الموارد المائية

يؤدي ارتفاع الطلب على المياه إلى نقص مصادر المياه الجوفية استنزافها، كما يؤدي إلى ارتفاع مستويات الاملاح في التربة. في الوقت نفسه، تختفي الأراضي الرطبة بسرعة بسبب الصرف والتحويل واختلال التدفقات الطبيعية. تعود هذه الاتجاهات بآثار صحية وبيئية خطيرة منها الحد من خدمات النظم الإيكولوجية والتنوع البيولوجي، الأمر الذي يؤدي إلى انبعاثات عالية من الكربون والانهيارات الأرضية وفقدان الأراضي المنتجة وانعدام الأمن المائي. يؤدي نموذج العمل الحالي للزراعة والطاقة والصناعة، بما في ذلك تسعير المياه والتجارة فيها، عوامل ضارة بالمياه المستعملة. كما إن التوسع الحضري السريع غير المخطط له وتغير المناخ يزيدان من تفاقم الأوضاع.

من الضروري اتباع نهج متكامل في إدارة موارد الأراضي والمياه: وهو ما يستتبع تقليل الطلب وزيادة كفاءة الاستخدام، وحماية واستعادة الأراضي الرطبة ومستجمعات المياه في المسطحات الطبيعية التي نعمل فيها، وتوفير حوافز للاستخدام المستدام وتصميم مدن أكثر استدامة. لدينا المعرفة التقنية-وكيفية إدارة إمدادات المياه على مستوى الكرة الأرضية على نحو مستدام، ولكننا بحاجة إلى تنسيق الإجراءات و الإرادة السياسية لتحفيز تقاسم المياه على نحو عادل وتحسين الممارسات الإدارية على نطاقات أوسع بشكل تدريجي.

مقدمة

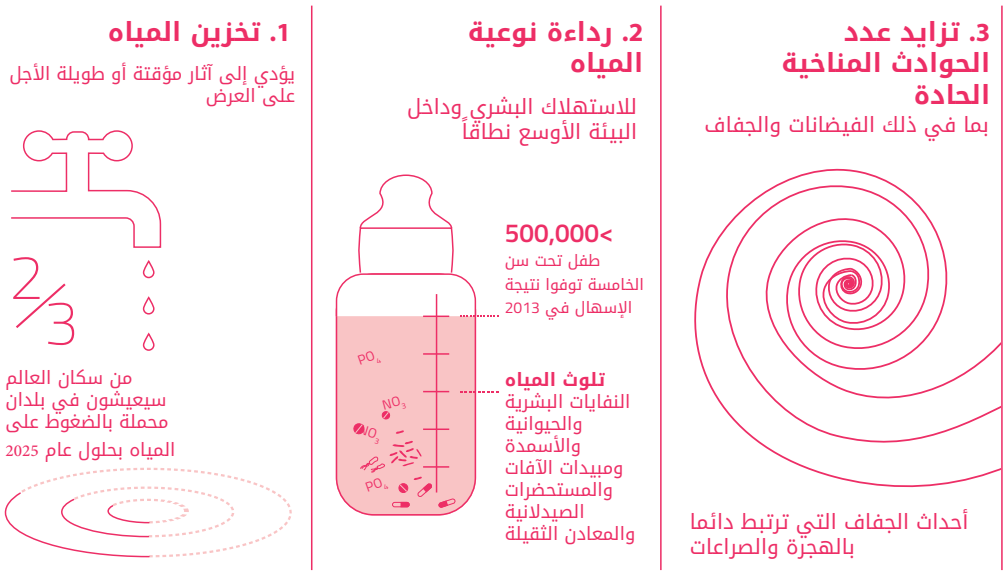
ارتبط نجاح وفشل المجتمعات البشرية على مر التاريخ ارتباطًا وثيقًا بفاعلية إدارة المياه. حيث اعتمدت الحضارات العظيمة التي تطورت على ضفاف الأنهار الكبرى – مثل النيل في مصر،[1] و دجلة والفرات في بلاد الرافدين، ونهر السند في الهند وباكستان، وهوانغ هو في الصين – على الوفرة الموسمية لإمداد أنظمة الري وخلق فوائض زراعية. ساعدت نظم الري المزارعين على الانتقال إلى المناطق القاحلة، أوالنجاة من أنماط الطقس المتغيرة.[2] كما يرجع انهيار تلك الحضارات في نهاية المطاف إلى فشل نظم الري نتيجة لسوء الإدارة مما أدى إلى عدة مشاكل مثل الجفاف، وغدق المياه، والتملح.[4]

يواجه العالم اليوم مشاكل متزايدة تتعلق بالتفاعلات بين الأرض والمياه والأمن المائي التي وصلت إلى مستوى الأزمات في كثير من البلدان والمناطق. تشمل القضايا الرئيسية الاستخدام الجائر والفاقد؛ والتقلبات في الوفرة، مع تزايد تكرر حالات الجفاف والفيضانات على السواء؛ وانخفاض نوعية المياه وما يترتب على ذلك من أثار على البيئة وصحة الإنسان بالإضافة إلى الآثار الناجمة عن تدهور الأراضي. فالعالم يزداد توسعا في المناطق الحضرية؛ حيث يعيش نصف السكان بالفعل في المدن ومن المرجح أن يزداد العدد إلى 66 في المائة بحلول عام 2050،[5] مما يضع شبكات المياه والصرف الصحي في المناطق الحضرية تحت ضغط أكبر. في حين أن الإنسان هو السبب وراء نقص المياه والفيضانات الشديدة في كثير من الحالات، فإن آثار تغير المناخ تضيف عاملاً جديًدا قويًا يزيد من تفاقم الحالة غير المستقرة بالفعل.

تسهم السلع والخدمات المائية الناتجة من الأراضي الرطبة بشكل كبير في الاقتصاد العالمي. وفي تحليل أجري مؤخرًا شمل أكثر من 300 تقييم لخدمات النظم الإيكولوجية أنه متوسط مساهمة المياه الداخلية يبلغ مقدارها 682 25 دولارًا للهكتار الواحد سنويًا بينما تقدر مساهمة البحيرات والأنهار بقيمة 4267 دولار للهكتار في السنة وهو ما يسمى بالسلع المجانية.[6] في التحليلات الاقتصادية التقليدية. لا تزال الأراضي الرطبة الداخلية والساحلية تتعرض للتدهور أو الضياع بمعدل ينذر بالخطر؛[7] رغم أنها تعد أساسية لدورة المياه على الأرض ولتنظيم توافر المياه ونوعيتها على الصعيد المحلي. وتقدر القيمة الإجمالية لخدمات الأراضي الرطبة بنحو 70 مليار دولار أمريكي في آسيا.[8] في الوقت الذي تدرك فيه بعض البلدان طبيعة المخاطر والفوائد وأقامت استثمارات استراتيجية في نظمها لإدارة المياه، فإن البعض الآخر لم يفعل الكثير فيما يتعلق بمعالجة الإجهاد المائي من خلال السياسة أو الابتكار.

على الرغم من التغيرات الديموغرافية والبيئية الهائلة، فإن مشاكل المياه تعود بشكل جذري يتحدى القيود المائية إلي نهج الإدارة ونماذج الأعمال والسياسات والممارسات التي تجاوزها الزمنالأساسي التقني للإدارة المستدامة للمياه معروف جيدا، وهو يوضح أن الحلول يجب أن تهدف أساسًا إلى تغيير السلوك وتشجيع نهج نظم متعدد الوظائف لإدارة المياه.[9] الحصول على حق إدارة المياه هو أمر بالغ الأهمية لمستقبل رفاهية الناس والبيئة.

© UN Photo/Albert Gonzalez Farran



سبعة مظاهر على انعدام الأمن المائي

رغم سنوات من الجهد المبذول خلال عقد الأمم المتحدة"الماء من أجل الحياة" (2005–2015)، فقد حدد تقرير المنتدى الاقتصادي العالمي *تقييم المخاطر العالمية لعام 2016* أزمات المياه المحتملة بين المخاطر العشرة الأولى التي تواجه العالم، وصنفها على أنها من بين المخاطر العالمية التي تأتي في المرتبة الثالثة من حيث التأثير المحتمل.[10] مع ذلك، لا تزال قضية المياه تهيمن في كثير من الأحيان على المناقشات المتعلقة بدور الأرض والموارد الطبيعية في التنمية الاقتصادية.

من المرجو أن يحقق الهدف السادس من أهداف التنمية المستدامة "*المياه النظيفة والصرف الصحي: ضمان توافر المياه والمرافق الصحية للجميع وإدارتها بشكل مستدام*"مزيدًا من الاهتمام بهذه القضايا.[13] وقد تكون دورة المياه الصحية هي العنصر والاهم والعادل في السياسات والممارسات المستدامة لإدارة الأراضي.

يعرف الأمن المائي على أنه قدرة السكان على ضمان الحصول المستدام على كميات كافية من المياه ذات النوعية المقبولة من أجل الحفاظ على سبل العيش ورفاهية الإنسان والتنمية الاجتماعية والاقتصادية، لضمان الحماية من التلوث الناجم عن المياه والكوارث المتصلة بالمياه، والحفاظ على النظم البيئية في جو من السلام والاستقرار السياسي.[14]

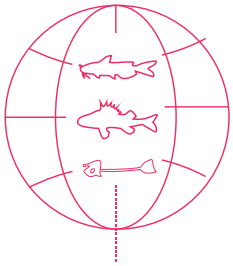
أشار مؤتمر المياه العالمي لعام 2015 إلي انه :*على الرغم من أهميه المياه من حيث الأمن، فإنها لا تعتبر في كثير من الأحيان من العوامل الرئيسية المحددة للتنمية، ولا تدرج في العديد من جداول الأعمال السياسية.*"[11] أفرتقرير *تنمية المياه في العالم 2012* بأن *"المخاطر المتعلقة بالمياه تشكل 90٪ من جميع المخاطر الطبيعية، وأن تكرارها وشدتها تشهدة زيادة في العموم"*. علاوةً على ذلك، أكد التقرير ذو الصلة في عام 2015 على الروابط التي تجمع بين المياة والفقر، والبيئة والحوكمة: مع ضعف إدارة المياه التي تؤثر بالسلب على النواحي الثلاثي جميعا.[12]

ونناقش هنا سبعة مظاهر بارزة لانعدام الأمن المائي:

1. نقص **المياه يؤدي** إلى آثار مؤقتة أو طويلة لأجل في الإمداد
2. **نوعية مياة رديئة** للاستهلاك البشري وداخل البيئة الأوسع نطاقًا
3. **تزايد عدد الظواهر المناخية الحادة** بما في ذلك الفيضانات والجفاف
4. **اضطراب التدفقات الطبيعية** في عدد متزايد من الأنهار والمسطحات المائية الداخلية
5. **تدهور الأراضي** نتيجة لتغير الهيدرولوجيا وسوء إدارة الري
6. **آثار التغير المناخي** بسبب انبعاثات غازات الاحتباس الحراري من أنظمة المياه والأراضي الرطبة
7. **فقدان التنوع البيولوجي** وخدمات النظم البيئية المرتبطة بالمياه

7. فقدان التنوع البيولوجي

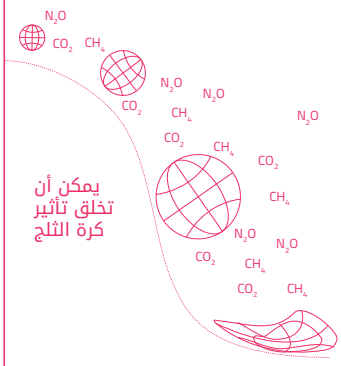
والمياه وخدمات النظم البيئية ذات الصلة



هناك نوع واحد من كل ثلاثة أنواع من أسماك المياه العذبة مهدد بالانقراض

6. آثار تغير المناخ

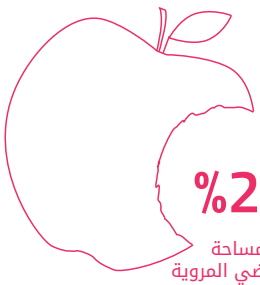
بسبب إطلاق غازات الدفيئة من أنظمة المياه والأراضي الرطبة



يمكن أن تخلق تأثير كرة الثلج

5. تدهور الأراضي

نتيجة لتغير الهيدرولوجيا وسوء إدارة الري



%20

من مساحة الأراضي المروية عانت من انخفاضات ناتج المحاصيل بسبب الملوحة

4. تعطيل التدفقات الطبيعية

في عدد متزايد من الأنهار والهيئات الداخلية

1/5

من الأنهار المتبقية المتدفقة بحرية على وجه الأرض سينخفض بسبب الطاقة الكهرومائية

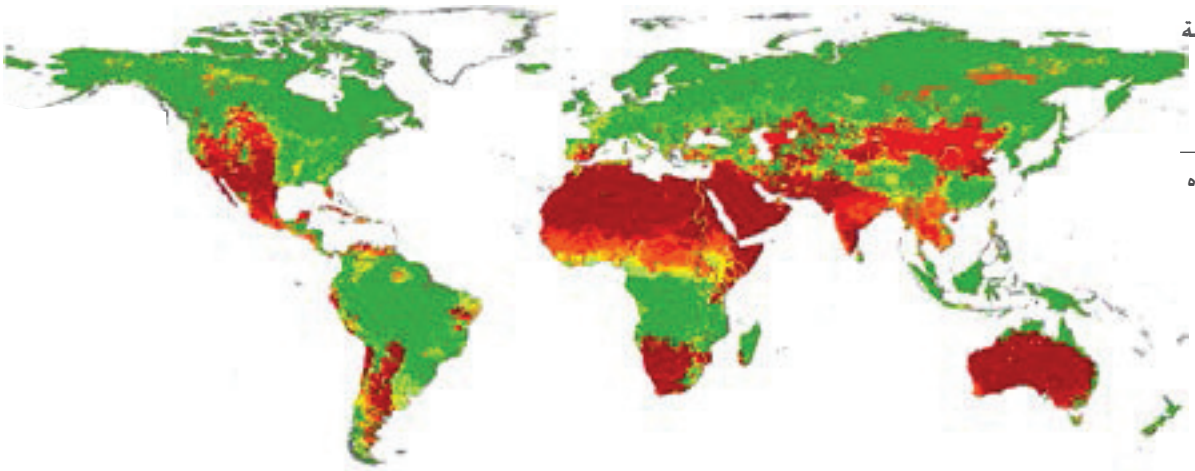
1. نقص المياه

يعيش أكثر من 1.7 مليار نسمة بالفعل في أحواض الأنهار التي يكون استخدام المياه فيها أعلى من معدل التغذية المتجددة الطبيعية؛ وإذا استمر هذا الاتجاه، سيعيش ثلثا سكان العالم في بلدان تعاني من الإجهاد المائي بحلول عام 2025.[15] وهناك تقديرات أخرى أكثر تشاؤمًا تتحدث عن ما يصل إلى أربعة مليارات نسمة، أي ما يعادل أكثر من نصف سكان الكوكب، يواجهون بالفعل إجهادًا مائيًا حادًا لمدة شهر على الأقل في السنة، ونصف مليار يعانون من الإجهاد المائي الحاد؛[16] تصل نسبته إلى 71 في المائة من المناطق المروية في العالم و 47 في المائة من المدن الرئيسية تعاني من النقص الدوري في المياه على الأقل.[17]

ولا يقتصر النقص على الزيادة السكانية فحسب بل أيضًا على الزيادة غير المتناسبة في مستويات الاستخدام والفاقد بالإضافة إلى فقدان القدرة على حفظ المياه والقدرة على تزويد الأراضي الرطبة بالمياه. وكلما يصبح البشر أكثر انفصالاً عن موارد المياه، فيصبحون أكثر إهمالاً في استخدامهم بشكل عام. في الوقت نفسه، فان الافتقار إلى نظم التسعير في العديد من أنظمة الإنتاج الصناعية والزراعية والمتعلقة بالطاقة يجعل التعامل فعليا مع المياه كمدخلات مجانية أو زهيدة الثمن جدًا، مما يزيد من الفاقد. في القرن الماضي، تضاعف عدد سكان العالم ثلاث مرات في حين زاد استهلاك المياه ستة أضعاف.[18] ويرجع ذلك إلى الاستخدام الزراعي بشكل كبير.[19] تشير التوقعات المختلفة إلى أن الطلب على المياه سيتجاوز قريبًا إمدادات المياه الحقيقية على مستوى العالم.[20.21.22] لا شك أن فهمنا لشدة وموقع الإجهاد المائي يتحسن، ويمكن للنماذج المتطورة المتزايدة أن تحدد النقاط الساخنة على نظام نهري ومستجمعا مياه، فضلاً عن مناطق النقص الحرجة.[23. 24. 25]

يعد النقص في المياه دالة لتوافرها واستخدامها؛ حيث لا تظهر بعض المناطق شديد الجفاف كبؤر ساخنة بسبب انخفاض الكثافة السكانية أو الممارسات الإدارية الفعالة في حين يمكن أن تعاني المناطق المكتظة بالسكان أو المناطق الصناعية من ندرة المياه حتى لو توافر لديها الكثيرمن الأمطار. ترجع الأسباب وراء بعض أحداث الجفاف الأكثر دراماتيكية في العالم، مثل الفقدان الشهيرة لبحر آرال الذي يقع بين كازاخستان وأوزبكستان،[27] ونجم جفاف بحيرة تشاد بين تشاد والنيجر ونيجيريا،[28] إلى التحويل الكامل لتدفقات المياه من المنبع. تشمل البؤر الساخنة الحالية لندرة المياه لكثير من المناطق في الهند والصين ومناطق واسعة من وسط وغرب الولايات المتحدة وأفريقيا الجنوبية ومنطقة البحر المتوسط وآسيا الوسطى والحافة الغربية لأمريكا الجنوبية. من المتوقع أن تواجه بعض المناطق التي لم تواجه نقصًا في المياه، مثل أجزاء كبيرة من أفريقيا، مشاكل كبيرة بسبب النمو السكاني والتوسع الحضري السريع.[29] وترتبط البؤر الساخنة لندرة المياه أو الفيضانات بالنقصان ا لـ موسمي في قدرة مستجمعات المياه على الاحتفاظ بالمياه بسبب تدهور الأراضي الرطبة ولا سيما الأراضي الرطبة الجبلية العالية أو الأراضي الخثية (حطب) في جنوب شرق آسيا وروسيا مما يؤدي إلى نقص شديد في المياه في السنوات الجافة، وزيادة مخاطر الحريق.[30]

كي يمكن أن يسهم انعدام الأمن المائي في حدوث عدم استقرار اجتماعي و انعدام الأمن السياسي، مما يسبب توترات داخل[31] الدول وفيما بينها. أحواض الأنهار المعرضة بوجه خاص للخطر تشمل مثل غانج – براهمابوترا، وهان، وإنكوماتي، وكونين، ونهر كورا – أراكس، وبحيرة تشاد، وريو دي لا بلاتا، وليمبا، وليمبوبو، وميكونغ، وأوبي (إرتيش)، وأوكافانغو، وأورانج، وسالوين، وتومين، وزمبيزي.[32] في الوقت الذي يعتقد فيه البعض أن التوترات يمكن أن تخلق في نهاية



الشكل 8-1: البؤر الساخنة لنقص المياه:
يتم استخدامها بموجب إذن[26]

المطاف صراعًا مفتوحًا، يطلق عليه "حروب المياه."[3334] يتساءل آخرون عن المدى الذي يمكن أن تتطور فيه التوترات إلى صراع بين الدول.[35] يتواصل الجدل حيث يشير البعض إلى تقلب هطول الأمطار كعامل أكثر أهمية في تأجيج النزاع، أو حتى إلى وفرة المياه كسبب في ذلك. في حين يركز البعض الآخر على دور السدود في عرقلة تدفق المياه بين البلدان. تدرك الأمم جيدًا هذه التوترات، حيث تم توقيع أكثر من 680 معاهدة للمياه منذ عام 1820 لاستكشاف النهج التفاوضية في النزاعات حول موارد المياه العذبة، ولا يزال يتزايد عدد المعاهدات.[36] يتفق أغلب المحللين على أن فرص تصاعد التوترات إلى حد الصراع هي أكبر على الصعيد المحلي منها على النطاق العالمي.[37] وفي الواقع، هناك اعتراف واسع بالصراع المحلي والذي غالبًا ما يكون عنيفًا والناتج جزئيا عن التدهور البيئي.[38]

تعتبر الزيادة في استخدام مصادر المياه الجوفية هي واحدة من بين نتائج الإجهاد المائي في البلدان التي تعاني من نقص في مصادر المياه السطحية. ويجري استغلال بعض هذه المصادر بشكل أسرع من عملية تجددها؛ في حين قد يرجع هذا جزئيًا إلى انخفاض تغذية نظام المياه الجوفية نتيجة التغير المناخي، فإن ما يسمى "التعدين" لمصادر المياه غير المتجددة لا يعتبر خيارًا مستدامًا. رغم أن بعض خزانات المياه الجوفية لا تزال كبيرة للغاية مع وجود خزانات يُتوقع أن تستمرعلى مدار عقود طويلة في المستقبل، فإن الأمن المائي مهدد باستنفاد الخزانات الأخرى بسرعة،[39] لا سيما في الأراضي الجافة.[40] بما في ذلك سهل شمال الصين، وأجزاء من أستراليا، ونظام طبقات المياه الجوفية في شمال غرب الصحراء، وطبقة غواراني المائية الجوفية في أمريكا الجنوبية، ونظام طبقات المياه الجوفية للسهول المرتفعة ووسط ووديان الولايات المتحدة، ونظام طبقات المياه الجوفية أسفل شمال غرب الهند والشرق الأوسط.[41] على الصعيد العالمي، يعيش 1.7 مليار شخص في مناطق تتعرض فيها موارد المياه الجوفية و/أو النظم البيئية المعتمدة على المياه الجوفية للخطر.[42] تشكل المياه الجوفية ما يصل إلى ثلث كميات المياه المسحوبة في العالم، وتزود 2 مليار شخص وأكثر من 40 في المائة من مياه الري.[43] تمثل الهند (39 مليون هكتار)، والصين (19 مليون هكتار)، والولايات المتحدة الأمريكية (17 مليون هكتار)، الدول التي بها أكبر مناطق تستخدم فيها نظم الري بالمياه الجوفية.[44] ولا تزال المعرفة بحجم الاحتياطيات محدودة جدا في بعض المناطق،[45] وكثيرًا ما أدى غياب التنظيم إلى الاستخدام غير المنظم لها.

