UNIVERSITY OF COPENHAGEN

تقرير تجميعي

مؤتمر تغير المناخ

المخاطر العالمية، التحديات والقرارات
كوبنهاغن، 12-10 مارس/آذار 2009
www.climatecongress.ku.dk

Katherine Richardson
Will Steffen
Hans Joachim Schellnhuber
Joseph Alcamo
Terry Barker
Daniel M. Kammen
Rik Leemans
Diana Liverman
Mohan Munasinghe
Balgis Osman-Elasha
Nicholas Stern
Ole Wæver

Australian National University,ETH Zürich, National University of Singapore,
Peking University, University of California - Berkeley, University of Cambridge,
University of Copenhagen, University of Oxford, The University of Tokyo, Yale University

INTERNATIONAL ALLIANCE OF RESEARCH UNIVERSITIES

المتحدثون في الجلسات العامة

1. Dr. Rajendra K. Pachauri, Director General of The Energy and Resources Institute (TERI) and Chairman of the IPCC
2. Professor Lord Nicholas Stern,IG Patel Professor of Economics and Government, London School of Economics
3. Mr. Anders Fogh Rasmussen, (Former) Prime Minister of Denmark
4. Mrs. Connie Hedegaard, Danish Minister for Climate and Energy
5. Mr. Helge Sander, Danish Minister for Science, Technology and Innovation
6. Mr. John Ashton, Special Representative for Climate Change, United Kingdom Foreign & Commonwealth Office
7. Professor Amanda Lynch, School of Geography and Environmental Sciences, Head of the Monash University Climate program, Monash University
8. Dr. Balgis Osman-Elasha, Higher Council for Environment and Natural Resources (HCENR), Sudan
9. Professor Daniel M. Kammen, Director, Renewable and Appropriate Energy Laboratory, Energy and Resources Group & Goldman School of Public Policy, University of California, Berkeley
10. Professor Diana Liverman, Director of the Environmental Change Institute, University of Oxford
11. Professor Hans Joachim Schellnhuber, Director of the Potsdam Institute for Climate Impact Research and Visiting Professor at University of Oxford
12. Professor Katherine Richardson, Vice Dean of the Faculty of Science, University of Copenhagen
13. Professor Nebojsa Nakicenovic, Acting Deputy Director of the International Institute for Applied Systems Analysis (IIASA) and Professor of Energy Economics ,Vienna University of Technology
14. Professor Qingchen Chao, Deputy Director General, Department of Science & Technology Development, China Meteorological Administration
15. Professor Stefan Rahmstorf, Potsdam Institute for Climate Impact Research
16. Professor William D. Nordhaus, Sterling Professor of Economics, Yale University

رؤساء الجلسات

1. Professor Dorthe Dahl-Jensen, Niels Bohr Institute, University of Copenhagen
2. Dr. Konrad Steffen, Director of Cooperative Institute for Research in Environmental Sciences (CIRES), University of Colorado at Boulder
3. Professor John Mitchell, Director of Climate Science, UK Meteorological Office
4. Professor Masahide Kimoto, Deputy Director, Center for Climate System Research, The University of Tokyo
5. Professor Dr. Martin Visbeck, The Leibniz-Institute of Marine Sciences at the University of Kiel (IFM-GEOMAR)
6. Professor Nathan Bindoff, Institute of Antarctic and Southern Ocean Studies, University of Tasmania
7. Dr. Michael Raupach, Commonwealth Scientific and Industrial Research Organisation (CSIRO) Marine and Atmospheric Research, leader of the Continental Biogeochemical Cycles Research Team
8. Professor Dr. Nicolas Gruber, Institut für Biogeochemie und Schadstoffdynamik, ETH Zurich
9. Professor Martin Claussen, Max Planck Institute for Meteorology, University of Hamburg
10. Professor Matthew England, Climate Change Research Centre (CCRC) University of New South Wales
11. Professor Tim Lenton, Laboratory for Global Marine and Atmospheric Chemistry, School of Environmental Sciences, University of East Anglia
12. Dr. Bette Otto-Bliesner, Senior Scientist in the Paleoclimate Group in the Climate and Global Dynamics Division, The National Center for Atmospheric Research (NCAR), Boulder, Colorado.
13. Dr. Chris Turney, Department of Geography, University of Exeter
14. Professor Keith Paustian, The Natural Resource Ecology Laboratory, Colorado State University
15. Professor Scott Denning, Department of Atmospheric Science, Colorado State University
16. Professor Ann Henderson-Sellers, Department of Physical Geography, Macquarie University
17. Dr. Paul Baer, Research Director, EcoEquity
18. Dr. Sivan Kartha, Stockholm Environment Institute (SEI)
19. Professor Timmons Roberts, Institute for the Theory and Practice of International Relations, The College of William and Mary & Environmental Change Institute, University of Oxford
20. Professor Coleen Vogel, School of Geography, Archaeology and Environmental Studies, University of the Witwatersrand
21. Dr. Carlos Nobre, Brazil National Institute for Space Research
22. Dr. Cameron Hepburn, Smith School of Enterprise and the Environment, University of Oxford
23. Professor Dale Jamieson, Director of Environmental Studies, New York University
24. Professor Anthony J. McMichael, National Centre of Epidemiology and Population Health, Australian National University
25. Dr. Roberto Bertollini, Director of Division of Technical Support, Health Determinants, WHO Regional Office for Europe
26. Professor Mark S. Ashton, Yale School of Forestry and Environmental Studies, Yale University
27. Professor Liping Zhou, Peking University
28. Dr. Pep Canadell, Commonwealth Scientific and Industrial Research Organisation (CSIRO) Marine and Atmospheric Research, Executive Director Global Carbon Project
29. Professor Dr. Wim C. Turkenburg, Director Copernicus Institute, Utrecht University
30. Professor Claus Felby, Forest & Landscape, University of Copenhagen
31. Science Manager Anders Viksø-Nielsen, Novozymes Biofuels R&D
32. Director Henrik Bindslev, Risø National Laboratory for Sustainable Energy, Technical University of Denmark
33. Professor Jim Skea, Research Director, UK Energy Research Centre
34. Professor Diana Ürge-Vorsatz, Department of Environmental Sciences and Policy, Central European University
35. Professor Jiahua Pan, Senior Fellow and Deputy Director, Research Centre for Sustainable Development, Chinese Academy of Social Sciences
36. Professor Dr. Joyeeta Gupta, Institute for Environmental Studies, VU University Amsterdam
37. Professor Warwick McKibbin, Excecutive Director, CAMA, ANU Office of Business and Economics, Australian National University
38. Professor Pete Smith, School of Biological Sciences, University of Aberdeen
39. Professor Jørgen E. Olesen, Faculty of Agricultural Sciences, Aarhus University
40. Director General Frances Seymour, Centre for International Forestry Research (CIFOR)
41. Professor Jacquie Burgess, Head of School, University of East Anglia
42. Professor Daniel M. Kammen, Director, Renewable and Appropriate Energy Laboratory, Energy and Resources Group & Goldman School of Public Policy, University of California, Berkeley
43. Dr. James E. Hansen, NASA Goddard Institute for Space Studies
44. Professor Ole John Nielsen, Department of Chemistry, University of Copenhagen
45. Professor Maria Carmen Lemos, Natural Resources and Environment, University of Michigan
46. Professor Torkil Jønch Clausen, Managing Director of DHI Water, Environment and Health: Water Policy in Denmark.
47. Professor Harold A. Mooney, Department of Biological Sciences, Stanford University
48. Dr. Mark Stafford Smith, Science Director Climate Adaptation Flagship, Commonwealth Scientific and Industrial Research Organisation (CSIRO)
49. Professor Paul Leadley, Laboratoire d'Écologie, Systematique et Evolution (ESE Laboratory), Université Paris-Sud 11
50. Dr. Frank Jotzo, Climate Change Institute, Australian National University
51. Professor Roberto Sanchez Rodriguez, Director of UC Mexus, University of California, Riverside
52. Professor Anette Reenberg, Institute of Geography, University of Copenhagen
53. Professor Pier Vellinga, Programme Director of Climate Change, Wageningen University
54. Dr. Tom Downing, Director of Stockholm Environment Institute's Risks, Livelihoods & Vulnerability Programme
55. Dr. Dagmar Schröter, The Sustainable Development Group of the Umweltbundesamt, Austria
56. Professor John R. Porter, Department of Agricultural Sciences, University of Copenhagen
57. Professor Peter Gregory, Director of Scottish Crop Research Institute (SCRI)
58. Professor Niels Elers Koch, Director General of Forest & Landscape, University of Copenhagen
59. Dr. Jill Jäger, Sustainable Europe Research Institute (SERI)
60. Jamie Pittock, WWF Research Associate, Australian National University
61. Dr. John Christensen, UNEP Risoe Centre on Energy, Climate and Sustainable Development
62. Dr. Fatima Denton, Climate Change Adaptation in Africa (CCAA), Dakar
63. Dr. Koko Warner, Munich Climate Insurance Initiative (MCII)
64. Professor Kazuhiko Takeuchi, Deputy Executive Director of the Integrated Research System for Sustainability Science, The University of Tokyo
65. Professor Dr. Rik Leemans, Department of Environmental Sciences, Wageningen University
66. Professor Ken Caldeira, Carnegie's Institution's Department of Global Ecology, Stanford University
67. Professor Mary Scholes, School of Animal, Plant and Environmental Sciences, University of Witwatersrand
68. Dr. Carol Turley, Plymouth Marine Laboratory
69. Professor Dr. Louise Fresco, University of Amsterdam
70. Dr. Pamela Matson, Dean of the School of Earth Sciences, Stanford University
71. Mr. Agus Sari, Director of Indonesia and Policy Coordinator for Southeast Asia, EcoSecurities
72. Professor Oran Young, Bren School of Environmental Science and Management, University of California, Santa Barbara
73. Dr. Chris Hope, Judge Business School, University of Cambridge
74. Dr. Detlef Sprintz, Senior Scientist, Potsdam Institute for Climate Impact Research
75. Kevin Anderson, Research Director, Energy and Climate Change Programme, Tyndall Centre for Climate Change Research, Mechanical, Aerospace and Civil Engineering, University of Manchester
76. Dr. Max Boykoff, Environmental Change Institute, University of Oxford
77. Dr. Aled Jones, Deputy Director, University of Cambridge Programme for Industry, University of Cambridge
78. Professor Johan Rockström, University of Stockholm & Executive Director at Stockholm Environment Institute
79. Dr. Tariq Banuri, Senior Researcher, Stockholm Environment Institute
80. Professor Ole Wæver, Political Science Department, University of Copenhagen
81. Professor Karen O'Brien, Department of Sociology and Human Geography, University of Oslo
82. Professor Thomas Heyd, Department of Philosophy, University of Victoria
83. Dr. Katrine Krogh Andersen, Special Advisor, Danish Ministry of Climate & Energy
84. Dr. Andreas Barkman, Head of Air and Climate Change Mitigation, European Environment Agency

تقرير تجميعي

من

مؤتمر تغيرالمناخ

المخاطر العالمية، التحديات والقرارات

كوبنهاغن، 12-10 مارس/آذار 2009

www.climatecongress.ku.dk

فريق التأليف

Professor Katherine Richardson (رئيس),
Vice Dean of the Faculty of Science, University of Copenhagen

Professor Will Steffen,
Executive Director of the ANU Climate Change Institute,
Australian National University

Professor Hans Joachim Schellnhuber,
Director of the Potsdam Institute for Climate Impact Research and
Visiting Professor at University of Oxford

Professor Joseph Alcamo,
Chief Scientist (Designate) of the United Nations Environment
Programme (UNEP)

Dr. Terry Barker,
Centre for Climate Change Mitigation Research, Department of Land
Economy, University of Cambridge

Professor Daniel M. Kammen,
Director, Renewable and Appropriate Energy Laboratory, Energy and
Resources Group & Goldman School of Public Policy
University of California – Berkeley

Professor Dr. Rik Leemans,
Department of Environmental Sciences, Wageningen University

Professor Diana Liverman,
Director of the Environmental Change Institute, University of Oxford

Professor Mohan Munasinghe,
Munasinghe Institute for Development (MIND), Sri Lanka

Dr. Balgis Osman-Elasha,
Higher Council for Environment & Natural Resources (HCENR), Sudan

Professor Lord Nicholas Stern,
IG Patel Professor of Economics and Government,
London School of Economics

Professor Ole Wæver,
Political Science Department, University of Copenhagen

University of Copenhagen
تقرير تجميعي من مؤتمر

تغير المناخ

المخاطر العالمية، التحديات والقرارات
كوبنهاغن، 12-10 مارس/آذار 2009
www.climatecongress.ku.dk

تصميم رسوم الجرافيك: Konform.com
ISBN 978-87-90655-68-6
طبع في الدانمرك 2009

تمهيد

سيكون اجتماع اتفاقية الأمم المتحدة الإطارية المتعلقة بتغير المناخ (UNFCCC) المزمع عقده في كوبنهاغن في ديسمبر/كانون الأول 2009 (مؤتمر الأطراف الخامس عشر، COP15) خطوة حاسمة الأهمية على طريق إيجاد استجابة عالمية لتهديد التغير المناخي الناتج عن أنشطة البشر. وسيكون التقرير التقييمي الرابع للفريق الحكومي الدولي المعني بتغير المناخ (IPCC)، المنشور في عام 2007[1] هو الإسهام العلمي الرئيسي في تلك المفاوضات. ولقد كان تقرير الفريق مفيداً بالفعل في زيادة كل من الوعيين الجماهيري والسياسي بالمخاطر الاجتماعية المصاحبة لانبعاث غازات الدفيئة دون خضوع للرقابة.

