)، تُفقد بعض "الفوائد الطبيعية" المستخلصة منه، ولكن يمكن الاستعاضة عنها بفوائد متأتية من التعديلات. غير أن هناك "نقطة تحول" (وتحديدها أمر بالغ الصعوبة) في هذه العملية يبلغ عندها إجمالي جميع الفوائد حدّه الأقصى، ولن تؤدي أي تعديلات بعد ذلك إلا إلى تقليل التدفق الإجمالي للفوائد فقط (Acreman, 2001; Figure 4.2). وبناءً على ذلك، قد يقع الحل المستمد من الطبيعة في أي جزء من هذه السلسلة التي تمتد من "الطبيعي تماماً" (أرض رطبة غير معدلة قد تكون لها قدرة طبيعية، وإن كانت محدودة، لتنظيم التدفقات)، إلى السد الخرساني الذي يتم بناؤه عبر نهر طبيعي، ولكن بمكونات وقواعد تشغيل ملائمة إيكولوجياً، مثل فترات إطلاق المياه المخصصة للأغراض البيئية.

ويوجد العديد من الحلول المستمدة من الطبيعة في مراحل مختلفة من الإعداد والتنفيذ، تتفاوت من النهج المفاهيمية والمبادئ التوجيهية العامة إلى الممارسات المعتمدة الشائعة. وهي جميعاً مهمة ومفيدة في حد ذاتها لأنها إما قد أثبتت بالفعل إمكاناتها، أو سوف تثبت ذلك عند الأخذ بها.

1-2-4 الحلول المستمدة من الطبيعة لإدارة الفيضانات

يمثل الدليل الصادر عن الصندوق العالمي للطبيعة بعنوان الدليل الأخضر للإدارة الطبيعية والمستمدة من الطبيعة للفيضانات (أو الدليل الأخضر للفيضانات - FGG; WWF, 2017) مثلاً على الأطر الكلية للحلول المستمدة من الطبيعة. ويدعم هذا الدليل المجتمعات على المستوى المحلي في استخدام الحلول المستمدة من الطبيعة لإدارة مخاطر الفيضانات. ويرى أن تكون هذه التدابير خاصة بمواقع محددة ومتكاملة ومتوازنة

في جميع القطاعات المعنية، ومستندة إلى مفهوم الإدارة المتكاملة للفيضانات الذي وضعه البرنامج المشترك بشأن إدارة الفيضانات (WMO, 2009)، وهو برنامج مشترك بين المنظمة والشراكة العالمية للمياه. والمبادئ الرئيسية للدليل الأخضر للفيضانات هي:

- تصميم أساليب إدارة الفيضانات من أجل زيادة المنافع الصافية لمياه الفيضانات إلى أقصى حد مع تقليل مخاطرها إلى الحد الأدنى، لأن الفيضانات يمكن أن تكون عملية طبيعية ومفيدة؛
 - تطبيق إدارة مخاطر الفيضانات بمنظور مستجمع المياه لفهم كيف يرتبط خطر الفيضان في مجتمع معين ببقية المستجمع؛
 - النظر في الأساليب غير البنيوية في إدارة الفيضانات، ومن ثم إذا لزم الأمر إدراج هندسة المباني والهندسة الطبيعية أو المستمدة من الطبيعة أو هندسة حماية السواحل، في إطار نهج متكامل؛
 - إدراك الجوانب الاجتماعية والاقتصادية والبيئية والسياسية المتعددة المتأثرة بإدارة الفيضانات في مستجمعات المياه؛
 - دمج الحد من مخاطر الفيضانات والتكيف مع المناخ المتغير في عملية التعافي من الفيضان وإعادة الإعمار، بحيث يحسّن التعافي من الفيضانات قدرة المجتمعات على الصمود للظواهر البالغة الشدة في المستقبل، ويتجنب استحداث مواطن ضعف اجتماعية أو بيئية جديدة، ويعزز قدرة المجتمع على التكيف مع أحوال المناخ المحفوفة بعدم اليقين؛
 - دعم العدالة الاجتماعية والامتثال للقوانين والمؤسسات المحلية/ الوطنية، بما في ذلك القواعد والأعراف الاجتماعية غير الرسمية في أثناء عمليات اتخاذ القرار؛
 - تعزيز العمليات المتعلقة بالقدرة على الصمود، وسبل العيش، وتمكين النساء و/أو الفئات الاجتماعية المحرومة.
- وتبحث إدارة الفيضانات، كأى نوع من أنواع إدارة الكوارث، عدة مكونات متداخلة: فالضعف والتعرض للفيضانات، إذا اقترنا بالخطر، ينتج عنهما



المصدر: مقتبس بتصرف من (WMO (2017, fig. 4, p. 14). بترخيص من جياكومو تيروجي (المنظمة العالمية للأرصاد الجوية).

واكتُشف أن أكثر التدابير فعالية للمملكة المتحدة تتمثل في سيناريو «المدينة المراعية للبيئة» (وهو مجموعة من التدابير التي تتخذ في المناطق الحضرية، مثل البنى التحتية المراعية للبيئة والأسطح الخضراء وحدائق الأمطار والمنخفضات في المتنزهات وأجهزة الرش)، تليها «ممارسات محصولية» محسنة (مجموعة من الأساليب مثل التغطية العضوية للتربة والحراثة). أما فيما يتعلق بمنطقتي الراين والرون، فكانت السيناريوهات الأكثر فعالية هي التي تخفض من ذرى الفيضانات على طول النهر، كالأراضي المنخفضة المستصلحة من النهر والمحاطة بالحواجز (البولدرات) مثلاً. وفيما يخص المنطقة من نهر الإلب إلى نهر إيمس، تبين أن التحريج، الذي تليه عن كثب ممارسات الزراعة والمراعي، هو أكثر التدابير فعالية، لأن جزءاً كبيراً من المنطقة بها إمكانية عالية لتحويل استخدام الأراضي. أما في منطقتي نهر بو ومنطقة بحر البلطيق

الخطر الإجمالي للفيضان. ومن طرق توضيح ذلك مفهوم المنظمة العالمية للأرصاد الجوية «المصدر فالمسار فالمتلقي» (WMO, 2017). ويتيح هذا المفهوم التمييز بين مخاطر الفيضانات، والمسارات المؤدية إلى تعرض «الجهات المتلقية»، ونتائج الفيضانات فيما يخص الناس والممتلكات. ويمكن أن تؤدي الحلول المستمدة من الطبيعة دوراً عند المصدر (على سبيل المثال من خلال استصلاح الأراضي الرطبة أو ممارسات استخدام الأراضي) وفي المسار (من خلال طرق مختلفة لزيادة سعة النقل والتخزين، مثلاً) (الشكل 3-4).

ويمثل مؤلف بوريك وآخرين (Burek et al. (2012) مثلاً على التحليل الإقليمي الواسع النطاق للإمكانات التي قد تمتلكها الحلول المستمدة من الطبيعة في الحد من مخاطر الفيضانات. فباستخدام أسلوب نموذج المحاكاة، قامت الدراسة بتقييم فعالية (من حيث خفض ذروة الفيضان) مجموعة كبيرة (25) من التدابير الطبيعية للاحتفاظ بالمياه في أوروبا، حيث تم تجميعها في عدة سيناريوهات/حافظات رئيسية. وجرى تقييم تكلفة التنفيذ أيضاً. وأوضحت الدراسة أن الحلول المستمدة من الطبيعة يمكن أن تخفض 1:20 من ذرى الفيضانات في العام بنسبة تصل إلى 15 في المائة على الصعيد المحلي، رغم أنه لوحظ انخفاض ذروة التدفق على المستوى الإقليمي بنسبة 4 في المائة فقط. وعلى الرغم من أن هذه التخفيضات تبدو صغيرة للوهلة الأولى، إلا أن بضع نقاط مئوية فقط يمكن أن تحدث الفارق بين الفيضان والكارثة. ووُجد أن الحلول المستمدة من الطبيعة تكون قادرة على الحد من ذرى الفيضانات على نحو أكثر فعالية في حالة مستجمعات المياه الأصغر حجماً ولفترات عودة أقل (الفيضانات التي تحدث على نحو أكثر تواتراً). وفي الوقت نفسه، أشارت الدراسة إلى حالات يمكن فيها للحلول المستمدة من الطبيعة أن تزيد ذرى الفيضانات على الصعيد المحلي. ويشير هذا إلى الحاجة إلى تحديد موقع الحلول المستمدة من الطبيعة وتصميمها بدقة.

لقد بدأت السياسات المتعلقة بإدارة الفيضانات في بعض البلدان تبحث عن كُتب في الحلول التي تنطوي على العمل بالتآزر مع العمليات الطبيعية



المصدر: Burek et al. (2012, fig. VI-1, p. 90).

(الجدول 4-1). ويوجز المؤلفون الأدلة المتاحة في الوقت الحالي لجميع هذه التدابير، وحاولوا إجراء تحليل شبه كمي لتأثير عدة تدخلات لإدارة الفيضانات على الحد من مخاطرها (الشكل 4-5).

ويخلص الموجز، من بين أمور أخرى، إلى أن (1) الاختيار الملائم لتدخلات استخدام الأراضي والغطاء الأرضي يمكن أن يقلل من تدفقات مياه الذروة المحلية بعد ظواهر هطول الأمطار المعتدلة؛ (2) الأدلة لا تشير إلى أن هذه التدخلات سيكون لها تأثير كبير على مخاطر الفيضانات في المناطق القريبة أسفل المجرى في حالة الظواهر الأكثر تطرفاً؛ (3) الأدلة المتاحة أقل عن آثار تغيرات استخدام الأراضي في أعلى المجرى على أسفل المجرى في حالة مستجمعات المياه الكبيرة، ولكنها في الوقت الحالي لا تشير إلى أن التغييرات الفعلية في استخدام الأراضي ستحدث فرقاً كبيراً فيما يتعلق مخاطر الفيضانات في أسفل المجرى؛ (4) الرصد الطويل الأجل ضروري من أجل فصل آثار إدارة الأراضي عن آثار التغيرات المناخية، وبدون ذلك ليس من الحكمة تعميم النتائج من الدراسات الفردية إلى نطاقات أكبر حجماً، أو إلى سياقات فيها أنواع مختلفة من التربة والنباتات (Dadson et al., 2017).

فلإعادة انعطافات النهر أكبر إمكانية للحد من ذرى الفيضانات، ووجد أيضاً أنها فعالة تماماً في جميع المناطق الأخرى تقريباً. أما ممارسات الدورة المحصولية فكانت أكثر التدابير فعالية لأيبيريا والجزء من فرنسا المطل على المحيط الأطلسي وحوض نهر الدانوب والبلقان وجنوب إيطاليا واليونان. وكذلك كانت الممارسات المحصولية تدبيراً ناجحاً للغاية في الدانمرك وشمال ألمانيا (الشكل 4-4). وتدل هذه الأمثلة بوضوح على أن اختيار الحلول المستمدة من الطبيعة يعتمد، وهذا ليس مستغرباً، على النمط السائد لاستخدام الأراضي والظروف الاجتماعية والإيكولوجية والهيدرولوجية.

وقد بدأت السياسات المتعلقة بإدارة الفيضانات في بعض البلدان تبحث عن كتب في الحلول التي تنطوي على العمل بالتآزر مع العمليات الطبيعية. فعلى سبيل المثال، تسعى «الإدارة الطبيعية للفيضانات» في المملكة المتحدة إلى استعادة أو تحسين عمليات تجميع المياه التي تأثرت بالتدخل البشري. وحلل دادسون وآخرون (Dadson et al. (2017) أكثر من 20 نوعاً من تدابير إدارة الفيضانات، مصنفة في ثلاث فئات رئيسية هي: (1) الاحتفاظ بالمياه من خلال إدارة الرش والتدفق السطحي، (2) إدارة الاتصال الهيدرولوجي بين مكونات النظام ونقل المياه من خلالها، (3) توفير مساحة لتخزين المياه من خلال السهول الفيضية، مثلاً

موضوع إدارة مخاطر الفيضانات	التدبير المحدد	أمثلة
الاحتفاظ بالمياه في المسطحات الطبيعية: الاحتفاظ بالمياه من خلال إدارة الرشح والجريان السطحي	تغييرات استخدام الأراضي	تحويل الأراضي الصالحة للزراعة إلى مراعي وغابات وزراعة الأحراج قليلة الكثافة، والقيود على زراعة التلال (ذرة علف المظمورة) واستصلاح أراضي السبخة والأراضي الخثية
	ممارسات استخدام الأراضي الصالحة للزراعة	زراعة محاصيل الربيع مقابل المحاصيل الشتوية، وشجاء التغطية، والتوسع، وتناوب المحاصيل
	ممارسات أراضي تربية الماشية	انخفاض معدلات التخزين، وتقيد موسم الرعي
	ممارسات الحراثة	الزراعة دون حرث، والحرث الكنتوري/المقاطع على المنحدرات
	الصرف الحقل (لزيادة التخزين)	الزراعة والصرف على عمق للحد من عدم النفاذية
	الشرائط العازلة والمناطق العازلة	شرائط أعشاب كونتورية، تحوطات، أحزمة صد الرياح، سدود، حواجز حقلية، شرائط عازلة على ضفاف الأنهار، ضوابط على تجريف الضفاف
	إدارة الآلات	ضغوط أرضية منخفضة، وتجنب الظروف الرطبة
	استخدام الأراضي في المناطق الحضرية	زيادة المناطق ذات النفاذية والتخزين السطحي
	إدارة الاتصال على منحدرات التلال	سد خنادق المزارع وشق خنادق للتصريف في أراضي السبخة
	الشرائط العازلة والمناطق العازلة لتقليل الاتصال	شرائط أعشاب كونتورية، تحوطات، أحزمة صد الرياح، سدود، حواجز حقلية، شرائط عازلة على ضفة النهر، ضوابط على تجريف الضفاف
الاحتفاظ بالمياه في المسطحات الطبيعية: إدارة الاتصال والنقل	صيانة القنوات	تعديلات على صيانة خنادق المزارع
	عمليات الصرف والضخ	تعديلات على نظم الصرف والضخ
	الهياكل في الحقول والمزارع	تعديلات على البوابات والساحات والمسارات والقنوات
	الاحتفاظ بالمياه في المزارع	برك وخنادق التخزين
	استصلاح النهر	استعادة ملامح النهر والمقاطع العرضية وإعادة تنظيم القنوات وإحداث تغييرات في المسقط العلوي
	اختزان الماء في المرتفعات	البرك في المزارع، الخنادق، الأراضي الرطبة
	مناطق تخزين المياه	تخزين في الأنابيب أو في أحواض خارجية، وأراضي الغسل، والأراضي المستصلحة من النهر، وخزانات الحجز
	الأراضي الرطبة	إنشاء الأراضي الرطبة، وحفر التخزين الهندسية، والتحكم في مستويات المياه
	استصلاح النهر/إعادة توجيهه	إعادة تشكيل النهر، الأشغال الخاصة بالقنوات، الأشغال على الضفاف
	إدارة مسار النهر والمياه	إزالة النباتات وصيانة القناة وإقامة المنشآت الشاطئية
توفير مساحة للمياه: نقل وتخزين المياه في السهول الفيضية	استصلاح السهل الفيضي	إرجاع الضفاف للوراء، وإعادة ربط الأنهار والسهول الفيضية

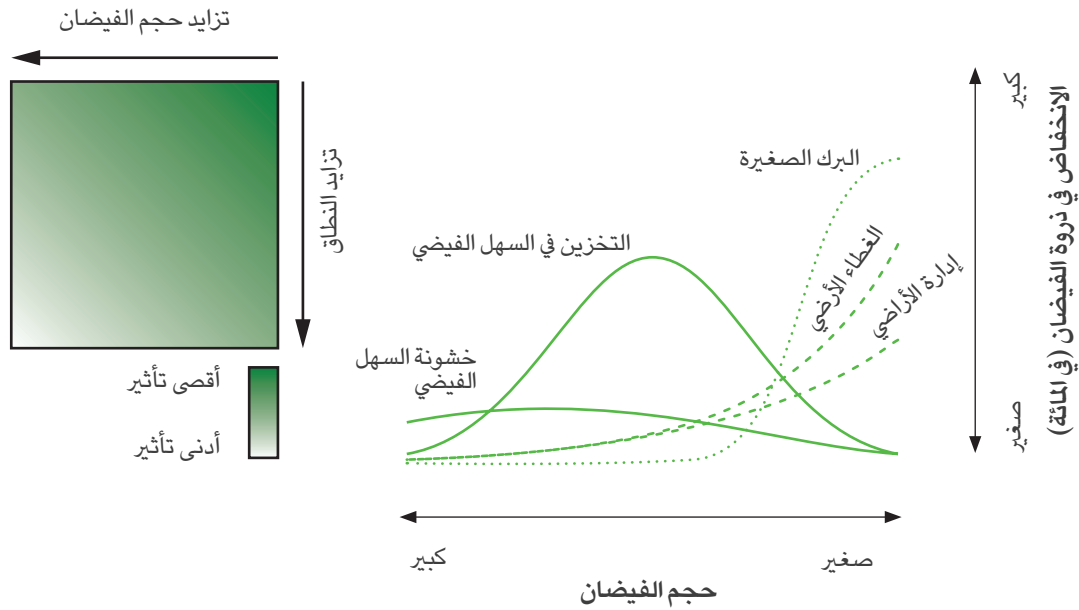
المصدر: Dadson et al. (2017, table 1, p. 4).

4-2-2 الحلول المستمدة من الطبيعة لإدارة الجفاف

يقع الجفاف على الطرف النقيض من التقلبات المتعلقة بالمياه. وعادةً ما يكون الجفاف زمناً (بتزايد ويستمر في الأجل الطويل)، بخلاف الفيضانات، التي تكون حادة (قصيرة الأجل ومفاجئة). ولا يحدث الجفاف فقط في الأراضي الجافة، كما يتم تصويره في بعض الأحيان، بل يمكن أن يمثل خطراً كارثياً في المناطق التي لا تكون عادة شحيحة بالمياه (Smakhtin and Schipper, 2008). والجفاف معقد للغاية ويمكن وصف نمطه العالمي بمجموعة من المؤشرات (Eriyagama et al., 2009). ولعل التحليل الوارد في مؤلف كاراو وآخرين (Carrão et al., 2016) أحدث وأشمل تحليل لمخاطر الجفاف على المستوى العالمي، وقد وصف ثلاثة

ولعل الشيء نفسه ينطبق على أي منطقة أخرى. ونظراً إلى أن برامج الرصد مكلفة وتتطلب أطراً زمنية طويلة، يمكن استخلاص بعض الأفكار عن الآثار المحتملة لتغير استخدام الأراضي على تأثيرات الفيضانات ومخاطرها من تحليلات التغيير المتمثل في «استخدام مروّع للأرض»، كالاستخدام المرتبط بالحرب، مثلاً (Lacombe and Pierret, 2013). وتشير هذه الدراسات إلى أن الآثار الناجمة عن تغير استخدام الأراضي الواسع النطاق تكون لها تأثيرات هيدرولوجية عميقة ودائمة. وتساعد هذه المعرفة أيضاً على التنبؤ بالآثار المحتملة التي قد تكون للحلول المستمدة من الطبيعة على الحد من المخاطر، عن طريق عكس التغيير السلبي في استخدام الأراضي من خلال استصلاحها.

تأثير مختلف تدخلات الحلول المستمدة من الطبيعة في الحد من ذروة الفيضانات (يسار) والتأثير المشترك بين التدخلات في مستوى الحوض وحجم الفيضان (يمين)



المصدر: Dadson et al. (2017, fig. 3, p. 18).

الوطنية للملاحة الجوية والفضاء في الولايات المتحدة (ناسا) والإدارة الوطنية لشؤون المحيطات والغلاف الجوي، حطم عام 2016 الرقم القياسي لأشد الأعوام حرارة منذ بدء التقارير عن ذلك في عام 1880. ويعزى هذا بدرجة كبيرة إلى واحدة من أقوى ظواهر النينيو المسجلة على الإطلاق (NASA, 2017).

وركزت الاستجابة الدولية للجفاف على تدابير «التوقف والانطلاق» التي ترمي إلى القيام برد فعل. ولابد من التحول إلى اتخاذ تدابير أكثر استباقية واستناداً إلى المخاطر (Wilhite et al., 2007). والحلول المستمدة من الطبيعة التي تساعد في التخفيف من الآثار السلبية للجفاف هي عادة متعددة الأغراض ويمكن استخدامها في سياقات تتجاوز مجرد إدارة التقلبات والتغيير (الجدول 2-4). والواقع أن مزيج الحلول المستمدة من الطبيعة المحتمل استخدامها للتخفيف من حدة الجفاف هو أساساً المزيج نفسه الذي يستخدم لتأمين توافر المياه (انظر الفصل الثاني).

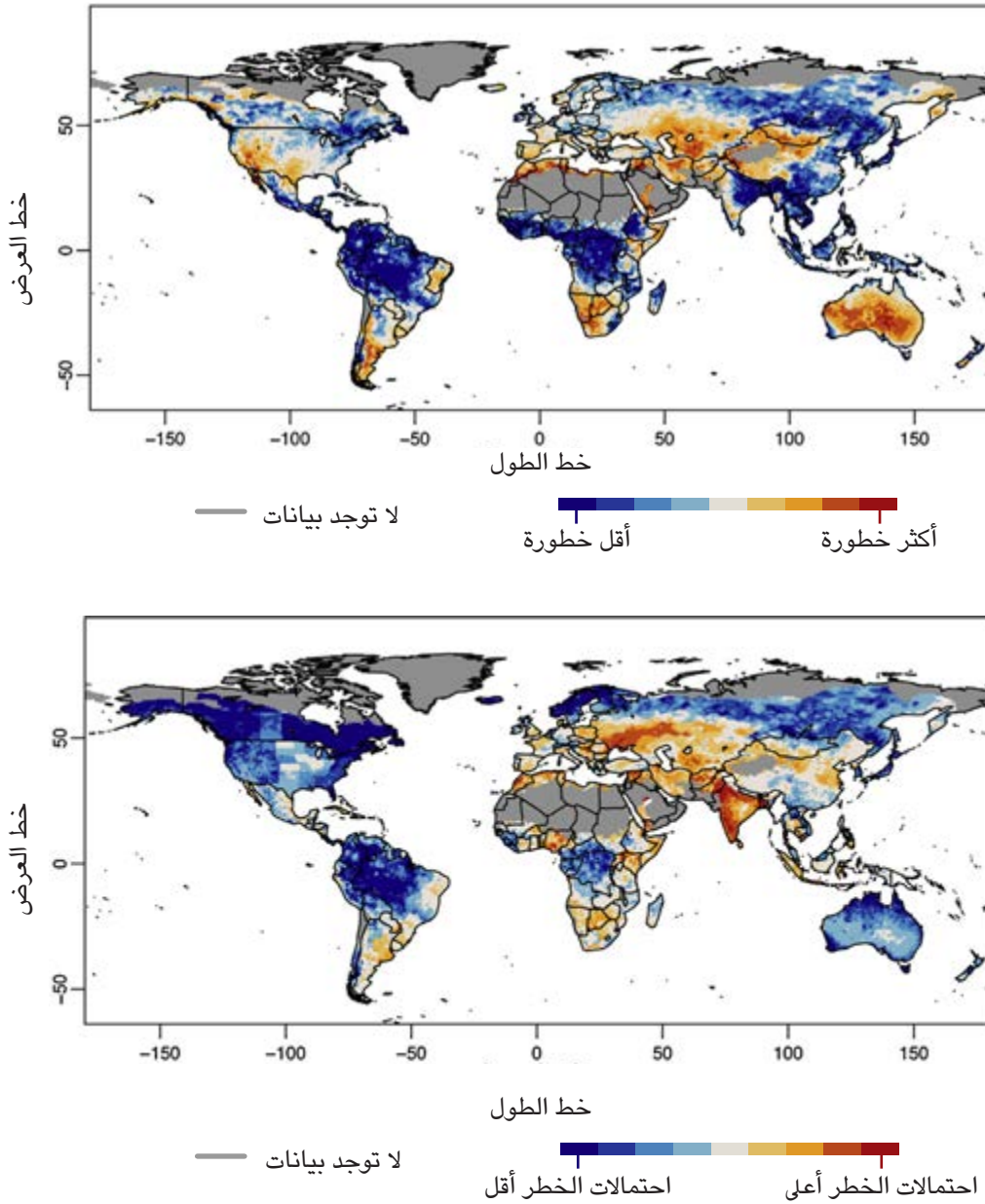
2-4-3 الحلول المستمدة من الطبيعة لإدارة المخاطر المتعددة

يمكن استخدام الحلول المستمدة من الطبيعة لإدارة أكثر من خطر واحد وهي قابلة، مثلاً، للتطبيق على مخاطر الفيضانات والجفاف. وكما سلف الذكر (الجدول 1-4، على سبيل المثال)، يمكن للأراضي الرطبة - الطبيعية منها والمنشأة على حد سواء - أن تؤدي دوراً في الحد من مخاطر الكوارث. فالأراضي الرطبة الطبيعية والمنشأة لها القدرة على إدارة الفيضانات والتخفيف من مخاطر الفيضانات والعواصف من خلال العمل كحواجز طبيعية، والعمل كإسفنج طبيعي لامتصاص المطر والجريان السطحي، والتخفيف من انجراف الأراضي وتأثير هبوب العواصف العاتية (في معظم الأحيان عن طريق تحويل المياه السطحية إلى طبقات المياه الجوفية التحتية) أو حماية السواحل من العواصف. ومع تزايد وتيرة المخاطر الطبيعية، يمكن أن يساعد فهم وظائف الأراضي الرطبة بوصفها حلولاً مستمدة من الطبيعة في تعزيز القدرة على الصمود، سواء محلياً أو على نطاقات أوسع من ذلك.

محددات مستقلة هي: الخطر والتعرض والضعف. وقد استُخلص خطر الجفاف من العجز التاريخي في التساقط، ويستند التعرض إلى مجموع المؤشرات الشبكية للكثافة السكانية والحيوانية، وشجرات التغطية، والإجهاد المائي؛ وحُسب ضعف الجفاف بوصفه مركباً من عوامل ريفية المستوى في المؤشرات الاجتماعية والاقتصادية والهيكليّة، تم جمعها على المستويين الوطني ودون الوطني. وتوضح خرائط الخطر والمخاطر (الشكل 4-6) أن باتخاذ التدابير المناسبة للحد من التعرض والضعف، يمكن تقليل مخاطر الجفاف كثيراً حتى في المناطق الخطيرة الجفاف مثل أستراليا وجنوب الولايات المتحدة الأمريكية. وفي هذه السياقات، يمكن أن يكتسي دور الحلول المستمدة من الطبيعة أهمية بالغة.

وقد سجلت العقود الماضية ازدياداً مطرداً في تواتر حالات الجفاف وشدها ومدتها، ويعزى ذلك جزئياً إلى تغير المناخ. وفي الفترة 2015-2016، تسببت ظاهرة النينيو الجوية في حدوث أسوأ أشكال الجفاف وأكثرها ضرراً في جميع أنحاء العالم. ووفقاً للإدارة

لا يحدث الجفاف في الأراضي الجافة فحسب، كما يتم تصويره في بعض الأحيان، بل يمكن أن يمثل خطراً كارثياً في المناطق التي لا تكون عادة شحيحة المياه



المصدر: مقتبس بتصرف من (Carrão et al. (2016, figures 3 and 9, pp. 115 and 120).

ومن الأمثلة الأخرى حالة الزلزال والتسونامي اللذين أصابا شيلي في عام 2010، مما أدى إلى خسارة قدرها 30 مليار دولار أمريكي وأثر تأثيراً شديداً في الأصول وسبل العيش في مجتمعات الأراضي الرطبة الساحلية (محمية يالي الوطنية، فالبارالسو) (OECD/UNECLAC, 2016). وأعلنت الحكومة بعد هذا الحدث عن حماية معظم هذه الأراضي الرطبة الساحلية بوصفها موقعاً من المواقع المشمولة باتفاقية رامسار، اعترافاً منها بالمزايا الواسعة النطاق للنظم الإيكولوجية للأراضي الرطبة في مجال الحد من مخاطر الكوارث. ومثال آخر هو إعصار كاترينا، الذي دخل التاريخ في الولايات المتحدة الأمريكية بوصفه أشد الظواهر الكارثية فتكاً (غمرت الفيضانات 80 في المائة من المدينة، وبلغ عدد ضحاياها 1500 شخص والنازحين نحو 900 000 شخص)، وأبرز فشل استراتيجيات الحد من مخاطر الكوارث القائمة التي ركزت تركيزاً متزايداً على جدران الفيضان في المدينة وحواجز السيول - وهي من البنية التحتية

ومن الأمثلة على الإمكانات الهائلة لأن تكون الأراضي الرطبة حلاً مستمدة من الطبيعة حالة حوض نهر اليانغتسي في الصين، الذي يقطنه 400 مليون نسمة، والذي سجل عاصفة كبيرة مصحوبة بسيول جارفة في عام 1998، أسفرت عن إصابة 4000 شخص وأضرار قدرها 25 مليار دولار. وكان أبرز ما جاء في سياسة الحكومة الصينية بشأن التصدي المعروفة بـ «سياسة الـ 32 حرفاً»، هو استراتيجية لإدارة مخاطر الكوارث تتمثل في استصلاح 2900 كيلومتر مربع من السهول الفيضية بسعة استيعاب 13 مليار متر مكعب (أي 13 كيلومتراً مكعباً) من المياه (Wang et al., 2007). وأنشئت شبكة للحفظ مكونة من الأراضي الرطبة عبر حوض نهر اليانغتسي لإدارة جودة المياه والحفاظ على التنوع البيولوجي المحلي وتوسيع المحميات الطبيعية المستندة إلى الأراضي الرطبة (Pittcock and Xu, 2010).

دراسات الحالة	التدخلات - الحلول المستمدة من الطبيعة	النتائج
تحسين الأمن الغذائي والمائي في مستوطنة أبريها وي- أنسبيها (إثيوبيا)	- سدود التربة والحجارة، والخنادق، وحُفر الترشيح - تحويل أخاديد النحات في مواقع تجمع المياه - تطوير الينابيع كمصادر لمياه الشرب - زراعة أشجار الفاكهة والأنواع التي تنبت بصورة طبيعية	- اكتفاء المجتمع ذاتياً من الغذاء بفضل تحويل الأراضي المتدهورة إلى أرض زراعية منتجة - تحسين نظم الري من خلال تجميع المياه وتخزينها - تعزيز الغطاء النباتي مما يؤدي إلى تحسين جودة التربة
موارد المياه وسبل العيش المستدامة في مستجمعات مياه بحيرة هاراميا (إثيوبيا)	- تدابير حفظ التربة والمياه - وضع الأنظمة وتخصيص الحصص وتحديد الأسعار لمستخدمي المياه - تنويع خيارات سبل العيش المتاحة - تعزيز الإنتاجية الزراعية من خلال تحسين البذور والأسمدة والري الفعال	- الحد من الخلافات والنزاعات بشأن المياه من خلال وضع القوانين لتنظيم استخدام المياه - تحسين المحاصيل والإنتاجية الحيوانية من خلال البرك وزيادة الكفاءة في استخدام المياه عن طريق الري بالتنقيط - تحسين القدرة المجتمعية على الصمود للجفاف وقابلية التأثر به
تجميع المياه من أجل التمكين الاقتصادي في مقاطعة كيتوي (كينيا)	- الري على نطاق صغير - السدود الرملية الغائرة - هياكل تخزين وتوزيع المياه	- استفادة الصحة وسبل العيش من زيادة إمدادات المياه - الحفاظ على التنوع البيولوجي وإثراء المياه الجوفية من خلال بناء السدود الرملية الغائرة - انخفاض احتمالات النزاع على الماء
بناء القدرة على مواجهة الجفاف في مستجمعة المياه الفرعية في أسوا أغاغو (أوغندا)	- تحسين البنى التحتية لنقاط المياه - هياكل تجميع المياه - حفظ البيئة - إقامة صندوق متجدد للطوارئ وإنشاء لجان لمستخدمي المياه	- أدى تحسين جودة المياه إلى انخفاض في الأمراض المنقولة عن طريق المياه - زيادة المعرفة بتدابير حفظ البيئة من قبيل زراعة أشجار متعددة الأغراض
استعادة جودة المياه في بحيرة كاكو (أوغندا)	- إدارة مستجمعات المياه - زراعة الأشجار والنباتات الأخرى	- تعزيز القدرة على استخدام المواد المحلية لاستحداث التكنولوجيا - المهارات المكتسبة في إدارة مستجمعات المياه وحفظ الأراضي

المصدر: استناداً إلى (GWPEA 2016).

الرمادية بالكامل. وأشار في المقدمة إلى أن فقدان الأراضي الرطبة في دلتا المسيسيبي، من خلال احتجاز الرواسب في سدود أعالي النهر، كان عاملاً رئيسياً ساهم في ارتفاع آثار الإعصار. وقد أنشأت الهيئة التشريعية لولاية لويزيانا، بعد إعصار كاترينا، هيئة حماية الساحل وإعادة تأهيله، وأعادت مدينة نيو أورليانز صياغة قوانين البناء الخاصة بها للاستفادة من خدمات الحد من المخاطر التي تتيحها الأراضي الرطبة (Jacob et al., 2008; Rogers et al., 2015).

غير أن الوظائف الهيدرولوجية للنظم الإيكولوجية الطبيعية، كالأراضي الرطبة والسهول الفيضية، تحظى بفهم أقل بكثير مما تلقاه تلك التي توفرها البنية التحتية الرمادية. وبالتالي، فهي عرضة للإهمال بدرجة حتى أشد منها في تقييم السياسات والتخطيط للموارد الطبيعية والتنمية وإدارتها. ويمكن للنظم الطبيعية، في بعض الظروف، أن تساعد في الحد من التأثيرات السلبية للظواهر الهيدرولوجية المتطرفة، مما يقلل من المخاطر على الناس. وهي تفعل ذلك بطريقتين. أولاً، من خلال تخفيف الآثار المادية المباشرة، وثانياً، من خلال مساعدة الناس على البقاء والتعافي في أعقاب الظواهر الكبيرة. غير أن الدور الذي تقوم به النظم الطبيعية معقد، وتأثيرها على تدفقات المياه وهبوب العواصف يتوقف على عوامل كثيرة، منها المعالم الأرضية الأخرى، التي تختلف اختلافاً كبيراً بين الأماكن.

والنظم الطبيعية، علاوة على ذلك، ديناميكية، مما يعني أن دورها قد يتغير بمرور الوقت. وقد تخفف من المخاطر في بعض الأحيان، بينما في ظل ظروف أخرى قد تساهم في العمليات الطبيعية التي تولد المخاطر.

فعل سبيل المثال، تبين أن الأراضي الرطبة في أعالي الأنهار بالجنوب الأفريقي تخفف من تدفقات الفيضانات في بداية موسم الأمطار عندما تكون جافة نسبياً، ولكنها تولد جريان مياه وتساهم في تدفقات الفيضانات في وقت لاحق من الموسم عندما تكون مشبعة (McCartney et al., 1998). ولا يزال الافتقار إلى الفهم الكمي المفصل للوظائف التنظيمية للنظم الطبيعية وطرق تفسيرها في سياق الحد من مخاطر الكوارث يمثل الفجوة العلمية الرئيسية في هذا الصدد. وكثيراً ما يكون من غير الواضح ما هي الوظائف التي يتم تنفيذها بالضبط وكيف تتغير هذه الوظائف بمرور الوقت (أي بين المواسم وبين السنوات - راجع Bullock and Acreman, 2003). وهذا الافتقار إلى المعلومات الكمية وإلى طريقة معترف بها لإدراج الوظائف التنظيمية في عمليات اتخاذ القرار المتصلة بالحد من مخاطر الكوارث يجعل من الصعب إعداد الحلول المستمدة من الطبيعة بناء عليها. وثمة تعقيد إضافي يتمثل في تزايد صعوبة تحديد النظم الإيكولوجية "الطبيعية" أو حتى التعرف عليها. ذلك أن معظم خدمات النظم الإيكولوجية التي تؤديها عمليات الحد من مخاطر الكوارث تأتي من المسطحات الطبيعية الخاضعة للإدارة - والتي قد تشمل أو لا تشمل عناصر "طبيعية".

وتتجلى هذه التعقيدات في محاولة قام بها مؤخراً مكارتنى وآخرون (McCartney et al. (2013)) لتقييم وظائف النظم الإيكولوجية الطبيعية (أي الأراضي الرطبة والسهول الفيضية وغابات الميombo) فيما يتعلق بتنظيم التدفق في حوض نهر زامبيزي. وتستخدم الطريقة التي اتبعت في هذه الدراسة سجلات تدفق المجرى الملاحظ والتقنيات

آثار تغير المناخ والظواهر المناخية البالغة الشدة في البيئات الحضرية وحماية المناطق الحضرية المنخفضة. وقد جسدت سنغافورة هذا الرأي في تصميمها خطة التكيف مع المناخ والتخفيف من آثاره عن طريق الأراضي الرطبة المنشأة والممرات الخضراء (Newman, 2010).

وتشير المناقشات الآتية إلى ضرورة إعادة النظر في المفهوم العام لتخزين المياه في سياقات البنية التحتية المراعية للبيئة والرمادية والحد من مخاطر الكوارث. وقد استحدث ماكارتني وسماختين (McCartney and Smakhtin (2010)) مفهوم استمرارية تخزين المياه (الشكل 4-7)، الذي يشير إلى أن تخطيط التخزين على نطاق أحواض الأنهار والنطاقات الإقليمية يجب أن يأخذ بعين الاعتبار مجموعة من خيارات التخزين السطحي والجوفي (ومزائجها) للوصول إلى أفضل النتائج البيئية والاقتصادية في مواجهة تقلبات الموارد المائية

يمكن أن يساعد استصلاح السهول الفيضية وإنشاء أراضي رطبة جديدة في إدارة التقلبات والتغيرات المائية والمناخية، ولها أيضاً منافع مشتركة بيئية واجتماعية واقتصادية واسعة النطاق

الهيدرولوجية القياسية "لاشتقاق سلسلة زمنية محاكية للتدفق في غياب النظام الإيكولوجي. ويمكن بعد ذلك مقارنة تلك بسلسلة زمنية جرت ملاحظتها لتقييم أثر النظام الإيكولوجي على نظام التدفق. وقد طُبقت هذه الطريقة على 14 موقعاً في حوض النهر. وتشير النتائج إلى أن النظم الإيكولوجية المختلفة تؤثر على التدفقات بطرق مختلفة. وبصفة عامة: (1) تخفض السهول الفيضية تدفقات الفيضانات وتزيد التدفقات المنخفضة؛ (2) الأراضي الرطبة في أعالي النهر تزيد من تدفقات الفيضانات وتقلل التدفقات المنخفضة؛ (3) غابة الميomba، عندما تغطي أكثر من 70 في المائة من مستجمع المياه، تقلل تدفقات الفيضانات وتقلل أيضاً التدفقات المنخفضة. غير أنه كانت هناك، في جميع الحالات، أمثلة تأتي بنتائج عكسية، ولم يُعثر على أي ارتباطات بسيطة بين اتساع نوع النظام البيئي داخل مستجمع المياه وتأثيره على نظام التدفق" (McCartney et al., 2013, p. vii). ويؤكد هذا أن التأثيرات في التدفق لا تتغير فقط لوجود غياب أنواع مختلفة من الأنظمة الإيكولوجية، وإنما أيضاً لمجموعة متنوعة من العوامل البيوفيزيائية الأخرى، بما في ذلك الطبوغرافيا والمناخ والتربة والغطاء النباتي والجيولوجيا. ومن ثم، تعتمد الوظائف الهيدرولوجية للنظم الإيكولوجية الطبيعية، إلى حد بعيد، على الخصائص المحددة للمواقع التي تجعل من التعميم أمراً صعباً" (McCartney et al., 2013, p. 26). وينطبق الشيء نفسه، إلى حد بعيد، على البنية التحتية الرمادية، والنظم الإيكولوجية/المسطحات الطبيعية الخاضعة للإدارة وعلى تطبيقات البنى التحتية المراعية للبيئة والرمادية المختلطة.

وتُستخدم الأراضي الرطبة المنشأة (انظر الفصلين الثالث والخامس) – وهي مجموعة أخرى من الحلول المستمدة من الطبيعة أو الحلول المختلطة – استخداماً متزايداً في معالجة مياه العواصف المطيرة، واستعادة الهيدرولوجيا الطبيعية لمستجمعات المياه في المناطق الحضرية، والحد من التعرية في أسفل مجرى النهر من جراء تدفقات مياه العواصف، ومؤخراً، كاستراتيجية لإدارة مخاطر الكوارث (Tidball, 2012). ويؤكد البعض أن استصلاح السهول الفيضية وبناء أراضي رطبة جديدة يمكن أن يساعدا في إدارة التقلبات والتغيرات المائية والمناخية، وأن لهما منافع مشتركة بيئية واجتماعية واقتصادية واسعة النطاق، لأنهما يساعدان في الحماية من الظواهر المناخية المتطرفة والكوارث (Benedict and McMahon, 2001; Beatley, 2011; Haase, 2016). ويجري بناء الأراضي الرطبة المنشأة بصورة متعمدة لأداء بعض الخدمات الإيكولوجية المحددة مثل معالجة مياه الصرف الصحي البلدية والصناعية والزراعية، أو لتوفير المساحات الترفيهية وإدارة المياه السطحية في المناطق الحضرية والريفية (TEEB, 2011)، والإطار 4-1). ومن ثم، فإن لها أهمية كبيرة في الخطة الحضرية الجديدة، حيث يمكن استخدامها في تخفيف

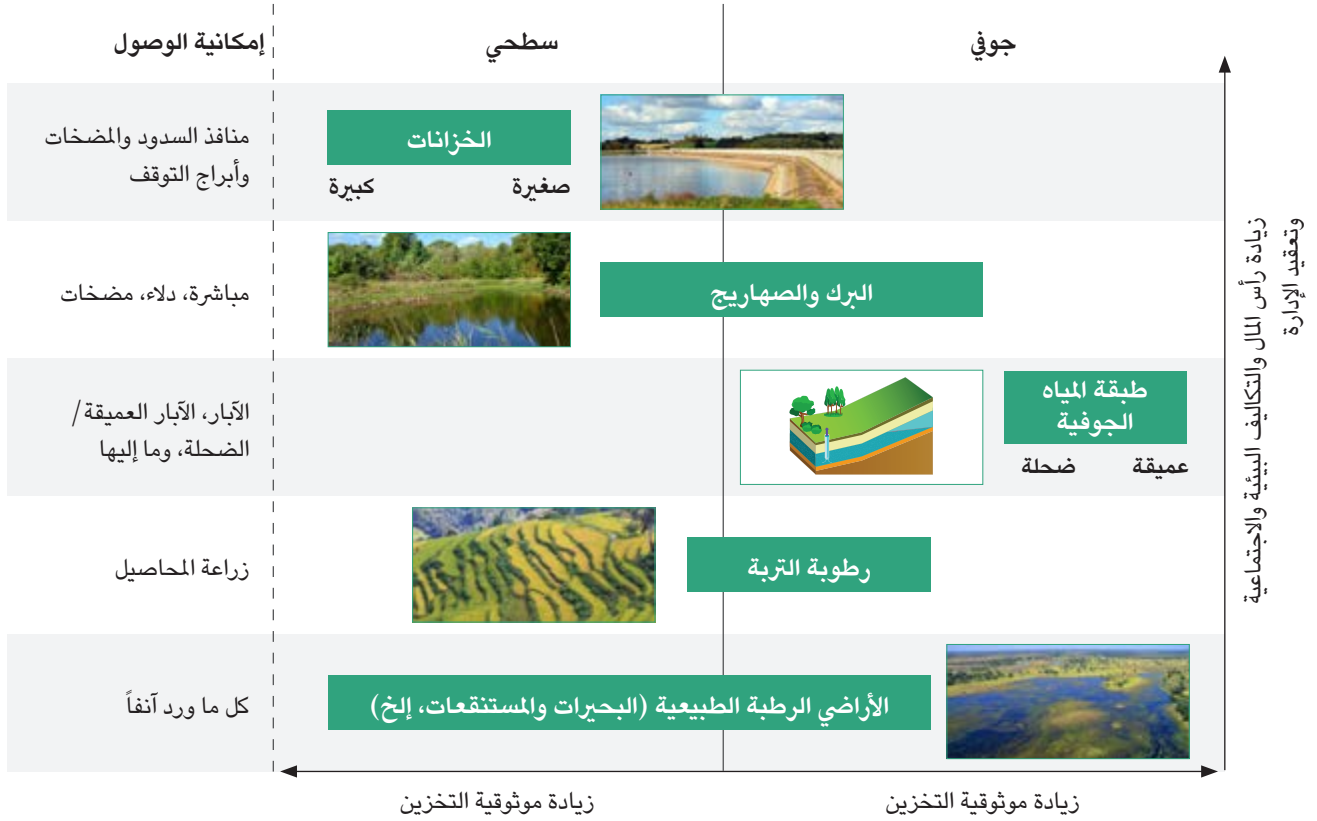
إدارة المياه ومنع الفيضانات في فرنسا – شركة لافارج أولسيم

بُنيت شركة لافارج أولسيم – وهي شركة كبيرة لمواد البناء – كيف يمكن الاستفادة من المحاجر كاحتياطات مائية خلال ظروف الفيضان، وبُنيت أيضاً أن السعة التخزينية في المناطق المستصلحة والمناطق المصممة خصيصاً لهذا الغرض في المحاجر النشطة تقلل من الفيضانات أو تمنعها. وعملت الشركة لأكثر من 15 عاماً مع بلدية بيلغارد في جنوب فرنسا لتوسيع البنية التحتية للوقاية من الفيضانات وإنشاء أراضي رطبة أصبحت تعمل بكامل طاقتها في عام 2015. وقد تم تحويل مناطق المحاجر المستخرجة إلى خزانات لمياه الأمطار بسعة إجمالية قدرها 2.5 مليون متر مكعب، الأمر الذي قلّل من مخاطر الفيضانات في المجتمعات المحلية (انظر الشكل). وتدل تجربة لافارج أولسيم على أن وضع خطط إعادة تأهيل المحاجر مع السلطات والمجتمعات المحلية يؤدي إلى وضع مربح للجانبين: فيتم تجنب الأضرار الناجمة عن الفيضانات، وإنشاء مناطق رطبة غنية بالتنوع البيولوجي، وإقامة مناطق ترفيهية للمجتمعات المحلية (WBCSD, 2015c).

الشكل | تحويل محاجر شركة لافارج أولسيم في بلدية بيلغارد، جنوب فرنسا، إلى خزانات لمياه العواصف الممطرة



الصورة: WBCSD, 2015c



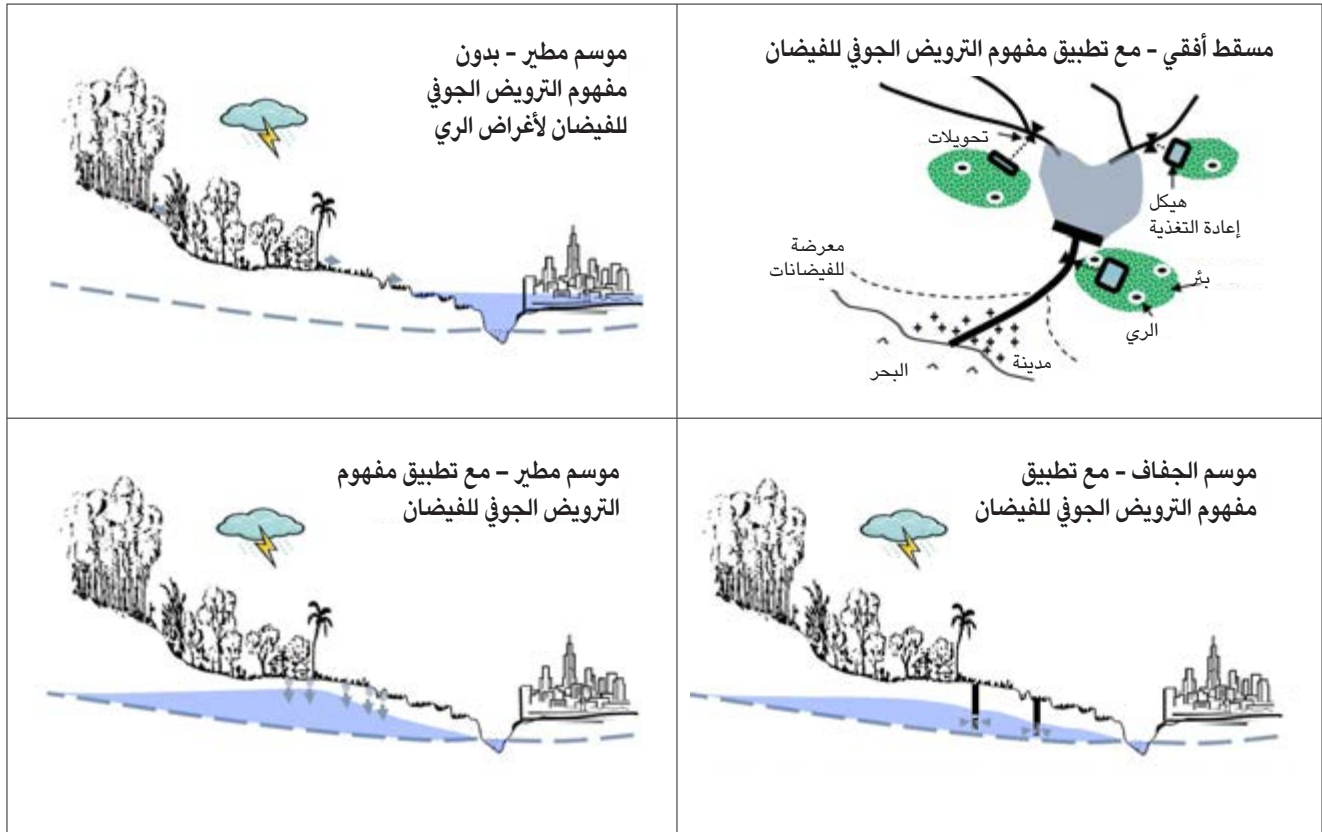
المصدر: مقتبس بتصرف من (McCartney and Smakhtin (2010, fig. 2, p. 5).

المناخ التدريجي بوجه عام. وللمياه الجوفية دور بيئي مهم في الحفاظ على تدفقات الأنهار وخدمات النظم الإيكولوجية. وكذلك أصبحت المياه الجوفية مورداً متزايد الأهمية للتنمية البشرية وللاقتصادات. فالمياه الجوفية أقرب إلى متناول المجتمعات الفقيرة من تدفق الأنهار، مثلاً، وأقل عرضة لآثار تغير المناخ، مثل ارتفاع درجات الحرارة. ومن الجوانب المعنية في هذا الصدد الدور الذي تؤديه الإدارة المحسنة للتربة (وهي أحد الحلول المستمدة من الطبيعة) لإدارة الرشح، ومن ثم الجريان وإعادة التغذية الجوفية، فضلاً عن الاحتفاظ برطوبة التربة، وهو عامل مهم بوجه خاص فيما يتعلق بالأمن المائي من أجل إنتاج المحاصيل.

وقد يكون لطبقات المياه الجوفية قدرة كبيرة على تخزين للمياه. ولا تشمل هذه القدرة المياه الجوفية الموجودة بالفعل في طبقات المياه الجوفية فقط، وإنما أيضاً المياه الإضافية. فطبقة المياه الجوفية هي مستودع فريد للتغلب على تقلبات إمدادات المياه الطبيعية. وعلى سبيل المثال، في المناطق التي تواجه تغيرات موسمية مرتفعة، يمكن تخزين المياه الزائدة في الفترات الممطرة تحت سطح الأرض من أجل تحسين توافر المياه العذبة في وقت لاحق خلال فترات الجفاف. ويوفر التخزين تحت الأرض، الذي يتم تعزيزه بوسائل توزيع بسيطة أو أكثر تقدماً من الناحية التقنية أو بإعادة التغذية أو الحقن، تخزيناً إضافياً للمياه العذبة يمكن أن يزيد من الأمن المائي. وتُعرف هذه التقنيات التي تعتمد على إعادة تغذية المياه الجوفية الطبيعية عن طريق تشييد البنية التحتية و/أو تعديل المسطحات الطبيعية مجتمعة باسم إعادة التغذية المدارة لطبقة المياه الجوفية. ولهذا الحل من الحلول المستمدة من الطبيعة القدرة على خدمة أغراض مختلفة (Dillon et al., 2009; Gale et al., 2006)، بما في ذلك تعظيم تخزين المياه، وتجديد طبقات المياه الجوفية المستنفدة، وتحسين جودة المياه، وتحسين جودة التربة وتوفير منافع إيكولوجية مثل

المتزايدة. وقد مثل مفهوم الحلول المستمدة من الطبيعة مكوناً أساسياً لهذا النهج نظراً إلى أن مجموعة خيارات التخزين التي تم بحثها تشمل أنواعاً مختلفة من وسائل التخزين الطبيعية، مثل الأراضي الرطبة وطبقات المياه الجوفية. واعترف سايرز وآخرون ((Sayers et al. (2014) أيضاً بأن الأراضي الرطبة والكثبان الرملية والتخزين في المرتفعات والرشح هي كلها بنية تحتية مشروعة لإدارة الفيضانات وينبغي استخدامها لإدارة مياه الفيضانات جنباً إلى جنب مع البنية التحتية الرمادية «التقليدية»، مثل الجسور والبوابات. فالتدابير الطبيعية لإدارة الفيضانات لن توفر وحدها بالضرورة الحماية من معظم الظواهر المتطرفة، ولكنها يمكن أن تخفف من الظواهر الأكثر تواتراً (وأصغر حجماً)، وأن تخفض تكلفة البنية التحتية التقليدية (الرمادية)، إذا استخدمت بالاقتران معها. وفي الوقت نفسه، أوضحت النتائج الأولية المستقاة من أحد مستجمعات المياه في المملكة المتحدة أن الدفاع التقليدي في مواجهة الفيضانات والإدارة الطبيعية للفيضانات قد تكون المنافع التي يوفرانها متماثلة، وأن المنافع التي تعزى إلى تدخلات الإدارة الطبيعية للفيضانات تزيد في أحوال المستقبل المناخية الأكثر تطرفاً (Sayers et al., 2014). وبوجه عام، فإن مجموعة من الحلول التي تركز على الطبيعة، أو المتأصلة في الطبيعة (مثل إدارة استخدام الأراضي، والتخزين في الأراضي الرطبة وإعادة توصيل السهول الفيضية ببعضها) وتدابير مختارة من تدابير «المسار الصعب» (كشق قنوات الالتفاف، والتخزين الخاضع للرقابة، وغيرهما) تتيح فرصاً لإدارة المخاطر وتعزيز خدمات النظام الإيكولوجي في آن واحد.