تعد الزراعة إلى حد كبير أهم عامل لنقص المياه في جميع أنحاء العالم؛ حيث يمثل الري 70 في المائة من عمليات سحب المياه العالمية، بل وأكثر من هذه النسبة في بعض الأماكن التي تواجه ضغطًا مائيًا شديدًا.[46] ويتم ري معظم الأراضي الجديدة التي دخلت الإنتاج في السنوات الخمسين الماضية،[47] وتشير بعض التقديرات إلى أن الطلب على المياه في الزراعة قد يتضاعف بحلول عام 2050 بسبب الطلب المتزايد على الغذاء.[48] وعادة ما تستلزم الزراعة المكثفة أو الزراعة المقتصرة على محصول واحد المزيد من المياه؛ وتنقسم الاستخدامات الأخرى على الطلب من قطاعي الصناعة والطاقة (20 في المائة) ومن البلديات (10 في المائة). ومن بين العوامل العامة التي تساهم في الاستخدام المفرط للمياه في الزراعة نظم الري المتسربة والتطبيق الميداني المفرط وزراعة المحاصيل التي تحتاج كميات كبيرة من المياه. ومن بين أكثر المحاصيل التي تحتاج إلى كميات كبيرة من المياه في العالم القطن (7000 إلى 29000 لتراً للكيلو غرام الواحد)؛ والأرز (3000 إلى 5000 لتراً للكيلو غرام الواحد)؛ وقصب السكر (1500إلى 3000 لتراً للكيلو غرام الواحد)، وفول الصويا (2000 لتراً للكيلو غرام الواحد)، والقمح (900 لتراً للكيلو غرام الواحد).[49] ونظرًا للكمية الهائلة المزروعة، فإن الأرز يمثل نسبة 21 في المائة من مجموع المياه التي تستخدمها المحاصيل ويمثل القمح نسبة 12 في المائة.[50]

يعتمد الإنتاج الحيواني على المياه بشكل أقل، لا سيما إن كانت الحيوانات تتغذى على الحبوب المزروعة داخل

الإطار 8-1: المياه الزرقاء والخضراء والرمادية

يشير مصطلح "المياه الزرقاء" إلى المياه في الأنهار والبحيرات والخزانات الجوفية التي تستخدم عادة لري المحاصيل من خلال إنشاء البنية التحتية مثل السدود وقنوات الري والآبار. أما "المياه الخضراء" فهي المياه التي تسقط مثل المطر وتدخل منطقة جذور التربة، وتعود إلى الغلاف الجوي كالبخار من التبخر أو نتح النباتات. وبعد الريّ بالمياه الزرقاء، يعود الجزء الاستهلاكي الذي يستخدمه المحصول إلى الغلاف الجوي كجزء مياه خضراء للدورة الهيدرولوجية. وتتوافر المياه الخضراء بشكل مجاني، لأنها لا تحتاج إلى بنية تحتية إنشائية كبيرة لتوصيلها، ولكنها ستختلف من حيث توافرها في غضون السنوات وفيما بينها. وتتمتع المياه الزرقاء بطبيعتها بقدر أكبر من السعة التخزينية وبالتالي بتقلب أقل على المدى القصير، لاسيما في حالة البحيرات والمياه الجوفية، ولكن من الممكن أن يستنفد الاستخدام المفرط للمياه الزرقاء الموارد على المدى الطويل. ومع المعالجة المناسبة، يمكن إعادة تدوير"المياه الرمادية" أو المياه المستعملة المنزلية واستخدامها بشكل جيد. وتشمل هذه الاستخدامات المياه اللازمة للاستخدامات المنزلية وري المحاصيل الغذائية وغير الغذائية على حد سواء، والتي يمكن أن تستفيد من العناصر الغذائية الموجودة في المياه الرمادية، مثل الفوسفور والنيتروجين.

يعتبر الإنتاج الحيواني على المياه بشكل أقل، كفاءة في استخدام المياه خاصة إذا كانت الحيوانات تتغذى على الحبوب داخل أماكن مغلقة. كما ان إنتاج اللحم البقري هو الاكثر احتياجا الى المياه الأكثر، حيث توصلت القياسات في الولايات المتحدة إلى أن اللحم البقري يتطلب 11 ضعف متوسط كمية المياه المستخدمة في الأشكال الأخرى من الإنتاج الحيواني.[51] وقد نشأت بصمة مائية كبيرة عن طريق نتيجة الأراضي الرطبة للزراعة، بما في ذلك الاستخدام المكثف للأراضي الخثية لرعي الماشية (مثال على ذلك، هولندا وهضبة التبت) ولزيت النخيل ولباب الخشب. وغالبًا ما يؤدي الصرف إلى تدهور الأراضي إلى جانب فقدان المياه، وفي نهاية المطاف فقدان الطبقة الخثية من التربة (بسبب الأكسدة) مما يؤثر على الإنتاجية البيولوجية.[52]

يعد تقييم مدى استخدام المياه أمرًا أكثر تعقيدًا، لأن استخدام المياه في بلد ما قد يدعم أساليب العيش في بلد آخر عندما يتم تصدير المنتجات الزراعية. ويحدد مفهوم *البصمة المائية* المدى الحقيقي لاستخدام المياه لكل بلد فيما يتعلق باستهلاك سكانها. البصمة المائية الداخلية لاي بلد هي حجم الاستخدامات المنزلية للمياه بينما البصمة المائية الخارجية هي حجم المياه المستخدمة في البلدان الأخرى لإنتاج السلع والخدمات التي المستوردة والمستهلكة هذا البلد. ويمثل والمجموع يعطي البصمة المائية الوطنية الإجمالية. وتوجد أربعة عوامل رئيسية تؤثر على البصمة المائية الوطنية: حجم الاستهلاك (المرتبط بالدخل القومي الإجمالي)؛ نمط الاستهلاك ارتفاع مقابل انخفاض استهلاك اللحوم والمناخ (الظروف التي ينمو فيها النبات)؛ والممارسات الزراعية (كفاءة استخدام المياه).[53] ومن المحتمل أن تكون أوجه القصور في الزراعة هي العامل الوحيد الأكثر اهمية الذي يؤثر على الأمن المائي، ويجب ان توضع على راس اولويات اصلاح السياسات والممارسات.

2. رداءة نوعية المياه

من التحديات المماثلة أيضًا مسألة نوعية المياه، سواء أكان ذلك من حيث الوصول إلى مياه الشرب الصالحة للشرب أو الآثار الأوسع نطاقًا للتلوث على البيئة. ويواجه ما يقرب من 3 مليارات شخص مشاكل في الحصول على مياه الشرب المأمونة. وقد تحقق هدف الأمم المتحدة الإنمائي للألفية الرامي إلى *تخفيض نسبة السكان الذين لا يحصلون بشكل مستدام على مياه الشرب المأمونة إلى النصف بحلول عام 2015* [54] في عام 2010، عند قياسها حسب الوصول إلى مياه الشرب المأمونة.[55] وقد حظي ذلك بدعم من حملة قوية دشنتها الأمم المتحدة وتشكيل اتفاقية الشراكة العالمية للجهات المشغلة لمرافق المياه لبناء منصات إقليمية من أجل التعاون وشراكات مرافق لتوفير المياه المأمونة للفقراء.[56] وبينما تم الوصول إلى الهدف بوجه عام، مما يبين أن تنفيذ التحسينات الرئيسية أمر ممكن على نطاق عالمي، كان الأمر مختلفًا في نصف البلدان منخفضة الدخل أو متوسطة الدخل التي تتوافر بياناتها. ولا توجد بيانات واضحة عن مدى سلامة المياه، حتى في حالة إدخال المياه المنقولة عبر الأنابيب.[57] ويظل عدم الوصول إلى مياه الشرب الصالحة للشرب خطراً كبيرًا على الصحة؛ حيث تشير التقديرات إلى أن 1.8 مليار شخص كانوا ولا يزالون يستخدمون إمدادات غير مأمونة في عام 2014، ويستخدم 1.1 مليار شخص آخرين مصادر مياه ذات مخاطر متوسطة على الأقل.[58,59] وفي أفريقيا، يفتقر أكثر من 300 مليون نسمة إلى مياه الشرب النظيفة،[60] بما في ذلك 17 في المائة من سكان مدن جنوب الصحراء.[61]

تسبب مياه الشرب غير المأمونة خسائر فادحة من حيث المرض والوفاة. ويرجع السبب الرئيسي في الإسهال إلى مياه الشرب ولبن الرضع الملوث بالنفايات البشرية أو الحيوانية. ويمكن أن يرجع ذلك إلى عدد من العوامل الكامنة مثل الآبار الضحلة الملوثة؛ والطبيعة غير القانونية أو المخصصة للمستوطنات الجديدة، التي تعرقل الاستثمار الحكومي، والحكومات التي طغت عليها أعداد متزايدة من سكان الحضر، وعدم كفاية تحويل الأموال من الحكومات المركزية إلى الحكومات المحلية؛ ومحدودية التمويل بسبب الديون.[62] وقد لقي أكثر من نصف مليون طفل دون سن الخامسة جتفهم بسبب الإسهال في عام 2013؛ أي بنسبة انخفاض قدرها 4 في المائة سنويًا منذ عام 2000 [63] ولكن لا يزال هناك عدد كبير من الوفيات التي يمكن تجنبها بشكل كبير.

© Sudipto Das

أصبح هطول الأمطار غير منتظم بصورة متزايدة بسبب التغير المناخي، مع تزايد مخاطر الفيضانات والجفاف التي تؤثر في كثير من الأحيان على نفس الأماكن في أوقات مختلفة.

إن المياه ليست ملوثة فقط بالنفايات البشرية والحيوانية، بل ملوثة أيضًا وبشكل متزايد بأسمدة النترات والفوسفات ومبيدات الآفات والمستحضرات الصيدلانية والمعادن الثقيلة والملوثات الصناعية الأخرى. وقد ازداد استخدام الأسمدة ا لنيتروجينية المصنعة بمعدل تسعة أضعاف منذ الستينيات، ويُتوقع حدوث زيادات أخرى بنسبة 40–50 في المائة على مدار نصف القرن المقبل، في حين تضاعف استخدام الفوسفات ثلاث مرات.[64] وتؤدي زيادة استخدام الأسمدة والإنتاج الحيواني وحرق الوقود الأحفوري إلى زيادة مستويات النيتروجين التفاعلي في البيئة، مما يرفع مستويات النترات فوق الحدود القصوى المأمونة لصحة الإنسان والنظام البيئي،[65] بما في ذلك مياه الشرب[66] ومن خلال تخصيب المياه العذبة والساحلية بالمغذيات.[67] ويقدر مجموع الإذابة وسريان النيتروجين على مستوى العالم بنحو 32.6 مليون طن سنويًا، وتنتج ا لغالبية العظمى منها عن الممارسات الزراعية السيئة.[68] كما يزيد الفوسفات الزائد من آثار تلوث النترات.[69] وتتسبب الأشكال الأخرى من الصرف الزراعي، بما في ذلك مبيدات الآفات ومبيدات الأعشاب ومبيدات الفطريات التي تدخل في النظم البيئية للمياه العذبة والبحرية، بآثار ضارة على التنوع البيولوجي.[70] ويشمل ذلك في بعض الأحيان تركيزات تعتبرها التشريعات الحالية في كثير من البلدان تركيزات آمنة.[71] وعلى الرغم من حدوث تطورات إيجابية في نوعية مياه الشرب فيما يتعلق بالتلوث الإجما لي، فإن الطريق ما زالت طويلة، وعلى العكس من ذلك، يبدو أن هناك تفاقم في جوانب أخرى للجودة، مثل التلوث بالمواد الكيميائية الزراعية.

3. تزايد عدد الظواهر المناخية الحادة

أصبح هطول الأمطار غير منتظم بصورة متزايدة بسبب التغير المناخي، مع تزايد مخاطر الفيضانات والجفاف التي تؤثر في كثير من الأحيان على نفس الأماكن في أوقات مختلفة.[72] وهناك بالفعل تزايد في معدلات الهطول في خطوط العرض الأعلى من النصف الشمالي للكرة الأرضية، وانخفاض في سقوط الأمطار في أجزاء من الصين وأستراليا وجزر المحيط الهادئ، والكثير في التفاوت في المناطق الأستوائية[73] مما يؤثر على وتيرة وحدة الفيضانات والجفاف.[74] وفي عام 2000، كانت نسبة 30 في المائة من الأراضي الحضرية العالمية تقع داخل مناطق الفيضانات عالية الخطورة، ومن المرجح أن تصل إلى 40 في المائة بحلول عام 2030 .[75] ومن المرجح أيضًا أن تزيد حدة ووتيرة حالات سقوط الأمطار الشديدة من حجم وتيرة الانهيارات الأرضية،[76] كي تؤثر الفيضانات، مثلما كمثل آثار نقص وانخفاض نوعيتها اكثر من غيرها على المجتمعات الأشد فقرا واكثر تهديدا. [77]

تؤدي ا لتدفقات المتقلبة لسقوط الأمطار إلى زيادة المخاطر على المجتمعات التي تعيش بالقرب من الأنهار والأراضي الرطبة. ويرجع سبب 90 في المائة من الكوارث منذ 1990 إلى الأخطار الطبيعية ذات الصلة بالمياه.[78] وقد شكلت الفيضانات 47 في المائة من الكوارث ذات الصلة بالطقس في الفترة من 1995 إلى 2005، حيث أصابت أكثر من 3000 كارثة من الفيضانات 2.3 مليار شخص، وقتلت 157000 شخص؛ وكانت الآثار أشد بكثير في آسيا.[79] وتعد الكوارث المتعلقة بالمياه هي الكوارث الأكثر شيوعا فيما يسمى بالكوارث الطبيعية.[80]

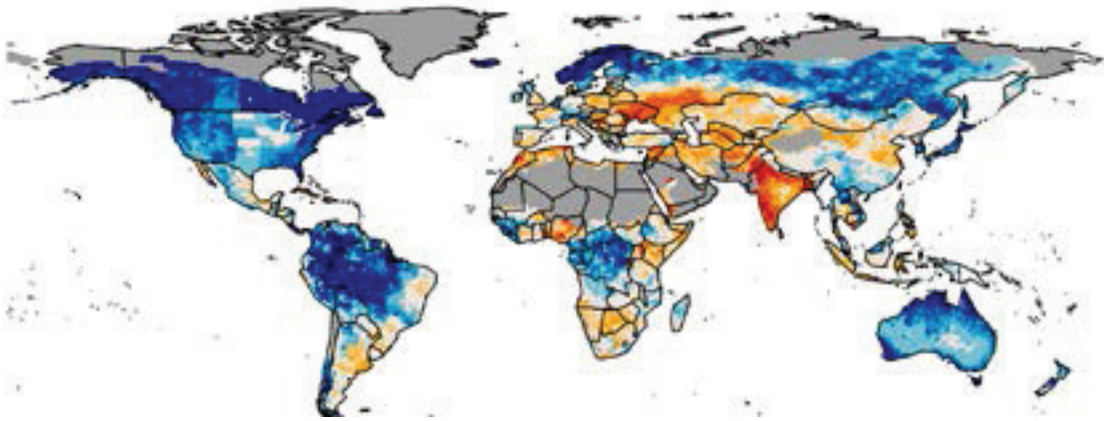
© Oxfam East Africa

وتتسبب الفيضانات أيضًا في تكاليف اقتصادية باهظة: على سبيل المثال، تسببت الفيضانات في الدانوب عام 2006 في أوروبا في خسارة بقيمة أكثر من 630 مليون دولار في شكل أضرار لحقت بالبنية التحتية والمحاصيل.[81]

بشكل نقص سقوط الأمطار مشكلة خطيرة. وحيث تأثر أكثر من 50 مليون شخص في جميع أنحاء العالم بحالات الجفاف في عام 2015 [82].ومن المرجح أن يزداد تكرار وشدة حالات الجفاف بسبب التغير المناخي، كما ستستمر تأثيراتها مع الاستمرار في الاستخدام الزائد من المياه. ومن الممكن أن يسبب الجفاف ضررًا جسيمًا في البيئة والاقتصاد والاستقرار الاجتماعي. ومن عام 1950 إلى عام 2000، كانت هناك 296 حادثة جفاف واسعة النطاق تم الإبلاغ عنها في جميع أنحاء العالم (أي حالات جفاف طالت أكثر من 500000 كيلومتراً [2] واستمرت لفترة أطول من 3 أشهر).[83] كما تشهد تكرار وحدة وطول ومدى حالات الجفاف تزايدًا مستمرًا.[84] لا سيما في المناطق المدارية وشبه المدارية. على سبيل المثال، كانت حالات الجفاف في الصومال السبب الرئيسي وراء 258000 حالة وفاة بشرية خلال الفترة من 2011 إلى 2013 .[85] وبين عامي 1900 و 2013، تم تسجيل خسائر اقتصادية عالمية بلغ مجموعها 135 مليار دولار أمريكي بسبب كوارث الجفاف.[86] وعندما تدار هذه الحالات بصورة سيئة، يصبح الجفاف كارثة إنسانية تهدد الأمن على جميع المستويات. وكثيرًا ما ترتبط حالات الجفاف بالهجرة والصراعات، لا سيما في المناطق التي تتواجد فيها فعليا توترات سياسية ومؤسسات هشة ومشاكل اقتصادية وتنافسات فئوية.

وعندما تدار هذه الحالات بصورة رديئة، يغدو الجفاف كارثة إنسانية تهدد الأمن على جميع المستويات.

ويمكن أن يخلق التغير المناخي مشكلة متصاعدة في المستقبل.[87] كان عام 2015 هو العام الأكثر جفافًا منذ أن بدأت عملية حفظ السجلات منذ أكثر من قرن من الزمان، وكان هذا العام الأعلى في درجة الحرارة مما أدى إلى الجفاف في أنحاء كثيرة من العالم، وكان أكثر من 50 في المائة من السكان المتضررين منها في أفريقيا.[88] وقد تفاقم الجفاف في عام 2015 بواحدة من أقوى موجات النينيو المسجلة على الإطلاق.[89] وقد تفاقمت حدة آثار الجفاف بسبب ارتفاع الطلب على المياه في أفريقيا والشرق الأوسط والبحر الأبيض المتوسط.[90] كم تسبب حالات الجفاف مصاعب إنسانية وإجهادًا بيئيًا عندما تحدث في المجتمعات والنظم البيئية التي تفتقر إلى التكيف مع مقتضياتها، كما حدث مؤخرًا في أجزاء من منطقة الأمازون. ويمكن أن تؤدي أيضًا إلى تغييرات بيئية كبيرة وطويلة الأجل.[91] كما ترتبط حالات الجفاف المتصلة بظاهرة *التقلبات الجنوبية للنينيو* (انزو) بشكل متزايد بحرائق كبيرة تؤثر على ملايين الهكتارات من الأراضي الخثية في جنوب شرق آسيا، مما يتسبب في ظواهر الضباب الدخاني الرئيسية. وقد تكبدت إندونيسيا، في عام 2015، أكثر من 16 مليار دولار من الخسائر الاقتصادية[92] وأكثر من 106000 حالة وفاة مبكرة[93] نتيجة حرائق الأراضي الخثية والضباب الدخاني. ويجبرنا حدوث موجات جفاف شديدة بشكل غير متوقع في أجزاء كثيرة من العالم، مثل موجة "جفاف الألفية" 2001–2009 في جنوب شرق أستراليا،[94]على إعادة النظر في الاستراتيجيات الزراعية والجدوى من بعض المجتمعات التقليدية الراسخة إن تحول الأحوال المناخية الطبيعية جنبا إلى جنب مع كثرة تكرار وشدة الأحوال المناخية الحادة لها آثار كبيرة على الأمن المائي والغذائي.