ومنذ صدور تقرير الفريق، ظهرت معارف جديدة عمقت من فهم آثار التأثير البشري على المناخ، وخيارات ونهج الاستجابة المتاحة للتصدي لتلك القضية المعقدة. وفي سبيل الجمع بين تلك المعارف الجديدة، نظم التحالف الدولي للجامعات البحثية [i] مؤتمراً علمياً دولياً عن تغير المناخ، تغير المناخ: المخاطر العالمية، التحديات والقرارات، والذي عقد في كوبنهاغن في الفترة من 10-12 مارس/آذار 2009. وكانت المشاركة في المؤتمر مفتوحة أمام الجميع. وكان غالبية الحضور الذين بلغ عددهم ما يقرب من 2500 من الباحثين، وكان العديد منهم من بين المساهمين في تقارير الفريق الحكومي الدولي المعني بتغير المناخ. وكان المشاركون ينتمون إلى ما يقرب من 80 بلداً مختلفاً، وساهموا بما يزيد على 1400 عرض تقديمي علمي. ويمكن الإطلاع على جميع العروض التقديمية العلمية التي قدمت على الرابط www.iop.org/EJ/volume/1755-1315/6، كما يمكن الإطلاع على الجلسة الختامية العامة على الرابط environmentalresearchweb.org/cws/article/opinion/39126.

يعرض ذلك التقرير التجميعي عرضاً عاماً محدثاً لمجموعة واسعة من الأبحاث المعنية بتغير المناخ - بما فيها العلوم المناخية الأساسية، وآثار المناخ المتغير على المجتمع والبيئة، والعديد من الأدوات والنهج المتاحة للتصدي لتحدي التغير المناخي بكفاءة. والتقرير الحالي من إعداد فريق تأليف يتكون من أعضاء اللجنة العلمية التوجيهية لمؤتمر التحالف الدولي للجامعات البحثية إلى جانب أفراد تم دعوتهم لإضافة سعة أكاديمية وجغرافية إلى فريق التأليف. وهو يستند إلى 16 محاضرة عامة قدمت في المؤتمر، بالإضافة إلى مساهمات من أكثر من 80 رئيساً ورئيساً مشاركاً و 58 جلسة موازية عقدت بالمؤتمر. ويمكن الإطلاع على أسماء المتحدثين في الجلسات العامة ورؤساء الجلسات الموازية والرؤساء المشاركين في الغلاف الداخلي من هذا الإصدار. وقد اعتمد فريق التأليف، بالإضافة إلى العروض التقديمية التي قدمت في المؤتمر، على مطبوعات حديثة في الأدبيات العلمية في إنتاج ذلك التقرير التجميعي.

وروجع هذا التقرير مراجعة نقدية من قبل ممثلي شراكة العلم بشأن نظام الأرض (ESSP)[ii]، ورؤساء الجلسات الموازية والرؤساء المشاركين، وكذلك من قبل عدد يصل إلى أربعة باحثين مستقلين من كل من جامعات التحالف الدولي للجامعات البحثية. وقد اتبعت تلك العملية المستفيضة في المراجعة من أجل ضمان استناد الرسائل التي تضمنها التقرير استناداً دقيقاً وراسخاً على البحوث الجديدة التي أنتجت منذ آخر تقرير للفريق الحكومي الدولي المعني بتغير المناخ، وأنها تعكس بأمانة أحدث أعمال المجتمع الدولي في مجال أبحاث التغير المناخي.

i IARU الاتحاد الدولي للجامعات البحثية (http://www.iaruni.org)
الجامعة الاسترالية الوطنية، جامعة كاليفورنيا – بيركلي، جامعة كيمبردج، جامعة كوبنهاغن، ئي تي إتش زيورخ، جامعة سنغافورة الوطنية، جامعة أكسفورد، جامعة بيكين، جامعة طوكيو، جامعة ييل.

ii تعد شراكة العلم بشأن نظام الأرض (www.essp.org) (ESSP) شراكة تضم من البرامج البحثية الدولية البرنامج العالمي لبحوث المناخ (WCRP)، البرنامج الدولي للغلاف الأرضي والمحيط الحيوي (IGBP)، البرنامج الدولي للأبعاد الإنسانية المعني بالتغير البيئي العالمي (IHDP) وبرنامج DIVERSITAS، وهو برنامج دولي معني بالتنوع البيولوجي.

موجز تنفيذي

عندما أدركت المجتمعات السابقة أن الأنشطة التي تقوم بها تتسبب في تغيرات بيئية ضارة، بدأت في الاستجابة لذلك عن طريق التحكم في الأنشطة المسؤولة أو تعديلها. وقد أوضحت الشواهد العلمية المستفيضة أن الأنشطة البشرية، لاسيما حرق الوقود الأحفوري، تؤثر على المناخ بطرق تهدد من رفاهة المجتمع الإنساني وتنميته المستدامة. وإذا كان للإنسانية أن تتعلم من تاريخها وأن تحد من تلك التهديدات، فإن الوقت قد حان لسيطرة أقوى على الأنشطة البشرية التي تغير من الظروف الأساسية للحياة على كوكب الأرض.

ولكي يكون في الإمكان وضع تدابير فعالة للمكافحةٍ والسيطرة، فيجب توفر فهم واسع النطاق لدى القادة الوطنيين والعالميين، فضلاً عن الجماهير، لكيفية تغيير الأنشطة البشرية للمناخ، والآثار المترتبة على عدم خضوع تلك التغيرات المناخية للرقابة.

ويهدف هذا التقرير إلى أن يقدم لمجموعة عريضة من الجمهور، تقريراً محدثاً عن أحدث فهم للتغير المناخي الناتج عن الأنشطة البشرية، والآثار الاجتماعية والبيئية لذلك التغير، والخيارات المتاحة أمام المجتمعات للاستجابة لتلك التحديات التي يفرضها التغير المناخي.

وقد صيغ ذلك الفهم من خلال ست رسائل رئيسية:

الرسالة الرئيسية الأولى:

الاتجاهات المناخية

أظهرت عمليات الرصد الأخيرة حدوث تغير في انبعاث غازات الدفيئة والعديد من الجوانب الخاصة بالمناخ، حيث تقترب من الحد الأعلى من نطاق توقعات الفريق الحكومي الدولي المعني بتغير المناخ. وقد بدأ العديد من المؤشرات المناخية الرئيسية في التحرك على نحو يتجاوز أنماط التقلبات المناخية الطبيعية التي تطور فيها المجتمع والاقتصاد المعاصران وازدهرا. وتشمل تلك المؤشرات المتوسط العالمي لدرجة الحرارة السطحية، وارتفاع مستوى البحر، ودرجة الحرارة العالمية للمحيطات، وامتداد جليد البحر القطبي الشمالي، وتحمض المحيطات، والظواهر المناخية الشديدة. وإذا بقيت الانبعاثات مستمرة بدون انقطاع، فإن العديد من الاتجاهات في المناخ مرشح للتسارع، مما سيؤدي إلى تزايد مخاطر حدوث تحولات مناخية مفاجئة أو لا رجعة فيها.

الرسالة الرئيسية الثانية:

الاختلال الاجتماعي والبيئي

تقدم الدوائر البحثية الكثير من المعلومات الداعمة للجدل الدائر حول "التغيرات المناخية الخطرة". فقد أظهرت عمليات الرصد الأخيرة أن المجتمعات والنظم البيئية معرضة للتأثر بصورة كبيرة من التغير المناخي، حتى وإن كان في مستويات متواضعة، مع تعرض البلدان والمجتمعات الفقيرة، وخدمات النظام البيئي، والتنوع البيولوجي للمخاطر بصفة خاصة. وسيكون من الصعب على المجتمعات المعاصرة التعامل مع أية زيادات في درجات الحرارة فوق 2°م، حيث من المرجح أن تتسبب في حدوث اختلالات اجتماعية وبيئية كبيرة على مدى السنوات الباقية من ذلك القرن وما بعده.

الرسالة الرئيسية الثالثة:

إستراتيجية طويلة الأجل: الأهداف والجداول الزمنية العالمية

من الضروري العمل على تخفيض الانبعاثات بصورة سريعة، ومستدامة، وفعالة تستند إلى عمل عالمي وإقليمي منسق، لتفادي "التغير المناخي الخطر"، بغض النظر عن كيفية تعريفه. وإذا ما حُددت أهداف أقل قوة لعام 2020 فستتزايد مخاطر وقوع آثار خطيرة، بما في ذلك اجتياز نقاط التحول، مما يُعقد من مهمة تحقيق أهداف عام 2050 ويزيد من تكلفتها. ومن بين الجوانب الأساسية في التخفيض الفعال للانبعاثات تحديدُ سعر معقول طويل الأجل للكربون، واعتماد سياسات تعمل على تشجيع فعالية الطاقة، وتقنيات منخفضة الكربون.

الرسالة الرئيسية الرابعة:

أبعاد العدالة

كان للتغير المناخي، كما سيكون له، آثار تفاضلية قوية على الشعوب في البلدان والمناطق، وفيما بينها، على هذا الجيل والأجيال القادمة، وعلى المجتمعات الإنسانية والعالم الطبيعي. ويلزم إيجاد شبكة سلامة من إجراءات التكيف، تتسم بالفعالية والتمويل الجيد، لأولئك الأقل قدرة على التصدي لآثار التغير المناخي، وإستراتيجيات عادلة لتخفيض الانبعاثات لحماية الفقراء والفئات الأكثر عرضة للمخاطر. ويجبٍ النظر إلى التصدي للتغير المناخي باعتباره جزءاً لا يتجزأ من الأهداف الأوسع نطاقاً لتعزيز التنمية الاجتماعية الاقتصادية والعدالة في جميع أنحاء العالم.

الرسالة الرئيسية الخامسة:

لا تَسامُح مع التقاعس عن العمل

تمتلك المجتمعات بالفعل أدوات ونهجاً كثيرة - اقتصادية، وتكنولوجية، وسلوكية، وإدارية - للتعامل بكفاءة مع تحدي تغير المناخ. وإذا لم تطبق تلك الأدوات بشكل قوي وعلى نطاق واسع، فلن يكون في الإمكان تحقيق التكيف مع التغير المناخي الحتمي، والتحول الاجتماعي اللازم لإزالة الكربون من الاقتصادات. ومن شأن بذل جهد منسق في سبيل تحقيق التكيف وتخفيض الانبعاثات على نحو سريع وفعال أن يحقق مجموعة عريضة من المنافع. منها نمو فرص العمل في قطاع الطاقة المستدامة؛ انخفاض التكاليف الصحية، والاجتماعية، والاقتصادية، والبيئية للتغير المناخي؛ وإصلاح النظم البيئية وإعادة الحياة إلى خدماتها.

الرسالة الرئيسية السادسة:

التصدي للتحدي

إذا كان للتحول الاجتماعي اللازم للتصدي لتحدي التغير المناخي أن يتحقق، فيجب التغلب على عدد من القيود الكبرى، واغتنام الفرص المؤثرة. ويتضمن ذلك تقليل القصور في الأنظمة الاجتماعية والاقتصادية؛ الاستفادة من رغبة متزايدة لدى الجماهير في أن تتصرف الحكومات تجاه التغير المناخي؛ تقليل الأنشطة التي تزيد من انبعاث غازات الدفيئة وتقليل المرونة (مثل الإعانات)؛ والتمهيد للتحول من الحوكمة غير الفعالة، والمؤسسات الضعيفة إلى القيادة الإبداعية في الحكومات، والقطاع الخاص، والمجتمع المدني. ومن الضروري الربط بين التغير المناخي وبين شواغل الاستهلاك والإنتاج المستدامين الأوسع نطاقاً، وقضايا حقوق الإنسان والقيم الديمقراطية للتحول بالمجتمعات نحو مسارات أكثر استدامة للتنمية.