وتتملك المياه الجوفية والحلول المستمدة من الطبيعة المتعلقة بطبقات المياه الجوفية إمكانات كبيرة غير مفعلة للتخفيف من الآثار الضارة للفيضانات وحالات الجفاف في المنطقة/الحوض نفسه، ومن آثار تغير



المصدر: بالاستناد إلى (Pavelic et al., 2012).

المستمدة من الطبيعة من خلال إظهار التحويل المقصود من الوضع الحالي (الجريان السطحي الزائد غير المنضبط خلال الفترات الممطرة، الذي كثيراً ما يؤدي إلى فيضانات كارثية أسفل المجرى المائي - أعلى اليسار)، عن طريق مجموعة من عمليات التحويل وهياكل إعادة تغذية طبقة المياه الجوفية المدارة في حوض النهر (أعلى اليمين - مسقط أفقي) التي تستحوذ على هذه المياه الزائدة في طبقات المياه الجوفية وتقلل من الفيضان في أسفل المجرى، فتجنب الكوارث (أسفل اليسار)، وتنشئ حوضاً "خالياً من الفيضان والجفاف" (أسفل اليمين)، حيث تستخدم المياه الزائدة المستحوذ عليها خلال موسم الأمطار والمختزنة في طبقات المياه الجوفية للري في سنوات الجفاف اللاحقة.

ويرمي الترويض الجوفي للفيضان لأغراض الري إلى تحويل هذه المخاطر إلى فوائد مجتمعية وبيئية من حيث:

- زيادة الأمن المائي/مقاومة الجفاف؛
- خفض التكاليف العامة/الخاصة فيما يتعلق بالإغاثة من الفيضانات والتعويضات؛
- زيادة الأمن الغذائي والإنتاج الزراعي والعمالة ودخل المزارعين؛
- زيادة التدفقات الأساسية إلى الأنهار والأراضي الرطبة في موسم الجفاف.

ويتطلب تحقيق هذا الهدف اختيار الموقع بعناية، وتصميم النظام، والإعداد وتكاليف التشغيل الرأسمالية، والحوكمة المحلية والمعرفة بالآثار البيئية المحتملة لضمان استيفاء التنفيذ للطلب المحلي، ومراعاته للظروف والقيود القائمة. ويتضح ذلك من خلال فحص احتمالات الترويض الجوفي للفيضان لأغراض الري في حوض نهر تشاو فرايا في تايلاند (الإطار 4-2).

المجموعات النباتية التي تعتمد على المياه الجوفية أو تعزيز تدفقات النهر في أسفل المجرى.

وقد تطبق الحلول المستمدة من الطبيعة التي تركز على طبقة المياه الجوفية، مثل التدخلات الواسعة النطاق لإعادة التغذية المدارة لطبقة المياه الجوفية، في ظروف فيزيوغرافية معينة للتخفيف من مخاطر الفيضانات وحالات الجفاف في حوض النهر ذاته. وقد تكتسي هذه الحلول المستدامة والفعالة من حيث التكلفة والقابلة للتطوير أهمية خاصة في سياق البلدان النامية التي ما زالت تعاني تعرضاً غير مسبوق للكوارث المرتبطة بالمياه ولأثار تغير المناخ. وقد استحدث حل مبتكر يطلق عليه «الترويض الجوفي للفيضانات لأغراض الري» خصيصاً لحالات من هذا القبيل (Pavelic et al., 2012; 2015).

وينطوي الترويض الجوفي للفيضان لأغراض الري على تيسير إعادة تغذية طبقة المياه الجوفية لتخزين التدفقات العالية في موسم المطر في مستجمعات المياه، ومن ثم تخفيف السيول المحلية وفي أسفل المجرى والتعامل في الوقت ذاته مع حالات الجفاف عن طريق إتاحة مياه جوفية إضافية لجميع احتياجات الإنسان، بما في ذلك تكتيف إنتاج المحاصيل المروية (Pavelic et al., 2012; 2015). والترويض الجوفي للفيضان لأغراض الري هو تطبيق محدد يضع ممارسة إعادة تغذية طبقة المياه الجوفية المدارة الراسخة في منظور أوسع نطاقاً بكثير، ويمكن من إدارة موارد المياه السطحية والمياه الجوفية داخل الحوض على السواء على نحو أكثر شمولاً. ويستخدم الترويض الجوفي للفيضان لأغراض الري البنية التحتية الطبيعية (طبقات المياه الجوفية) على نطاق غير مسبوق، ومن ثم فهو يمثل بصورة أساسية "برنامجاً للحلول المستمدة من الطبيعة" واسع النطاق. ويوضح الشكل 4-8 هذا المفهوم من مفاهيم الحلول

تقييم مفهوم الترويض الجوفي للفيضان لأغراض الري في حوض نهر تشاو فرايا، بتايلاند

يتعرض حوض نهر تشاو بهرايا (160400 كيلومتر مربع) بانتظام للفيضانات الرئيسية في الروافد العليا والسفلى وكذلك لحالات الجفاف المرتبطة بالنيونيو. ويجري تخصيص الموارد المائية بكثافة في كافة القطاعات الاقتصادية، مما يلغي أي إمكانية لإقامة خزانات جديدة - بنى تحتية رمادية لتخزين المياه - على نطاق واسع. ويتبين من تحليل لسجلات التدفق أنه يمكن جمع 28 في المائة، في المتوسط، من تدفقات المواسم الرطبة التي تصب في خليج تايلاند (3.37 مليارات متر مكعب سنوياً) بالحد من ذرى الفيضانات دون تأثير كبير على استخدام المياه المتاحة من وسائل تخزين المياه الموجودة ذات الأحجام من الكبيرة إلى المتوسطة، أو على النظام الإيكولوجي النهري أو الساحلي. وكشفت التجارب الميدانية باستخدام أحواض إعادة التغذية المنشأة بمواصفات خاصة، عن أن هذه المياه يمكن أن تغذى بها وأن تستوعبها بسهولة طبقات المياه الجوفية الغرينية الضحلة الشاسعة في السهول الوسطى، الواقعة في أعلى المجرى من المناطق الرئيسية المعرضة للفيضانات. وهذا من شأنه أيضاً تعويض الانخفاض في مستويات المياه الجوفية في السهول الزراعية الناجم عن ضخ المياه على مدار السنة لري المحاصيل عالية الاستهلاك للمياه. ذلك أن احتجاز تدفقات الذروة سيحدث إلى حد بعيد في السنوات المطيرة ويتطلب تحويل زهاء 200 كيلومتر مربع من الأرض لتغذية المياه الجوفية - أي ما يعادل زهاء 0.1 في المائة من مساحة الحوض. وهذا لن يقلل من حجم الفيضان وتكاليفه فحسب، بل سيدّر أيضاً زهاء 200 مليون دولار أمريكي من الدخل الزراعي سنوياً لتعزيز سبل عيش الآلاف من الأسر المعتمدة على الزراعة نتيجة لتوافر مياه إضافية في فترات الجفاف. ويمكن استرداد الاستثمارات الرأسمالية خلال أطر زمنية مدتها عشر سنوات أو أقل. ويلزم وجود حوكمة دقيقة لدعم نجاح النظام. فيتعين، مثلاً، تشجيع المزارعين على استخدام أراضيهم لتغذية الخزان الجوفي، ومن ثم يصبحون "مشرفين" يديرون البنية التحتية لفائدة مجتمعات أسفل المجرى. وسيحتاج الأمر إلى أن يقوم مديرو موارد المياه وسلطات الحماية من الفيضانات بتوفير التنسيق العام وبناء القدرات والحوافز من أجل أن يعتمد المزارعون ذلك على نحو فعال. وسيقتضي تطبيق هذه الدراسة على أرض الواقع في تشاو فرايا إجراء بحوث تفصيلية لتحديد المناطق التي تكون فيها الظروف البيئية مناسبة لتغذية طبقة المياه الجوفية، فضلاً عن القيام بالتحليلات اللازمة لتحديد الترتيبات المؤسسية القابلة للتطبيق (Pavelic et al., 2012).

الشكل | الحفاظ على بركة أنشئت في إطار نهج الترويض الجوفي للفيضان لأغراض الري



الصورة: Prashanth Vishwanathan/IWMI

منذ عقود، إلا أن التركيز كان على المناطق التي تعاني من ندرة المياه دون أي تركيز حقيقي على إدارة مخاطر الفيضانات. وتظهر الآن على الأحواض المعرضة بشدة للفيضانات مثل نهر الغانغ علامات واضحة على استنزاف المياه الجوفية (Shah, 2009). ولدعم إدخال الترويض الجوفي للفيضان لأغراض الري في الهند، يجري تنفيذ نهج من أربع خطوات (Pavelic et al., 2015). ويشمل ذلك: (1) تقييماً للفرص أثبت بالفعل أن ما يقرب من 70 في المائة من سهل الغانغ يتمتع بصلاحية من مرتفعة إلى مرتفعة للغاية لتطبيقه؛ (2) تجربة رائدة، بدأت في مقاطعة رامبور بولاية أوتار براديش، شملت تجديد برك القرية، وتركيب هياكل إعادة

وتدل دراسة الحالة هذه على أن الحلول المستمدة من الطبيعة مثل الترويض الجوفي للفيضان لأغراض الري يمكن أن تقلل من المخاطر المرتبطة بالفيضانات وحالات الجفاف على السواء، وأن تقدّم من ثم فوائد متعددة. من الواضح أيضاً مما سبق أن الفوائد الاجتماعية والإيكولوجية للترويض الجوفي للفيضان لأغراض الري تصبح أكثر تحديداً عند تنفيذها على نطاق واسع، كما في مستجمعات مياه حجمها آلاف الكيلومترات المربعة. ولإعداد الأدلة التي تدعم تطبيق هذا المفهوم لأغراض الري في الهند، يجري حالياً تطبيقه على نحو تجريبي في نهر الغانغ. وعلى الرغم من أن برامج واسعة النطاق لإعادة تغذية المياه الجوفية تعمل في الهند

التغذية والرصد المستمر للتأثيرات: (3) إشراك أصحاب المصلحة من البداية ومن خلال التجربة الرائدة، بما في ذلك المجتمعات الزراعية المحلية والمسؤولين من قطاعي الري والزراعة، والقطاع الخاص ووسائل الإعلام، ضماناً للملكية المجتمعية زمام المشروع: (4) التلاقي مع السياسات العامة، وتسجيل التجربة الرائدة في إطار مخطط المهاتما غاندي الرائد للعمالة الريفية (تمكين المجتمع من الحصول على أجر للمشاركة في تجربة الترويض الجوفي للفيضان لأغراض الري) وفي مخطط برادمان مان تري كريشي سينشايي يوجانا الوطني (الذي يرمي إلى تزويد كل مزرعة بسبل الحصول على المياه)، فضلاً عن إدراج الترويض الجوفي للفيضان لأغراض الري في خطة الري لمنطقة رامبور. وفي الوقت الحالي، يجري التخطيط لإنشاء مجموعة أوسع من المواقع الإرشادية داخل حوض نهر الغانغ، من أجل توفير تجربة أكثر تنوعاً وتقديم توجيهات أقوى بشأن الطرائق التشغيلية لدعم التنفيذ على نطاق أوسع. فنهج الترويض الجوفي للفيضان لأغراض الري، إذا بدأ تطبيقه في نطاق حوض كبير مثل تشاو فرايا أو الغانغ، يصبح أساساً أحد البدائل التي تطرحها الحلول المستمدة من الطبيعة للسدود السطحية التقليدية الكبيرة.

3-4 التحديات التي تواجه تمكين الحلول المستمدة من الطبيعة في سياق التقلبات والحد من المخاطر

هناك العديد من التحديات التي تواجه اعتماد الحلول المستمدة من الطبيعة وتنفيذها على نطاق واسع. ومن هذه التحديات عالمية وعامة، ومنها خاصة بمنطقة معينة أو مقيّدة بمكان معين، وكثيراً ما تتعلق بالحلول المستمدة من الطبيعة في سياقها العام، أكثر من سياقها الذي يقتصر على الحد من المخاطر وإدارة التقلبات. وتشمل هذه التحديات، على سبيل المثال لا الحصر، ما يلي:

الهيمنة الساحقة لحلول البنية التحتية الرمادية للمخاطر المرتبطة بالتقلبات المائية في الأدوات الحالية للحكومات - من السياسات العامة إلى قوانين البناء (WMO, 2007). وبالمثل، توجد هذه الهيمنة في توجه الأسواق الاقتصادية، وخبرة مقدمي الخدمات، ومن ثم في أذهان واضعي السياسات وعامة الجمهور. وتؤدي هذه العوامل مجتمعة إلى تقاعس عام عن تطوير الحلول المستمدة من الطبيعة واستخدامها وإلى التحيز ضد تلك الحلول، التي كثيراً ما يُنظر إليها على أنها أقل كفاءة من النظم البشرية الصنعة/المنشأة. وبعبارة أخرى، كمثال على ذلك، تهيمن على العقول والممارسات الحالية صورة الجدار أو السد الخرساني الذي يحول دون دخول الماء. وهذا يؤدي إلى نقص الحوافز والموارد المالية وغيرها من المتطلبات التي تمكن من تطوير الحلول المستمدة من الطبيعة وتطبيقها في سياق إدارة التغير ومخاطر الكوارث والتغيرات المتعلقة بالمياه. ويرتبط بهذا التقاعس ويساهم فيه الافتقار إلى التوثيق والتواصل والاعتراف بالتكاليف التي يتم توفيرها عندما تساعد الحلول المستمدة من الطبيعة على الحد من الأضرار التي تلحق بالبنية التحتية الرمادية والناس والاقتصاد من جراء الظواهر البالغة الشدة. وكذلك، في كثير من الأحيان، لا تتضح قيمة الحلول المستمدة من الطبيعة والتكاليف المتزايدة للظواهر المائية البالغة الشدة إلا حين تتعرض النظم الإيكولوجية (والخدمات التي تقدمها) للتدهور تدهوراً شديداً وحين يتبين أن الممارسات التقليدية غير كافية.

• قلة الوعي والاتصال والمعرفة بما يمكن أن تقدمه الحلول المستمدة من الطبيعة بالفعل للحد من مخاطر التقلبات المائية مقارنة بالحلول الرمادية "التقليدية" على جميع الأصعدة، من المجتمعات المحلية إلى

المخططين الإقليميين وواضعي السياسات الوطنية (WMO, 2006). ويُعزى هذا جزئياً إلى المستوى غير الكافي للبحث والتطوير في مجال الحلول المستمدة من الطبيعة المتعلقة بالحد من مخاطر الكوارث، ولا سيما فيما يتعلق بتحليلات الفوائد إلى التكاليف لأداء هذه الحلول مقارنة بالحلول الرمادية أو بالافتقار إليها.

• عدم إدراك كيفية تحقيق التكامل بين البنية التحتية الطبيعية والمنشأة للتخفيف من مخاطر الفيضانات والجفاف وتقلبات المياه بوجه عام، والافتقار العام إلى القدرة على تحديد كيفية تطبيق الحلول المستمدة من الطبيعة في سياق الحد من المخاطر المرتبطة بالمياه، حتى في الحالات التي يوجد فيها الاستعداد لتنفيذ تلك الحلول. فلم تصل، مثلاً، نظم واسعة النطاق لتطبيق الحلول المستمدة من الطبيعة على مستوى الأحواض من قبيل الترويض الجوفي للفيضان لأغراض الري، الذي ورد وصفه آنفاً، إلى مرحلة الأدلة الموثقة، ولم تتجاوز بعد مرحلة التجريب. وقد تكون هذه المشكلة عادية فيما يخص جميع التكنولوجيات الجديدة/الناشئة، إذا جاز اعتبار الحلول المستمدة من الطبيعة "تكنولوجية". وكذلك تحدث مشكلات عندما يخفق أحد الحلول المستمدة من الطبيعة لضعف تصميمه، وتسهم في التحيز السالف الذكر.

• الخرافات و/أو عدم اليقين بشأن وظائف البنية التحتية الطبيعية (فيما يتعلق بالغابات والأراضي الرطبة وطبقات المياه الجوفية، مثلاً)، وما تعنيه خدمات النظم الإيكولوجية من الناحية العملية (وخاصة الكيفية التي تتجلى بها خدمات تنظيم التدفق - وهي أكثر خدمات النظم الإيكولوجي أهمية في سياق المخاطر وإدارة التقلبات). ويترجم ما سبق إلى نقص في المعرفة الكمية بالتأثير الإيجابي الذي يمكن تحقيقه - كالحد من ذرى الفيضانات أو من شدة الجفاف، على سبيل المثال.

• الصعوبات التي تكتنف تقديم عمليات تقييم واضحة لأداء المشاريع المتعلقة بالحلول المستمدة من الطبيعة في سياق الحد من المخاطر. وليس من الواضح تماماً كذلك، في بعض الأحيان، ممّ يتكون الحل المستمد من الطبيعة وماذا يكون الحل المختلط. وهناك نقص في المبادئ التوجيهية التقنية والأدوات والنهوج المتعلقة بتحديد المزيج الصحيح من الحلول المستمدة من الطبيعة وخيارات البنية التحتية الرمادية.

• يمكن أن يؤدي استخدام الأراضي لأغراض الحلول المستمدة من الطبيعة إلى خلق توتر وربما تضارب مع استخدامات الأرض البديلة. بيد أنه، للإنصاف، لا بد من الإشارة إلى أن البنية التحتية الرمادية كثيراً ما تكون أيضاً مستهلكة مباشرة للأراضي أو ذات آثار سلبية غير مباشرة عليها. وفي الوقت ذاته، لا تتطلب بعض الحلول المستمدة من الطبيعة (مثل الترويض الجوفي للفيضان لأغراض الري) سوى نسبة صغيرة من منطقة حوض النهر لتحقيق على مستوى الحوض بأكمله التأثير المتعلق بالحد من آثار الفيضانات وحالات الجفاف على حد سواء.

• وثمة تحدٍ أقل ظهوراً ولكنه حقيقي يتمثل في الهيمنة المتبقية لنهج ردود الفعل بدلاً من الأخذ بنهج استباقي لإدارة الكوارث المتعلقة بالمياه. ذلك أن نهج ردود الفعل يعالج عواقب الكوارث، وفي هذا السياق يكون استخدام الحلول المستمدة من الطبيعة محدوداً. وقد تنطوي هذه الحلول على إمكانيات أكبر بكثير إذا ما جرى "تفعيلها" في تخطيط تدابير الحد من المخاطر وتنفيذ تلك التدابير - قبل وقوع الكارثة.

تجارب تطبيقية على الصعيدين الوطني والإقليمي

5



بمساهمة¹²: أندري يورافليف (اللجنة الاقتصادية لأمريكا اللاتينية ومنطقة البحر الكاريبي؛ وأيدا كاراجانوف وستيفانوس فوتيو (اللجنة الاقتصادية والاجتماعية لآسيا والمحيط الهادئ)؛ وسيمون غريغو (المكتب الإقليمي المتعدد القطاعات لليونسكو في أبوجا)؛ كارول شوشاني شيرفان ودينا الخربوطي (اللجنة الاقتصادية والاجتماعية لغربي آسيا)؛ وكريس زيفنبرجن (معهد التعليم في مجال المياه)؛ ورييكا ويلنغ (الاتحاد الدولي لصون الطبيعة)؛ وكريس سبراي (جامعة دندي، المركز الدولي لقوانين وسياسات وعلوم المياه (تحت رعاية اليونسكو))؛ وتامارا أقيلان (معهد جامعة الأمم المتحدة للإدارة المتكاملة لتدفقات المواد والموارد- فلوريس)¹³؛ ودرافانا ميلوفانوفيتش (اللجنة الدولية لحوض نهر سافا)؛ وفرانكو أ. مونتالتو (جامعة دريكسل)؛ وأن شولتي- فولفر-لايديغ (اللجنة الدولية لحماية نهر الراين من التلوث)؛ ومارتا إتشافاريا (مؤسسة القرار الإيكولوجي (إيكو ديسجن))؛ وشريا كومرا (اللجنة الاقتصادية والاجتماعية لآسيا والمحيط الهادئ)؛ وبابلو يوريت (الشركة العامة للمياه والصرف الصحي في العاصمة)

جسر خشبي في متنزه الأرض الرطبة وويوانوان في شيامين (الصين)

1-5 المقدمة

بحثت الفصول السابقة في فرص تنفيذ الحلول المستمدة من الطبيعة في سياق الأهداف الثلاثة الأساسية لإدارة المياه - تحسين توافر المياه، وتحسين جودة المياه، والحد من مخاطر الكوارث - أما هذا الفصل فيلقي نظرة أوسع على تقييم الجوانب المتعلقة بتنفيذ الحلول المستمدة من الطبيعة من أجل تحقيق المنافع والمزايا المشتركة المتعلقة بالمياه في مختلف البلدان والمناطق، مع عرض بعض الأمثلة الجيدة والدروس المستفادة.

ويمكن أن تواجه مختلف المناطق (والمناطق الفرعية) تحديات مرتبطة بالمياه متشابهة أو مختلفة ومتفاوتة الشدة، تنجم عن مزيج من الظروف الهيدرولوجية المادية وعن حالة الإدارة الشاملة لموارد المياه، بما في ذلك الحوكمة والقدرات والاقتصاد والتمويل. وعلى الرغم من أن هذا الاختلاف قد يؤدي إلى اختلاف في مزيج الحلول المستمدة من الطبيعة ومستوى تنفيذها، يمكن أن تظهر بعض أوجه التشابه بينها، ومن ثم يمكن أن تساعد الدروس المستفادة في بلد أو منطقة ما في إثراء تطبيق الحلول المستمدة من الطبيعة في بلد آخر.

2-5 تطبيق الحلول المستمدة من الطبيعة على نطاق الأحواض

1-2-5 إدارة مستجمعات المياه

تؤثر الخصائص البيولوجية والجيوفيزيائية لحوض النهر مباشرة، كما هو موضح في القسم 1-3، في كمية المياه المتدفقة في مجرى النهر وجودتها على مر الزمن وباختلاف الأمكنة. ويمكن لأي تغييرات كبيرة في هذه الخصائص (أي الاستخدام البشري المباشر للأراضي وتغيير استخدامها) أن تغير هذه السمات الهيدرولوجية. ومن ثم يمكن تصوّر

¹² يؤدّ المؤلفون أن يشكروا ألكسندر بيلوكوروف، وسونيا كوييل، وأنوكا ليبون، من لجنة الأمم المتحدة الاقتصادية لأوروبا، على مساهماتهم.

¹³ لا تمثل الآراء الواردة في هذا الفصل إلا آراء المؤلف (المؤلفين)، ولا يعني إيرادها أن جامعة الأمم المتحدة تؤيدها.





يمكن تصوّر أن يتضمن تحسين إدارة الأراضي مجموعة من الحلول المستمدة من الطبيعة التي يمكنها مجتمعة أن تعزز الأمن المائي

أن يتضمن تحسين إدارة الأراضي مجموعة من الحلول المستمدة من الطبيعة التي يمكنها مجتمعة أن تعزز الأمن المائي. وهناك أمثلة على هذه الممارسات في جميع المناطق.

ففي المملكة العربية السعودية، يعود تاريخ ممارسة الجُمى كنهج منظم لحماية الأراضي والموارد المائية إلى ما قبل 1500 عام. وفي إطار هذا النظام، يتحكم أصحاب المصلحة على نحو جماعي في استخدام المراعي وهم مسؤولون عن الحفاظ على الأرض ومخزونات البذور والموارد المائية. وأدى ضعف الهياكل القبلية المصحوب بتغيرات في استخدام الأراضي في المنطقة إلى التخلص التدريجي من مخطط إدارة الجُمى بمرور الوقت. بيد أن المبادرات تُتخذ لإحيائه كمخطط إداري لدعم حفظ الأراضي والموارد الطبيعية (AEDSAW, 2002). وتوجد في الوقت الحاضر مبادرات مماثلة لإحياء ممارسات إدارة الأراضي القديمة والمعارف التقليدية / الثقافية التي تواجها في بلدان أخرى في المنطقة العربية، ومنها الأردن (الإطار 5-1).

وتتزايد أهمية استصلاح مستجمعات المياه وحمايتها في سياق الحفاظ على إمدادات المياه إلى المدن سريعة النمو. ويتأثر كثير من مستجمعات المياه على نحو متزايد بإزالة الغابات وتغيير استخدام الأراضي والزراعة المكثفة والتعدين والنمو السكاني وتغير المناخ. ويؤثر تدهور المستجمعات تأثيراً سلبياً على إمدادات المياه، خاصة للسكان الحضر، مما يقلل من توافر المياه على الأقل في مواسم معينة، ويؤدي إلى تفاقم الفيضانات الحضرية في مناطق أخرى، ويضعف جودة المياه، ومن ثم يزيد من تكاليف إمدادات المياه ومعالجتها في المناطق الحضرية.

وتتجلى آثار تدهور مستجمعات المياه في الوضع في حوض أعالي نهر تانا في كينيا (انظر الإطارين 5-2 و5-4)، الذي يوفر 95 في المائة من مياه الشرب في نيروبي و50 في المائة من الطاقة الكهربائية المائية في كينيا. فطوال السنوات الـ 45 الماضية، جرى إحلال المزارع محل بعض الغابات في الحوض، وازداد الطلب على المياه لدعم إنتاج المحاصيل البستانية. وقد أدى التعدي على الأراضي الرطبة الطبيعية التي كانت ذات يوم تخزن مياه الجريان السطحي وتغذي طبقات المياه الجوفية إلى تقليل تدفقات موسم الجفاف. وأدى التوسع الزراعي إلى جانب تعرية التربة والانهيئات الأرضية إلى زيادة الترسبات في الأنهار المحلية. وقد خفضت هذه العوامل مردود المياه خلال فترات الجفاف وزادت من الرواسب في الجداول. وانخفضت قدرة النظام على التكيف مع حالات الجفاف وتسببت أعطال المعدات التي تعزى إلى الجريان

استعادة نظم الجُمى في الأردن

الإطار 5-1

تم تنفيذ مشروع لإحياء ممارسات إدارة الأراضي التقليدية في حوض نهر الزرقاء، الذي يقطنه نصف سكان الأردن. ذلك أن الإدارة غير الملائمة للأراضي والموارد والتنمية غير المستدامة قد أدت إلى تدهور الأراضي والاستغلال المفرط لموارد المياه الجوفية. وقد جرى تقليدياً اتباع ممارسات الجُمى في إدارة الأراضي، وهي تتمثل أساساً في تنحية بعض الأراضي جانباً للسماح لها بتجديد نفسها بصورة طبيعية. وهذا من شأنه، إلى جانب ذلك، أن يقلل من الضغط على موارد المياه الجوفية سواء من منظور جودة المياه أو من حيث كميتها. غير أن هذه الممارسة، نتيجة لتزايد عدد السكان وترسيم الحدود الذي يقيد الحركة بين الدول، قد استعيز عنها بالزراعة المكثفة المستمرة.

وتدل الأبحاث أيضاً على أن التحول من ممارسة الجُمى إلى هذه الممارسات غير المستدامة لإدارة الأراضي ازداد تفاقمًا بسبب التغيرات التي طرأت على حيازة الأراضي من الملكية القبلية إلى الملكية الخاصة للأراضي وصرف الإعانات الحكومية لزراعة المحاصيل في موسم الجفاف. وفي إطار مشروع إحياء ممارسات الجُمى لإدارة الأراضي، جرى بذل الجهود لتمكين المجتمعات المحلية عن طريق نقل حقوق الإدارة إليها. وأظهرت النتائج أيضاً زيادة في النمو الاقتصادي (على سبيل المثال، من خلال زراعة النباتات المحلية ذات القيمة الاقتصادية) وحفظ الموارد الطبيعية في حوض نهر الزرقاء.

وفي إطار تنفيذ المشروع، تم أيضاً تأسيس شراكات حكومية ومجتمعية. ونُظمت حلقات عمل لبناء القدرات من أجل تبادل المعلومات عن الدروس المستفادة والتحديات، فضلاً عن تنظيم حملات التوعية للترويج للقضايا المطروحة. واستناداً إلى نجاح هذه المبادرة، أدرجت استراتيجية المراعي الوطنية في الأردن (2014) نهج الجُمى بوصفه وسيلة فعالة لمعالجة إدارة المراعي الوطنية.

المصادر: Cohen-Shacham et al. (2016) and Ministry of Agriculture of Jordan (2014).

مساهمة من Carol Chouchani Cherfane (UNESCWA).

السطحي المحمل بالرواسب خلال موسم الأمطار في زيادة تكاليف معالجة المياه، بنسبة تتجاوز في بعض الحالات 33 في المائة (Hunink and Droogers, 2011; TNC, 2015).

ويفسر هذا الوضع الاهتمام المتنامي لدى السلطات في قطاع إمدادات المياه والصرف الصحي والحكومات المحلية ومرافق المياه بتطبيق الحلول المستمدة من الطبيعة، ولا سيما إدارة مستجمعات المياه، لحماية مصادر إمدادات المياه في المناطق الحضرية، وخاصة فيما يتعلق بجودة المياه (وبصورة رئيسية حمايتها من التلوث غير المحدد المصدر بالأسمدة ومبيدات الأعشاب والمبيدات الحشرية من الزراعة المكثفة، والبكتيريا والمغذيات من الإنتاج الحيواني، والرواسب الناتجة عن إزالة



المصدر: مقتبس بتصرف من (Bennett et al. (2013, fig. 7, p. 1). Source: Adapted from

في النهر) في مقابل توفيرها (مثلاً، في مقابل إدارة أفضل لمبيدات الآفات والأسمدة أو الحفاظ على الغطاء الحرجي) إلى من يمكنهم توفيرها، وهم عادةً في أعالي النهر (مثل المزارعين أو ملاك الأراضي)، ضماناً لاستمرار إنتاجها (الشكل 1-5).

وتتملك منطقة أمريكا اللاتينية والكاريبي ثروة من الخبرة في تنفيذ برامج الدفع مقابل الخدمات البيئية الخاصة بمستجمعات المياه - التي تعرف أيضاً باسم "الاستثمار في برامج خدمات مستجمعات المياه" (Bennett et al., 2013). وفي عام 2013، أنشأت رابطة الكيانات التنظيمية للمياه والصرف الصحي في الأمريكيتين فريق عمل مكرس خصيصاً للبنية التحتية المراعية للبيئة (Herrera Amighetti, 2015). وتتمثل مهمة الفريق في تنظيم وتحليل تجارب بلدان أمريكا اللاتينية في الاستثمار في البنية التحتية المراعية للبيئة كوسيلة لتحسين توافر المياه ومنع تدهور جودتها. وقد تتخذ هذه الاستثمارات أشكالاً مؤسسية متنوعة، ولكنها تنفذ عادةً على هيئة دفع مقابل للخدمات البيئية. ويُفسّر هذا الاهتمام بالدفع مقابل الخدمات البيئية في جزء كبير منه بأن الحكومات في جميع أنحاء منطقة أمريكا اللاتينية والكاريبي، كما في أي مكان آخر، كثيراً ما تكون قدراتها على التحكم والرصد والإنفاذ محدودة وضعيفة (Stanton et al., 2010; Embid and Martín, 2015) - لا سيما في مجال إدارة الموارد المائية، واستخدام الأراضي، ومكافحة التلوث والتخلص من النفايات الصلبة - وخاصة خارج المدن الكبرى. وكذلك ليس من غير المألوف، في البلدان التي يكون فيها توفير خدمات الإمداد بالمياه والصرف الصحي لا مركزياً حتى مستوى البلديات، أن تقع مصادر مياه بلدية ما في نطاق اختصاص بلدية أخرى، مما يزيد من تعقيد حماية مصادر المياه (Jouravlev, 2003).

الغابات). ومن المتوقع أن تساعد زيادة الاهتمام بإدارة مستجمعات المياه - ولا سيما حماية الأراضي وإعادة التشجير واستصلاح الحوض - في خفض تكاليف التشغيل والصيانة لمرافق المياه الحضرية وتحسين جودة الخدمة وتأخير الحاجة إلى استثمار رأسمالي باهظ في توسيع نطاق القدرات (Echavarría et al., 2015). فلا تعتبر إدارة مستجمعات المياه مكملاً فعالاً من حيث التكلفة للبنية التحتية المنشأة أو "المرادية" فحسب، وإنما أيضاً طريقة لتوليد فوائد مهمة أخرى، هي التنمية الاقتصادية المحلية وإيجاد الوظائف وحماية التنوع البيولوجي، والقدرة على التأقلم مع آثار تغير المناخ (LACC/TNC, 2015).

2-2-5 المدفوعات في مقابل الخدمات البيئية

الحالة المتعلقة بصيانة نظام تزويد مدينة نيويورك بالمياه، التي استُهلكت في عام 1997، هي من أفضل الأمثلة المعروفة والموثقة على تنفيذ الحلول المستمدة من الطبيعة لحماية مستجمعات المياه. وكانت أيضاً من أول البرامج المعترف بنجاحها للدفع مقابل الخدمات البيئية. واليوم، تزود ثلاثة مستجمعات مياه محمية مدينة نيويورك بأكثر إمدادات من المياه غير المرشحة في الولايات المتحدة الأمريكية، مما يحقق للمدينة وفراً يزيد عن 300 مليون دولار أمريكي سنوياً من تكاليف تشغيل معالجة المياه وتكاليف الصيانة. ويعمل البرنامج كذلك بمثابة بديل لبناء محطة لمعالجة المياه كانت تكلفتها تقدر بمبلغ يتراوح بين 8 و10 مليارات دولار أمريكي (Abell et al., 2017).

وتقدم برامج الدفع مقابل الخدمات البيئية حوافز (نقدية أو غير ذلك) لملاك الأراضي أو المزارعين في مقابل الممارسات المستدامة لاستخدام الأراضي (الزراعة والحراجة وغيرها). ويتمثل الهدف من ذلك في أن يسدد المنتفعون (كمرفق المياه مثلاً) بالخدمات البيئية (كجودة المياه الأفضل

تجربة الدفع مقابل الخدمات البيئية في منطقة آسيا والمحيط الهادئ

تعالج أوجه العجز المالي والتحديات الأخرى المتعلقة بحماية مستجمعات المياه في فيتنام من خلال إطار رائد للسياسات استُهل في عام 2008 بشأن دفع مقابل للخدمات البيئية الحرجية (Forest PFES, Decision 380)، يركز على الإمداد بالمياه وحفظ المسطحات الطبيعية لأغراض السياحة عن طريق عقود محلية. وفي عام 2009، بلغت الإيرادات المحلية المستمدة من مشتري الخدمات، ومعظمهم من شركات الطاقة الكهربائية المائية وشركات الإمداد بالمياه، زهاء 4 ملايين دولار أمريكي.

ونتيجة لهذه السياسة النشطة الفعالة، دفع مستخدمو المياه والقائمون بإدارتها والمرافق الخاصة بها في عام 2013، مجتمعين، مبلغاً قدره زهاء 54 مليون دولار أمريكي للمجتمعات التي تسكن الغابات في مقابل ما تقدمه من خدمات مستجمعات المياه (To et al., 2012).

إعداد: Aida Karazhanova and Stefanos Fotiou (UNESCAP).

وقد تم أيضاً توثيق أمثلة ناجحة لبرامج الدفع مقابل الخدمات البيئية في مناطق أخرى من العالم، بما في ذلك آسيا والمحيط الهادئ (الإطار 2-5) وأفريقيا (الإطار 3-5). ففي حوض نهر ميكونغ وحده، تم توثيق برامج دفع مقابل للخدمات البيئية وتشتمل على عناصر تتعلق بحماية مستجمعات المياه في تايلاند وفيتنام وكمبوديا ولاوس، بالرغم من أن فيتنام هي الدولة الوحيدة في جنوب شرق آسيا التي لديها خطة وطنية رسمية في هذا الصدد (Tacconi, 2015). ويقدر بنك التنمية الآسيوي أنه يلزم استثمارات قدرها 59 مليار دولار أمريكي لتوفير المياه و 71 مليار دولار أمريكي لتحسين الصرف الصحي، على أقل تقدير، لتغطية الاحتياجات الأساسية في هذه المنطقة. وتشير التقديرات أيضاً إلى أن نسبة تصل إلى 70-90 في المائة من مياه الصرف المنزلية والصناعية يتم إطلاقها دون أي معالجة مسبقة (ADB, 2013)، مما يؤدي إلى مزيد من التدهور البيئي. ويتزايد التقبل لإنفاق نسبة من هذا الاستثمار المطلوب على حماية مستجمعات المياه وغير ذلك من الحلول الملائمة المستمدة من الطبيعة، باعتباره طريقة ملائمة لإحراز تقدم في مواجهة هذه التحديات.

وكثيراً ما يتم تنفيذ برامج الدفع مقابل خدمات النظم البيئية من خلال صناديق الحفظ وصناديق المياه التي تمول عن طريق الإعانات الحكومية والمساهمات التي تدفعها كبار الجهات المستخدمة للمياه

برنامج الدفع مقابل الخدمات البيئية في بحيرة نايفاشا، كينيا

تعتبر بحيرة نيفاشا في كينيا إحدى "المناطق الرطبة ذات الأهمية الدولية" بموجب اتفاقية رامسار للأراضي الرطبة. وتوجد ممارسات سيئة لاستخدام الأراضي داخل مستجمع المياه فيما يتعلق بالزراعة على نطاق صغير والبستنة التجارية المكثفة، بما في ذلك زراعة الزهور، مما أدى إلى تدهور خدمات النظم الإيكولوجية وخسائر اقتصادية وتفاقم الفقر والحد من التنوع البيولوجي.

وقد جمع برنامج لدفع مقابل للخدمات البيئية يركز على المياه شركاء من قبيل "بائعي/مقدمي" خدمات النظام البيئي (وهم بصفة رئيسية صغار المزارعين في مناطق الإنتاج) و "المشتريين/المستخدمين" (بما في ذلك صناعة البستنة الرئيسية حول البحيرة)، فضلاً عن الوكالات الوطنية والمحلية الرئيسية المشاركة في تنظيم هذه الخدمات من خلال اتفاقات تعاقدية تم التفاوض عليها بين المشرفين على النظام الإيكولوجي والمستفيدين منه.

وجرى تنظيم أنشطة مكثفة للإعلام والتوعية على مستويات محلية للغاية (كحلقات العمل والحلقات الدراسية، داخل المزارع وخارجها على السواء) من أجل تعزيز التفاهم والمشاركة من جانب المجتمع وكافة الجهات صاحبة المصلحة.

واشتملت التغييرات في ممارسات إدارة الأراضي الهادفة إلى تحسين جودة المياه وكميتها في أسفل المجرى على ما يلي:

- إصلاح المناطق المشاطئة للبحيرة وصيانتها؛
- إنشاء شرائط/مصاطب عشبية للحد من الجريان السطحي والتعرية على المنحدرات الشديدة؛
- تقليل استخدام الأسمدة ومبيدات الآفات؛
- الحراثة الزراعية وزراعة الأشجار المحلية وأشجار الفاكهة عالية الغلة وشجراء التغطية لتحسين إنتاجية المزارع، والحد من الجريان/التعرية، وزيادة التنوع البيولوجي.

وشمل المشروع أيضاً قيام وزارة الزراعة وهيئة تنمية المحاصيل البستانية بتدريب المزارعين على مسائل من قبيل أساليب حفظ التربة والمياه لتعزيز إنتاجية المزارع وتحسين تقنيات تخزين الأعلاف واستخدام أصناف من المحاصيل أكثر إنتاجية/أعلى قيمة.

وساعد استخدام الحوافز الاقتصادية مشتري خدمات النظام الإيكولوجي وبائعيها في تحقيق تحسينات كبيرة في إدارة الأراضي والمياه، مع توفير منافع معيشية ملموسة في الوقت ذاته.

المصدر: Chiramba et al. (2011).

ويمكن الاطلاع على مزيد من المعلومات في الموقع: www.gwp.org/en/learn/KNOWLEDGE_RESOURCES/Case_Studies/Africa/Kenya-Shared-risks-and-opportunities-in-water-resources-Seeking-a-sustainable-future-for-Lake-Naivasha/

صندوق أعالي نهر تانا - نيروبي للمياه

دُشّن صندوق أعالي تانا - نيروبي للمياه في آذار/مارس 2015 لتزويد المقيمين في حوض النهر بفرصة التخفيف من حدة الأخطار المرتبطة بتدهور مستجمعات المياه. فضلاً عن ذلك، يرمي الصندوق إلى تأمين إمدادات المياه في نيروبي فضلاً عن تحسين سبل كسب العيش الزراعية، والحفاظ على استمرار التدفق في موسم الجفاف في مستجمعات مياه مختارة، ومن ثم المساهمة في مقاومة الجفاف.

والصندوق عبارة عن شراكة بين القطاعين العام والخاص، وتمكّن في السنوات الأربع الأولى لإنشائه من حشد 4 ملايين دولار أمريكي من خلال التبرعات. وهناك جهات تمويل متعددة الأطراف مهمة، منها مرفق البيئة العالمية، الذي يرمي إلى المساهمة بمبلغ 7 ملايين دولار أمريكي خلال فترة صلاحية الصندوق. وهو يجمع بين جهات متعددة من أصحاب المصلحة، مثل حكومة المقاطعة، وسلطة الموارد المائية، ودائرة الغابات، والمجلس الإقليمي للمحافظين، ومرفق المياه في نيروبي، والجهات الفاعلة في القطاع الخاص.

الشكل | موقع صندوق المياه المقترح لأعالي نهر تانا - نيروبي



المصدر: TNC.

ويستخدم صندوق المياه آليات تعويض عينية لتشجيع المزارعين على اتباع أفضل ممارسات الإدارة الزراعية، وإصلاح الحواجز المشاطئة، وإدخال أساليب الري الفعالة وإعادة التشجير. وتشمل مجموعات التعويضات العينية هذه أحواض المياه، وبناء القدرات والتدريب المتعلق بالإنتاج الزراعي، والبذور، والمعدات، والماشية مثل ماعز الألبان. ويركز صندوق المياه أيضاً على الحد من الرواسب الناجمة عن الطرق الريفية غير الممهدة. وقد عمل الصندوق إلى الآن مع أكثر من 15 000 مزارع بالتعاون مع الشركاء المحليين، بما في ذلك حركة الحزام الأخضر والاتحاد الوطني للمزارعين في كينيا (Abell et al., 2017).

وأشار بيان جدوى صندوق المياه إلى أن استثمار 10 ملايين دولار أمريكي في تدخلات الحفظ التي يقودها الصندوق يحتمل أن يؤتي عائداً قدره 21.5 مليون دولار أمريكي على هيئة منافع اقتصادية خلال 30 عاماً من الزيادات في توليد الطاقة، وفي غلات المحاصيل الزراعية لأصحاب الحيازات الصغيرة والمنتجين الكبار، ومن الوفورات في معالجة المياه ومياه لصرف الصحي (TNC, 2015).

مساهمة من سيمون غريغو (UNESCO) وRebecca Multisectoral Regional Office in Abuja) وWelling (IUCN).

النهر (الإطار 4-5) من أجل حماية واستصلاح وحفظ النظم الإيكولوجية الطبيعية (الغابات والأراضي الرطبة وما إلى ذلك) التي تتيح فوائد لمستخدمي المياه على طول المجرى في شكل تنظيم المياه والتحكم في الفيضانات والتعرية والتحكم في الرواسب، من بين أمور أخرى، ومن ثم ضمان إمدادات مياه ثابتة وعالية الجودة والمساعدة في تقليل تكاليف معالجة المياه وصيانة المعدات (الإطار 5-5). وينظم هذه الصناديق عادةً عقد بين الأعضاء المؤسسين، يحدد مؤسسة مستقلة لإدارة الموارد المالية ولضمان إنفاقها على أنشطة حماية مستجمعات المياه بما يتوافق مع أهداف الصندوق (Stanton et al., 2010). ويوجد بالفعل أكثر من

(مثل مرافق المياه الحضرية ومحطات توليد الطاقة الكهرومائية وشركات المياه المعبأة في زجاجات أو المشروبات غير الكحولية) الموجودة في المناطق السفلى من حوض النهر، لدعم أنشطة إدارة مستجمعات المياه في المناطق المرتفعة والمتوسطة الارتفاع من الحوض (Calvache et al., 2012; Jouravlev, 2003). وهي أساساً شراكات بين القطاعين العام والخاص في كثير من الحالات.

وتستخدم صناديق المياه لتوفير الحوافز النقدية وغير النقدية للمجتمعات المحلية والمزارعين وملكا الأراضي الخاصة الواقعة في أعالي



تقدم برامج الدفع مقابل الخدمات البيئية حوافز (نقدية أو غير ذلك) لملاك الأراضي أو المزارعين مقابل الممارسات المستدامة لاستخدام الأراضي (الزراعة والحراجة وغيرها)

(الشكل 5-2)، وفي أوروبا من المفوضية الأوروبية. وصُنّف جزء كبير من الاستثمار المتبقي (زهاء 650 مليون دولار أمريكي) على أنه "استثمارات مستجمعات المياه المدفوعة باحتياجات المستهلكين" وتتصدره برامج كبيرة في الصين وفيتنام، دفعت بموجبها المدن أو الشركات أو مرافق المياه بالنيابة عن عملائها للملك الأراضي مقابل رعايتهم المسطحات الطبيعية ذات الأهمية الحرجة للمياه (Bennett and Ruef, 2016).

ويبدو أن الحلول المستمدة من الطبيعة تعاني من نقص حاد في التمويل مقارنة بالبنية التحتية الرمادية في قطاع إمدادات مياه الشرب والصرف الصحي بصفة عامة. ففي بلدان منطقة أمريكا اللاتينية والكاريبي، تستثمر مرافق المياه أقل من 5 في المائة من ميزانياتها في البنية التحتية المراعية للبيئة (مع احتمال استثناء بعض المدن في بيرو)، رغم أن هذه المخصصات تبدو في ازدياد (Echavarria et al., 2015; Bennett and Ruef, 2016). وفي إنجلترا، تمثل أنشطة إدارة مستجمعات المياه عموماً أقل من 1 في المائة من نفقات شركات المياه. وقدّر تقرير حديث أن مبلغ 100 مليار جنيه إسترليني سيتم إنفاقه في مستجمعات المياه الإنجليزية بين العامين 2015 و2030 "على معالجة مسائل منها استمرار توفير خدمات المياه ومياه الصرف الصحي، وجودة المياه والزراعة، وعلى الحماية من الفيضانات والصيانة" ومن هذا المبلغ "سيُنْفَق أكثر من 30 مليار جنيه إسترليني في إنجلترا في تلبية متطلبات توجيهات الاتحاد الأوروبي الإطارية بشأن المياه وفي الحفاظ على المعايير الحالية لمعالجة المياه ومياه الصرف الصحي". ومن مبلغ الـ 30 مليار جنيه إسترليني هذا الذي خصص للتوجيهات الإطارية بشأن المياه، يقدر التقرير أن "من الممكن تجنب ما يتراوح بين 300 مليون جنيه إسترليني و1 مليار جنيه إسترليني من التكلفة باعتماد قطاع المياه نهجاً أوسع نطاقاً فيما يتعلق بمستجمعات المياه" (Indepen, 2014, p.1).

20 صندوقاً من صناديق المياه هذه قيد التشغيل في منطقة أمريكا اللاتينية والكاريبي وحدها (Echavarria et al., 2015).

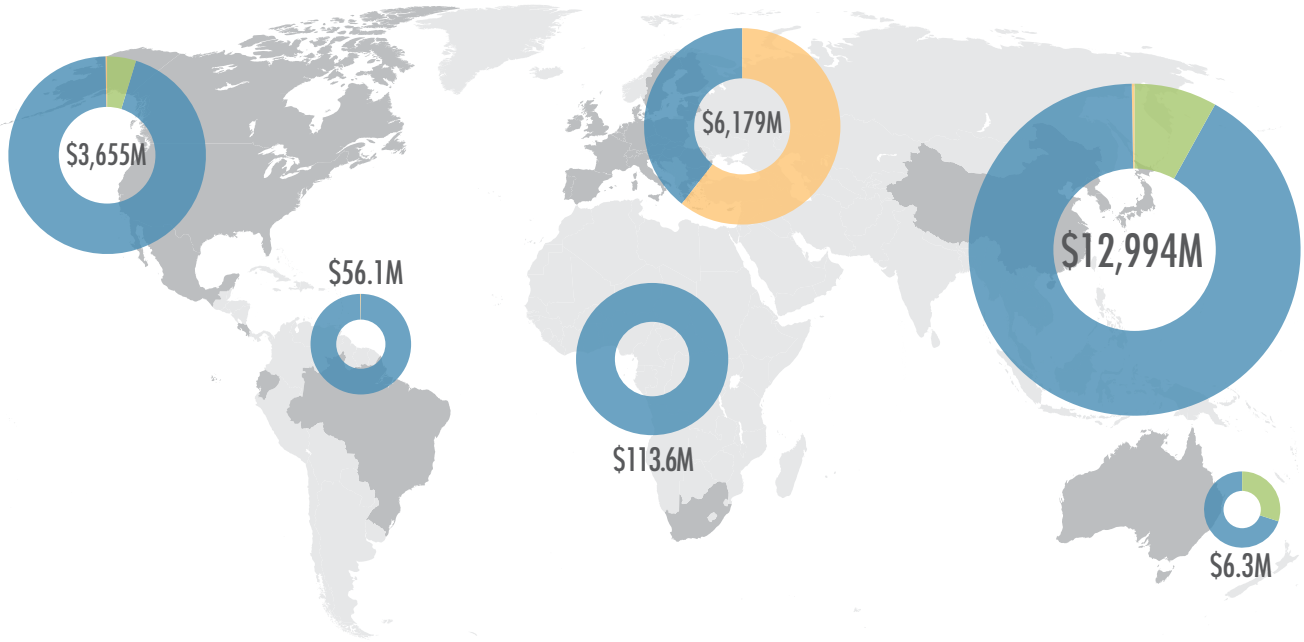
ووفقاً لسوق النظم الإيكولوجية وهو مبادرة لمنظمة الاتجاهات الحرجية، أنفقت الحكومات ومرافق المياه والشركات والمجتمعات المحلية ما يقرب من 25 مليار دولار أمريكي كمدفوعات للبنية التحتية المراعية للبيئة للمياه في عام 2015، مما أثر إيجابياً في 487 مليون هكتار من الأراضي (Bennett and Ruef, 2016). ونمت المعاملات بنحو 12 في المائة سنوياً بين عامي 2013 و2015، مما يشير إلى زيادة سريعة في مستوى الأخذ بهذا النهج. ويُستمد التمويل لمعظم برامج الدفع مقابل الخدمات البيئية هذه (23.7 مليار دولار أمريكي) من الحكومات الوطنية

صندوق حفظ المياه في كيتو (FONDO PARA LA CONSERVACIÓN DEL AGUA – FONAG)

صندوق حفظ المياه في إكوادور هو أول صناديق المياه في منطقة أمريكا اللاتينية والكاريبي ولعله من أنجحها. ذلك أن مستجمعات المياه التي تزود العاصمة كيتو بالمياه معرضة للخطر بسبب الممارسات الزراعية والحيوانية والحرجية غير الملائمة. وللتعامل مع هذا الوضع، أنشأت بلدية كيتو، في عام 2000، من خلال مرفق المياه التابع لها (الشركة العامة للمياه والصرف الصحي في العاصمة) وبالتعاون مع منظمة حفظ الطبيعة، صندوق حفظ المياه (Lloret, 2009). والصندوق عبارة عن صندوق استثماري مصمم للعمل لمدة 80 عاماً. ويتم تمويله من خلال المساهمات المقدمة من أعضائه الذين يشملون غالبية كبار الجهات المستخدمة للمياه في المنطقة (مرفق المياه والكهرباء ومصنع للجنة، وشركة للمياه المعبأة، وغيرها). ويرمي صندوق حفظ المياه إلى تقديم الدعم لحفظ مستجمعات المياه التي توفر المياه لكيتو والمناطق المحيطة بها، واستصلاحها والمحافظة عليها (FONAG, n.d.). ويتخذ تدخله صيغة برامج طويلة الأجل (للاتصال، واستعادة الغطاء النباتي، وإدارة المياه، والتربية البيئية، ومراقبة ورصد المجالات ذات الأولوية) ومشروعات قصيرة الأجل، تتراوح ما بين دعم أنشطة الإنتاج ذات التركيز على البيئة، وإجراء البحوث التطبيقية. ويعمل الصندوق بمشاركة فعالة من مختلف الجهات المعنية في المجتمع المحلي، والسلطات المحلية، والمنظمات الحكومية وغير الحكومية، والمؤسسات التعليمية.

"ويملك صندوق حفظ المياه هبة تزيد عن 10 ملايين دولار أمريكي وميزانية سنوية تبلغ أكثر من 1.5 مليون دولار أمريكي. وقد نجح الصندوق، الذي يعدّ أقدم صندوق رسمي للمياه، في حماية واستصلاح أكثر من 40 000 هكتار من غابات البارامو والأنديز عن طريق مجموعة متنوعة من الاستراتيجيات، بما في ذلك العمل مع أكثر من 400 أسرة محلية. ... وبدلاً من تقديم مدفوعات مباشرة للحفظ والاستصلاح والزراعة المستدامة، يستخدم الصندوق تعويضات عينية من قبيل الحدائق المنزلية ودعم المشروعات المجتمعية. وفضلاً عن الأنشطة المباشرة لحماية مصادر المياه، يركز الصندوق على تعزيز تحالفات مستجمعات المياه، والتثقيف البيئي، والتواصل من أجل تعبئة جهات فاعلة إضافية في مستجمعات المياه معنية بحماية تلك المستجمعات. وقد أنشأ الصندوق كذلك برنامجاً صارماً للرصد الهيدرولوجي للإبلاغ بنتائج الاستثمارات وتحسينها بالتعاون مع عدة مؤسسات أكاديمية" (Abell et al., 2017, p. 115).

إعداد: Andrei Jouravlev (UNECLAC).