الشكل 8-2: الخريطة العالمية لمخاطر الجفاف:
يتم استخدامها بموجب إذن[96]

المفتاح

مخاطر أقل

مخاطر أعلى

لا توجد بيانات

أنواع الجفاف

الجفاف المناخي: من الممكن أن يسبب نقص الأمطار / الرطوبة، الذي يزداد سوءًا بفعل الرياح الجافة وارتفاع درجات الحرارة أزمة، في المياه إذا استمرا لفترات طويلة ويمكن أن يبدأ وينتهي فجأة.

الجفاف الزراعي: هو التغيرات في رطوبة الغلاف الجوي إلى الحد الذي تقل فيه رطوبة التربة، مما يؤثر على المحاصيل والحيوانات والتبخر.

الجفاف الهيدرولوجي: هو انخفاض كمية المياه السطحية والمياه الجوفية ونوعيتها، بفعل نقص هطول الأمطار والاستخدام المفرط في الزراعة، وكثيرًا ما يكون ذلك نتيجة للجفاف المناخي.

الجفاف الاجتماعي والاقتصادي: تنخفض أو تتهدد إمدادات السلع والخدمات مثل الطاقة والغذاء ومياه الشرب بسبب التغيرات في ظروف الأحوال الجوية والهيدرولوجية وأحوال التربة.[95]

الإدارة الاستباقية للجفاف

تتمثل الركائز الرئيسية لتعزيز التأهب للجفاف والقدرة على الصمود فيما يلي:

وجود نظم لرصد حالات الجفاف والإنذار المبكر: تقييم مدى كفاية محطات الأرصاد الجوية لأحوال الطقس والموارد المائية والشبكات الهيدرولوجية ومعلومات الأقمار الصناعية وما إلى ذلك.إنشاء نظام شامل لرصد الجفاف والإنذار المبكر يدمج بين معاملات المناخ والماء والتربة، فضلاً عن المؤشرات الاجتماعية الاقتصادية على الصعيدين الوطني ودون الوطني؛ إعداد بيانات فائقة الدقة حول هطول الأمطار في أنحاء البلاد، وإعداد خريطة للمناطق المعرضة للخطر باستخدام نظم الإنذار المبكر لحالات الجفاف عن طريق حساب مؤشراتها القياسية.

تقييم مخاطر نقاط الضعف وتأثيراتها: تحديد العمليات التي تسهم في حدوث نقاط الضعف والقدرة على الصمود المجتمعي؛ إعداد موجز مخاطر عن المجتمعات والمناطق المتأثرة قبل وقوع حالات الجفاف؛ الإلمام الكامل بتأثيرات حالات الجفاف بعد وقوعها.

تدابير التخفيف من مخاطر حالات الجفاف: زيادة إمدادات المياه من خلال حصاد مياه الأمطار وإعادة تأهيل الأراضي وتغذية المياه الجوفية والمصادر الجديدة المحتملة، وما إلى ذلك.؛ الحد من الطلب من خلال كفاءة الاستخدام الفعال للمياه مثل مراجعة توزيع المياه واعتماد ومراجعة تعريفات المياه وتعديل الإطار القانوني والمؤسسي وتسعير المياه ومعالجة المياه واستخدام المياه المستعملة / إعادة تدويرها، وما إلى ذلك. ولكن على وجه الخصوص، زيادة كفاءة استخدام المياه الزراعية؛ تعزيز التكيف مع حالات الجفاف بالنسبة للإنتاج الحيواني من خلال موازنة الثروة الحيوانية في المناطق المروية، وإدارة القدرة الداعمة لأراضي الكلأ والمراعي، واستخدام المواد الغذائية والأعلاف المحلية، والأنماط الجينية للثدييات / الاستخدام المنخفض للمياه، وما إلى ذلك.

© Jacinta Lluch Valero

4. اضطرابات التدفقات الطبيعية

تسبب التغيرات الهيدرولوجية السريعة في الكثير من أنظمة الأنهار الرئيسية في العالم، والتي تُعزى بشكل رئيسي إلى بناء السدود من أجل الحصول على الطاقة الكهرومائية وتخزين المياه السطحية، ضغوطًا إضافية على النظم البيئية للمياه العذبة والمجتمعات المحلية المحيطة بها. ويوفر بناء السدود فوائد كبيرة من حيث القوة، ولكن لذلك آثار جانبية اجتماعية وبيئية كبيرة، والتي تصبح أكثر وضوحًا بمرور الوقت[97] وتؤدي إلى مقاومة متزايدة من المجتمعات المحلية ومنظمات المجتمع المدني.[98] وعلى الصعيد العالمي، يتم التخطيط أو يجري إنشاء ما لا يقل عن 3700 سد رئيسي، سعة كل منها ميغاواط واحد على الأقل. وتزيد هذه السدود من الناحية النظرية الطاقة الكهرومائية العالمية بنسبة 73 في المائة، لتصل إلى حوالي 1700 جيجا واط، ولكنها ستقلل من الأنهار المتدفقة المتبقية على الكوكب بأكثر من الخمس.[99]

من الممكن أن يؤدي تشغيل السدود إلى ظروف جفاف شديدة القسوة في اتجاه المصب. فعلى سبيل المثال في حوض النيجر الأعلى، يقدر أن يؤدي الأثر المشترك لتحويلات المياه من أجل المشاريع المخططة الطاقة الكهرمائية وأنظمة الري إلى تقليل المصائد السمكية في الدلتا بنسبة 31 في المائة، وتقليل المراعي بنسبة 28 في المائة، مع ما يترتب على ذلك من عواقب وخيمة على المجتمعات المحلية المعتمدة على هذه الموارد. وما لم تنطلق تدفقات مائية كافية ومناسبة من حيث التوقيت من السدود، فإن هذه التدابير ستخلق ظروفًا شبيهة بالجفاف الكبير الأخير في عام 1984، عندما جفت ثلاثة أرباع الدلتا وفر الناس *بشكل جماعي*.[100]

تؤدي عرقلة التدفق الحر للأنهار إلى حدوث عدد من الآثار الضارة، نظرًا لفقدان الربط الطولي والأفقي للنظم البيئية للمياه العذبة. وتؤثر السدود تأثيرًا سلبيًا على الأسماك والأنواع المائية الأخرى، وعلى الترسبات في المصب وتوافر المياه وسبل العيش والنقل. ومن الممكن أن يؤدي تخزين المياه في الخزانات إلى تغيير درجات حرارة المياه في المصب.[101] ويؤدي بناء السد نفسه إلى فقدان النظام البيئي المباشر، ويشجع على الاستيطان الذي يؤدي إلى مزيد من تحويل الأراضي وفقدان النظم البيئية.[102] وتتسبب إزالة الغابات في تفاعل سلبي وزيادة في الطمي وتغير في الهيدرولوجيا، سواءً أكانت مرتبطة ببناء السدود أم لا، مما يقلل من إنتاج نظام الطاقة الكهرومائية وعمره.[103] وترتبط السدود أيضًا بانبعاثات غاز الميثان العالية، مما يساهم بشكل كبير في التغير المناخي.[104] ويمكن أيضًا أن يقلل تخفيض الفيضان في السهول الفيضية لمصب النهر من تغذية المياه الجوفية، ويسهم في انخفاض معدلات هطول الأمطار الإقليمية. ولكن جذب الاهتمام إلى مصادر الطاقة الرئيسية يعني أن المقايضات الأوسع نطاقًا لا يتم منحها الاهتمام الكافي.

الإطار 8-2: تغير الهيدرولوجيا في منطقة الأمازون[105]

تؤدي الزيادة الهائلة في بناء السدود للحصول على الطاقة الكهرومائية إلى تغيير تدفق وسلامة الأنهار في جميع أنحاء منطقة الأمازون،[106] ويؤثر ذلك على البيئة وسمك السلور والدلافين النهرية المهاجرة؛ ومجاري الماء السنوية الهامة ومحاصرة برقات وصغار الأسماك؛[107] وتعطيل النقل النهري والإمدادات الغذائية؛ والحد بشكل كبير من الترسيب في مصب النهر والساحل.[108] ويوجد بالفعل 154 سدًا كبيرًا قيد التشغيل، وتولد هذه السدود، في البرازيل بشكل أساسي، 18000 ميغا واط،[109] إلى جانب عشرات الآلاف من السدود الصغيرة لجمع المياه من أجل الماشية.[110] ويقدر أن هناك 277 سدًا كبيرًا آخرًا في مراحل التخطيط الأولية.[111] ويشمل ذلك سدودًا في المناطق المحمية وأراضي السكان الأصليين،[112] بطاقة إنتاجية تبلغ حوالي 95000 ميغا واط.[113] وإذا استمرت كل هذه الخطط، فلن يتبقى سوى ثلاثة روافد تدفق حر في حوض الأمازون،[114] مما يؤثر بشكل دائم على البيئة والاقتصاد والمناخ.[115] وخلصت إحدى الدراسات إلى أنه بسبب خسائر الغابات المتوقعة، فمن المحتمل أن ينخفض توليد الطاقة الكهرومائية بنسبة تصل إلى 75 في المائة من الإنتاج الأقصى بحلول عام 2050.[116] ويلزم التخطيط على نطاق الحوض ودمج المعايير الاجتماعية والبيئية في صنع القرار لضمان عدم تقويض إنتاج الطاقة لخدمات النظم البيئية الأخرى.[117]

رغم أن ندرة المياه مشكلة عالمية، إلا أن تحويل الغابات والمراعي الطبيعية إلى أراضٍ زراعية قد زاد من وجود المياه في التربة على نطاق محلي.

5. تدهور الأراضي

تؤدي نظم الري ذات الإدارة السيئة إلى إلحاق أضرار مباشرة بالأرض وتقليل المحصول ورفع منسوب المياه الجوفية وارتفاع نسبة الملوحة والقلوية (مثل التربة المشبعة بالصوديوم). رغم أن ندرة المياه مشكلة عالمية، إلا أن تحويل الغابات والمراعي الطبيعية إلى أراضٍ زراعية قد زاد من وجود المياه في التربة على نطاق محلي. وحتى عندما لا يتم ري المحاصيل، فإن التحول من الغطاء النباتي الطبيعي يمكن أن يؤثر على توافر المياه ونوعيتها. وعلى مدار 300 سنة الماضية، زادت الأراضي الزراعية البعلية بنسبة 460 في المائة والمراعي بنسبة 560 في المائة، مما أدى إلى انخفاض التبخر وزيادة معدل التجدد (درجتان من حيث الحجم) وتدفقات التيار (درجة من حيث الحجم).[118]

في الوقت نفسه، أدت زيادة كمية المياه في النظم الزراعية إلى تدهور نوعية المياه عن طريق انتشار الأملاح وزيادة الملوحة، نظرًا لمناسيب المياه الضحلة ورشح الأسمدة إلى طبقات المياه الجوفية والمياه السطحية.[119] كما يزيد الري بالمياه الجوفية المعدنية أيضًا من ملوحة التربة ويقلل من إنتاجية المحاصيل. وفي أوائل عام 1993، قدر البنك الدولي أن نسبة 20 في المائة من مساحة الأراضي المروية قد عانت من انخفاض إنتاج المحاصيل بسبب الملوحة،[120] ويقدر البعض تأثر ما يصل إلى نصف الأراضي المروية الآن بمستويات غير طبيعية من الملح.[121] على سبيل المثال، تؤثر الملوحة الآن على 70-80 في المائة من حوض موراي دارلينغ، ونصف حوض بحر آرال وثلث دلتا النيل،[122] و28 في المائة من الولايات المتحدة وربع باكستان وأوزبكستان.[123]

يرتبط تصريف الأراضي الخثية بالأشكال المختلفة لتدهور الأراضي.[124] ففي أجزاء من آسيا الوسطى والصين أدى ذلك إلى تصحر الأراضي الخثية السابقة التي كانت تهيمن عليها المسطحات الطبيعية وتآكل التربة الرئيسية بسبب الرعي الجائر والفقدان اللاحق للإنتاجية. ويتسبب تصريف الأراضي الخثية حتمًا في ضغط التربة وأكسدة الكربون في التربة الخثية، مما يؤدي إلى هبوط التربة وتشكيل مخاطر كبيرة في المناطق المنخفضة. ونظرًا لوقوع قاعدة طبقة التربة الخثية على مستوى البحر أو النهر أو تحتهما، فإن هبوط التربة بمرور الوقت سيؤدي إلى زيادة مخاطر حدوث الفيضانات. وقد تم الحد من ذلك في كثير من البلاد من خلال بناء السدود ونظم الضخ. ومع ذلك، ونظرًا لاستمرار حتمية هبوط التربة الخثية المجففة، فقد تقع المسطحات الطبيعية بأكملها في نهاية المطاف تحت مستوى سطح البحر. على سبيل المثال، يقع نصف هولندا تحت مستوى سطح البحر نتيجة لقرون من تصريف الأراضي الخثية، مما تسبب في مخاطر كبيرة فيما يتعلق بالأمن المائي وتسرب المياه المالحة، فضلاً عن ارتفاع التكاليف من حيث صيانة البنية التحتية (يتوقع أن تصل إلى 25 مليار يورو بين 2010 و2050 لأجل 200000 هكتار المتبقية من الأراضي الخثية الهولندية).[125] وبينما وصلت هولندا منذ فترة طويلة إلى نقطة اللاعودة، لم يبدأ الصرف من الأراضي الخثية المنخفضة في جنوب شرق آسيا إلا في سبعينيات القرن العشرين فقط. وفي المناطق الأستوائية، يؤدي الصرف في الأراضي الخثية نسبة انبعاث نسبة ثاني أكسيد الكربون $_2$[126] مما يتسبب في هبوط يتراوح بين 3 إلى 6 سم سنويًا.[127] ومع ذلك، قد تستثني المستويات المرتفعة والأنماط الموسمية للهطول خيارات التخفيف بواسطة السدود ونظم الضخ. وقد يؤدي استمرار الصرف إلى عواقب مدمرة، بما في ذلك مخاطر الفيضانات الضخمة وفقدان الأراضي المنتجة.[128]

يؤثر تدهور الأراضي تأثيرًا مباشرًا على الأمن المائي من خلال الحد من نوعية المياه عمومًا: من مستويات الملح المرتفعة في المياه الجوفية إلى زيادة تدفق المواد الصلبة العالقة والمواد الكيميائية الزراعية إلى كل من المياه السطحية والجوفية. ويمكن أن يؤدي فقدان الغطاء النباتي وما يلي ذلك من تآكل التربة حول الخزانات إلى الإطماء السريع وتقصير المدى الزمني للخزانات الصناعية ومحطات الطاقة الكهرومائية.[129] ويمكن أن تؤدي التعرية إلى تدهور المسطحات الطبيعية بشكل كبير من الأخاديد والصخور الرملية التي تحملها الرمال. كما يمكن أن تقلل من الإنتاجية الزراعية بطرق غير ملحوظة. وتتسم التربة الجرداء والمتدهورة والمتآكلة بقدرة أقل على الاحتجاز، إما في تخزين المياه على مدار

© Javier Pedro Fernandez Ferreras

طيلةالعام أو لاستيعاب الزيادات المفاجئة والتقليل من الفيضانات بعد هطول الأمطار الغزيرة.[130]

6. آثار التغير المناخي

تؤثر إدارة الأراضي الرطبة تأثيرًا كبيرًا على المناخ. وبصفة عامة، تشكل الأراضي الرطبة مجمعات للكربون والنيتروجين. ولكنها قد تكون مصادر للغازات الاحتباس الحراري الأخرى مثل الميثان؛[131] حيث يحدد التوازن ما إذا كانت الأراضي الرطبة هي مصدر أو مجمع غازات الاحتباس الحراري.[132] وفي حين ينبغي توخي الحذر في تقدير مدى مساهمة الأراضي الرطبة في التخفيف من آثار التغير المناخي من خلال الاحتجاز،[133] فمن الواضح أن قدرتها على تخزين الكربون توفر مخزونًا عالميًا كبيرًا من الكربون. وتكتسب الأراضي الرطبة الساحلية أهمية خاصة في استيعاب ثاني أكسيد الكربون واحتجازة في الرواسب، وبالتالي بناء مخازن كبيرة من الكربون. وتحتفظ الأراضي الرطبة على الصعيد العالمي بكمية غير متناسبة من إجمالي الكربون الموجود في التربة، أي ما يقرب من 30 في المائة من المجموع رغم أنها لا تحتل سوى نسبة تتراوح بين 5 و8 في المائة من سطح الأرض.[134] وعلى العكس من ذلك، يؤدي استنزاف أو حرق الخث إلى زيادة انبعاثات الكربون والدخان.[135] وكذلك استنزاف أنواع الأراضي الرطبة الأخرى أو الإخلال بها. ويؤدي تدمير الأراضي الرطبة في النهاية إلى إطلاق الكربون.[136] كما يمكن أن يؤدي سوء إدارة الأراضي الرطبة أيضًا إلى خسائر كبيرة في الكربون[137] رغم استمرار عدم التيقن بشأن الكمية الإجمالية لمخزونات الكربون الكلية الموجودة في الأراضي الرطبة.[138]

في حين أن الأراضي الخثية لا تغطي سوى حوالي 3 في المائة من سطح اليابسة، إلا إنها تحتوي على أكبر مخزون في الكوكب من الكربون، والذي يُعتقد أنه يكافئ ذلك الموجود في كل الكتلة الحيوية الأرضية الأخرى.[139] لا سيما في سهول التندرا الشمالية. وتحتوي الأراضي الخثية السليمة على 1300 طن من الكربون لكل هكتار[140] وتشير بعض تقديرات إلى أن حجم الكربون المخزن في الأراضي الخثية على مستوى العالم 550 غيغا طن.[141] وتشمل "البؤر الساخنة" للأراضي الخثية الغابات الاستوائية في جنوب شرق آسيا وسهول التندرا في روسيا وكندا وألاسكا والدول الاسكندنافية. ويؤدي الصرف بغرض إنشاء المزارع، مثل نخيل الزيت، إلى ارتفاع حاد في الانبعاثات.[142] ويُقدر أنه قد يتم فقدان 0.5–0.8 جيجا طن من الكربون سنويًا بسبب تحول الأراضي الخثية، لا سيما في المناطق الاستوائية.[143] على سبيل المثال، بلغت الانبعاثات من الأراضي الخثية المجففة في جنوب شرق آسيا 355–874 مليون طن سنويًا في السنوات الأولى من القرن العشرين، بالإضافة إلى 1400 طن إضافي من الانبعاثات السنوية من عام 1997 إلى عام 2006 بسبب حرائق الأراضي الخثية، لا سيما في إندونيسيا.[144] وبينما تقل خسائر الكربون من التندرا في الشمال عن ذلك في الوقت الراهن، إلا أنها مرشحة

لتجاوز خسائر المناطق الاستوائية حيث يتسبب الاحترار في إذابة الجليد وتجفيف التربة الخثية. وقد تحولت بعض المواقع في ألاسكا بالفعل من كونها مجمعات للكربون إلى مصدرة له.[145] وهناك مخاوف من انطلاق انبعاثات كبيرة للكربون من القطب الشمالي.[146]

توصلت التجارب في كندا إلى أن خسائر ثاني أكسيد الكربون من مناطق قطع الخث يمكن إبطاؤه من خلال الاستعادة وتجديد الغطاء النباتي.[147] وتم تسجيل استعادة الأراضي الخثية بشكل ناجح في أيرلندا بعد عمليات قطع صناعي سابقة.[148] كما تم تسجيل تحقيق نتائج إيجابية مماثلة من جنوب شرق آسيا وروسيا والأرجنتين والهيمالايا.[149] وتزداد الجهود الرامية لاستعادة الأراضي الرطبة الساحلية (مثل المستنقعات المالحة وأشجار المنجروف وأحواض الأعشاب البحرية) كوسيلة لاستعادة قدرتها الطبيعية على احتجاز الكربون. على سبيل المثال، يشهد الوقت الراهن عمليات استعادة واسعة النطاق لأشجار المنغروف في بلدان مثل كينيا وتنزانيا وسريلانكا والهند.[150]

تتواصل خسارة الأراضي الرطبة بمعدل أسرع من النظم البيئية الأخرى، إلى جانب خسارة غير متناسبة في خدمات النظم البيئية.