التعايش مع القيود البيئية

يبلغ عمر كوكب الأرض خمسة مليارات عام تقريباً. إلا أن عمر البشر على الكوكب لا يزيد على 0.004 في المائة من ذلك التاريخ؛ وقد بدأ ظهور الإنسان العاقل الحديث منذ 200000 عام تقريباً. وقد شهد تاريخ كوكب الأرض الطويل تغيرات مناخية هائلة. وعانى الإنسان الأولي من تلك الظواهر المناخية الهائلة، واستطاع قسم منه البقاء على قيد الحياة. إلا أن البشر لم يشهدوا ازدهاراً حقيقياً إلا خلال آخر 12000 عام، وهي الفترة التي أصبح فيها مناخ كوكب الأرض دافئاً ومستقراً بصورة نسبية.

فخلال تلك الفترة من الظروف المناخية المستقرة، استطاع الإنسان زراعة النباتات وترويض الحيوانات. كما أن الاكتشافات التي ظهرت منذ ما يقرب من 10000 عام مضت، والتي أدت إلى ظهور الزراعة الحديثة، غيرت العلاقة بين البشر وبين كوكبهم بصورة هائلة. فقد كسرت القيود الطبيعية على أعداد البشر، ومَكّنت عدداً أكبر من البشر من الازدهار في آن واحد على كوكب الأرض، وهو ما كان ليحدث لو لم يكن ثمة تحكم في توافر الغذاء.

وكان المزارعون الأوائل، وفقاً للافتراضات، أحراراً في الزراعة في أي مكان شاءوا. ولكن، عندما أدركت المجتمعات - بعد ذلك ببضعة آلاف من السنين - أن الممارسات الزراعية والتنمية غير الخاضعة للرقابة من الممكن أن تعود بالضرر على المجتمعات بأسرها، وضعت قواعد محلية تحكم الوسائل والمواقع التي يمكن الزراعة فيها. وبالمثل، لم يكن لدى أسلافنا الأوائل على الأرجح قيود على كيفية تخلصهم من النفايات. وعندما تزايدت أعداد البشر إلى مستوى معين، وبدأوا يدركون أن تراكم النفايات يمثل مشكلة صحية أو مشكلة تلوث، وُضِعت القواعد وطوِّرت التقنيات من أجل إدارة التخلص من النفايات. ومن بين الأمثلة المعاصرة على النظم المطبقة على مستوى عالمي، بروتوكول مونتريال، حيث اتفق المجتمع الدولي في عام 1987 على التحرك بناء على الشواهد العلمية التي تشير إلى وجود بعض الغازات الصناعية التي يمكن أن تؤدي إلى نضوب خطير لطبقة الأوزون المحيطة بكوكب الأرض.

وفي جميع تلك الحالات، لم يكن ممكناً إجراء الرقابة إلا في ظل وجود قبول عام لدى المجتمع بأن الاستمرار في حالة انعدام التنظيم ستكبده خسائر لا يمكن قبولها. ومن ثم، يُظهر تاريخ العلاقة بين البشرية وبين البيئة أن المجتمعات إذا ما علمت أن ممارسة معينة قد تَقوض من رفاهة أفرادها، فإنها تضع قواعد، ونظماً، وإستراتيجيات أخرى للسيطرة على الممارسة المتسببة في الضرر.

وتشير الشواهد العلمية الحالية بغزارة إلى أن السماح باستمرار انبعاث غازات الدفيئة الناتجة من الأنشطة البشرية دون رقابة يشكل تهديداً خطيراً على رفاهة المجتمعات المعاصرة واستمرارية تنميتها. إن المعرفة بشأن تأثير الأنشطة البشرية على المناخ تضع على عاتق المجتمع المعاصر مسؤولية التصرف حيال ذلك الأمر. حيث تُحتِّم إعادة تعريف علاقة الإنسان بكوكب الأرض، وتتطلب - من أجل رفاهة المجتمع - إدارة تلك الأنشطة البشرية التي تتداخل مع المناخ. ولكن، من أجل مساندة وضع إجراءات فعالة للاستجابة، يجب أن تنشر تلك المعرفة على نطاق واسع خارج نطاق المجتمع العلمي. والغرض من ذلك التقرير هو أن نُوصِّل إلى نطاق عريض من الجمهور آخر ما وصل إليه فهم المجتمع البحثي للتغير المناخي، وآثاره، والإجراءات اللازمة للتصدي له بكفاءة وفاعلية.

الرسالة الرئيسية الأولى

الاتجاهات المناخية

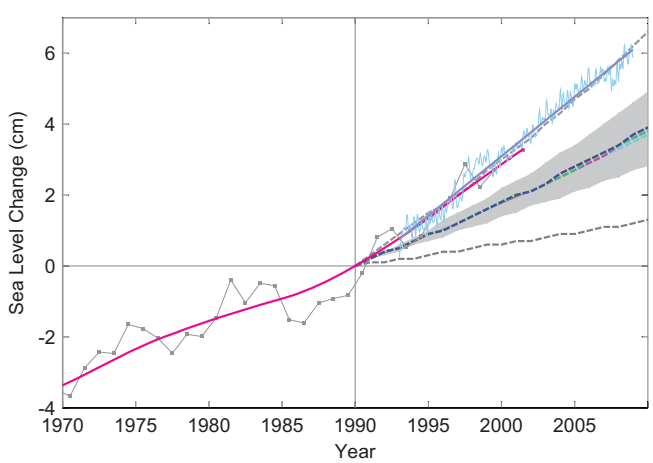
أظهرت عمليات الرصد الأخيرة حدوث تغير في انبعاث غازات الدفيئة والعديد من الجوانب الخاصة بالمناخ، حيث تقترب من الحد الأعلى من نطاق توقعات الفريق الحكومي الدولي المعني بتغير المناخ. وقد بدأ العديد من المؤشرات المناخية الرئيسية في التحرك على نحو يتجاوز الانماط الطبيعية للتقلبات المناخية التي تطور فيها المجتمع والاقتصاد المعاصران وازدهرا. وتشمل تلك المؤشرات المتوسط العالمي لدرجة الحرارة السطحية، وارتفاع مستوى البحر، ودرجة الحرارة العالمية للمحيطات، وامتداد جليد البحر القطبي الشمالي، وتحمض المحيطات، والظواهر المناخية الشديدة. وإذا بقيت الانبعاثات مستمرة بدون انقطاع، فإن العديد من الاتجاهات في المناخ مرشح للتسارع، مما سيؤدي إلى تزايد مخاطر حدوث تحولات مناخية مفاجئة أو لا رجعة فيها.

توصل الفريق الحكومي الدولي المعني بتغير المناخ (IPCC) في 2007[2] إلى أن التغير المناخي واقع، دون شك، وأن كوكب الأرض يعاني من الاحترار. والأهم من ذلك، توصل الفريق الحكومي الدولي المعني بتغير المناخ إلى وجود احتمالات تزيد نسبتها على 90 في المائة لكون الأنشطة البشرية السبب الرئيسي للاحترار العالمي - ولعل من أهم تلك الأنشطة هي انبعاث غازات الدفيئة وإزالة الغطاء النباتي الطبيعي. ومنذ عام 2007، أظهرت التقارير التي قارنت بين توقعات الفريق الحكومي الدولي المعني بتغير المناخ في عام 1990 وبين عمليات الرصد تغيراً في بعض المؤشرات المناخية مقتربة من الحد الأعلى للنطاق المحدد في التوقعات أو، كما هو الحال مع ارتفاع مستوى البحر (الشكل 1)، بمعدلات أعلى من تلك التي حددتها توقعات الفريق. ويتطلب فهم أهمية عمليات الرصد تلك فهماً أكبر للتغير المناخي يتجاوز مجرد إدراك حدوث احترار جوي وحسب.

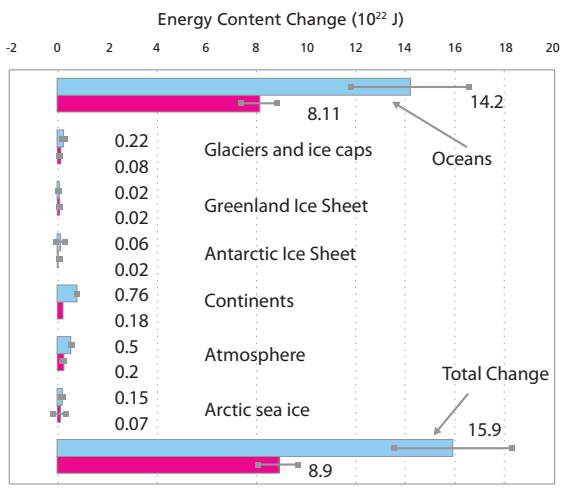
حيث يتم التحكم في المناخ من خلال تدفقات الحرارة الداخلة للكوكب والخارجة منه، وتخزين الحرارة في أقسام نظام كوكب الأرض المختلفة - المحيطات، واليابسة، والغلاف الجوي، والثلج/الجليد. فهذه الحرارة في نهاية الأمر مصدرها الشمس. ويختزن قدر ضئيل للغاية من الحرارة في الغلاف الجوي (الشكل 2)؛ ويوجد القدر الأكبر من الحرارة المخزنة عند سطح كوكب الأرض في المحيطات. ويسري تدفق الحرارة في المحيط بصورة أكثر بطئاً منه في الجو. ولكن نظراً لتخزين المحيط لكمية كبيرة من الحرارة، فإن التغير في درجة حرارة المحيط، التي تترجم إلى تغير في مقدار الحرارة المخزنة فيه، تعد مؤشراً أفضل للتغير في المناخ من التغيرات التي تحدث في الهواء الجوي.

يبين الشكل 3 الإتجاهات في درجة الحرارة السطحية في العقود الأخيرة. فقد كان عام 2008 أبرد نسبياً من الأعوام السابقة له مباشرة، وكان السبب الأساسي في ذلك انخفاض النشاط المغناطيسي لدورة الشمس إلى أدنى حد (دورة البقع الشمسية) وحدوث ظاهرة النينيو في 2007/2008. ومع ذلك، فإن الاتجاه طويل الأجل للزيادة في درجة الحرارة واضح وجلي، ويواصل مسار درجات الحرارة الجوية عند سطح كوكب الأرض تقدمه في حدود نطاق توقعات الفريق الحكومي الدولي المعني بتغير المناخ.

ومنذ آخر تقرير للفريق، نشرت الاتجاهات المحدثة في درجات حرارة المحيطات السطحية ومحتواها الحراري[4،5]. وتُظهر هذه التقديرات المنقحة (الشكل 4) احترار المحيطات بصورة كبيرة في الأعوام الأخيرة. وتشير التقديرات الحالية إلى احترار المحيطات بنسبة 50 في المائة تقريباً فوق القيمة التي سجلها سابقاً الفريق الحكومي الدولي المعني بتغير المناخ[2]. وتساعد التقديرات الجديدة على الوصول لفهم أفضل للاتجاه الذي لوحظ في العقود الأخيرة في مستوى البحار، حيث كان غالبية الارتفاع الملحوظ في مستوى البحار إلى وقت قريب راجعاً إلى التمدد الحراري لمياه البحار.



الشكل **1**
التغير في مستوى البحر من عام *1970* إلى *2008*، نسبة إلى مستوى البحر في عام *1990*. تستند الخطوط المصمتة إلى عمليات الرصد المنقحة بغرض إزالة آثار التغير فيما بين السنوات (الخطوط الخفيفة تصل نقاط البيانات). وقد تم الحصول على البيانات في السنوات الأخيرة بواسطة أجهزة الاستشعار المستندة على الأقمار الصناعية. ويُعرَض إطار توقعات الفريق الحكومي الدولي المعني بتغير المناخ للمقارنة؛ ويشمل ذلك الخطوط المتقطعة كتوقعات فردية، وتمثل المنطقة المظللة عدم اليقينية بشأن التوقعات[3].



الشكل **2**
التغير في محتوى الطاقة في مختلف مكونات نظام كوكب الأرض عن فترتين: *2003-1961* (الأعمدة الزرقاء) و *2003-1993* (الأعمدة القرنفلية)[2] (الشكل *5.4*).