بلدان ذات دعم حكومي نشط لحماية مستجمعات المياه

مستوى الجهات المساهمة

● حكومة ولاية/إقليم/مقاطعة

● حكومة وطنية

● حكومة فوق وطنية

ملاحظة: استناداً إلى معاملات قيمتها 23 مليار دولار أمريكي في عام 2015. ولم يكن من الممكن تحديد المساهمات النسبية للحكومات الوطنية ودون الوطنية فيما يخص مبلغاً آخر قدره 727 مليون دولار أمريكي بصيغة إعانات عامة في عام 2015.

المصدر: مقتبس بتصرف من (Bennett and Ruef (2016, Map 2, p. 14).

مستجمعات المياه للمستعملين في أسفل المجرى، وتحديد الجهات صاحبة المصلحة التي لها سيطرة فعالة على هذه الممارسات وتنظيم تلك الجهات، والتوصل إلى اتفاق مستدام في ظل أوضاع السوق المتغيرة باستمرار والأوضاع السياسية والاجتماعية. وهناك دائماً مسألة ما إذا كان من المناسب مكافأة الامتثال للقانون والأخذ بالممارسات الجيدة، وإلى أي مدى يكون ذلك.

ويستلزم هذا بدوره إطاراً مفاهيمياً مشتركاً لتقدير قيمة وفوائد الاستثمارات في البنية التحتية المراعية للبيئة والبنية التحتية الرمادية على حد سواء، وهو ما قد يكون أمراً صعباً، وخاصةً لمرافق المياه والجهات المقدمة للخدمات - لا سيما في المدن الصغيرة والمتوسطة - التي ما زالت لا تسترد بعد بالكامل تكاليف تقديم الخدمات ومن ثم تعتمد على الميزانيات الحكومية في الاستثمارات، وفي بعض الحالات، حتى لأغراض التشغيل والصيانة. ويمكن أن تمثل قلة الخبرة والمعرفة بالحلول المستمدة من الطبيعة (واستدامتها في الأجل الطويل)، فضلاً عن تفضيل كثير من المهندسين والسياسيين البنية التحتية المنشأة أو "الرمادية"، تحدياً إضافياً. وفي وجود قدر محدود للغاية من قدرات السيطرة والردص والإنفاذ فيما يتعلق بإدارة موارد المياه ومراقبة استخدام الأراضي، ليس من المستغرب أن يكون إنفاق مرافق المياه على أنشطة مستجمعات المياه منخفضاً بوجه عام - في حال وجوده على الإطلاق. ومن ثم، فإن من الضروري للغاية أن تقبل مجموعة أوسع من أصحاب المصلحة خطط الحلول المستمدة من الطبيعة وبرامج الدفع مقابل الخدمات البيئية وأن تدعمها وتشارك فيها، ولكن ذلك لا يزال غير كافٍ. فملاك الأراضي، على

وإذا أُدخِلت في الاعتبار المنافع المشتركة الأوسع نطاقاً التي تتحقق في مجال التنوع البيولوجي والحد من مخاطر الفيضانات وإدارة الكربون، والتي لم يتطرق إليها التقرير، فإن هذا من شأنه أن يعزز كذلك المبررات المالية المؤيدة لإدارة مستجمعات المياه.

وتشير حالتا المملكة المتحدة وبلدان أمريكا اللاتينية والبحر الكاريبي إلى أن المدن والشركات ومرافق المياه يمكن أن تستثمر بقدر أكبر بكثير في الحلول المستمدة من الطبيعة. وثمة أدلة متزايدة على أن هذه الاستثمارات فعالة من حيث التكلفة ومجدية من الناحية التجارية، بينما تدرّ في الوقت نفسه منافع مشتركة من قبيل حفظ التنوع البيولوجي، والفوائد المجتمعية، والتكيف مع تغير المناخ، واستحداث الوظائف وتوفير التدريب. ومن الواضح أنه ستوجد عادةً عتبة إذا تخطاها الإنفاق الإضافي على إدارة مستجمعات المياه والحلول المستمدة من الطبيعة فإنه يتوقف عن إدراج عوائد كافية للاستثمارات، حتى مع حساب المنافع المشتركة المتأتية من البنية التحتية المراعية للبيئة. غير أنه يمكن أن يقال الشيء نفسه أيضاً عن البنية التحتية الرمادية. ولذلك فإن تحديد هذه العتبات، والمزيج الأمثل من النهج المراعية للبيئة - الرمادية يقتضي إيجاد إطار تحليلي مشترك (أي مؤشرات أداء مشتركة) لتقييم التكاليف والمنافع للبنية التحتية الرمادية والبنية التحتية المراعية للبيئة من حيث إدارة المياه المجدية والأهداف الأخرى قيد النظر.

ويتطلب تصميم وتنفيذ خطط الدفع مقابل الخدمات البيئية لبرامج إدارة الأراضي على مستوى مستجمعات المياه تحديداً واضحاً لعلاقات السببية بين ممارسات استخدام الأراضي والمياه عند المنبع وتوفير خدمات

وتم تقديرهما بنسبة 1.5 في المائة و1.1 في المائة سنوياً، على التوالي (UNDESA, 2015).

وتوفر إدارة مستجمعات المياه، كما هو موضح آنفاً، مجموعة واسعة من الفوائد المحتملة لهذه المستوطنات الحضرية المتنامية. ويتيح تنفيذ الحلول المستمدة من الطبيعة على النطاق المحلي داخل المدن نفسها فرصاً إضافية لتلبية الأهداف المتعددة لإدارة المياه. ففي حالة مدينة نيويورك، على سبيل المثال، تبين أن التدابير المتخذة لتعزيز البنية التحتية الرمادية بإقامة بنية تحتية مراعية للبيئة كانت فعالة من حيث التكلفة فضلاً عن توفيرها منافع مشتركة كبيرة (الإطار 5-6).

ويمكن للبيئة التحتية الحضرية المراعية للبيئة، التي تشمل تجديد الغطاء النباتي في الأسطح غير النفاذة والأسطح الخضراء والأراضي الرطبة المنشأة، أن تؤدي إلى نتائج إيجابية من حيث توافر المياه وجودة المياه والحد من الفيضانات، كما يتبين من مشروع "المدينة الإسفنجية" في الصين (انظر الإطار 2-6).

وفي سياق المياه والصرف الصحي، يمكن أن تكون الأراضي الرطبة المنشأة لمعالجة مياه الصرف حلاً من الحلول المستمدة من الطبيعة فعالاً من حيث التكلفة ويوفر تدفقاً مناسباً لعدة استخدامات غير صالحة للشرب، بما في ذلك الري، فضلاً عن توفير مزايا إضافية، منها إنتاج الطاقة (الإطار 5-7). أما فيما يتعلق بما يزيد عن 80 في المائة من مياه الصرف الصحي التي يتم إطلاقها في البيئة بدون أي معالجة مسبقة على مستوى العالم، وأكثر من 95 في المائة في بعض البلدان النامية (WWAP, 2017)، يمكن أن توفر الأراضي الرطبة المنشأة فرصاً كبيرة للمجتمعات بغض النظر عن حجمها. وتوجد نظم من هذا النوع بالفعل في كل مناطق العالم تقريباً، بما في ذلك المنطقة العربية (الإطار 5-8) وأفريقيا - وهي شائعة نسبياً في شرق أفريقيا.

4-5 الأطر الإقليمية والوطنية للحلول المستمدة من الطبيعة

على الرغم من أن أصحاب المصلحة على الصعيد المحلي، من قبيل كبار مستخدمي المياه والبلديات، يدفعون الأطر والشراكات الأوسع نطاقاً على المستويين الوطني والإقليمي في معظم الأحيان من أجل تحقيق نتائج محددة في مجال إدارة المياه، تؤدي هذه الأطر والشراكات دوراً حاسماً في تعزيز تنفيذ الحلول المستمدة من الطبيعة. والتشريعات الوطنية لتسهيل تنفيذ هذه الحلول والإشراف عليه أمر بالغ الأهمية.

وتتيح التوجيهات الإطارية للمفوضية الأوروبية بشأن المياه (التوجيه 2000/60/EC) إطاراً شاملاً لكثير من الأنشطة الأخرى التشريعية والإدارية وحتى التي تركز على المنظمات غير الحكومية، للإمساك بزمام القيادة في هذا الصدد. وما برحت أوروبا تتجه نحو الأخذ بنهج شامل ومستدام يراعي المخاطر ويتعلق بالمستجمعات المائية الكاملة. وقد تميز هذا بصفة متزايدة أيضاً بالنظر في قيمة مجموعة واسعة من خدمات النظام الإيكولوجي وتأثيرها، مع الاعتراف بأهمية تقديم منافع متعددة والتواصل مع أصحاب المصلحة على المستويات الوطنية والإقليمية والمحلية (الإطار 5-9). ومن الأهداف الرئيسية التي ترتبط في كثير من الأحيان بضرورة تحسين مستجمعات مياه الشرب جودة المياه، ولا سيما مسألة التلوث المنتشر. أما مجال التركيز الرئيسي الثاني فهو الفيضانات. ويرجع توجيه الاتحاد الأوروبي

يبدو أن الحلول المستمدة من الطبيعة تعاني من نقص حاد في التمويل مقارنة بالبنية التحتية الرمادية في قطاع إمدادات مياه الشرب والصرف الصحي بصفة عامة

سبيل المثال، يحتاجون إلى تأكيدات بالدعم المالي طويل الأجل. وقد لا يقل عنه في الأهمية الحاسمة الدعم القانوني القوي لتقييم الحلول المستمدة من الطبيعة وإدماجها وتنفيذها تحقيقاً لأهداف متعددة تتعلق بالسياسات (الزراعة، وتغير المناخ، والطاقة المراعية للبيئة، وما إلى ذلك) (الإطار 5-6، مثلاً).

وفيما يتعلق بالاستثمارات الخارجية، يمكن للمؤسسات والشركات المالية أن تقوم بدور هام ومؤثر في دعم وتمويل خطط الحلول المستمدة من الطبيعة والدفع مقابل الخدمات البيئية. ولا تتحمل الكيانات المشاركة في الاستثمار الخارجي مسؤولية الالتزام بالقوانين واللوائح والمعايير البيئية للبلدان المضيفة فحسب، بل يجب عليها أيضاً الالتزام بمبادئ الأمم المتحدة للاستثمار المسؤول، التي تشمل أخذ العوامل البيئية والاجتماعية والمتعلقة بالحوكمة تماماً في الاعتبار (PRI, 2006). وتنقل مبادرة إدارة المخاطر البيئية التابعة لمبادرة الصين للإدارة الخارجية، التي تدعم أيضاً تمويل التجارة "المراعية للبيئة" على مدى سلسلة التوريد، هذه المبادئ خطوة إلى الأمام بتشجيع المؤسسات والشركات المالية "على التحديد الكمي للتكاليف والفوائد البيئية المتأتية من المشروعات الاستثمارية في الخارج، بما في ذلك تصريف أنواع مختلفة من الملوثات، واستهلاك الطاقة واستخدام المياه، كأساس لاتخاذ القرار... ولضمان قابلية التحليل الكمي للتطبيق، ينبغي أن يأخذ حساب التكاليف والمنافع البيئية في الاعتبار عوامل مثل مستوى تطوير التكنولوجيا والحالة البيئية في البلد المضيف، بينما ينبغي أن تُستخدم المعايير الدولية كمؤشرات مناسبة عند الاقتضاء" (GFC / IAC / CBA / AMAC / IAMAC / CTA / FECO, 2017, p. 3).

3-5 تطبيق الحلول المستمدة من الطبيعة داخل المناطق الحضرية

يؤدي التعجيل بالتوسع الحضري إلى تفاقم تحديات إدارة المياه في عدد كبير من المدن في معظم المناطق. ففي منطقة أمريكا اللاتينية والكاريبي، وهي المنطقة الأكثر اتساعاً بالطابع الحضري في العالم النامي، يعيش ما يقرب من 80 في المائة (2014) من السكان في المناطق الحضرية، وهي نسبة من المتوقع أن ترتفع إلى 86 في المائة بحلول عام 2050. ومع أن الطابع الريفي ما زال يغلب على آسيا وأفريقيا فإن هاتين المنطقتين تمانر بأسرع معدلين للتحضر،

الحلول المستمدة من الطبيعة في السياقات الحضرية: مدينة نيويورك

تطبّق في مدينة نيويورك منذ تسعينات القرن الماضي مجموعة متنوعة من النهج المستمدة من الطبيعة لنشر البنية التحتية المراعية للبيئة، استجابة للأنظمة المتعلقة بجودة المياه، والاهتمام العام بالاستدامة، والنماذج الناشئة في إدارة الأراضي الحضرية. ويرسي قانون نظافة المياه، الذي اعتُمد رسمياً في عام 1972، الأنظمة المتعلقة بتصريف الملوثات في الكتل المائية السطحية في الولايات المتحدة الأمريكية. وبموجب هذا القانون، أصبح من غير القانوني صرف الملوثات دون الحصول على تصريح من خلال النظام القومي لإزالة مصادر تفريغ الملوثات. وتتطلب التعديلات التي أدخلت على قانون نظافة المياه الأصلي من المدن مثل نيويورك إعداد خطط طويلة الأجل للتحكم في حالات طفح المجاري المشتركة، التي تنشأ عندما يدخل الجريان السطحي الحضري نظام المجاري في المدينة (US EPA, n.d.).

وبناء على الاستراتيجيات الجديدة في إدارة الموارد الطبيعية والأراضي والبنية التحتية الواردة في "خطة مدينة نيويورك" PlaNyC، وهي أول خطة شاملة للاستدامة في المدينة، أصدرت إدارة حماية البيئة في مدينة نيويورك خطتها للبنية التحتية المراعية للبيئة في عام 2010. وتدمج هذه الخطة النهج المستمدة من الطبيعة والنهج التقليدية "الرمادية" لتجميع ومعالجة الجريان السطحي في المناطق الحضرية (DEP, 2010). وتستند الخطة إلى حسابات لفعالية التكلفة، أجريت في عام 2008 خلال وضع خطة الإدارة المستدامة لمياه العواصف في المدينة. وقارنت هذه الحسابات بين النهج الخضراء والرمادية للتحكم في مياه الأمطار من حيث تكلفة البناء اللازم لكل وحدة حجمية من مياه العواصف المحتجزة أو المستبقاة في المرفق. ودفع انخفاض تكاليف البنية التحتية المراعية للبيئة مقارنة بمرافق الاحتفاظ التقليدية بالمياه الفائضة المدينة إلى أن تقترح احتجاز أول 25 ملليمتراً من الجريان السطحي المتولد في 10 في المائة من المناطق غير المنفذة التي تخدمها المجاري المشتركة عن طريق حداث الأمطار، والمجاري البيولوجية، والأسطح الخضراء، والأراضي الرطبة المنشأة وغيرها من النهج المستمدة من الطبيعة (The City of New York, 2008).

وتتطلب إدارة حماية البيئة بصورة أساسية بتنفيذ خطة البنية التحتية المراعية للبيئة، بالأموال المحصّلة من دافعي أسعار المياه، ولكن الخطة تستفيد أيضاً من الاستثمارات الرأسمالية الأخرى في البنية التحتية التي تقوم بها وكالات المدينة الأخرى وتقدم المنح للمالكين العقاريات الخاصة من أجل زيادة تطبيق البنية التحتية المراعية للبيئة إلى أقصى حد على مختلف استخدامات الأراضي الحضرية. وترتبط التحديات الرئيسية التي يواجهها التنفيذ بتحديد المواقع المناسبة للمرافق بعيداً عن التربة منخفضة النفاذية، والبنية التحتية الموجودة تحت الأرض وتجهيزات الشوارع، وبالحفاظ على أداء النظام على مر الزمن.

وعادة ما تكون نظم البنية التحتية المراعية للبيئة لمياه العواصف الممولة من القطاع العام مثل منخفضات احتجاز الرواسب والشوارع الخضراء لامتصاص مياه العواصف بأحجام كافية لاستيعاب كل الجريان السطحي المتولد في مناطق روافدها خلال 90 في المائة تقريباً من جميع ظروف الطقس المطير السنوية (30-25 ملم من التساقط اليومي، مثلاً). غير أن الرصد الميداني المستمر يشير إلى أن هذه النظم قد توفر فوائد مشتركة كبيرة. ويُعتقد أن البنية التحتية المراعية للبيئة تعزز التنوع البيولوجي، وتخفف درجة حرارة الهواء من خلال التظليل، وتجمل المجتمعات وتهبّئ الفرص للإشراف الإيكولوجي. وفي ظل ظروف معينة، قد تعمل هذه النظم نفسها أيضاً على تقليل مخاطر الفيضانات. فقد وجد دي سوزا وآخرون (De Sousa et al. 2016)، على سبيل المثال، باستخدام أربع سنوات من البيانات الميدانية، أن منشأة للاحتفاظ البيولوجي بمساحة 125 متراً مربعاً تقع في جزء معرض للفيضانات من حي كوينز في مدينة نيويورك، تمتص 70 و 77 و 60 في المائة من جميع الجريان السطحي المتولد داخل منطقة رافدة يبلغ حجمها أربعة أضعاف حجم المنشأة خلال جميع حالات التساقط (ن = 92)، وخلال الحالات غير المتطرفة فقط (ن = 78) وخلال الحالات البالغة الشدة (ن = 14)، على التوالي.

وقد توفر نظم البنية التحتية المراعية للبيئة المصممة لامتصاص مياه الأمطار أيضاً منافع حرارية بسبب الحرارة الكامنة في تبخير الماء المتبخر. فالسطح الأخضر لمركز مؤتمرات جاكوب ك. جافيتس (الصورة) في مانهاتن، مدينة نيويورك، وهو ثاني أكبر مركز من نوعه في الولايات المتحدة الأمريكية، ومساحته 2.7 هكتار، يحتفظ بأكثر من نصف التساقط الذي يحدث خلال موسم الزراعة، ويبخّر 3.2 ملم من الماء يومياً، في المتوسط، (خلال الفترة نفسها)، مما يقلل من حدة الاحترار الحضري ويخفض درجة كبيرة درجة حرارة سطحه الخارجي مقارنة بالسطح الغشائي التقليدي (Alvizuri et al., 2017; Smalls-Mantey, 2017).

إعداد: Franco A. Montalto (Drexel University).



الصورة: © Felix Lipov/Shutterstock.com.

تجاوز مسألة معالجة مياه الصرف الصحي - تعدد وظائف الأراضي الرطبة المنشأة

تتألف مياه الصرف المنزلي من ثلاثة مكونات أساسية: الماء والكربون والمغذيات. وهذه المكونات عناصر مفيدة لأغراض شتى من قبيل زراعة الغذاء أو إنتاج الطاقة الأحيائية (WWAP, 2017).

ويتمثل أحد الحلول المستمدة من الطبيعة لمعالجة مياه الصرف المنزلي في استخدام الأراضي الرطبة المنشأة أو الاصطناعية. وهي تهدف، كشأن معظم نظم المعالجة، إلى تخفيض المواد العضوية ومسببات الأمراض إلى الحد الأدنى، ولكن كفاءتها متفاوتة عندما يتعلق الأمر بخفض النيتروجين والفوسفور. ونظراً إلى أن البشر ينتجون زهاء 4.5 كيلوغرامات من النيتروجين و0.6 كيلوغرام من الفوسفور للشخص الواحد في السنة (Mateo-Sagasta et al., 2015)، فإن مياه الصرف التي تترك الأراضي الرطبة المنشأة يمكن أن تكون بها مستويات مرتفعة نسبياً من هذه المغذيات، مما يجعلها مصدراً مناسباً للغاية للمياه لأغراض الري.

والأراضي الرطبة المنشأة هي أيضاً من أكثر النظم الإيكولوجية إنتاجية في العالم، ولها القدرة على إنتاج كميات كبيرة نسبياً من الكتلة الأحيائية، تبعاً لنوع النبات المستخدم (الأكثر شيوعاً هو إما القصب الجنوبي *Phragmites australis* أو التيف (عشبة البرك *Typha spp.*)، ومناخ الموقع (Vymazal, 2013; Zhang et al., 2014). ويمكن حصاد هذه الكتلة الأحيائية على فترات منتظمة لاستخدامها كوقود حيوي. وتتشابه القيمة الحرارية لمعظم هذه النباتات أيضاً مع أنواع وقود الاحتراق التقليدية مثل السنط *Acacia spp.* (Morrison et al., 2014). ولكن لم تُستكشف بالقدر الكافي إمكانياتها لإنتاج الغاز الحيوي، التي تدل عليها بعض نتائج البحوث الأولية الواعدة. وعلى وجه الخصوص، عند استخدام القصب *A. donax*، المعروف أيضاً بالقصب العملاق، تتجاوز غلات الميثان ما تغله الذرة أو الذرة الرفيعة في بعض الحالات (Corno et al., 2016). وتشير التقديرات إلى أن زهاء 12 في المائة من احتياجات وقود الطهي لقرية عدد سكانها 60 شخصاً في أفريقيا جنوب الصحراء الكبرى يمكن توفيرها من الكتلة الحيوية لأرض رطبة مبنية (Avellán et al., 2017).

ومن ثم فإن استخدام هذه الحلول المستمدة من الطبيعة قد يخدم أغراضاً متعددة ويؤثر تأثيراً غير مباشر في جوانب أخرى، كالمزيد من حفظ الغابات بتقليل الاعتماد على الوقود الخشبي وتعزيز أمن الطاقة.

إعداد: Tamara Avellán (UNU-FLORES)

يمكن للبنية التحتية الحضرية المراعية للبيئة، التي تشمل تجديد الغطاء النباتي في الأسطح غير النفاذة والأسطح الخضراء والأراضي الرطبة المنشأة، أن تؤدي إلى نتائج إيجابية من حيث توافر المياه وجودة المياه والحد من الفيضانات

المتعلق بالفيضانات (التوجيه 2007/60/EC) لإمكانية مساعدة الحلول المستمدة من الطبيعة في الحد من مخاطر الفيضانات من خلال الدفاعات الساحلية (الملاحات، وإعادة تأهيل الشواطئ الرملية، التراجع الساحلي المنظم، وما إلى ذلك)، ونظم "التحكم في الفيضانات الطبيعية" عن طريق مستجمعات المياه الريفية، ونظم الصرف الحضرية المستدامة. ويتعلق مجال تركيز رئيسي آخر بمكافحة فقدان التنوع البيولوجي. وتقر استراتيجية الاتحاد الأوروبي للتنوع البيولوجي حتى عام 2020 بذلك وتدعو إلى "دمج خدمات النظم الإيكولوجية في عملية اتخاذ القرار" (EC, 2017b, p. 6).

ويمكن أن تكون التدخلات القائمة على النظام الإيكولوجي مفيدة بوجه خاص من منظور عابر للحدود. ونادراً ما تكون لها آثار سلبية عابرة للحدود، ولكن يمكن أن يكون لها، بدلاً من ذلك، منافع مشتركة عديدة للحوض بأكمله، مثلاً من خلال استمرار وتعزيز خدمات النظام الإيكولوجي البالغة الأهمية لسبل العيش ورفاه الإنسان، كالمياه النظيفة، وتنظيم المياه، والمأوى، وفرص الترفيه، والغذاء. وتوفر اتفاقية اللجنة الاقتصادية لأوروبا المتعلقة بحماية واستخدام المجاري المائية العابرة للحدود والبحيرات الدولية ("اتفاقية المياه") إطاراً قانونياً وحكومياً دولياً عالمياً لدعم التعاون العابر للحدود على تعزيز الحلول المستمدة من الطبيعة. وقد تمكنت جميع الدول الأعضاء في الأمم المتحدة من الانضمام إلى الاتفاقية منذ آذار/مارس 2016. وتشجع اتفاقية المياه نفسها الأخذ بنهج يقوم على النظام الإيكولوجي لأنها تلزم الأطراف بمنع الآثار العابرة للحدود ومراقبتها والحد منها، وضمان حفظ النظم الإيكولوجية، واستصلاحها، عند الاقتضاء. وقد تم تنفيذ عدة أنشطة قائمة على النظام الإيكولوجي بموجب الاتفاقية.

ويمكن لمنظمات الأحواض العابرة للحدود كذلك أن توفر فرصاً عملية لتعزيز الأخذ بالحلول المستمدة من الطبيعة بين البلدان المتشاطئة. فاللجنة الدولية لحماية نهر الراين، التي سبقت التوجيهات الإطارية بشأن المياه بعقود، على سبيل المثال، كانت قد وضعت الحلول المستمدة من الطبيعة بالفعل في صميم الأنشطة والبرامج التي تنفذها دولها الأعضاء (الإطار 5-10).

الأراضي الرطبة المنشأة في لبنان ومصر

لمصر تاريخ في استخدام الأراضي الرطبة المنشأة لمعالجة مياه الصرف الصحي. واختبر مشروع تجريبي جدوى إقامة أراض رطبة منشأة في بلبس على بعد 55 كم شمال القاهرة. ونجت عن تلك الأراضي الرطبة المنشأة نفايات سائلة من مياه الصرف المعالجة على المستوى الثانوي، استُخدمت في ري أشجار الكافور (الأوكالبتوس) المستخدم لتصنيع صناديق التعبئة. وبالتالي، فهذا المشروع يساهم في حفظ المياه والمحافظة على موارد المياه الجوفية.

وثبت أيضاً أن هذا النظام المستمد من الطبيعة فعال من حيث التكلفة طوال فترات طويلة لأن كلاً من تكاليف الإنشاء والتشغيل كانت تقل عن نظم معالجة مياه الصرف التقليدية. ونتيجة لذلك، تقرر توسيع نطاق البرنامج إلى مناطق أخرى داخل البلدية.

ونهر الليطاني في لبنان شديد التلوث بسبب تصريف مياه الصرف الزراعي والصناعي والمنزلي غير المعالجة. ومحطات معالجة مياه الصرف الصحي في المنطقة إما متوقفة تماماً عن العمل أو تعمل جزئياً فقط. وقد أدى ذلك إلى ارتفاع تركيزات المغذيات ومسببات الأمراض في هذا النهر. وصُمم نظام للأراضي الرطبة المنشأة لمعالجة تدفقات المياه في نهر الليطاني، أزال ما بين 30 في المائة و 90 في المائة من كتلة الملوثات، مما يؤدي إلى تصريف نفايات سائلة من الأراضي الرطبة بجودة تقع ضمن النطاق المسموح به وفقاً للمعايير البيئية الدولية. وتوجّه مياه النفايات السائلة المعالجة من خلال قناة تصريف لإعادتها إلى نهر الليطاني.*

إعداد: Carol Chouchani Cherfane (UNESCWA)

* الأدلة قدمتها ضفاف (لبنان)، على أساس مشروع تدعمه وكالة التنمية الدولية التابعة للولايات المتحدة الأمريكية.

الحلول المستمدة من الطبيعة وتوجيهات الاتحاد الأوروبي الإطارية بشأن المياه: خبرات مكتسبة من المشاريع الرائدة في منطقة بحر الشمال

ترمي توجيهات الاتحاد الأوروبي الإطارية بشأن المياه إلى تشجيع الاستخدام المستدام للمياه من خلال حماية النظم الإيكولوجية المائية وتعزيزها. ومنذ عام 2013، تقوم المفوضية الأوروبية بالترويج الفعال للحلول المستمدة من الطبيعة من أجل استصلاح النظم الإيكولوجية المتدهورة لضمان توافر موارد المياه في الأجل الطويل وحماية المنافع المتأتية من النظم الإيكولوجية المائية. وعلى الرغم من أن التوجيهات الإطارية بشأن المياه تدعم تطبيق هذه الحلول، إلا أن تطبيقها عملياً يعوقه الافتقار إلى الأدلة والمنهجيات والمبادئ التوجيهية. وهناك حاجة إلى قاعدة أدلة عبر وطنية لتبرير الاستثمارات وتحسين فعالية الحلول المستمدة من الطبيعة إلى الحد الأمثل (EC, 2015). وفي العامين 2016 و 2017، أطلقت المفوضية خطة للبحوث والابتكار محددة الهدف ونشرت دعوات لتقديم مقترحات بمشروعات إرشادية واسعة النطاق فيما يتعلق بالحلول المستمدة من الطبيعة لتكوين هذه القاعدة.

وقد اكتسبت الحلول المستمدة من الطبيعة زخماً في عدة دول أعضاء. ويجري التركيز على الأخذ بهذه الحلول في المدن وعلى وجه التحديد لأغراض التجديد الحضري من أجل تحسين جودة حياة مواطني الاتحاد الأوروبي والحد من مخاطر الكوارث في مدن الاتحاد. وقد كان البرنامج الإطاري أفق عام 2020 ذا أهمية خاصة لتشجيع الأخذ بالحلول المستمدة من الطبيعة على نطاق أوسع في المجال الحضري (Favre et al., 2017). وتزود التوجيهات الإطارية بشأن المياه البلدان الأعضاء بإطار تشريعي شامل مشترك للاستخدام المستدام للمياه. وبالرغم من الجهود التي يبذلها واضعو السياسات والممارسون للتواصل بشأن الغرض من الحلول المستمدة من الطبيعة واستخدامها، لا تزال تلك الحلول غير معروفة للجمهور الأوسع نطاقاً، وكثيراً ما تبقى في المراحل التجريبية (Voulvoulis, et al., 2017). يضاف إلى ذلك أن مدى تطبيق هذه الحلول وطريقة إدماجها في التشريعات وماهية الأدوار والمسؤوليات التي تُمنح للمنظمات المختلفة للترويج لها وتنفيذها تختلف من بلد إلى آخر.

ويرمي مشروع البناء مع الطبيعة، وهو جزء من برنامج Interreg Vb للفترة 2014-2020 لجعل "منطقة بحر الشمال منطقة مستدامة"، إلى دعم التنفيذ العملي للحلول المستندة إلى الطبيعة في مستجمعات المياه الطبيعية والمناطق الساحلية في الاتحاد الأوروبي من خلال تبادل نتائج الاختبارات التجريبية وإعداد مبادئ توجيهية أو أدوات. ويتمثل بعض الاستنتاجات الأولية المستقاة من هذه التجارب فيما يلي: (1) مقارنة بنظم البنية التحتية التقليدية، يتغير أداء الحلول المستمدة من الطبيعة بمرور الوقت ويتوقف على الظروف المادية والإيكولوجية المحلية - ومن ثم فإن هذه الحلول تدعو للأخذ بنهج مصمم خصيصاً ليلام الظروف المحلية ويتطلب فهماً تفصيلياً لها، (2) ثبت أن المشاركة المستمرة للمجتمعات المحلية وأصحاب المصلحة في مراحل التخطيط والتصميم والصيانة شرط للنجاح في بدء وتنفيذ تلك المشاريع التجريبية، (3) رصد أداء الحلول المستمدة من الطبيعة وتقييم المشاريع التجريبية الجارية أمر بالغ الأهمية لبناء قاعدة الأدلة دعماً لتوسيع نطاق الأخذ بتلك الحلول. بيد أنه ما زال هناك افتقار إلى مجموعة عملية ومُجدية من مؤشرات الأداء (Di Giovanni and Zevenbergen, 2017).

إعداد: Chris Zevenbergen (IHE Delft)

* للاطلاع على مزيد من المعلومات، انظر www.northsearegion.eu/sustainable-nsr/ و archive.northsearegion.eu/ivb/project-ideas/

الحلول المستمدة من الطبيعة في مجال إدارة المياه والخدمات المائية في سياق تنفيذ توجيهات الاتحاد الأوروبي الإطارية بشأن المياه: حوض نهر الراين

مرّ نهر الراين، وهو واحد من أكبر الأنهار في أوروبا، بتاريخ حافل بالتلوث الهائل في الفترة 1950-1970 وبإصلاح رائع في العقود الأربعة الماضية. وتطورت العملية التي بدأت بوضع استراتيجية مشتركة للرصد في فترة الخمسينات والستينات في إطار اللجنة الدولية لحماية نهر الراين لتصبح استراتيجية شاملة للإدارة المتكاملة بغرض تحقيق التنمية المستدامة، تشمل الجوانب المتعلقة بجودة المياه، والحد من الانبعاثات، والإصلاح الإيكولوجي والوقاية من الفيضانات وتخفيف حدتها.

وقد أدى عمل اللجنة الدولية، منذ بداية تسعينات القرن الماضي، إلى وضع السياسة المتكاملة فيما يتعلق بالمياه في الاتحاد الأوروبي. وجرى تطوير الإدارة المتكاملة لحوض النهر داخل اللجنة خطوة بخطوة. وتعالج اللجنة الحد من تلوث المياه منذ عام 1950، إلى جانب تحسين النظام الإيكولوجي منذ عام 1987، والمسائل المتعلقة بكمية المياه منذ عام 1995 (خطة العمل بشأن الفيضانات) وقضايا المياه الجوفية منذ عام 1999. واليوم، أصبحت النهج القائمة على نطاق الحوض وعبر الحدود في إدارة المياه ووجوب التعاون بين جميع البلدان في مستجمع المياه التزاماً أوروبياً.

وقد وضعت توجيهات الاتحاد الأوروبي الإطارية بشأن المياه معايير جديدة للسياسات المائية للدول الأعضاء في الاتحاد. فالمياه الجارية والبحيرات والمياه الساحلية والانتقالية داخل مستجمعات مياه الأنهار (إقليم حوض النهر) يتعين اعتبارها بمثابة نظام إيكولوجي، ويتعين تنسيق الجوانب المتعلقة بالحماية والاستخدام إلى أقصى حد ممكن. وتنص التوجيهات الإطارية بشأن المياه والتوجيه المتعلق بالفيضانات (التوجيه 2007/60/EC) على إعداد خطة إدارة منقحة كل ست سنوات.

وتتضح العناصر الرئيسية الخاصة بالحلول المستمدة من الطبيعة في التوجيه المتعلق بالفيضانات من خلال تنفيذ عدة تدابير تم الجمع بينها في عام 1998 ضمن خطة العمل بشأن فيضانات نهر الراين وتعتبر تدابير مفيدة للجميع ومجدية من كل الوجوه، لا يقتصر تأثيرها الإيجابي على الوقاية من الفيضانات فقط، بل يمتد أيضاً إلى جودة المياه والبيئة. ومن بينها تدابير مثل الاحتفاظ بالمياه في المستجمع بكامله، والمحافظة على السهول الفيضية و/أو تمديدها، ونقل السدود، وتدابير الاستصلاح، واستخدام التربة الزراعية استخداماً أقل كثافة، وإنشاء مناطق لتجميع المياه، وما إلى ذلك.

”استناداً إلى تجارب اللجنة الدولية لحماية نهر الراين وإنجازاتها، يمكن القول بأن العملية التي تدفعها التزامات سياسية تكون أكثر فعالية ومرونة من النهج الذي يستخدم تدابير ملزمة قانوناً. ... غير أن كلا العنصرين لازمان وإيجاد توازن جيد بين الالتزام السياسي والقابلية للإنفاذ القانوني هو عملية مستمرة ومتكررة.“ (Schulte-Wülwer-Leidig, n.d., p. 9).

إعداد: Anne Schulte-Wülwer-Leidig (ICPR)

وقد حفزت التوجيهات الإطارية بشأن المياه، منذ صدورها، على إنشاء منظمات أحدث عهداً في الأحواض العابرة للحدود تؤدي فيها الحلول المستمدة من الطبيعة دوراً مركزياً. ومن الأمثلة على ذلك حوض نهر سافا في جنوب شرق أوروبا، حيث يؤدي تطبيق هذه الحلول أيضاً إلى تحقيق عدة منافع مشتركة من خلال خدمات النظم الإيكولوجية، بدءاً من التخفيف من شدة الفيضانات وحماية التنوع البيولوجي إلى النمو الاقتصادي المرتبط بالسياحة الإيكولوجية وتحسين الملاحة (الإطار 5-11).

وهناك أيضاً أمثلة على الأطر التنظيمية التي تعزز الحلول المستمدة من الطبيعة على الصعيد الوطني، كما يتضح من التجربة في بيو (الإطار 5-12)، التي اعتمد فيها إطار قانوني وطني لتنظيم الاستثمار في البنية التحتية المراعية للبيئة ورصده.

ومن المزايا الرئيسية للحلول المستمدة من الطبيعة الطريقة التي تسهم بها أيضاً في بناء قدرة النظام على الصمود بوجه عام. وكثيراً ما لا تأخذ عمليات تقييم عوائد الاستثمارات في هذه الحلول بعين الاعتبار هذه العوامل الخارجية الإيجابية، تماماً ويندر أيضاً أن تأخذ عمليات تقييم عوائد البنية التحتية الرمادية في الاعتبار العوامل البيئية والاجتماعية السلبية. والواقع البنية التحتية المنشأة لغرض واحد هو توفير المياه في أحد الأماكن قد تؤدي حتى إلى فقدان الإمدادات بالمياه أو جودتها في أماكن أخرى مرتبطة به هيدرولوجياً، كما حدث في سد المضائق الثلاثة الصيني (Zhang et al., 2014).

ويجسد برنامج هولندا ”إفساح حيزٍ للنهر“ تنفيذ الحلول المستمدة من البيئة على نطاق واسع على المستوى الوطني في إطار سياسة أوسع نطاقاً لتحقيق هدف محدد في مجال إدارة المياه - في هذه الحالة التحكم في الفيضانات - إلى جانب أهداف تكميلية من قبيل التخطيط المكاني والحماية البيئية. فقد صُمم هذا البرنامج، الذي بدأ في عام 2009 بميزانية تبلغ 2.5 مليار يورو، لاستصلاح السهول الفيضية الطبيعية للأنهار (أحد الحلول المستمدة من الطبيعة) على طول بعض المساحات غير المعرضة للخطر، وتحويل مسار الأنهار، وإنشاء مناطق لتخزين المياه، من أجل حماية المناطق الأكثر تطوراً على جانبي الأنهار. وقد أتاحت الأراضي الرطبة المستصلحة مساحة تخزين إضافية ووفرت الحماية للتنوع البيولوجي، فضلاً عن تعزيز الفرص الجمالية والترفيهية. وكذلك يصلح هذا البرنامج كمثال على ”الحوكمة المتعددة المستويات“، التي تقوم على التعاون الوثيق بين السلطات الوطنية والمحلية في أثناء مرحلتي تخطيط المشاريع وتنفيذها (Room for the River, n.d.a., n.d.b.).

وتوفر الحلول المستمدة من الطبيعة آلية لتحقيق النهج التشاركية في إدارة استخدام المياه والأراضي، وتسهيل تبادل المعلومات، وفي بعض الحالات الاستفادة من المعارف التقليدية ونهج إدارة الموارد الطبيعية المجربة تاريخياً (مثلاً، الإطاران 5-1 و5-5). ويمكن أن تساعد في إضفاء الطابع الرسمي على الشراكات وتفعيلها فيما بين المجموعات المتباينة على مستوى المجتمع المحلي، بما في ذلك الحكومة الوطنية والمحلية، وأصحاب المصلحة المحليين والمنظمات الأهلية، والقطاع الخاص، والوكالات المانحة، ومن ثم تمكين أفراد المجتمع من تنفيذ الاستثمارات وإحراز النجاحات وتعلم الدروس المستفادة ورصدها والإبلاغ عنها.

قيمة الأصول الطبيعية وأهمية التعاون العابر للحدود في حوض نهر سافا

دخل الاتفاق الإطاري لحوض نهر سافا، الذي صدقت عليه البوسنة والهرسك وسلوفينيا وصربيا وكرواتيا، حيز النفاذ في عام 2004. ويتمثل الهدف الرئيسي من الاتفاق في تعزيز التنمية المستدامة للمنطقة من خلال التعاون العابر للحدود في مجال المياه، فضلاً عن أهداف خاصة فيما يتعلق بإنشاء نظام ملاحية دولي وإدارة المستدامة للمياه والأخطار، ومن ثم الربط بين تطوير الملاحية وحماية البيئة.

وترجع أهمية حوض نهر سافا إلى تميز ما يتسم به من التنوع البيولوجي والمساحات الطبيعية. فهو يستضيف أكبر مجمعات غابات الأخشاب الصلبة على الشطآن الغرينية في أوروبا. ولا يزال جزء كبير من هذه السهول الفيضية سليماً، وهي تدعم التخفيف من حدة الفيضانات والتنوع البيولوجي، إلى جانب القيام بمجموعة متنوعة من خدمات النظام الإيكولوجي. ومناطق تجمع المياه الكبيرة في سافا من أكثر نظم التحكم في الفيضانات فاعلية في أوروبا.

ومواقع رامسار السبعة في حوض نهر سافا معترف بها كمراكز تنسيق لتنمية السياحة البيئية. وإذا أُدريت على نحو مناسب، فإنها يمكن أن تعزز الاقتصادات المحلية والإقليمية مع حماية المناطق الحساسة بيئياً. وتم دمج المناطق المحمية وخدمات النظام الإيكولوجي لحوض نهر سافا في خطة إدارة حوض نهر سافا الأولى (2014)، التي تكمن قوتها الرئيسية في اتفاقها الوثيق مع متطلبات التوجيهات الإطارية بشأن المياه، بما في ذلك الاعتراف الكامل بالحلول المستمدة من الطبيعة في معالجة جميع المسائل الرئيسية لإدارة المياه.

وحوض نهر سافا غني بالنظم الإيكولوجية القيمة المعتمدة على المياه سواء داخل حدود المناطق المحمية أو خارجها. وتؤدي المنخفضات والغابات الغرينية الشاسعة وظائف متعددة وهي ذات أهمية اقتصادية: فهي توفر الأخشاب القيمة، وتخزن كمية كبيرة من الكربون المهم للمناخ وتحول دون تعرية التربة. غير أن هذه الغابات وما تؤديه من خدمات النظام الإيكولوجي تتدهور إذا انخفض مستوى المياه الجوفية. وبالمثل، توفر الأراضي الرطبة في السهول الفيضية بقدرتها الممتازة على تجميع المياه منافع كثيرة للناس طالما تمتعوا بنظام مائي سليم. وحجم الاحتفاظ بالمياه في أراضي سافا الرطبة ممتاز ويخفض ذرى الفيضان عندما تكون مستويات المياه مرتفعة، مما يتسبب في آثار إيجابية كبيرة عابرة للحدود على نظام الفيضان. وهذه الأراضي الرطبة هي أيضاً مصدر للمياه في أثناء فترات الجفاف، وهو أمر ذو أهمية متزايدة نتيجة لتغير المناخ. وتقوم أراضي سافا الرطبة أيضاً بتنقية المياه، وهي ميزة لا ينبغي الاستهانة بها نظراً إلى عدم توافر محطات معالجة فعالة. ومن شأن الاستعاضة عن هذه الوظائف بالبنى التحتية "الرمادية" أن تكون باهظة التكلفة. وتوفر الإدارة الفعالة لهذه المناطق حلاً يربح فيه الجميع من خلال تحقيق الأهداف البيئية للتوجيهات الإطارية بشأن المياه فضلاً عن الأهداف المتعددة لإدارة المياه.

إعداد: (Dragana Milovanović (ISRBC).

قانون آليات المكافآت مقابل خدمات النظم الإيكولوجية (بيرو)

قانون آليات المكافآت مقابل خدمات النظم الإيكولوجية لعام 2014 في بيرو هو أول إطار تنظيمي على المستوى الوطني خاص باستثمار البنية التحتية المراعية للبيئة في قطاع إمدادات مياه الشرب والصرف الصحي في أمريكا اللاتينية. والهدف الرئيسي من هذا القانون هو تعزيز وتنظيم ومراقبة آليات المكافآت في مقابل خدمات النظام الإيكولوجي، التي تعرّف بأنها نظم وأدوات وحوافز لتوليد موارد اقتصادية وتوجيهها ونقلها واستثمارها، عندما يدخل القائمون على النظم الإيكولوجية في اتفاق مع الذين يدفعون مقابل خدماتها، أو مقابل الحفاظ على مصادر هذه الخدمات وإصلاحها واستخدامها المستدام (UNECLAC, 2015). ويتمثل الغرض من آليات المكافآت في ضمان دوام المنافع الناتجة عن النظم الإيكولوجية في المستقبل. وبموجب هذا القانون، يمكن للقائمين على خدمات النظام الإيكولوجي أن يحصلوا على مكافآت تتوقف قيمتها على تنفيذ تدابير لحفظ مصادر خدمات النظام الإيكولوجي وإصلاحها واستخدامها المستدام. وقد يمثل ذلك في حفظ المناطق الطبيعية، أو إصلاح منطقة عانت من ضرر أو تدهور بيئي، أو اتخاذ تدابير لتحويل مصادر خدمات النظام الإيكولوجي إلى استخدامات مستدامة. وقد وافقت 12 مدينة بالفعل، في الوقت الحالي، على تعريفات تشمل استثمارات مستجمعات المياه (Bennett and Ruef, 2016).

من المزايا الرئيسية للحلول المستمدة من الطبيعة أيضاً الطريقة التي تسهم بها في بناء قدرة النظام على الصمود بوجه عام

ورغم أن كثيراً من الأطر المعنية إما أن تلزم بالنظر في الحلول المستمدة من الطبيعة أو تمكّن من ذلك، فإن القرارات النهائية تتوقف في كثير من الأحيان على إجراء دراسة أكثر تفصيلاً لتكاليف مختلف الخيارات وفوائدها. ومن السمات البارزة لإعداد الأطر القانونية/التنظيمية في الآونة الحديثة تشديد هذه الأطر (سواء أتم الإلزام به قانوناً أم لا) على ضرورة أن تؤخذ في الحسبان جميع الفوائد، وليس فقط مجموعة ضيقة من النتائج الهيدرولوجية، لدى تقييم خيارات الاستثمار. وهذا يتطلب اتباع نهج منظم تفصيلي لتقييم التكاليف والفوائد، وهو أمر ممكن وسيؤدي إلى تحسين عملية اتخاذ القرار والأداء العام للنظم (الإطار 5-13).

الإطار 5-13

يمكن لعمليات التقييم الكلية والكمية التي تمكن من المقارنة بين خيارات الاستثمار المتشابهة في البنى التحتية أن تعزز الحلول المستمدة من الطبيعة

تنظر استراتيجية الموارد المائية الوطنية في جنوب أفريقيا لعام 2013 بوضوح في البنية التحتية الإيكولوجية والبنية التحتية المنشأة باعتبارهما عنصرين يدعم كل منهما الآخر في نهج متكامل لإدارة المياه. بيد أن الاستثمار في البنية التحتية الإيكولوجية يتطلب فهماً شاملاً لسبل حصول المجتمع على أكبر الفوائد من الدورة الهيدرولوجية والخدمات التي توفرها مناطق مستجمعات المياه ولأماكن وأوقات حصوله عليها. وللحصول على معلومات كمية أفضل عن أداء مختلف الخيارات، قورن خياران من خيارات البنية التحتية الإيكولوجية (إزالة منصات كبيرة من النباتات الغريبة الغازية، وزراعة الأشجار وإصلاح الأراضي العشبية والغابات المحلية) بأداء البنية التحتية الرمادية داخل مستجمعين للمياه في جنوب أفريقيا وفيما بينهما.

وكان الاستثمار السابق قد استهدف إصلاح أدغال شبه استوائية محلية على منحدرات التلال أصابها التعرية من جراء رعي الماشية. ويمكن أن يقلل تزايد الغطاء النباتي في مستجمعات المياه من متوسط كمية المياه السنوية بسبب زيادة التبخر. غير أن الملاحظات على المخططات البيانية أوضحت أن إصلاح الأدغال يزيد من اعتراض الغطاء الشجري للتساقط، وشرح التربة وقدرتها على التوصيل، والاحتفاظ برطوبة التربة، ويمكن أن يكون له أيضاً آثار كبيرة مرغوب فيها في أسفل المجرى، مثل انخفاض شدة الفيضانات، وربما زيادة التدفق الأساسي ومن ثم زيادة استدامة التدفقات وموثوقيتها وقيمتها خلال موسم الجفاف. ويمكن أن يؤدي إصلاح الأدغال على سفوح التلال المتدهورة إلى خفض الجريان السطحي بمقدار النصف وتقليل فقدان الرواسب من منحدر التلال إلى السدس، مما يشير إلى أن هناك مكاسب هيدرولوجية هامة يمكن جنيها من خلال تدخلات محددة لإصلاح البنية الأساسية الإيكولوجية ذات الأولوية والحفاظ عليها وحمايتها.

وقد استخدمت المنهجية المتبعة لمحاولة الحصول على معلومات كمية لمقارنة الخيارات قيماً مرجعية لوحدة التكاليف الاقتصادية لزيادة كمية إمدادات المياه. وتراوحت هذه النسبة بين 1.7 و2.50 راند للبنية التحتية الإيكولوجية، اعتماداً على تدابير الإصلاح المختارة وموقعها، مقارنة بتكاليف قدرها 0.46 راند - 3.79 راندات للسدود القائمة ولكن 4.56 راندات - 9.01 راندات للبنية التحتية البديلة الجديدة الرمادية لزيادة الإمدادات. ومن ثم فقد تحققت مكاسب كبيرة في إمدادات المياه من خلال البنية التحتية الإيكولوجية، والأهم من ذلك، أن الزيادات في التدفق الأساسي ساهمت في زيادة الإمدادات في موسم الجفاف.

وقد اقتصر التقييم المذكور آنفاً على تناول فوائد الاستثمار في البنية التحتية الإيكولوجية من حيث إمدادات المياه (الكمية) وأحمال الرواسب المخففة. ومن المزايا المهمة لإصلاح وحماية النظم الإيكولوجية الفاعلة ما توفره تلك النظم من فوائد إضافية متعددة عند مقارنتها بمرافق البنية التحتية المنشأة لغرض واحد. فتحسين البنية التحتية الإيكولوجية يمكن أن يحسّن أيضاً جودة المياه، وخدمات التلقيح في الأراضي الزراعية المجاورة، وقيم الرعي، والحصول على النباتات الطبية، مع الحد من شدة الفيضانات وأضرارها، وإزالة ثاني أكسيد الكربون من الغلاف الجوي، وزيادة المنتج من حيوانات الصيد والإنتاج الحيواني، وتوفير فرص السياحة البيئية، والنهوض بالمساحات الترفيهية والثقافية.

وتبين عمليات التقييم المفصلة المضطلع بها، باستخدام مقارنات هيدرولوجية واقتصادية متسقة بين خيارات الاستثمار في البنية التحتية لموارد المياه، أن إصلاح البنية التحتية الإيكولوجية يمكن أن يؤدي إلى تحسين الأمن المائي، ودعم البنية التحتية المبنية، وتوفير منافع أخرى في الوقت نفسه، بما في ذلك إمكانية استحداث فرص عمل لم تتحقق بعد، وأنه يتسم بالجدوى المالية وفعالية التكلفة.

المصدر: (Mander et al. (2017



6

التمكين من الإسراع
بالأخذ بالحلول
المستمدة من الطبيعة



مرفق إدارة شؤون المياه التابع لبرنامج الأمم المتحدة الإنمائي - معهد المياه الدولي في ستوكهولم | جوش واينبرغ

برنامج الأمم المتحدة الإنمائي | ماريان كيلين

برنامج اليونسكو العالمي لتقييم الموارد المائية | ديفيد كوتس

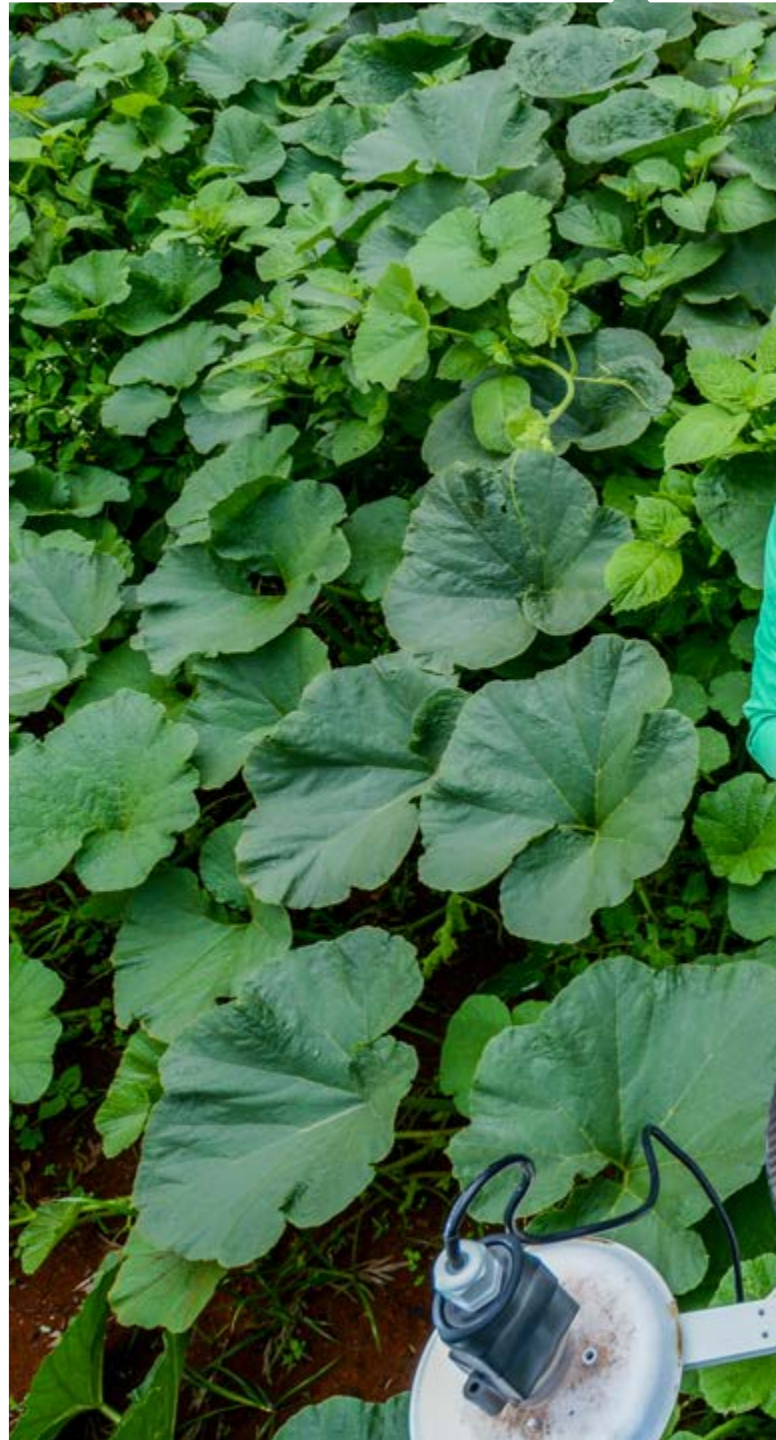
بمساهمة¹⁴: فلورين ثيفينون ولينكا كروكوفا (منظمة واترليكس)؛ وكريستوفر ريموند (الجامعة الزراعية السويدية)؛ وجون ه. ماثيوز (تحالف التكيف العالمي للمياه)؛ وتاتيانا فيدوتوفا (المجلس العالمي للأعمال التجارية من أجل التنمية المستدامة)؛ وماريا تيريزا غوتيريس (منظمة العمل الدولية)؛ وهاكان تروب وصوفيا ويدفورش (معهد المياه الدولي في ستوكهولم)؛ وأيدا كاراجانوفا (اللجنة الاقتصادية والاجتماعية لآسيا والمحيط الهادئ).