7. فقدان التنوع البيولوجي وخدمات النظم البيئية المتصلة بالمياه

رغم الجهود المبذولة للحفاظ على الأراضي الرطبة واستخدامها بشكل رشيد،[151] تم فقدان ما بين 64 و71 في المائة منها منذ عام 1900،[152] كما تدهور الكثير منها بسبب التلوث انقطاع التدفق والإفراط في قطع الأشجار والأنواع الغازية.[153] وتتواصل خسارة الأراضي الرطبة بمعدل أسرع من النظم البيئية الأخرى، إلى جانب خسارة غير متناسبة في خدمات النظم البيئية.[154] وفي الفترة ما بين عامي 1970 و2008، انخفض حجم الأراضي الرطبة الطبيعية على الصعيد العالمي بنسبة 30 في المائة تقريبًا.[155]

تترتب على هذه الخسائر آثار لاحقة على التنوع البيولوجي للمياه العذبة فضلاً عن صحة وإنتاجية الأراضي المحيطة ومجتمعاتها المحلية. وتشغل مسطحات المياه العذبة المفتوحة أقل من 1 في المائة من سطح الأرض، ولكنها تحتوي على 12 في المائة من جميع الأنواع المعروفة، بما في ذلك ثلث الأنواع الفقارية.[157] ويتناقص التنوع البيولوجي للمياه العذبة[158] ويتعرض واحد من كل ثلاثة أنواع من أسماك المياه العذبة[159] و30 في المائة من البرمائيات[160] لخطر الانقراض. على سبيل المثال، تشكل أسماك السلور 39 في المائة من أنواع الأسماك المعروفة في الأمازون، التي تعتمد على سلامة مناطق التفريخ الهامة في مستجمعات المياه العليا.[161] ولكن بقائها على قيد الحياة مهدد بخطر المقترحات الرامية إلى سد الأنهار الرئيسية[162] والاستغلال المفرط.[163] وبغض النظر عن بقاء الأنواع، تمثل مصائد الأسماك مصدرًا هامًا للأغذية والدخل، حيث يبلغ متوسط استهلاك الفرد من الأسماك 94 كغم سنويًا للمجتمعات الواقعة على ضفاف النهر.[164] وتوصل تحليل لـ 145 مستجمعًا مائيًا رئيسيًا إلى أن تلك المستجمعات التي تمتلك أعلى قيمة بيولوجية كانت في العموم هي الأكثر تدهورًا.[165] كما أن مجموعات المياه العذبة الأخرى عرضة للخطر. وتعاني العديد من الرخويات تقييد النطاق، وبالتالي فهي مهددة؛ ومن أصل أكثر من 1200 نوع من أنواع القواقع الحلزونية (Hydrobiidae)، أُدرج 185 نوعًا منها باعتبارها عرضة للخطر في القائمة الحمراء للاتحاد الدولي لحفظ الطبيعة.[166]

عندما تتحلل المياه العذبة وتنوعها البيولوجي أو تتعرض للدمار، فإنها تفقد خدمات النظم البيئية أيضًا. وعادة ما تكون هذه الخدمات أكثر قيمة للمجتمع من استخدامات القطاع الإنتاجي التي تحل محلها[167] لأنه غالبًا ما تُوزع الفوائد بين كثير من الناس، في حين تميل فوائد التحويل والإنتاج إلى التركز في يد قلة محدودة من الأشخاص. وكثيرًا ما لا تُلاحظ خدمات النظم البيئي إلا بعد أن تختفي، وتكاد تكون عملية استعادتها، إن أمكنت، مكلفة مقارنة بحماية النظام البيئي العامل من البداية. ويلخص الجدول 8-1 بعض خدمات النظم البيئية الرئيسية المتصلة بالمياه.

الإطار 8-3: اتفاقية رامسار

اتفاقية رامسار بشأن الأراضي الرطبة الموقعة في رامسار بإيران في عام 1971، هي اتفاقية دولية تهدف إلى "*الحفاظ على الأراضي الرطبة ومواردها واستعمالها بحكمة*." وتلتزم الأطراف الموقعة على الاتفاقية بتحديد قطعة مناسبة واحدة على الأقل من الأراضي الرطبة (عادة ما تُدرج أكثر من واحدة) داخل أراضيها *كأراضٍ رطبة ذات أهمية دولية*.. وبينما تلتزم جميع مواقع رامسار بالإدارة المستدامة، وأعُلن بعضها أيضًا كمناطق محمية رسمية، فلا يزال البعض الآخر مفتوحًا أمام الاستخدامات المتعددة. وتقدم اتفاقية رامسار توجيهات فنية بشأن إدارة وتقييم الأراضي الرطبة، وتعمل بشكل وثيق مع الاتحاد الدولي لحفظ الطبيعة ومع المنظمات الدولية الأخرى لتعزيز الإدارة المستدامة للأراضي الرطبة العالمية.

تعزز الاتفاقية أيضًا من *الاستخدام الرشيد* للأراضي الرطبة كعنصر أساسي في رسالتها، ويُعرف الاستخدام الرشيد بأنه "صيانة سماتها البيئية، ويتم الوصول إلى ذلك من خلال تطبيق منهجيات الأنظمة البيئية، في سياق التنمية المستدامة". والاستخدام الرشيد هو الحفاظ على الأراضي الرطبة والاستخدام المستدام لها ولجميع الخدمات التي تقدمها، لصالح الانسان والطبيعة. وتشمل الجوانب العملية اعتماد سياسات وطنية للأراضي الرطبة؛ وضمان حصر الأراضي الرطبة، ورصدها والبحث فيها والتدريب والتعليم والتوعية العامة؛ ووضع خطط الإدارة المتكاملة في مواقع الأراضي الرطبة.[156]

الجدول 8-1: تصنيف خدمات النظم البيئية من الأراضي الرطبة[168]

الخدمات	خدمة النظام البيئي	مثال
الدعم	الإنتاج الأولي	التمثيل الضوئي في النباتات المائية ونباتات الأراضي الرطبة.
	تدوير المغذيات	أعلى قيمة اقتصادية إجمالية من جميع خدمات النظام البيئي للأراضي الرطبة[169] رغم أن هذه القيمة لا تتحقق بشكل عام في الوقت الحاضر.
	الحفاظ على التنوع البيولوجي	يوجد في منطقة الأمازون حوالي 6000 إلى 8000 نوع من الأسماك،[170] و850 نوعًا في نهر ميكونغ.[171]
	وظيفة الحضانة	مرتع خصب لتكاثر الأنواع المائية الهامة للأغراض التجارية والمعيشة على حد سواء.
	تكوين التربة	تدعم الرواسب في نهر ميكونغ أكثر من 50 في المائة من إنتاج مواد الأغذية الأساسية في فيتنام.[172]
	الإنتاجية البحرية	تحافظ الرواسب التي تجرفها الأنهار أيضًا على النظم البيئية البحرية. وفي كل عام، تتسبب 500–1000 مليون طن من الطمي في نهري الأمازون وأورينوكو[173] في إنشاء ضفاف طمي ضخمة[174] تدعم أشجار المنغروف.[175] وتحافظ على مصايد الأسماك ذات الإنتاجية العالية.[176]
	إعادة تغذية طبقات المياه الجوفية	تعتبر الأراضي الرطبة الدائمة موردًا رئيسيًا لإعادة تغذية طبقة المياه الجوفية، والتي غالبًا ما تكون الخيار الأقل تكلفة لتحقيق الاستقرار وضمان الإمداد.[177]
الإشراف	صيد الأسماك والأنواع الأخرى	يتجاوز صيد الأسماك الأفريقية من أسماك المياه العذبة 2.5 مليون طن سنويًا؛[178] وتنتج دلتا النيجر 40–80000 طن / سنة.[179] ويصل إنتاج نهر ميكونغ إلى 2 مليون طن سنويًا؛[180] ويوفر 80 في المائة من البروتين الحيواني في كمبوديا.[181] ومع ذلك فإن مصائد الأسماك معرضة للخطر: 4 من أصل 11 نوعًا يتم صيدها لأغراض تجارية في البحيرات الكبرى في أمريكا الشمالية أصبحت الآن منقرضة.[182]
	جمع النباتات	يُجمع الكثير من أنواع المياه العذبة للأغذية والأعلاف.[183]
	جمع المواد	يُستخدم البردي والغاب والأسل، وما إلى ذلك للتسقيف وصنع الأدوات والتسييج، وما إلى ذلك.
	رعي الماشية	غالبًا ما تكون الأراضي الرطبة مراعي مثمرة للغاية، وتوفر الرعي الموسمي للرعاة ومربي الماشية في المزارع.
	زراعة المحاصيل	تدعم التربة الخثية الخصبة الزراعة المنتجة.
	مصدر الطاقة	الطاقة الكهرومائية مصدر مهم للطاقة. يتم ضغط وتحويل البردي إلى قوالب وقود في رواندا. ولا يزال قطع الخث وقودًا محليًا هامًا للغاية في أجزاء من أيرلندا واسكتلندا.
	المواد الخام	تُجمع أخشاب الوقود وأخشاب البناء من الغابات الشاطئية.
	الدواء	غالبًا ما تُستخدم أنواع النباتات الموجودة في المياه العذبة كأدوية.
التنظيم	الفيضان	تمتص الأراضي الرطبة مياه الفيضانات، مما يساعد على الحد من مخاطر الكوارث.[184]
	الحماية من العواصف	تبطئ الغابات الشاطئية والأراضي الرطبة الموسمية الفيضانات وتحمي مجتمعات مصبات الأنهار.[185]
	احتجاز الكربون	تعتبر الأراضي الرطبة والأراضي الخثية على وجه الخصوص من أكبر مستودعات الكربون في العالم،[186] حيث تحتوي على ما يصل إلى 1300 طن من الكربون لكل هكتار.[187]
	الاستقرار المناخي	يساعد التبخر من البحيرات على تقليل الظواهر المناخية المتطرفة.
	توفير المياه	تزيد بعض أنواع الغابات، بما في ذلك الغابات الغيمية الجبلية[188،189] وبعض غابات أشجار الكافور القديمة،[190] من صافي تدفق المياه.
	تنقية المياه	توفر مستجمعات المياه والأراضي الرطبة للغابات مياه أكثر نقاءً، مما يقلل الحاجة إلى معالجة المياه.[191]
الثقافة	الترفيه	من المكمن أن تكون الأراضي الرطبة مناطق جذب سياحي، حيث تجذب دلتا أوكافانغو في بوتسوانا 120000 سائح سنويًا.[192]
	الجوانب الثقافية والفنية	ألهمت البحيرات والأنهار الفنانين والموسيقيين والكتاب.
	الجوانب الروحية	تمتلك الكثير من الأراضي الرطبة قيمًا مقدسة محلية أو تعد مواقع حج هامة، مثل البحيرات المقدسة عالية الارتفاع في الهند.[193]
	العلوم والتعليم	توفر المياه العذبة مراكز وتعليمة بحثية هامة.

الأسباب غير مباشرة لانعدام الأمن المائي

تناول القسم أعلاه بعض الأسباب المباشرة وراء انعدام الأمن المائي مثل سوء إدارة الري والإنتاج الحيواني والطلب من الصناعة والطاقة والقطاعات الحضرية والتلوث وتشييد السدود والتغير المناخي والنمو السكاني. ونناقش أدناه بعض الأسباب غير المباشرة:

1. اتباع نهج مجزأ في إدارة المياه
2. السياسات ونماذج الأعمال التي تدفع أنظمة الإدارة كثيفة الاستخدام للمياه
3. أنماط التداول والتسعير التي تشكل حوافز ضارة
4. التغيرات الديمغرافية والتوسع الحضري السريع
5. التغير المناخي

1. اتباع نهج مجزأ في إدارة المياه

غالبًا ما يؤدي استخدام المياه في قطاع واحد، دون وجود سياسة متكاملة للمياه،[194] إلى آثار سلبية خطيرة. ومن الأمثلة البارزة على ذلك بحر آرال في آسيا الوسطى، الذي انخفض حجمه بحلول عام 2016 إلى عشر حجمه الذي كان عليه في عام 1961؛ بسبب تحويل رافدي النهر من أجل الري.[195] وقد انخفض حجم مساحة بحيرة تشاد في أفريقيا بأكثر من 90 في المائة في السنوات الأربعين الماضية بسبب الجفاف والري.[196] وعلى العكس من ذلك، فإن فوائد النهج المتكاملة أو "المترابطة" لإدارة المياه معروفة منذ قرن، مع وجود بعض الأمثلة البارزة التي تبين الطريق.[197]

على الرغم ذلك، لا يزال التعاون على نطاقات كبيرة نسبيًا نادرًا. ويميل تخطيط المياه (حينما يحدث على الإطلاق) إلى اتباع نهج مجزأ أو معزول، تتنافس فيه قطاعات مختلفة (وحتى أفراد مختلفون داخل قطاع واحد) بدلاً من التعاون على حساب الصالح العام.

2. السياسات ونماذج الأعمال التي تدفع أنظمة الإدارة كثيفة الاستخدام للمياه

يؤدي التركيز على الزراعات الأحادية في الزراعة الحديثة إلى زيادة استخدام المياه والآثار المترتبة على ذلك (انظر الفصل 7). على سبيل المثال، زادت المساحة المخصصة لفول الصويا عشرة أضعاف في السنوات الخمسين الماضية لتصل إلى أكثر من مليون كيلو متر2وهي منطقة تعادل فرنسا وألمانيا وبلجيكا وهولندا مجتمعة.[199] ويتمثل النمو بشكل رئيسي في أمريكا الجنوبية؛ حيث نما الإنتاج بنسبة 123 في المائة بين عامي 1996 و2004.[200] وتشير التوقعات إلى زيادة أخرى بنسبة 140 في المائة لتصل إلى 515 مليون طن بحلول عام 2050.[201] وتُروى زراعة فول الصويا بالأمطار في أمريكا الجنوبية وزراعة مروية في أماكن أخرى.[202] ومن المرجح أن يستمر التحول على نطاق واسع إلى زراعة فول الصويا المكثفة في تقليل توافر المياه.[203] وتتأثر جودة المياه أيضا بتآكل التربة والمخلفات الكيميائية الزراعية نتيجة للاستخدام المكثف لمبيدات الآفات، على النحو الموثق في حقول فول الصويا في الأرجنتين.[204] ومع ذلك، فإن فول الصويا عمل تجاري تصل قيمته إلى مليارات الدولارات، ويباع كمنتج عالي القيمة كعلف الحيوان. ولا تستطيع نظم الإنتاج البديلة التي تستخدم موارد المياه بكفاءة أعلى أن تتنافس اقتصاديًا مع فول الصويا، خاصة عندما يكون سعر المياه منخفضًا.

تضغط المحاصيل الأخرى على النظم الهيدرولوجية. وتوصل تحليل اخرى في تايلاند إلى أن إنتاج الأرز (غير المقشور) قد استهلك القدر الأكبر من المياه؛ يليه الذرة وقصب السكر والمنيهوت. ويضع إنتاج محصول أرز ثانٍ بعض مستجمعات المياه تحت ضغط كبير.[205] ويؤدي تجفيف الأراضي الخثية للرعي وزرع المحاصيل الزراعية إلى تقليل قدرتها على الاحتفاظ بالمياه، مما يؤدي إلى زيادة نقص المياه في فترات الجفاف وذروة الفيضانات في فترات سقوط الأمطار.[206]

وتلقى زيادة الواردات من المنتجات الزراعية التأييد كحل واحد للبلدان التي تعاني من ندرة المياه. وقد توفر هذه الإستراتيجية حلاً مستدامًا إذا ما زُرعت المحاصيل في البلدان الغنية بالماء. ولكن إذا ما كانت تبدد إمدادات المياه الشحيحة، وتتسبب في حرمان المجتمعات الفقيرة وتدهور الأراضي وتزيد من الإجهاد المائي، ينبغي اعتبارها غير مستدامة بيئيًا واجتماعيًا.

© Peter Hershey

الإطار 8-4: الإدارة المتكاملة للأراضي والموارد المائية في سهل شمال الصين

تسبب الري المكثف في شمال الصين إلى انخفاض كبير في تدفق الأنهار في حوض نهر هاي، وأدى إلى استنزاف المياه الجوفية بشكل خطير بسبب استخدام مضخات الري. وقد حددت حكومة الصين الحاجة إلى اتخاذ إجراءات عاجلة ترمي إلى استعادة الموارد المائية والحد من الإفراط في الاستغلال. ودعمت جهة الاتصال للمياه الدولية التابعة لمرفق البيئة العالمية جهودًا رئيسية لعمليات الاستعادة مما يسلط الضوء على ثلاث عمليات رئيسية في الإدارة المتكاملة للمياه: (1) تشكيل لجان وطنية مشتركة بين الوزارات؛ (2) تحليل حالة النهر أو حوض المياه الجوفية، واستخدامات مختلفة لقطاع المياه، والنزاعات، والتوقعات المستقبلية؛ (3) وضع برنامج إستراتيجي للسياسات وللإصلاحات والاستثمارات القانونية والمؤسسية، من خلال عمليات مشاركة لأصحاب المصلحة المتعددين عبر القطاعات لتحقيق التوازن بين الاستخدامات المتنافسة، والتفاوض بشأن الموازنات، وإقامة شراكات العمل.[198]

وكان مشروع إدارة مياه نهر هاى الذى دام لسبع سنوات رائدًا فى إصلاحات إدارة المياه والأراضي لتحسين نوعية المياه فى النهر ومستودعات المياه الجوفية، والحد من استخدام المياه فى الري. حيث فرض رسومًا أعلى على مياه الري؛ ونظام جديد لتخصيص/ توزيع المياه بموجب القانون الصيني استنادًا إلى تقديرات التبخر –نتح بدلاً من كميات السحب القياسية؛ واستخدم تقنية الأقمار الصناعية لدعم إصدار مخصصات المياه وإنفاذها؛ وغيرها من تقنيات الري الموفرة للمياه بهدف إعادة التوازن بين الأمن الغذائي والمائي والأهداف البيئية في الحوض. وشمل المشروع تدابير لتحسين نوعية المياه، وتطوير قدرات لجنة موارد مياه الأحواض، واستخدام بطاقات الصراف الآلي لفرادى المزارعين. وكانت نسب الضخ محدودة لضمان توفير المياه؛ فبمجرد استنفاد نسبة الفرد، لا يمكن ضخ المزيد من المياه. واستخدمت بيانات الأقمار الصناعية في تقديرات التبخر والبخر – نتح (المقدرة على مقياس 30 على 30 متر) مع نماذج محاكاة لتحديد النسب المخفضة لروابط مستخدمي المياه التي يقودها المزارعون والتي وزعت الحصص على أكثر من 100,000 أسرة من المزارعين. كما ساعدت خدمات الإرشاد الزراعي من خلال التوصية بممارسات تحقيق وفورات المياه الخضراء في المزرعة، والممارسات الإدارية المُثلى (مثل تغطية التربة، وأنماط زراعة المحاصيل، وتقنية الري بالتنقيط)، وزراعة محاصيل بديلة لزيادة دخل المزارعين. وقد ارتفع دخل الفرد بعد سبع سنوات بنسبة 193 في المائة، وزادت كفاءة استخدام المياه بنسبة 82 في المائة، وانخفض الاستخدام الاستهلاكي بنسبة 27 في المائة. وساعدت هذه الوفورات في المياه على تحقيق الاستقرار في سحب طبقة المياه الجوفية وإتاحة المزيد من المياه لعمل النظام البيئي.

وشجع نجاح هذا المشروع حكومة الصين على إدخال نظام الاستشعار عن بعد/ الحقوق المائية/ تخصيص المياه لجميع نسب المياه الجديدة. وأدى ذلك إلى تطبيق نظام التخصيص القائم على تقديرات التبخر والنتح في كامل حوض بحيرة تاريم ومشروع لاحق يموله مرفق البيئة العالمية والبنك الدولي بالصين لكل نظام حوض هاي. وشملت الإنجازات الأخرى للمشروع إبرام اتفاقيات رسمية بين الوزارات التي لم تعمل مع بعضها البعض من قبل، ونظامًا لإدارة المعرفة أنشئ من أجل لجنة الحوض الذي أعيد إنشاؤه. وفي النهاية، تبين أن تحديد أهداف المشروع بما يتفق مع سياسة مرفق البيئة العالمية هو قياس وتقييم بالغ الأهمية للتقدم على مدار الوقت.

3. أنماط التداول والتسعير التي تشكل حوافز ضارة

يعد الاستيلاء على الأراضي، الآخذ في الازدياد، استيلاءًا على المياه عندما تصاحب استحواذات المستثمرين الأجانب واسعة النطاق ضمانات المياه.