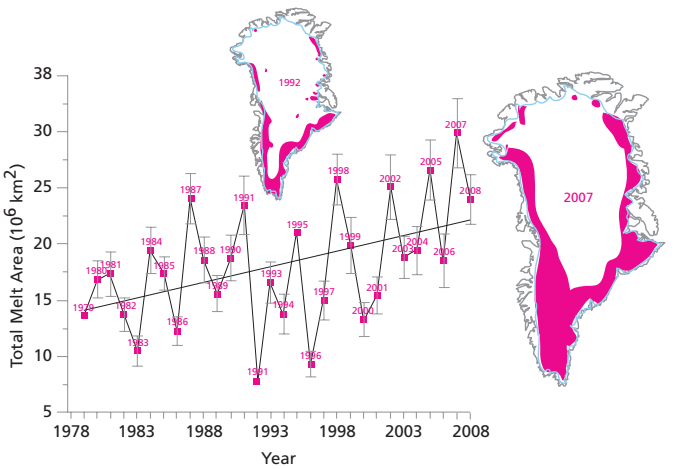
إطار 1

التغيرات في صفيحة غرينلند الجليدية

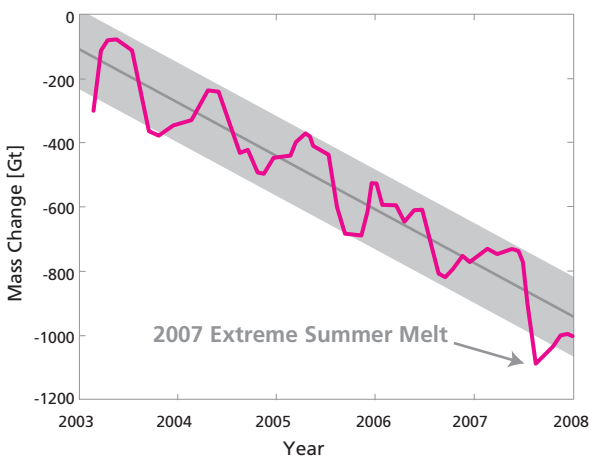
Prof. Dorthe Dahl Jensen, ddj@gfy.ku.dk & Dr. Konrad Steffen, Konrad.Steffen@colorado.edu

يساهم الذوبان المتزايد في الصفائح الجليدية القطبية الكبيرة في الارتفاع المشاهد في مستوى البحر. وتُظهر عمليات الرصد في المنطقة من صفيحة غرينلند الجليدية التي كانت عند درجة حرارة الذوبان ليوم واحد على الأقل خلال فترة الصيف، حدوث زيادة بنسبة 50 في المائة خلال الفترة من 1979 إلى 2008[6] (انظر الشكل). وقد شهدت منطقة غرينلند صيفاً حاراً للغاية في عام 2007. حيث وصلت منطقة جنوب غرينلند بأسرها إلى درجة حرارة الذوبان أثناء الصيف، وبدأ موسم ذوبان الثلج مبكراً عن موعده بعشرة إلى عشرين يوماً، واستمر لمدة أطول تصل إلى 60 يوماً، في جنوب غرينلند[7].

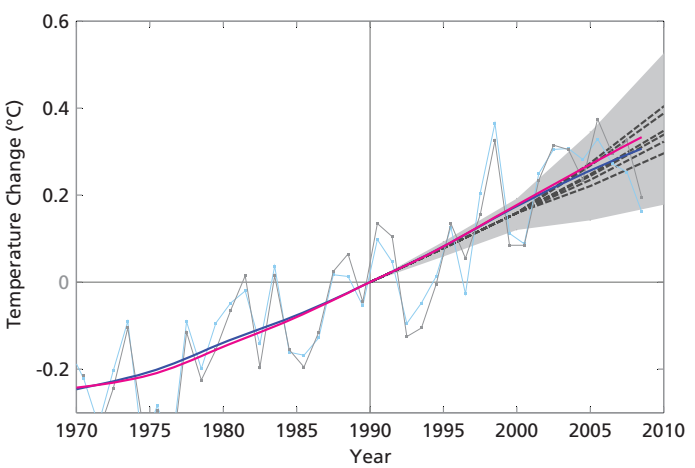
وإضافة إلى الذوبان، تفقد الصفائح الجليدية القطبية الكبيرة من كتلتها بسبب التفريغ الجليدي، الذي يعد حساساً هو الآخر لدرجة الحرارة في المنطقة. وقد أحدثت قياسات الأقمار الصناعية للتغيرات الضئيلة للغاية في الجاذبية ثورةً في إمكانية تقدير الفقد في الكتلة جراء تلك العمليات. ويُظهر الشكل الثاني فقدان صفيحة غرينلند الجليدية للكتلة بمعدل يبلغ 179 طناً إجمالياً/عام منذ عام 2003. ويناظر ذلك المعدل في فقدان الكتلة مساهمة في ارتفاع المتوسط العالمي لمستوى البحر بمقدار 0.5 مم/عام؛ في الوقت الذي يبلغ فيه إجمالي المتوسط العالمي لارتفاع مستوى البحر في الوقت الحالي 3.1 مم/عام[8]. أما بالنسبة للمساحة المذابة، فكان فقدان الكتلة خلال عام 2007 الذي اتسم بدفء استثنائي كبيراً للغاية. كما أن عمليات الرصد الحديثة لتزايد فقدان الكتلة من الأنهار الجليدية والقلنسوة الجليدية والصفائح الجليدية في غرينلند وجليد القطب الجنوبي قد أدت إلى توقع حدوث ارتفاعات في المتوسط العالمي لمستوى البحر بمقدار 1 م (±0.5 م) خلال القرن القادم. وتبلغ التقديرات المحدثة للمتوسط العالمي لارتفاع مستوى البحر في المستقبل ضعفي توقعات الفريق الحكومي الدولي المعني بتغير المناخ تقريباً من عام 2007[28].



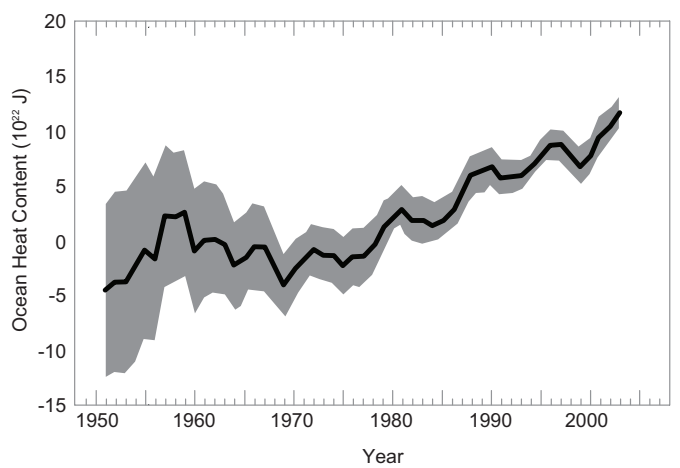
منطقة الذوبان السطحي في صفيحة غرينلند الجليدية، وفقاً لما تم استنتاجه من عمليات رصد درجة الحرارة السطحية بواسطة الأقمار الصناعية[6].



التغير في كتلة صفيحة غرينلند الجليدية من عام *2003* إلى عام *2008*، وفقاً للتقديرات المستمدة من قياس الأقمار الصناعية للتغيرات في مجال الجاذبية. وتُظهر المنطقة المظللة مستوى ثقة بنسبة *90%* للخط المستقيم المهيأ. وقد عين المحور الرأسي عند قيمة عشوائية تساوي صفراً في بداية فترة الملاحظة[8].



الشكل 3
التغيرات في المتوسط العالمي لدرجة حرارة الهواء السطحية (منقحة عن فترة *15* عاماً) (تم التصحيح من رقم *11* في النسخة الأولى من هذا التقرير) نسبة إلى عام *1990*. يمثل الخط الأزرق البيانات المستمدة من مركز هادلي (مكتب الأرصاد الجوية بالمملكة المتحدة)؛ ويمثل الخط الأحمر بيانات *GISS* (معهد غودارد لدراسات الفضاء التابع لوكالة ناسا، الولايات المتحدة الأمريكية). أما الخط المتقطع فيمثل التوقعات الواردة في التقرير التقييمي الثالث للفريق الحكومي الدولي المعني بتغير المناخ، حيث تشير المنطقة المظللة إلى عدم اليقين بشأن التوقعات[3] (البيانات الخاصة بعامي *2007* و *2008* من إضافة *S. Rahmstorf*).



الشكل 4
التغير في المحتوى الحراري للمحيطات منذ عام *1951* (عمليات الرصد- الخط الأسود) مع القيم غير اليقينية (بالتظليل الرمادي)، نسبة إلى المحتوى الحراري للمحيط في عام *1961*[4].

وزاد معدل ارتفاع مستوى البحر في المدة من 1993 إلى الوقت الحاضر (الشكل 1)، وكان السبب في ذلك بنسبة كبيرة راجعاً إلى تزايد الإمداد من الفقدان الجليدي في كل من غرينلند (إطار 1) والمنطقة القطبية الجنوبية. ومع ذلك، فلا تزال أنماط سلوك تلك الصفائح الجليدية القطبية في مراحلها الأولى، لذا فإن توقعات زيادة مستوى البحر إلى عام 2100 المستندة إلى "أنماط تلك العملية" تشوبها ريبة كبيرة. ويمكن، كنهج بديل، تأسيس التوقعات على العلاقة المشاهدة بين ارتفاع المتوسط العالمي لدرجة الحرارة وارتفاع مستوى البحر على مدى السنوات المائة والعشرين الماضية، على افتراض استمرار تلك العلاقة الملحوظة مستقبلاً. واستناداً إلى هذا النهج، تشير التوقعات إلى حدوث زيادة في مستوى البحر بما يقارب المتر أو أكثر بحلول عام 2100[16] (الجلسة الافتتاحية (S. Rahmstorf) والجلسة 1).

ولن يتوقف ارتفاع مستوى البحر في عام 2100. فالتغيرات في المحتوى الحراري للمحيط ستستمر في التأثير على ارتفاع مستوى البحر لعدة قرون على الأقل. كما سيستمر الذوبان والفقدان الديناميكي للجليد في كل من المنطقة القطبية الجنوبية وغرينلند لقرون قادمة. أي أن التغيرات التي بدأت الأجيال الحالية تحدثها في المناخ ستؤثر بشكل مباشر على أجيالنا لمدة طويلة في المستقبل. وفي الحقيقة، فإن المتوسط العالمي لدرجة الحرارة السطحية سينخفض بالكاد في السنوات الألف الأولى بعد تقليص انبعاث غازات الدفيئة إلى الصفر[9،10].

ومن بين التطورات الأكثر إثارة التي حدثت منذ آخر تقرير للفريق الحكومي الدولي المعني بتغير المناخ[1] الانخفاض السريع في مساحة جليد البحر القطبي الشمالي في الصيف. ففي عام 2007، تقلصت أدنى مساحة مغطاة بقرابة 2 مليون كيلو متر مربع مقارنة بالأعوام السابقة. وفي عام 2008، كان الانخفاض مخيفا بنفس القدر تقريباً[11]. ويعد هذا التقلص في الغطاء الجليدي مهماً للمناخ على نطاق أكبر حيث إن الجليد والثلوج يعكسان بشكل أكثر إشعاعَ الشمس مرة أخرى إلى الغلاف الجوي، بينما تمتص مياه البحار معظم الإشعاع الذي يصل إليها من الشمس. لذلك، فالمحيط الخالي من الجليد يمتص حرارة أكبر من المحيط المغطى بالجليد، وعليه فإن الفقد في جليد البحر القطبي الشمالي يتسبب في "تغذية ارتجاعية" في النظام المناخي تزيد من الاحترار.

علماً بأن السبب الرئيسي وراء زيادة المحتوى الحراري لسطح كوكب الأرض هو زيادة تركيزات غازات الدفيئة في الغلاف الجوي[2، 12] (الشكل 5). وتقوي تلك الغازات من "تأثير غازات الدفيئة" الذي يمثل عملية فيزيائية في نظام كوكب الأرض مفهومة وموثقة جيداً - مثلها مثل الجاذبية أو المد والجزر - ومعلومة منذ القرن التاسع عشر. أما تأثير غازات الدفيئة الطبيعي فإنه يجعل كوكب الأرض صالحا للحياة في المقام الأول. حيث تعمل غازات الدفيئة مثل بخار الماء، وثاني أكسيد الكربون (CO_2)، والميثان (CH_4)، وأكسيد النيتروز (N_2O) الموجودة في الغلاف الجوي على امتصاص الحرارة المنبعثة من سطح كوكب الأرض، ومن ثم تحتفظ بمزيد من الحرارة بالقرب من سطح كوكب الأرض - في المحيطات، واليابسة، والغلاف الجوي. ولولا وجود تأثير غازات الدفيئة الطبيعي، لكان متوسط درجة الحرارة على كوكب الأرض يقارب -19°م، أي أكثر برودة بما يقرب من 34°م عما هي عليه اليوم. و يوجد تأثير غازات الدفيئة في جميع الكواكب التي يوجد بغلافها الجوي غازات ممتصة للحرارة؛ فالحرارة السطحية شديدة الارتفاع (440°C) الموجودة في الزهرة، على سبيل المثال، يمكن إرجاعها إلى وجود تركيز عالٍ من ثاني أكسيد الكربون به.