1-6 المقدمة

يتضمن هذا الفصل تقييماً للتحديات التي تواجه تنفيذ الحلول المستمدة من الطبيعة وتعيق بلوغها إمكاناتها الكاملة للمساهمة في الإدارة المستدامة للمياه. وقد جرى بحث هذه التحديات عند إعداد الفصل الثاني إلى الخامس من هذا التقرير وكانت متسقة إلى حد ما فيما بينها. وبالتالي، فقد أدمجت في هذا الفصل المعلومات الواردة في الفصل الثاني إلى الخامس، فضلاً عن المعلومات المستمدة من استعراضات أخرى للموضوع، ومنها (Bennett and Ruef (2016 و Davis et al. (2015، ومصادر أخرى على النحو المشار إليه لاحقاً. وهذه التحديات عالمية/عامة، وخاصة بمناطق محددة وتوجد في أماكن معينة، وكثيراً ما تنطبق على الحلول المستمدة من الطبيعة بوجه عام. وهي تشمل ما يلي:

- الهيمنة الغالبة لحلول البنية التحتية الرمادية لإدارة المياه في أدوات الإدارة الحالية. وتوجد هذه الهيمنة أيضاً في توجه الأسواق الاقتصادية، وخبرات مقدمي الخدمات، ومن ثم في أذهان واضعي السياسات وعامة الجمهور. وتؤدي هذه العوامل مجتمعة إلى تكاسل عام عن تطوير الحلول المستمدة من الطبيعة واستخدامها وإلى تحيز ضد هذه الحلول، التي يُنظر إليها في كثير من الأحيان على أنها أقل كفاءة من النظم المنشأة (الرمادية). والخلل في التوازن كبير. فالبيانات المقدمة في الفصل الخامس، مثلاً، رغم عدم توافر أرقام دقيقة، تشير إلى أن الاستثمارات المباشرة الحالية في الحلول المستمدة من الطبيعة، بالرغم من تزايد المخصصات المعتمدة لهذه الحلول في بعض البلدان والمناطق، تبدو أقل من 1 في المائة (على مستوى العالم)، وربما تكون أقرب إلى مستوى 0.1 في المائة فقط، من إجمالي الاستثمار في البنية التحتية للموارد المائية وإدارتها.
- قصور الوعي والإعلام والمعرفة بما يمكن أن تقدمه الحلول المستمدة من الطبيعة بالفعل للحد من مخاطر تقلبات المياه وتحسين جودة المياه وتوافرها، مقارنة بالحلول الرمادية التقليدية - على جميع المستويات من المجتمعات المحلية إلى المخططين الإقليميين وواضعي السياسات الوطنية.

جمع البيانات المتعلقة بمياه الأمطار في مستجمع مياه نهر تانا (كينيا)



14 يود المؤلفون أيضاً أن يشكروا بني ستوك وليسا فارواي وساسكيا مارونينسن، من البرنامج الإنمائي، ونيل كولز من جامعة ليدز، على ما أبدوه من تعليقات قيّمة.

لا تحتاج الحلول المستمدة من الطبيعة بالضرورة إلى موارد مالية إضافية ولكنها تنطوي عادة على إعادة توجيه التمويل الحالي واستخدامه استخداماً أكثر فعالية

ومن المتطلبات الهامة في معظم المجالات أن توجد قاعدة معارف محسّنة، وفي بعض الحالات قاعدة علمية أكثر قوة. ويلزم أن تترجم المعارف وأن تُنشر في شكل ملائم للمستخدمين: مثلاً، كمبادئ توجيهية تسمح بتفسيرات محددة للحلول المستمدة من الطبيعة في تطبيق اللوائح القائمة. ويمكن أن يساعد وضع سياسات أو لوائح وخطط جديدة أو إصلاح الموجود منها بالفعل على دفع عجلة هذه العملية.

2-6 الاستفادة من التمويل

لا تحتاج الحلول المستمدة من الطبيعة بالضرورة إلى موارد مالية إضافية ولكنها تنطوي عادة على إعادة توجيه التمويل الحالي واستخدامه على نحو أكثر فعالية. وتشير التقديرات إلى أن الأمر يحتاج إلى زهاء 10 تريليونات دولار أمريكي في البنية التحتية لموارد المياه بين عامي 2013 و2030 (Dobbs et al., 2013). وبالتالي، تتمثل إحدى القضايا الرئيسية في الكيفية التي يمكن أن تسهم بها الحلول المستمدة من الطبيعة في تخفيف عبء الاستثمار هذا عن طريق تحسين أوجه الكفاءة الاقتصادية والبيئية والاجتماعية في نتائج الاستثمار. غير أن هناك مؤشرات على تزايد الاستثمارات في هذه الحلول (انظر القسم 2-5). وعلى سبيل المثال، تم استثمار ما يقدر بـ 25 مليار دولار أمريكي في البنية التحتية للمياه للبيئة للمياه في جميع أنحاء العالم في عام 2015، بزيادة سنوية في الاستثمار تقدّر بأكثر من 11 في المائة عن العام السابق (Bennett and Ruef, 2016). ومن بين العوامل الدافعة لهذا التقدم الاعتراف المتزايد بأن نشر النهج المستمدة من الطبيعة يمكن أن يوجد الحلول على نطاق النظام عن طريق التوليد الأمثل لخدمات النظم الإيكولوجية من أجل جعل الاستثمارات أكثر استدامة وفعالية من حيث التكلفة مع مرور الوقت. ومن ثم، وكما هو موضح في الفصول السابقة، يوجد اهتمام متزايد من جانب الأوساط العلمية والسياسية والتمويلية بصقل المعارف المتعلقة بكيفية تصميم الحلول المستمدة من الطبيعة وزيادة رأس المال الاستثماري لوضعها موضع التنفيذ. ومن العناصر الأساسية في تحقيق هذه النتيجة، اتباع نهج محسّنة وأكثر شمولاً وابتكاراً للتمويل.

ولاحظ ديفيز وآخرون (Davis et al. (2015)) عدم وجود آليات تمويل محددة للاستثمار في الحلول المستمدة من الطبيعة. غير أنه يجري إنشاء مجموعة متنوعة من الصكوك والنُهج التمويلية للقيام باستثمارات في هذه الحلول توفر قيمة للمجتمع. وعُرضت في الفصل الخامس عدة أمثلة لنهج تمويلية تستند إلى دفع مقابل لخدمات مستجمعات المياه. ووجد بينيت ورويف (Bennett and Ruef (2016)) أن الاستثمار في مستجمعات المياه يتم في الغالب على المستوى المحلي، وأن ما يقرب من 90 في المائة من تلك الاستثمارات تأتي عن طريق برامج حكومية لدعم ملاك الأراضي مباشرةً بمبالغ لكي يتخذوا إجراءات لحماية مستجمعات المياه. ويظهر سوق "السندات الخضراء" الناشئ إمكانات واعدة لتعبئة تمويل الحلول المستمدة من الطبيعة، ويوضح بوجه خاص أن هذه الحلول يمكن أن يكون أدائها جيداً عند تقييمها وفقاً لمعايير الأداء الاستثماري الموحدة الصارمة (الإطار 6-1). وفي هذا المجال، أشارت مبادرة سندات المناخ¹⁵ إلى أن أسواق السندات العالمية الخضراء والمتعلقة بالمناخ يمكن أن يكون لها دور موسع في التأثير على رأس المال الخاص، وتمكينه، والمساعدة على الاستفادة منه للاستثمار في الحلول المستمدة من الطبيعة والبنية

• عدم فهم الطرق لإدماج البنية التحتية المراعية للبيئة والرمادية على نطاق واسع، والافتقار العام إلى القدرة على تنفيذ الحلول المستمدة من الطبيعة في سياق المياه.

• الأساطير و/أو عدم اليقين بشأن كيفية عمل البنية التحتية الطبيعية، وما تعنيه خدمات النظام الإيكولوجي من الناحية العملية.

• الصعوبات في تقديم عمليات تقييم واضحة لأداء المشاريع المرتبطة بالحلول المستمدة من الطبيعة. وكذلك ليس من الواضح تماماً، في بعض الأحيان، ما الذي يمثل حلاً من هذه الحلول وماذا يكون الحل المختلط. وهناك نقص في المبادئ التوجيهية التقنية والأدوات والنهج لتحديد المزيج الصحيح من الحلول المستمدة من الطبيعة وخيارات البنية التحتية الرمادية.

• وهناك أيضاً مسألة الأرض التي تستخدمها بعض الحلول المستمدة من الطبيعة واحتمال وجود توتر وربما تضارب مع الاستخدامات البديلة للأراضي، على الرغم من أن البنية التحتية الرمادية كذلك كثيراً ما تكون مستهلكة للأراضي مباشرة أو يمكن أن يكون لها آثار سلبية غير مباشرة على الأرض، وأن بعض الحلول المستمدة من الطبيعة لا تحتاج (تقديرياً) إلا لنسب لا تُذكر من منطقة حوض النهر لتحقيق آثار على مستوى الحوض بأسره. وهذا الأمر يتطلب أيضاً مشاركة كثير من أصحاب المصلحة، مثل ملاك الأراضي المستقلين، مما قد يزيد من تعقيد التنفيذ.

وتتطلب الردود اللازمة على التحديات التي تم تحديدها أساساً تهيئة الظروف التمكينية الصحيحة للنظر بصورة عادلة في الحلول المستمدة من الطبيعة بجانب الخيارات الأخرى لإدارة موارد المياه. ومن المجالات المترابطة التي يلزم فيها تحسين الظروف التمكينية، التمويل، والبيئة التنظيمية والقانونية، والتعاون المشترك بين القطاعات، بما في ذلك تنسيق السياسات في مختلف مجالات التنمية، وقاعدة المعارف التي تدعم الحلول المستمدة من الطبيعة. فيتعيّن أن يتلاءم تطبيق هذه الحلول مع هياكل الحوكمة القائمة (أو المعدلة حديثاً) في المواقع التي تطبّق فيها. ويلزم أن تتوافر بيانات تمكينية قوية، تدعمها السياسات والخطط والتمويل. وينبغي أن تكون الأطر القانونية والتنظيمية داعمة أو على الأقل محايدة من أجل التمكين من الأخذ بالحلول الواعدة المستمدة من الطبيعة. وقد توجد في الأطر الوطنية بالفعل أحكام لتشجيع النهج القائمة على النظم الإيكولوجية أو إجراءات مستدامة يمكن أن تدعم زيادة تنفيذ الحلول المستمدة من الطبيعة. ولا غنى عن التعاون الشامل لعدة قطاعات (بين الوزارات، مثلاً) لتنفيذ معظم هذه الحلول على أي نطاق.

15 مبادرة سندات المناخ هي منظمة دولية غير هادفة للربح تركز على المستثمرين. انظر الموقع www.climatebonds.net/about

تمويل التكيف في مجال المياه: ظهور السندات الخضراء وسندات المناخ للمياه

بدأ بنك الاستثمار الأوروبي والبنك الدولي في عام 2007 بإصدار "السندات الخضراء" (التي أصبحت تعرف أيضاً باسم "سندات المناخ") كآلية قروض للتدليل على المزايا الاقتصادية للاستثمارات والأصول الإيجابية بيئياً. وتختلف "السندات الخضراء" عن السندات العادية في أنها تدل على الالتزام باستخدام الأموال التي يتم جمعها حصرياً لتمويل أو إعادة تمويل مشاريع أو أصول أو أنشطة تجارية مفيدة بيئياً (ICMA, 2015)، في حين يشير سند المناخ على نحو أكثر تحديداً إلى الأصل أو المشروع الذي يركز على التخفيف من حدة تغير المناخ أو التكيف معه. وكثير من مشاريع البنية التحتية للمياه على الصعيدين الوطني ودون الوطني يجري تمويلها من خلال السندات. ومن السهل في البلدان المتقدمة أن تبلغ قيمة السند الواحد لكيانات من قبيل مرافق مياه المدن إلى عدة مئات من ملايين الدولارات الأمريكية.

وظلت السندات الخضراء وسندات المناخ، باعتبارها فئة استثمارية، محصورة في سوق متخصصة نسبياً ومحدودة التأثير إلى نحو عام 2013. وفي ذلك العام، تضاعفت الإصدارات ثلاث مرات لتبلغ زهاء 10 مليارات دولار أمريكي بعد أن بدأت مؤسسات التمويل التجاري والشركات في الترويج للسوق. وتسارعت هذه الاتجاهات في عام 2014 (35 مليار دولار أمريكي) وتجاوزت 80 مليار دولار أمريكي في عام 2016، مما يبدو موثقاً في ضوء الدعوة التي وجهها اتفاق باريس من خلال اتفاقية الأمم المتحدة الإطارية بشأن تغير المناخ للوصول بتمويل المناخ إلى 100 مليار دولار أمريكي بحلول عام 2020 (CBI, 2017). ورغم أن مجموعة المتعاملين مع السوق نمت بسرعة، فقد طُرحت معظم السندات في البداية مع أدلة محدودة على وجود ضمانات. وعلاوة على ذلك، فإن حساسية الاستثمارات المرتبطة بالمياه لتأثيرات المناخ أبرزت الحاجة إلى أن تدل هذه الاستثمارات على القوة وكفاءة التكيف مع المناخ. وفي عام 2014، قام اتحاد للمنظمات غير الحكومية - يضم ائتلاف للاقتصادات المسؤولة بيئياً، ومبادرة سندات المناخ، ومعهد الموارد العالمية، ومشروع الكشف عن الكربون، ومعهد المياه الدولي في ستوكهولم، وتحالف التكيف العالمي للمياه - بتنظيم مجموعة من الأفرقة العاملة التقنية والصناعية اضطلعت بتحديد معايير الدرجات التقييمية لجهات الإصدار وجهات التحقق من أجل توفير الثقة للمستثمرين في سوق سندات المناخ والسندات الخضراء، مستفيدة في ذلك من أكثر من 100 خبير في النظم الإيكولوجية المائية والهندسة والحوكمة والاقتصاد البيئي والهيدرولوجيا. وتقيم هذه المعايير إمكانات السندات فيما يتعلق بالتكيف مع المناخ فضلاً عن تأثيرها البيئي بناءً على أحدث الأدلة والدراسة العلمية لتقييم حلول الإدارة القوية والمرونة للمياه (Walton, 2016).

واستهدفت المرحلة الأولى من العمل استثمارات البنية التحتية "الرمادية" التقليدية للمياه مع استبعاد الطاقة الكهربائية المائية، بينما ركزت المرحلة الثانية على استخدام الحلول المستمدة من الطبيعة وكذلك على معايير الطاقة الكهربائية المائية. وتعمل هذه المعايير، من نواح كثيرة، على سد الفجوات في المعرفة والوعي بين الدوائر التقنية لإدارة المياه وجامعي التمويل والمستثمرين. وعلى هذا النحو، تعمل المعايير بمثابة أداة تواصل قوية بشأن القضايا المحيطة بالمرونة والأصول المائية (Michell, 2016). ويمثل الإصدار الناجح في عام 2016 لأول سند تم تقييمه وفقاً لهذا المعيار تحولاً بيئياً في وعي المستثمرين،** واكبت ردود فعل ملحوظة من الصحافة المعنية بتمويل التنمية والمستثمرين وإدارة المياه (Lubber, 2016)، ومن المؤسسات العامة الرئيسية (على سبيل المثال، ترويج الولايات المتحدة الأمريكية معيار مبادرة سندات المناخ ليوم المياه العالمي لعام 2016***). وفي غضون عام من وضع اللامسات الأخيرة على معايير المرحلة الأولى، كان قد تم إصدار ما يزيد عن 1 مليار دولار أمريكي استناداً إلى المعيار، بما في ذلك الإصدار الأفريقي الأول من كيب تاون، وأيدت شركة كي بي إم جي KPMG أسلوب التقييم. لقد قطع هذا المعيار شوطاً نحو سد الفجوات بين الأوساط المعنية بتغير المناخ والمياه والتمويل.

إعداد: John H. Matthews (AGWA)

* كان يعرف سابقاً باسم مشروع الكشف عن الكربون

** www.waterworld.com/articles/2016/05/san-francisco-public-utilities-commission-issues-world-s-first-certified-green-bond-for-water-infrastructure.html

*** www.ooskanews.com/story/2016/03/agwa-presents-two-new-initiatives-white-house-water-summit_170615

الإيكولوجية رأس مال طبيعي، يعرفه بروتوكول رأس المال الطبيعي¹⁶ بأنه مخزون الموارد الطبيعية المتجددة وغير المتجددة (مثل النباتات والحيوانات والهواء والماء والتربة والمعادن) التي تجتمع لتنتج تدفقاً من المنافع للناس. ويوفر بروتوكول رأس المال الطبيعي طريقة موحدة ولكنها مناسبة للغرض، وتستخدمها العديد من الشركات في جميع أنحاء العالم، لقياس رأس المال الطبيعي وتحديد قيمته ودمجه في العمليات التجارية من أجل دعمها في إعداد الاستراتيجيات وخطط الاستثمار والعمل. غير أن الشركات كثيراً ما تفتقر إلى الخبرة الداخلية، بل وقد لا تكون في بعض الأحيان على دراية بالحلول المستمدة من الطبيعة وفعالية تلك الحلول. وللتغلب على هذه العوائق، يمكن للشركات أن تدرب

التحتية المراعية للبيئة. ولا يزال من التحديات الحرجة تحسين الفهم داخل القطاع المالي لطرق تنفيذ ذلك، ولكن هناك أدلة على حدوث تحول في هذا الصدد.

وكذلك يمكن تحفيز القطاع الخاص وتوجيهه نحو تعزيز الحلول المستمدة من الطبيعة في المناطق التي يعمل فيها. وتهتم مؤسسات الأعمال اهتماماً متزايداً بالاستثمار في رأس المال الطبيعي وإدارة الحلول المستمدة من الطبيعة حين تدفعها إلى ذلك دراسة جدوى مقنعة. ومن العوامل الدافعة للأعمال التجارية إلى الأخذ بهذه الحلول الموارد المحدودة والمتطلبات التنظيمية وتغير المناخ والظواهر المناخية القاسية وشواغل الجهات صاحبة المصلحة والفوائد المالية المباشرة والمكاسب التي تجنيها من المنافع المشتركة البيئية والاجتماعية في التشغيل والمال والسمعة (WBCSD, 2015a). وتسلم الحلول المستمدة من الطبيعة بأن النظم

16 للاطلاع على مزيد من المعلومات عن رأس المال الطبيعي وبروتوكول رأس المال الطبيعي، انظر naturalcapitalcoalition.org/protocol



ويوفر تحسين أساليب تقييم النظم الإيكولوجية والموارد الطبيعية الأدوات اللازمة لتعميم الحلول المستمدة من الطبيعة في عمليات اتخاذ القرار. فعلى سبيل المثال، يتيح نهج محاسبة الثروات وتقييم خدمات النظام الإيكولوجي (WAVES) اتخاذ قرارات أكثر استنارة بشأن البنية التحتية وتنظيم جودة المياه وكميتها في نظم المحاسبة الوطنية (World Bank, n.d.).

وتمثل الزراعة مجالاً هاماً لتمويل مواصلة الأخذ بالحلول المستمدة من الطبيعة، بيد أنه من الصعب تقييم الاستثمارات الحالية والمحتملة، لأنها عادة ما تكون جزءاً لا يتجزأ من استثمارات أوسع نطاقاً في تحسين الاستدامة الزراعية. وقد قامت بلدان منظمة التعاون الاقتصادي والتنمية وحدها مجتمعاً بتحويل مبلغ سنوي قدره 601 مليار دولار أمريكي في المتوسط للمنتجين الزراعيين في السنوات 2012-2014، وأنفقت 135 مليار دولار أمريكي إضافية على الخدمات العامة التي تدعم الأداء العام للقطاع. وبدأت بعض الاقتصادات الناشئة الكبيرة في الوصول إلى مستوى متوسط الدعم الذي تقدمه دول منظمة التعاون الاقتصادي والتنمية (OECD, 2015b). غير أن معظم الإعانات الزراعية، وربما أغلبية التمويل العام وكل استثمارات القطاع الخاص تقريباً في أغراض البحث والتطوير الزراعيين، تدعم التكثيف الزراعي التقليدي الذي يزيد من انعدام الأمن المائي (FAO, 2011b). أما تعميم مفهوم التكثيف الإيكولوجي المستدام للإنتاج الزراعي، الذي ينطوي أساساً على نشر الحلول المستمدة من الطبيعة (الأساليب المحسنة لإدارة التربة والمساحات الطبيعية)، فلا يمثل الطريق المعترف به للمضي قدماً فحسب من أجل تحقيق الأمن الغذائي (FAO, 2014a)، ولكنه أيضاً سيمثل تقدماً كبيراً في تمويل الحلول المستمدة من الطبيعة.

ويمكن أن يفعل التمويل ما هو أكثر من مجرد توجيه الاستثمارات. فيمكنه أيضاً توجيه إعداد المشاريع نحو الحلول المستمدة من الطبيعة المربحة والملائمة. فالحكومات تصدر بانتظام توجيهات لصناديق الاستثمار الحكومية وصناديق الثروة السيادية والأدوات المماثلة لإيجاد وسائل لفرز الاستثمارات تدعم الاقتصاد المستدام. ويمكن أن ينطبق الشيء نفسه على الاستثمارات الخضراء. ومن خلال إصدار تكليفات خضراء، يبعث واضعو السياسات إلى مُصدري السندات بإشارة تفيد بوجود طلب قوي على إصدارهم من السندات الخضراء (CBI, n.d.). ويمكن أن تكون التجارب المستمدة من السوق والأدوات المختلطة مع السندات الخضراء مفيدة للجهات الفاعلة الأخرى في القطاع المالي فتتضمن إليها أو تكررهما في جميع أنحاء العالم وتصبح هي أيضاً رائدة، تقوم بفحص الخيارات المختلفة لأدوات الاستثمار التي يمكن أن تدعم الحلول المستمدة من الطبيعة على نحو فعال في السياقات المختلفة. ومن شأن المزيد من التنسيق وتبادل المعارف والاشتراك في إعداد معايير متشابهة فيما بين السندات والصكوك الخضراء وغيرها أن يكون له أثر إيجابي عميق في تسريع تدفقات رأس المال المتوافر إلى الحلول المستمدة من الطبيعة، ومن المحتمل أن يجعل هذه الاستثمارات تحقق عائدات وقيمة أفضل للمجتمع.

ويمثل تقييم المنافع المشتركة للحلول المستمدة من الطبيعة (من خلال تحليل أكثر شمولاً للتكلفة والعوائد) خطوة أساسية في تحقيق كفاءة الاستثمارات والاستفادة من الموارد المالية في قطاعات متعددة. فهذه الحلول، مثلاً، تمثل حلاً رئيسياً لمواجهة حالات العجز في الاحتياجات المتوقعة لتمويل حفظ التنوع البيولوجي من خلال إعادة توجيه الاستثمارات القائمة، لا سيما في البنية التحتية لإدارة المياه والتنمية الزراعية (UNDP/BIOFIN, 2016). ويلزم أن تؤخذ جميع الفوائد، وليس مجرد مجموعة ضيقة من النتائج الهيدرولوجية، في الحسبان في عمليات تقييم خيارات الاستثمار. وهذا يتطلب اتباع نهج منظم تفصيلي، ولكنه

يُظهر سوق "السندات الخضراء" الناشئ إمكانات واعدة لتعبئة تمويل الحلول المستمدة من الطبيعة، ويوضح بوجه خاص أن هذه الحلول يمكن أن يكون أدائها جيداً عند تقييمها وفقاً لمعايير الأداء الاستثماري الموحدة الصارمة

الموظفين، إما بالاشتراك مع منظمة مستقلة أو باستخدام الأدلة الموجهة للشركات. فدورة التدريب على البنية التحتية الطبيعية للأعمال¹⁷، على سبيل المثال، التي ينظمها المجلس العالمي للأعمال التجارية من أجل التنمية المستدامة بالتعاون مع برنامج الأمم المتحدة للبيئة وبدعم من المنظمة الدولية المعنية بالأراضي الرطبة وشركتي "أركاديس" وشل، هي مورد مفيد ومجاني مشتق من الخبرة العملية للشركات في العمل مع الحلول المستمدة من الطبيعة. ويمكن للشركات أيضاً أن تضع إطاراً تنظيمياً لهذه الحلول يمكن تطبيقه على مهام الأعمال التجارية المختلفة (كالمعاملات، والتمويل، والعلاقات بالمستثمرين، وما إلى ذلك) لتحديد كيفية مساهمتها في الحلول المستمدة من الطبيعة. وهذا من شأنه أن يساعد على تسهيل فهم تلك الحلول في الوظائف المختلفة وقيمتها المضافة المحتملة، بما في ذلك الفوائد المالية المباشرة. ويمكن للأعمال التجارية أيضاً أن توسع نطاق الشراكات في مجال التطوير المشترك للحلول المستمدة من الطبيعة. ويمكن أن يساعد التعاون مع المجتمعات المحلية المجاورة والمنظمات غير الحكومية الشركات في الحصول على الترخيص الاجتماعي لها بإدارة ومضاعفة المنافع المشتركة الاجتماعية والبيئية التي يمكن الحصول عليها من هذه الحلول.

ومرفق تمويل رأس المال الطبيعي هو أداة مالية تجمع بين تمويل البنية الأوروبي للاستثمار وتمويل المفوضية الأوروبية في إطار برنامج الأداة المالية للبيئة (LIFE)، وهو أداة الاتحاد الأوروبي لتمويل العمل المتعلق بالبيئة والمناخ¹⁸. ويوفر هذا المرفق الدعم المالي للمشاريع التي تركز على التنوع البيولوجي وخدمات النظم الإيكولوجية التي تدر إيرادات أو توفر التكاليف. ويرمي المرفق في القيام بذلك إلى إقناع السوق والمستثمرين المحتملين بجاذبية عمليات التنوع البيولوجي والتكيف مع المناخ من أجل تعزيز الاستثمارات المستدامة من القطاع الخاص.

17 للاطلاع على مزيد من المعلومات عن برنامج التدريب على البنية التحتية الطبيعية للأعمال التجارية، انظر www.naturalinfrastructureforbusiness.org/resources/#training

18 للاطلاع على مزيد من المعلومات عن مرفق تمويل رأس المال الطبيعي، انظر www.eib.org/products/blending/ncff/index.htm

سيؤدي إلى تحسينات كبيرة في اتخاذ القرار والأداء العام للنظام. ويطرح ماندر وآخرون (Mander et al. (2017)، على سبيل المثال، أداة أو منهجية مفيدة لإجراء عمليات تقييم أكثر شمولاً للنتائج الهيدرولوجية وغيرها من نتائج خيارات الاستثمار من شأنها أن تفيد هذه الخيارات كثيراً، وتبين أن المنافع المشتركة للحلول المستمدة من الطبيعة يمكن أن تحول قرارات الاستثمار في كثير من الأحيان لصالحها (انظر الإطار 5-13).

ومع ذلك، لا تزال هناك فجوة كبيرة بين كيفية تقييم الأوساط التجارية والمالية لأهمية دعم الاستثمار الحكيم في الحلول المستمدة من الطبيعة، وقدرتها الحالية على تعبئة الاستثمار في مشاريع عملية وفي التخطيط للتنمية (CBI, 2017). وهناك تحد هائل، يشاهد على جميع المستويات (الوطنية والإقليمية والعالمية)، يتمثل في الفجوة بين رأس المال المحتمل أن يتوافر للاستثمار والمشاريع المربحة التي تدعمها هيئات تنفيذ قادرة على القيام بها. وكثيراً ما ينتج هذا جزئياً عن عدم التطابق في المعارف والقدرات بين مجموعات أصحاب المصلحة - فالذين لديهم معرفة تقنية بالحلول المستمدة من الطبيعة كثيراً ما يفتقدون المعرفة بشأن التمويل المتاح ومتطلبات الوصول إليه، والعكس صحيح، فكثيراً ما لا يعرف المتخصصون في شؤون المال أو يقدرون الحلول المستمدة من الطبيعة. ومن الواضح أن تحسين التواصل بين هاتين الفئتين سيكون عاملاً رئيسياً للإسراع في التقدم.

3-6 تمكين البيئة التنظيمية والقانونية

1-3-6 الأنظمة والأطر الوطنية والإقليمية

لاحظ ديفيز وآخرون (Davis et al. (2015) أن البيانات التنظيمية والقانونية الحالية للمياه تم إعدادها إلى حد بعيد من منظور نهج البنية التحتية الرمادية. ومن ثم، يمكن أن يكون من الصعب في كثير من الأحيان إعادة تهيئة الحلول المستمدة من الطبيعة لتناسب هذا الإطار. ولذلك يتطلب تحقيق تقدم في النشر الكامل لهذه الحلول أن تقوم الحكومات بتقييم نظمها القانونية والتنظيمية، وعند الضرورة تعديلها، لإزالة العوائق التي تحول دون الأخذ بالحلول المستمدة من الطبيعة. وقد قامت مدينة بازل في سويسرا، على سبيل المثال، بتطوير أكبر مساحة للأسطح الخضراء للفرد الواحد في العالم، من خلال الاستثمار في برامج الحوافز لتقديم الإعانات لتركيبتها، وتوسعت في ذلك من خلال إقرار قانون للبناء والتشييد يشترط وجود الأسطح الخضراء على جميع الأبنية الجديدة ذات الأسطح المستوية، بما في ذلك تعديل ينص على مبادئ توجيهية متعلقة بالتصميم لزيادة مساهمتها في التنوع البيولوجي إلى أقصى حد (Kazmierczak and Carter, 2010; EEA, 2016).

وقد لا يحتاج الأمر بالضرورة إلى تغييرات جذرية في اللوائح التنظيمية ويمكن تحقيق الكثير عن طريق تعزيز الحلول المستمدة من الطبيعة على نحو أكثر فعالية من خلال الأطر القائمة. فقد اعتمدت المفوضية الأوروبية في عام 2013، مثلاً، استراتيجية/البنية التحتية المراعية للبيئة (EC, 2013b) لتعزيز إنشاء البنى التحتية المراعية للبيئة في المناطق الريفية والحضرية في الاتحاد الأوروبي.

وفي الأماكن التي لا يوجد فيها تشريع تمكيني بعد، يمكن أن يمثل تحديد مكان وكيفية دعم الحلول المستمدة من الطبيعة لنهج التخطيط الحالية على المستويات المختلفة خطوة أولى مفيدة في هذه العملية. وعلى سبيل المثال، أصدرت المفوضية الأوروبية وثيقة سياسة عن "التدابير الطبيعية للاحتفاظ بالمياه" (EC, 2014)، تسلط فيها الضوء على المساهمة المحتملة لتلك الحلول في تنفيذ التوجيهات المتعددة (المياه والفيضانات

والموائل وغيرها) وكذلك في خطط إدارة أحواض الأنهار. وعلى الرغم من أنها لا تلزم باتخاذ هذه التدابير، فقد أعقبها إنشاء شبكات دعم إقليمية وجماعات جديدة للممارسين في أحواض الأنهار الرئيسية.

وفي بعض الحالات، قد تمكّن توصيات السياسات المباشرة من سهولة الأخذ بالحلول المستمدة من الطبيعة أو إزالة العوائق المباشرة. ويقدم بينيت ورويف (Bennett and Ruef (2016) عدة أمثلة: ففي ولاية كاليفورنيا، استُحدث قانون جديد في عام 2016 يسمح باعتبار الغابات والمروج من البنى التحتية للمياه، الأمر الذي يمكن بدوره من استخدام تمويل البنية التحتية للمياه المتاح لحماية أو استصلاح المسطحات الطبيعية المستخدمة لتوريد المياه؛ وتفرض بيرو مباشرة على المرافق تخصيص بعض الإيرادات المتأتية من رسوم المياه للاستثمار في البنية التحتية المراعية للبيئة والحلول المستمدة من الطبيعة بغرض التكيف مع المناخ؛ وفي الاتحاد الأوروبي، تشمل السياسة الزراعية المشتركة هدفاً يتمثل في إنفاق 30 في المائة من المدفوعات المباشرة المقدمة من خلال دعم المزارع في الاتحاد الأوروبي لتحسين استخدام الموارد الطبيعية (أي تدابير "الخضرة"، التي تشمل حلولاً مستمدة من الطبيعة متعددة ممكنة التطبيق على مستوى المزرعة). وتزود هذه السياسات السلطات العامة بوسيلة للوصول إلى العمليات الجديدة أو القائمة التي تتيح لهم اختيار الحلول المستمدة من الطبيعة وتمويلها وتنفيذها.

ولكي تكون المدن قادرة على اعتماد مجموعة واسعة من الحلول المستمدة من الطبيعة، يلزم بصفة عامة أن تدرج هذه الحلول في خطة أو استراتيجية محددة، أو أن تُدمج في خطة التنمية الشاملة (Kremer et al., 2016). وستجد كل مدينة أو منطقة أو بلد خيارات مختلفة تكون معقولة ضمن خططها وآليات تمويلها الحالية. ففي برشلونة، مثلاً، تم اعتماد "خطة للبنية التحتية المراعية للبيئة والتنوع البيولوجي"، أوضحت برامج للتنفيذ و"قائمة إجراءات محتملة" تشمل مجموعة من الحلول المستمدة من الطبيعة (Oppla, n.d.). وفي الصين، تمثل الاستثمارات الوطنية الكبيرة لدعم المدن التجريبية لاستحداث التخطيط والتصميم الخاص بـ «المدينة الإسفنجية» (انظر الإطار 2-6) سبباً ماثلاً لاختبار الحلول المستمدة من الطبيعة وتوسيع نطاقها ضمن مخططات نظم الصرف الحضري المستدامة (Horn and Xu, 2017).

2-3-6 الاستفادة من الأطر الدولية والعالمية

على المستوى العالمي، تقدم الحلول المستمدة من الطبيعة للدول الأعضاء وسيلة للاستجابة لمختلف الاتفاقات البيئية المتعددة الأطراف واستخدامها، كاتفاقية التنوع البيولوجي واتفاقية الأمم المتحدة الإطارية بشأن تغير المناخ واتفاقية رامسار بشأن الأراضي الرطبة، وكذلك إطار سنداى للحد من مخاطر الكوارث، الذي يشمل الأمن الغذائي (انظر الفصل الأول للاطلاع على مزيد من التفاصيل)، واتفاق باريس بشأن تغير المناخ، مع معالجة الضرورات الاقتصادية والاجتماعية في الوقت ذاته. وينبغي دمج جميع هذه الاتفاقات في اللوائح والسياسات الوطنية المعنية التي تؤثر في عملية اتخاذ القرار على مستوى المقاطعات وعلى المستوى المحلي وتتعلق بتعميم الحلول المستمدة من الطبيعة. ونظراً إلى أن الكثير من هذه الحلول يُنفذ على المستوى المحلي، يمكن للدول الأعضاء أن تستعرض الإطار العام لسياساتها، وتكفل وجود الحوافز الصحيحة والبيئة الداعمة لوضع السياسات على مستويات اتخاذ القرار، مما يتيح اعتماد الحلول المستمدة من الطبيعة حيثما يكون لذلك ما يبرره. ويتمثل أحد الأطر الشاملة لتعزيز الحلول المستمدة من الطبيعة في خطة التنمية المستدامة لعام 2030 وأهداف التنمية المستدامة (وتناقش بمزيد من التفصيل في الفصل السابع).

4-6 تعزيز التعاون بين القطاعات وتنسيق السياسات

4-6-1 التعاون بين القطاعات

يتمثل أحد التحديات الموثقة جيداً في أن الحلول المستمدة من الطبيعة يمكن أن تتطلب مستويات للتعاون فيما بين القطاعات أعلى بكثير مما تتطلبه نهج البنية التحتية الرمادية، خاصة عند تطبيقها على نطاق المساحات الطبيعية. وكثيراً ما تتخطى الحلول المستمدة من الطبيعة العديد من مجالات الاهتمام القطاعية (على سبيل المثال بين العاملين في إدارة المياه والزراعة والحراجة والتخطيط الحضري والحماية البيئية، وما إلى ذلك) وكثيراً ما تكون لدى أصحاب المصلحة وجهات نظر وأولويات مختلفة فيما يتعلق بأي حلول مستمدة من الطبيعة مقترحة (Nesshöver et al., 2017). غير أن ذلك قد يهيئ الفرص أيضاً للجمع بين هذه الفئات معاً في مشروع أو جدول أعمال مشترك.

ويمكن أن يبدو أحد الحلول المستمدة من الطبيعة أكثر فائدة للمخطط عندما تركز المناقشة على مشكلة محددة بوضوح ويجري طرحه كبديل أو مكمل لخيارات أخرى (Barton, 2016). وهذا من شأنه أن يساعد على تعزيز الأخذ بالحلول المستمدة من الطبيعة في التصميم العام للسياسات أو التدابير أو الإجراءات لمواجهة التحديات المختلفة. ولكي يُطرح الحل المستمد من الطبيعة على نحو ناجح، ينبغي أن يكون واضحاً ما الذي سيقدمه، وكَم سيتكلف، وكيف ينبغي أن يُدار، ومن سيكون قادراً على القيام به.

وقد جرى جمع وتقييم مجموعة من "دراسات الحالة المتعلقة بالبنية التحتية المراعية للبيئة"، تشمل الأعمال التجارية بواسطة الشركات المشاركة (Dow Chemical Company / Swiss Re / Shell / Unilever / TNC, 2013). وهذه تتفاوت من إدارة الأراضي الرطبة ومياه الأمطار إلى المعالجة وإزالة التلوث ومكافحة التعرية. وتتعلق الدروس المستفادة الرئيسية بمنظورات الوقت، حيث يفضل المنظور الطويل الأجل للحلول المستمدة من الطبيعة على الحلول الرمادية، وضرورة وضع حدود زمنية كبيرة بما فيه الكفاية بحيث تشمل خدمات النظم الإيكولوجية، والأهم من ذلك، موافقة الإدارة العليا ووجود مناصر لمساندة المشروع.

وقد أحرز قطاع الزراعة أيضاً بعض الإنجازات: فمثلاً، ازداد الأخذ السريع بالزراعة القليلة الحراثة أو الزراعة الحافظة للموارد في الأراضي الزراعية وانتشار تلك الزراعة بما يتجاوز ثلاثة أضعاف، من مساحة تقدر بـ 45 مليون هكتار من الأراضي الزراعية في تسعينات القرن الماضي إلى زهاء 157 مليون هكتار اليوم (AQUASTAT, n.d.) تمثل ما يزيد قليلاً عن 1 في المائة من الأراضي المزروعة حالياً بصفة دائمة. علاوة على ذلك، يتفاوت هذا التوسع تفاوتاً كبيراً بين المناطق ويبدو أن الاختلافات تتعلق بالبيئات التمكنية أكثر من العوامل الاقتصادية أو البيوجيولوجية - المناخية. ويبدو أن من العوامل الحاسمة بصفة خاصة وجود تحيز لدى المصالح المؤسسية والسياسية والتجارية يتعارض مع الحلول المستدامة (Derpsch and Friedrich, 2009). ومن العناصر الرئيسية في نجاح الزراعة الحافظة للموارد إدراك المزارعين أن هذا النهج يحقق تحسناً في إنتاجية المزارع واستدامتها، فضلاً عن الفوائد البيئية خارج المزرعة. ويوضح هذا أنه يلزم تحديد النتائج التي تعود بالفائدة على الجميع من الحلول المستمدة من الطبيعة وترويج هذه النتائج ترويجاً أفضل من أجل تشجيع أصحاب المصلحة على توسيع نطاق مشاركتهم والعمل على تحسين التنسيق. وعندما يكون هناك خاسرون، فهؤلاء يجب تحديدهم وتعويضهم عند الضرورة.

2-4-6 تنسيق السياسات بين الخطط المتعددة

إن التنسيق بين مجالات السياسات المتعددة على المستويات العالمي والدولي والوطني والإقليمي والمحلي هو من ضرورات التنمية المستدامة الرئيسية. وتوفر الحلول المستمدة من الطبيعة وسيلة لتفعيل السياسات على مختلف المقاييس والأبعاد الاقتصادية والبيئية والاجتماعية. ويمكن أن تعتبر هذه أيضاً وسيلة رئيسية لتعزيز التعاون بين القطاعات من خلال إيجاد توافق في الآراء بشأن أهداف السياسة العامة في حالة معينة.

وفي كثير من البلدان، لا يزال مشهد السياسات مجرداً للغاية. وتنسيق السياسات على نحو أفضل فيما بين الخطط الاقتصادية والبيئية والاجتماعية مطلب عام في حد ذاته، ولكنه يتسم بأهمية خاصة فيما يتعلق بالحلول المستمدة من الطبيعة بسبب قدرتها على تقديم منافع مشتركة متعددة، وكثيراً ما تكون مهمة، تتجاوز مجرد النتائج الهيدرولوجية. فالآثار الاجتماعية لاستراتيجيات إدارة المساحات الخضراء، على سبيل المثال، تسهم في مجموعة من النتائج المتعلقة بالصحة العامة والرفاه يمكن لها أيضاً أن تثير الاهتمام العام أو تعزز الدعم السياسي لتنفيذها. ومن هذه النتائج الآثار الإيجابية التي تتركها المساحات الخضراء على السكان بما تحدثه من الاسترخاء النفسي، وتخفيف التوتر، وتعزيز فرص النشاط البدني، وخفض الاكتئاب وتحسين الصحة العقلية والبدنية (Raymond et al., 2017). وتتضمن وثيقة سياسة المفوضية الأوروبية "التدابير الطبيعية للاحتفاظ بالمياه" (EC, 2014) توصيات لتنسيق التخطيط والتمويل في مجالات السياسة الأخرى مثل التوجيهات الإطارية بشأن المياه والتوجيه المتعلق بالفيضانات. وفي ألمانيا، حدد أحد عمليات التقييم الأهداف الدقيقة للسياسة التي وضعتها الحكومة بحيث يمكن توجيه الاستثمارات في الحلول المستمدة من الطبيعة للمساعدة في تحقيقها، بما في ذلك هدفها الخاص بالتخفيف من تغير المناخ، فضلاً عن استراتيجياتها الوطنية للتكيف والتنوع البيولوجي وحماية الغابات (Naumann et al., 2014). وتتعاون أربع وزارات مختلفة ذات تركيز مواضيعي مختلف تعاوناً وثيقاً لضمان اتباع نهج متكامل بغرض النجاح في تنفيذ نهج الصين "المدينة الإسفنجية" (انظر الإطار 2-6). فاللجنة الوطنية للتنمية والإصلاح تقدم مبالغ معتمدة خصيصاً لبناء المدينة الإسفنجية، ووزارة المالية تشجع الشراكات بين القطاعين العام والخاص والدعم المالي المباشر، ووزارة الحضر والإسكان تقدم توجيهات نظامية بشأن الأهداف والمعايير التكنولوجية والتقييم، ووزارة الموارد المائية توفر التوجيه الوظيفي والإشراف على الجوانب المتعلقة بحفظ المياه (Embassy of the Kingdom of the Netherlands in China, 2016; Xu and Horn, 2017).

ويمكن للتكاليف الواضحة الصادرة عن أرفع مستوى للسياسات أن تعجل بصورة ملحوظة الأخذ بالحلول المستمدة من الطبيعة وتعزز تحسين التنسيق بين القطاعات. ففي الولايات المتحدة الأمريكية، مثلاً، ألزمت مذكرة رئاسية في عام 2015 (The White House, 2015) الوكالات الاتحادية بإيلاء الاعتبار للبنية التحتية المراعية للبيئة في عملياتها لاتخاذ القرار وأنشأت مركزاً لاستثمار الموارد الطبيعية. واستجابة للمذكرة، توفر وزارة الطاقة والبيئة في واشنطن العاصمة التدريب والإرشاد فيما يتعلق باستخدام البنية التحتية المراعية للبيئة للحد من مياه العواصف، بما في ذلك التدريب على الامتثال العام وتوليد واعتماد الإعفاءات والخصومات على رسوم الأسطح غير المنفذة فيما يتعلق بالاحتفاظ بمياه العواصف، ونسبة المساحة الخضراء وأفضل الممارسات لإدارة إنشاء البنية التحتية

يمكن أن يبدو أحد الحلول المستمدة من الطبيعة أكثر فائدة للمخطط عندما تركز المناقشة على مشكلة محددة بوضوح ويجري طرحه كبديل أو مكمل لخيارات أخرى

زيادة ما تحتويه من العلوم الدقيقة. ذلك أن تقديم الأدلة الثابتة يساعد على إقناع صناع القرار بجدوى الحلول المستمدة من الطبيعة. فالتصورات عن عدم اليقين إزاء أدائها وفعاليتها من حيث التكلفة، وقلة إمكان الوصول إلى المعلومات والتوجيهات بشأن تصميمها وتنفيذها ورصدها وتقييمها، فضلاً عن الخوف من ارتفاع تكاليف التنفيذ، كلها عوائق تم تحديدها تعترض تنفيذ هذه الحلول (Davis et al., 2015). ويتمثل المطلب الرئيسي في القدرة على بث الثقة في أنه يمكن للحلول المستمدة من الطبيعة أن تحقق الهدف الأساسي المتعلق بخدمات المياه المقصود منها تحقيقه؛ وإن كان النظر في المنافع المشتركة غير الهيدرولوجية قد يجعل القرارات تميل لصالحها (Mander et al., 2017). وكذلك قد يحدث ما يثبط هذه الحلول عندما يخفق أحدها لسوء تصميمه. فهذا يساهم في الانحياز لصفّ الحلول الرمادية.

غير أن نقد قاعدة الأدلة التي تستند إليها الحلول المستمدة من الطبيعة مثال آخر يوضح كيف يختلف التعامل مع النهج المراعية للطبيعة والرمادية. فالأدلة الهيدرولوجية والاجتماعية-الاقتصادية التي تقوم عليها بعض البنى التحتية الرمادية على سبيل المثال، تضع مقياساً منخفضاً للغاية للحكم على الحلول المستمدة من الطبيعة. وقد قامت اللجنة العالمية المعنية بالسدود (2000)، مثلاً، بتبديد الفكرة القائلة بأن مشاريع البنية التحتية العملاقة تُبنى دائماً على أسس علمية واقتصادية وتقنية متينة. لوجود مشاريع سدود كبيرة تنسم بدرجة عالية من التفاوت في الفوائد المتوقعة، وكثيراً ما تقصّر عن تحقيق الأهداف المادية والاقتصادية، وتعاني من تجاوزات كبيرة في التكاليف، في حين تظل ربحيتها الحقيقية غير مؤكدة لضعف تناول تكاليفها البيئية والاجتماعية من الناحية الاقتصادية. وأعربت اللجنة أيضاً عن "شعورها بالقلق لاكتشافها أن عمليات التقييم الموضوعية للمشروعات المكتملة القليلة العدد والضيقة النطاق وغير المتكاملة في فئات ونطاقات التأثير ولا يتم ربطها بصورة كافية بالقرارات المتخذة بشأن العمليات" (The World Commission on Dams, 2000, p. xxxi). وخلصت الدراسة القطرية التي أجرتها اللجنة بشأن الهند إلى أن الاضطلاع بمشاريع المياه على نطاق واسع لمدة قرن أو أكثر قد أسفر عن آثار اجتماعية وبيئية كبيرة، منها النزوح البشري الكبير، وتعرية التربة وتشبعها على نطاق واسع بالمياه، في حين لم تتحقق، خلافاً للأهداف المعلنة، إلا فوائد محدودة في مجال الأمن الغذائي (Rangachari et al., 2000). ومع ذلك، فإنه يُطلب من الحلول المستمدة من الطبيعة أن تعتمد على قاعدة علمية ومعرفية معززة لدعم الإسراع في الأخذ بها. والواقع أن هذه الحلول في كثير من الأحيان لا تكون قابلة للتنبؤ بها مثل حلول البنية التحتية الرمادية التقليدية. فبينما توجد ثروة من البيانات التاريخية عن تكلفة وعوائد البنية التحتية

المراعية للبيئة والتفتيش عليها¹⁹ - ووكالة حماية البيئة بالولايات المتحدة الأمريكية (US EPA) مجموعة من صحائف الوقائع التي تصف "كيف يمكن لوكالة حماية البيئة والعاملين في مجال منح التراخيص والإنفاذ في الولايات دمج ممارسات ونُهُج البنية التحتية المراعية للبيئة في البرامج الخاصة بالطبقة الرطب في النظام القومي لإزالة مصادر تفريغ الملوثات، بما في ذلك التصاريح المتعلقة بمياه العواصف، وإجمالي الحمولات اليومية القصوى، وخطط السيطرة طويلة الأجل على الفيضانات في المجاري المشتركة للصرف الصحي ومياه الجريان السطحي وإجراءات تنفيذها". (US EPA, 2015, p. 2).

وهناك أداتان رئيسيتان شائعتا الاستخدام للمساعدة في اتباع نهج أكثر تكاملاً لإدارة موارد المياه، بما في ذلك التعامل مع مجموعات أصحاب المصلحة المتعددين، وهما التخطيط المتكامل لاستخدام الأراضي والإدارة المتكاملة للموارد المائية. بيد أن كليهما، من الناحية العملية، لا تتضمنان على نحو كافٍ في كثير من الأحيان البعد الخاص بالمياه - النظام الإيكولوجي؛ فكثيراً ما يفتقر تخطيط استخدام الأراضي إلى مراعاة الآثار التي ينطوي عليها استخدام الأراضي في الموارد المائية مراعاة كاملة، وكثيراً ما تركز الإدارة المتكاملة للموارد المائية (في الممارسة العملية) تركيزاً زائداً على إدارة مخصصات المياه السطحية والجوفية وتهمل آثار النظام الإيكولوجي، بما في ذلك آثار تغير استخدام الأراضي. وكثيراً ما لا تعتبر كلتا الأداتين خدمات النظام الإيكولوجي إطاراً للتقييم، مما يؤدي إلى إغفال كبير لبعض الآثار الهامة لخيارات الإدارة. ولذلك فإن من الاستجابات الرئيسية للإمماج الكامل للنظم الإيكولوجية والخدمات التي تنتجها تلك النظم في تخطيط استخدام الأراضي والمياه.

5-6 تحسين قاعدة المعارف

1-5-6 تحسين المعارف وتبديد الأساطير

يعاني موضوع التفاعل بين البيئة الطبيعية والمياه من الأساطير والتفسيرات الخاطئة والتعميمات المتعجلة للغاية (Bullock and Acreman, 2003; Andréssian, 2004; Chappell, 2005; Tognetti et al., 2005). وهذا الأمر لا يساعد في بناء الثقة في تطبيقات الحلول المستمدة من الطبيعة. إذ يجري التوصل إلى استنتاجات أو افتراضات، خاطئة في كثير من الأحيان، بشأن الوظائف الهيدرولوجية التي تعمل في النظم الإيكولوجية، ومن ثم مدى فعاليتها في تغيير الدورة الهيدرولوجية وتوفير المنافع للناس. وأشار في الفصل الأول إلى أن هناك تنوع كبير في الخدمات الهيدرولوجية وغيرها من الخدمات التي تقدمها مختلف أنواع النظم الإيكولوجية. وهذا يعني أن تطبيقات الحلول المستمدة من الطبيعة يجب أن تكون أقل اعتماداً على الافتراضات المعممة وأن يتم تقييمها وتصميمها تصميمًا أفضل من أجل التطبيقات المحلية على وجه التحديد. ومن العوامل المساهمة في كثير من الأحيان الافتقار إلى الدقة، إن لم يكن سوء الفهم، فيما يتعلق بالمسارات الهيدرولوجية الدقيقة المؤثرة وكيفية تأثرها، أو عدم تأثرها، بتدخلات إدارة النظام الإيكولوجي. وقد لخص ريموند وآخرون (Raymond et al. (2017) الفجوات المعرفية الرئيسية في تقييم الآثار الناجمة عن الحلول المستمدة من الطبيعة (مركزين على المناطق الحضرية)، وأشاروا إلى أن آثارها على البيئة مفهومة جيداً، ولكن فعاليتها من حيث التكلفة واستدامة تقديمها مختلف المنافع غير واضحة في كثير من الأحيان. وهناك ضرورة رئيسية وأساسية لتحسين قاعدة المعارف، بما في ذلك في بعض الحالات

19 للاطلاع على مزيد من المعلومات، انظر doee.dc.gov/node/619262.



يجب أن تكون تطبيقات الحلول المستمدة من الطبيعة أقل اعتماداً على الافتراضات المعمّمة وأن يتم تقييمها وتصميمها بصورة أفضل من أجل التطبيقات المحلية على وجه التحديد

الطبيعة (Liquete et al., 2016). وتحقق هذه التحليلات أقصى الفائدة عندما تتمكن من تقييم حل ممكن الاستخدام من هذه الحلول مقارنة بالخيارات البديلة، التي قد تشمل بنية تحتية رمادية أو رمادية-مراعية للبيئة مهجنة، أو الإبقاء على الوضع القائم.

وتتواءم الحلول المستمدة من الطبيعة، بالطبع، بصورة وثيقة مع المعارف التقليدية والمحلية، بما في ذلك المعارف التي لدى الشعوب الأصلية والقبلية، في سياق تقلبات المياه وتغيرها. فالشعوب الأصلية والقبلية تعتني بما يقدر بنحو 22 في المائة من سطح الأرض، وتحمي ما يقرب من 80 في المائة من التنوع البيولوجي المتبقي على كوكب الأرض، بينما لا تمثل سوى نسبة قريبة من 5 في المائة من سكان العالم (ILO, 2017). ولكي تستفيد الحلول المستمدة من الطبيعة على نحو كافٍ من مساهمات الشعوب الأصلية والقبلية وغيرها من مصادر المعرفة، من الضروري معالجة مواطن الضعف الاجتماعية والاقتصادية والبيئية لهذه الشعوب، واحترام حقوقها. واتفاقية الشعوب الأصلية والقبلية رقم 169 الصادرة عن منظمة العمل الدولية (ILO, 1989) هي معاهدة دولية توفر التوجيه لكفالة تمكين الشعوب الأصلية وتشجع معارفها وثقافتها وأساليب حياتها التقليدية. وتسلم العمليات الدولية العالمية، مثل إطار سِنْداي للحد من مخاطر الكوارث واتفاق باريس بشأن تغير المناخ، بصورة متزايدة، بالدور القيّم الذي تؤديه الشعوب الأصلية ومعارفها التقليدية في بناء مجتمعات قادرة على الصمود.