يناقش الفصل الخامس الاستيلاء على الأراضي أو الاستحواذ على الأراضي على نطاق واسع من أجل الصادرات الزراعية، ولكن هناك مسألة هامة ذات صلة، وهي قيمة صادرات المنتجات الزراعية في شكل "المياه الافتراضية" (التدفق الخفي للمياه الذي تنمو عليه الأغذية التي يتم تصديرها) . ويعد الاستيلاء على الأراضي استيلاءًا ايضًا على المياه[207] وذلك عندما تكون حيازات المستثمرين الأجانب الشاسعة مقرونة بضمانات للمياه، وهو ما يحدث على نحو متزايد.

وتتزايد تجارة المياه الافتراضية، ويتغير هذا التوازن التجاري المحدد بين البلدان بمرور الوقت. فالصين، التي كانت حتى وقت قريب مصدرًا صافيًا للمياه الافتراضية المتصلة بالتجارة في المنتجات الحيوانية والنباتية غير الصالحة للأكل المستخدمة في التصنيع، أصبحت الآن أكبر مستورد للمياه الافتراضية في العالم لنفس هذه المنتجات.[208] وقد يؤدي ذلك إلى نزوح صغار المزارعين وتسارع تدهور الأراضي وإساءة استخدام الموارد المائية، إلى جانب نشوء نزاعات في المصب أو في المياه الجوفية، خاصة عندما تكون المؤسسات الضعيفة غير قادرة أو غير راغبة في تنظيم استخدام المياه. ويعد تحكم الشركات فى المياه من الموضوعات الخلافية والمسيسة بشكل متزايد.[209] وتقلل سياسات التسعير، مثل تلك السياسات التي تنفذها شركات التجزئة الغذائية الرئيسية للحد من أسعار المواد الغذائية للمستهلكين، من أرباح المزارعين وتشجع على الاستخدام غير المستدام كالري المكثف.

4. التغير الديمغرافي والتوسع الحضري

من المسلم به أن تزايد عدد السكان يؤدي في الغالب إلى وضع الموارد المائية تحت ضغط.[210] يأتي موضوع التحركات الديموغرافية تحتل نفس أهمية الأعداد الإجمالية، وتحدث تلك التحركات إما بالتدريج من خلال التوسع الحضري والهجرة الاقتصادية، أو الإنتقال السريع للسكان نتيجة للكوارث أو الحروب أو الصراعات الداخلية. ويمثل التوسع التحضري مسألة عالمية في الوقت الراهن. ويعيش ما يقرب من نصف سكان المدن العالمية في مستوطنات صغيرة نسبيًا يقل عدد سكانها عن 500000 نسمة في حين يعيش واحد من بين كل ثمانية سكان تقريبًا في 28 مدينة ضخمة تضم أكثر من 10 ملايين نسمة. وحتى وقت قريب، كانت معظم أكبر المدن العالمية في الشمال، ولكن تتركز اليوم المدن بشكل متزايد في الجنوب. وتعد المدن متوسطة الحجم من المراكز الحضرية الأسرع نموًا المدن والمدن متوسطة الحجم التي يقل تعداد سكانها عن مليون نسمة التي تقع في آسيا وأفريقيا.[211]

تضرب أفريقيا مثالاً رائعًا على التوسع الحضري وأثره على المياه. ففي عام 1960، لم يكن هناك سوى 11 مدينة في أفريقيا تضم أكثر من نصف مليون نسمة، منها وخمسة مدن فقط في أفريقيا جنوب الصحراء الكبرى، الأفريقية كانت معظمها ريفيه. وبحلول عام 2015، كانت هناك 84 مدينة من هذه المدن جنوب الصحراء الكبرى، ومنها مدن كبرى مثل لاجوس التي يعيش فيها أكثر من 13 مليون نسمة. ومن المتوقع أن يكون هناك أكثر من 140 مدينة بحلول 2030.[212] وتشير التقديرات الحالية إلى أن المقيمين الجدد في المناطق الحضرية في أفريقيا سيزيدون بأكثر من 300 مليون نسمة في الفترة ما بين عامي 2000 و 2030؛ أي أكثر من ضعف النمو السكاني في المناطق الريفية.[213] وتوفر الأراضي الرطبة و مستجمعات المياه خدمات الإمداد (مثل الأغذية والمياه والمواد الخام) والخدمات التنظيمية (مثل مكافحة الفيضانات واستقرار المناخ) لسكان المناطق الحضرية. ولكن في جميع أنحاء أفريقيا، يزحف التوسع الحضري على كل من نوعي الخدمات إما بشكل مباشر من خلال التوسع الحضري بتجفيف الأراضي الرطبة للإسكان، أو لأن الكثافة السكانية تزيد من الضغط على الموارد الطبيعية، مما يزيد من إنتشار المزيد من الملوثات وتتسبب في دخول الأنواع الغازية وتتطلب المزيد من المياه من أجل الزراعة والصناعة والاستخدام المنزلي.

الإطار 8-5: المياه والمدن الأفريقية

يضغط التوسع السريع في المناطق الحضرية وشبه الحضرية في الكثير من المدن الأفريقية على موارد المياه المحيطة، في الوقت الذي تحتاج فيه خدمات النظام البيئي إلى هذه الموارد أكثر من أي وقت مضى. فعلى سبيل المثال، يهدد التوسع الحضري السريع وإزدهار صناعة البستنة يهددان الأراضي الرطبة في خليج لوتيمبي حول كامبالا بأوغندا. وخليج لوتيمبي، وهو موقع لرامسار، قد تم إستقطاعه تماماً من بقية بحيرة فيكتوريا بجزيرة من البردى. ترشح مستنقعات الطمي والرواسب والمغذيات الزائدة من جريان المياه السطحية والصرف الصحي والمخلفات الصناعية. ولكن يتم فقد الأراضي الرطبة بسرعة بسبب الزراعة والبستنة؛ وقد قامت شركة بستنة بردم بعضها بشكل غير قانوني في عام 2013.[214] وبالمثل، فإن الأراضي الرطبة حول مدينة هراري هي مصدر المياه لنصف سكان البلد، وشحن منسوب المياه الجوفية، وترشيح المياه وتنقيها (مما يقلل من تكاليف تنقية المياه)، وتمنع الطمي والفيضانات، وتوفر مستجمعات للكربون ذات قيمة عالية، كما إن الأراضي الرطبة هي محمية هامة للطيور، وأيضًا إحدى مواقع رامسار. ومع ذلك، تضررت هيدرولوجية المنطقة نتيجة لتغير استخدام الأراضي والزراعة غير الرسمية والتلوث بالأسمدة والاستخدام المكثف للآبار التجارية مما أدى إلى انخفاض متوسط منسوب المياه من 15 إلى 30 مترًا خلال السنوات الـ 15 الماضية . ويعد تطوير القدرات وإذكاء الوعي بين مخططي المدن والموظفين الحكوميين بأهمية حماية الأراضي الرطبة أولوية

5. التغير المناخي

يؤدي التغير المناخي السريع إلى تفاقم جميع جوانب انعدام الأمن المائي المذكورة أعلاه تقريبًا. وسيعود التغير المناخي بآثار مضاعفة على إمدادات المياه، بما في ذلك ذوبان الثلاجات والقمم الجليدية وتغيرات في الثلوج والأمطار وتقلبات في أنماط الطقس على نحو متزايد، وزيادة الظواهر المناخية الحادة. ومن المرجح أن تزداد ندرة المياه بشكل عام.[216] وقد خلص الفريق الحكومي الدولي المعني بالتغير المناخي (بأدلة قوية وإتفاق عام) إلى أنه من المحتمل أن يقلل التغير المناخي من موارد المياه السطحية والجوفية المتجددة في معظم المناطق شبه الاستوائية الجافة. وعلى العكس من ذلك، من المحتمل أن يزداد توافر المياه في خطوط العرض الأعلى. وستتغير أيضًا تركيبة وبنية ووظيفة الكثير من الأراضي الرطبة، كما ستواجه الكثير من أنواع المياه العذبة مخاطر انقراض متزايدة.[217]

نهج متكامل للأمن المائي العالمي

ثمة حاجة ماسة إلى اتباع نهج جديدة لإدارة الموارد المائية.[218] ويشمل الهدف 6 من أهداف التنمية المستدامة بشأن المياه والصرف الصحي التركيز على تحسين نوعية المياه (الهدف 6-3) وحماية النظم الإيكولوجية المتصلة بالمياه واستعادتها (الهدف 6-6). كما يمثل تحسين إدارة المياه عنصرًا بالغ الأهمية في الهدف 2 من أهداف التنمية المستدامة، وفي الأمن الغذائي، وهدف التنمية المستدامة 15 لمكافحة التصحر ووقف تدهور الأراضي وعكس اتجاهه ووقف فقدان التنوع البيولوجي. ويركز هذا النهج المترابط على كفاءة النظام وليس على إنتاجية القطاعات المنفصلة، وذلك عن طريق الحد من المقايضات والحصول على فوائد إضافية تفوق تكاليف المعاملات المرتبطة بتكامل أقوى بين القطاعات. ومن شأن هذه المكاسب أن تعجل بالتقدم نحو التنمية المستدامة وتشجع الحكومات والقطاع الخاص والمجتمع المدني على تعزيز الأمن المائي.[219]

لا يعد بلوغ الحد الأقصى من الأمن المائي مجرد إصلاح تقني ولا مسؤولية قطاع واحد بعينه، حيث يتطلب مجموعة من الاستجابات المتعلقة بتوفير المياه ونوعيتها للاستخدامات البشرية؛ وإدارة موارد الأراضي، خاصةً التربة؛ وحماية الأراضي الرطبة ومستجمعات المياه عند الضرورة؛ وتنظيم تدفق المياه وتوافرها على المدى الطويل.[220] وتشمل العناصر الرئيسية لاتباع منهج متكامل لإدارة المياه ما يلي:

لا يعد بلوغ الحد الأقصى من الأمن المائي مجرد إصلاح تقني ولا مسؤولية قطاع واحد بعينه.

- **إدارة الموارد المائية من خلال الإدارة المستدامة للأراضي، وخاصة حماية الزراعة**
- **استعادة النظم البيئية الطبيعية للسلع والخدمات المتصلة بالمياه**
- **العمل نحو الوصول إلى مدن مستدامة**
- **إصلاح السياسات على المستوى المحلي والوطني والدولي**

لا يمكن أن تدار النظم النظم الإيكولوجية المتصلة بالمياه بشكل منفصل حيث تتصل أحواض المياه أو مستجمعات المياه عبر مساحات شاسعة، وفي النهاية تعمل دورة المياه في الطبيعة كنظام واحد. تشجع الإدارة المتكاملة للموارد المائية (IWRM)[221] التنمية والإدارة المنسقة للمياه والأراضي والموارد ذات الصلة لتعظيم الرفاه الاقتصادي والاجتماعي بشكل عادل دون الإخلال بعمل واستدامة المناطق الطبيعية.

إدارة الموارد المائية من خلال الإدارة المستدامة للأراضي

ينطوي الريّ على تكاليف مرتفعة مقابل المياه، ولكنه يأتي أيضًا بعوائد مرتفعة مقابل إنتاج المحاصيل. ففي الولايات المتحدة، يتم ريّ ما نسبته 7.5 في المائة من أراضي المحاصيل والمراعي، وتنتج 40 في المائة من القيمة الزراعية وتمثل 80 إلى 90 في المائة من استخدام المياه المستهلكة.[222] ومن الواضح أن تعظيم كفاءة تقنيات الري وتطبيقها يعد أولوية للتركيز على جميع جوانب الري من الحصول على المياه من مصادرها وتوزيعها إلى ضخها في الحقول. وحتى الزيادات الصغيرة في إنتاجية المحاصيل مقابل المياه بالمناطق محدودة الهطول المطرى سيكون لها آثار هامة على كل من الإنتاجية الغذائية الكلية وتوفير المياه.[223] بالإضافة إلى ذلك، يوجد عدد من ممارسات إدارة الأراضي التي أثبتت فعاليتها من حيث التكلفة والتي تحد من الهدر وتحافظ على المياه في الزراعة، بينما تقدم فوائد إضافية للبيئة والإنتاجية على المدى الطويل (انظر الجدول 8-2). ويعزى عدم تعميم هذه الممارسات على نطاق أوسع إلى عوامل مثل الافتقار إلى القدرة أو الاستثمار والإعانات واللوائح وغيرها من الحوافز الضارة التي تثبط الاستخدام الفعال. وتلعب أيضًا العادات الثقافية والدينية في بعض البلدان جزءًا منها، على سبيل المثال، العزوف عن استخدام المياه الرمادية.

كانت الإدارة المتكاملة للموارد المائية أحد التطلعات لعقود، ولكنها فشلت في كثير من الأحيان أثناء التطبيق بسبب المصالح القطاعية الراسخة والحواجز السياسية والحكومية، والإخفاق في توليد شعور بالمسؤولية الجماعية. وكان مديرو المياه يركزون عادة على إدارة المياه بمعزل عن بعضهم البعض، في حين تعتمد الإدارة الجيدة للمياه إلى حد كبير على إدارة الأراضي على نحو مستدام.[243] ولا يزال المفهوم الأوسع للإدارة المتكاملة للأراضي والموارد المائية يكتسب رواجًا كما يتجلى في التطبيقات المتزايدة في جميع أنحاء العالم.

ومن بين الأمثلة الكثيرة على ذلك هناك الصين، مشروع الإدارة المتكاملة للمياه لحوض مياه نهر هاي الذي استمر لسبع سنوات وكان رائدًا في إصلاحات إدارة المياه والأراضي لتحسين نوعية المياه في النهر وخزانات المياه الجوفية والحد من استخدام المياه في الري.[245] ويصف المشروع بعض العناصر الأساسية لإعداد برنامج وطني لحفظ المياه، بما في ذلك منظمة مركزية ذات قوانين شاملة للمياه؛ والتخطيط الإقليمي لاستخدام الأراضي والمياه على مستوى مستجمعات المياه؛ وأطر عمل اتخاذ القرار على أساس إمدادات المياه والطلب على المدى الطويل؛ والبحوث المناسبة والإيضاح وخدمات الإرشاد؛ ونظام إدارة الطلب؛ ومراقبة جودة المعدات؛ وتعزيز روابط مستخدمي المياه؛ وعند الحاجة، إصلاح الأراضي والائتمان الزراعي لأغراض الري.

الجدول 8-2: بعض الأمثلة على نهج توفير المياه في الزراعة

التقنية	التفاصيل
زيادة توافر/ كفاءة المياه	
تحسين البنية التحتية	تسبب قنوات الري والخنادق التي أنشئت بشكل سيء وتتسرب منها المياه تشبع التربة بالمياه والخسارة في الإنتاج. ورغم كون الأنابيب أكثر كفاءة إلا أنها أكثر تكلفة.
تحسين نظم الري	تعتبر شبكات قنوات الأرض أقل كفاءة، تليها القنوات المبطنة، وأنابيب الضغط، والري بالخراطيم، ونظم صنابير الرش، ورشاشات المياه الدوارة، والري بالتنقيط: حيث تتراوح الكفاءة بين أقل من 40٪ إلى 80-90٪.[224]
الزراعة الحافظة للموارد	تجمع بين الحد الأدنى من الحرث مع المحاصيل الغطائية والتغييرات في الدورات الزراعية للحد من التبخر، والجريان، والتآكل[225]
الزراعة العضوية	هو نظام الإنتاج الذي يعتمد على العمليات البيئية والتنوع البيولوجي والدورات التي تتكيف مع الظروف المحلية وتجنب استخدام الأسمدة الاصطناعية والمبيدات الحشرية، والكائنات المحورة وراثيًا وهرمونات النمو والمضادات الحيوية.[226][227] يرى البعض أن هذا يزيد من إعادة تدوير المواد المغذية ويزيد من المادة العضوية للتربة، وبالتالي تعزيز قدرة التربة على الاحتفاظ بالمياه[228]
الزراعة البيئية	تشدد على استعادة خدمات النظام البيئي والتنوع البيولوجي، وزيادة الدعم المقدم لخدمات النظم البيئية المتصلة بالمياه
الزراعة الحراجية	خلط الأشجار والمحاصيل الزراعية الأرضية لحفظ المياه عن طريق الحد من التبخر والنتح. فقد خُفِض تبخر التربة في كينيا بنسبة 35٪.[229]
إدارة الري التشاركية	يمكن أن يزيد التعاون بين المستخدمين من الكفاءة، حيث حُقِقت وفورات في التكاليف في نيوزيلندا بنسبة وصلت إلى 65٪ من خلال السيطرة المحلية.[230]
جمع مياه الأمطار	توجد خيارات مختلفة للقيام بذلك، كاستخدام القنوات التي تصب في أحواض مفتوحة إلى المرتفعات المغطاة بطبقة رقيقة والتخزين تحت الأرض.[231]
الحراثة على المنحدرات والمصاطب والمدرجات	تستخدم بشكل تقليدي للحد من تآكل التربة وزيادة كفاءة الاحتفاظ بالمياه.[232]
تغطية التربة	تقلل من فقدان المياه وتحسن إنتاج المحاصيل؛ وكثيرًا ما تكون جدواها مقيدة بالافتقار لمواد تغطية التربة (على سبيل المثال بسبب الحرق أو الرعي على جذور الزراعة بعد الحصاد).[233]
سلالات البذور المبكرة والكفاءة العالية في استخدام المياه	هناك ثلاثة عوامل هامة في هذا الصدد: الحد من الخسائر؛ زيادة الكتلة الإحيائية للمياه المتوفرة؛ وتقسيم المزيد من الكتلة الإحيائية على المنتج المحصود.[234] على سبيل المثال، يمكن للسلالات التي تم بذرها في وقت مبكر أن تنمو في أوقات باردة تتبخر فيها كميات أقل من المياه.
المضخات	يمكن أن ترفع المياه الجوفية وتحافظ على الإنتاجية على مدار العام في البلدان ذات الموسم الرطب والجاف الواضح. وتعد المضخات التي تدار بالقدم نظامًا بسيطًا ورخيصًا.[235]
الحد من استخدام المياه	يمكن خفض الري في بعض الأحيان دون خفض إنتاج المحاصيل.[236]
نصوص التنبؤات الجوية	أدى استخدام الهواتف النقالة لتبادل النصوص بشأن التنبؤات الجوية بأوقات الزراعة إلى تحسين كفاءة استخدام المياه في بلدان حوض النيجر.[237]
تنبيهات محطة الإذاعة من المطر أو الجفاف	اشترك 915 من رؤساء القرى والعديد من المحطات الإذاعية في السنغال في خدمة تغطي ما يصل إلى نصف سكان البلد.[238]
استخدام المياه المستعملة ومياه الصرف الصحي المعالجة	يمكن استخدام مياه الصرف المنفصلة عن النفايات السائلة الصناعية في الري؛ حيث بإمكان مياه الصرف التي استعملها 100,000 شخص أن تروي حوالي 1,000 هكتار باستخدام أنظمة فعالة.[239]
أجهزة استشعار الرطوبة والرطوبة النباتية، محاكاة نمو المحاصيل على الكمبيوتر	أدى استخدامها إلى الحد من فقد المياه بنسبة 20٪ في جنوب أفريقيا.[240] وتتيح التكنولوجيا، مثل الزراعة الدقيقة فرصًا هائلة لزيادة الكفاءة ولكنها تتطلب الاستثمار؛ حيث أن أقل من 10٪ من المزارع الأمريكية تستخدم هذه الأساليب[241]
تقليص الحاجة إلى المياه	
اختيار المحاصيل	تجنب المحاصيل التي تتطلب احتياجات كبيرة من المياه في المناطق القاحلة أو شبه القاحلة. اختيار المحاصيل المعمرة التي تربط التربة وتحفز أنظمة الفطريات الجذرية.
الزراعة المراعية للمناخ	الخلط بين الكثير من الأساليب والتقنيات المذكورة أعلاه مع التركيز على الممارسات المحلية الملائمة للمناخ.
دعم المزارعين	
التأمين على مؤشر المناخ	يمكن أن تقدم المصارف خدمات مالية مراعية للمناخ لسلاسل القيمة الزراعية الملائمة للمناخ.[242]

الإطار 8-6: جمع مياه الأمطار في البرازيل[244]

يتسم الشمال الشرقي للبرازيل بأنه منطقة شبه قاحلة، يعاني من نقص حاد في المياه وحالات جفاف تساهم في تخلف المنطقة. وأطلقت جماعات المجتمع المدني "برنامج حصاد مياه الأمطار المليوني" في المنطقة، مستهدفةً الأسر الريفية التي تعاني من عدم وجود مصدر آمن لمياه الشرب بالقرب من مسكنهم. وبحلول ديسمبر2007، تم حشد228541 أسرة، وإنشاء 221514 من أنظمة حصاد المياه وتدريب 5848 عامل في إطار البرنامج. وكان الهدف من هذا البرنامج هو بناء مليون وحدة من أنظمة حصاد مياه الأمطار لتوصيل المياه الصالحة للشرب إلى مليون أسرة بشكل لا مركزي. وقد استفاد من هذا البرنامج النساء بصفة خاصة لأنه خفض من عملهن اليومي في جلب المياه. وشهدت البرازيل في 2012 واحدة من أشد حالات الجفاف المسجلة على الإطلاق، مما تسبب في خسائر كبيرة في المحاصيل والأبقار، وخفض عدد الخزانات إلى مستوى حرج. وقد لفت الجفاف انتباه مختلف صناع القرار والخبراء ووسائل الإعلام الدولية والمحلية، فضلاً عن السكان. وقد استهدفت البرازيل منذ ذلك الحين الانتقال من الإدارة التفاعلية مع الأزمات إلى نهج قائم على إستباقية المخاطر.