ومن شأن تغيير مقدار غازات الدفيئة في الغلاف الجوي أن يغير من شدة تأثير غازات الدفيئة. فبخار الماء هو أكثر غازات الدفيئة غزارة، ويساهم بالنصيب الأكبر في تأثير غازات الدفيئة الطبيعي على كوكب الأرض. ولأن قدرة الغلاف الجوي على احتواء بخار الماء تعتمد بشدة على درجة الحرارة، فإن مقدار بخار الماء الموجود في الغلاف الجوي ينظم بواسطة درجة حرارة كوكب الأرض ذاتها، حيث يزيد مع حدوث الاحترار. ويعني ذلك أن بخار الماء يتبع التغيرات التي تحدث في درجة الحرارة العالمية، والتي تحدث نتيجة أسباب أخرى، ويضخمها. فلم يكن للأنشطة الإنسانية تأثير كبير مباشر على صافي التدفقات العالمية لبخار الماء من/إلى الغلاف الجوي[16] (الجلسة 3)، وإن كانت تتسبب في تغير تلك التدفقات محلياً، من خلال قطع الغابات أو إقامة نظم الري، على سبيل المثال.

ولكن الوضع مختلف للغاية مع بعض غازات الدفيئة الأخرى، حيث كان للانبعاثات التي يتسبب فيها الإنسان أثر مباشر. فقد زادت التركيزات الجوية لثاني أكسيد الكربون، وكذلك الميثان، وأكسيد النيتروز بصورة هائلة، على مدى العقود الأخيرة نتيجة لأنشطة الإنسان. فسجلات عينات الجليد الأسطوانية والرواسب تبين أن تركيزات جميع تلك الغازات في الغلاف الجوي أصبحت الآن أعلى منها منذ وقت طويل قبل ظهور الإنسان الحديث. وفي الواقع، لم يكن تركيز ثاني أكسيد الكربون في الجو أعلى كثيراً مما هو عليه الآن على مدى آخر عشرين مليون عام من تاريخ كوكب الأرض على الأقل[17].

فالاحترار المبدئي الناتج عن زيادة تركيزات غازات الدفيئة يتضخم بفعل عمليات التغذية المرتجعة المعززة. وهي تلك العمليات التي تحدث بفعل التغير المناخي، والتي تدفع بعد ذلك إلى حدوث مزيد من الاحترار. وعلاوة على عمليات التغذية المرتجعة لجليد البحر القطبي الشمالي وبخار الماء المذكورة سابقاً، ثمة عملية تغذية مرتجعة مهمة للغاية، ترتبط بعمليات "اسطح امتصاص الكربون" الطبيعية التي تمتص ثاني أكسيد الكربون CO_2 من الجو. حيث لا يبقى كل ثاني أكسيد الكربون CO_2 المنطلق جراء الأنشطة البشرية إلى الغلاف الجوي هناك. فأكثر من نصف ثاني أكسيد الكربون المنبعث في الجو من الوقود الأحفوري وتغير استخدامات الأراضي يزال بواسطة اسطح امتصاص ثاني أكسيد الكربون في الأراضي والمحيطات. ولقد قلت نسبة إزالة ثاني أكسيد الكربون المتسبب فيها الإنسان بواسطة اسطح الامتصاص تلك على مدى الخمسين عاماً الأخيرة [12]، كما توجد بعض الشواهد التي تشير إلى أن تلك النسبة ستزداد انخفاضاً على مدى العقود المقبلة في ظل سيناريوهات ارتفاع الانبعاثات في المستقبل[12] (إطار 2). وإذا استمر هذا الإضعاف لأسطح امتصاص ثاني أكسيد الكربون الطبيعية فإن نسبة أكبر من الانبعاثات ستبقى في الجو، مما يتطلب إجراء خفض أكبر في الانبعاثات لتحقيق أهداف محددة لتركيزات ثاني أكسيد الكربون في الجو.

وعلى نطاق أصغر، فمن بين أكثر تغيرات المناخ أهمية الزيادة الملحوظة في الظواهر بالغة الشدة - الموجات الحرارية، والعواصف، والفيضانات[2]. علاوة على ذلك، يرتبط المناخ الإقليمي في الغالب بشكل مباشر بسلوك الأنماط المحددة للتقلبية المناخية، مثل منظومة الرياح الموسمية، وربما تأثرت تلك الأنماط ذاتها بالمناخ الآخذ في الاحترار[16] (الجلسة 3)[19]، ومن شأن التغيرات في الظواهر بالغة الشدة وفي أنماط التقلبية الطبيعية أن يكون لها عواقب وخيمة على المجتمعات الإنسانية التي أصبحت معتادة أو معتمدة على الأنماط المستقرة لدرجة الحرارة، والرياح، وهطول الأمطار في مناطق محددة. ويتناول القسم التالي بعض التبعات والمخاطر التي يشكلها التدخل في المناخ على المجتمع.

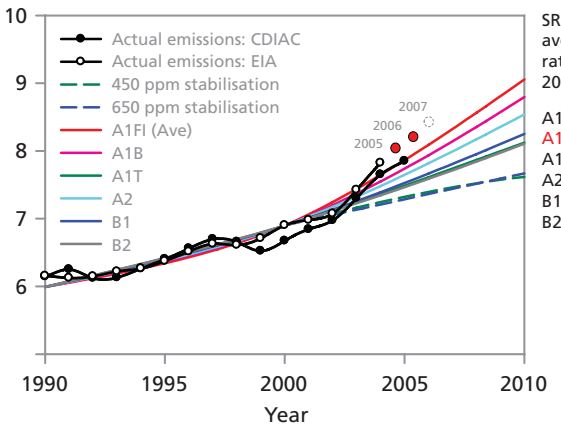
دورة الكربون العالمية

Dr. Michael R. Raupach, Michael.Raupach@csiro.com, Prof. Nicolas Gruber, nicolas.gruber@env.ethz.ch
Dr. Josep G. Canadell, Pep.Canadell@csiro.au

تمر دورة الكربون العالمية بحالة شديدة من اختلال التوازن نظراً لدخول ثاني أكسيد الكربون إلى الغلاف الجوي نتيجة احتراق الوقود الأحفوري وتغير استخدامات الأراضي. ويعد الوقود الأحفوري في الوقت الراهن مسؤولاً عن 85 في المائة تقريباً من إجمالي الانبعاثات، بينما يُعزَى إلى تغير استخدامات الأراضي 15 في المائة منها. وقد زاد إجمالي الانبعاثات أضعافاً مضاعفة منذ عام 1800 بنسبة تقارب 2 في المائة سنوياً. إلا أن الانبعاثات الصادرة من الوقود الأحفوري تسارعت وتيرتها منذ عام 2000 حيث تزيد بمعدل 3.4 في المائة تقريباً في العام، ووصل هذا المعدل المشاهد للزيادة إلى الحد الأعلى لنطاق معدلات الزيادة المحددة في السيناريوهات التي وضعها الفريق الحكومي الدولي المعني بتغير المناخ. ويُعزَى إلى مجموع انبعاثات ثاني أكسيد الكربون 2/3 الزيادة في الدفع الإشعاعي لجميع غازات الدفيئة.

وبدون اسطح امتصاص ثاني أكسيد الكربون، التي تعمل على إزالة ثاني أكسيد الكربون من الجو وتخزينه، فإن إجمالي انبعاثات ثاني أكسيد الكربون التي بطلقها البشر منذ عام 1800 كانت ستتسبب في زيادة ثاني أكسيد الكربون الجوي من قيمته في عصر ما قبل الصناعة البالغة 280 جزءاً في المليون إلى ما يقرب من 500 جزء في المليون. إلا أن اختلال توازن دورة الكربون يؤدي إلى إعادة تقسيم القدر الهائل الذي يطلقه البشر من ثاني أكسيد الكربون فيما بين مخازن الكربون في الغلاف الجوي، والأرض، والمحيطات. وبالتالي، ظلت اسطح امتصاص ثاني أكسيد الكربون في اليابسة والمحيطات تمتص أكثر من نصف مجموع انبعاثات ثاني أكسيد الكربون منذ عام 1800، وقد زاد التراكم الفعلي لثاني أكسيد الكربون في الغلاف الجوي من تركيز ثاني أكسيد الكربون إلى 385 جزءاً في المليون فقط (أي بزيادة تقارب 2 جزء في المليون سنوياً). ولكن تعد اسطح الامتصاص الطبيعية هذه لثاني أكسيد الكربون حساسة للتغير في المناخ واستخدامات الأراضي: فمن المرجح أن تضعف في المستقبل نتيجة لعدة عوامل من بينها زيادة تحمض المحيطات، وتغير الدورات المحيطية، والمياه، ودرجة الحرارة، والقيود الغذائية على امتصاص الأرض لثاني أكسيد الكربون. كما يمكن أيضاً تجميع البرك الكربونية التي كانت خاملة وإطلاقها في الجو إما على هيئة ثاني أكسيد الكربون أو الميثان، إحدى غازات الدفيئة الأكثر قوة. وتشمل البرك المثيرة للقلق: كربون الأراضي الاستوائية المغمورة، والحساسة لأعمال تهيئة الأرض بإزالة الكساء النباتي والصرف؛ والمخازن الكبيرة للكربون العضوي في أراضي منطقة القطب الشمالي دائمة التجمد، والمعرضة للتأثر بالاحترار.

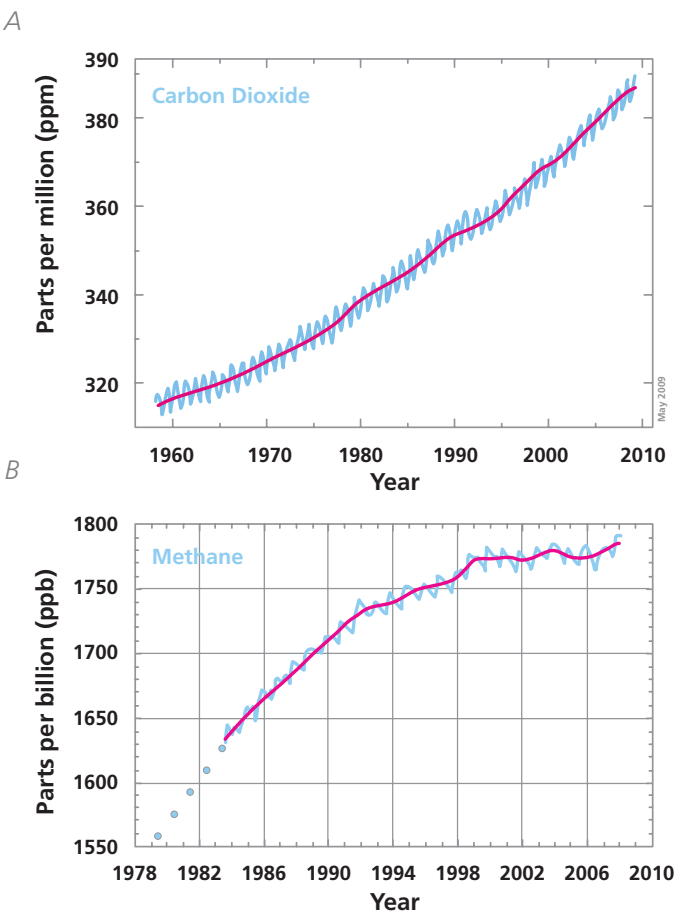
وقد بدأت الأعمال الأخيرة في قياس مقدار الآثار التضخيمية التي تسببها تلك الجوانب الحساسة على التغير المناخي. وثمة ثقة متزايدة في أن نتيجتها النهائية ستسفر عن تضخيم في زيادة كل من ثاني أكسيد الكربون الجوي والميثان حتى عام 2100، ومن ثم تسفر عن تضخيم للتغير المناخي. علماً بأن عامل التضخيم غير مقيد، حيث تتراوح أفضل التقديرات الحالية بين ما يقرب من الصفر إلى أكثر من 50 في المائة. وبحسب سيناريو الانبعاث "2i" للفريق الحكومي الدولي المعني بتغير المناخ1 والذي يتنبأ بحدوث احترار عالمي بما يقرب من 4°م دون عمليات تغذية مرتجعة من الكربون للمناخ، فإنه يتنبأ بزيادة إضافية يتراوح مقدارها من 0.1 إلى 1.5°م بسبب حساسية لأسطح الامتصاص الأرضية والمحيطية. كما أن الأثر الإضافي للانبعاثات المتسارعة لكل من الميثان وثاني أكسيد الكربون نتيجة ذوبان الأرض دائمة التجمد - يبدو مهما للغاية، وإن لم يُقس كمياً بعد.