ويمكن أن تكون للمعارف الإيكولوجية أو المجتمعية المحلية التقليدية عن أداء النظام الإيكولوجي والتفاعل بين الطبيعة والمجتمع قيمة كبيرة، ولكن هناك قيوداً متكررة على إدخالها في عمليات التقييم واتخاذ القرار. وكذلك تتعرض المعارف التقليدية للخطر بسبب التضارب بين الاستخدامات التجارية للموارد الطبيعية وبسبب هشاشة النسيج الاجتماعي لبعض المجتمعات (Tinoco et al., 2014). ويتمثل أحد الردود على ذلك في ضمان مشاركة أصحاب المعارف مشاركة كاملة وفعالة في عمليات التقييم واتخاذ القرار والتنفيذ والإدارة. وبصورة أعم، فإن المكافأة على الحلول المستمدة من الطبيعة التي يقودها المجتمع المحلي هي وسيلة لإبراز كيف يمكن أن تتناسب هذه الحلول مع التنمية المستدامة المحلية (الإطار 6-2).

ولا تقل الوسيلة التي يتم من خلالها توصيل المعرفة أهمية عن المعرفة ذاتها. فمثلاً، يمكن وضع طرق اختبار قدرة الحلول المستمدة من الطبيعة على توفير خدمات المياه في صيغة أدلة إرشادية، يمكن أن يفهمها المهندسون والاختصاصيون في مجال الإيكولوجيا على حد سواء، ولكن الهدف منها هو تقديم التوجيه لوضعي السياسات والمديرين والمقاولين المحليين الذين سيقومون بتنفيذ حل معين من الحلول المستمدة من الطبيعة في الواقع (Hulsman, 2011). ويمكن أن يكون التحدي المعرفي أكثر أهمية حتى من ذلك في كثير من البلدان النامية حيث تقل القدرة التقنية على تنفيذ النهج البديلة في كثير من الأحيان عنها في البلدان المتقدمة (Narayan, 2015; Jupiter, 2015). غير أن هناك مصادر للتعليم منها ونهوجاً يُقدّى بها. ففي منطقة نهر الميكونغ، على سبيل المثال، وضع مصرف التنمية الآسيوي والمركز الدولي للإدارة البيئية مجموعة أدوات تضم سبعة مجلدات لدعم سلطات المدن ومهندسي البنية التحتية، واختصاصي التقييم البيئي، وصناع القرار، ومخططي الأماكن الحضرية، واختصاصي الفيضانات والجفاف، وممثلي المجتمع المحلي لكي يفهموا فهمًا أفضل أين يمكنهم دمج خدمات الحلول المستمدة من الطبيعة في تخطيط مدن مستدامة وقادرة على الصمود وكيف يكون ذلك (ADB, 2015).

ويمكن أن يدعم توفير أمثلة أكثر تنوعاً على التنفيذ وفقاً لمؤشرات الأداء تكوين قاعدة أدلة أقوى لجعل مبررات الأخذ بالحلول المستمدة من

المنشأة لإدارة الموارد المائية، فإن هذا لا ينطبق عموماً على خيارات الحلول المستمدة من الطبيعة (UNEP-DHI/IUCN/ TNC, 2014). وأفضل طريقة للمضي قدماً هي تبني الابتكار والبحث المستمرين في أثناء التنفيذ والإدارة المرنة للحلول المستمدة من الطبيعة بالاستناد إلى أسس علمية صارمة، مع الاعتراف بأن النظم الإيكولوجية ديناميكية ومعقدة (Mills et al., 2015).

ومن بين المخاوف الأخرى التي تثار في كثير من الأحيان أن الحلول المستمدة من الطبيعة تستغرق وقتاً طويلاً لتحقيق تأثيرها، مما يعني أن البنية التحتية الرمادية تكون أسرع منها. وهذا ليس بالضرورة صحيحاً. فعلى سبيل المثال، يمكن تركيب مرفق محلي مستدام للصرف الصحي الحضري أو سقف أخضر في غضون أيام، وتكون له آثار فورية. أما القيام بذلك على نطاق واسع فقد يستغرق وقتاً أطول بالفعل، ولكنه ليس بالضرورة أطول من البدائل الرمادية. ويمكن أن يؤدي تحويل إدارة الأراضي الزراعية إلى الحراثة المنخفضة الأكثر استدامة ("الزراعة الحافظة للموارد") ثماره في غضون من عامين إلى ثلاثة أعوام (Derpsch and Friedrich, 2009). ويمكن أن يستغرق نشر الحلول المستمدة من الطبيعة على مستوى المسطحات الطبيعية، من خلال إصلاح النظام الإيكولوجي على سبيل المثال، وقتاً أطول، ولكن يمكن تحقيق آثار مهمة بعد زهاء عشر سنوات (انظر الإطار 2-2). وبالمقارنة، يستغرق التشييد المادي للسدود الكبيرة في المتوسط 8.6 سنوات (ولا يشمل ذلك الوقت اللازم للتصميم والتخطيط والتمويل) وتتجاوز ثمانية سدود كبيرة من كل عشرة الجدول الزمني المحدد لإنشائها (Ansar et al., 2014).

ويتمثل افتراض آخر يبالغ فيه في كثير من الأحيان بشأن الحلول المستمدة من الطبيعة في أنها "فعالة من حيث التكلفة"، في حين أنه ينبغي تحديد ذلك خلال عملية للتقييم، بما في ذلك إيلاء الاعتبار للمنافع المشتركة. وكذلك، بينما يمكن أن تكون بعض تطبيقات الحلول المستمدة من الطبيعة صغيرة النطاق منخفضة التكلفة أو بدون تكلفة، فإن بعضها، لا سيما المطبقة على نطاق واسع، قد تتطلب استثمارات كبيرة: فتكاليف إصلاح النظام الإيكولوجي، على سبيل المثال، تتفاوت تفاوتاً كبيراً من بضع مئات إلى عدة ملايين من الدولارات الأمريكية للهكتار الواحد (Russi et al., 2012).

ورغم أنه لا جدال في أن البشر يحصلون على خدمات لا تقدر بثمن من النظم الإيكولوجية وأنهم يعتمدون عليها اعتماداً كبيراً، فإن طرق تحديد هذه الخدمات وتقييمها وإدماج التقييم في عمليات التخطيط واتخاذ القرار لا تزال تمثل تحدياً كبيراً للإدارة (Kremer et al., 2016). ويمكن استخدام أنواع مختلفة من التحليل المتعدد المعايير لإثراء عملية اتخاذ القرار بصورة أفضل فيما يتعلق بمشاريع الحلول المستمدة من

مبادرة خط الاستواء: تشجيع الحلول المستمدة من الطبيعة التي تشارك فيها مجتمعات الشعوب الأصلية

مبادرة خط الاستواء هي شراكة تجمع بين الأمم المتحدة والحكومات والأوساط الأكاديمية ومنظمات المجتمع المدني بدءاً من المنظمات غير الحكومية الدولية إلى منظمات القواعد الشعبية ومنظمات الشعوب الأصلية لبناء القدرات وإبراز الجهود التي تبذل لإعطاء دفعة للأخذ بالحلول المستمدة من الطبيعة لتحقيق التنمية المحلية المستدامة في عدة بلدان. وتُمنح جائزة خط الاستواء المتعلقة بهذا المجال كل سنتين تقديراً للجهود المجتمعية البارزة للحد من الفقر من خلال الحفاظ والاستخدام المستدام للتنوع البيولوجي. ويحتفظ مركز المعرفة التابع لمبادرة خط الاستواء أيضاً بقاعدة بيانات وخريطة تفاعلية للحلول المستمدة من الطبيعة.

وتتضمن عدة مشاريع إعادة اكتشاف نظم الأسلاف لإدارة المياه والأساليب التقليدية لتجميع مياه الأمطار من أجل تحسين جودة مياه الشرب. وقد تكون استعادة نظام تجميع مياه الأمطار ضرورية بسبب الضغوط الجديدة، مثل حالات تسرب النفط وإلقاء النفايات السائلة التي أعاقَت استخدام بعض الأنهار في حالة إكوادور، أو بسبب تغلغل المياه المالحة في حالة مدينة باريسال الساحلية في بنغلاديش.

ويمكن أن يكون تجميع المياه على نطاق أوسع مهماً كذلك للحفاظ على سبل المعيشة والمواثِل. ويدعم مركز التنمية في الهند التثقيف المجتمعي بشأن نظم الأسلاف من أجل البقاء على قيد الحياة. ولهذا الغرض، تم وضع مشروع إيضاحي يتضمن هياكل للحوكمة المجتمعية تشتمل على تجديد لجان القرى واستمرارها، فضلاً عن زيادة الدخول وأمن المعيشة، مع إمكانية تكرار ذلك، لتحسين التوازن بين البشر والطبيعة.

وتشمل إدارة مستجمعات المياه أيضاً حفظ الغطاء النباتي المحلي وإصلاحه، كما هو الحال في نهر إثيوب في نيجيريا، حيث تساعد هذه المبادرات على تخفيف آثار التعرية وتوجيه الإطماء في مجاري المياه الرئيسية، وإعادة ربط أقسام المجرى ومحميات النباتات في موطنها الأصلي.

وتبين المشاريع الأهلية التي تعمل بوجه خاص مع الشعوب الأصلية طرقة عملية لمواجهة تحديات عدم الموثوقية المتزايدة لمصادر المياه في المستقبل بسبب التلوث أو أي تغييرات أخرى في النظم المائية. ويمكن لمشاريع المياه التي تدفعها المجتمعات المحلية أن ترعى مجموعة من الحلول لإدارة المياه والموارد الطبيعية أكثر تنوعاً ومعدلة وفقاً للظروف المحلية، وأن تستعين بالمعارف الحالية والأخذة في الاختفاء بصورة متزايدة عن البيئة المحلية وكيفية الاستخدام المستدام لمواردها من خلال حلول مستمدة من جوهريها من الطبيعة.

المصدر: Equator Initiative (n.d.).

إعداد: Marianne Kjellén (UNDP).

الطبيعة أكثر إقناعاً. ومن الضروري أن تتوافر معلومات موضوعية خصيصاً لتلبية احتياجات أصحاب المصلحة، وقد يلزم أن تشمل هذه المعلومات القيمة الاقتصادية المعروضة، والتخفيض المحتمل للمخاطر، والفوائد الناتجة، وما إلى ذلك، فضلاً عن مجموعة واسعة من القيم الاجتماعية والثقافية المرتبطة بالنظم الإيكولوجية وإدارتها على مستويات مساحية مختلفة (Brown and Fagerholm, 2015; Plieninger et al., 2015; Raymond and Kenter, 2016). فضلاً عن تحديد القيمة المحتملة المنتظرة والعوائق التي تحول دون الاستثمار في الحل المستمد من الطبيعة المعني بالذات وتنفيذه، فإن الاهتمام بالمشاركة المجتمعية في تقييم هذه الحلول وتصميمها وتقديمها هي أيضاً جزء أساسي من هذه العملية.

2-5-6 الفجوات في المعلومات والبحوث

تم الوقوف على بعض الفجوات الواضحة في المعلومات واحتياجات البحوث لدى إعداد هذا التقرير. ومن هذه الفجوات والاحتياجات تحسين الأمور التالية:

- فهم الأداء الهيدرولوجي لأنواع الأنظمة الإيكولوجية والأنواع الفرعية المختلفة، في سياقات منها نظم الإدارة المختلفة، للتمكن من تحسين التوقعات لأداء الحلول المستمدة من الطبيعة في مواقع محلية محددة؛
- معرفة هيدرولوجيا استخدام الأراضي وتغيير استخدامها، لا سيما تأثيراتها على نطاق واسع؛
- فهم آثار فقدان النظم الإيكولوجية وتدهورها على الهيدرولوجيا؛
- فهم الروابط بين النظم الإيكولوجية والمياه وخدمات النظم الإيكولوجية من أجل تقديم دعم أفضل للتنبؤات بآثار تغير النظم الإيكولوجية (الإيجابي أو السلبي) على رفاه الإنسان؛
- عمليات تقييم الأداء الهيدرولوجي والاجتماعي - الاقتصادي لتطبيقات الحلول المستمدة من الطبيعة، وتبادل هذه المعرفة، بما في ذلك إخفاقات الحلول المستمدة من الطبيعة. ويقترح ريموند وآخرون (Raymond et al. (2017)) خريطة طريق محتملة لتقييم أداء هذه الحلول؛
- مؤشرات لفعالية الحلول المستمدة من الطبيعة وكفاءتها، ولا سيما المؤشرات التي تمكن من ربط النظم الإيكولوجية والهيدرولوجيا والنتائج الاقتصادية والاجتماعية؛
- مبادئ توجيهية لإجراء تحليلات شاملة للتكلفة والعائد تشمل المنافع المشتركة غير المتصلة بالمياه؛
- أدوات الاتصال التي تخدم الحلول المستمدة من الطبيعة؛
- إدماج النظم الإيكولوجية في تخطيط استخدام الأراضي والإدارة المتكاملة للموارد المائية؛
- فهم الدوافع الاجتماعية السياسية لسياسات الموارد المائية وإدارتها من أجل تحسين فهم العوامل الفعالة التي تحفز على التغيير التحويلي وتحديدها.

وأشير في جميع الإصدارات السابقة للتقرير العالمي عن تنمية الموارد المائية، إلى أن هناك ضرورات للبيانات المحسنة في جميع المجالات المتعلقة بتوافر المياه وجودتها ومخاطرها، ولا سيما حيثما تتصل هذه بالحلول المستمدة من الطبيعة وفوائدها. فالبيانات الأفضل مطلوبة عن حالة

واتجاهات جميع النظم الإيكولوجية المرتبطة بالمياه. غير أنه تجدر الإشارة خاصة إلى النقص الشديد للغاية في توافر البيانات عن أنواع التربة نظراً إلى تأثيرها على الهيدرولوجيا، وأهميتها للأمن الغذائي، وبصفة خاصة الإطار الزمني الموسع لتكوينها ومن ثم لتجديدها، مقارنةً بأنواع النظم الإيكولوجية الأخرى، التي يمكن أن تمتد لقرون من الزمن (FAO/ITPS, 2015a). غير أن تحسين الأساس العلمي لإدارة المياه وتنظيمها وسياساتها لن يأتي من مجرد الحصول على مزيد من البيانات والمعلومات عن مزيد من المؤشرات، ولكن من الإقرار بأن التحول في التفكير إلى نطاقات زمنية ومكانية وتنظيمية أكبر ضروري بالقدر نفسه (Bedford and Preston, 1988).

6- إطار عمل مشترك ومعايير مشتركة لتقييم الخيارات

من التحديات المعترف بها على نطاق واسع التي يواجهها لأخذ بالحلول المستمدة من الطبيعة أن القطاعات المختلفة أو القطاعات الفرعية للمياه تميل إلى استخدام طرقها الخاصة المحددة لأغراض التقييم والرصد والتقدير، بما في ذلك تقييم عائد الاستثمار بمرور الوقت. ومن المتطلبات ذات الأولوية للتمكن من النظر في تكاليف وفوائد الخيارات على نحو عادل وضع وتنفيذ معايير مشتركة يمكن من خلالها تقييم الحلول المستمدة من الطبيعة والخيارات الأخرى لإدارة موارد المياه. ويقدم كوهين شاشام وآخرون (Cohen-Shacham et al. (2016) مقترحات لمعايير لتقييم جدوى الحلول المستمدة من الطبيعة، في حين أن ريموند وآخرين (Raymond et al. (2017) يقدمون استعراضاً مفصلاً لبعض المؤشرات لتقييم ورصد الحلول المستمدة من الطبيعة، وكثير منها سيكون مناسباً أيضاً لخيارات إدارة المياه الأخرى. وقد نوقش بإيجاز في القسم 2-6 العمل الجاري بشأن وضع معايير ومقاييس مشتركة لتقييم الاستثمارات المحتملة في الحلول المستمدة من الطبيعة، مقارنة بخيارات البنية التحتية الرمادية (انظر أيضاً الإطار 6-1).

ويمكن إعداد معايير عامة مشتركة لتقييم خيارات إدارة الموارد المائية (مثل الحلول المراعية للبيئة مقابل الحلول الرمادية) على أساس كل حالة على حدة. وسيتمثل أحد المتطلبات الرئيسية لذلك في الإدماج الكامل لجميع المنافع الهيدرولوجية والمنافع المشتركة الأخرى والمجموعة الكاملة لتكاليف وفوائد الخدمات المتأثرة من النظام الإيكولوجي (لأي خيار). غير أن من المحتمل أن يلزم أيضاً وضع معايير أكثر تفصيلاً للتطبيقات في المجالات الرئيسية (كالبنية التحتية الحضرية والزراعة والحد من مخاطر الكوارث، مثلاً). وسيطلب ذلك بناء توافق في الآراء بين مختلف مجموعات أصحاب المصلحة المعنيين، وبالتالي، لا تقترح تفاصيل أخرى هنا. وسيمثل الإطار المشترك والمعايير المشتركة لتقييم أي خيار مساهمات أساسية لتحقيق الاستدامة والعدالة في نتائج إدارة الموارد المائية.

منظر لأرض منخفضة مستصلحة من البحر (بولدر) في هولندا



7

تحقيق إمكانيات الحلول المستمدة من الطبيعة لقضايا المياه والتنمية المستدامة



برنامج اليونسكو العالمي لتقييم الموارد المائية |
ديفيد كوتس، وريتشارد كونور، وأنجيلا ريناتا كورديرو
أورتيغارا، وستيفان أوهلنبروك، وإنجين كونكاغول

ناطحة سحاب خضراء في سيدني (أستراليا)

يخلص هذا التقرير العالمي عن تنمية الموارد المائية إلى أن هناك إمكانات كبيرة لتقديم الحلول المستمدة من الطبيعة مساهمات هامة، ومساهمات فريدة وضرورية في كثير من المجالات، في تحقيق استدامة الموارد المائية وتحقيق أهداف مختلفة لإدارة المياه. ولا تحظى هذه الحقيقة بتقدير كبير في الوقت الحالي.

ويستخلص هذا الفصل بعض الاستنتاجات بشأن الأسئلة الرئيسية الثلاثة المتعلقة بالحلول المستمدة من الطبيعة، وهي:

- ما هو الوضع الحالي لتطبيقات الحلول المستمدة من الطبيعة؟
- ما هي إمكانية الاستمرار في تطبيقها؟
- ما الذي يلزم أن يتغير لتحقيق هذه الإمكانية؟

وبالاعتماد على الاستنتاجات والدروس المستفادة من الفصول السابقة، يقدم الفصل لمحة عامة عن الوضع الحالي لكيفية مساهمة الحلول المستمدة من الطبيعة في إدارة موارد المياه، يليها تقييم لمساهمتها المحتملة في مواجهة التحديات التي تفرضها إدارة الموارد المائية في الحاضر والمستقبل. ويبي ذلك وصف للتغيرات الأساسية المطلوبة لتحقيق الإمكانات الكاملة للحلول المستمدة من الطبيعة. ويختتم الفصل بتوضيح كيفية إسهام الحلول المستمدة من الطبيعة للمياه في تنفيذ خطة التنمية المستدامة لعام 2030 وأهداف التنمية المستدامة.

ومع أن هذا التقرير يقيّم الحلول المستمدة من الطبيعة لتحسين توافر المياه وجودتها ومخاطرها في فصول منفصلة (الفصل الثاني والثالث والرابع على التوالي)، مع التسليم بالصلات بينها، فمن النقاط الأساسية أن معظم هذه الحلول تحقق منافع في المجالات الثلاثة جميعاً في وقت واحد. ومن النادر أن يتم استخدامها لغرض واحد وعادة ما تفضل لأنها تحسّن الأداء العام للنظام، بما في ذلك زيادة القدرة على الصمود. وفضلاً عن ذلك، سلطت جميع الفصول السابقة الضوء على المنافع المشتركة الهامة التي تقدمها عادة الحلول المستمدة من الطبيعة خارج نطاق النتائج المباشرة المتعلقة بالمياه، من قبيل تحسين النتائج في مجال التنوع البيولوجي والقيم المتعلقة بالمسطحات الطبيعية، والفوائد الاجتماعية والاقتصادية واستدامة النظام. وكثيراً ما ترجح هذه المنافع المشتركة كفاءة عمليات التقييم الفردية للخيارات لصالح الحلول المستمدة من الطبيعة، وهي بالتأكيد تبرر تعزيز إيلائها النظر بوجه عام.



بالرغم من عدم وجود تقييم كمي شامل للتطبيق الحالي للحلول المستمدة من الطبيعة على نطاق العالم، إلا أن هناك نقطتين ثابتتين.

أولاً، تطبق الحلول المستمدة من الطبيعة كثيراً على مر التاريخ في مجال إدارة المياه، بجوانبها الثلاثة جميعاً - توافر المياه وجودة المياه والمخاطر المرتبطة بالمياه. فليس هذا الموضوع جديداً. وتوجد مجتمعات ممارسين من ذوي المعرفة والخبرة والحساس في كثير من القطاعات أو المجالات. وفي معظم الحالات، لا يأتي الدفع للأخذ بهذه الحلول بصفة رئيسية من جانب جماعات الضغط البيئية. وهناك أمثلة ملحوظة على حالات كانت فيها للمصالح القطاعية الريادة في ابتكارات الحلول المستمدة من الطبيعة والارتقاء بها، وهذا أمر يبشر بالتوسع في الأخذ بهذه الحلول لأنه يدل على الاعتراف بفائدتها. فتطبيقاتها في الزراعة، مثلاً، واسعة النطاق ويقودها المزارعون و/أو المؤسسات التي تدعمهم، وإدراجها في أطر السياسات الزراعية تقوده الوكالات الزراعية بصورة واضحة؛ وقد تم بالفعل تعميم الحلول المستمدة من الطبيعة في بعض نهج قطاع الأعمال التجارية بسبب الكيفية التي تساهم بها في إيجاد نموذج مستدام للأعمال؛ وللبنية التحتية المراعية للبيئة تاريخ طويل من الاستخدام بقيادة المهندسين المدنيين المستنيرين والمبادرات الأهلية التقليدية. والمؤسسات البيئية، ولا سيما على المستوى الوطني، مؤهلة بصورة فريدة للقيام على نحو استباقي بتوفير حلول مستمدة من الطبيعة تتصدى أيضاً للتحديات التي تواجهها القطاعات الأخرى، وهي مؤهلة أيضاً للوقوف في إطار تعاوني على النتائج التي تعود بالمنفعة على جميع الأطراف. وهذا يتطلب توسيع نطاق تركيزها التاريخي على حفظ البيئة "الطبيعية" من خلال إصدار القواعد واللوائح، لكي تقوم أيضاً بزيادة الدعم لإحراز تقدم مستدام بيئياً في النظم المدارة أو التي طرأ عليها تعديل كبير.

وثانياً، هناك أدلة كثيرة على تزايد الاهتمام بالحلول المستمدة من الطبيعة. ومن أمثلة ذلك أن الاستثمارات في خطط الدفع مقابل الخدمات البيئية، التي تنفذ، من خلال صناديق الحفظ والمياه مثلاً، تتزايد (انظر الفصلين الثالث والخامس)؛ والاستثمارات المتزايدة بسرعة في البنية التحتية الحضرية المراعية للبيئة تدل على تزايد الأخذ بهذه الحلول؛ وأسواق "السندات الخضراء" الناشئة تدل على إمكانات واعدة لتعبئة التمويل من أجل الحلول المستمدة من الطبيعة، وتوضح، على وجه الخصوص، أن هذه الحلول يمكن أن يكون أداؤها جيداً عند تقييمه وفقاً لمعايير الأداء الاستثماري القياسية الصارمة (الفصلان الخامس والسادس). وقد عُمِّت الحلول المستمدة من الطبيعة، كما هو متوقع، في الاتفاقات البيئية المتعددة الأطراف حيث تنتقل هذه الاتفاقات إلى ربط البيئة ربطاً أكثر وضوحاً بالتنمية المستدامة، وبوجه خاص خلال السنوات العشر الماضية (الفصلان الأول والسادس). ومن المهم أن الحلول المستمدة من الطبيعة في طريقها الآن إلى التعميم في مندييات السياسات الأخرى المعنية، ومنها المعنية بالأمن الغذائي والزراعة المستدامة (الفصل الثاني)، والحد من مخاطر الكوارث (الفصل الرابع)، والتمويل (الفصل السادس).

وهناك دلائل واضحة في جميع الفصول على أن تكاليف الحلول المستمدة من الطبيعة ومنافعها يمكن أن تكون أفضل من خيارات البنية التحتية الرمادية البديلة، خاصة عند النظر في المنافع المشتركة المتعددة التي تقدمها في الأجلين المتوسط والطويل، رغم أن الفصل السادس يشير إلى أن هذا لم يثبت دائماً، وأنه يلزم النهوض بتقييم هذه الحلول ورصدها وتقديرها إذا ما أريد عدم المساس بالتقدم الذي أحرز في الميدان.

وبالرغم من أن التوازن الأمثل بين الاستثمار الأخضر والرمادي ليس محدداً بوضوح بل يتوقف إلى حد بعيد على الموقع، فإن البيانات المحدودة المتوافرة تشير إلى أن الاستثمار في البنية التحتية المراعية للبيئة ما زال لا يتجاوز جزءاً صغيراً (ربما أقل من 1 في المائة) من إجمالي الاستثمار في إدارة الموارد المائية. وفضلاً عن ذلك، ما زالت هناك أمثلة كثيرة على السياسات، والتمويل، وتدخلات الإدارة، التي لا وجود فيها للحلول المستمدة من الطبيعة، حتى عندما تبدو خياراً واضحاً. والتغلب على التحديات الكبيرة التي تعترض زيادة الأخذ بهذه الحلول، والتي تتفاوت من الهيمنة الساحقة لحلول البنية التحتية الرمادية "التقليدية" إلى النقص العام في إدراك وفهم ما يمكن أن تقدمه الحلول المستمدة من الطبيعة، ينطوي بصورة أساسية على تهيئة البيئة المائية الصحية لتقييم الحلول المستمدة من الطبيعة، وعند الاقتضاء، لتمويلها وتنفيذها، في سياق يتسم بمزيد من تكافؤ الفرص (الفصل السادس). ويجب على من يطبقون هذه الحلول القيام بدورهم من خلال تحسين قاعدة المعارف، بما في ذلك إجراء عمليات تقييم أكثر قوة للحلول المستمدة من الطبيعة، من أجل زيادة الثقة في هذه الحلول والقدرة على تقييمها وتنفيذها.

2-7 إلى أي مدى يمكننا التقدم؟

يخلص هذا التقرير إلى أن زيادة نشر الحلول المستمدة من الطبيعة أمر أساسي لمواجهة التحديات المعاصرة الرئيسية لإدارة الموارد المائية المتمثلة في إدامة وتحسين توافر المياه وجودتها، مع الحد من المخاطر المرتبطة بالمياه. ومن الثابت في المؤلفات العلمية ومن خلال توافق الآراء بشأن السياسات أنه، بدون الإسراع في الأخذ بالحلول المستمدة من الطبيعة، سيستمر الأمن المائي في التدهور، وربما بسرعة. ولعل تقييم الإمكانات النسبية للمناهج المراعية للبيئة مقابل الرمادية لا يمثل تحدياً فحسب بل قد يمثل تشتيتاً للاهتمام كذلك. ويذهب هذا التقرير إلى أن كلاً منهما يدعم الآخر بالفعل، وينبغي أن يكون دعمهما متبادلاً. ومع ذلك، فإن الحلول المستمدة من الطبيعة ضرورية لتحقيق التقدم في عدد من مجالات التحدي الخاصة بالموارد المائية، وهي الخيار الوحيد القابل للتطبيق لمواجهة بعض التحديات الرئيسية في الأجل الطويل. وقد أكدت التقارير العالمية السابقة عن تنمية الموارد المائية، وغيرها، باستمرار أن الأمن المائي المستدام لن يتحقق من خلال أساليب العمل كالمعتاد. وتتيح الحلول المستمدة من الطبيعة وسيلة رئيسية لتجاوز أسلوب العمل كالمعتاد. غير أن ضرورة زيادة نشر هذه الحلول لا تحظى بالتقدير الكافي حالياً. وتنشأ المبررات لهذه التأكيدات عن عدة عوامل، منها ما يلي:

- يمثل حفظ النظام الإيكولوجي وإصلاحه الاستجابة الأولية اللازمة لعكس الاتجاهات الحالية لتدهور النظم الإيكولوجية وآثارها على المياه، التي أصبحت من العوامل الأساسية المسببة للحالة السلبية الحالية للموارد المائية (المقدمة) - بما في ذلك التخفيف من مخاطر الكوارث المتعلقة بالمياه، التي تتفاقم بفعل تغير المناخ والتغيرات العالمية الأخرى (الفصل الرابع).
- ربما يمثل تقييم إمكانات الحلول المستمدة من الطبيعة لمعالجة ندرة المياه في الزراعة أقوى الأمثلة على أهميتها. فالمكاسب المحتملة من خلال تحسين إدارة الطبقة السطحية من التربة-النباتات ضخمة. وتعتبر استعادة القاعدة الإيكولوجية لإنتاج المحاصيل والثروة الحيوانية، بوصفها وسيلة لتحسين الأمن المائي لأغراض الزراعة ولتقليل العوامل الخارجية التي تنتقل عن طريق المياه، بمثابة النهج ذي الأولوية للانتقال بالزراعة إلى أطر مستدامة وتحقيق الأمن الغذائي (FAO, 2011b; 2014a). وتشير التقديرات الواردة في الفصل

- أصبح من المسلّم به على نطاق واسع أن نشر البنية التحتية المراعية للبيئة في المناطق الحضرية ينطوي على إمكانيات كبيرة. وهناك مجال كبير للتوسع في عملية إعادة تهيئة البنية التحتية المراعية للبيئة أو لإدماجها في مرحلة التخطيط الأولية، مع تحسين إدارة المسطحات الطبيعية الحضرية وشبه الحضرية، للوصول إلى مستوطنات حضرية مستدامة ثبت نجاحها في تقديم مساهمات كبيرة للإدارة المائية وللمرونة في المناطق الحضرية، بما في ذلك الحد من المخاطر (الفصل الثالث والرابع والسادس).

وتمثل المياه والصرف الصحي والنظافة الصحية مجاًلاً آخر من المجالات التي توفر فيها الحلول المستمدة من الطبيعة إمكانيات كبيرة على الرغم من أنها تتحقق في المقام الأول من خلال تحسين توافر المياه وسبل الوصول إليها (الفصل الثاني)، وتحسين جودة المياه (الفصل الثالث)، وتقليل المخاطر المرتبطة بالمياه (الفصل الرابع). فمن المسلّم به، على سبيل المثال، أن تدهور النظام الإيكولوجي يمثل عائقاً رئيسياً يحول دون حصول الجميع على مياه الشرب المأمونة، ومن ثم هناك اعتراف بأن نطاق إصلاح هذا النظام طريق رئيسي للمضي قدماً (World Bank, 2009). وتتيح الحلول المستمدة من الطبيعة التي تنطوي على أساليب الإصحاح الإيكولوجي، مثل المراحيض الجافة، كذلك وعداً بالقضاء عملياً على الحاجة إلى استخدام المياه في كثير من الحالات.

وتساهم الحلول المستمدة من الطبيعة في تحسين الوظائف وزيادة استدامتها من خلال إيجاد منافع مباشرة شاملة لتحسين إدارة موارد المياه، ومن ثم تستحدث فرص العمل في مجموعة كبيرة من القطاعات وتطلق العنان لإمكانيات إيجاد فرص العمل بطريقة غير مباشرة من خلال تأثرها المضاعف (WWAP, 2016). غير أنه يمكن أيضاً استحداث فرص العمل وسبل العيش بطريقة مباشرة. فمخططات الدفع مقابل الخدمات البيئية، مثلاً، تمكّن من توزيع تمويل إدارة مصادر المياه وتشاطره بين مجموعة أكبر من المستفيدين - ولا سيما المجتمعات الفقيرة في المناطق الريفية (الفصل الخامس). وتوفر الحلول المستمدة من الطبيعة التي تسهم في زيادة ربحية الزراعة ومرونتها واستدامتها إمكانيات كبيرة للتحسين بصفة خاصة في مجال الزراعة الأسرية الصغيرة الحجم - التي يعتريها الكثيرون واحدة من أهم السبل لانتشال الناس من الفقر في معظم البلدان النامية.

3-7 كيف نحقق الغاية المنشودة؟

لو كان العمل كالمعتاد خياراً ممكناً، لما احتجنا لمجموعة التقرير العالمي عن تنمية الموارد المائية أو حتى لخطة التنمية المستدامة لعام 2030. وقد دعت الطبقات السابقة من التقرير باستمرار إلى إحداث تغيير تحويلي في طريقة إدارتنا للمياه. وتتفق معظم مندييات السياسات المعنية على هذه النقطة. وتجدد هذه الطبعة من التقرير تأكيد النتيجة نفسها، ولكنها تلاحظ أن الحلول المستمدة من الطبيعة تتيح وسيلة رئيسية لتحقيق التغيير التحويلي المطلوب. ويذهب التقرير إلى أن عدم الاعتراف الكافي بدور النظم الإيكولوجية في إدارة المياه هو من العوامل الرئيسية التي تعزز الحاجة إلى التغيير التحويلي. ولم يعد من الممكن أن يظل هذا التغيير التحويلي مجرد أمل، إذ يلزم أن يتسارع التعجيل به، والأهم من ذلك، أن يترجم إلى سياسة كاملة التفعيل وإلى أعمال. ويخلص هذا التقرير إلى أننا قد بدأنا بداية جيدة، وإن كانت متأخرة بعض الشيء، في هذه العملية ولكن الطريق أمامنا لا يزال طويلاً.

الثاني إلى أن التطبيق الموسع للحلول المستمدة من الطبيعة (الذي ينطوي في المقام الأول على تحسين إدارة التربة والنباتات والمسطحات الطبيعية) على نظم الزراعة البعلية القائمة يتيح مكاسب متوقعة تعادل زهاء 50 في المائة من الإنتاج الحالي من المحاصيل المعتمدة على الري. ومن منظور البصمة المائية، يترجم هذا إلى تحسن يعادل 35 في المائة من إجمالي سحب المياه في جميع أنحاء العالم. وبالتالي، مع شيء من التبسيط، يمكن أن تسهم وفورات المياه من هذه الحلول وحدها بأكثر من الزيادة المتوقعة في الطلب على المياه بحلول عام 2050 (مقدمة)، وأن تحلّ في الوقت نفسه (على المستوى العالمي) ليس فقط تحدي الأمن المائي لأغراض تحقيق الأمن الغذائي، وإنما أيضاً مسألة تحرير إمدادات المياه للاستخدامات الأخرى، وربما الحد من الطلب العالمي الإجمالي على المياه. والمنافع الاجتماعية الاقتصادية المرتبطة بها كبيرة أيضاً، لأن معظم الأسر المشتغلة بالزراعة في البلدان النامية تعتمد على المحاصيل البعلية. وتوفر نهج الحلول المستمدة من الطبيعة المماثلة الفرص لمزيد من تحسين كفاءة استخدام المحاصيل للمياه في الأنظمة المروية. وفضلاً عن ذلك، عادة ما تعمل نهج الحلول المستمدة من الطبيعة هذه على تحسين جودة المياه، إلى جانب تعزيز قدرة النظام على الصمود ومن ثم تقليل المخاطر. ولا تعتمد المحاصيل البعلية إلا قليلاً على البنية التحتية الرمادية (إن اعتمدت عليها). ولذلك، فهذا المثال وحده يضع حداً لأي فكرة مؤداها أن الحلول المستمدة من الطبيعة هي على نحو ما ملحق ثانوي بحلول البنية التحتية الرمادية؛ ذلك أن التقدم يتحقق بمجرد إدارة مكونات النظام الإيكولوجي (في هذه الحالة، التربة والغطاء الأرضي) إدارة أفضل بحيث تصل مياه الأمطار إلى حيث توجد الحاجة إليها - في منطقة جذور النباتات - وتبقى هناك.

- الحلول المستمدة من الطبيعة هي الوسيلة الرئيسية، إن لم تكن الوسيلة الوحيدة الممكنة، لمعالجة تدهور الأراضي والجفاف على نطاق واسع (الفصلان الثاني والرابع - على الرغم من أن كثيراً من هذه الحلول تستخدم في الواقع لهذا الغرض نهجاً مماثلة للنهج التي تستخدمها لتحسين الزراعة البعلية، كما ورد آنفاً). وهذا يجعلها ذات أهمية محورية، على سبيل المثال، للحفاظ على سبل العيش في مناطق الأراضي الجافة ولمكافحة التصحر من خلال إصلاح إنتاجية الأراضي - وهي من أولويات مواجهة تحدي التنمية المستدامة والحد من الفقر.

- تحدث الآثار الرئيسية لتغير المناخ على البشر عن طريق المياه (UN-Water, 2010) وهي تحدث بصورة رئيسية من خلال التحولات التي تطرأ على النظم الإيكولوجية فيما يتعلق بالمياه والتي يتسبب فيها تغير المناخ (IPCC, 2014). وهذا يعني أن الوسائل الأساسية للتكيف مع تغير المناخ هي من خلال التكيف القائم على النظام الإيكولوجي الذي يحسّن قدرة النظم الإيكولوجية على التصدي لهذه التغيرات المتعلقة بالمياه الناجمة عن تغير المناخ - أي نشر الحلول المستمدة من الطبيعة. ومن هنا تزايد الاهتمام بهذه الحلول في تدابير التكيف مع تغير المناخ. ويقدم الفصل الثاني والثالث والرابع جميعاً أمثلة على استخدام الحلول المستمدة من الطبيعة من أجل معالجة مدى توافر المياه وجودتها ومخاطرها، على التوالي، ومعظمها أيضاً استجابة للتكيف مع تغير المناخ. وفضلاً عن ذلك، نظراً إلى أن كثيراً من الحلول المستمدة من الطبيعة لمسألة لتكيف مع تغير المناخ تشمل استعادة الكربون في المسطحات الطبيعية (مثل كربون التربة أو الغابات)، فإنها تسهم أيضاً في التخفيف من حدة هذا التغير - وليست هذه الفائدة قليلة الأهمية نظراً إلى أن تغير استخدام الأراضي هو المسؤول عن قرابة 25 في المائة من انبعاثات غاز الدفيئة البشرية المنشأ حتى الآن (FAO, 2014b).

مع التركيز على مرونة النظم، وعدم المبالغة في التركيز على سعة التخزين الاصطناعي؛

- بناء القدرة على الصمود أمر بالغ الأهمية؛ ويجب أن تركز النهوج المتبعة لإدارة المخاطر، بما في ذلك مخاطر الكوارث والمخاطر الناجمة عن تغير المناخ، على معالجة الأسباب الجذرية النظامية لهذه المخاطر وتتمثل في: تغير النظام الإيكولوجي؛

- ينبغي ألا يقتصر البحث على النتائج المتعلقة بالمياه فحسب، بل أن يحيط بالمنافع الشاملة على نطاق النظام بأكمله، بما في ذلك المنافع المشتركة المتأتية من كافة الخيارات مجتمعة؛

- أفضل طريقة لإدارة النظم هي من خلال إشراك أصحاب المصلحة المتعددين واستخدام الحلول المستمدة من الطبيعة لتحقيق توافق في الآراء بشأن نتائج مرضية لجميع الأطراف مع إدارة المبادرات؛

- معالجة العوامل المؤثرة هي طريقة للتعامل مع الأسباب الكامنة بدلاً من الأعراض - إذ أن فهم العوامل المباشرة وغير المباشرة لتدهور النظام البيئي وخسارته أمر بالغ الأهمية لتحديد الفرص التي يمكن فيها للتركيز على خدمات النظام الإيكولوجي أن يساعد في تحسين إدارة الموارد المائية.

إن بقاء الأمور على حالها يديم السياسات المجزأة غير الفعالة - وهو بمثابة دق ناقوس الموت للنتائج المستدامة في مجال المياه التي تم تحديدها في معظم الإصدارات السابقة *للتقرير العالمي عن تنمية الموارد المائية*. وقد اعترف العديد من المنتديات السياسية بضرورة تحقيق التكامل بين السياسات عبر مجالات ونطاقات متعددة، ليس فقط فيما بين الخطط المتعلقة بالمياه، ولكن فيما يتعلق بكيفية ارتباط هذه الخطط بالاحتياجات الاجتماعية والاقتصادية والبيئية الأخرى أو دعمها لها أو تضاربها معها. وقد بلغ هذا الاتجاه ذروته في خطة التنمية المستدامة لعام 2030 التي تتبع نهجاً متكاملأً أفضل بكثير مقارنةً بسابقتها، الأهداف الإنمائية للألفية، بتسليمها بأن الأهداف والغايات المترابطة يلزم تحقيقها على نحو جماعي. وتزود الحلول المستمدة من الطبيعة للدول الأعضاء بألفية، في جملة أمور أخرى، لتحقيق هذه النهوج المتكاملة من خلال الربط بين الدعائم البيئية والاقتصادية والاجتماعية للتنمية المستدامة. ويتمثل النهج التقني لتقييم هذا الترابط وتفصيله في استخدام إطار خدمات النظام الإيكولوجي. ومن الأهمية بمكان ألا تقتصر الحكومات في استجاباتها على مجرد تنسيق السياسات واللوائح في جميع مجالات السياسة العامة، بل أن تقوم أيضاً باستعراض السياسات على نطاق واسع لضمان أن تكون الإرشادات المتعلقة بالسياسة أو اللوائح واضحة وأن تدعم، بدلاً من أن تقيد، تنفيذ العملية المحسنة لاتخاذ القرار على جميع المستويات حتى المستوى المحلي.

ويمكن أن ينطوي تنفيذ الحلول المستمدة من الطبيعة على مشاركة كثير من مجموعات أصحاب المصلحة المختلفين، من الحكومات إلى المنظمات غير الحكومية وجماعات المواطنين (على سبيل المثال، جمعيات المزارعين المحليين ومجموعات أصحاب الأراضي ومصالح القطاع الخاص، وما إليها). والقيود المؤسسية على تعزيز الحوار بين القطاعات معروفة للجميع (الفصل السادس) وقد اعترف بها جيداً في كثير من الإصدارات السابقة *للتقرير العالمي عن تنمية الموارد المائية*. ولا يزال تحقيق التغيير المؤسسي المطلوب أمراً صعباً، ولا يقل صعوبة عنه إحداث هذا التغيير من أجل الحلول المستمدة من الطبيعة. غير أن من المهم أن تلك الحلول توفر وسيلة لتشجيع هذا التغيير من خلال بناء توافق في الآراء بشأن أهداف النظام الشاملة وتحديد النتائج التي تعود بالنفع على

ويلزم أن يستند هذا التغيير التحويلي إلى نهج أكثر شمولاً، قائم على النظم، للطرق التي ندير بها المياه. أما منظورات العمل كالمعتاد فتري أن المياه مشكلة خطية (المنبع-المصب) تتعلق إلى حد بعيد بإدارة المعروض من المياه السطحية والمياه الجوفية والطلب عليها، وعادة ما يكون ذلك بصورة منفصلة وأساسية لأغراض الاستخدام البشري المباشر. ومن المعترف به وجود مقايضات مع النظم البيئية ولكنها تعتبر ثانوية فيما يتعلق باستخدام المياه للأغراض التي ينشدها الناس. ومن ثم فإن الإدارة المائية ترمي إلى تحقيق مجموعة فرعية من القيم الخاصة بالماء، وليس تحقيق الحد الأقصى من منافعه على صعيد النظام بأسره. وتتمثل الاستجابة التقليدية الرامية إلى تحسين إمدادات المياه وجودتها، والتصدي لتغير المناخ والحد من مخاطر الكوارث، في بناء مزيد من البنى التحتية الرمادية، بينما تعتبر الحلول المستمدة من الطبيعة، إذا اعترف بها، منفعة هامشية، وليست شيئاً أساسياً. أما نهج النظم الإيكولوجية فيسلم بأن الماء يتحرك خلال المسطحات الطبيعية وفيما بينها في سلسلة من الدورات المترابطة في نطاقات تتفاوت من الصغيرة إلى الإقليمية/العالمية وأن الكثير منها يتعارض مع الأخذ بمنظور المنبع-المصب. فهذا النهج يسلط الضوء، مثلاً، على الفجوة الحالية في الاهتمام بإدارة آثار تغير استخدام الأراضي على إعادة تدوير الرطوبة من خارج الحوض، مما يمثل تحدياً للفكرة القائلة بأن مستجمع المياه هو أنسب وحدة مستقلة للإدارة (الفصل الأول والثاني والسادس) - على الرغم من أن حدود المستجمع المائي تظل بالتأكيد أكثر ملاءمة من الوحدات الإدارية، التي لا تزال شائعة الاستخدام في إدارة الموارد المائية. وتركز الحلول المستمدة من الطبيعة على إدارة النظم، بما في ذلك نهوج البنية التحتية المراعية للبيئة والرمادية المتكاملة، وزيادة المنافع على نطاق النظام بأكمله. ومن أمثلة ذلك:

- استخدام النظم الإيكولوجية لاستعادة الحصول على المياه مرة أخرى حيثما تكون هناك حاجة إليها، وحيث تكون أكثر أماناً؛ وتقليل مشكلات جودة المياه عند المصدر؛ وتحقيق فوائد اجتماعية واقتصادية شاملة على نطاق المنظومة، بما في ذلك الاستدامة والقدرة على الصمود؛
- لا يُنظر إلى توافر المياه المحيطة لاحتياجات الإنسان في المسطحات الطبيعية على أنها محددة سلفاً بعوامل مناخية تتجاوز تأثيرنا، بل يمكن إدارتها، على سبيل المثال من خلال إدارة الغطاء الأرضي للتأثير في إعادة تدوير الرطوبة أو من خلال إدخال تحسينات على إدارة التربة؛
- ليست المسألة مجرد تخصيص المياه لاستخدام من بين الاستخدامات المتنافسة؛ إذ يمكن تحسين توافر المياه وجودتها والحد من مخاطرها لبعض المستخدمين بالتزامن مع تحسين الفوائد المتاحة لآخرين؛
- دور البنية التحتية الرمادية والحاجة إليها أمر معترف به، ولكن من المعترف به أيضاً قيودها، بما في ذلك كيف يمكن أن تزيد المخاطر كثيراً؛ ويتمثل أحد أدوار الحلول المستمدة من الطبيعة في معالجة تلك القيود وزيادة الأداء الهيدرولوجي والاقتصادي للخيارات الرمادية مع إتاحة الفرص لتعزيز المنافع الاجتماعية في الوقت ذاته؛
- لا يُنظر إلى تخزين المياه باعتباره مجرد زيادة أداء الهياكل الاصطناعية إلى الحد الأقصى، ولكن من منظور كيفية إدارة تخزين المياه بالشكل الأمثل في المسطحات الطبيعية الريفية والحضرية، مع التركيز على النظم المترابطة (مثل الخزانات والأراضي الرطبة ومستودعات المياه الجوفية) التي تتكامل فيها سمات التخزين الطبيعي والاصطناعي - وإنما تولى الأولوية لتخزين المياه في الأماكن الأكثر أماناً والتي يمكن فيها الاستفادة منها لمختلف الاستخدامات

جميع المصالح المتعددة. فالحلول المستمدة من الطبيعة تتيح جسراً بين القطاعات ومصالحها.

وسيكون من الضروري توجيه الاستثمارات نحو النهج المراعية للبيئة من أجل التوصل إلى تحسين الكفاءة الاستثمارية والحفاظ على أداء البنية التحتية الرامدية وعائداتها الاستثمارية. ولذلك، فإن الفرصة سانحة لتحويل الاستثمارات بحيث يمكن أن تسهم الحلول المستمدة من الطبيعة إسهاماً كاملاً في تحقيق مكاسب في الكفاءة، بما في ذلك زيادة المنافع المشتركة والتحسينات المحتملة على نطاق المنظومة إلى أقصى حد. ويُبرز الفصل السادس بعض التطورات الواعدة في هذا الصدد، بما في ذلك ظهور عمليات تقييم صارمة للأداء المالي المقارن للاستثمارات الخضراء والرامدية. ومن الأمور المشجعة أن عمليات التقييم هذه تصف النهج المراعية للبيئة في كثير من الأحيان بأنها استثمار قابل للاستمرار، مما يزيد في تعزيز الحجج الداعمة لفعالية نهج الحلول المستمدة من الطبيعة.

ورغم أن التغيير التحويلي مطلوب على مختلف مستويات السياسة والتمويل، فإن القرارات المتعلقة بتدخلات إدارة المياه ستتخذ عاجلاً أو آجلاً على مستوى الموقع. ويلزم أن يكون الهدف هو تقليل التكاليف والمخاطر إلى أدنى حد، وتحقيق أقصى قدر من عوائد النظام وقوته، مع توفير الأداء الأمثل من حيث ضمان "الصلاحية للاستخدام" في الوقت نفسه. وينبغي أن تضطلع السياسة العامة بدور في التمكين من اتخاذ القرارات السليمة على مستوى المواقع فيما يتعلق بهذه الأمور. ويشير التحيز المستمر لنهج البنية التحتية الرامدية إلى ضرورة الاعتراف بأوجه التآزر بين البنية التحتية المراعية للبيئة والرامدية، والحاجة إلى إطار مشترك يتم بموجبه تقييم الخيارات المتاحة (الفصلان الأول والسادس). فلا يمكن تحديد الخيار، أو في أغلب الأحيان مزيج الخيارات، الأكثر ملاءمة إلا بموجب إطار مشترك. وهذا يتطلب استخدام معايير ومؤشرات ومنهجيات مشتركة لإجراء عمليات التقييم وعقد المقارنات واتخاذ القرارات. ويمثل إعداد هذا الإطار المشترك، والأدوات والقدرات اللازمة لدعمه، إحدى الضرورات ذات الأولوية لترجمة التغيير التحويلي على صعيد السياسات إلى تقديم حلول مُثلى على الصعيد المحلي.

وتبرز الزراعة بوصفها قطاعاً رئيسياً تتجلى فيه فرص التغيير التحويلي، وذلك لاهتمامها في مجال استخدام المياه، والروابط بين المياه والأمن الغذائي، واحتمالات الحد من الفقر، والفرص التي تتيحها لزيادة نشر الحلول المستمدة من الطبيعة. ويلزم الاستفاضة التامة في الحوار المتعلق بالأمن المائي لأغراض تحقيق الأمن الغذائي إلى أبعد من تركيزه الزائد المعتاد على الري. وهناك إدراك جيد لفرص تحسين كفاءة استخدام مياه الري من خلال نهج البنية التحتية الرامدية (مثل الري بالتنقيط) والتدابير المتخذة على جانب الطلب (مثل زراعة محاصيل أكثر ملاءمة للمناطق، وإتاحة الفرص لتناول مسألة المياه الافتراضية في تجارة الأغذية، والتحسينات في إنتاجية مياه المحاصيل من خلال تحسين الموارد الوراثية، وما إلى ذلك)، وهناك إدراك لوجود مجال للتوسع في الري في بعض المناطق. ولكن أكبر الفرص، كما ورد آنفاً، إنما تكمن في تحسين توافر/ توفير المياه من خلال الأخذ على نطاق أوسع بالحلول المستمدة من الطبيعة، لا سيما في النظم البعلية، إلى جانب تحقيق مكاسب تكميلية من حيث النتائج في مجال تحسين جودة المياه وتقليل المخاطر. وعلى الرغم من الإقرار بهذه الفرص من جانب بعض المتدييات الخاصة بالسياسات (FAO, 2011b; 2014a)، يستمر البعض الآخر في قلة التشديد على أهمية النظم الإيكولوجية. وفي الحوار المتعلق بـ "العلاقة بين المياه والطاقة والغذاء" (FAO, 2014c) مثال ظاهر على ضرورة أن تتكامل النظم الإيكولوجية تكاملاً أكثر وضوحاً (باعتبارها علاقة بين المياه - نظام

إيكولوجي - الطاقة - الغذاء)، لأن النظم الإيكولوجية تحدد كثيراً من الترابطات الرئيسية بين الماء والطاقة والغذاء، وتتيح الحلول المستمدة من الطبيعة وسيلة أساسية للتوفيق بين هذه المصالح التي يحتمل وجود تنافس فيما بينها (المقدمة والفصل الثاني).

وقد أظهرت تحليلات السيناريوهات باستمرار، في العديد من المناطق، أن الطريق ليس فقط إلى تحسين الاستدامة، وإنما أيضاً إلى تحقيق الرخاء الاقتصادي في الأجل الأطول، هو من خلال الإدماج الكامل للاستدامة البيئية. ومن النتائج الإيجابية للغاية للتحليل الأولي لسيناريو موارد المياه الذي أجراه بوريك وآخرون (Burek et al. (2016) أن مسار الاستدامة²⁰ لا يفضي فقط إلى تحسين النتائج المتعلقة بالأمن البيئي والأمن المائي والأمن الغذائي، بل يأتي أيضاً، على عكس بعض المعتقدات، بأعلى وأسرع الفوائد في الأجل المتوسط من حيث التنمية الاقتصادية. فبموجب سيناريو التنافس الإقليمي²¹ البديل، على سبيل المثال، يبلغ أقصى حد للنتائج المحلي الإجمالي العالمي 220 تريليون دولار أمريكي بحلول عام 2100، ولكنه يبلغ 570 تريليون دولار أمريكي في إطار سيناريو منتصف الطريق²² و650 تريليون دولار أمريكي في إطار سيناريو الاستدامة، والنمط في حالة الناتج المحلي الإجمالي للفرد الواحد مماثل لذلك. ويتسق هذا مع الاستنتاجات المعاصرة ومفادها أن الاستدامة البيئية ليست عائقاً أمام التنمية الاجتماعية والاقتصادية، بل هي شرط لازم لتحقيقها. وتوفر الحلول المستمدة من الطبيعة وسيلة مفهومة وعملية لتفعيل السياسة والإدارة المتعلقة بالموارد المائية من أجل تحقيق هذه الغاية.