حماية النظم البيئية الطبيعية واستعادتها

تغطي المناطق المحمية من مختلف الأنواع بالفعل حوالي 20.7 في المائة من البحيرات والأراضي الرطبة المتبقية في العالم.

يتطلب ضمان تقديم خدمات النظم البيئية للمياه العذبة في المستقبل مجموعة من الاستراتيجيات المنسقة، والتي تعمل على مستوى مستجمعات المياه أو مستجمعات الأمطار، وتتكامل مع إدارة النظم البيئية الأرضية المحيطة. بينما يشكل الاستثمار في البنية التحتيه اللازمة عنصرًا حاسمًا في هذه الإدارة،[246] وسوف يتعين أن يكون "للبنية التحتية الطبيعية"[247] أو "البنية التحتية الخضراء"[248] دور مركزي متزايد[249] في توفير الأمن المائي طويل الأجل للمجتمعات البشرية عن طريق الحفاظ على النظم البيئية للمياه العذبة الطبيعية.[250] فعلى سبيل المثال، يمكن أن توفر مستجمعات المياه الحراجية وبعض الأراضي الرطبة مياه أكثر نظافة من النظم البيئية الأخرى.[251] حيث تزيد بعض الغابات، مثل الغابات الجبلية الكثيفة،[252] من التدفق الصافي من مستجمعات المياه. كما توفر الغابات والأراضي الرطبة آليات تحكم هامة في الفيضانات عن طريق توفير مساحة لتبديد الفيضانات بشكل آمن والحد من معدل التدفق فضلاً عن خدمات النظم البيئية الهامة الأخرى.[253]

إدراك هذه الأدوار المتعددة أن النظم البيئية الطبيعية لم يعد ينظر إليها على أنها غير منتجة ومناسبة فقط للاستغلال البشري، ولكن على أنها عناصر أساسية للحفاظ على الصحة وسبل عيش للسكان. وهذا الإدراك هو الخطوة الأولى في تحقيق أمن مائي على المدى الطويل.

ولذلك، فإن للمناطق المحمية دورًا مركزيًا في نهج الإدارة المستدامة على مستوى مستجمع الأمطار،[254] على الرغم من أن كثيرًا ما يتم تجاهل تخصيص حماية للنظم البيئية للمياه العذبة في هذا الصدد.[255] وتغطي المناطق المحمية من مختلف الأنواع بالفعل حوالي 20.7 في المائة من البحيرات والأراضي الرطبة المتبقية في العالم[256] مما يساعد على صياغة سياسات المياه العامة، ويتيح إعادة التأهيل والاستعادة على نطاق واسع. ولهذه المناطق أهمية حيوية في استدامة خدمات المياه من خلال حماية نظم التدفق الطبيعي واستبعاد الأنواع غير الأصلية والحفظ الكامل للأحواض في بعض الأحيان.[257] إلا إن دمجها بشكل أكثر وعيًا ومركزية في نهج الإدارة المتكاملة للموارد المائية يعد أحد العناصر الهامة التي لا تزال مفقودة في إستراتيجيات المياه الوطنية.

ويوجد بالفعل الكثير من الأمثلة الجيدة على الدمج في الإدارة المتكاملة للموارد المائية، مما يظهر قيمة نهج مترابط في الحفظ والتنمية المستدامة. حيث توصلت مدن مثل نيويورك[259] و ملبورن[260] إلى أن حماية الغابات واستعادتها كمورد للمياه النظيفة بدلاً من الاستثمار في محطات تنقية جديدة هي طريقة فعالة من حيث التكلفة. وتوفر الغابات الكثيفة والأراضي الخثية

الإطار 8-7: استخدام مياه الصرف الصحي

سيساعد الاستخدام الرشيد لمياه الصرف في زراعة المحاصيل على حل ندرة المياه في القطاع الزراعي. وفي الوقت الذي نحتاج فيه إلى إنتاج المزيد من الغذاء لإطعام عدد متزايد من السكان، يمكن أن يستخدم المزارعون مياه الصرف إما بصورة مباشرة عن طريق الري، وبشكل غير مباشر عن طريق إعادة تغذية طبقات المياه الجوفية. ويجري استخدام مياه الصرف في تونس على نطاق واسع في مشاريع الزراعة الحراجية، التي تدعم الإنتاج الخشبي وكذلك جهود مكافحة التصحر. كما استخدمت مياه الصرف البلدية في المكسيك منذ فترة طويلة لري المحاصيل. وفي الماضي، ساعدت العمليات البيئية على الحد من المخاطر الصحية. وفي الآونة الأخيرة، أضيفت القيود على المحاصيل (يمكن زراعة بعض المحاصيل بأمان بمياه الصرف، في حين لا يمكن زراعة البعض الآخر) وتجهيز مرافق معالجة المياه إلى النظام. ويمكن استخدام مياه الصرف الصحي المدارة بالشكل الملائم بشكل آمن لدعم إنتاج المحاصيل – من خلال الري بشكل مباشر أومن خلال إعادة تغذية طبقات المياه الجوفية بشكل غير مباشر – ولكن يتطلب ذلك إدارة جيدة للمخاطر الصحية من خلال المعالجة الكافية أو الاستخدام الملائم.

© Will Parson/Chesapeake Bay Program

الجبلية العالية (paramos) في المناطق المحمية حول كيتو وتيغوسيغالبا إمدادات مائية عالية الجودة لهاتين المدينتين المهمتين في أمريكا اللاتينية.[261] كما يعتمد عدد متزايد من البلدان على المناطق المحمية ذات الموقع الإستراتيجي كجزء من سياساتها للحد من مخاطر الكوارث.[262] ويمكن أن تساعد حماية الأراضي الرطبة واستعادتها في الحد من فقدان الكربون وبالتالي التخفيف من آثار التغير المناخي، ولا سيما مخزونات الكربون الضخمة الموجودة في الأراضي الخثية المهددة بالخطر حاليًا.[263]

بالإرادة السياسية ومشاركة أصحاب المصلحة، يصبح إقامة وإدارة المناطق المحمية سياسة أو أداة تنظيمية مباشرة نسبيًا للحفاظ على البنية التحتية الطبيعية، وهي عادة ما تأتي مع الحماية القانونية أو العرفية المرتبطة بها لضمان الديمومة بدرجة ما إلى جانب سياسات التوظيف والقدرة والإدارة.[264] ومع ذلك، فإنه عادةً ما تكون المسؤولية عن الحفظ في معظم الأطر القانونية منفصلة عن المسؤولية عن الخدمات الأخرى والدفاع المدني، مما يعني أن الصلات المشتركة غالبًا ما تكون مفقودة عمليًا.

الإطار 8-8: حماية الغابات الطبيعية من أجل السيطرة على الفيضانات

تتسبب أنماط هطول الأمطار غير المنتظمة في الأرجنتين في معاناة البلاد من الفيضانات وحالات الجفاف على حد سواء. وفي ظل جميع سيناريوهات تغير المناخ، ستستمر هذه الظواهر الجوية الحادة وتكون أكثر تكراراً. وفي الوقت الراهن، غمرت مياه الفيضان ربع البلد، لا سيما في الشمال الشرقي، الذي يضم ثلاثة أنهار رئيسية (بارانا وباراغواي وأوروغواي) وسهول منخفضة واسعة وأكثر من نصف السكان. وقدم برنامج للحماية من الفيضانات أنشطة فعالة من حيث التكلفة لأهم المجالات الاقتصادية والبيئية وإستراتيجية لمعالجة الفيضانات المتكررة: صيانة تجهيزات الوقاية من الفيضانات، ونظم الإنذار المبكر منها، التوجيهات البيئية للمناطق المعرضة للفيضانات، وخطط طوارىء الفيضانات. وبالإضافة إلى ذلك، تم حماية مناطق واسعة من الغابات الطبيعية كجزء من نظام الوقاية من الفيضانات، مما يوفر بديلاً غير مكلف نسبيًا للبنية التحتية المكلفة مع فوائد عالية للحفاظ على التنوع البيولوجي.[258]

الإطار 8-9: خدمات المياه من المناطق المحمية

يعيش معظم سكان العالم في مجرى مستجمعات المياه الحرجية.[265] وهذا ما يوفر مياه ذات جودة أعلى من مستجمعات المياه الخاضعة لاستخدامات الأراضي البديلة، والتي غالبًا ما تحتوي على قدر أقل من الغطاء النباتي (وبالتالي حدوث المزيد من تآكل التربة والرواسب) ومن المرجح أن تكون أكثر تلوثًا (على سبيل المثال، بالمبيدات والأسمدة أو النفايات السامة).[266] وقد أدركت الشركات التي تعتمد على مياه عالية الجودة لسنوات عديدة: فعلى سبيل المثال، تستثمر شركة المياه المعدنية بيريه-فيتل في استعادة الغابات في مستجمعات المياه حيث تجمع المياه في فرنسا.[267] وتستمد ثلث أكبر المدن في العالم (33 من أصل 105) أكبر نسبة كبيرة من مياه الشرب الخاصة بها مباشرة من المناطق المحمية. وتحصل خمس مدن أخرى على الأقل في هذه المجموعة على المياه من مصادر تنبع من مستجمعات المياه البعيدة التي تحتوي على مناطق محمية؛ كما تحصل ثمانية مدن أخرى على الأقل على المياه من غابات تدار بأسلوب يعطي الأولوية لوظائفها البيئية في توفير المياه.[268] كما تعتبر العديد من المناطق المحمية بشكل أساسي من أجل قيمة الحياة البرية أو المناظر الطبيعية، ذات أهمية حيوية أيضًا لفوائدها المتعلقة بالمياه. فعلى سبيل المثال: يساعد منتزه يوسيميتي الوطني في ولاية كاليفورنيا الولايات المتحدة الأمريكية على إمداد سان فرانسيسكو. وتوفر الغابات الكثيفة في منتزه لا تيغرا الوطني في هندوراس أكثر من 40 في المائة من إمدادات المياه السنوية إلى العاصمة تيغوسيغالبا. ونحو 80 في المائة من سكان كيتو البالغ عددهم 1.5 مليون نسمة يحصلون على مياه الشرب من منطقتين محميتين.[26]

الإطار 8-10: إدارة المياه في جنوب افريقيا

تعد جنوب أفريقيا واحدة من بين 30 دولة تصنف على أنها الأكثر جفافًا في العالم. وفي حين يبلغ متوسط استخدام الفرد من المياه في اليوم 173 لترًا، يستخدم سكان جنوب أفريقيا 62 في المائة من المياه في المتوسط.[277] ومن أجل التوفيق بين الطلب والعرض، أحرزت جنوب أفريقيا تقدمًا كبيرًا في العقود الأخيرة لزيادة كفاءة استخدام المياه. حيث نشرت الحكومة أولاً في عام 1994 وثيقة بيضاء عن سياسة المياه والصرف الصحي، والتي أدت إلى إصدار القانون المتعلق بخدمات المياه لعام 1997. وثانيًا، شجع القانون الوطني للمياه رقم 36 لعام 1998 على اتباع نهج متكامل وغير مركزي لإدارة الموارد المائية أكد على أهمية الكفاءة الاقتصادية وحماية البيئة والعدالة وتمكين الناس.[278]

جنوب أفريقيا واحدة من بلدان قليلة في العالم تقدس الحق الأساسي في المياه الكافية في دستورها، حيث ينص الدستور على أن "لكل فرد الحق في الحصول على (...) ما يكفي من الغذاء والماء". وبناء على هذا الأساس، فإن كلا القانونين متكاملان ويوفران إطارًا للإدارة المستدامة للموارد المائية مع تمكين توصيل خدمة محسنة وعلى نطاق واسع. ويلزم القانون الوطني للمياه مديري المياه وصانعي السياسات بالتمتع بفهم دقيق للقيم الاقتصادية للمياه واستخداماتها المختلفة، فضلاً عن نظم المعلومات التي تدمج الأبعاد الهيدرولوجية والاقتصادية والاجتماعية لإمدادات المياه والطلب عليها في إطار نظام متكامل لإدارة الموارد المائية.[279]

وتساعد مخططات الدفع مقابل خدمات النظم البيئية على تزويد الأشخاص الذين يعيشون في المناطق التي تقدم خدمات المياه بالحوافز الاقتصادية للحفاظ على النظم البيئية التي تدار بشكل صحي أو طبيعي. ويتمثل أحد الأساليب في جمع رسوم استخدام من الأشخاص والشركات المستفيدين من مياه الشرب للمساعدة في مزايا مستجمعات المياه التي توفرها إدارة المناطق المحمية أو المجتمعات المحلية. وتعتبر هذه المخططات متزايد نماذج اقتصادية قابلة للتطبيق بشرط وجود مصدر محدد للتعويض (أولئك الذين يرغبون في دفع الرسوم)، وتكاليف منخفضة للتعاملات، وتدفقات جيدة للمعلومات، وطريقة لنقل المنافع بشكل متساوى بين الأفراد.[270]

لم تعد الحماية كافية وحدها. فالعالم فقد بالفعل الكثير من الأراضي الرطبة، وهناك حاجة إلى بذل جهود كبيرة لاستعادة الأنهار والبحيرات والبرك ذات التدفق الحر، وخزانات المياه الجوفية، والأراضي الرطبة الفاعلة. ولذا تُعد الاستعادة من العناصر الهامة الأخرى في إدارة المياه العذبة من أجل خدمات النظم البيئية.[271] ولا تعني عملية الاستعادة ببساطة إعادة مساحات المياه أو التخلص من السدود الزائدة عن الحاجة. فعلى سبيل تشمل عملية استعادة النهر "إعادة إنشاء العمليات الفيزيائية الطبيعية (مثل: تغير التدفق وحركة الرواسب)، والسمات (مثل حجم الرواسب وشكل النهر) والبيئة الفيزيائية لنظام النهر (بما في ذلك الأجزاء المغمورة ومناطق السهول الفيضية) ".[272] ويمكن تطبيق قواعد مماثلة في استعادة المناطق الساحلية لوقف التآكل، بما في ذلك نهج "البناء مع الطبيعة"، باستخدام السدود ذات النفاذية لتقليل طاقة الموجات وتحفيز الترسيب.[273]

ومن ثم: يمكن أن يكون الجمع بين الاستعادة المخططة والحماية الرشيدة لمستجمعات المياه ضماناً لأمن مائي أكبر لمستخدمي المصب.

العمل من أجل إقامة مدن مستدامة

رغم أن المدن تفرض تحديات خاصة على إمدادات المياه وإدارتها، فإنها تقدم أيضًا مجموعة من الحلول المبتكرة من خلال تواصل الناس، ونقل المعرفة ودعم تجمعات الشركات التي تقوم بأمور مماثلة. وتستطيع السلطات المحلية التطلعية أن تحفز تحقيق تطورات سريعة. ويمكن لنظم النقل الحضري الفعالة، والطاقة المتجددة، ومراقبة الصرف الصحي أن تقلل جميعها من استهلاك المياه وإهدارها، في حين قد تجعل الحملات الإعلامية المقترنة بسياسات التسعير المستهلكين أكثر وعيًا بالمياه.

وتعتمد المدن المستدامة على نظم بيئية جيدة الإدارة. لذا، فالتدهور يؤثر على سكان المدن حتى لو كان بعيدا. فالسكان الذين يعيشون في ميناء مومباسا الكيني يعتمدون على المياه من تلال شيولو، التي تبعد عنهم ألف ميل. ورغم أن منطقة شيولو هي إحدى المناطق المحمية، فإن ضعف القدرة الإداري يتسبب في قطع الأشجار بصورة غير قانونية واستمرار الاستيطان، مما يهدد أمن المياه الحضرية.[274] وكثيرًا ما يكون من المنطقي للسلطات البلدية أن تستثمر في إدارة النظم البيئية، ولكن يتطلب الأمر مجموعة بارعة من موظفي الخدمة المدنية لإقامة تواصل وتوفير التمويل اللازم. وتشكل سياسات التسعير التي تشجع على زيادة كفاءة استخدام المياه إحدى الطرق العالمية لمعالجة النقص الحضري، رغم أنه لا تزال الفعالية النسبية لذلك مقارنة مع التدابير التقنية وحملات التوعية العامة غير حاسمة.[275] ويصف الفصل 11 على خطوات تحقيق التخطيط الحضري الأكثر استدامة.

إصلاح السياسات

لا يمكن تحقيق العديد من التغييرات أعلاه إلا إذا كانت مدعومة بسياسات وقوانين قوية على الصعيد الوطني، وتم وضعها بمراعاة الاتفاقيات الدولية واعتراف عالمي بالحاجة إلى إدارة المياه بعناية أكبر لتجنب الأزمات. ويلزم اتباع نُهج استباقية، مع التركيز على الحفاظ على البنية التحتية الطبيعية من أجل تحقيق فوائد متعددة، وزيادة قدرة النظم الهيدرولوجية على الصمود في وجه التغير البيئي، وزيادة فرص الحصول على إمدادات نظيفة وكافية من المياه. ويعد تغيير سلوك المستهلك أيضًا جزءًا حاسمًا من هذه العملية، ويمكن الاستفادة من حملات التوعية العامة، والتغيرات التكنولوجية، واللوائح، وسياسات التسعير لتحقيق هذا الهدف. ورغم أن كل ذلك قد يكون مفيدًا في مختلف السياسات، فما زال النقاش دائرًا حول فعاليتها النسبية.[276] ولا يقتضي الأمر وضع السياسات فحسب، بل ينبغي أيضًا إبلاغ أصحاب المصلحة في الحكومة والصناعة والمجتمعات المحلية فعليًا حتى يتوافر فهم دقيق لأهمية الوسائل المأمونة والمستدامة للمياه والوسائل العملية لتحقيق ذلك.

© Albert González Farran

الخاتمة

هناك تقويض للأمن المائي، لاسيما من خلال الجمع بين النماذج الزراعية غير الملائمة، والتغيرات الديموغرافية السريعة، وآثار التغير المناخي المزعزعة للاستقرار. وتؤدي الخيارات السيئة التي يجريها الفرد على المستوى الوطني إلى تفاقم الوضع. وتعاني البلدان والمجتمعات المحلية من العجوزات والتجاوزات. حيث يؤدي فقدان الأراضي الرطبة وتراجع نوعية المياه والتغيرات الجذرية في نظم تدفق النظم الهيدرولوجية الرئيسية إلى انهيار التنوع البيولوجي للمياه العذبة وخدمات النظم البيئية الأساسية.

ويتطلب تدعيم الأمن المائي نهجًا متكاملاً مشتركًا بين القطاعات يستفيد من الصلات التي تربط ممارسات إدارة الأراضي بصحة النظم الهيدرولوجية. وباختصار، تشمل بعض الخطوات الأكثر أهمية: استخدام أكثر كفاءة للمياه في الزراعة والصناعة والطاقة الإستخدام المنزلي؛ بما في ذلك التسعير والتوزيع لتشجيع الكفاءة؛ وزيادة الحماية والاستعادة لتحسين الأداء البيئي العام في مستجمعات المياه. وحيث أن الدراية الفنية في حل أزمة المياه معروفة إلى حد كبير؛ فإن الخطوة التالية هي تطبيق هذه الدروس المستفادة على النطاق المطلوب.

المراجع

1 McIntosh, R.J. 2005. Ancient Middle Niger: Urbanism and the self-organizing landscape. Cambridge University Press, Cambridge.

2 Cunliffe, B. 2016. By Steppe, Desert and Ocean: The birth of Eurasia. Oxford University Press, Oxford.

3 Ponting, C. 1992. A Green History of the World, Penguin, Middlesex.

4 Jacobson, T. and Adams, R.M. 1958. Salt and silt in ancient Mesopotamian agriculture. Science **128**: 1251-1258.

5 United Nations, Department of Economic and Social Affairs, Population Division. 2015. World Urbanization Prospects: The 2014 Revision. (ST/ESA/SER.A/366).