SRES (2000) average growth rates in % y^{-1} for 2000-2010:

A1B: 2.42
A1FI: 2.71
A1T: 1.63
A2: 2.13
B1: 1.79
B2: 1.61

«الانبعاثات العالمية المرصودة لثاني أكسيد الكربون الناتج من الوقود الأحفوري والمصادر الصناعية *18*، مقارنة بالقيم المتوسطة لست مجموعات من السيناريوهات المستمدة من تقرير الفريق الحكومي الدولي المعني بتغير المناخ بشأن سيناريوهات الانبعاثات (الخطوط الملونة) والنطاق الذي يغطيه كل سيناريو على حدة (التظليل الرمادي). علماً بأن بيانات الانبعاثات مستقاة من مصدرين: مركز المعلومات والتحليلات الخاصة بثاني أكسيد الكربون (*CDIAC*) وهيئة الطاقة الدولية (*IEA*). تم تحديث الشكل باستخدام أحدث البيانات المتاحة (*www.globalcarbonproject.org*) منذ نشر ذلك التقرير للمرة الأولى».



الشكل 5
اتجاهات تركيزات الغلاف الجوي لغازات الدفيئة (*أ*) ثاني أكسيد الكربون، CO_2، بالأجزاء في المليون منذ *1958* إلى الوقت الحاضر[13]؛ (ب) الميثان، CH_4، بالأجزاء في المليار منذ *1979* إلى الوقت الحاضر[14]؛ و(ج) أكسيد النيتروز، N_2O، بالأجزاء في المليار منذ *1978* إلى الوقت الحاضر[2،13،14،15].

الرسالة الرئيسية الثانية

الاختلال الاجتماعي والبيئي

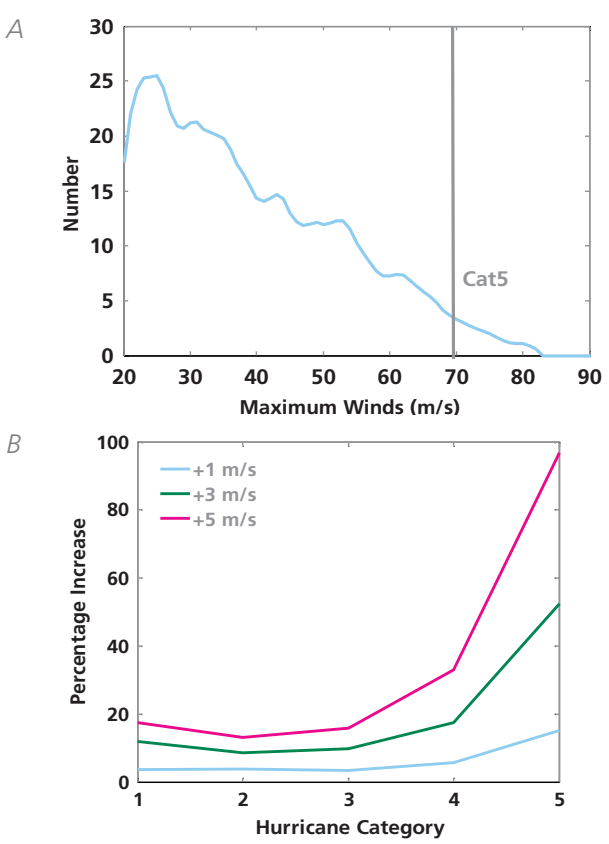
تقدم الدوائر البحثية الكثير من المعلومات الداعمة للجدل الدائر حول "التغيرات المناخية الخطرة". فقد أظهرت عمليات الرصد الأخيرة أن المجتمعات والنظم البيئية معرضة للتأثر بصورة كبيرة من التغير المناخي، حتى وإن كان في مستويات متواضعة، مع تعرض البلدان والمجتمعات الفقيرة، وخدمات النظام البيئي، والتنوع البيولوجي للمخاطر بصفة خاصة. وسيكون من الصعب على المجتمعات المعاصرة التعامل مع أية زيادات في درجات الحرارة فوق 2°م، حيث من المرجح أن تتسبب في حدوث اختلالات اجتماعية وبيئية كبيرة على مدى السنوات الباقية من ذلك القرن وما بعده.

إن تعريف "التغير المناخي الخطر" يمثل بالأساس أحد القرارات القيمة التي يجب أن تتوصل إليها المجتمعات ككل. كما أن هناك ثلاثة أنواع مختلفة على الأقل من الاعتبارات المهمة: (1) الآثار السلبية على البشر والنظم البيئية، التي تحدث في مختلف مستويات التغير المناخي؛ (2) مستويات الآثار السلبية التي تُعدّ المجتمعات على استعداد لتحملها؛ و (3) مستويات التغير المناخي التي يحدث عندها تجاوز لما يسمى بنقاط التحول، والتي لا يعود التغير خطياً وقابلاً للعكس عندها، ولكن يصبح فجائياً، وكبيراً، ولا رجعة فيه - على الأرجح - خلال أطر زمنية تلائم المجتمع المعاصر. وفي الوقت الحاضر، يبدو كم المناقشات والمداولات[16] (الجلسة 39) في هذا الصدد ضئيلاً، على الرغم من تقديم البحوث العلمية كماً غزيراً من المعلومات الهامة ذات الصلة الوثيقة بمثل تلك المناقشات.

وعلى الرغم من عدم وجود إجماع آراء عالمي بشأن مستويات التغير المناخي التي يمكن اعتبارها "خطيرة"، إلا أن مساندة كبيرة[20] قد نشأت لتقييد الارتفاع في درجة الحرارة العالمية بحد أقصى يبلغ 2°م فوق مستويات ما قبل عصر الصناعة. وهو ما يشار إليه غالباً بتعبير "حاجز الدرجتين المئويتين". وتشير أبحاث الفريق الحكومي الدولي المعني بتغير المناخ[21] وغيرها من البحوث العلمية الأحدث[31] إلى أنه حتى في ظل زيادة درجة الحرارة بأقل من 2°م، فستكون الآثار كبيرة، إلا أن بعض المجتمعات يمكنها التعامل مع بعض تلك الآثار من خلال إستراتيجيات التكيف الاستباقية. أما فوق 2°م، فإن احتمالات تكيف المجتمع والنظم البيئية ستتضاءل سريعاً مع ازدياد مخاطر وقوع اختلال اجتماعي نتيجة للآثار الصحية، ونقص المياه، وانعدام الأمن الغذائي.

ولعل صحة الإنسان ورفاهته من أفضل مؤشرات آثار التغير المناخي على المجتمعات (إطار 3). فبالفعل، تأثرت الحالة الصحية في العديد من المجتمعات جراء الارتفاع المُشاهَد في درجات الحرارة إلى اليوم، والبالغ 0.7°م؛ إن العدد المتزايد من الظواهر المناخية الشديدة، مثل موجات الحرارة، والفيضانات، والعواصف، يؤدي إلى تزايد عدد حالات الوفاة والإصابة جراء الكوارث الطبيعية المرتبطة بالمناخ[1]. وبخلاف الآثار المباشرة على الصحة، يمكن لتغير المناخ أن يؤثر أيضاً على المحددات الأساسية للصحة - كمية الغذاء ونوعيته، الموارد المائية، والمكافحة البيئية لناقلات الأمراض[16] (الجلسة 14).

ويعد الارتباط بين التغير المناخي، وصحة الإنسان، والأنظمة المائية قوياً بصورة خاصة. ففيما يتعلق بالصحة، فإن آثار التغير المناخي على أنظمة المياه تبدو جلية بالفعل في أجزاء عديدة من العالم، ومن المرجح أن تتسارع الآثار على مدى عدة عقود، بغض النظر عن الاتفاقيات المستقبلية بشأن خفض انبعاث غازات الدفيئة (إطار 4). على سبيل المثال، يؤدي القحط والجفاف إلى انعدام الاستقرار الاجتماعي، وانعدام الأمن الغذائي، وحدوث مشاكل صحية طويلة الأجل في بعض المناطق نتيجة لتضرر وسائل كسب العيش أو ضياعها[16] (الجلسة 14). وتجبر مثل تلك الآثار على وضع إستراتيجية للبقاء لأجل قصير على حساب التكيف الأطول أجلاً. ومع ذلك، فهناك حاجة ملحة الآن إلى اتخاذ تدابير للتكيف للحد من آثار التغير المناخي. ونظراً لعدم اليقين الذي يكتنف التوقعات بشأن تأثيرات المناخ على الموارد المائية على المستويين المحلي والإقليمي، فإن بناء القدرة على التحمل، وإدارة المخاطر، وتطبيق إدارة تكيفية، تصبح على الأرجح أكثر إستراتيجيات التكيف فعالية[16] (الجلسة 29). وحتى في حالة تطبيق إجراءات تكيف فعالة، فإن الآثار على الموارد المائية في العديد من مناطق العالم ستكون شديدة، في ظل التغير المناخي المصاحب لزيادة في درجة الحرارة تتراوح ما بين 1.0 إلى 1.5°م فقط[23].

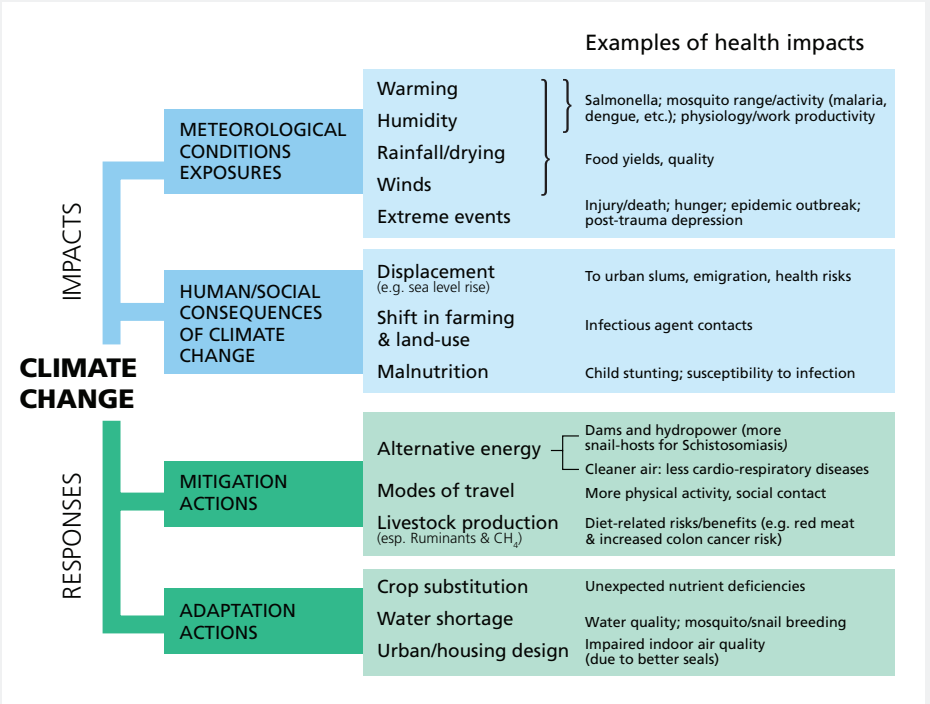


الشكل 6
(أ) أعداد أعاصير شمال الأطلنطي المدارية لكل أقصى سرعة رياح مبينة على المحور الأفقي. تبلغ السرعة القصوى للرياح في أشد الأعاصير المدارية (الفئة 5) 70 م/ث أو أعلى. *(ب)* الزيادة التناسبية لكل فئات الأعاصير *(1 – الأقل شدة؛ 5 – الأكثر شدة)* الناتجة من الزيادة في أقصى سرعة للرياح بمقادير *1، 3 و5* م/ث. لاحظ الزيادة الكبيرة غير المتناسبة في أكثر الأعاصير المدارية شدة المصاحبة لحدوث زيادة متواضعة في سرعة الريح القصوى، مقارنة بالزيادة في الأعاصير الأقل شدة[23].