4-7 تنفيذ خطة التنمية المستدامة لعام 2030 من خلال الحلول المستمدة من الطبيعة لقضايا إدارة الموارد المائية

يخلص هذا التقرير إلى أن الحلول المستمدة من الطبيعة تتمتع بإمكانات عالية لمواجهة التحديات التي تمثلها إدارة الموارد المائية المعاصرة والمقبلة، على النحو الذي يتجلى في خطة التنمية المستدامة لعام 2030 وأهداف التنمية المستدامة وغاياتها.

ويرد في الجدولين 1-7 و2-7 موجز للنتائج المستقاة من الفصل الأول إلى الخامس فيما يتعلق بإمكانية إسهام الحلول المستمدة من الطبيعة في تحقيق أهداف التنمية المستدامة وغاياتها. ويوجز الجدول 1-7 المساهمة المحتملة للحلول المستمدة من الطبيعة في تحقيق كل غاية من الغايات المتعلقة بالمياه في إطار الهدف 6 من أهداف التنمية المستدامة الخاص بالمياه والصرف الصحي، في مقابل الخيارات غير المتعلقة بالحلول المستمدة من الطبيعة لتحقيق الغاية ذاتها. ونظراً إلى أن المياه تدعم معظم الجوانب الاجتماعية والاقتصادية لأهداف التنمية المستدامة، فمن المسلم به على نطاق واسع أن المياه تربط بين معظم أهداف

20 يصور سيناريو الاستدامة عالماً يحقق تقدماً جيداً نسبياً نحو الاستدامة، وتُبدل فيه جهود متواصلة لتحقيق أهداف التنمية، إلى جانب التقليل من الاعتماد على كثافة الموارد وعلى الوقود الأحفوري.

21 في سيناريو التنافس الإقليمي، ينقسم العالم إلى مناطق تتميز بالفقر المدقع وجيوب تتمتع بثروات معتدلة ومجموعة كبيرة من البلدان التي تناضل من أجل الحفاظ على مستويات المعيشة لسكان يتزايد عددهم بشدة. وتركز البلدان على تحقيق الأهداف المتعلقة بأمن الطاقة والأمن الغذائي داخل منطقتها الخاصة، فضلاً عن أن التجارة الدولية، بما في ذلك أسواق موارد الطاقة والأسواق الزراعية، مقيدة بشدة.

22 يفترض سيناريو منتصف الطريق أن التنمية العالمية تتقدم على امتداد الاتجاهات والنماذج الماضية، بحيث أن الاتجاهات الاجتماعية والاقتصادية والتكنولوجية لا تتغير بدرجة ملحوظة عن الأنماط التاريخية (أي، العمل كالمعتاد).



بحيرة نايفاشا (كينيا)

المنافع المشتركة مزاي رفيعة بوجه خاص من حيث تحقيق أهداف التنمية المستدامة (الجدول 7-2) تتعلق بما يلي: الجوانب الأخرى لتعزيز الزراعة المستدامة (الهدف 2 من أهداف التنمية المستدامة)؛ الطاقة المستدامة (الهدف 7 من أهداف التنمية المستدامة)؛ تعزيز النمو الاقتصادي المطرد والشامل للجميع والمستدام والعمالة الكاملة والمنتجة وتوفير العمل اللائق للجميع (الهدف 8 من أهداف التنمية المستدامة)؛ جوانب أخرى لجعل المدن والمستوطنات البشرية شاملة للجميع وأمنة وقادرة على الصمود ومستدامة (الهدف 11)؛ ضمان وجود أنماط استهلاك وإنتاج مستدامة (الهدف 12 من أهداف التنمية المستدامة)؛ اتخاذ إجراءات عاجلة للتصدي لتغير المناخ وآثاره (الهدف 13 من أهداف التنمية المستدامة)؛ وعلى وجه الخصوص من خلال الترويج لنتائج بيئية شاملة محسنة ووقف تدهور الأراضي وفقدان التنوع البيولوجي وعكس مساره (الهدفان 14 و15 من أهداف التنمية المستدامة). وكذلك توفر الحلول المستمدة من الطبيعة فرصاً كبيرة لتعزيز وسائل التنفيذ وتنشيط الشراكة العالمية من أجل التنمية المستدامة (الهدف 17 من أهداف التنمية المستدامة).

5-7 الخاتمة

ليس من الضروري أن تكون طبيعة العلاقة بين النظم الإيكولوجية والهيكلولوجيا واحتياجات رفاه الإنسان محفوفة بالمخاطر كما هو واضح في حالات معينة من التاريخ القديم والحديث. وفي الوقت الذي ترسم فيه البشرية مسارها خلال حقبة الأنثروبوسين، لا يكون اعتماد الحلول المستمدة من الطبيعة مجرد أمر ضروري لتحسين نتائج الإدارة المائية وتحقيق الأمن المائي فحسب، بل هو عنصر حيوي لضمان توفير المنافع المشتركة اللازمة لجميع جوانب التنمية المستدامة. وبالرغم من أن الحلول المستمدة من الطبيعة ليست علاجاً لجميع المشاكل، فإنها ستؤدي دوراً لا غنى عنه في بناء مستقبل أفضل وأكثر إشراقاً وأماناً وإنصافاً للجميع.

التنمية المستدامة وغاياتها. ولذلك، فإن مساهمات الحلول المستمدة من الطبيعة في الهدف 6 من أهداف التنمية المستدامة تترجم إلى مزيد من المنافع المرتبطة بالمياه التي تتحقق للأهداف والغايات الأخرى، إلى جانب مساهمات التدخلات من غير الحلول المستمدة من الطبيعة. وهذه الترابطات شديدة التعقيد بحيث لا يمكن إدراجها في الجدول 7-1، ولكن تستعرضها لجنة الأمم المتحدة المعنية بالموارد المائية استعراضاً أكثر تفصيلاً (UN-Water (2016a)) وفي التقرير الجامع للجنة الأمم المتحدة المعنية بالموارد المائية القادم بشأن الهدف 6 من أهداف التنمية المستدامة (الذي سيصدر في منتصف عام 2018). ويرد في الجدول 7-2 موجز للمنافع المشتركة غير المرتبطة بالمياه التي توفرها أيضاً الحلول المستمدة من الطبيعة، والطرق التي تساعد بها هذه المنافع في تحقيق سائر أهداف التنمية المستدامة وغاياتها.

إن الحلول المستمدة من الطبيعة تتيح إمكانات كبيرة للمساهمة في تحقيق معظم غايات الهدف 6 من أهداف التنمية المستدامة (الجدول 7-1). والمجالات التي تترجم فيها هذه المساهمة إلى آثار إيجابية ملحوظة بوجه خاص على أهداف التنمية المستدامة الأخرى هي التي تتعلق بالأمن المائي لدعم الزراعة المستدامة (الهدف 2 من أهداف التنمية المستدامة، لا سيما الغاية 4-2)، والحياة الصحية (الهدف 3 من أهداف التنمية المستدامة)، وإقامة بنية تحتية قادرة على الصمود (فيما يتعلق بالمياه) (الهدف 9 من أهداف التنمية المستدامة)، والمستوطنات الحضرية المستدامة (الهدف 11 من أهداف التنمية المستدامة)، والحد من مخاطر الكوارث (الهدف 11 من أهداف التنمية المستدامة، وفيما يتعلق بتغير المناخ، الهدف 13).

ومن المزايا الكبيرة للحلول المستمدة من الطبيعة ما توفره من منافع مشتركة، بخلاف النتائج المباشرة لإدارة المياه. وتشمل هذه المنافع تحسين قدرة النظام الشاملة على الصمود والفوائد الاجتماعية والاقتصادية المرتبطة بتحسُّن القيم الاقتصادية والثقافية والترفيهية والجمالية للمساحات الطبيعية المحسنة، فضلاً عن حفظ الطبيعة. ويمكن أن تكون هذه الفوائد كبيرة ويجب أن توضع في الاعتبار في عمليات التقييم، والتحليلات المتعلقة بالتكلفة والعائد، وبالتالي، في رسم السياسات واتخاذ القرار. وبعض المجالات التي تحقق فيها هذه

الجدول 7-1 الإسهام المحتمل للحلول المستمدة من الطبيعة في تحقيق غايات الهدف 6 من أهداف التنمية المستدامة المتعلقة بالمياه والصرف الصحي وإمكانات مساهمتها في أهداف أخرى*

الهدف 6 من أهداف التنمية المستدامة: ضمان توافر المياه وخدمات الصرف الصحي للجميع وإدارتها إدارة مستدامة	المساهمة المحتملة للحلول المستمدة من الطبيعة في تحقيق هذه الغاية	أمثلة على الحلول المستمدة من الطبيعة	المساهمة المحتملة للحلول المستمدة من الطبيعة في تحقيق الغايات الأخرى للهدف 6
6-1 تحقيق هدف حصول الجميع بإنصاف على مياه الشرب المأمونة والميسورة التكلفة	مرتفعة	إدارة مستجمعات المياه، بما في ذلك الممارسات الزراعية الحافظة للموارد؛ تجميع المياه؛ البنية التحتية الحضرية المراعية للبيئة	مرتفعة 3-6، 4-6، 6-6
6-2 تحقيق هدف حصول الجميع على خدمات الصرف الصحي والنظافة الصحية ووضع نهاية للتلوث في العراء، وإيلاء اهتمام خاص لاحتياجات النساء والفتيات ومن يعيشون في ظل أوضاع هشّة	متوسطة	المراحيض الجافة، الأراضي الرطبة المنشأة	متوسطة 1-6، 3-6، 6-6
6-3 تحسين جودة المياه عن طريق الحد من التلوث ووقف إلقاء النفايات والمواد الكيميائية والمواد الخطرة وتقليل تسربها إلى أدنى حد، وخفض نسبة مياه المجاري غير المعالجة إلى النصف، وزيادة إعادة التدوير وإعادة الاستخدام المأمونة بنسبة كبيرة على الصعيد العالمي	مرتفعة	الأراضي الرطبة المنشأة، البنية التحتية الحضرية المراعية للبيئة، إدارة مستجمعات المياه (بما في ذلك إدارة الأراضي الزراعية)، الحواجز الشاطئية، المجاري المائية والأراضي الرطبة المغطاة بالنباتات	متوسطة 1-6، 4-6 (حيث يعاد استخدام مياه الصرف)، 6-6
6-4 زيادة كفاءة استخدام المياه في جميع القطاعات زيادة كبيرة وضمان سحب المياه العذبة وإمداداتها على نحو مستدام من أجل معالجة شح المياه، والحد بدرجة كبيرة من عدد الأشخاص الذين يعانون من ندرة المياه	مرتفعة للغاية	الحلول المستمدة من الطبيعة التي تعمل على تحسين توافر مياه التربة للمحاصيل البعلية (مثل الزراعة الحافظة للموارد، وما إلى ذلك).	مرتفعة للغاية 1-6، 3-6، 6-6
	مرتفعة	تجميع المياه والاستخدامات المشتركة للمياه الجوفية والمياه السطحية، وتحسين تغذية المياه الجوفية من خلال تحسين إدارة الأراضي، والبنية التحتية الحضرية المراعية للبيئة (مثل الأرصفة المنفذة، ونظم الصرف الحضرية المستدامة)	مرتفعة 1-6، 3-6، 6-6
6-5 تنفيذ الإدارة المتكاملة للموارد المياه على جميع المستويات، بما في ذلك من خلال التعاون العابر للحدود حسب الاقتضاء	مرتفعة	تنفيذ الحلول المستمدة من الطبيعة واسعة النطاق التي تعزز التعاون بين أصحاب المصلحة، كاستصلاح حوض النهر، مثلاً	مرتفعة 1-6، 3-6، 6-6
6-6 حماية وترميم النظم الإيكولوجية المتصلة بالمياه، بما في ذلك الجبال والغابات والأراضي الرطبة والأنهار ومستودعات المياه الجوفية والبحيرات	-	جميع الاستخدامات. الغاية 6-6 هي بصفة رئيسية تطبيق الحلول المستمدة من الطبيعة تشير غايات أهداف التنمية المستدامة إلى أهداف كل منها. لذلك، في هذا السياق، فإن الغرض الرئيسي من حماية النظم الإيكولوجية المرتبطة بالمياه واستصلاحها يتمثل في دعم توافر المياه وخدمات الصرف الصحي للجميع وإدارتها على نحو مستدام. وهذا يعني أن الغاية 6-6 تشير إلى نشر الحلول المستمدة من الطبيعة على النحو المحدد في هذا التقرير. أما حماية النظم الإيكولوجية وإصلاحها لأغراض أخرى، بخلاف النتائج المتعلقة الموارد المائية، فيجري تناولها في إطار المنافع المشتركة للحلول المستمدة من الطبيعة في الجدول 2-7.	-
6-أ تعزيز نطاق التعاون الدولي ودعم بناء القدرات في البلدان النامية في مجال الأنشطة والبرامج المتعلقة بالمياه والصرف الصحي، بما في ذلك جمع المياه، وإزالة ملوثاتها، وكفاءة استخداماتها، ومعالجة المياه العادمة، وتكنولوجيات إعادة التدوير وإعادة الاستعمال، بحلول عام 2030	مرتفعة	الحلول المستمدة من الطبيعة كمحور تركيز رئيسي لدعم بناء القدرات وتوسيع نطاق التعاون الدولي	-
6-ب دعم وتعزيز مشاركة المجتمعات المحلية في تحسين إدارة المياه والصرف الصحي	مرتفعة		-

* تُقيّم الإمكانية من حيث الكيفية التي يمكن أن تساهم بها الحلول المستمدة من الطبيعة في مقابل الوسائل الأخرى لتحقيق الغاية نفسها.

الجدول 2-7 المساهمة المحتملة للحلول المستمدة من الطبيعة (لقضايا المياه) في بعض أهداف التنمية المستدامة الأخرى وغاياتها من خلال تقديم منافع مشتركة غير متعلقة بالمياه

الهدف والغاية	المنفعة المشتركة التي يحتمل أن تتحقق من خلال الحلول المستمدة من الطبيعة	أمثلة
الهدف 1- القضاء على الفقر بجميع أشكاله في كل مكان 1-5 بناء قدرة الفقراء والفئات الضعيفة على الصمود والحد من تعرضها وتأثرها بالظواهر المتطرفة المتصلة بالمناخ وغيرها من الهزات والكوارث الاقتصادية والاجتماعية والبيئية ...	مرتفعة	تقدم الحلول المستمدة من الطبيعة خدمات النظام الإيكولوجي غير المتعلقة بالمياه التي تساعد على بناء قدرة الفقراء والنظام بأكمله على الصمود؛ فمثلاً، تقلل إعادة التشجير من الانهيارات الأرضية، وتوفر النظم الإيكولوجية مصادر للغذاء في أوقات الأزمات
الهدف 2 - القضاء على الجوع وتوفير الأمن الغذائي والتغذية المحسنة وتعزيز الزراعة المستدامة 2-4 ضمان وجود نظم إنتاج غذائي مستدامة، وتنفيذ ممارسات زراعية متينة تؤدي إلى زيادة الإنتاجية والمحاصيل، وتساعد على الحفاظ على النظم الإيكولوجية، وتعزز القدرة على التكيف مع تغير المناخ وعلى مواجهة أحوال الطقس الشديدة وحالات الجفاف والفيضانات وغيرها من الكوارث، وتحسن تدريجياً نوعية الأراضي والتربة ...	مرتفعة للغاية	المنافع المشتركة غير المرتبطة بالمياه التي تتيحها الحلول المستمدة من الطبيعة لإمدادات المياه في الزراعة (على سبيل المثال، من خلال الزراعة الحافظة للموارد واستصلاح المسطحات الطبيعية) كبيرة وتشمل السيطرة على الآفات والأمراض ودورات المغذيات وتنظيم التربة والتلقيح وما إلى ذلك. وكل هذه الأمور تحسن قدرة النظام الشاملة على الصمود، واستدامته، وإنتاجيته
الهدف 3 - ضمان تمتع الجميع بأنماط عيش صحية وبالرفاهية في جميع الأعمار 3-3 وضع نهاية لأوبئة ... والملاiria ... ومكافحة ... الأمراض المنقولة بالمياه...	متواضعة	تساعد النظم الإيكولوجية الصحية، التي يتم تعزيزها من خلال الحلول المستمدة من الطبيعة، على التحكم في الأمراض الطفيلية البشرية التي تنتقل عن طريق المياه
الهدف 7 - ضمان حصول الجميع بتكلفة ميسورة على خدمات الطاقة الحديثة الموثوقة والمستدامة 7-3 مضاعفة المعدل العالمي للتحسن في كفاءة استخدام الطاقة ...	متواضعة	تقلل الحلول المستمدة من الطبيعة لتحسين جودة المياه متطلبات المعالجة اللاحقة للمياه من الطاقة
الهدف 8 - تعزيز النمو الاقتصادي المطرد والشامل للجميع والمستدام، والعمالة الكاملة والمنتجة، وتوفير العمل اللائق للجميع 8-4 تحسين الكفاءة في استخدام الموارد العالمية في مجال الاستهلاك والإنتاج، تدريجياً، حتى عام 2030، والسعي إلى فصل النمو الاقتصادي عن التدهور البيئي ...	مرتفعة	يستعيد تطبيق الحلول المستمدة من الطبيعة على نطاق واسع التفاعل الإيجابي بين النمو الاقتصادي والبيئة
الهدف 9 - إقامة بنى تحتية قادرة على الصمود، وتحفيز التصنيع المستدام الشامل للجميع، وتشجيع الابتكار 9-4 تحسين البنى التحتية وتحديث الصناعات ... من أجل تحقيق استدامتها، مع زيادة كفاءة استخدام الموارد وزيادة اعتماد التكنولوجيات والعمليات الصناعية النظيفة والسليمة بيئياً، ومع قيام جميع البلدان باتخاذ إجراءات وفقاً لقدراتها	مرتفعة	تعزز الحلول المستمدة من الطبيعة البنية التحتية المراعية للبيئة، مما يزيد من كفاءة استخدام الموارد والتقنيات النظيفة والسليمة بيئياً. نهج مناسب بوجه خاص للبلدان ذات القدرة المنخفضة للموارد المالية المحدودة
الهدف 11 - جعل المدن والمستوطنات البشرية شاملة للجميع وأمنة وقادرة على الصمود ومستدامة 11-7 توفير سبل استفادة الجميع من مساحات خضراء وأماكن عامة، آمنة وشاملة للجميع ويمكن الوصول إليها ... 11-أ دعم الروابط الإيجابية الاقتصادية والاجتماعية والبيئية بين المناطق الحضرية والمناطق المحيطة بالمناطق الحضرية والمناطق الريفية، من خلال تعزيز تخطيط التنمية الوطنية والإقليمية 11-ب ... الزيادة بنسبة كبيرة في عدد المدن والمستوطنات البشرية التي تعتمد وتنفذ سياسات وخططاً متكاملة من أجل شمول الجميع، وتحقيق الكفاءة في استخدام الموارد، والتخفيف من تغير المناخ والتكيف معه، والقدرة على الصمود في مواجهة الكوارث، ووضع وتنفيذ الإدارة الكلية لمخاطر الكوارث على جميع المستويات، بما يتماشى مع إطار سنداى للحد من مخاطر الكوارث للفترة 2015-2030 11-ج دعم أقل البلدان نمواً، بما في ذلك من خلال المساعدة المالية والتقنية، في إقامة المباني المستدامة والقادرة على الصمود باستخدام المواد المحلية	مرتفعة	البنية التحتية المراعية للبيئة داخل المناطق الحضرية. نشر الحلول المستمدة من الطبيعة في المستجمعات الحضرية لربط التخطيط للمناطق الحضرية والمناطق المحيطة بها (وعلى نطاق المستجمعات المائية) بغرض إقامة مستوطنات آمنة وقادرة على الصمود ومستدامة - ملائمة بصفة خاصة للبلدان النامية

الهدف والغاية	المنفعة المشتركة التي يحتمل أن تتحقق من خلال الحلول المستمدة من الطبيعة	أمثلة
الهدف 12 - ضمان وجود أنماط استهلاك وإنتاج مستدامة 1-12 تنفيذ الإطار العشري للبرامج المتعلقة بأنماط الاستهلاك والإنتاج المستدامة ... 2-12 تحقيق الإدارة المستدامة والاستخدام الكفؤ للموارد الطبيعية ... 5-12 الحد بدرجة كبيرة من إنتاج النفايات، من خلال المنع والتخفيض وإعادة التدوير وإعادة الاستعمال ... 7-12 ممارسات الشراء العمومي المستدامة، وفقاً للسياسات والأولويات الوطنية	مرتفعة	الحلول المستمدة من الطبيعة وسيلة أساسية لتنفيذ إطار العشر سنوات. وهي فعالة بوجه خاص في تعزيز الاستهلاك المستدام للموارد (مثل الكيماويات والأسمدة والأراضي) في الزراعة.
الهدف 13 - اتخاذ إجراءات عاجلة للتصدي لتغير المناخ وآثاره 1-13 تعزيز القدرة على الصمود في مواجهة الأخطار المرتبطة بالمناخ والكوارث الطبيعية في جميع البلدان، وتعزيز القدرة على التكيف معها 2-13 إدماج التدابير المتعلقة بتغير المناخ في السياسات والاستراتيجيات والتخطيط على الصعيد الوطني	مرتفعة	فضلاً عن المساهمات الكبيرة في تعزيز القدرة على الصمود في وجه الأخطار المرتبطة بالمياه (التي ورد تناولها في إطار الهدف 6 في الجدول 1-7)، تساعد الحلول المستمدة من الطبيعة في تحسين مرونة النظام وقدرته على التكيف بوجه عام. وتساعد هذه الحلول أيضاً في التخفيف من تغير المناخ عن طريق عزل الكربون عزلاً أفضل من خلال إعادة التشجير وإعادة تأهيل الكربون العضوي للتربة، مثلاً. وهي كذلك تساعد على تحقيق التكامل بين السياسات والاستراتيجيات والتخطيط في مجال تغير المناخ عبر القطاعات.
الهدف 14 - حفظ المحيطات والبحار والموارد البحرية واستخدامها على نحو مستدام لتحقيق التنمية المستدامة 1-14 منع التلوث البحري بجميع أنواعه والحد منه بدرجة كبيرة، ولا سيما من الأنشطة البرية، بما في ذلك الحطام البحري، وتلوث المغذيات ... 2-14 إدارة النظم الإيكولوجية البحرية والساحلية على نحو مستدام وحمايتها ... تعزيز قدرتها على الصمود، واتخاذ الإجراءات اللازمة لإعادتها إلى ما كانت عليه ...	متوسطة إلى مرتفعة	الحلول المستمدة من الطبيعة للحد من آثار التلوث الناجم عن الأنشطة البرية كثيرة، ونظراً إلى أن هذه الآثار تتم عن طريق المياه، فهي مشمولة بالتغطية في إطار الهدف 6 أنفاً - ومن الأمثلة الجديرة بالذكر الحد من مدخلات المغذيات الآتية من الزراعة. وتطبيق الحلول المستمدة من الطبيعة في المناطق الساحلية، على سبيل المثال استصلاح الغابات و/أو الأراضي الرطبة الساحلية، ينطوي على إمكانات كبيرة لتحسين قدرة النظم الإيكولوجية الساحلية على الصمود.
الهدف 15 - حماية النظم الإيكولوجية البرية وترميمها وتعزيز استخدامها على نحو مستدام، وإدارة الغابات على نحو مستدام، ومكافحة التصحر، ووقف تدهور الأراضي وعكس مساره، ووقف فقدان التنوع البيولوجي جميع الغايات	مرتفعة للغاية	من أهم الفوائد المشتركة للحلول المستمدة من الطبيعة الطريقة التي تدعم بها الهدف 15 من خلال دعم حفظ النظم الإيكولوجية واستصلاحها واستخدامها المستدام (الغاية 1-15)، بما في ذلك الغابات (الغاية 2-15) والجبال (الغاية 4-15)، بينما هي الوسيلة الرئيسية لمكافحة التصحر (الغاية 3-15)، وحماية الموائل الطبيعية (الغاية 5-15)، ودعم إدماج قيم التنوع البيولوجي (الغاية 9-15)، وهي الوسيلة الرئيسية لتعبئة التمويل من أجل حفظ التنوع البيولوجي (الغايان 15أ و15ب).
شراكات أصحاب المصلحة المتعددين 16-17 تعزيز الشراكة العالمية من أجل تحقيق التنمية المستدامة، واستكمالها بشراكات بين أصحاب المصلحة المتعددين ... 17-17 تشجيع وتعزيز الشراكات العامة وبين القطاع العام والقطاع الخاص وشراكات المجتمع المدني الفعالة، بالاستفادة من الخبرات المكتسبة من الشراكات ومن استراتيجياتها لتعبئة الموارد	متوسطة	تعزز الحلول المستمدة من الطبيعة التكامل بين مصالح أصحاب المصلحة، ومن ثم تعزز الشراكات وتساعد في تحديد الروابط المتآزرة بين الدعائم الاجتماعية والاقتصادية والبيئية للتنمية المستدامة

A

- Abell, R., Asquith, N., Boccaletti, G., Bremer, L., Chapin, E., Erickson-Quiroz, A., Higgins, J., Johnson, J., Kang, S., Karres, N., Lehi B., McDonald, R., Raepple, J., Shemie, D., Simmons, E., Sridhar, A., Vigerstøl, K., Vogl, A. and Wood, S. 2017. *Beyond the Source: The Environmental, Economic, and Community Benefits of Source Water Protection*. Arlington, Va., The Nature, USA, The Nature Conservancy (TNC). www.nature.org/beyondthesource.
- Aceves-Bueno, E., Adeleye, A. S., Bradley, D., Brandt, W. T., Callery, P., Feraud, M., Garner, K. L., Gentry, R., Huang, Y., McCullough I., Pearlman, I., Sutherland, S. A., Wilkinson, W., Yang, Y., Zink, T., Anderson, S. E. and Tague, C. 2015. Citizen science as an approach for overcoming insufficient monitoring and inadequate stakeholder buy-in in adaptive management: Criteria and evidence. *Ecosystems*, Vol. 18, No. 3, pp. 493–506. doi.org/10.1007/s10021-015-9842-4.
- Acreman, M. 2001. Ethical aspects of water and ecosystems. *Water Policy*, Vol. 3, No. 3, pp. 257–265. [doi.org/10.1016/S1366-7017\(01\)00009-5](https://doi.org/10.1016/S1366-7017(01)00009-5).
- Acreman, M. C. and Mountford, J. O. 2009. Wetland management. R. Ferrier and A. Jenkins (eds.), *Handbook of Catchment Management*. Oxford, UK, Blackwell Publishing.
- ADB (Asian Development Bank). 2013. *Asian Water Development Outlook 2013: Measuring Water Security in Asia and the Pacific*. Mandaluyong City, Philippines, ADB. www.adb.org/sites/default/files/publication/30190/asian-water-development-outlook-2013.pdf.
- _____. 2015. *Nature-Based Solutions for Sustainable and Resilient Mekong Towns, Volume 1 of the Resource Kit for Building Resilience and Sustainability in Mekong Towns*. Prepared by the International Centre for Environmental Management (ICEM) for the Asian Development Bank and Nordic Development Fund. Manila, ADB. www.adb.org/sites/default/files/publication/2151/nature-based-solutions.pdf.
- AEDSAW (Association for Environmental and Developmental Studies in the Arab World). 2002. *AEDSAW Activities at WOCMES 2002 Mainz, Germany*. AEDSAW website. almashriq.hiof.no/general/300/360/363/363.7/aedsaw/wocmes-2002.html.
- Alexandratos, N. and Bruinsma, J. 2012. *World Agriculture Towards 2030/2050: The 2012 Revision*. ESA Working paper No. 12-03. Rome, Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO). www.fao.org/docrep/016/ap106e/ap106e.pdf.
- Allan, J. A. 2003. *IWRM/IWRAM: A New Sanctioned Discourse?* Occasional Paper No. 50. London, School of Oriental and African Studies (SOAS), Water Issues Study Group, University of London.
- Alvizuri, J., Cataldo, J., Smalls-Mantey, L. A. and Montalto, F. A. 2017. Green roof thermal buffering: Insights derived from fixed a portable monitoring equipment. *Energy and Buildings*, Vol. 151, pp. 455–468. doi.org/10.1016/j.enbuild.2017.06.020.
- ANA (Agência Nacional de Água). 2011. *ANA abre seleção para projetos de conservação de água e solo* [ANA calls for projects on water and soil conservation]. ANA website. www2.ana.gov.br/Paginas/imprensa/noticia.aspx?id_noticia=9304. (In Portuguese)
- Andréssian, V. 2004. Waters and forests: From historical controversy to scientific debate. *Journal of Hydrology*, Vol. 291, No. 1–2, pp. 1–27. doi.org/10.1016/j.jhydrol.2003.12.015.
- Ansar, A., Flyvbjerg, B., Budzier, A. and Lunn, D. 2014. Should we build more large dams? The actual costs of hydropower megaproject development. *Energy Policy*, Vol. 69, No. 43–56. doi.org/10.1016/j.enpol.2013.10.069.
- AQUASTAT. n.d. AQUASTAT website. FAO. fao.org/nr/water/aquastat/main/index.stm (Accessed July 2017).
- Aragão, L. E. O. C. 2012. Environmental Science: The rainforest's water pump. *Nature*, Vol. 489, pp. 217–218. doi.org/10.1038/nature11485.
- Atkinson, G. and Pearce, D. 1995. Measuring sustainable development. D. W. Bromley (ed.), *Handbook of Environmental Economics*. Oxford, UK, Wiley-Blackwell.
- Avellán, C. T., Ardakanian, R. and Gremillion, P. 2017. The role of constructed wetlands for biomass production within the water soil-waste nexus. *Water Science and Technology*, Vol. 75, No. 10, pp. 2237–2245. doi.org/10.2166/wst.2017.106.
- Aylward, B., Bandyopadhyay, J. and Belausteguigotia, J. 2005. Freshwater ecosystem services. Millenium Ecosystem Assessment *Ecosystems and Human Well-being: Policy Responses*. Washington DC, Island Press. www.millenniumassessment.org/documents/document.312.aspx.pdf.
- Badgley, C., Moghtader, J., Quintero, E., Zakem, E., Chappell, M. J., Aviles-Vazquez, K., Samulon, A. and Perfecto, I. 2007. Organic agriculture and the global food supply. *Renewable Agriculture and Food Systems*, Vol. 22, No. 2, pp. 86–108. doi.org/10.1017/S1742170507001640.
- Baker, T., Kiptala, J., Olaka, L., Oates, N., Hussain, A. and McCartney, M. 2015. *Baseline Review and Ecosystem Services Assessment of the Tana River Basin, Kenya*. Working Paper No. 165. Colombo, International Water Management Institute (IWMI). doi.org/10.5337/2015.223.

B

- Barton, M. A. 2016. *Nature-Based Solutions in Urban Contexts: A Case Study of Malmö, Sweden*. Master thesis. Lund, Sweden, International Institute for Industrial Environmental Economics (IIIEE). lup.lub.lu.se/luur/download?func=downloadFile&recordId=8890909&fileId=8890910.
- Batker, D., De la Torre, I., Costanza, R., Swedeen, P., Day, J., Boumans, R. and Bagstad, K. 2010. *Gaining Ground. Wetlands, Hurricanes and the Economy: The Value of Restoring the Mississippi River Delta*. Earth Economics Project Report. Tacoma, Wash., Earth Economics.
- Beatley, T. 2011. *Biophilic Cities: Integrating Nature into Urban Design and Planning*. Washington DC, Island Press.
- Bedford, B. L. and Preston, E. M. 1988. Developing the scientific basis for assessing cumulative effects of wetland loss and degradation on landscape functions: Status, perspectives, and prospects. *Environmental Management*, Vol. 12, No. 5, pp. 751–771. doi.org/10.1007/BF01867550.
- Benedict, M. A. and McMahon, E. T. 2001. *Green Infrastructure: Smart Conservation for the 21st Century*. Washington DC, Sprawl Watch Clearinghouse. www.sprawlwatch.org/greeninfrastructure.pdf.
- Bennett, G., Nathaniel, C. and Hamilton, K. 2013. *Charting New Waters: State of Watershed Payments 2012*. Washington DC, Forest Trends. www.forest-trends.org/documents/files/doc_3308.pdf.
- Bennett, G. and Ruef, F. 2016. *Alliances for Green Infrastructure: State of Watershed Investment 2016*. Washington DC, Forest Trends' Ecosystem Marketplace. www.forest-trends.org/documents/files/doc_5463.pdf.
- Beschta, R. L. and Kauffman, J. B. 2000. Restoration of riparian systems: Taking a broader view. J. P. J. Wigington and R. L. Beschta (eds.), *Riparian Ecology and Management in Multi-Land Use Watersheds*. Middleburg, Va., American Water Resources Association (AWRA), pp. 323–328.
- Bezabih, M., Ruhinduka, R. and Sarr, M. 2016. *Climate Change Perception and System of Rice Intensification (SRI) Impact on Dispersion and Downside Risk: A Moment Approximation Approach*. Leeds/London, UK, Centre for Climate Change Economics and Policy/Grantham Research Institute on Climate Change and the Environment. www.lse.ac.uk/GranthamInstitute/wp-content/uploads/2016/11/Working-Paper-256-Bezabih-et-al.pdf.
- Bilotta, G. S., Krueger, T., Brazier, R. E., Butler, P., Freer, J., Hawkins, J. M. B., Haygarth, P. M., Macleod, C. J. and Quinton, J. 2010. Assessing catchment-scale erosion and yields of suspended solids from improved temperate grassland. *Journal of Environmental Monitoring*, Vol. 12, No. 3, pp. 731–739. doi.org/10.1039/b921584k.
- Bockheim, J. G. and Gennadiyev, A. N. 2010. Soil-factorial models and earth-system science: A review. *Geoderma*, Vol. 159, No. 3–4, pp. 243–51. doi.org/10.1016/j.geoderma.2010.09.005.
- Borg, H., Stoneman, G. L. and Ward, C. G. 1988. The effect of logging and regeneration on groundwater, streamflow and stream salinity in the southern forest of Western Australia. *Journal of Hydrology*, Vol. 99, No. 3–4, pp. 253–270. doi.org/10.1016/0022-1694(88)90052-2.
- Bossio, D., Geheb, K. and Critchley, W. 2010. Managing water by managing land: Addressing land degradation to improve water productivity and rural livelihoods. *Agricultural Water Management*, Vol. 97, No. 4, pp. 536–542. doi.org/10.1016/j.agwat.2008.12.001.
- Bossio, D., Noble, A., Molden, D. and Nangia, V. 2008. Land degradation and water productivity in agricultural landscapes. D. Bossio and K. Geheb (eds.), *Conserving Land, Protecting Water*. Comprehensive Assessment of Water Management in Agriculture Series 6. Wallingford, UK/Colombo, Centre for Agriculture and Bioscience (CAB) International/International Water Management Institute (IWMI). www.iwmi.cgiar.org/Publications/CABI_Publications/CA_CABI_Series/Conserving_Land_Protecting_Water/protected/9781845933876.pdf.
- Brix, H., Koottatep, T., Fryd, O. and Laugesen, C. H. 2011. The flower and the butterfly constructed wetland system at Koh Phi Phi: System design and lessons learned during implementation and operation. *Ecological Engineering*, Vol. 37, No. 5, pp. 729–735. doi.org/10.1016/j.ecoleng.2010.06.035.
- Brown, G. and Fagerholm, N. 2015. Empirical PPGIS/PGIS mapping of ecosystem services: A review and evaluation. *Ecosystem Services*, Vol. 13, pp. 119–133. doi.org/10.1016/j.ecoser.2014.10.007.
- Bullock, A. and Acreman, M. C. 2003. The role of wetlands in the hydrological cycle. *Hydrology and Earth System Sciences*, Vol. 7, No. 3, pp. 75–86. doi.org/10.5194/hess-7-358-2003.
- Bünemann, E. K., Schwenke, G. D. and Van Zwieten, L. 2006. Impact of agricultural inputs on soil organisms: A review. *Australian Journal of Soil Research*, Vol. 44, pp. 379–406. doi.org/10.1071/SR05125.
- Burek, P., Mubareka, S., Rojas, R., De Roo, A., Bianchi, A., Baranzelli, C., Laval, C. and Vandecasteele, I. 2012. *Evaluation of the Effectiveness of Natural Water Retention Measures: Support to the EU Blueprint to Safeguard Europe's Waters*. JRC Scientific and Policy Reports. Luxembourg, European Commission/Joint Research Centre/Institute for Environment and Sustainability (EC/JRC/IES). ec.europa.eu/environment/water/blueprint/pdf/EUR25551EN_JRC_Blueprint_NWRM.pdf.
- Burek, P., Satoh, Y., Fischer, G., Kahil, M. T., Scherzer, A., Tramberend, S., Nava, L. F., Wada, Y., Eisner, S., Flörke, M., Hanasaki, N., Magnuszewski, P., Cosgrove, B. and Wiberg, D. 2016. *Water Futures and Solution: Fast Track Initiative (Final Report)*. IIASA Working Paper. Laxenburg, Austria, International Institute for Applied Systems Analysis (IIASA). pure.iiasa.ac.at/13008/.

- Buytaert, W., Zulkafli, Z., Grainger, S., Acosta, L., Alemie, T. C., Bastiaensen, J., De Bièvre, B., Bhusal, J., Clark, J., Dewulf, A., Foggin, M., Hannah, D. M., Hergarten, C., Isaeva, A., Karpouzoglou, T., Pandeya, B., Paudel, D., Sharma, K., Steenhuis, T., Tilahun, S., Van Hecken, G. and Zhumanova, M. 2014. Citizen science in hydrology and water resources: Opportunities for knowledge generation, ecosystem service management, and sustainable development. *Frontiers in Earth Science*, Vol. 2, No. 26. doi.org/10.3389/feart.2014.00026.
- Calvache, A., Benítez, S. and Ramos, A. 2012. *Water Funds: Conserving Green Infrastructure. A Guide for Design, Creation and Operation*. Bogotá, Latin American Water Funds Partnership/The Nature Conservancy (TNC)/FEMSA Foundation/Inter-American Development Bank (IDB). www.nature.org/media/freshwater/latin-america-water-funds.pdf.
- Cardinale, B. J., Duffy, J. E., Gonzalez, A., Hooper, D. U., Perrings, C., Venail, P., Narwani, A., Mace, G. M., Tilman, D., Wardle, D. A., Kinzing, A. P., Daily, G. C., Loreau, M., Grace, J. B., Larigauderie, A., Srivastava, D. S. and Naeem, S. 2012. Biodiversity loss and its impact on humanity. *Nature*, Vol. 486, pp. 59–67. doi.org/10.1038/nature11148.
- Carrão, H., Naumann, G. and Barbosa, P. 2016. Mapping global patterns of drought risk: An empirical framework based on sub-national estimates of hazard, exposure and vulnerability. *Global Environmental Change*, Vol. 39, pp. 108–124. doi.org/10.1016/j.gloenvcha.2016.04.012.
- CBD (Convention on Biological Diversity). 1992. *Convention on Biological Diversity*. Rio de Janeiro, Brazil, 5 June 1992. www.cbd.int/convention/text/default.shtml.
- _____. 2010. *Decision Adopted by the Conference of the Parties to the Convention on Biological Diversity at its Tenth Meeting*. Nagoya, Japan, 18–29 October 2010. www.cbd.int/doc/decisions/cop-10/cop-10-dec-02-en.pdf.
- _____. 2015. *Strategic Scientific and Technical Issues related to the Implementation of the Strategic Plan for Biodiversity 2011–2020: Biodiversity, Food Systems and Agriculture*. Nineteenth meeting of the Subsidiary Body on Scientific, Technical and Technological Advice. Montreal, PQ, CBD. www.cbd.int/doc/meetings/sbstta/sbstta-20/information/sbstta-20-inf-49-en.pdf.
- CBI (Climate Bonds Initiative). 2017. *Green Bonds Policy: Highlights from 2016*. CBI. www.climatebonds.net/files/reports/cbi-policy-roundup-2016.pdf.
- _____. n.d. *Boosting Demand: Mandates for Domestic Funds, Quantitative Easing*. CBI website. www.climatebonds.net/policy/policy-areas/boosting-demand.
- CFS (Committee on World Food Security). 2014. *Principles for Responsible Investment in Agriculture and Food Systems*. CFS forty-first session: Making a difference in food security and nutrition. Rome, CFS. www.fao.org/fileadmin/templates/cfs/Docs1314/rai/CFS_Principles_Oct_2014_EN.pdf.
- CGIAR WLE (CGIAR Research Program on Water, Land and Ecosystems). 2017. *Re-Conceptualizing Dam Design and Management for Enhanced Water and Food Security*. Towards Sustainable Intensification: Insights and Solutions Brief No. 3. Colombo, International Water Management Institute (IWMI)/CGIAR. doi.org/10.5337/2017.212.
- Chappell, N. A. 2005. Water pathways in humid forests: Myths vs. observations. *Suiri Kagaku*, Vol. 48, No. 6, pp. 32–46.
- Chaturvedi, V., Hejazi, M., Edmonds, J., Clarke, L., Kyle, P., Davies, E. and Wise, M. 2013. Climate mitigation policy implications for global irrigation water demand. *Mitigation and Adaptation Strategies for Global Change*, pp. 1–16.
- Chen, L., Wang, J., Wei, W., Fu, B. and Dongping, W. 2010. Effects of landscape restoration on soil water storage and water use in the Loess Plateau Region, China. *Forest Ecology and Management*, Vol. 259, No. 7, pp. 1291–1298. doi.org/10.1016/j.foreco.2009.10.025.
- Chiramba, T., Mogoi, S., Martinez, I. and Jones, T. 2011. *Payment for Environmental Services Pilot Project in Lake Naivasha Basin, Kenya: A Viable Mechanism for Watershed Services that Delivers Sustainable Natural Resource Management and Improved Livelihoods*. Presented at the UN-Water International Conference “Water in the Green Economy in Practice: Towards RIO+20”, Zaragoza, Spain, 3–5 October 2011. www.imarisha.le.ac.uk/sites/default/files/PES%20%28UN-WATER%2c2011%29.pdf.
- Coates, D. and Smith, M. 2012. Natural infrastructure solutions for water security. R. Ardakanian and D. Jaeger (eds.), *Water and the Green Economy: Capacity Development Aspects*. Bonn, Germany, UN-Water Decade Programme on Capacity Development (UNW-DPC), pp. 167–188.
- Coates, D., Pert, P. L., Barron, J., Muthuri C., Nguyen-Khoa, S., Boelee, E. and Jarvis, D. I. 2013. Water-related ecosystem services and food security. E. Boelee (ed.), *Managing Water and Agroecosystems for Food Security*. Comprehensive Assessment of Water Management in Agriculture Series No. 10. Wallingford, UK/Boston, USA, Centre for Agriculture and Bioscience (CAB) International, pp. 29–41.
- Cohen-Shacham, E., Walters, G., Janzen, C. and Maginnis, S. (eds.). 2016. *Nature-Based Solutions to Address Global Societal Challenges*. Gland, Switzerland, International Union for Conservation of Nature and Natural Resources (IUCN). portals.iucn.org/library/sites/library/files/documents/2016-036.pdf.
- Comprehensive Assessment of Water Management in Agriculture. 2007. *Water for Food, Water for Life: A Comprehensive Assessment of Water Management in Agriculture*. London/Colombo, Earthscan/International Water Management Institute (IWMI).
- Conant, R. T. 2012. Grassland soil organic carbon stocks: Status, opportunities, vulnerability. R. Lal, K. Lorenz, R. F. Hüttl, B. U. Schneider and J. von Braun (eds.), *Recarbonization of the Biosphere*. Dordrecht, The Netherlands, Springer, pp. 275–302.

- Corno, L., Pilu, R., Cantaluppi, E. and Adani, F. 2016. Giant cane (*Arundo donax* L.) for biogas production: The effect of two ensilage methods on biomass characteristics and biogas potential. *Biomass and Bioenergy*, Vol. 93, pp. 131–136. doi.org/10.1016/j.biombioe.2016.07.017.
- CRED (Center for Research on the Epidemiology of Disaster). n.d. EM-DAT The International Disaster Database. Brussels, CRED. www.emdat.be.
- CRED/UNISDR (Centre for Research on the Epidemiology of Disaster/United Nations Office for Disaster Risk Reduction). 2015. *The Human Costs of Weather Related Disasters 1995–2015*. Brussels/Geneva, CRED/UNISDR. www.unisdr.org/we/inform/publications/46796.
- Critchley, W. and Di Prima, S. (eds.) 2012. *Water Harvesting Technologies Revisited. Deliverable 2.1 of the FP7 Project Water Harvesting Technologies: Potentials for Innovations, Improvements and Upscaling in SubSaharan Africa*. Amsterdam, Vrije Universiteit.
- Cullen, H. M., deMenocal, P. B., Hemming, S., Brown, F. H., Guilderson, T., and Sirocko, F. 2000. Climate change and the collapse of the Akkadian empire: Evidence from the deep sea. *Geology*, Vol. 28, No. 4, pp. 379–382. doi.org/10.1130/0091-7613(2000)28<379:CCATCO>2.0.co;2.
- Dadson, S. J., Hall, J. W., Murgatroyd, A., Acreman, M., Bates, P., Beven, K., Heathwaite, L., Holden, J., Holman, I. P., Lane, S. N., O'Connell, E., Penning-Rowsell, E., Reynard, N., Sear, D., Thorne, C. and Wilby, R. 2017. A restatement of the natural science evidence concerning catchment-based 'natural' flood management in the UK. *Proceedings of the Royal Society A: Mathematical, Physical and Engineering Sciences*, Vol. 473, No. 2199. doi.org/10.1098/rspa.2016.0706.
- Dai, A. 2013. Increasing drought under global warming in observations and models. *Nature Climate Change*, Vol. 3, pp. 52–58. doi.org/10.1038/nclimate1633.
- Dalin, C., Wada, Y., Kastner, T. and Puma, M. J. 2017. Groundwater depletion embedded in international food trade. *Nature*, Vol. 54 pp. 700–704. doi.org/10.1038/nature21403.
- Davidson, N. C. 2014. How much wetland has the world lost? Long-term and recent trends in global wetland area. *Marine and Freshwater Research*, Vol. 65, No. 10, pp. 934–941. doi.org/10.1071/MF14173.
- Davis, M., Krüger, I. and Hinzmann, M. 2015. *Coastal Protection and SUDS: Nature-Based Solutions*. RECREATE Policy Brief No. 4. Berlin, Ecologic Institute. ec.europa.eu/environment/integration/green_semester/pdf/Recreate_PB_2015_NBS_final_druck10-02-2016.pdf.
- Dawson, T. E. 1996. Determining water use by trees and forests from isotopic, energy balance and transpiration analyses: The role of tree size and hydraulic lift. *Tree Physiology*, Vol. 16, No. 1–2, pp. 263–272. doi.org/10.1093/treephys/16.1-2.263.
- De, A., Bose, R., Kumar, A. and Mozumdar, S. 2014. *Targeted Delivery of Pesticides Using Biodegradable Polymeric Nanoparticles*. Springer Briefs in Molecular Science. New Delhi, Springer India. doi.org/10.1007/978-81-322-1689-6.
- De la Varga, D., Van Oirschot, D., Soto, M., Kilian, R., Arias, C. A., Pascual, A. and Álvarez, J. A. 2017. Constructed wetlands for industrial wastewater treatment and removal of nutrients. Á. Val del Rio, J. L. Campos Gómez and A. M. Corral (eds.), *Technology for the Treatment and Recovery of Nutrients from Industrial Wastewater*. Advances in Environmental Engineering and Green Technologies (AEEGT) Book Series. Hershey, Pa., IGI Global, pp. 202–230.
- Delpla, I., Jung, A.-V., Baures, E., Clement, M. and Thomas, O. 2009. Impacts of climate change on surface water quality in relation drinking water production. *Environment International*, Vol. 35, No. 8, pp. 1225–1233. doi.org/10.1016/j.envint.2009.07.001.
- DEP (New York City Department of Environmental Protection). 2010. *NYC Green Infrastructure Plan: A Sustainable Strategy for Clean Waterways*. New York, DEP. www.nyc.gov/html/dep/pdf/green_infrastructure/NYCGreenInfrastructurePlan_LowRes.pdf.
- Derpsch, R. and Friedrich, T. 2009. *Global Overview of Conservation Agriculture Adoption*. Paper presented to the 4th World Congress on Conservation Agriculture, New Delhi, February 2009.
- De Sousa, M. R. C., Montalto, F. A. and Gurian, P. 2016. Evaluating green infrastructure stormwater capture performance under extreme precipitation. *Journal of Extreme Events*, Vol. 3, No. 2. doi.org/10.1142/S2345737616500068.
- Dickens, C. W. S. and Graham, P. M. 2002. The South African Scoring System (SASS) Version 5: Rapid bioassessment method for rivers. *African Journal of Aquatic Science*, Vol. 27, No. 1, pp. 1–10. doi.org/10.2989/16085914.2002.9626569.
- Di Giovanni, G. and Zevenbergen, C. 2017. 'Upscaling': Practice, policy and capacity building. Insights from the partners' experience. *Building with Nature Report, Interreg Vb Programme 2014–2020 for a Sustainable North Sea Region*.
- Dill, J., Deichert, G. and Thu, L. T. N. (eds.). 2013. *Promoting the System of Rice Intensification: Lessons Learned from Trà Vinh Province Viet Nam*. German Agency for International Cooperation/International Fund for Agricultural Development (GIZ/IFAD).
- Dillon, P., Kumar, A., Kookana, R., Leijes, R., Reed, D., Parsons, S. and Ingleton, G. 2009. *Managed Aquifer Recharge: Risks to Groundwater Dependent Ecosystems – A Review*. Water for a Healthy Country Flagship Report. Land & Water Australia. Canberra, CSIRO. publications.csiro.au/rpr/download?pid=procite:9701153f-4d82-4e68-a435-e652103c73a9&dsid=DS1.
- Dobbs, R., Pohl, H., Lin, D., Mischke, J., Garemo, N., Hexter, J., Matzinger, S., Palter, R. and Nanavatty, R. 2013. *Infrastructure Productivity: How to Save \$1 Trillion a Year*. McKinsey Global Institute. www.mckinsey.com/industries/capital-projects-and-infrastructure/our-insights/infrastructure-productivity.

- Dow Chemical Company/Swiss Re/Shell/Unilever/TNC (The Nature Conservancy). 2013. *Green Infrastructure Case Studies: Case Studies Evaluated by Participating Companies for Creation of the White Paper "The Case for Green Infrastructure"*. www.nature.org/about-us/working-with-companies/case-studies-for-green-infrastructure.pdf.
- DWA (Department of Water and Sanitation of South Africa). n.d. *River Eco-status Monitoring Programme*. DWA website. www.dwa.gov.za/IWQS/rhp/default.aspx.
- EC (European Commission). 2013a. *Report from the Commission to the Council and the European Parliament on the Implementation of Council Directive 91/676/EEC concerning the Protection of Waters against Pollution caused by Nitrates from Agricultural Sources based on Member State Reports for the Period 2008–2011*. Brussels, EC. eur-lex.europa.eu/legal-content/en/TXT/?uri=CELEX%3A52013DC0683.
- _____. 2013b. *Green Infrastructure (GI): Enhancing Europe's Natural Capital*. Communication from the Commission to the European Parliament, The Council, The European Economic and Social Committee and the Committee of the Regions. COM(2013)/0249 final. Brussels, EC. eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=celex%3A52013DC0249.
- _____. 2014. *EU Policy Document on Natural Water Retention Measures by the Drafting Team of the WFD CIS Working Group Programme of Measures (WG PoM)*. Technical Report 2014 No. 082. Luxembourg, Office for Official Publications of the European Communities. doi.org/10.2779/227173.
- _____. 2015. *Towards an EU Research and Innovation Policy Agenda for Nature-Based Solutions & Re-Naturing Cities. Final Report of the Horizon 2020 Expert Group on 'Nature-Based Solutions and Re-Naturing Cities'*. Brussels, EC. publications.europa.eu/en/publication-detail/-/publication/fb117980-d5aa-46df-8edc-af367cddc202.
- _____. 2017a. *Report on the Implementation of Direct Payments [Outside Greening] – Claim Year 2015*. EC.
- _____. 2017b. *An Action Plan for Nature, People and the Economy*. Communication from the Commission to the European Parliament, the Council, the European Economic and Social Committee and the Committee of Regions. COM(2017) 198 final. Brussels, EC. ec.europa.eu/environment/nature/legislation/fitness_check/action_plan/communication_en.pdf.
- Echavarría, M., Zavala, P., Coronel, L., Montalvo, T. and Aguirre, L. M. 2015. *Green Infrastructure in the Drinking Water Sector in Latin America and the Caribbean: Trends, Challenges, and Opportunities*. EcoDecisión/Forest Trends/The Nature Conservancy (TNC). www.forest-trends.org/documents/files/doc_5134.pdf.
- EEA (European Environment Agency). 2016. *Green Roofs in Basel, Switzerland: Combining Mitigation and Adaptation Measures (2015)*. Climate-ADAPT, European Climate Adaptation Platform, EEA. climate-adapt.eea.europa.eu/metadata/case-studies/green-roofs-in-basel-switzerland-combining-mitigation-and-adaptation-measures-1.
- Embassy of the Kingdom of the Netherlands in China. 2016. *Factsheet Sponge City Construction in China*. Beijing, Kingdom of the Netherlands. www.nederlandenu.nl/binaries/nl-netherlandsandyou/documenten/publicaties/2016/12/06/2016-factsheet-sponge-cities-pilot-project-china.pdf/2016-factsheet-sponge-cities-pilot-project-china.pdf.
- Embid, A. and Martín, M. 2015. *La experiencia legislativa del decenio 2005-2015 en materia de aguas en América Latina* [The Legislative Experience from the Decade 2005–2015 in terms of Water in Latin America]. Santiago, United Nations Economic Commission for Latin America and the Caribbean (UNECLAC). repositorio.cepal.org/bitstream/handle/11362/38947/1/S1500777_es.pdf. (In Spanish.)
- Equator Initiative. n.d. Equator Initiative website. www.equatorinitiative.org.
- Eriyagama, N., Smakhtin, V. and Gamage, N. 2009. *Mapping Drought Patterns and Impacts: A Global Perspective*. IWMI Research Report No. 133. Colombo, International Water Management Institute (IWMI). www.iwmi.cgiar.org/publications/iwmi-research-reports/iwmi-research-report-133/.
- Everard, M. 2015. Community-based groundwater and ecosystem restoration in semi-arid north Rajasthan (1): Socio-economic progress and lessons for groundwater-dependent areas. *Ecosystem Services*, Vol. 16, pp. 125–135. doi.org/10.1016/j.ecoser.2015.10.011.
- Faivre, N., Fritz, M., Freitas, T., De Boissezon, B. and Vandewoestijne, S. 2017. Nature-Based Solutions in the EU: Innovating with nature to address social, economic and environmental challenges. *Environmental Research*, Vol. 159, pp. 509–518. doi.org/10.1016/j.envres.2017.08.032.
- Falkenmark, M. and Rockström, J. 2004. *Balancing Water for Humans and Nature: The New Approach in Ecohydrology*. London, Earthscan.
- FAO (Food and Agriculture Organization of the United Nations). 2010. *Global Forest Resources Assessment 2010: Main report*. FAO Forestry Paper No. 163. Rome, FAO. www.fao.org/docrep/013/i1757e/i1757e.pdf.
- _____. 2011a. *The State of the World's Land and Water Resources for Food and Agriculture: Managing Systems at Risk*. Rome/London, FAO/Earthscan. www.fao.org/docrep/017/i1688e/i1688e.pdf.
- _____. 2011b. *Save and Grow: A Policy Maker's Guide to the Sustainable Intensification of the Smallholder Crop Production*. Rome, FAO. www.fao.org/docrep/014/i2215e/i2215e.pdf.
- _____. 2011c. *Why Invest in Sustainable Mountain Development?* Rome, FAO. www.fao.org/docrep/015/i2370e/i2370e.pdf.