6 De Groot, R., Brander, L., van der Ploeg, S., Costanza, R., Bernard, F., et al. 2012. Global estimates of the value of ecosystems and their services in monetary units. Ecosystem Services **1**: 50-61.

7 Russi D., ten Brink P., Farmer A., Badura T., Coates D., et al. 2013. The Economics of Ecosystems and Biodiversity for Water and Wetlands. IEEP, London and Brussels; Ramsar Secretariat, Gland.

8 McCartney, M., Rebelo, L.M., Senaratna Sellamuttu, S., and de Silva, S. 2010. Wetlands, agriculture and poverty reduction. Research Report 137. International Water Management Institute, Colombo, Sri Lanka.

9 Lopez Gunn, E. and Ramón Llamas, M. 2008. Re-thinking water scarcity: Can science and technology solve the global water crisis? Natural Resources Forum **32**: 228-238.

10 World Economic Forum. 2016. Global Risks 2016. 11th Edition. World Economic Forum within the framework of The Global Competitiveness and Benchmarking Network.

11 http://www.iwra.org/congress/2015/ accessed October 8, 2016.

12 UN World Water Assessment Programme. 2015. The United Nations World Water Development Report 2015: Water for a Sustainable World. Paris, UNESCO.

13 http://www.unwater.org/sdgs/a-dedicated-water-goal/en/ accessed January 1, 2017.

14 UN Water. 2013. Water Security & the Global Water Agenda: A UN-Water Analytical Brief. United Nations University, Hamilton, Canada.

15 UN Water. 2015. http://www.un.org/waterforlifedecade/water_and_sustainable_development.shtml, accessed October 5, 2016.

16 Mekonnen, M.M. and Hoekstra, A.Y. 2016. Four billion people facing severe water scarcity. Science Advances **2** (2) e1500323.

17 Brauman, K.A., Richter, B.D., Postel, S., Malsy, M., and Flörke, M. 2016. Water depletion: An improved metric for incorporating seasonal and dry-year water scarcity into water risk assessments. Elementa: Science of the Anthropocene **4**: 000083.

18 World Water Council. 2000. World Water Vision, Earthscan, London.

19 Wallace, J.S. 2000. Increasing agricultural water use efficiency to meet future food production. Agriculture, Ecosystems and Environment **82**: 105-119.

20 Bogardi, J.J., Dudgeon, D., Lawford, R., Flinkerbusch, E., Meyn, A., et al. 2012. Water security for a planet under pressure: Interconnected challenges of a changing world call for sustainable solutions. Current Opinion in Environmental Sustainability **4**: 35-43.

21 Gerten, D., Hoff, H., Rockström, J., Jägermeyr, J., Kummu, M, et al. 2013. Towards a revised planetary boundary for consumptive freshwater use: Role of environmental flow requirements. Current Opinion in Environmental Sustainability **5**: 551-558.

22 Steffen, W., Richardson, K., Rockström, J., Cornell Fetzer, S.E.I., Bennett, E.M., et al. 2015. Planetary boundaries: Guiding human development on a changing planet. Science **347.** DOI: 10.1126/science.1259855.

23 Revenga, C., Brunner, J., Henninger, N., Kassem, K., and Payne, R. 2000. Pilot Analysis of Global Ecosystems: Freshwater Systems. World Resources Institute, Washington, DC.

24 Gassert, F., Reig, P., Luo, T., and Maddocks, A. 2013. Aqueduct country and river basin rankings: A weighted aggregation of spatially distinct hydrological indicators. World Resources Institute, Washington, DC.

25 Mekonnen, M. M. and Hoekstra, A. Y. 2016. Four billion people facing severe water scarcity. Science Advances, 2(2), e1500323.

26 Ibid.

27 Micklin, P. 2016. The future Aral Sea: hope and despair. Environmental Earth Sciences **75**: 844. doi:10.1007/s12665-016-5614-5

28 Lemoalle, J., Bader, J.C., Leblanc, M., and Sedick, A. 2012. Recent changes in Lake Chad: Observations, simulations and management options (1973–2011). Global and Planetary Change **80-81**: 247-254.

29 Besada, H. and Werner, K. 2015. An assessment of the effects of Africa's water crisis on food security and management, International Journal of Water Resources Development **31**: 1, 120-133.

60 Zingore, S., Mutegi, J., Agesa, B., Tamene, L., and Kihara, J. 2015. Soil degradation in sub-Saharan Africa and crop production options for soil rehabilitation. Better Crops **99** (1): 24-26.

61 UNICEF and World Health Organization. 2015. Progress on Sanitation and Drinking Water – 2015 update and MDG assessment. Geneva.

62 UN Habitat. 2003. Water and Sanitation in the World's Cities: Local action for global goals. Earthscan, London.

63 Liu, L., Oza, S., Hogan, D., Perin, J., Rudan, I., et al. 2015. Global, regional and national causes of child mortality in 2000-2013, with projections to inform post-2015 priorities: An updated systematic analysis. The Lancet **385**: 430-440.

64 Sutton, M.A., Bleeker, A., Howard, C.M., Bekunda, M., Grizzetti, B., et al. 2013. Our Nutrient World: The challenge to produce more food and energy with less pollution. Global Overview of Nutrient Management. Centre for Ecology and Hydrology, Edinburgh on behalf of the Global Partnership on Nutrient Management and the International Nitrogen Initiative.

65 Erisman, J.W., Galloway, J.N., Seitzinger, S., Bleeker, A., Dise, N.B., et al. 2013. Consequences of human modification of the global nitrogen cycle. Philosophical Transactions of the Royal Society B 368 (1621): DOI: 10.1098/rstb.2013.0116.

66 Pretty, J.N. and Conway, G.R. 1988. The Blue Baby Syndrome and Nitrogen Fertilizers: A high risk in the tropics? Gatekeeper Series number 5. International Institute for Environment and Development, London.

67 Smith, V.H., Joye, S.B., and Howarth, R.W. 2006. Eutrophication of freshwater and marine ecosystems. Limnology and Oceanography **51** (2): 351-355.

68 Mekonnen, M.M. and Hoekstra, A.J. 2015. Global gray water footprint and water pollution levels related to anthropogenic nitrogen loads to fresh water. Environmental Science and Technology **49**: 12860-12868.

69 Sharpley, A.N. 2015. The phosphorus paradox: Productive agricultural and water quality. Journal of Environmental Indicators **9**: 3-4.

70 Köhler, H.R. and Triebskorn, R. 2013. Wildlife ecotoxicology of pesticides: Can we track effects to the population level and beyond? Science **341**: 759-765.

71 Beketov, M., Kefford, B.J., Schäfer, R.B., and Liess, M. 2013. Pesticides reduce regional biodiversity of stream invertebrates. Proceedings of the National Academy of Sciences **110** (27): 11039-11043.

72 Bates, B., Kundzewicz, Z.W., Wu, S., and Palutikof, J. (eds.) 2008. Climate Change and Water, Intergovernmental Panel on Climate Change, WMO and UNEP, Geneva.

73 Dore, M.H.I. 2005. Climate change and changes in global precipitation patterns: What do we know? Environment International **31** (8): 1167-1181.

74 Huq, S., Kovats, S., Reid, H., and Satterthwaite, D. 2007. Editorial: Reducing risks to cities from disasters and climate change. Environment and Urbanization **19**: 3.

75 Güneralp, B., Güneralp, I., and Liu, Y. 2015. Changing global patterns of urban exposure to flood and drought hazards. Global Environmental Change **31**: 217-225.

76 van Aalst, M. K. 2006. The impacts of climate change on the risk of natural disasters. Disasters, **30**:1, 5-18.

77 Douglas, I., Alam, K., Maghenda, M., McDonnell, Y., McLean, L., and Campbell, J. 2008. Unjust waters: Climate change, flooding and the urban poor in Africa. Environment and Urbanisation **20** (1): 187-205.

78 UN Water. (Undated). Water Hazard Risks: A priority for integrated water resource management. UN Water Policy Brief number 1. United Nations, Geneva.

79 Centre for Research on the Epidemiology of Disasters. 2016. The Human Cost of Weather-Related Disasters, CRED and UNISDR, Brussels and Geneva.

80 Adhikari, P., Hong, Y., Douglas, K.R., Kirschbaum, D.B., Gourley, J., et al. 2010. A digitized global flood inventory (1998–2008): Compilation and preliminary results. Natural Hazards Journal **55**: 405-422.

81 International Commission for the Protection of the Danube River. 2008. The Analysis of the Danube Floods 2006: An in depth analysis of the floods on the Danube and its main tributaries in 2006. Vienna.

82 EM-DAT. 2016. Disasters in Numbers 2015. International Disasters Database, Brussels.

83 Sheffield, J., Andreadis, K.M., Wood, E.F., and Lettenmaier, D.P. 2008. Global and continental drought in the second half of the twentieth century: Severity-area-duration analysis and temporal variability of large-scale events. Journal of Climate **22**: 1962-1981.

84 Dai, A. 2011. Drought under global warming: A review. WIREs Climate Change **2**: 45-65.

30 Joosten, H., Tapio-Biström, M-L., and Tol, S. (eds.). 2012. Peatlands – guidance for climate change mitigation by conservation, rehabilitation and sustainable use. FAO, Rome.

31 Poff, N.L., Allan, J.D., Palmer, M.A., Hart, D.D., Richter, B.D., et al. 2003. River flows and water wars: Emerging science for environmental decision making. Biological Sciences Faculty Publications. Paper 233. University of Montana.

32 Wolf, A.T., Yoffe, S.B., and Giordano, M. 2003. International waters: Identifying basins at risk. Water Policy **5**: 29-60.

33 de Villiers, M. 1999. Water Wars: Is the World's Water Running Out? London: Weidenfeld & Nicolson.

34 Shiva, V. 2002. Water Wars. South End Press.

35 Katz, D. 2011. Hydro-political hyperbole: Examining incentives for overemphasizing the risks of water wars. Global Environmental Politics **11** (1): 12-35.

36 Busby, J. 2017. Water and U.S. National Security. Discussion paper. Council on Foreign Relations, Washington, DC.

37 Wolf, A.T., Kramer, A., Carius, A., and Dabelko, G.D. 2005. Managing water conflict and cooperation. In: World Resources Institute. State of the World 2005: Redefining global security. WRI, Washington, DC.

38 Barbut, M. and Alexander, S. 2015. Land degradation as a security threat amplifier: The new global frontier. In: Chabey, I., Frick, M., and Helgeson, J. (eds.) Land Restoration: Reclaiming landscapes for a sustainable future. Elsevier.

39 Famiglietti, J.S. 2014. The global groundwater crisis Nature Climate Change **4**: 945-948.

40 Gleeson, T., Wada, Y., Bierkens, M.F.P., and van Beek, L.P.H. 2012. Water balance of global aquifers revealed by groundwater footprint. Nature **488**: 197-200.

41 Famiglietti, J.S. 2014. Op. cit.

42 Gleeson, T., et al. 2012. Op. cit.

43 Siebert, S., Burke, J., Faures, J. M., Frenken, K., Hoogeveen, J., et al. 2010. Groundwater use for irrigation – a global inventory, Hydrology and Earth System Sciences **14**: 1863-1880, doi:10.5194/hess-14-1863

44 Siebert, S., et al. 2010. Op. cit.

45 MacDonald, A.M., Bonsor, H.C., Dochartaigh, B.É.Ó., and Taylor, R.G. Quantitative maps of groundwater resources in Africa. Environmental Research Letters **7** (2): 24009-24015.

46 Rosegrant, M.W., Ringler, C., and Zhu, T. 2009. Water for agriculture: Maintaining food security under growing scarcity. Annual Review of Environmental Resources **24**: 205-222.

47 FAO. 2011. The State of the World's Land and Water Resources for Food and Agriculture: Managing systems at risk. FAO and Earthscan, Rome and London.

48 UNEP. 2012. Sustainable Land Use for the 21st Century. United Nations Environment Programme, Nairobi.

49 WWF. Undated. Thirsty Crops. WWF International, Gland, Switzerland.

50 Hoekstra, A. and Chapagain, A.K. 2006. Water footprint of nations: Water use by people as a function of their consumption pattern. Water Resources Management **21** (1): 35-48.

51 Eshel, G., Shepon, A., Makov, T., and Milo, R. 2014. Land, irrigation water, greenhouse gas, and reactive nitrogen burdens of meat, eggs, and dairy production in the United States, Proceedings of the National Academy of Sciences **111** (33): 11996-12001.

52 Biancalani R. and Avagyan, A. (eds). 2014. Towards climate responsible peatlands management. Mitigation of climate change in agriculture. Series 9. Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO), Rome.

53 Hoekstra, A. and Chapagain, A.K. 2006. Op. Cit.

54 Millennium Ecosystem Assessment. 2005. Ecosystems and Human Well-being: Synthesis, Island Press, Washington, DC, USA.

55 http://www.who.int/mediacentre/factsheets/fs290/en/ accessed November 17, 2016.

56 Wojciechowska-Shibuya, M. 2016. The USSGAB Journey. United Nations, New York.

57 Satterthwaite, D. 2016. Missing the Millennium Development Goal targets for water and sanitation in urban areas. Environment and Urbanisation **28**: 99-118.

58 Onda, K., LoBuglio, J., and Bartram, J. 2012. Global access to safe water: Accounting for water quality and the resulting impact on MDG progress. International Journal of Environmental Research and Public Health **9**: 880-894.

59 Bain, R., Cronk, R., Hossain, R., Bonjour, S., Onda, K., et al. 2014. Global assessment of exposure to faecal contamination through drinking water based on a systematic review. Tropical Medicine and International Health **19** (8): 917-927.

110 Macedo, M. and Castello, L. 2015. State of the Amazon: Freshwater Connectivity and Ecosystem Health. WWF Living Amazon Initiative, Brasília, Brazil.

111 Castello, L., et al. 2013. Op. cit.

112 Bernard, E., Penna, L.A.O., and E. Araújo. 2014. Downgrading, downsizing, degazettement, and reclassification of protected areas in Brazil. Conservation Biology **28** (2): 1523-1739.

113 Macedo, M. and Castello, L. 2015. Op. cit.

114 http://wwf.panda.org/wwf_news/?264030/Large-scale-degradation-of-Amazonian-freshwater-ecosystems

115 Finer, M. and Jenkins, C.N. 2012. Proliferation of hydroelectric dams in the Andean Amazon and implications for Andes-Amazon connectivity. PLoS ONE **7**: e35126.

116 Claudia M., Stickler, C.M., Coe, M.T., Costa, M.H., Nepstad, D.C., et al. 2013. Dependence of hydropower energy generation on forests in the Amazon Basin at local and regional scales, Proceedings of the National Academy of Sciences **110** (23): 9601-9606.

117 Macedo, M. and Castello, L. 2015. Op. cit.

118 Scanlon, B.R., Jolly, I., Sophocleous, M., and Zhang, L. 2007. Global impacts of conversions from natural to agricultural ecosystems on water resources: Quantity versus quality. Water Resources Research **43** (3) doi:10.1029/2006WR005486.

119 Scanlon, et al. 2007. Op. cit.

120 Umali, D. L. 1993. Irrigation-induced Salinity: A growing problem for development and the environment**.** World Bank Technical Paper number 215. Washington, DC.

121 Pitman, M.G. and Läuchli, A. 2002. Global impact of salinity and agricultural ecosystems. In: Läuchli, A. and Lüttge, U. (eds.) Salinity: Environment – Plants – Molecules. Kluwer Academic Publishers, pp. 3-20.

122 Schwabe, K.A., Kan, I., and Knapp, K.C. 2006. Drainwater management for salinity mitigation in irrigated agriculture. American Journal of Agricultural Economics **88**: 133-149.

123 Umali, D. L. 1993. Op. cit.

124 Parish, F., Sirin, A., Charman, D., Joosten, H., Minayeva, T., et al. (eds.) 2008. Assessment on Peatlands, Biodiversity and Climate Change. Main report. Global Environment Centre, Kuala Lumpur and Wetlands International, Wageningen.

125 Born, v. d., G.J., Kragt, F., Henkens, D., Rijken, B., Bemmel, van, B., et al. 2016. Dalende bodems, stijgende kosten. Den Haag.

126 Hooijer, A., Page, S., Canadell, J. G., Silvius, M., Kwadijk, J., et al. 2010. Current and future CO2 emissions from drained peatlands in Southeast Asia. Biogeosciences **7**: 1505-1514.

127 Hooijer, A., Page, S., Jauhiainen, J., Lee, W.A., Lu, X.X., et al. 2012. Subsidence and carbon loss in drained tropical peatlands. Biogeosciences **9**: 1053-1071.

128 Hooijer, A., Verminnnen, R., Mawdsley, N., Page, S., Mulyadi, D., et al. 2015. Assessment of impacts of plantation drainage on the Kampar Peninsula peatland, Riau. Deltares report 1207384 to Wetlands International, CCLUA and Norad.

129 Douglas, E.M., et al. 2007. Op. cit.

130 Pagiola, S. 1999. The Global Environmental Benefits of Land Degradation Control on Agricultural Land. World Bank Environment Paper Number 16. The World Bank, Washington, DC.

131 Ramsar Secretariat. 2002. Climate change and wetlands: Impacts, adaptation and mitigation. COP8 Information Paper, DOC 11.

132 Bridgham, S.D., Megonigal, J.P., Keller, J.K., Bliss, N.B., and Trettin, C. 2006. The carbon balance of North American wetlands. Wetlands **26**: 889-916.

133 Mcleod, E., Chmura, G.L., Bouillon, S., Salm, R., Björk, M., et al. 2011. A blueprint for blue carbon: Toward an improved understanding of the role of vegetated coastal habitats in sequestering CO_2. Frontiers in Ecology and the Environment **9**: 552-560.

134 Nahlik, A.M. and Fennessey, M.S. 2016. Carbon storage in US wetlands. Nature Communications. DOI: 10.1038/ncomms13835.

135 Turetsky, M.R., Benscoter, B., Page, S., Rein, G., van der Werf, G.R., et al. 2015. Global vulnerability of peatlands to fire and carbon loss. Nature Geoscience **8**: Pages:11-14 Year published:. DOI:doi:10.1038/ngeo2325

136 Mitra, S., Wassmann, R., and Vlek, P.L.G. 2005. An appraisal of global wetland area and its organic carbon stock. Current Science **88** (1): 25-35.

137 Ramsar Secretariat, Ramsar Scientific & Technical Review Panel and Biodiversity Convention Secretariat 2007. Water, wetlands, biodiversity and climate change: Report on outcomes of an expert meeting, March 23-24, 2007, Gland, Switzerland.

138 Mitra, S., Wassmann, R., and Vlek, P.L.G. 2005. An appraisal of global wetland area and its organic carbon stock. Current Science **88**: 25-35.

139 Parish, F., et al. (eds.) 2007. Op. cit.

85 Checchi, F. and Robinson, W.C. 2013. Mortality among populations of southern and central Somalia affected by severe food insecurity and famine during 2010-2012. A study commissioned by FAO/FSNAU and FEWS NET. Rome.

86 EM-DAT. The International Disaster Database. Centre for Research on the Epidemiology of Disasters- CRED, The Ripple Effect: A fresh approach to reducing drought impacts and building resilience. Bonn, accessed January 13, 2014 and quoted in UNCCD, 2016.

87 Gosling, S.N. and Arnell, N.W. 2016. A global assessment of the impact of climate change on water scarcity. Climatic Change **134**: 371-385.

88 OCHA 2016. El Nino: Overview of impacts, projected humanitarian needs and response, OCHA, March.

89 El Nino and La Nina years and intensities. The Oceanic Nino index. http://ggweather.com/enso/oni.htm.

90 Wanders, N. and Wada, Y. 2014. Human and climate impacts on the 21st century hydrological drought. Journal of Hydrology **526**: 208-220.

91 Marengo, J.A., Borma, L.S., Rodriguez, D.A., Pinho, P., Soares, W.R, et al. 2013. Recent extremes of drought and flooding in Amazonia: Vulnerabilities and human adaptation. American Journal of Climate Change **2**: 87-96.

92 World Bank. 2016. The Cost of Fire. An economic analysis of Indonesia's 2015 fire crisis. World Bank, Washingon, DC.

93 Koplitz,S.N., Mickley, L.J., Marlier, M.E., Buonocore, J.J., Kim, P.S., et al. 2016. Public health impacts of the severe haze in Equatorial Asia in September–October 2015: Demonstration of a new framework for informing fire management strategies to reduce downwind smoke exposure. Environmental Research Letters **11** (9): doi:10.1088/1748-9326/11/9/094023.