إطار 3

آثار تغير المناخ على صحة البشر ورفاهتهم

Prof. Anthony McMichael, Tony.McMichael@anu.edu.au & Dr. Roberto Bertollini, Bertollinir@who.int



إن المخاطر الجسيمة، مطردة الدلائل للتغير المناخي على صحة الإنسان تبرز الأثر العميق الكامن على "وسائل دعم الحياة" الخاصة بكوكب الأرض. وينبغي لتلك "العلامة الحيوية" أن تحفز الحكومات على العمل. فالشعوب منخفضة الدخل، والحساسة جغرافياً، هي الأكثر عرضة للمخاطر. ومع أن تلك الشعوب لم تساهم إلا بالقليل في تلك المشكلة، إلا أنها تتكبد القدر الأكبر من المخاطر الصحية.

وتنشأ المخاطر من الضغوط المباشرة (مثل: موجات الحرارة، الكوارث المتعلقة بالطقس، الجفاف في أماكن العمل)، ومن الاضطراب البيئي (مثل: الأنماط المتغيرة للأمراض المعدية)، والاختلالات في الأنظمة البيئية التي يعتمد عليها البشر (مثل: العواقب الصحية لنقص المحاصيل الغذائية)، ومن نزوح السكان والصراع على الموارد الناضبة (المياه، الأراضي الخصبة، مصائد الأسماك). وكذلك يمكن للصفائح الجليدية الذائبة أن تعمل على تجميع الملوثات الكيميائية المرتبطة بالجليد في الشبكة الغذائية البحرية.

ومن الممكن توقع العديد من الآثار المحددة، أو ربما مشاهدتها في الوقت الراهن، كما في بعض الحالات. وتشير دراسات النمذجة إلى أن الزيادة بمقدار 2°م يمكن أن تتسبب في انخفاض محاصيل الحبوب بنسبة تتراوح ما بين 5-20 في المائة في جنوب آسيا وجنوب شرق آسيا وأفريقيا جنوب الصحراء، مما يؤدي إلى تفاقم شديد في سوء التغذية، ونتائج عكسية على الصحة (وخصوصاً النمو الجسماني والذهني لدى الأطفال). وفي العديد من التجمعات الحضرية، يمكن أن تؤدي الزيادة بمقدار 2°م إلى ارتفاع المعدل السنوي للوفيات بمقدار الضعف أو أكثر جراء موجات الحرارة. ومن شأن الزيادة بمقدار 2°م أن تهيئ الفرصة لزيادة تتراوح ما بين 100-50 في المائة في النطاق الجغرافي لإمكانية انتقال داء البلهارسيات (الذي يتخذ من القواقع المائية عائلاً) في الصين، مهدداً بذلك بضع عشرات الملايين من الناس. وقد أظهرت تجربة حديثة في مناطق الاسكا الساحلية أن زيادة قدرها 1°م في درجة حرارة المياه، مَكّنت، باجتياز قيمة حدية، من حدوث تكاثر بكتيري طوال فصل الصيف في المحار، ومن ثم التهاب المعدة والأمعاء لدى المستهلكين.

لذا فقد أصبحت هناك حاجة الآن إلى وضع إستراتيجيات تكيف واقية للصحة، لمواجهة كل من مخاطر الوقت الراهن والمستقبل المنظور. وتساند منظمة الصحة العالمية الدول الأعضاء في أنشطتها، المؤدية إلى إجراء تقييمات رسمية قياسية على المستوى القطري للمخاطر الصحية، والتخطيط لإستراتيجيات التكيف المتعلقة بالتغير المناخي. وفي الوقت نفسه، يمكن أن تُنتج العديد من أنشطة خفض الانبعاثات فيضاً من الفوائد الإيجابية المعززة للصحة، من خلال تحسين نوعية الهواء، وأنماط النشاط البدني، والتوازن الغذائي[16] (الجلسة 14).

إطار 4

الموارد المائية وتغير المناخ: بناء المرونة من أجل مستقبل مستدام

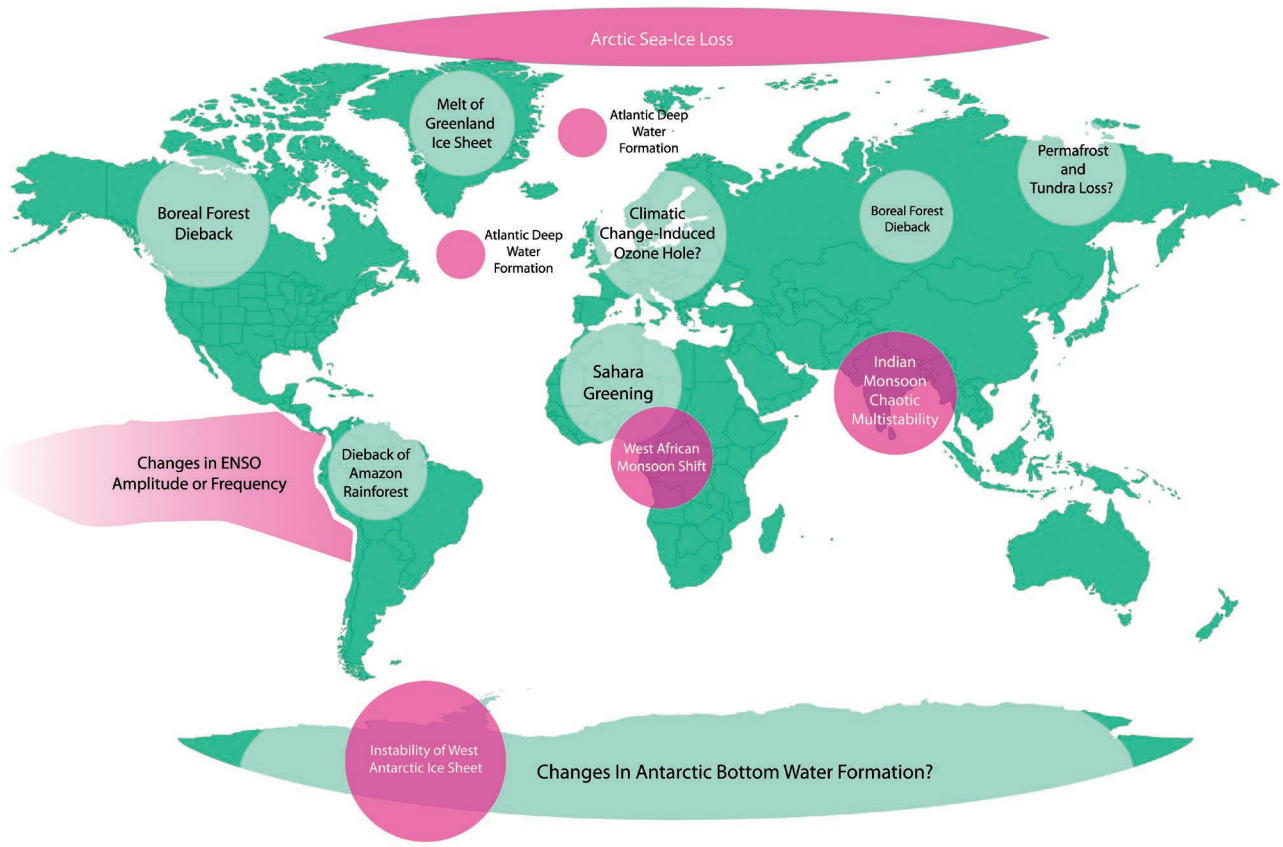
Prof. Maria Carmen Lemos, lemos@umich.edu & Prof. Torkil Jønch Clausen, tjc@dhigroup.com

تصوير: John McConnico

يؤثر تغير المناخ، في الكثير من الأحوال، على المجتمعات البشرية بواسطة نظام المياه، بشكل مباشر وغير مباشر، عن طريق إحداث مجموعة من التغيرات في توفر المياه، والتعجيل بالفيضانات وموجات الجفاف، وارتفاع مستوى البحر، وهبوب العواصف. وتحدث تلك الآثار بالفعل، وتؤثر بأكبر درجة على السكان والبلدان الأكثر فقراً وحرماناً. وستتسارع خطى العديد من تلك الآثار، بغض النظر عن الاتفاقات والإجراءات التي يمكن التوصل إليها مستقبلاً لخفض الانبعاثات. ولدينا الآن ما يكفي من المعرفة للبدء في بناء القدرة على التكيف بين صفوف الشعوب والأنظمة البيئية المُعرَّضة للمخاطر. ولكن ثمة حاجة إلى تحسين معرفتنا وقدرتنا على وضع النماذج للعمليات الفيزيائية، والاجتماعية، والبيئية، التي تؤثر على مرونة الأنظمة المائية لضمان استدامة الحلول في المستقبل. كما تُعدّ الحوكمة الرشيدة عنصراً أساسياً في نجاح التكيف، استناداً إلى نهج متكاملة وتكيفية بدءاً من مستوى المجتمع المحلي إلى أحواض الأنهار عبر الحدود. وثمة حاجة ماسة إلى تبادل البيانات والمعلومات والمعرفة فيما بين جميع الجهات المعنية بانفتاح وشفافية [16] (الجلسة 29).

كما تمثل الموارد المائية مشكلة متنامية في المناطق الحضرية أيضاً. حيث يعد نقص المياه النظيفة في المدن الضخمة الجديدة، التي يقطنها عشرة ملايين نسمة أو أكثر من الفقراء في الغالب، مشكلة خطيرة مثيرة للقلق، في الواقع. وفي العديد من الحالات، تؤدي التغيرات في أنماط هطول الأمطار وتوافر المياه نتيجة للتغير المناخي إلى اشتداد الضغط على الموارد المائية. كما أن التدفق المتواصل للناس إلى تلك المدن الضخمة الجديدة هرباً من المناطق القاحلة التي حولها في بعض الأحيان يشكل إضافة أخرى إلى الإجهاد المائي.

ويرتبط العديد من الآثار الضارة للتغير المناخي بالظروف المناخية بالغة الشدة - الظواهر عالية الحدة، والنادرة نسبياً مثل الأعاصير والعواصف - أكثر منها بالزيادات البطيئة في القيم المتوسطة للبارامترات المناخية. وعلاوة على ذلك، لربما ازداد العديد من الظواهر بالغة الشدة "ضراوة" كنوع من الاستجابة للتغير المناخي. فعلى سبيل المثال، حتى مع حدوث زيادة متواضعة في سرعة الرياح السطحية بمقدار 5 أمتار في الثانية في الأعاصير المدارية، وهو الممكن حدوثه في حالة ارتفاع درجة حرارة المحيط بمقدار 1°م، فربما زاد عدد الأعاصير الأكثر شدة وتدميراً (الفئة 5) بمقدار الضعفين في الوقت الذي يشهد فيه معدل حدوث الأعاصير الأقل شدة زيادات أقل كثيراً (الشكل 6). وتدعم ذلك التحليل عمليات الرصد المسجلة على مدى العقد الأخير في شمال الأطلنطي، حيث زاد عدد أعاصير الفئة 5 بنسبة تتراوح ما بين 400-300 في المائة[24]. ومن الممكن أن يكون لهذه الظواهر عواقب شديدة على المجتمعات الساحلية حول العالم، بدءاً من قرى الصيد الصغيرة الموجودة على الجزر المرجانية في المحيط الهادئ، إلى المدن الضخمة على دلتا الأنهار بالصين، خاصة إذا ما أضيف إليها ارتفاع مستوى البحر ومجموعة من العوامل المحلية التي تزيد من قابلية التعرض للمخاطر.



الشكل **7**
خريطة "عناصر التحول" المناخي المحتملة. تمثل عناصر التحول مظاهر مناخية على المستوى الإقليمي من شأنها أن تبدي مسلكاً ذا نمط حدي، وذلك استجابة للتغيرات المناخية المدفوعة بأسباب بشرية - أي أن أي قدر قليل من التغير المناخي يحدث عند إحدى النقاط الحرجة يمكنه أن يتسبب في وقوع تبدل فجائي و/أو متعذر العكس في عناصر التحول. ومن المرجح أن تكون عواقب مثل ذلك التبدل في عناصر التحول شديدة على المجتمعات والنظم البيئية. تشير علامات الاستفهام إلى الأنظمة التي تُعدّ حالة عناصر التحول بها على وجه الخصوص غير يقينية[27-30].