- _____. 2013a. *Climate Smart Agriculture Sourcebook*. Rome, FAO. www.fao.org/docrep/018/i3325e/i3325e.pdf.
- _____. 2013b. *Reviewed Strategic Framework*. Thirty-eighth session. Rome, 15–22 June 2013. www.fao.org/docrep/meeting/027/mg015e.pdf.
- _____. 2014a. *Building a Common Vision for Sustainable Food and Agriculture: Principles and Approaches*. Rome, FAO. www.fao.org/3/a-i3940e.pdf.
- _____. 2014b. *Agriculture, Forestry and Other Land Use Emissions by Sources and Removals by Sinks*. FAO Statistics Division Working Paper Series ESS/14-02. Rome, FAO. www.fao.org/docrep/019/i3671e/i3671e.pdf.
- _____. 2014c. *The Water–Energy–Food Nexus: A New Approach in Support of Food Security and Sustainable Agriculture*. Rome, FAO. www.fao.org/3/a-bl496e.pdf.
- _____. 2015. *The Impact of Natural Hazards and Disasters on Agriculture and Food Security and Nutrition: A Call for Action to Build Resilient Livelihoods*. Rome, FAO. www.fao.org/3/a-i4434e.pdf.
- _____. 2016. *Global Forest Resources Assessment 2015: How are the World's Forests Changing?* Second edition. Rome, FAO. www.fao.org/3/a-i4793e.pdf.
- FAO/IFAD/UNICEF/WFP/WHO (Food and Agriculture Organization of the United Nations/International Fund for Agricultural Development/United Nations Children's Fund/World Food Programme/World Health Organization). 2017. *The State of Food Security and Nutrition in the World 2017: Building Resilience for Peace and Food Security*. Rome, FAO. www.fao.org/3/a-i7695e.pdf.
- FAO/ITPS (Food and Agriculture Organization of the United Nations/Intergovernmental Technical Panel on Soils). 2015a. *Status of the World's Soil Resources (SWSR) – Main Report*. Rome, FAO. www.fao.org/3/a-i5199e.pdf.
- _____. 2015b. *Status of the World's Soil Resources (SWSR) – Technical Summary*. Rome, FAO. www.fao.org/3/a-i5126e.pdf.
- Finlayson, C. M., Gitay, H., Bellio, M. G., Van Dam, R. A. and Taylor, I. 2006. Climate variability and change and other pressures on wetlands and waterbirds: Impacts and adaptation. G. C. Boere, C. A. Galbraith and D. A. Stroud (eds.), *Waterbirds around the World: A Global Overview of the Conservation, Management and Research of the World's Waterbirds Flyways*. Edinburgh, UK, The Stationery Office. pp. 88–97.
- Fischer, J., Lindenmayer, D. B. and Manning, A. D. 2006. Biodiversity, ecosystem function, and resilience: Ten guiding principles for commodity production landscapes. *Frontiers in Ecology and the Environment*, Vol. 4, No. 2, pp. 80–86. [doi.org/10.1890/1540-9295\(2006\)004\[0080:BEFART\]2.0.CO;2](https://doi.org/10.1890/1540-9295(2006)004[0080:BEFART]2.0.CO;2).
- FONAG (Fondo para la Protección del Agua). n.d. *Fund for Water Protection — FONAG*. FONAG website. www.fonag.org.ec/?page_id=1580.
- Friedrich, T., Kassam, A. H. and Shaxson, F. 2008. *Agriculture for Developing Countries. Annex 2, Case Study Conservation Agriculture*. Science and Technology Options Assessment (STOA) project. Karlsruhe, Germany, European Technology Assessment Group. www.itsa.kit.edu/downloads/projekt/projekt_meye08_atdc_annex2.pdf.
- Gale, I. N., Macdonald, D. M. J., Calow, R. C., Neumann, I., Moench, M., Kulkarni, H., Mudrakartha, S. and Palanisami, K. 2006. *Managed Aquifer Recharge: An Assessment of its Role and Effectiveness in Watershed Management*. Final report for DFID KAR project R8169, Augmenting groundwater resources by artificial recharge: AGRAR. British Geological Survey Commissioned Report CR/06/107N. Keyworth, UK, British Geological Survey/Department for International Development.
- Gartner, T., Mulligan, J., Schmidt, R. and Gunn, J. (eds.). 2013. *Natural Infrastructure: Investing in Forested Landscapes for Source Water Protection in the United States*. Washington DC, World Resources Institute (WRI). www.wri.org/sites/default/files/wri13_report_4c_naturalinfrastructure_v2.pdf.
- Gathorne-Hardy, A., Reddy, D. N., Venkatanarayana, M. and Harriss-White, B. 2013. A life cycle assessment (LCA) of greenhouse gas emissions from SRI and flooded rice production in SE India. *Taiwan Water Conservancy*, Vol. 61, No. 4, pp. 110–125.
- GEF (Global Environment Facility). 2017. *GEF-6 Program Framework Document (PFD). Amazon Sustainable Landscapes Program*. www.thegef.org/sites/default/files/project_documents/GEF-6_PFD_Amazon_Revised_Sept_10_FINAL.pdf.
- GFC/IAC/CBA/AMAC/IAMAC/CTA/FECO (Green Finance Committee of China Society for Finance and Banking/Investment Association of China/China Banking Association/Asset Management Association of China/Insurance Asset Management Association of China/China Trustee Association/Foreign Economic Cooperation Office of the Ministry of Environment Protection). 2017. *Environmental Risk Management Initiative for China's Overseas Investment*. September 5, 2017. unepinquiry.org/wp-content/uploads/2017/09/Environmental-Risk-Management-Initiative-for-China---s-Overseas-Investment.pdf.
- Gibson, D. J. 2009. *Grasses and Grassland Ecology*. Oxford, UK, Oxford University Press.
- Gleick, P. H. and Palaniappan, M. 2010. Peak water limits to freshwater withdrawal and use. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, Vol. 107, No. 25, pp. 11155–11162. doi.org/10.1073/pnas.1004812107.
- Goldin, J., Rutherford, R. and Schoch, D. 2008. The place where the sun rises: An application of IWRM at the village level. *International Journal of Water Resource Development*, Vol. 24, No. 3, pp. 345–356. doi.org/10.1080/07900620802127283.

- Goren, O. 2009. *Geochemical Evolution and Manganese Mobilization in Organic Enriched Water Recharging Calcareous-Sandstone Aquifer; Clues from the Shafdan Sewage Treatment Plant*. Phd thesis, Jerusalem, Israel, Hebrew University/Ministry of National Infrastructures of Israel/Geological Survey of Israel. www.gsi.gov.il/_uploads/ftp/GsiReport/2009/Goren-Orly-GSI-12-2009.pdf.
- Govaerts, B., Verhulst, N., Castellanos-Navarrete, A., Sayre, K. D., Dixon, J. and Dendooven, L. 2009. Conservation agriculture and soil carbon sequestration: Between myth and farmer reality. *Critical Reviews in Plant Science*, Vol. 28, No. 3, pp. 97–122. doi.org/10.1080/07352680902776358.
- Graham, P. M., Dickens, C. W. S. and Taylor, R. J. 2004. MiniSASS– miniSASS – A novel technique for community participation in river health monitoring and management. *African Journal of Aquatic Sciences*, Vol. 29, No. 1, pp. 25–35.
- Granit, J., Liss Lymer, B., Olsen, S., Tengberg, A., Nömmann, S. and Clausen, T. J. 2017. A conceptual framework for governing and managing key flows in a source-to-sea continuum. *Water Policy*, Vol. 19, No. 5, pp. 673–691. doi.org/10.2166/wp.2017.126.
- Gurnell, A., Lee, M. and Souch, C. 2007. Urban rivers: Hydrology, geomorphology, ecology and opportunities for change. *Geography Compass*, Vol. 1, No. 5, pp. 1118–1137. doi.org/10.1111/j.1749-8198.2007.00058.x.
- GWPEA (Global Water Partnership Eastern Africa). 2016. *Building Resilience to Drought: Learning from Experience in the Horn of Africa*. Entebbe, Uganda, Integrated Drought Management Programme in the Horn of Africa. www.droughtmanagement.info/literature/GWP_HOA_Building_Resilience_to_Drought_2016.pdf.
- Haase, D. 2016. *Nature-Based Solutions for Cities: A New Tool for Sustainable Urban Land Development?* Urbanization and Global Environmental Change (UGEC) Viewpoints. ugecviewpoints.wordpress.com/2016/05/17/nature-based/.
- Haddaway, N. R., Brown, C., Eggers, S., Josefsson, J., Kronvang, B., Randall, N. and Uusi-Kämpä, J. 2016. The multifunctional roles of vegetated strips around and within agricultural fields. A systematic map protocol. *Environmental Evidence*, Vol. 5, No. 1, pp. 18. doi.org/10.1186/s13750-016-0067-6.
- Hahn, C., Prasuhn, V., Stamm, C. and Schulin, R. 2012. Phosphorus losses in runoff from manured grassland of different soil P status at two rainfall intensities. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, Vol. 153, pp. 65–74. doi.org/10.1016/j.agee.2012.03.009.
- Hall, J. W., Grey, D., Garrick, D., Fung, F., Brown, C., Dadson, S. G. and Sadoff, C. W. 2014. Coping with the curse of freshwater variability: Institutions, infrastructure, and information for adaptation. *Science*, Vol. 346, No. 6208, pp. 429–430. doi.org/10.1126/science.1257890.
- Halliday, S. J., Skeffington, R. A., Wade, A. J., Bowes, M. J., Read, D. S., Jarvie, H. P. and Loewenthal, M. 2016. Riparian shading controls instream spring phytoplankton and benthic algal growth. *Environmental Science: Processes & Impacts*, Vol. 18, pp. 677–689. doi.org/10.1039/C6EM00179C.
- Hanson, C., Ranganathan, J., Iceland, C. and Finisdore, J. 2012. *The Corporate Ecosystem Services Review: Guidelines for Identifying Business Risks and Opportunities Arising from Ecosystem Change*. Version 2.0. Washington DC, World Resources Institute (WRI). www.wri.org/publication/corporate-ecosystem-services-review.
- Herrera Amighetti, C. 2015. *Grupo de Infraestructura Verde* [Green Infrastructure Group]. Lima, Association of Water and Sanitation Regulatory Entities of the Americas (ADERASA). www.sunass.gob.pe/fiar/aderasa/1cherrera.pdf. (In Spanish.)
- Hildebrandt, A. and Eltahir, E. A. 2006. Forest on the edge: Seasonal cloud forest in Oman creates its own ecological niche. *Geophysical Research Letters*, Vol. 33, No. 11. doi.org/10.1029/2006GL026022.
- Hipsey, M. R. and Arheimer, B. 2013. Challenges for water-quality research in the new IAHS decade on: Hydrology Under Societal and Environmental Change. B. Arheimer et al. (eds.), *Understanding Freshwater Quality Problems in a Changing World*. Wallingford, UK, International Association of Hydrological Sciences (IAHS) Press, pp. 17–29.
- Hirabayashi, Y., Kanae, S., Emori, S., Oki, T. and Kimoto, M. 2008. Global projections of changing risks of floods and droughts in a changing climate. *Hydrological Sciences Journal*, Vol. 53, No. 4, pp. 754–772. doi.org/10.1623/hysj.53.4.754.
- HLPE (High-Level Panel of Experts on Food Security and Nutrition Committee on World Food Security). 2015. *Water for Food Security and Nutrition: A Report by the High-Level Panel of Experts on Food Security and Nutrition*. Rome, HLPE. www.fao.org/3/a-av045e.pdf.
- Hoekstra, A. Y. and Mekonnen, M. M. 2012. The water footprint of humanity. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, Vol. 109, No. 9, pp. 3232–3237. doi.org/10.1073/pnas.1109936109.
- Hooper, D. U., Chapin III, F. S., Ewel, J. J., Hector, A., Inchausti, P., Lavorel, S., Lawton, J. H., Lodge, D. M., Loreau, M., Naeem, S. and Schmid, B. 2005. Effects of biodiversity on ecosystem functioning: A consensus of current knowledge. *Ecological Monographs*, Vol. 75, No. 1, pp. 3–35. doi.org/10.1890/04-0922.
- Horn, O. and Xu, H. 2017. *Nature-Based Solutions for Sustainable Urban Development*. ICLEI Briefing Sheet. Bonn, Germany, ICLEI – Local Governments for Sustainability. unfccc.int/files/parties_observers/submissions_from_observers/application/pdf/778.pdf.
- Horwitz, P., Finlayson, C. M. and Weinstein, P. 2012. *Healthy Wetlands, Healthy People: A Review of Wetlands and Human Health Interactions*. Ramsar Technical Report No. 6. Gland/Geneva, Switzerland, Secretariat of the Ramsar Convention on Wetlands/ World Health Organization (WHO). archive.ramsar.org/pdf/lib/rtr6-health.pdf.

- Huffaker, R. 2008. Conservation potential of agricultural water conservation subsidies. *Water Resources Research*, Vol. 44, No. 7. doi.org/10.1029/2007WR006183.
- Hulsman, H., Van der Meulen, M. and Van Wessenbeeck, B. 2011. *Green Adaptation: Making Use of Ecosystems Services for Infrastructure Solutions in Developing Countries*. Delft, The Netherlands, Deltares. www.solutionsforwater.org/wp-content/uploads/2012/01/Deltares-Report-2011-Green-Adaptation.pdf.
- Hunink, J. E. and Droogers, P. 2011. *Physiographical Baseline Survey for the Upper Tana Catchment: Erosion and Sediment Yield Assessment*. Prepared for the Water Resources Management Authority (WRMA) of Kenya. Wageningen, The Netherlands, Future Water. www.futurewater.nl/wp-content/uploads/2013/01/2011_TanaSed_FW-1121.pdf.
- Huntington, H. P. 2000. Using traditional ecological knowledge in science: Methods and applications. *Ecological Applications*, Vol. 10, No. 5, pp. 1270–1274. doi.org/10.1890/1051-0761(2000)010[1270:UTEKIS]2.0.CO;2.
- Huntington, T. G. 2006. Evidence for intensification of the global water cycle: Review and synthesis. *Journal of Hydrology*, Vol. 319, No. 1–4, pp. 83–95. doi.org/10.1016/j.jhydrol.2005.07.003.
- ICMA (International Capital Market Association). 2015. *Green Bond Principles, 2015: Voluntary Process Guidelines for Issuing Green Bonds*, March 27, 2015. www.icmagroup.org/assets/documents/Regulatory/Green-Bonds/GBP_2015_27-March.pdf.
- IEA (International Energy Agency). 2012. Chapter 17. Water for energy: Is energy becoming a thirstier resource? *World Energy Outlook 2012*. Paris, IEA. www.iea.org/publications/freepublications/publication/WEO2012_free.pdf.
- IFRC (International Federation of Red Cross and Red Crescent Societies). 2016. *World Disasters Report – Resilience: Saving Lives Today, Investing for Tomorrow*. Geneva, IFRC. www.ifrc.org/Global/Documents/Secretariat/201610/WD%202016-FINAL_web.pdf.
- ILO (International Labour Organization). 1989. *Indigenous and Tribal Peoples Convention No. 169. Convention concerning Indigenous and Tribal Peoples in Independent Countries (Entry into force: 05 Sep 1991)*. Geneva, 76th ILC session (27 June 1989). www.ilo.org/dyn/normlex/en/f?p=NORMLEXPUB:12100:0::NO::p12100_instrument_id:312314.
- _____. 2017. *Indigenous Peoples and Climate Change: From Victims to Change Agents through Decent Work*. Geneva, ILO. www.ilo.org/global/topics/indigenous-tribal/WCMS_551189/lang--en/index.htm.
- Ilstedt, U., Bargaúes Tobella, A., Bazié, H. R., Bayala, J., Verbeeten, E., Nyberg, G., Sanou, J., Benegas, L., Murdiyarso, D., Laudon, H., Sheil, D. and Malmer, A. 2016. Intermediate tree cover can maximize groundwater recharge in the seasonally dry tropics. *Scientific Reports*, Vol. 6, No. 21930. doi.org/10.1038/srep21930.
- Indepen. 2014. *Discussion Paper on the Potential for Catchment Services in England – Wessex Water, Severn Trent Water and South West Water*. London, Indepen Limited.
- IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change). 2012. *Managing the Risks of Extreme Events and Disasters to Advance Climate Change Adaptation*. A Special Report of Working Groups I and II of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge, UK/New York, Cambridge University Press. www.ipcc.ch/pdf/special-reports/srex/SREX_Full_Report.pdf.
- _____. 2014. *Climate Change 2014: Impacts, Adaptation, and Vulnerability*. Working Group II Contribution to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge, UK/New York, Cambridge University Press. www.ipcc.ch/report/ar5/wg2/.
- Itaipu Binacional. n.d. *Cultivando água boa* [Cultivating Good Water]. Itaipu Binacional website. www.itaipu.gov.br/meioambiente/cultivando-agua-boa. (In Portuguese.)
- Ito, S. 1997. A framework for comparative study of civilizations. *Comparative Civilizations Review*, Vol. 36, No. 36, Art. 4.
- Jackson, B. M., Wheeler, H. S., McIntyre, N. R., Chell, J., Francis, O. J., Frogbrook, Z., Marshall, M., Reynolds, B. and Solloway, I. 2008. The impact of upland land management on flooding: Insights from a multiscale experimental and modelling programme. *Journal of Flood Risk Management*, Vol. 1, No. 2, pp. 71–80. doi.org/10.1111/j.1753-318X.2008.00009.x.
- Jacob, B., Mawson, A. R., Payton, M. and Grignard, J. C. 2008. Disaster mythology and fact: Hurricane Katrina and social attachment. *Public Health Reports*, Vol. 123, No. 5, pp. 555–566. doi.org/10.1177/003335490812300505.
- Jansson, A. M., Hammer, M., Folcke, C. and Costanza, R. (eds.). 1995. *Investing in Natural Capital: The Ecological Economics Approach to Sustainability*. Washington DC, Island Press.
- Jølich-Clausen, T. 2004. “...Integrated Water Resources Management (IWRM) and Water Efficiency Plans by 2005” Why, What and How? TEC Background Papers No. 10. Stockholm, Global Water Partnership (GWP). www.gwp.org/globalassets/global/toolbox/publications/background-papers/10-iwrm-and-water-efficiency-plans-by-2005.-why-what-and-how-2004.pdf.
- Jouravlev, A. 2003. *Los municipios y la gestión de los recursos hídricos* [Municipalities and water resources management]. Serie recursos naturales e infraestructura 66. Santiago, United Nations Economic Commission for Latin America and the Caribbean (UNECLAC). repositorio.cepal.org/bitstream/handle/11362/6429/1/S0310753_es.pdf. (In Spanish.)
- Jupiter, S. 2015. *Policy Brief: Valuing Fiji's Ecosystems for Coastal Protection*.
- Kassam, A., Friedrich, T. and Derpsch, R. 2017. *Global Spread of Conservation Agriculture: Interim Update 2015/16*. Extended abstract for the 7th World Congress on Conservation Agriculture, 1–4 August 2017, Rosario, Argentina.

- Kassam, A., Friedrich, T., Shaxson, F. and Pretty, J. 2009. The spread of Conservation Agriculture: Justification, sustainability and uptake. *International Journal of Agriculture Sustainability*, Vol. 7, No. 4, pp. 292–320.
- Kassam, A., Friedrich, T., Shaxson, F., Reeves, R., Pretty, J. and De Moraes Sá, J. C. 2011a. Production systems for sustainable intensification: Integrated productivity with ecosystem services. *Technikfolgenabschätzung – Theorie und Praxis*, Vol. 20, No. 2, pp. 39–45.
- Kassam, A., Mello, I., Bartz, H., Goddard, T., Friedrich, T., Laurent, F. and Uphoff, N. T. 2012. *Harnessing Ecosystem Services in Brazil and Canada*. Abstract presented at the Planet Under Pressure Conference, London, 26–29 March 2012.
- Kassam, A., Stoop, W. and Uphoff, N. 2011b. Review of SRI modifications in rice crop and water management and research issues for making further improvements in agricultural and water productivity. *Paddy and Water Environment*, Vol. 9, No. 1, pp. 163–180. doi.org/10.1007/s10333-011-0259-1.
- Kazmierczak, A. and Carter, J. 2010. *Adaptation to Climate Change using Green and Blue Infrastructure: A Database of Case Studies*. Manchester, UK, University of Manchester.
- Keys, P. W., Wang-Erlandsson, L. and Gordon, L. J. 2016. Revealing invisible water: Moisture recycling as an ecosystem service. *PLoS ONE*, Vol. 11, No. 3, e0151993. doi.org/10.1371/journal.pone.0151993.
- Keys, P. W., Wang-Erlandsson, L., Gordon, L. J., Galaz, V. and Ebbesson, J. 2017. Approaching moisture recycling governance. *Global Environmental Change*, Vol. 45, pp. 15–23. doi.org/10.1016/j.gloenvcha.2017.04.007.
- Kremer, P., Hamstead, Z., Haase, D., McPhearson, T., Frantzeskaki, N., Andersson, E., Kabish, N., Larondelle, N., Lorange Rall, E., Voigt, A., Baró, F., Bertram, C., Gómez-Baggeth, E., Hansen, R., Kaczorowska, A., Kain, J., Kronenberg, J., Langemeyer, J., Pauleit, S., Rehdanz, K., Schewenius, M., Van Ham, C., Wurster, D. and Elmqvist, T. 2016. Key insights for the future of urban ecosystem services research. *Ecology and Society*, Vol. 21, No. 2, Art. 29. doi.org/10.5751/ES-08445-210229.
- Labat, D., Goddard, Y., Probst, J. L. and Guyot, J. L. 2004. Evidence for global runoff increase related to climate warming. *Advances in Water Resources*, Vol. 27, No. 6, pp. 631–642. doi.org/10.1016/j.advwatres.2004.02.020.
- LACC/TNC (Latin America Conservation Council/The Nature Conservancy). 2015. *Natural Infrastructure: An Opportunity for Water Security in 25 Cities in Latin America. Invest in Nature to Increase Water Security*. LACC/TNC. laconservationcouncil.org/publico/files/news/Top-25-Opp-Cities-Report---2015.pdf.
- Lacombe, G. and Pierret, A. 2013. Hydrological impact of war-induced deforestation in the Mekong Basin. *Ecohydrology*, Vol. 6, No. 5, pp. 901–903. doi.org/10.1002/eco.1395.
- Lansing, J. S. 1987. Balinese ‘water temples’ and the management of irrigation. *American Anthropologist*, Vol. 89, No. 2, pp. 326–341. doi.org/10.1525/aa.1987.89.2.02a00030.
- Lasage, R., Aerts, J., Mutiso, G.-C. M. and De Vries, A. 2008. Potential for community based adaptation to droughts: Sand dams in Kitui, Kenya. *Physics and Chemistry of the Earth*, Vol. 33, No. 1–2, pp. 67–73. doi.org/10.1016/j.pce.2007.04.009.
- Laurent, F., Leturcq, G., Mello, I., Corbonnois, J. and Verdum, R. 2011. La diffusion du semis direct au Brésil, diversité des pratiques et logiques territoriales: l'exemple de la région d'Itaipu au Paraná [The spread of direct seeding in Brazil, diversity of practices and territorial approaches: The example of the Itaipu region in Paraná]. *Confins*, Vol. 12. confins.revues.org/7143. (In French.)
- Leadley, P. W., Krug, C. B., Alkemade, R., Pereira, H. M., Sumaila, U. R., Walpole, M., Marques, A., Newbold, T., Teh, L. S. L., Van Kolck, J., Bellard, C., Januchowski-Hartley, S. R. and Mumby, P. J. 2014. *Progress towards the Aichi Biodiversity Targets: An Assessment of Biodiversity Trends, Policy Scenarios and Key Actions*. CBD Technical Series No. 78. Montreal, PQ, CBD (Secretariat of the Convention on Biological Diversity). www.cbd.int/doc/publications/cbd-ts-78-en.pdf.
- Liebman, M. and Schulte, L. A. 2015. Enhancing agroecosystem performance and resilience through increased diversification of landscapes and cropping systems. *Elementa: Science of the Anthropocene*, Vol. 3, No. 41. doi.org/10.12952/journal.elementa.000041.
- Liquete, C., Udias, A., Conte, G., Grizzetti, B. and Masi, F. 2016. Integrated valuation of a nature-based solution for water pollution control: Highlighting hidden benefits. *Ecosystem Services*, Vol. 22 (Part B), pp. 392–401. doi.org/10.1016/j.ecoser.2016.09.011.
- Lloret, P. 2009. *FONAG, a Trust Fund as a Financial Instrument for Water Conservation and Protection in Quito, Ecuador*. Network for Cooperation in Integrated Water Resource Management for Sustainable Development in Latin America and the Caribbean, Circular No. 29. Santiago, United Nations Economic Commission for Latin America and the Caribbean (UNECLAC), pp. 5–6. repositorio.cepal.org/bitstream/handle/11362/39403/1/Carta29_en.pdf.
- Lloyd, S. D., Wong, T. H. F. and Chesterfield, C. J. 2002. *Water Sensitive Urban Design: A Stormwater Management Perspective*. Victoria, Australia, Cooperative Research Centre for Catchment Hydrology, Monash University.
- Love, D., Van der Zaag, P., Uhlenbrook, S. and Owen, R. 2011. A water balance modelling approach to optimising the use of water resources in ephemeral sand rivers. *River Research and Applications*, Vol. 27, No. 7, pp. 908–925. doi.org/10.1002/rra.1408.
- Low, P. S. (ed.). 2013. *Economic and Social Impacts of Desertification, Land Degradation and Drought*. White Paper I. UNCCD 2nd Scientific Conference, prepared with the contributions of an international group of scientists. Paris, United Nations Convention to Combat Desertification (UNCCD).

- Lubber, M. 2016. Ceres Q&A with Monika Freyman: 'This market will continue to evolve quickly'. *Forbes*, 14 October 2016. www.forbes.com/sites/mindylubber/2016/10/14/ceres-qa-with-monika-freyman-this-market-will-continue-to-evolve-quickly/#eddb6c2339ca.
- Lundqvist, J. and Turton, A. R. 2001. Social, institutional and regulatory Issues. Č. Maksimović and J. A. Tejada-Guibert (eds.), *Frontiers in Urban Water Management: Deadlock or Hope?* London, International Water Association (IWA) Publishing.
- Maltby, E., 1991. Wetland management goals: Wise use and conservation. *Journal of Landscape and Urban Planning*, Vol. 20, No. 1–3, pp. 9–18. doi.org/10.1016/0169-2046(91)90085-Z.
- Mander, M., Jewitt, G., Dini, J., Glenday, J., Blignaut, J., Hughes, C., Marais, C., Maze, K., Van der Waal, B. and Mills, A. 2017. Modelling potential hydrological returns from investing in ecological infrastructure: Case studies from the Baviaanskloof-Tsitsikamma and uMngeni catchments, South Africa. *Ecosystem Services*, Vol. 27 (Part B), pp. 261–271. doi.org/10.1016/j.ecoser.2017.03.003.
- Matamoros, V., Arias, C., Brix, H. and Bayona, J. M. 2009. Preliminary screening of small-scale domestic wastewater treatment systems for removal of pharmaceutical and personal care products. *Water Research*, Vol. 43, No. 1, pp. 55–62. doi.org/10.1016/j.watres.2008.10.005.
- Mateo-Sagasta, J., Raschid-Sally, L. and Thebo, A. 2015. Global wastewater and sludge production: Treatment and use. P. Drechsel, M. Qadir and D. Wichelns (eds.), *Wastewater: Economic Asset in an Urbanizing World*. Dordrecht, The Netherlands, Springer, pp. 15–38.
- Mazdiyasni, O. and AghaKouchak, A. 2015. Substantial increase in concurrent droughts and heatwaves in the United States. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, Vol. 112, No. 3, pp. 11484–11489. doi.org/10.1073/pnas.1422945112.
- McCartney, M., Cai, X. and Smakhtin, V. 2013. *Evaluating the Flow Regulating Functions of Natural Ecosystems in the Zambezi River Basin*. IWMI Research Reports Series No. 148. Colombo, International Water Management Institute (IWMI). doi.org/10.5337/2013.206.
- McCartney, M. and Dalton, J. 2015. *Built or Natural Infrastructure: A False Dichotomy*. Thrive Blog. CGIAR Research Program on Water, Land and Ecosystems (WLE) website. wle.cgiar.org/thrive/2015/03/05/built-or-natural-infrastructure-false-dichotomy.
- McCartney, M. P., Neal, C. and Neal, M. 1998. Use of deuterium to understand runoff generation in a headwater catchment containing a dambo. *Hydrology and Earth System Sciences*, Vol. 2, No. 1, pp. 65–76. doi.org/10.5194/hess-2-65-1998.
- McCartney, M. and Smakhtin, V. 2010. *Water Storage in an Era of Climate Change: Addressing the Challenge of Increasing Rainfall Variability*. Blue Paper. Colombo, International Water Management Institute (IWMI). doi.org/10.5337/2010.012.
- McIntyre, N. and Marshall, M. 2010. Identification of rural land management signals in runoff response. *Hydrological Processes*, Vol. 24, No. 24, pp. 3521–3534. doi.org/10.1002/hyp.7774.
- Mekonnen, A., Leta, S. and Njau, K. N. 2015. Wastewater treatment performance efficiency of constructed wetlands in African countries: A review. *Water Science and Technology*, Vol. 71, No. 1, pp. 1–8. doi.org/10.2166/wst.2014.483.
- Mello, I. and Van Raij, B. 2006. No-till for sustainable agriculture in Brazil. *Proceedings of the World Association for Soil and Water Conservation*, P1, pp. 49–57.
- Michell, N. 2016. *How to Plug the Gap in Water Investments*. Development Finance. news.devfinance.net/how-to-plug-the-gap-in-water-investments?utm_source=160613&utm_medium=newsletter&utm_campaign=devfinance.
- Mielke, E., Diaz Anadon, L. and Narayanamurti, V. 2010. *Water Consumption of Energy Resource Extraction, Processing, and Conversion: A Review of the Literature for Estimates of Water Intensity of Energy-Resource Extraction, Processing to Fuels, and Conversion to Electricity*. Energy Technology Innovation Policy Discussion Paper No. 2010–15. Cambridge, Mass., Belfer Center for Science and International Affairs/Harvard Kennedy School, Harvard University. www.belfercenter.org/sites/default/files/legacy/files/ETIP-DP-2010-15-final-4.pdf.
- Millennium Ecosystem Assessment, 2005. *Ecosystems and Human Well-being: Synthesis*. Washington DC, Island Press. www.millenniumassessment.org/documents/document.356.aspx.pdf.
- Milly, P. C. D., Dunne, K. A. and Vecchia A. V. 2005. Global pattern of trends in streamflow and water availability in a changing climate. *Nature*, Vol. 438, pp. 347–350. doi.org/10.1038/nature04312.
- Mills, A. J., Van der Vyver, M., Gordon, I. J., Patwardhan, A., Marais, C., Blignaut, J., Sigwela, A. and Kgope, B. 2015. Prescribing innovation within a large-scale restoration programme in degraded subtropical thicket in South Africa. *Forests*, Vol. 6, No. 11, pp. 4328–4348. doi.org/10.3390/f6114328.
- Ministry of Agriculture of Jordan. 2014. *Updated Rangeland Strategy for Jordan*. Amman, Directorate of Rangelands and Badia Development, MOA. moa.gov.jo/Portals/0/pdf/English_Strategy.pdf.
- Minkman, E., Van der Sanden, M. and Rutten, M. 2017. Practitioners' viewpoints on citizen science in water management: A case study in Dutch regional water resource management. *Hydrology and Earth System Sciences*, Vol. 21, No. 1, pp. 153–167. doi.org/10.5194/hess-21-153-2017.
- Mitsch, W. and Jørgensen, S. 2004. *Ecological Engineering and Ecosystem Restoration*. Hoboken, NJ, John Wiley & Sons.
- Montgomery, D. R. 2007. *Dirt: The Erosion of Civilizations*. Berkeley/Los Angeles, Calif., University of California Press.

- Morrison, E. H. J., Banzaert, A., Upton, C., Pacini, N., Pokorný, J. and Harper, D. M. 2014. Biomass briquettes: A novel incentive for managing papyrus wetlands sustainably? *Wetlands Ecology and Management*, Vol. 22, No. 2, pp. 129–141. doi.org/10.1007/s11273-013-9310-x.
- MRC (Mekong River Commission). 2009. *Annual Mekong Flood Report 2008*. Vientiane, MRC. www.mrcmekong.org/assets/Publications/basin-reports/Annual-Mekong-Flood-Report-2008.pdf.
- Muller, M., Biswas, A., Martin-Hurtado, R. and Tortajada, C. 2015. Built infrastructure is essential. *Science*, Vol. 349, No. 6248, pp. 585–586. doi.org/10.1126/science.aac7606.
- Munang, R., Thiaw, I., Alverson, K., Liu, J. and Han, Z. 2013. The role of ecosystem services in climate change adaptation and disaster risk reduction. *Current Opinion in Environmental Sustainability*, Vol. 5, No. 1, pp. 47–52. doi.org/10.1016/j.cosust.2013.02.002.
- Munich Re. 2013. *Severe Weather in Asia: Perils, Risks, Insurance*. Munich, Germany, Munich Re.
- Narayan, S., Cuthbert, R., Neal, E., Humphries, W., Ingram, J. C. 2015. *Protecting against Coastal Hazards in Manus and New Ireland Provinces, Papua New Guinea: An Assessment of Present and Future Options*. WCS PNG Technical Report. Goroka, Papua New Guinea, Wildlife Conservation Society. programs.wcs.org/png/About-Us/News/articleType/ArticleView/articleId/8335/Coastal-Hazards-Assessment-report-released.aspx.
- NASA (National Aeronautics and Space Administration). 2017. NASA, NOAA Data Show 2016 Warmest Year on Record Globally. Press release. Washington DC, NASA. www.nasa.gov/press-release/nasa-noaa-data-show-2016-warmest-year-on-record-globally.
- Naumann, S., Kaphengst, T., McFarland, K. and Stadler, J. 2014. *Nature-Based Approaches for Climate Change Mitigation and Adaptation: The Challenges of Climate Change – Partnering with Nature*. Bonn, Germany, German Federal Agency for Nature Conservation (BfN).
- Nesshöver, C., Assmuth, T., Irvine, K. N., Rusch, G. M., Waylen, K. A., Delbaere, B., Haase, D., Jones-Walters, L., Keune, H., Kovacs, E., Krauze, K., Külvik, M., Rey, F., Van Dijk, J., Vistad, O. I., Wilkinson, M. E. and Wittmer, H. 2017. The science, policy and practice of nature-based solutions: An interdisciplinary perspective. *Science of The Total Environment*, Vol. 579, pp. 1215–1227. doi.org/10.1016/j.scitotenv.2016.11.106.
- Newman, P. 2010. Green urbanism and its application to Singapore. *Environment and Urbanization Asia*, Vol. 1, No. 2, pp. 149–170. doi.org/10.1177/097542531000100204.
- Newman, J. R., Duenas-Lopez, M., Acreman, M. C., Palmer-Felgate, E. J., Verhoeven, J. T. A., Scholz, M. and Maltby, E. 2015. *Do On-Farm Natural, Restored, Managed and Constructed Wetlands Mitigate Agricultural Pollution in Great Britain and Ireland?: A Systematic Review*. London, UK Department for Environment, Food and Rural Affairs (DEFRA). nora.nerc.ac.uk/509502/1/N509502CR.pdf.
- Nobre, A. D. 2014. *The Future Climate of Amazonia: Scientific Assessment Report*. São José dos Campos, Brazil, Articulação Regional Amazônica (ARA)/Earth System Science Center (CCST)/National Institute of Space Research (INPE)/National Institute of Amazonian Research (INPA). www.ccst.inpe.br/wp-content/uploads/2014/11/The_Future_Climate_of_Amazonia_Report.pdf.
- OECD (Organisation for Economic Co-operation and Development). 2012. *OECD Environmental Outlook to 2050: The Consequences of Inaction*. Paris, OECD Publishing. doi.org/10.1787/9789264122246-en.
- _____. 2013. *OECD Compendium of Agri-Environmental Indicators*. Paris, OECD Publishing. doi.org/10.1787/9789264186217-en.
- _____. 2015a. *Table 1: Net Official Development Assistance from DAC and Other Donors in 2014*. OECD website. www.oecd.org/dac/stats/documentupload/ODA%202014%20Tables%20and%20Charts.pdf.
- _____. 2015b. *Agricultural Policy Monitoring and Evaluation 2015: Highlights*. Paris, OECD Publishing. www.oecd.org/tad/agricultural-policies/monitoring-evaluation-2015-highlights-july-2015.pdf.
- _____. 2016. *Mitigating Droughts and Floods in Agriculture: Policy Lessons and Approaches*. Paris, OECD Publishing. doi.org/10.1787/9789264246744-en.
- _____. 2017. *Diffuse Pollution, Degraded Waters: Emerging Policy Solutions*. Paris, OECD Publishing. doi.org/10.1787/9789264269064-en.
- _____. n.d. *OECD Data: GDP Long-Term Forecast (Indicator)*. data.oecd.org/gdp/gdp-long-term-forecast.htm (Accessed July 2017).
- OECD/UNECLAC. 2016. *OECD Environmental Performance Reviews: Chile 2016*. Paris, OECD Publishing. doi.org/10.1787/9789264252615-en.
- O’Gorman, P. A. 2015. Precipitation extremes under climate change. *Current Climate Change Reports*, Vol. 1, No. 2, pp. 49–59. doi.org/10.1007/s40641-015-0009-3.
- Oki, T. and Kanae, S. 2006. Global hydrological cycles and world water resources. *Science*, Vol. 313, No. 5790, pp. 1068–1072. doi.org/10.1126/science.1128845.
- Oppla. n.d. *Barcelona: Nature-Based Solutions (NBS) Enhancing Resilience to Climate Change*. Oppla website, case studies. oppla.eu/casestudy/17283.

- Ostrom, E. 2008. The challenge of common-pool resources. *Environment: Science and Policy for Sustainable Development*, Vol. 50, No. 4, pp. 8–21. doi.org/10.3200/ENVT.50.4.8-21.
- Palmer, M. A., Liu, J., Matthews, J. H., Mumba, M. and D'Odorico, P. 2015. Water security: Gray or green? *Science*, Vol. 349, No. 6248, pp. 584–585. doi.org/10.1126/science.349.6248.584-a.
- Parkyn, S. 2004. *Review of Riparian Buffer Zone Effectiveness*. MAF Technical Paper No. 2004/05. Wellington, Ministry of Agriculture and Forestry (MAF) of New Zealand. www.crc.govt.nz/publications/Consent%20Notifications/upper-waitaki-submitter-evidence-maf-technical-paper-review-riparian-buffer-zone-effectiveness.pdf.
- Parish, F., Sirin, A., Charman, D., Joosten, H., Minayeva, T., Silvius, M. and Stringer, L. (eds.). 2008. *Assessment on Peatlands, Biodiversity and Climate Change: Main Report*. Petaling Jaya, Malaysia/Wageningen, The Netherlands, Global Environment Centre/Wetlands International.
- Parry, M. L., Canziani, O. F., Palutikof, J. P. and co-authors. 2007. Technical Summary. M. L. Parry, O. F. Canziani, J. P. Palutikof, P. J. van der Linden and C. E. Hanson (eds.). *Climate Change 2007: Impacts, Adaptation and Vulnerability. Contribution of Working Group II to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Cambridge, UK, Cambridge University Press, pp. 23–78. www.ipcc.ch/pdf/assessment-report/ar4/wg2/ar4-wg2-ts.pdf.
- Pavelic, P., Brindha, K., Amarnath, G., Eriyagama, N., Muthuwatta, L., Smakhtin, V., Gangopadhyay, P. K., Malik, R. P. S., Mishra, A., Sharma, B. R., Hanjra, M. A., Reddy, R. V., Mishra, V. K., Verma, C. L. and Kant, L. 2015. *Controlling Floods and Droughts through Underground Storage: From Concept to Pilot Implementation in the Ganges River Basin*. IWMI Research Report No. 165. Colombo, International Water Management Institute (IWMI). doi.org/10.5337/2016.200.
- Pavelic, P., Srisuk, K., Saraphirom, P., Nadee, S., Pholkern, K., Chusanathas, S., Munyou, S., Tangsutthinon, T., Intarasut, T. and Smakhtin, V. 2012. Balancing-out floods and droughts: Opportunities to utilize floodwater harvesting and groundwater storage for agricultural development in Thailand. *Journal of Hydrology*, Vol. 470–471, pp. 55–64. doi.org/10.1016/j.jhydrol.2012.08.007.
- Perrot-Maître, D. and Davis, P. 2001. *Case Studies of Markets and Innovative Financial Mechanisms for Water Services from Forests*. Washington DC, Forest Trends, The Katoomba Group. www.forest-trends.org/documents/files/doc_134.pdf.
- Peterson, L. C. and Haug, G. H. 2005. Climate and the collapse of Maya civilization. *American Scientist*, Vol. 93, No. 4, pp. 322–329.
- Pittock, J. and Xu, M. 2010. *Controlling Yangtze River Floods: A New Approach*. World Resources Report Case Study. Washington DC, World Resources Institute. www.wri.org/sites/default/files/uploads/wrr_case_study_controlling_yangtze_river_floods.pdf.
- Plieninger, T., Bieling, C., Fagerholm, N., Byg, A., Hartel, T., Hurley, P., López-Santiago, C. A., Nagabhatla, N., Oteros-Rozas, E., Raymond, C. M., Van der Horst, D. and Huntsinger, L. 2015. The role of cultural ecosystem services in landscape management and planning. *Current Opinion in Environmental Sustainability*, Vol. 14, pp. 28–33. doi.org/10.1016/j.cosust.2015.02.006.
- Power, A. G. 2010. Ecosystem services and agriculture: Tradeoffs and synergies. *Philosophical Transactions of the Royal Society B*, Vol. 365, No. 1554, pp. 2959–2971. doi.org/10.1098/rstb.2010.0143.
- Pretty, J. N., Noble, A. D., Bossio, D., Dixon, J., Hine, R. E., Penning de Vries, F. W. and Morison, J. I. 2006. Resource-conserving agriculture increases yields in developing countries. *Environmental Science and Technology*, Vol. 40, No. 4, pp. 1114–9. doi.org/10.1021/es051670d.
- PRI (Principles for Responsible Investment). 2006. *Principles for Responsible Investment*. New York, PRI. www.unglobalcompact.org/library/290.
- Ramsar Convention on Wetlands. 1971. *Convention on Wetlands of International Importance especially as Waterfowl Habitat*. Ramsar, Iran, 2 February 1971. www.ramsar.org/sites/default/files/documents/library/scan_certified_e.pdf.
- Rangachari, R., Sengupta, N., Iyer, R., Baneri, P. and Singh, S. 2000. *Large Dams: India's Experience*. Cape Town, World Commission on Dams.
- Raymond, C. M., Berry, P., Breil, M., Nita, M. R., Kabisch, N., De Bel, M., Enzi, V., Frantzeskaki, N., Geneletti, D., Cardinaletti, M., Lovinger, L., Basnou, C., Monteiro, A., Robrecht, H., Sgrigna, G., Muhari, L. and Calfapietra, C. 2017. *An Impact Evaluation Framework to Support Planning and Evaluation of Nature-Based Solutions Projects*. Report prepared by the EKLIPSE Expert Working Group on Nature-based Solutions to Promote Climate Resilience in Urban Areas. Wallingford, UK, Centre for Ecology and Hydrology (CEH). www.eklipse-mechanism.eu/apps/Eklipse_data/website/EKLIPSE_Report1-NBS_FINAL_Complete-08022017_LowRes_4Web.pdf.
- Raymond, C. M. and Kenter, J. O. 2016. Transcendental values and the valuation and management of ecosystem services. *Ecosystem Services*, Vol. 21 (Part B), pp. 241–257. doi.org/10.1016/j.ecoser.2016.07.018.
- Renaud, F. G., Sudmeier-Rieux, K. and Estrella, M. (eds.). 2013. *The Role of Ecosystems in Disaster Risk Reduction*. Tokyo, United Nations University Press.
- Richey, A. S., Thomas, B. F., Lo, M. H., Reager, J. T., Famiglietti, J. S., Voss, K., Swenson, S. and Rodell, M. 2015. Quantifying renewable groundwater stress with GRACE. *Water Resources Research*, Vol. 51, No. 7, pp. 5217–5238. doi.org/10.1002/2015WR017349.
- Rogers, J. D., Kemp, G. P., Bosworth, H. J. and Seed, R. B. 2015. Interaction between the U.S. Army Corps of Engineers and the Orleans Levee Board preceding the drainage canal wall failures and catastrophic flooding of New Orleans in 2005. *Water Policy*, Vol. 17, No. 4, pp. 707–723. doi.org/10.2166/wp.2015.077.

- Room for the River. n.d.a. *Dutch Water Programme Room for the River. Factsheets*. The Netherlands, Room for the River. www.ruimtevoorderivier.nl/english/.
- _____. n.d.b. *Making room for the Dutch approach. Factsheets*. The Netherlands, Room for the River. www.ruimtevoorderivier.nl/english/.
- Rosegrant, M. W., Cai, X. and Cline, S. A. 2002. *World Water and Food to 2025: Dealing with Scarcity*. Washington DC, International Food Policy Research Institute (IFPRI). ebrary.ifpri.org/cdm/ref/collection/p15738coll2/id/92523.
- Rost, S., Gerten, D., Hoff, H., Lucht, W., Falkenmark, M. and Rockström, J. 2009. Global potential to increase crop production through water management in rainfed agriculture. *Environmental Research Letters*, Vol. 4, No. 4. doi.org/10.1088/1748-9326/4/4/044002.
- Russi, D., Ten Brink, P., Farmer, A., Badura, T., Coates, D., Förster, J., Kumar, R. and Davidson, N. 2012. *The Economics of Ecosystems and Biodiversity for Water and Wetlands*. London/Brussels/Gland, Switzerland, Institute for European Environmental Policy (IEEP)/Secretariat of the Ramsar Convention. www.teebweb.org/publication/the-economics-of-ecosystems-and-biodiversity-teeb-for-water-and-wetlands/.
- Sadoff, C. W., Hall, J. W., Grey, D., Aerts, J. C. J. H., Ait-Kadi, M., Brown, C., Cox, A., Dadson, S., Garrick, D., Kelman, J., McCornick, P., Ringler, C., Rosegrant, M., Whittington, D. and Wiberg, D. 2015. *Securing Water, Sustaining Growth: Report of the GWP/OECD Task Force on Water Security and Sustainable Growth*. Oxford, UK, University of Oxford. www.water.ox.ac.uk/wp-content/uploads/2015/04/SCHOOL-OF-GEOGRAPHY-SECURING-WATER-SUSTAINING-GROWTH-DOWNLOADABLE.pdf.
- Sakalauskas, K. M., Costa, J. L., Lateral, P., Hidalgo, L. and Aguirrezabal, L. A. N. 2001. Effects of burning on soil-water content and water use in a *Paspalum quadrifarium* grassland. *Agricultural Water Management*, Vol. 50, No. 2, pp. 97–108. [doi.org/10.1016/S0378-3774\(01\)00095-6](https://doi.org/10.1016/S0378-3774(01)00095-6).
- Sato, T., Qadir, M., Yamamoto, S., Endo, T. and Zahoor, M. 2013. Global, regional, and country level need for data on wastewater generation, treatment, and use. *Agricultural Water Management*, Vol. 130, pp. 1–13. doi.org/10.1016/j.agwat.2013.08.007.
- Sauvé, S. and Desrosiers, M. 2014. A review of what is an emerging contaminant. *Chemistry Central Journal*, Vol. 8, No. 15. doi.org/10.1186/1752-153X-8-15.
- Sayers, P., Galloway, G., Penning-Rowsell, E., Yuanyuan, L., Fuxin, S., Yiwei, C., Kang, W., Le Quesne, T., Wang, L. and Guan, Y. 2014. Strategic flood management: Ten 'golden rules' to guide a sound approach. *International Journal of River Basin Management*, Vol. 13, No. 2, pp. 137–151. doi.org/10.1080/15715124.2014.902378.
- SCBD (Secretariat of the Convention on Biological Diversity). 2014. *Global Biodiversity Outlook 4: A Mid-Term Assessment of Progress towards the Implementation of the Strategic Plan for Biodiversity 2011–2020*. Montreal, PQ, SCBD. www.cbd.int/gbo4/.
- Schilling, K. E. and Libra, R. D. 2003. Increased baseflow in Iowa over the second half of the 20th century. *Journal of the American Water Resources Association*, Vol. 39, No. 4, pp. 851–860. doi.org/10.1111/j.1752-1688.2003.tb04410.x.
- Scholes, R. J. and Biggs, R. 2004. *Ecosystem Services in Southern Africa: A Regional Assessment*. Pretoria, Council for Scientific and Industrial Research (CSIR).
- Scholes, R. J., Scholes, M. and Lucas, M. 2015. *Climate Change: Briefings from Southern Africa*. Johannesburg, South Africa, Wits University Press.
- Scholz, M. 2006. *Wetland Systems to Control Urban Runoff*. Amsterdam, Elsevier Science.
- Schulte-Wülwer-Leidig, A. n.d. *From an Open Sewer to a Living Rhine River*. Koblenz, Germany, ICPR (International Commission for the Protection of the Rhine).
- SEG (Scientific Expert Group on Climate Change). 2007. *Confronting Climate Change: Avoiding the Unmanageable and Managing the Unavoidable*. Report prepared for the United Nations Commission on Sustainable Development (UNCSD). Research Triangle Park (NC)/Washington DC, Sigma XI/United Nations Foundation. www.globalproblems-globalsolutions-files.org/unf_website/PDF/climate%20_change_avoid_unmanagable_manage_unavoidable.pdf.
- Shah, T. 2009. *Taming the Anarchy: Groundwater Governance in South Asia*. Washington DC/Colombo, Resources for the Future/International Water Management Institute (IWMI).
- Singh, R. 2016. *Water Security and Climate Change: Challenges and Opportunities in Asia*. Keynote speech at the Asian Institute of Technology, Bangkok, 29 November–1 December 2016.
- SIWI (Stockholm International Water Institute). 2015. *Rajendra Singh – The Water Man of India Wins 2015 Stockholm Water Prize*. SIWI website. www.siwi.org/prizes/stockholmwaterprize/laureates/2015-2/.
- Simons, G., Buitink, J., Droogers, P. and Hunink, J. 2017. *Impacts of Climate Change on Water and Sediment Flows in the Upper Tana Basin, Kenya*. Wageningen, The Netherlands, Future Water. www.futurewater.nl/wp-content/uploads/2017/04/Tana_CC_FW161.pdf.
- Skov, H.. 2015. UN Convention on Wetlands (RAMSAR): Implications for Human Health. S. A. Elias (ed.), *Reference Module in Earth Systems and Environmental Sciences*. Amsterdam, Elsevier. doi.org/10.1016/B978-0-12-409548-9.09347-7.²³

²³ Despite of the title of this published work, RAMSAR is not a UN Convention. RAMSAR is an intergovernmental treaty that provides the framework for national action and international cooperation for the conservation and wise use of wetlands and their resources.