94 van Dijk, A.I.J.M., Beck, H.E., Crosbie, R.S., de Jeu, R.A.M., Liu, Y.Y., et al. 2013. The Millennium Drought in southeast Australia (2001–2009): Natural and human causes and implications for water resources, ecosystems, economy, and society. Water Resources Research **49**: 1040-1057.

95 Wilhite, D.A. and Glantz, M.H. 1985. Understanding the drought phenomenon: The role of definitions. Water International **10** (3):111-120.

96 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 **39**: 108-124.

97 World Commission on Dams. 2000. Dams and Development: A new framework for decision-making. Earthscan, London.

98 Pearce, F. 1992. The Dammed: Rivers, dams and the coming water crisis. The Bodley Head, London.

99 Zarfl, C., Lumsdon, A.E., Berlekamp, J., Tydecks, L., and Tockner, K. 2014. A global boom in hydropower dam construction. Aquatic Sciences 77 (1): 161-170.

100 Wetlands International, 2016. New Irrigation Plans Threaten Flood Production Inner Niger Delta. Wetlands International news release. September 21, 2016. https://www.wetlands.org/news/new-irrigation-plans-threaten-food-production-inner-niger-delta/

101 Macedo, M.N., Coe, M.T., DeFries, R., Uriarte, M., Brando, P.M., et al. 2013. Land-use-driven stream warming in southeastern Amazonia. Philosophical Transactions of the Royal Society London B **368**: 20120153.

102 Pearce, F. 1992. Op. cit.

103 Douglas, E.M., Wood, S., Sebastian, K., Vörösmarty, C.V., Chomitz, K.M, et al. 2007. Policy implications of a pan-tropic assessment of the simultaneous hydrological and biodiversity impacts of deforestation. Water Resources Management **21**: 211-232.

104 Guérin, F., Abril, G. Richard G., Burban B., Reynouard C., et al. 2006. Methane and carbon dioxide emissions from tropical reservoirs: Significance of downstream rivers. Hydrology and Land Surface Studies. Geophysical Research Letters **33** (21): doi:10.1029/2006GL027929.

105 Charity, S., Dudley, N., Oliveira, D., and Stolton, S. 2016. Living Amazon Report 2016. WWF Living Amazon Initiative, Brasilia, Brazil.

106 Tundisi, J.G., Goldemberg, J. Matsumura-Tundisi, T., and A.C.F. Saraiva. 2014. How many more dams in the Amazon? Energy Policy 74: 703-708.

107 Canas, C.M. and Pine, W.E. 2011. Documentation of the temporal and spatial patterns of Pimelodidae catfish spawning and larvae dispersion in the Madre de Dios (Peru): Insights for conservation in the Andean-Amazon headwaters. River Research and Applications **27**: 602-611.

108 Castello, L. and Macedo, M.N. 2015. Large-scale degradation of Amazonian freshwater ecosystems. Global Change Biology **22** (3): 990-1007.

109 Castello, L., McGrath, D.G., Hess, L.L., Coe, M.T., Lefebvre, P.A., et al. 2013. The vulnerability of Amazon freshwater ecosystems. Conservation Letters **6** (4): 217-229.

165 Revenga, C., Murray, S., Abramovitz, J., and Hammond, A. 1998. Watersheds of the World: Ecological Value and Vulnerability. World Resources Institute, Washington, DC.

166 Darwall, W., Smith, K., Allen, D., Seddon, M., Mc Gregor Reid, G., et al. 2008. Freshwater biodiversity – a hidden resource under threat. In: Vié, J.-C., Hilton-Taylor, C., and Stuart, S.N. (eds.) The 2008 Review of the IUCN Red List of Threatened Species. IUCN, Gland, Switzerland.

167 Millennium Ecosystem Assessment. 2005. Ecosystems and Human Well-being: Wetlands and Water Synthesis. World Resources Institute, Washington, DC.

168 Modified from De Groot, R.S., Stuip, M.A.M., Finlayson, C.M., and Davidson, N. 2006. Valuing wetlands: Guidance for valuing the benefits derived from wetland ecosystem services, Ramsar Technical Report No. 3/ CBD Technical Series No. 27. Ramsar and the CBD, Gland, Switzerland and Montreal, Canada.

194 Llamas, J. 1987. Risk of drought and future water requirements on a regional scale. International Journal of Water Resources Development **3**: 260-265.

195 Micklin, P. 2016. Op. cit.

196 Gao, H., Bohn, T.H., Podest, E., McDonald, K.C., and Lettenmaier, D.P. 2011. On the causes of the shrinking of Lake Chad. Environmental Research Letters **6** (3).

197 Huxley, J. 1943. TVA: Adventure in Planning. The Architectural Press, London.

198 Duda, A.M., Menzies, S., Severin, C., Hume, A., Sundstrom, K.R., et al. 2012. Contributing to Global Security: GEF Action on Water, Environment, and Livelihoods. Global Environment Facility, Washington, DC.

199 WWF. 2013. Soy and Biodiversity Loss: Expanding markets, declining ecosystems and what we can do about it. WWF International, Gland, Switzerland.

200 FAO. 2007. Future Expansion of Soybean 2005-2014. FAO Regional Office for Latin America and the Caribbean, Rome, Italy.

201 Bruinsma, J. 2009. The resource outlook to 2050: By how much do land, water and crop yields need to increase by 2050? Paper presented at the FAO Expert Meeting, June 24-26, 2009, Rome on "How to Feed the World in 2050." Food and Agriculture Organization of the United Nations, Economic and Social Development Department, Rome, Italy.

202 Hoekstra, A.Y. and Chapagain, A.K. 2006. Op. cit.

203 Bäse, F., Elsenbeer, H., Neill, C., and Krusche, A.V. 2012. Differences in throughfall and net precipitation between soybean and transitional tropical forest in the southern Amazon, Brazil. Agriculture, Ecosystems and Environment **159**: 19-28.

204 Pengue, W. 2005. Transgenic crops in Argentina: The ecological and social debt. Bulletin of Science, Technology and Society **25**: 314-322.

205 Gheewala, S.H., Silalertruksa, T., Nilsalab, P., Mungkung, R., Perret, S.R., et al. 2014. Water footprint and impact of water consumption for food, feed, fuel crops production in Thailand. Water **6** (6): 1698-1718.

206 Biancalani R. and Avagyan, A. 2014. Op. cit.

207 Mehta, L., Veldwisch, G.J., and Franco, J. 2012. Introduction to the Special Issue: Water grabbing? Focus on the (re) appropriation of finite water resources. Water Alternatives **5** (2): 193-207.

208 Carr, J.A., D'Odorco, P., Laio, F., and Ridolfi, L. 2013. Recent history and geography of virtual water trade. PLoS One **8** (2): e55825.

209 Barlow, M. and Clarke, T. 2002. Blue Gold: The battle against corporate theft of the world's water. Earthscan, London.

210 De Sherbinin, A. and Dompka, V. (eds.) 1998. Water and Population Dynamics: Case studies and policy implications. American Association for the Advancement of Science, New York.

211 United Nations, Department of Economic and Social Affairs, Population Division. 2015. Op. cit.

212 Satterthwaite, D. 2014. Cities of more than 500,000 people, Visualisation. International Institute for Environment and Development, London. http://www.iied.org/cities-interactive-data-visual

213 Currie, E.L.S., Fernández, J.F., Kim, J. and Kaviti Musango, J. 2015. Towards urban resource flow estimates in data scarce environments: The case of African cities. Journal of Environmental Protection **6**: 1066-1083.

214 Information from the Ramsar Secretariat.

215 http://www.monavalevlei.com/, accessed February 1, 2015.

216 Gosling, S.N. and Arnell, N.W. 2016. A global assessment of the impact of climate change on water scarcity. Climatic Change **134**: 371. doi:10.1007/s10584-013-0853-x.

217 IPCC. 2014. Climate Change 2014: Impacts, Adaptation, and Vulnerability.

218 Gleik, P. 2003. Global freshwater resources: Soft path solutions for the 21st century, Science **302**: 1524-1528.

219 Hoff, H. 2011. Understanding the Nexus. Background Paper for the Bonn 2011 Conference: The Water, Energy and Food Security Nexus. Stockholm Environment Institute, Stockholm.

140 Pena, N. 2008. Including peatlands in post-2012 climate agreements: Options and rationales. Report commissioned by Wetlands International from Joanneum Research, Austria.

141 Sabine, C.L., Heimann, M., Artaxo, P., Bakker, D.C.E., Chen, C.T.A., et al. 2004. Current status and past trends of the global carbon cycle. In: Field, C.B. and Raupach, M.R. (eds.) The Global Carbon Cycle: Integrating Humans, Climate and the Natural World. Island Press, Washington, D.C., USA, pp. 17-44.

142 Verwer, C., van der Meer, P., and Nabuurs, G. 2008. Review of carbon flux estimates and other greenhouse gas emissions from oil palm cultivation on tropical peatlands – identifying gaps in knowledge, Alterra report 1741. Alterra, Wageningen, Netherlands.

143 Trumper, K., Bertzky, M., Dickson, B., van der Heijden, G., Jenkins, M., et al. 2009. The Natural Fix? The role of ecosystems in climate mitigation, A UNEP rapid response assessment, United Nations Environment Programme, UNEP WCMC, Cambridge, UK.

144 Hooijer, A., Silvius, M., Wösten, H., and Page, S. 2006. PEAT-CO2, Assessment of CO_2 emissions from drained peatlands in SE Asia. Delft Hydraulics report Q3943.

145 Callaghan, T.V., Björn, L.O., Chapin III, F.S., Chernov, Y., Christensen, T.R., et al. 2005. Arctic Tundra and Polar Desert Ecosystems. In ACIA, Arctic Climate Impact Assessment, Cambridge University Press, Cambridge UK.

146 Hansen, J., Sato, M., Kharecha, P., Russell, G., Lea, D.W., et al. 2007. Climate change and trace gases, Philosophical Transactions of the Royal Society **365**: 1925-1954.

147 Erwin, K. 2009. Wetlands and global climate change: The role of wetland restoration in a changing world. Wetlands Ecology and Management **17**: 71-84.

148 Farrell, C. and Doyle, G. 2003. Rehabilitation of industrial cutaway Atlantic blanket bog in County Mayo, North-West Ireland. Wetlands Ecology and Management **11**: 21. doi:10.1023/A:1022097203946.

149 Wetlands International 2008. Advice to UNFCCC Parties for COP14 and associated meetings, December 2008, Wetlands International, Wageningen, Netherlands.

150 http://thebluecarboninitiative.org/ accessed February 17, 2017.

151 Mauerhofer, V. 2011. A bottom-up 'Convention-Check' to improve top-down global protected area governance. Land Use Policy **28**: 877-886.

152 Davidson, N. 2014. How much wetland has the world lost? Long-term and recent trends in global wetland area. Marine and Freshwater Research **65**: 934-941.

153 Revenga, C. and Yura, K. 2003. Status and Trends of Biodiversity of Inland Water Ecosystems. Technical Series number 11. Secretariat of the Convention on Biological Diversity, Montreal.

154 Millennium Ecosystem Assessment, 2005. Ecosystems and Human Well-being: Wetlands and Water Synthesis. World Resources Institute, Washington, DC.

155 Dixon, M.J.R., Loh, J., Davidson, N.C., Beltrame, C., Freeman, R., et al. 2016. Tracking global change in ecosystem area: The Wetland Extent Trends Index. Biological Conservation **193**: 27-35.

156 Ramsar Convention Secretariat. 2016. An Introduction to the Ramsar Convention on Wetlands, 7th edition. (previously The Ramsar Convention Manual). Gland, Switzerland.

157 Garcia-Moreno, J., Harrison, I., Dudgeon, D., Clausnitzer, V., Darwall, W., et al. 2014. Sustaining freshwater biodiversity in the Anthropocene. In: Bogardi, J., Bhadurim, A., Leentvaar, J. and Marx, S. (eds.) The Global Water System in the Anthropocene: Challenges for Science and Governance. Springer, Switzerland, pp. 247-270.

158 Strayer, D.L. and Dudgeon, D. 2010. Freshwater biodiversity conservation: recent progress and future challenges. Journal of the North American Benthological Society **29**: 344-358.

159 Collen, B., Whitton, F., Dyer, E.E., Baillie, J.E.M., Cumberlidge, N., et al. 2014. Global patterns of freshwater species diversity, threat and endemism. Global Ecology and Biogeography **23**: 40-51.

160 Stuart, S.N, Hoffman, J.S., Chanson N.A., Cox, et al. 2008. Threatened Amphibians of the World. Lynx Editions, Barcelona.

161 Barthem, R. and Goulding, M. 1997. The catfish connection: Ecology, migration and conservation of Amazon predators. Columbia University Press, New York.

162 Finer, M. and Jenkins, C.N. 2012. Op. cit.

163 Petrere, M. Jr., Borges Barthem, R., Agudelo Córdoba, E., and Corrales Gómez, B. 2004. Review of the large catfish fisheries in the upper Amazon and the stock depletion of piraíba (Brachyplatystoma filamentosum Lichtenstein). Reviews in Fish Biology and Fisheries **14**: 403-414.

164 Castello, L., McGrath, D.G., Hess, L.L., Coe, M.T., Lefebvre, P.A., et al. 2013. The vulnerability of Amazon freshwater ecosystems. Conservation Letters 6: 217-229.

262 Dudley, N., Buyck, C., Furuta, N., Pedrot, C., Renaud, F., et al. 2015. Protected Areas as Tools for Disaster Risk Reduction. A handbook for practitioners. IUCN and Ministry of Environment Japan, Gland, Switzerland and Tokyo.

263 Joosten, H., Tapio-Biström, M.L., and Tol, S. (eds.) 2012. Peatlands – guidance for climate change mitigation through conservation, rehabilitation and sustainable use: Second edition. FAO and Wetlands International, Rome.

264 Dudley, N. and Stolton, S. 2003. Op. cit.

265 Reid, W.V. 2001. Capturing the value of ecosystem services to protect biodiversity. In: Chichilenisky, G., Daily, G.C., Ehrlich, P., Heal, G., and Miller, J.S. (eds.) Managing human-dominated ecosystems. Monographs in Systematic Botany 84, Missouri Botanical Garden Press, St Louis.

266 Stolton, S. and Dudley, N. (eds.) 2010. Arguments for Protected Areas. Earthscan, London.

267 Johnson, N., White, A., and Perrot-Maître, D. 2002. Developing markets for water services from forests: Issues and lessons for innovators. Forest Trends, USA.

268 Dudley, N. and Stolton, S. 2003. Op. cit.

269 Hamilton, L. 2008. Forests and water, FAO Forestry paper 155. FAO, Rome.

270 Stavins, R.N. 2002. Experience with market-based environmental policy instruments, Nota di Lavoro, Fondazione Eni Enrico Mattei, No. 52.2002.

271 McDonald, R.I. and Shemie, D. 2014. Urban Water Blueprint: Mapping conservation solutions to the global water challenge. The Nature Conservancy, Washington, DC.

272 Addy, S., Cooksley, S., Dodd, N., Waylen, K., Stockan, J., et al. 2016. River Restoration and Biodiversity: Nature-Based Solutions for Restoring the Rivers of the UK and Republic of Ireland. IUCN National Committee for the UK.

273 van Wesenbeeck, B.K., Balke T., van Eijk P., Tonneijck, F., Siry, H.Y., et al. 2015. Aquaculture induced erosion of tropical coastlines throws coastal communities back into poverty. Ocean and Coastal Management **116**: 466-469.

274 Information from a protected area management effectiveness tracking tool assessment, carried out for the Zoological Society of London, September 2015.

275 Saurí, D. 2013. Water conservation: Theory and evidence in urban areas of the developed world. Annual Review of Environment and Resources **38**: 227-248.

276 Saurí, D. 2013. Op. cit.

277 Government on water scarcity and drought 2015. South African Government. http://www.gov.za/speeches/government-water-scarcity-and-drought-13-nov-2015-0000

278 Hassan R. and Crafford J. 2006. Environmental and economic accounts for water in South Africa. Edward Elgar Publishing, UK. 114-168.

279 McKinney, D., Cai, X., Rosegrant, M., Ringler, C., and Scott, C. 1999. Modelling water resources management at the basin level: Review and future directions. International Water Management Institute, Sri Lanka.

220 Van Beek, E. and Lincklaen Arriens, W. 2014. Water Security: Putting the concept into practice. TEC Background Papers number 20. Global Water Partnership, Stockholm.

221 Grigg, N.S. 2008. Integrated water resources management: Balancing views and improving practice. Water International **33** (3): 279-292. DOI:10.1080/02508060802272820.

222 Schaible, G.D. and Aillery, M.P. 2012. Water Conservation in Irrigated Agriculture: Trends and Challenges in the Face of Emerging Demands, EIB-99, U.S. Department of Agriculture, Economic Research Service.

223 Brauman, K.A., Siebert, S., and Foley, J.A. 2013. Improvements in crop water productivity increase water sustainability and food security – a global analysis. Environmental Research Letters **8**: doi:10.1088/1748-9326/8/2/024030.

243 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 **97**: 536-542.

244 Noguiera, D. 2008. http://genderandwater.org/en/gwa-products/knowledge-on-gender-and-water/articles-in-source-bulletin/brazil-rainwater-harvesting-in-semi-arid-region-helps-women-1/brazil-rainwater-harvesting-in-semi-arid-region-helps-women.

245 Song, X., Ravesteijn, W., Frostell, B., and Wennersten, R. 2010. Managing water resources for sustainable development: The case of integrated river basin management in China. Water Science and Technology, **61**: 499-506.

246 Tortajada, C. 2014. Water infrastructure as an essential element for human development. International Journal for Water Resources Development **30** (1): 8-19.

247 Krchnak, K.M., Smith, D.M., and Deutz, A. 2011. Investing in Natural Infrastructure to advance water-energy-food security. IUCN and The Nature Conservancy, Gland, Switzerland and Washington, DC.

248 Benedict, M.A. and McMahon, E.T. 2006. Green Infrastructure: Smart cities for the 21st century. Sprawl Watch Clearinghouse Monograph Series. The Conservation Foundation, Washington, DC.

249 Gartner, T., Mulligan, J., Schmidt, R., and Gunn, J. 2013. Natural Infrastructure: Investing in forested landscapes for source water protection in the United States. World Resources Institute, Washington, DC.

250 Vörösmarty, C.J., McIntyre, P.B., Gessner, M.O., Dudgeon, D., Prusevich, A., et al. 2010. Global threats to human water security and river biodiversity. Nature **467**: Pages:

555-561.

251 Aylward, B. 2000. Economic Analysis of Land-use Change in a Watershed Context presented at a UNESCO Symposium on Forest-Water-People in the Humid Tropics, Kuala Lumpur, Malaysia, July 31 –August 4, 2000.

252 Bruijnzeel, L.A. and Hamilton, L.S. 2000. Decision Time for Cloud Forests, IHP Humid Tropics Programme Series no. 13, IHP-UNESCO, Paris.

253 Turner, R.K., Georgiou, S., and Fisher, B. (eds.) 2008. Valuing Ecosystem Services: The case of multifunctional wetlands, Earthscan, Oxford.

254 Naughton-Treves, L., Buck Holland, M., and Brandon, K. 2005. The role of protected areas in conserving biodiversity and sustaining local livelihoods. Annual Review of Environmental Resources **30**: 219-252.

255 Abell, R., Allan, J.D., and Lehner, B. 2007. Unlocking the potential of protected areas for freshwaters. Biological Conservation **134**: 48-63.

256 Juffe-Bignoli, D., Harrison, I., Butchart, S.H.M., Flitcroft, R., Hermoso, V., et al. 2016. Achieving Aichi Biodiversity Target 11 to improve the performance of protected areas and conserve freshwater biodiversity. Aquatic Conservation: Marine and Freshwater Ecosystems **26** (Supplement 1): 133-151.

257 Saunders, D.L., Meeuwig, J.J., and Vincent, A.C.J. 2002. Freshwater protected areas: Strategies for conservation. Conservation Biology **16** (1): 30-41.

258 World Bank. 2010. Convenient Solutions to an Inconvenient Truth: Ecosystem-based approaches to climate change, The World Bank, Washington, DC.

259 Collins, B.R. and Russell, E.W.B. (eds.) 1988. Protecting the New Jersey Pinelands: A New Direction in Land Use Management, New Brunswick and London: Rutgers University Press.

260 Peel M., Watson, F., Vertessy, R., Lau, A., Watson, I., et al. 2000. Predicting the Water Yield Impacts of Forest Disturbance in the Maroondah and Thomson Catchments using the Macaque Model Technical Report, Report 00/14, December 2000, Cooperative Research Centre for Catchment Hydrology and Melbourne Water, Australia.

261 Gorenflo, L.J. and Warner, D.B. 2016. Integrating biodiversity conservation and water development: In search of long-term solutions. WIRES Water **3** (3): 301-311.