- Smakhtin, V. U. and Schipper, E. L. 2008. Droughts: the impact of semantics and perceptions. *Water Policy*, Vol. 10, No. 2, pp. 131–143. doi.org/10.2166/wp.2008.036.
- Smalls-Mantey, L. 2017. *The Potential Role of Green Infrastructure in the Mitigation of the Urban Heat Island*. PhD dissertation. Philadelphia, Pa., Drexel University. idea.library.drexel.edu/islandora/object/idea%3A7596.
- Squires, V. R. and Glenn, E. P. 2011. Salination, desertification and soil erosion. V. R. Squires (ed.), *The Role of Food, Agriculture, Forestry and Fisheries in Human Nutrition*. Paris/Oxford, UK, United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization (UNESCO)/Encyclopedia of Life Support Systems (EOLSS).
- Stagnari, F., Ramazzotti, S. and Pisante, M. 2009. Conservation Agriculture: A different approach for crop production through sustainable soil and water management: A review. E. Lichtfouse (ed.), *Organic Farming, Pest Control and Remediation of Soil Pollutants. Sustainable Agriculture Reviews*, Vol. 1. Dordrecht, The Netherlands, Springer, pp. 55–83.
- Stanton, T., Echavarria, M., Hamilton, K. and Ott, C. 2010. *State of Watershed Payments: An Emerging Marketplace*. Ecosystem Marketplace. www.forest-trends.org/documents/files/doc_2438.pdf.
- Steffen, W., Broadgate, W., Deutsch, L., Gaffney, O. and Ludwig, C. 2015. The trajectory of the Anthropocene: The great acceleration. *The Anthropocene Review*, Vol. 2, No. 1, pp. 81–98. doi.org/10.1177/2053019614564785.
- Sun, G., Zhou, G. Y., Zhang, Z. Q., Wei, X. H., McNulty, S. G. and Vose, J. M. 2006. Potential water yield reduction due to forestation across China. *Journal of Hydrology*, Vol. 328, No. 3–4, pp. 548–558. doi.org/10.1016/j.jhydrol.2005.12.013.
- Tacconi, L. 2015. *Regional Synthesis of Payments for Environmental Services (PES) in the Greater Mekong Region*. Working Paper No. 175. Bogor, Indonesia, Center for International Forestry Research (CIFOR). doi.org/10.17528/cifor/005510.
- Taylor, B. R. (ed.). 2005. *Encyclopedia of Religion and Nature*. Two volumes. London, Theommes.
- TEEB (The Economics of Ecosystems and Biodiversity). 2009. *TEEB in National and International Policy Making*. London/Washington DC, Routledge. img.teebweb.org/wp-content/uploads/2017/03/TEEB-for-Policy-Makers_Website.pdf.
- _____. 2011. *TEEB Manual for Cities: Ecosystem Services in Urban Management*. www.teebweb.org/publication/teeb-manual-for-cities-ecosystem-services-in-urban-management/.
- Thakur, A. K., Kassam, A., Stoop, W. A. and Uphoff, N. 2016. Modifying rice crop management to ease water constraints with increased productivity, environmental benefits, and climate-resilience. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, Vol. 235, pp. 101–104. doi.org/10.1016/j.agee.2016.10.011.
- The City of New York. 2008. *PlanNYC: Sustainable Stormwater Management Plan 2008. A Greener, Greater New York*. New York, Mayor's Office of Long-Term Planning and Sustainability. www.nyc.gov/html/planyc/downloads/pdf/publications/nyc_sustainable_stormwater_management_plan_final.pdf.
- The White House. 2015. *Presidential Memorandum: Mitigating Impacts on Natural Resources from Development and Encouraging Related Private Investment*. Washington DC, The White House. Office of the Press Secretary. obamawhitehouse.archives.gov/the-press-office/2015/11/03/mitigating-impacts-natural-resources-development-and-encouraging-related.
- Tidball, K. G. 2012. Urgent biophilia: Human-nature interactions and biological attractions in disaster resilience. *Ecology and Society*, Vol. 17, No. 2, Art. 5. doi.org/10.5751/ES-04596-170205.
- Tinoco, M., Cortobius, M., Doughty Grajales, M. and Kjellén, M. 2014. Water co-operation between cultures: Partnerships with indigenous peoples for sustainable water and sanitation services. *Aquatic Procedia*, Vol. 2, pp. 255–62. doi.org/10.1016/j.aqpro.2014.07.009.
- TNC (The Nature Conservancy). 2015. *Upper Tana-Nairobi Water Fund: A Business Case*. Version 2. Nairobi, TNC. www.nature.org/ourinitiatives/regions/africa/upper-tana-nairobi-water-fund-business-case.pdf.
- To, P. X., Dressler, W. H., Mahanty, S., Pham, T. T. and Zingerli, C. 2012. The prospects for Payment for Ecosystem Services (PES) in Vietnam: A look at three payment schemes. *Human Ecology Interdisciplinary Journal*, Vol. 40, No. 2, pp. 237–249. doi.org/10.1007/s10745-012-9480-9.
- Tognetti, S. S., Aylward, B. and Mendoza, G. F. 2005. Markets for watershed services. M. G. Anderson (ed.), *Encyclopaedia of Hydrological Sciences*. Chichester, UK, Wiley.
- Turton, A.R. and Botha, F. S. 2013. Anthropocenic aquifer: New thinking. S. Eslamien (ed.), *Handbook for Engineering Hydrology (Volume 3): Environmental Hydrology and Water Management*. London, CRC Press.
- UNCCD (United Nations Convention to Combat Desertification). 1994. *United Nations Convention to Combat Desertification in those Countries Experiencing Serious Drought and/or Desertification, particularly in Africa*. Paris, 17 June 1994. www2.unccd.int/sites/default/files/relevant-links/2017-01/UNCCD_Convention_ENG_0.pdf.
- UNCCD Science-Policy Interface. 2016. *Land in Balance: The Scientific Conceptual Framework for Land Degradation Neutrality (LND)*. Science-Policy Brief No. 2. Bonn, Germany, UNCCD. www.uncclearn.org/sites/default/files/inventory/18102016_spi_pb_multipage_eng_1.pdf.
- UNCSD (United Nations Conference on Sustainable Development). 2012. *The Future We Want*. Outcome of the Conference, Agenda item 10. Rio de Janeiro, Brazil, 20–22 June 2012. rio20.un.org/sites/rio20.un.org/files/a-conf.216l-1_english.pdf.pdf.

- UNDESA (United Nations Department of Economic and Social Affairs). 2015. *World Urbanization Prospects: The 2014 Revision*. ST/ESA/SER.A/366. New York, UNDESA, Population Division. esa.un.org/unpd/wup/Publications/Files/WUP2014-Report.pdf.
- _____. 2017. *World Population Prospects: Key Findings and Advance Tables – The 2017 Revision*. Working Paper No. ESA/P/WP/248. New York, UNDESA, Population Division. esa.un.org/unpd/wpp/Publications/Files/WPP2017_KeyFindings.pdf.
- UNDP/BIOFIN (United Nations Development Programme/Global Biodiversity Finance Initiative). 2016. *BIOFIN Workbook: Mobilizing Resources for Biodiversity and Sustainable Development*. New York, UNDP. www.undp.org/content/undp/en/home/librarypage/environment-energy/ecosystems_and_biodiversity/biofin-workbook.html.
- UNECLAC (United Nations Economic Commission for Latin America and the Caribbean). 2015. *Peru's Compensation Mechanisms for Ecosystem Services Act*. Network for Cooperation in Integrated Water Resource Management for Sustainable Development in Latin America and the Caribbean, Circular No. 41. Santiago, UNECLAC. repositorio.cepal.org/bitstream/handle/11362/37850/S1421023_es.pdf.
- UNEP (United Nations Environment Programme). 2015. *Promoting Ecosystems for Disaster Risk Reduction and Climate Change Adaptation: Opportunities for Integration*. Discussion Paper. Geneva, UNEP, Post-Conflict and Disaster Management Branch. postconflict.unep.ch/publications/Eco-DRR/Eco-DRR_Discussion_paper_2015.pdf.
- _____. 2016a. *A Snapshot of the World's Water Quality: Towards a Global Assessment*. Nairobi, UNEP. uneplive.unep.org/media/docs/assessments/unep_wwqa_report_web.pdf.
- _____. 2016b. *River Partners: Applying Ecosystem-Based Disaster Risk Reduction (Eco-DRR) in Integrated Water Resource Management (IWRM) in the Lukaya Basin, Democratic Republic of the Congo*. Nairobi, UNEP. postconflict.unep.ch/publications/DR Congo/DR_Congo_Eco_DRR_case_study_2016.pdf.
- UNEP-DHI/IUCN/TNC (United Nations Environment Programme–DHI Partnership/International Union for Conservation of Nature/The Nature Conservancy). 2014. *Green Infrastructure Guide for Water Management: Ecosystem-Based Management Approaches for Water-Related Infrastructure Projects*. UNEP. web.unep.org/ecosystems/resources/publications/green-infrastructure-guide-water-management.
- UNESCAP (United Nations Economic and Social Commission for Asia and the Pacific). 2017. *Shifting towards Water-Resilient Infrastructure and Sustainable Cities*. ESCAP Knowledge Hub for Sustainable Development. E-learning course. sustdev.unescap.org/course/detail/9 (Accessed July 2017).
- UNESCAP/UNISDR (United Nations Economic and Social Commission for Asia and the Pacific/United Nations Office for Disaster Risk Reduction). 2012. *Reducing Vulnerability and Exposure to Disasters. The Asia-Pacific Disaster Report 2012*. UNESCAP/UNISDR. www.unisdr.org/files/29288_apdr2012finalallowres.pdf.
- UNESCO. 2015a. *International Initiative on Water Quality: Promoting Scientific Research, Knowledge Sharing, Effective Technology and Policy Approaches to Improve Water Quality for Sustainable Development*. Paris, UNESCO. unesdoc.unesco.org/images/0024/002436/243651e.pdf.
- _____. 2015b. *Emerging Pollutants in Wastewater Reuse in Developing Countries*. UNESCO-IHP International Initiative on Water Quality (IIWQ) 2014–2018. Paris, UNESCO. unesdoc.unesco.org/images/0023/002352/235241E.pdf.
- _____. 2016. *Ecologyhydrology as an Integrative Science from Molecular to Basin Scale: Historical Evolution, Advancements and Implementation Activities*. Paris, UNESCO. unesdoc.unesco.org/images/0024/002455/245512e.pdf.
- _____. Forthcoming. *Emerging Pollutants in Water and Wastewater of East Ukraine: Occurrence, Fate and Regulation*. UNESCO Emerging Pollutants in Water Series. Paris, UNESCO.
- UNESCO/HELCOM (United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization/Baltic Marine Environment Protection Commission – Helsinki Commission). 2017. *Pharmaceuticals in the Aquatic Environment in the Baltic Sea Region: A Status Report*. UNESCO Emerging Pollutants in Water Series, Vol. 1. Paris, UNESCO. unesdoc.unesco.org/images/0024/002478/247889E.pdf.
- UNFCCC (United Nations Framework Convention on Climate Change). 1992. *United Nations Framework Convention on Climate Change*. United Nations. unfccc.int/files/essential_background/background_publications_htmlpdf/application/pdf/conveng.pdf.
- _____. 2015. *Adoption of the Paris Agreement. Proposal by the President*. Conference of the Parties, Twenty-first session, Paris, 30 November–11 December 2015. unfccc.int/resource/docs/2015/cop21/eng/l09r01.pdf.
- UNGA (United Nations General Assembly). 2016. *Draft Outcome Document of the United Nations Conference on Housing and Sustainable Urban Development (Habitat III)*. United Nations Conference on Housing and Sustainable Urban Development (Habitat III), Quito, 17–20 October 2016. nua.unhabitat.org/uploads/DraftOutcomeDocumentofHabitatIII_en.pdf.
- _____. 2017. *Report of the Special Rapporteur on the Right to Food*. Human Rights Council Thirty-fourth session, 27 February–24 March 2017. Document A/HRC/34/48. United Nations. documents-dds-ny.un.org/doc/UNDOC/GEN/G17/017/85/PDF/G1701785.pdf?OpenElement.
- UNIDO (United Nations Industrial Development Organization). 2013. *Lima Declaration: Towards Inclusive and Sustainable Industrial Development*. Adopted by the 15th Session of the General Conference of the United Nations Industrial Development Organization, Lima, 2 December 2013. www.unido.org/fileadmin/Lima_Declaration.pdf.

- UNISDR (United Nations Office for Disaster Risk Reduction). 2015. *Sendai Framework for Disaster Risk Reduction 2015-2030*. Geneva, UNISDR. www.unisdr.org/we/inform/publications/43291.
- University of Łódź/City of Łódź Office. 2011. *Implementation of the Blue-Green Network Concept: Final Demonstration Activity Report WP – The City of Łódź 2006-2011 – Annex 4*. Łódź, Poland, University of Łódź/City of Łódź Office.
- UN-Water. 2010. *Climate Change Adaptation: The Pivotal Role of Water*. Policy Brief. www.unwater.org/publications/climate-change-adaptation-pivotal-role-water/.
- _____. 2013. *Analytical Brief on Water Security and the Global Water Agenda*. Hamilton, Ont., United Nations University (UNU). www.unwater.org/publications/water-security-global-water-agenda/.
- _____. 2016a. *Towards a Worldwide Assessment of Freshwater Quality: A UN-Water Analytical Brief*. UN-Water. www.unwater.org/app/uploads/2017/05/UN_Water_Analytical_Brief_20161111_02_web_pages.pdf.
- _____. 2016b. *Water and Sanitation Interlinkages across the 2030 Agenda for Sustainable Development*. Geneva, UN-Water. www.unwater.org/app/uploads/2016/08/Water-and-Sanitation-Interlinkages.pdf.
- Uphoff, N. 2008. The system of rice intensification (SRI) as a system of agricultural innovation. *Jurnal Tanah dan Lingkungan*, Vol. 10, No. 1, pp. 27–40. journal.ipb.ac.id/index.php/jtanah/article/view/2397/1403.
- Uphoff, N. and Dazzo, F. B. 2016. Making rice production more environmentally-friendly. *Environments*, Vol. 3, No. 2, Art. 12. doi.org/10.3390/environments3020012.
- Uphoff, N., Kassam, A. and Harwood, R. 2011. SRI as a methodology for raising crop and water productivity: Productive adaptations in rice agronomy and irrigation water management. *Paddy and Water Environment*, Vol. 9, No. 1, pp. 3–11. doi.org/10.1007/s10333-010-0224-4.
- USDA (United States Department of Agriculture) Farm Service Agency. 2008. *Conservation Reserve Program (CRP) Benefits: Water Quality, Soil Productivity and Wildlife Estimates*. Fact Sheet. Washington DC, USDA. www.fsa.usda.gov/Internet/FSA_File/crpbennies.pdf.
- _____. 2016. *The Conservation Reserve Program: 49th Signup Results*. Washington DC, USDA. www.fsa.usda.gov/Assets/USDA-FSA-Public/usdafiles/Conservation/PDF/SU49Book_State_final1.pdf.
- US EPA (United States Environmental Protection Agency). 2015. *General Accountability Considerations for Green Infrastructure*. Green Infrastructure Permitting and Enforcement Series: Fact Sheet No. 1. US EPA. www.epa.gov/sites/production/files/2015-10/documents/epa-green-infrastructure-factsheet-1-061212-pj-2.pdf.
- _____. n.d. *Summary of the Clean Water Act*. US EPA website. www.epa.gov/laws-regulations/summary-clean-water-act.
- Van der Ent, R. J., Savenije, H. H. G., Schaefli, B. and Steele-Dunne, S. C. 2010. Origin and fate of atmospheric moisture over continents. *Water Resources Research*, Vol. 49, No. 9, W09525. doi.org/10.1029/2010WR009127.
- Van der Ent, R. J., Wang-Erlandsson, L., Keys, P. W. and Savenije, H. H. G. 2014. Contrasting roles of interception and transpiration in the hydrological cycle – Part 2: Moisture recycling. *Earth System Dynamics*, Vol. 5, pp. 471–489. doi.org/10.5194/esd-5-471-2014.
- Van der Putten, W. H., Anderson, J. M., Bardgett, R. D., Behan-Pelletier, V., Bignell, D. E., Brown, G. G., Brown, V. K., Brussaard, L., Hunt, H. W., Ineson, P., Jones, T. H., Lavelle, P., Paul, E. A., St. John, M., Wardle, D. A., Wojtowicz, T. and Wall, D.H. 2004. The sustainable delivery of goods and services provided by soil biota. D.H. Wall (ed.), *Sustaining Biodiversity and Ecosystem Services in Soils and Sediments*. San Francisco, Calif., Island Press, pp. 15–43.
- Veldkamp, T. I. E., Wada, Y., Aerts, J. C. J. H., Döll, P., Gosling, S. N., Liu, J., Masaki, Y., Oki, T., Ostberg, S., Pokhrel, Y., Satoh, Y. and Ward, P. J. 2017. Water scarcity hotspots travel downstream due to human interventions in the 20th and 21st century. *Nature Communications*, No. 15697. doi.org/10.1038/ncomms15697.
- Veolia/IFPRI (International Food Policy Research Institute). 2015. *The Murky Future of Global Water Quality: New Global Study Projects Rapid Deterioration in Water Quality*. Washington DC/Chicago, Ill., IFPRI/Veolia. www.ifpri.org/publication/murky-future-global-water-quality-new-global-study-projects-rapid-deterioration-water.
- Viste, E. and Sorteberg, A. 2013. The effect of moisture transport variability on Ethiopian summer precipitation. *International Journal of Climatology*, Vol. 33, No. 15, pp. 3106–3123. doi.org/10.1002/joc.3566.
- Voulvoulis, N., Arpon, K. D. and Giakoumis, T. 2017. The EU Water Framework Directive: From great expectations to problems with implementation. *Science of the Total Environment*, Vol. 575, pp. 358–366. doi.org/10.1016/j.scitotenv.2016.09.228.
- Vymazal, J. 2013. Emergent plants used in free water surface constructed wetlands: A review. *Ecological Engineering*, Vol. 61 (Part B), pp. 582–592. doi.org/10.1016/j.ecoleng.2013.06.023.
- _____. 2014. Constructed wetlands for treatment of industrial wastewaters: A review. *Ecological Engineering*, Vol. 73, pp. 724–751. doi.org/10.1016/j.ecoleng.2014.09.034.
- Vymazal, J., Březinová, T. D., Koželuh, M. and Kule, L. 2017. Occurrence and removal of pharmaceuticals in four full-scale constructed wetlands in the Czech Republic – the first year of monitoring. *Ecological Engineering*, Vol. 98, pp. 354–364. doi.org/10.1016/j.ecoleng.2016.08.010.

- Vystavna, Y., Frkova, Z., Marchand, L., Vergeles, Y. and Stolberg, F. 2017. Removal efficiency of pharmaceuticals in a full scale constructed wetland in East Ukraine. *Ecological Engineering*, Vol. 108 (Part A), pp. 50–58. doi.org/10.1016/j.ecoleng.2017.08.009.
- Wada, Y., Flörke, M., Hanasaki, N., Eisner, S., Fischer, G., Tramberend, S., Satoh, Y., Van Vliet, M. T. H., Yillia, P., Ringler, C., Burek, P. and Wiberg, D. 2016. Modelling global water use for the 21st century: The Water Futures and Solutions (WFaS) initiative and its approaches. *Geoscientific Model Development*, Vol. 9, pp. 175–222. doi.org/10.5194/gmd-9-175-2016.
- Wagenaar, D. J., De Bruijn, K. M., Bouwer, L. M. and De Moel, H. 2016. Uncertainty in flood damage estimates and its potential effect on investment decisions. *Natural Hazards Earth System Science*, Vol. 16, pp. 1–14. doi.org/10.5194/nhess-16-1-2016.
- Walton, B. 2016. *Investors will see a Tighter Connection between Water and Climate*. Circle of Blue. www.circleofblue.org/2016/world/2016-preview-investors-will-see-tighter-connection-between-water-and-climate/.
- Wang, Y., Li, L., Wang, X., Yu, X. and Wang, Y. 2007. *Taking Stock of Integrated River Basin Management in China*. Beijing, Science Press.
- Ward, F. A. and Pulido-Velazquez, M. 2008. Water conservation in irrigation can increase water use. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, Vol., 105, No. 47, pp. 18215–18220. doi.org/10.1073/pnas.0805554105.
- WBCSD (World Business Council for Sustainable Development). 2015a. *The Business Case for Natural Infrastructure*. Geneva/New York/New Delhi, WBCSD. www.naturalinfrastructureforbusiness.org/wp-content/uploads/2016/02/WBCSD_BusinessCase_jan2016.pdf.
- _____. 2015b. Itza-Popo – Replenishing Groundwater through Reforestation in Mexico. WBCSD Natural Infrastructure Case Study. Geneva/New York/New Delhi, WBCSD. www.naturalinfrastructureforbusiness.org/wp-content/uploads/2015/11/Volkswagen_NI4BizCaseStudy_IItza-Popo.pdf
- _____. 2015c. *Water Management and Flood Prevention in France*. WBCSD Natural Infrastructure Case Study. Geneva/New York/New Delhi, WBCSD. www.naturalinfrastructureforbusiness.org/wp-content/uploads/2015/11/LafargeHolcim_NI4BizCaseStudy_WaterManagementFloodPrevention.pdf.
- WEF (World Economic Forum). 2015. *Global Risks Report 2015*. 10th edition. Geneva, WEF. reports.weforum.org/global-risks-2015/.
- Weiss, H. and Bradley, R. S. 2001. What drives societal collapse? *Science*, Vol. 291, No. 3304, pp. 606–610. doi.org/10.1126/science.1058775.
- Weiss, H., Courty, M. A., Wetterstrom, W., Guichard, F., Senior, L., Meadow, R. and Curnow, A. 1993. The genesis and collapse of Third Millenium North Mesopotamian Civilization. *Science*, Vol. 261, No. 5124, pp. 995–1004. doi.org/10.1126/science.261.5124.995.
- Wilhite, D. A., Svoboda, M. D. and Hayes, M. J. 2007. Understanding the complex impacts of drought: A key to enhancing drought mitigation and preparedness. *Water Resources Management*, Vol. 21, No. 5, pp. 763–774. doi.org/10.1007/s11269-006-9076-5.
- Wisner, B., Gaillard, J. C. and Kelman, I. (eds.). 2012. *Handbook of Hazards and Disaster Risk Reduction and Management*. London, Routledge.
- WMO (World Meteorological Organization). 2006: *Social Aspects and Stakeholder Involvement in Integrated Flood Management*. WMO/Global Water Partnership (GWP) Associated Programme on Flood Management (APFM) Technical Document No. 4, WMO No. 1008. Geneva, WMO. www.floodmanagement.info/publications/policy/ifm_social_aspects/Social_Aspects_and_Stakeholder_Involvement_in_IFM_En.pdf.
- _____. 2007. *Economic Aspects of Integrated Flood Management*, WMO/Global Water Partnership (GWP) Associated Programme on Flood Management (APFM) Technical Document No. 5, WMO No. 1010. Geneva, WMO. www.floodmanagement.info/publications/policy/ifm_economic_aspects/Economic_Aspects_of_IFM_En.pdf.
- _____. 2009. *Integrated Flood Management: Concept Paper*. WMO/Global Water Partnership (GWP) Associated Programme on Flood Management (APFM), WMO No. 1047. Geneva, WMO. www.floodmanagement.info/publications//concept_paper_e.pdf.
- _____. 2017. *Selecting Measures and Designing Strategies for Integrated Flood Management: A Guidance Document*. Geneva, WMO. www.floodmanagement.info/publications/guidance%20-%20selecting%20measures%20and%20designing%20strategies_e_web.pdf.
- WOCAT (World Overview of Conservation Approach and Technologies). 2007. *Where the Land is Greener: Case Studies and Analysis of Soil and Water Conservation Initiatives Worldwide*. CTA/FAO/UNEP/CDE on behalf of WOCAT.
- Woods Ballard, B., Kellagher, R., Martin, P., Jefferies, C., Bray, R. and Shaffer, P. 2007. *The SUDS Manual*. London, Construction Industry Research and Information Association (CIRIA).
- World Bank. 2009. *Convenient Solutions to an Inconvenient Truth: Ecosystem-Based Approaches to Climate Change*. Washington DC, World Bank. siteresources.worldbank.org/ENVIRONMENT/Resources/ESW_EcosystemBasedApp.pdf.
- _____. n.d. WAVES (Wealth Accounting and the Valuation of Ecosystem Services) website. www.wavespartnership.org (Accessed July 2017).
- World Commission on Dams. 2000. *Dams and Development: A New Framework for Decision-Making*. The Report of the World Commission on Dams. London/Sterling, Va., Earthscan. www.internationalrivers.org/sites/default/files/attached-files/world_commission_on_dams_final_report.pdf.

WWAP (United Nations World Water Assessment Programme). 2014. *The United Nations World Water Development Report 2014: Water and Energy*. Paris, UNESCO. unesdoc.unesco.org/images/0022/002257/225741E.pdf.

_____. 2015. *The United Nations World Water Development Report 2015: Water for a Sustainable World*. Paris, UNESCO. unesdoc.unesco.org/images/0023/002318/231823E.pdf.

_____. 2016. *The United Nations World Water Development Report 2016: Water and Jobs*. Paris, UNESCO. unesdoc.unesco.org/images/0024/002439/243938e.pdf.

_____. 2017. *The United Nations World Water Development Report 2017. Wastewater: The Untapped Resource*. Paris, UNESCO. www.unesco.org/new/en/natural-sciences/environment/water/wwap/wwdr/2017-wastewater-the-untapped-resource/.

WWF (World Wide Fund for Nature). 2017. *Natural and Nature-Based Flood Management: A Green Guide*. Washington DC, WWF. www.worldwildlife.org/publications/natural-and-nature-based-flood-management-a-green-guide.

X
Xu, H. and Horn, O. 2017. *China's Sponge City concept: Restoring the Urban Water Cycle through Nature-Based Solutions*. ICLEI Briefing Sheet. Bonn, Germany, ICLEI. www.iclei.org/fileadmin/PUBLICATIONS/Briefing_Sheets/Nature_Based_Solutions/ICLEI_Sponge_City_ENG.pdf.

Y
You, L., Ringler, C., Nelson, G. C., Wood-Sichra, U., Robertson, R. D., Wood, S., Guo, Z., Zhu, T. and Sun, Y. 2010. *What is the Irrigation Potential for Africa? A Combined Biophysical and Socioeconomic Approach*. IFPRI Discussion Paper. Washington DC, International Food Policy Research Institute (IFPRI). www.ifpri.org/publication/what-irrigation-potential-africa.

Z
Zalewski, M. (ed.). 2002. *Guidelines for the Integrated Management of the Watershed: Phytotechnology and Ecohydrology*. Freshwater Management Series No. 5. UNEP. www.unep.or.jp/ietc/Publications/Freshwater/FMS5/.

_____. 2014. Ecohydrology and hydrologic engineering: Regulation of hydrology-biota interactions for sustainability. *Journal of Hydrologic Engineering*, Vol. 20, No. 1. doi.org/10.1061/(ASCE)HE.1943-5584.0000999.

Zalewski, M., Janauer, G. and Jolánkai, G. (eds.). 1997. *Ecohydrology: A New Paradigm for the Sustainable Use of Aquatic Resources*. Paris, United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization, International Hydrological Programme (UNESCO-IHP). unesdoc.unesco.org/images/0010/001062/106296e.pdf.

Zhang, D. Q., Jinadasa, K. B. S. N., Gersberg, R. M., Liu, Y., Ng, W. J. and Tan, S. K. 2014. Application of constructed wetlands for wastewater treatment in developing countries: A review of recent developments (2000–2013). *Journal of Environmental Management*, Vol. 141, pp. 116–131. doi.org/10.1016/j.jenvman.2014.03.015.

Zhang, D. Q., Tan, S. K., Gersberg, R. M., Sadreddini, S., Zhu, J. and Tuan, N. A. 2011. Removal of pharmaceutical compounds in tropical constructed wetlands. *Ecological Engineering*, Vol. 37, No. 3, pp. 460–464. doi.org/10.1016/j.ecoleng.2010.11.002.

Zhang, L., Dawes, W. R. and Walker, G. R. 2001. Response of mean annual evapotranspiration to vegetation changes at catchment scale. *Water Resources Research*, Vol. 37, No. 3, pp. 701–708. doi.org/10.1029/2000WR900325.

Zhang, L., Podlasly, C., Feger, K. H., Wang, Y. and Schwärzel, K. 2015. Different land management measures and climate change impacts on the discharge: A simple empirical method derived in a mesoscale catchment on the Loess Plateau. *Journal of Arid Environment*, Vol. 120, pp. 42–50. doi.org/10.1016/j.jaridenv.2015.04.005.

Zhang, Y. K. and Schilling, K. E. 2006. Increasing streamflow and baseflow in Mississippi River since the 1940s: Effect of land use change. *Journal of Hydrology*, Vol. 324, No. 1–4, pp. 412–422. doi.org/10.1016/j.jhydrol.2005.09.033.

Zhao, L., Wu, L., Li, Y., Lu, X., Zhu, D. and Uphoff, N. 2009. Influence of the system of rice intensification on rice yield and nitrogen and water use efficiency with different N application rate. *Experimental Agriculture*, Vol. 45, No. 3, pp. 275–286. doi.org/10.1017/S0014479709007583.

المختصرات والتسميات المختصرة

مركز أمستردام لدراسات الأغذية العالمية-الجامعة المجانية	ACWFS-VU
تحالف التكيف العالمي للمياه	AGWA
اتفاقية التنوع البيولوجي	CBD
مكتب الأمم المتحدة للحد من مخاطر الكوارث	CRED
برنامج محميات حفظ الأراضي (الولايات المتحدة الأمريكية)	CRP
حالات طفح المجاري المشتركة	CSO
قانون نظافة المياه (الولايات المتحدة الأمريكية)	CWA
إدارة حماية البيئة (مدينة نيويورك)	DEP
الحد من مخاطر الكوارث	DRR
المفوضية الأوروبية	EC
الشركة العامة للمياه والصرف الصحي في العاصمة (كيوتو، إكوادور)	EPMAPS
الاتحاد الأوروبي	EU
منظمة الأغذية والزراعة للأمم المتحدة	FAO
صندوق حفظ المياه (إكوادور)	FONAG
الناتج المحلي الإجمالي	GDP
برنامج العمل العالمي	GPA
المياه الجوفية المستنفدة بفعل ري المحاصيل	GWD
فيروس نقص المناعة البشرية	HIV
الرابطة الدولية للعلوم الهيدرولوجية	IAHS
اللجنة الدولية لحماية نهر الراين	ICPR
معهد التعليم في مجال المياه	IHE
البرنامج الهيدرولوجي الدولي	IHP
المعهد الدولي لتحليل النظم التطبيقي	IIASA
منظمة العمل الدولية	ILO
الاتحاد الدولي لصون الطبيعة	IUCN
اللجنة الدولية لحوض نهر سافا	ISRBC
المعهد الدولي لإدارة المياه	IWMI
الإدارة المتكاملة للموارد المائية	IWRM
منطقة أمريكا اللاتينية والكاريبي	LAC
استخدام الأراضي وتغيير استخدامها	LULUC
إدارة تغذية طبقة المياه الجوفية	MAR
مذكرة تفاهم	MoU
الحلول المستمدة من الطبيعة	NBS
منظمة غير حكومية	NGO
الخطة الحضرية الجديدة	NUA

مدينة نيويورك	NYC
التدابير الطبيعية للاحتفاظ بالمياه	NWRM
منظمة التعاون والتنمية في الميدان الاقتصادي	OECD
الدفع مقابل الخدمات البيئية	PES
نظام تقييم المجاري المائية	SASS
من المصدر إلى البحر	S2S
أهداف التنمية المستدامة	SDGs
معهد المياه الدولي في ستوكهولم	SIWI
المصدر فالمسار فالمتلقي	SPR
نظام تكثيف زراعة الأرز	SRI
نظم الصرف الحضرية المستدامة	SUDS
منظمة حفظ الطبيعة	TNC
المملكة المتحدة	UK
الأمم المتحدة	UN
اتفاقية الأمم المتحدة لمكافحة التصحر	UNCCD
لجنة الأمم المتحدة الاقتصادية لأوروبا	UNECE
لجنة الأمم المتحدة الاقتصادية لأمريكا اللاتينية والكاريبي	UNECLAC
برنامج الأمم المتحدة للبيئة	UNEP
لجنة الأمم المتحدة الاقتصادية والاجتماعية لآسيا والمحيط الهادئ	UNESCAP
لجنة الأمم المتحدة الاقتصادية والاجتماعية لغربي آسيا	UNESCWA
اتفاقية الامم المتحدة الإطارية بشأن تغير المناخ	UNFCCC
منظمة الأمم المتحدة للتنمية الصناعية	UNIDO
جامعة الأمم المتحدة	UNU
الولايات المتحدة الأمريكية	USA
وكالة التنمية الدولية التابعة للولايات المتحدة الأمريكية	USAID
وكالة حماية البيئة بالولايات المتحدة الأمريكية	US EPA
الترويض الجوي للفيضانات لأغراض الري	UTFI
المياه وخدمات الصرف الصحي والنظافة الصحية	WaSH
المجلس العالمي للأعمال التجارية من أجل التنمية المستدامة	WBCSD
توجيهات الاتحاد الأوروبي الإطارية بشأن المياه	WFD
المنظمة العالمية للأرصاد الجوية	WMO
برنامج اليونسكو العالمي لتقييم الموارد المائية	WWAP
التقرير العالمي عن تنمية الموارد المائية	WWDR
الصندوق العالمي للطبيعة	WWF

الأطر والأشكال والجداول

الأطر

23	الهندولوجيا الإيكولوجية	الإطار 1-1
38	تخزين المياه المستمد من الطبيعة في الأنهار الجافة في أفريقيا	الإطار 2-1
	فوائد استخدام الحلول المستمدة من الطبيعة على نطاق واسع - استصلاح المسطحات الطبيعية لتحسين الأمن المائي في راجستان، بالهند	الإطار 2-2
39		
42	الزراعة الحافظة للموارد - نهج لتكثيف الإنتاج المستدام	الإطار 3-2
43	نظام تكثيف زراعة الأرز (زيادة الإنتاجية بمياه أقل)	الإطار 4-2
44	استصلاح المسطحات الطبيعية يحسّن من نتائج المياه المتعددة لنهر تانا، كينيا	الإطار 5-2
45	مفهوم "المدينة الإسفنجية" في الصين	الإطار 6-2
	تزيد الخدمات التي يتيحها المستودع المائي بمقدار خمسة أضعاف العمر التشغيلي المتوقع لسد إيتايبو للطاقة الكهربائية المائية في حوض نهر بارانا في البرازيل	الإطار 7-2
46		
49	نهج "من المنبع إلى البحر"	الإطار 8-2
53	برنامج محميات حفظ الأراضي لحماية جودة المياه في الولايات المتحدة الأمريكية	الإطار 1-3
55	تحسين جودة المياه باستخدام أشربة عازلة في المزارع الأوروبية	الإطار 2-3
57	إزالة المستحضرات الصيدلانية في أرض رطبة منشأة في أوكرانيا	الإطار 3-3
57	تعزيز إمدادات المياه الجوفية وجودة المياه عن طريق استخدام التربة للمعالجة الثالثة لمياه الصرف في إسرائيل	الإطار 4-3
	استخدام برغوث الماء والطحالب لرصد سمية المياه والاكتشاف المبكر لحالات التلوث	الإطار 5-3
58	الإضافي المفاجئ - محطة جودة مياه الراين في فورمز، ألمانيا	
60	صناديق المياه كوسيلة لتطبيق الحلول المستمدة من الطبيعة لحماية مصادر المياه	الإطار 6-3
73	إدارة المياه ومنع الفيضانات في فرنسا - شركة لافارج أولسيم	الإطار 1-4
76	تقييم مفهوم الترويض الجوفي للفيضان لأغراض الري في حوض نهر تشاو فرايا، بتايلاند	الإطار 2-4
80	استعادة نظم الجمي في الأردن	الإطار 1-5
82	تجربة الدفع مقابل الخدمات البيئية في منطقة آسيا والمحيط الهادئ	الإطار 2-5
82	برنامج الدفع مقابل الخدمات البيئية في بحيرة نايفاشا، بكينيا	الإطار 3-5
83	صندوق أعالي نهر تانا - نيروبي للمياه	الإطار 4-5
84	صندوق حفظ المياه في كيتو (FONDO PARA LA CONSERVACIÓN DEL AGUA - FONAG)	الإطار 5-5
87	الحلول المستمدة من الطبيعة في السياقات الحضرية: مدينة نيويورك	الإطار 6-5
88	تجاوز مسألة معالجة مياه الصرف الصحي - تعدد وظائف الأراضي الرطبة المنشأة	الإطار 7-5
89	الأراضي الرطبة المنشأة في لبنان ومصر	الإطار 8-5
	الحلول المستمدة من الطبيعة وتوجيهات الاتحاد الأوروبي الإطارية بشأن المياه:	الإطار 9-5
89	خبرات مكتسبة من المشاريع الرائدة في منطقة بحر الشمال	
	الحلول المستمدة من الطبيعة في مجال إدارة المياه والخدمات المائية في سياق تنفيذ توجيهات الاتحاد الأوروبي الإطارية بشأن المياه: حوض نهر الراين	الإطار 10-5
90		
91	قيمة الأصول الطبيعية وأهمية التعاون العابر للحدود في حوض نهر سافا	الإطار 11-5
91	قانون آليات المكافآت مقابل خدمات النظم الإيكولوجية (بيرو)	الإطار 12-5
	يمكن لعمليات التقييم الكلية والكمية التي تمكن من المقارنة بين خيارات الاستثمار المتشابهة في البنى التحتية أن تعزز الحلول المستمدة من الطبيعة	الإطار 13-5
92		
97	تمويل التكيف في مجال المياه: ظهور السدود الخضراء وسدود المناخ للمياه	الإطار 1-6
103	مبادرة خط الاستواء: تشجيع الحلول المستمدة من الطبيعة التي تشارك فيها مجتمعات الشعوب الأصلية	الإطار 2-6

11	الشكل 1	ندرة المادة في المياه في عام 2010 والتغير المتوقع في ندرة المياه بحلول عام 2050 استناداً إلى سيناريو منتصف الطريق
12	الشكل 2	مساهمة محاصيل معينة في استنفاد المياه الجوفية على نطاق العالم في عام 2010
13	الشكل 3	كميات السحب من المياه الجوفية في عام 2010 والزيادات في سحب المياه الجوفية عن مستويات عام 2010 بحلول عام 2050 استناداً إلى سيناريو منتصف الطريق
14	الشكل 4	مؤشرات المخاطر المتعلقة بجودة المياه في أحواض الأنهار الرئيسية خلال فترة الأساس (2000-2005) مقارنة بعام 2050 (مؤشر النيتروجين في إطار منظمة الكومنولث للبحوث العلمية والصناعية - السيناريو المتوسط)
15	الشكل 5	النسبة المئوية لحصة الزراعة من إجمالي انبعاثات النيترات والفوسفور في بلدان منظمة التعاون والتنمية في الميدان الاقتصادي، 2000-2009
17	الشكل 6	التغيرات المقبلة المتوقعة في متوسط محتوى التربة من الرطوبة في طبقة السنتيمترات العشرة العليا مقدرة بالنسبة المئوية للتغير من الفترة 1980-1999 إلى الفترة 2080-2099
25	الشكل 1-1	مسارات هيدرولوجية عامة في مسطح طبيعي وسياق حضري
27	الشكل 2-1	إعادة تدوير مياه التساقط القاري، 1999-2008
28	الشكل 3-1	مصادر التساقط في منطقة الساحل
30	الشكل 4-1	حلول البنية التحتية الطبيعية أو المراعية للبيئة لإدارة المياه على نطاق المسطحات الطبيعية
33	الشكل 5-1	تطور النهج إزاء العلاقة بين الماء والنظام الإيكولوجي وتحول التركيز من النظر إلى التأثير في النظم الإيكولوجية إلى إدارة النظم الإيكولوجية من أجل تحقيق أهداف إدارة الموارد المائية
34	الشكل 6-1	الاتجاهات فيما يخص عدد الأبحاث التي تشير إلى الحلول المستمدة من الطبيعة والنهج المرتبطة بها، للفترة 1980-2014
40	الشكل 1-2	العلاقة بين البنية التحتية المبنية وخدمات النظم الإيكولوجية
64	الشكل 1-4	متوسط التأثيرات السنوية لحالات الجفاف والفيضانات على مستوى العالم في الفترة 2006-2015
66	الشكل 2-4	التغيرات في تدفقات الفوائد مع تعديل النظام الإيكولوجي
67	الشكل 3-4	توضيح لمفهوم المنظمة العالمية للأرصاد الجوية «المصدر فالسار فالمتلقي»
68	الشكل 4-4	أكثر التدابير الإقليمية للحلول المستمدة من الطبيعة فعالية في تخفيض ذروة الفيضان خلال 20 عاماً
70	الشكل 5-4	تأثير مختلف تدخلات الحلول المستمدة من الطبيعة في الحد من ذروة الفيضانات والتأثير المشترك بين التدخلات في مستوى الحوض وحجم الفيضان
71	الشكل 6-4	خريطتان لخطر الجفاف واحتمالات وقوعه في العالم
74	الشكل 7-4	استمرارية تخزين المياه
75	الشكل 8-4	موجز تخطيطي لمفهوم الترويض الجوي للفيضانات لأغراض الري
81	الشكل 1-5	مخطط نموذجي لبرنامج الدفع مقابل الخدمات البيئية لمستجمعات المياه
85	الشكل 2-5	الإعانات الحكومية لحماية مستجمعات المياه في عام 2015: البلدان التي لديها برامج للإعانات الحكومية والحصة الإجمالية لكل مساهم بحسب المنطقة

الجدول

19	الجدول 1	حالة المخاطر التي تهدد التربة واتجاهاتها على مستوى العالم باستثناء القارة القطبية الجنوبية (أنتاركتيكا)
29	الجدول 1-1	أمثلة على خدمات النظم الإيكولوجية وبعض الوظائف التي تؤديها
31	الجدول 2-1	حلول البنية التحتية المراعية للبيئة لإدارة موارد المياه
54	الجدول 1-3	فئات الأنشطة الشائعة لحماية مياه المصادر
61	الجدول 2-3	جودة المياه في أهداف التنمية المستدامة
69	الجدول 1-4	التدابير القائمة على مستجمعات المياه التي تسهم في إدارة الفيضانات
72	الجدول 2-4	الحلول المستمدة من الطبيعة لإدارة مخاطر الجفاف في القرن الأفريقي
113	الجدول 1-7	الإسهام المحتمل للحلول المستمدة من الطبيعة في تحقيق غايات الهدف 6 من أهداف التنمية المستدامة المتعلقة بالمياه والصرف الصحي وإمكانيات مساهمتها في أهداف أخرى
114	الجدول 2-7	المساهمة المحتملة للحلول المستمدة من الطبيعة (لقضايا المياه) في بعض أهداف التنمية المستدامة الأخرى وغاياتها من خلال تقديم منافع مشتركة غير متعلقة بالمياه

حقوق الصور

الموجز التنفيذي	الصفحة 1
© Sundry Photography/Shutterstock.com	
توطئة	الصفحة 9
© Komjomo/Shutterstock.com	
الفصل الأول	الصفحة 21
© Phanuwat Nandee/Shutterstock.com	
الفصل الثاني	الصفحة 37
© Uwe Bergwitz/Shutterstock.com	
الفصل الثالث	الصفحة 51
© Leoni Meleca/Shutterstock.com	
الفصل الرابع	الصفحة 63
© DIIMSA Researcher/Shutterstock.com	
الفصل الخامس	الصفحة 79
© Trabantos/Shutterstock.com	
© Naeblys/Shutterstock.com	الصفحة 94
الفصل السادس	الصفحة 95
© Georgina Smith/CIAT, www.flickr.com CC BY-NC-SA 2.0	
© Ruud Morijn Photographer/Shutterstock.com	الصفحة 106
الفصل السابع	الصفحة 107
© Olga Kashubin/Shutterstock.com	
© Anna Om/Shutterstock.comChapter 6	الصفحة 113



ISBN 978-92-3-600076-3

© UNESCO 2018

156 pages

Price: EUR 45.00

ISBN 978-92-3-600072-5

© UNESCO 2017

200 pages

Price: EUR 45.00

تقرير الأمم المتحدة العالمي عن تنمية الموارد المائية لعام 2018 بالألوان
مع الأطر والأشكال والخرائط والجداول والملاحظات والصور والمراجع وقائمة الاختصارات والتسميات المختصرة، فضلاً عن مقدمات بقلم المديرية العامة لليونسكو أودري أزولاي، ورئيس لجنة الأمم المتحدة المعنية بالموارد المائية ورئيس الصندوق الدولي للتنمية الزراعية جليبرت ف. هاونغبو

التقرير العالمي عن تنمية الموارد المائية لعام 2017 بالألوان مع المسرد
والأطر والأشكال والخرائط والجداول والملاحظات والصور والمراجع وقائمة الاختصارات والتسميات المختصرة، فضلاً عن مقدمات بقلم المديرية العامة لليونسكو إيرينا بوكوفا، ورئيس لجنة الأمم المتحدة المعنية بالموارد المائية والمدير العام لمنظمة العمل الدولية غاي رايدر

لشراء نسخة مطبوعة من التقرير، يرجى زيارة الموقع التالي: publishing.unesco.org

لطلب قرص مضغوط يحتوي على التقرير والمنشورات المرتبطة به، يرجى مراسلة الموقع التالي: wwap@unesco.org

لتنزيل نسخة من التقرير والمنشورات المرتبطة به بصيغة PDF، وطبعات سابقة من التقرير العالمي عن تنمية الموارد المائية والمواد الإعلامية، يرجى زيارة الموقع التالي: www.unesco.org/water/wwap

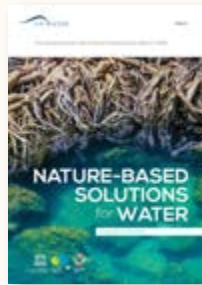
المحتويات الأساسية لجهاز التخزين المحمول USB: التقرير العالمي عن تنمية الموارد المائية لعام 2018، والمخلص التنفيذي بتسع لغات، وحقائق وأرقام بخمس لغات، والطبعات السابقة من التقرير العالمي عن تنمية الموارد المائية

منشورات مرتبطة بالتقرير



حقائق وأرقام من التقرير العالمي عن تنمية الموارد المائية لعام 2018
12 صفحة

متوفر باللغات الإنجليزية والفرنسية والإيطالية والبرتغالية والإسبانية



المخلص التنفيذي للتقرير العالمي عن تنمية الموارد المائية لعام 2018
12 صفحة

متوفر باللغات العربية والصينية والإنجليزية والفرنسية والألمانية والهندية والإيطالية والبرتغالية والروسية والإسبانية



حقائق وأرقام من التقرير العالمي عن تنمية الموارد المائية لعام 2017
12 صفحة

متوفر باللغات الإنجليزية والفرنسية والإيطالية والبرتغالية والإسبانية



المخلص التنفيذي للتقرير العالمي عن تنمية الموارد المائية لعام 2017
12 صفحة

متوفر باللغات العربية والصينية والإنجليزية والفرنسية والألمانية والإيطالية والهندية والبرتغالية والروسية والإسبانية

لتنزيل نسخ من هذه الوثائق، يرجى زيارة الموقع التالي: www.unesco.org/water/wwap



لجنة الأمم المتحدة المعنية بالموارد المائية هي آلية التنسيق بين الوكالات التابعة لمنظومة الأمم المتحدة فيما يخص القضايا المتعلقة بالمياه العذبة، ومنها الصرف الصحي. وأفضى التعاون الطويل الأمد في هذا المجال داخل أسرة الأمم المتحدة إلى إنشاء اللجنة رسمياً في عام 2003. وتضم اللجنة كيانات الأمم المتحدة التي تركز على القضايا المتعلقة بالمياه أو المعنية بهذه المسائل بصفة أعضاء في اللجنة، ومنظمات أخرى غير تابعة لمنظومة الأمم المتحدة بصفة شركاء.

ويتمثل الغرض الرئيسي من إنشاء لجنة الأمم المتحدة المعنية بالموارد المائية في تكميل البرامج والمشروعات القائمة وإثرائها من خلال تيسير أوجه التآزر والجهود المشتركة، بغية تعزيز تنسيق العمل والاتساق على نطاق المنظومة قدر المستطاع. وتسعى اللجنة من خلال ذلك إلى زيادة فعالية الدعم المقدم إلى الدول الأعضاء فيما يخص مساعيها الرامية إلى التوصل إلى اتفاقات دولية بشأن المياه.

التقارير الدورية

التقرير العالمي عن تنمية الموارد المائية

هو المنشور المرجعي لمنظومة الأمم المتحدة بشأن حالة موارد المياه العذبة. ويعد هذا التقرير بالتعاون الوثيق بين أعضاء لجنة الأمم المتحدة المعنية بالموارد المائية وشركائها وهو يمثل الاستجابة المتسقة والمتكاملة لمنظومة الأمم المتحدة لمعالجة قضايا المياه العذبة والتصدي للتحديات الناشئة في هذا الصدد. ويتولى برنامج اليونسكو العالمي لتقييم الموارد المائية تنسيق عملية إعداد التقرير وإصداره، ويجري اختيار موضوع التقرير انسجاماً مع موضوع يوم المياه العالمي (22 آذار/مارس). ونُشر التقرير في الفترة الممتدة من عام 2003 إلى عام 2012 بصورة دورية مرة كل ثلاث سنوات، وصار يُنشر سنوياً اعتباراً من عام 2014 لتقديم أحدث المعلومات المستندة إلى الحقائق عن سبل التصدي للتحديات المتعلقة بالمياه في شتى أنحاء العالم.

تقرير لجنة الأمم المتحدة المعنية بالموارد المائية عن التحليل العالمي والتقييم العالمي لخدمات الصرف الصحي ومياه الشرب

تتولى منظمة الصحة العالمية إعداد هذا التقرير وإصداره بالنيابة عن لجنة الأمم المتحدة المعنية بالموارد المائية. ويقدم التقرير معلومات محدثة على الصعيد العالمي عن أطر السياسات، والترتيبات المؤسسية، وقاعدة الموارد البشرية، وتدفق التمويل الدولي والوطني لدعم المساعي المتعلقة بالصرف الصحي ومياه الشرب. ويسهم التقرير إسهاماً جوهرياً في أنشطة شراكة «الصرف الصحي والمياه للجميع».

التقرير المرحلي لبرنامج الرصد المشترك بين منظمة الصحة العالمية واليونسف لإمدادات المياه والمرافق الصحية

يرتبط هذا التقرير بلجنة الأمم المتحدة المعنية بالموارد المائية ويعرض نتائج عملية الرصد العالمي للتقدم المُحرز بشأن الانتفاع بمياه الشرب المأمونة والصرف الصحي المناسب والنظافة. وتستند عملية الرصد إلى نتائج الدراسات الاستقصائية للأسر المعيشية وعمليات التعداد التي تدعمها عادة مكاتب الإحصاءات الوطنية وفقاً للمعايير الدولية، وتستفيد بصورة متنامية من مجموعات البيانات الإدارية والتنظيمية الوطنية.

منشورات لجنة الأمم المتحدة المعنية بالموارد المائية المعتمد إصدارها في عام 2018

• التقرير الجامع لعام 2018 عن هدف التنمية المستدامة 6 الخاص بالمياه والصرف الصحي

سيُنشر التقرير الجامع لعام 2018 عن هدف التنمية المستدامة 6، الذي أعده فريق عمل مؤلف من 13 عضواً وشريكاً في لجنة الأمم المتحدة المعنية بالموارد المائية، في حزيران/يونيو 2018 تمهيداً للمنتدى السياسي الرفيع المستوى المعني بالتنمية المستدامة، الذي ستستعرض البلدان الأعضاء خلاله باستضافة التقدم المحرز نحو تحقيق هدف التنمية المستدامة 6 المعني بضمان توافر المياه وخدمات الصرف الصحي للجميع وإدارتها إدارة مستدامة. وسيبين التقرير الوضع فيما يخص جميع غايات هدف التنمية المستدامة 6 ومؤشراته على الصعيد العالمي استناداً إلى آليات متابعة هدف التنمية المستدامة 6، وسيقدم أيضاً تحليلاً لأوجه الترابط الداخلي والخارجي، ويقترح رسائل تتعلق بالسياسات العامة ترمي إلى تسريع وتيرة تنفيذ خطة التنمية المستدامة لعام 2030.

• تحديث المذكرة التوجيهية للجنة الأمم المتحدة المعنية بالموارد المائية بشأن المياه وتغير المناخ

• المذكرة التوجيهية للجنة الأمم المتحدة المعنية بالموارد المائية بشأن الاتفاقيات الخاصة بالمياه

• موجز تحليلي للجنة الأمم المتحدة المعنية بالموارد المائية بشأن كفاءة استخدام المياه

أعد هذا المنشور بتمويل من الحكومة الإيطالية ومنطقة أومبريا.



Regione Umbria



تستضيف اليونسكو وتدير برنامج اليونسكو العالمي لتقييم الموارد المائية. ويضطلع البرنامج بجمع أعمال العديد من أعضاء لجنة الأمم المتحدة المعنية بالموارد المائية وشركائها لإصدار مجموعة تقارير الأمم المتحدة العالمي عن تنمية الموارد المائية.

وتركز طبعات التقرير السنوية على القضايا الاستراتيجية المتعلقة بالمياه. ويسهم أعضاء اللجنة وشركاؤها وخبراء آخرون في كل تقرير بأحدث المعارف في موضوع معين.

ويسعى التقرير العالمي عن تنمية الموارد المائية لعام 2018 إلى تعريف راسمي السياسات وأصحاب القرار، داخل الأوساط المعنية بالمياه وخارجها، بالإمكانات التي تنطوي عليها الحلول المستمدة من الطبيعة للتصدي للتحديات المعاصرة المتعلقة بإدارة المياه في جميع القطاعات، وخاصة فيما يتعلق باستخدام المياه لأغراض الزراعة، والمدن المستدامة، والحد من مخاطر الكوارث، وجودة المياه.

فلا تزال البنية التحتية التقليدية التي يبنها البشر (أي «الرمادية») تهيمن على إدارة المياه إلى حد بعيد ولا تزال الإمكانات الهائلة للاستعانة بالحلول المستمدة من الطبيعة غير مستغلة استغلالاً كافياً. وتشمل هذه الحلول البنية التحتية المراعية للبيئة (الخضراء) التي يمكن أن تحل محل البنية التحتية الرمادية أو تزيدها أو تعمل بالتوازي معها على نحو فعال من حيث التكلفة. ويتمثل الهدف في إيجاد أنسب مزيج من الاستثمارات في الحلول المراعية للبيئة والرمادية لزيادة المنافع المتأتية وكفاءة النظام إلى أقصى درجة مع تقليل التكاليف والتنازلات إلى أدنى حد.

وتُعد الحلول المستمدة من الطبيعة لمعالجة قضايا المياه ذات أهمية محورية لتنفيذ خطة التنمية المستدامة لعام 2030 لأنها تولد أيضاً منافع مشتركة اجتماعية واقتصادية وبيئية، في مجالات منها صحة البشر وسبل العيش، وأمن الغذاء والطاقة، والنمو الاقتصادي المستدام، والوظائف اللائقة، وإصلاح النظم الإيكولوجية وصونها، والتنوع البيولوجي. ومع أن الحلول المستمدة من الطبيعة ليست دواءً لكل داء، فإنها ستؤدي دوراً ضرورياً لتحقيق الاقتصاد الدائري وبناء مستقبل أكثر إنصافاً للجميع.

مؤسسة سلطان بن عبد العزيز آل سعود الخيرية
SULTAN BIN ABDULAZIZ AL-SAUD FOUNDATION



صدر هذا المنشور باللغة العربية بفضل المساهمة السخية التي قدمتها مؤسسة سلطان بن عبد العزيز آل سعود الخيرية - المملكة العربية السعودية.



9 789236 000763