وتعد زيادة تراكم ثاني أكسيد الكربون في الجو عاملاً مهماً للأنظمة البيئية البحرية حيث تؤدي إلى زيادة حمضية المحيطات (إطار 5). ومع أن آثار تحمض المحيطات لم تعرف بعد على وجه الدقة، إلا أنه من المتوقع أن تكون الكائنات الحية المنتجة لكربونات الكالسيوم معرضة للمخاطر بشكل خاص. فربما تعرضت حيوانات مثل المرجان للتهديد بشكل خاص - بل ربما وصل الأمر إلى انقراضها - في غضون القرن القادم، إذا ما استمرت تركيزات ثاني أكسيد الكربون الجوي في الزيادة دون الخضوع لرقابة. وتشير السجلات الجيولوجية إلى أن تعافي النظام البيئي من مثل ذلك التغير في حمضية المحيط، سيستغرق على الأرجح مئات الآلاف - إن لم يكن عدة ملايين - من الأعوام، وإن كان التعافي الكامل مستبعداً حيث إن الانقراض متعذر عكسه[10].

ولتغير المناخ عواقبه على التنوع البيولوجي، بشكل أكثر عموماً، وعلى العديد من الخدمات التي يستمدها البشر من الأنظمة البيئية المتنوعة، التي تؤدي وظائفها على النحو الصحيح. وثمة احتمال ينذر بتعرض التنوع البيولوجي لكارثة إذا ما ارتفع المتوسط العالمي لدرجة الحرارة فوق حاجز الدرجتين المئويتين، ألا وهي كارثة انتشار تحمض المحيطات وتسارع خطى الارتفاع في مستوى البحر[26]. وستتفاعل تلك العوامل الضاغطة المتعلقة بالمناخ مع مجموعة واسعة من عوامل الضغط الواقعة على التنوع البيولوجي. وستتجسد الكارثة في صورة انقراض نسبة كبيرة من الأنواع البيولوجية في غضون المائة عام القادمة، بالإضافة إلى تقلص هائل في نطاق أنواع أخرى مع زيادة مخاطر تعرضها للانقراض في نهاية الأمر، وانحطاط خدمات النظام البيئي (إطار 6). ويمكن الحد من قوة الأزمة، دون القضاء عليها بالكامل[16]، عن طريق تحديد الارتفاع في درجة الحرارة عند 2°م أو أقل، والمسارعة بتطبيق إستراتيجية تكيف قوية واستباقية في سياسات الحفاظ على البيئة وإدارتها (الجلسة 31).

ومن بين الأساليب الشائعة لتعريف التغير المناخي الخطر تقديرُ آثار التغير المناخي على القطاعات حاسمة الأهمية مثل الموارد المائية والتنوع البيولوجي، وعلى المقاييس التكاملية لرفاهة الإنسان كالصحة. كما تقدم أحدث البحوث حول عناصر التحول في نظام كوكب الأرض مقياساً آخر لعواقب التغير المناخي المستمر بدون انقطاع ذات الخطورة المحتملة على الإنسانية[27]. حيث تظهر عناصر التحول عندما يتسبب تغير ضئيل في متغير مهم، مثل درجة الحرارة، ودورها في حدوث تغير سريع وكبير بصورة غير متوقعة في أحد مظاهر المناخ، مغيرة من أحواله أو أنماط سلوكه.

ويبين الشكل 7 مواقع عدد من عناصر التحول، التي إن نشط أي عنصر منها، فقد يتسبب في حدوث اختلال اجتماعي لدى عدد كبير جداً من البشر. ويمكن أن تنشط عوامل التحول المبينة في القرن الحالي بفعل التغيرات المناخية المسؤول عنها البشر، متسببة في ظهور تغير ملحوظ خلال أطر زمنية تتراوح ما بين عقد أو أدنى، كما هو الحال مع جليد البحر القطبي الشمالي الصيفي والرياح الموسمية الآسيوية، إلى عدة قرون أو ألف عام، كما هو الحال مع صفيحة غرينلند الجليدية. ويكفي ارتفاع المتوسط العالمي لدرجة الحرارة بمقدار 1-2°م لتنشيط عنصرين من عناصر التحول[27] - جليد البحر القطبي الشمالي الصيفي وصفيحة غرينلند الجليدية - على الرغم من إشارة دراسة أخرى[28] إلى أن متوسط احترار عالمي بمقدار 3.1°م يمثل القيمة الحدية بالنسبة لصفيحة غرينلند الجليدية. ولا يعلم جيداً مقدار الاحترار اللازم لتنشيط غالبية عناصر التحول الأخرى، إلا أن أية مخاطر لتنشيطها، حتى وإن كانت ضئيلة، ستعتبر ذات خطورة[24]. ولا تعد الزيادة في درجات الحرارة العامل الوحيد المنشط للأحداث التحولية. فقد أشارت الدراسات الحديثة إلى أن تحمض المحيطات (إطار 5) يمكن أن يتسبب في تكون مساحات منخفضة الأكسجين في المحيط - "ثقوب أكسجين بحرية" - ذات عواقب مدمرة على الحياة البحرية[29].

إطار 5

تحمض كوكب الأرض

Dr. Carol Turley, CT@pml.ac.uk & Prof. Mary Scholes, Mary.Scholes@wits.ac.za

ويحدث في الوقت الراهن تحمض للكتلة الأحيائية البرية والمحيطية على كوكب الأرض، والسبب وراء ذلك مصدران مختلفان للغاية من صنع البشر.

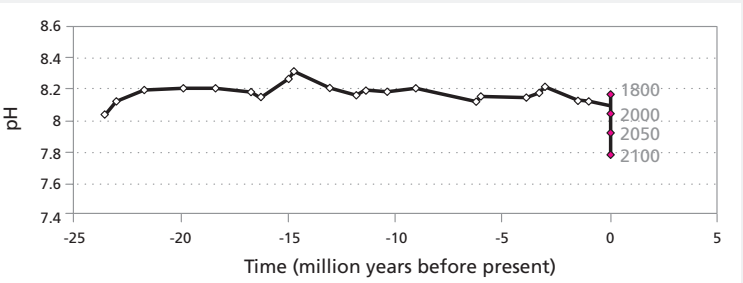
فتحمض اليابسة سببه أحماض النيتريك والكبريتيك، وعلى الرغم من ظهور أهميته منذ سبعينيات القرن العشرين، إلا أنه مازال يشكل قضية في البلدان المتقدمة، ومشكلة متنامية في البلدان النامية. حيث يؤدي تحمض اليابسة إلى تغير في تنوع أنواع الكائنات، وإنتاجية أولية صافية، واختلال توازن أيونات النيتروجين غير العضوي في التربة، وإغناء مسطحات المياه العذبة بالمغذيات. ولم تحظ عمليات التغذية المرتجعة بين اليابسة والأنظمة المائية بفهم ولا ببحث جيدين.

فتحمض المحيطات يعد نتيجة مباشرة ومؤكدة لانبعاثات ثاني أكسيد الكربون في الجو؛ ولم تظهر نتائجه على المحيطات العالمية إلا الآن. فقد امتصت المحيطات في الواقع ما يقرب من 34-27 في المائة من ثاني أكسيد الكربون الذي ينتجه البشر منذ الثورة الصناعية. وعلى الرغم من أن ذلك قد حد من كمية ثاني أكسيد الكربون في الجو، إلا أنه قد تحقق على حساب وقوع تغير كبير في كيمياء المحيطات. ومن بين تلك التغيرات على وجه الخصوص، وربما أكثرها أهمية، ما لوحظ من تغيرات في الأس الهيدروجيني للمحيطات وتركيزات أيونات الكربونات والبيكربونات.

وتشير الشواهد إلى أن تحمض المحيطات يمثل تهديداً خطيراً للعديد من الكائنات الحية، وربما كانت له آثار على شبكات الغذاء، والأنظمة البيئية والخدمات التي تقدمها، والتي تقدر قيمتها بعدة مليارات من الدولارات. فعلى سبيل المثال، من المرشح أن تفوق التعرية في معدلها نمو الشعاب المرجانية المدارية، عند تركيزات ثاني أكسيد الكربون ؛ البالغة ما بين 480-450 في المليون، حيث تشير التقارير بالفعل إلى حدوث انخفاض بنسبة 19 في المائة في نمو الحاجز المرجاني العظيم.

وعندما يصل تركيز ثاني أكسيد الكربون في الجو إلى 450 جزءاً في المليون، فإن أجزاء كبيرة من المحيطات القطبية سوف تصبح قابلة للتحات لقشور المكلسات البحرية الرئيسية، وهو الأثر الذي سيبلغ أشده في منطقة القطب الشمالي. وقد رصد، بالفعل، حدوث فقدان في وزن قشرة العوالق القطبية المكلسة. كما سيؤدي تناقص الأس الهيدروجيني إلى زيادة ضجيج المحيطات ضمن النطاق المسموع مع ما يصاحب ذلك من آثار محتملة على الحياة البحرية، وكذلك على التطبيقات العلمية، والتجارية، والبحرية التي تستخدم الصوتيات المحيطية.

إن معدل التغير في كيمياء المحيطات مرتفع للغاية (انظر الشكل)، وأسرع من الحالات السابقة للانقراض الناتج عن تحمض المحيط التي شهدها تاريخ كوكب الأرض، والتي استغرقت مئات الآلاف من السنين لكي تتعافى منها الأنظمة البيئية البحرية. وسيستمر تحمض المحيطات في تقفي أثر انبعاثات ثاني أكسيد الكربون في الجو مستقبلاً، لذا فإن الخفض السريع والكبير في الانبعاثات هو السبيل الوحيد للحد من آثار تحمض المحيطات.



حمضية المحيطات (الأس الهيدروجيني) على مدى 25 مليون عام مضت والمتوقعة حتى عام 2100[25]. فكلما كان الأس الهيدروجيني أقل، أصبح المحيط أكثر حموضة.

إطار 6

التنوع البيولوجي وتغير المناخ: نتائج تقييم الألفية للنظم البيئية

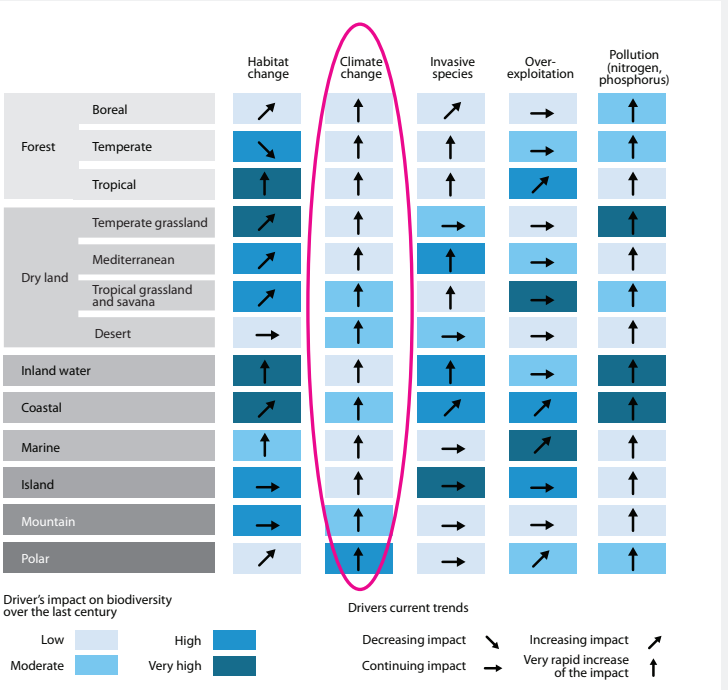
Prof. Harold Mooney, hmooney@stanford.edu & Dr. Anne Larigauderie, anne@diversitasinternational.org

فقد قام البشر، على مدى الخمسين عاماً الماضية، بتغيير النظم البيئية، بصورة أسرع وأشمل من أي وقت مضى على مدى التاريخ البشري. وقد أدى ذلك إلى وقوع خسائر هائلة يتعذر عكسها في غالب الأحيان في تنوع الحياة على كوكب الأرض. فقد أصبح توزيع الأنواع على كوكب الأرض أكثر تماثلاً، نتيجة لانتشار النظم البيئية المضطربة، وتكاثر الأنواع الدخيلة التوسعية . وفي الوقت نفسه، تسبب البشر في زيادة معدلات انقراض الأنواع بقدر يفوق بألف مرة المعدلات النمطية السابقة، على مدى تاريخ كوكب الأرض، نتيجة للاستعمال المباشر والآثار غير المباشرة لاستخدامات الأراضي مثل فقد الموائل، وتجزؤ المظهر الأرضي. على سبيل المثال، يعد ما بين 30-10 في المائة من أنواع الثدييات، والطيور، والبرمائيات مهدداً بالإنقراض في الوقت الراهن. وإجمالاً، تزيد التغيرات التي تحدث في النظم البيئية من احتمالات حدوث تغيرات معقدة تُخلف عواقب وخيمة على رفاهة البشر. فبخلاف إدخال أنواع وفقدان أخرى، تشمل تلك التغيرات انهيار مصائد الأسماك، وإغناء شبكات المياه العذبة بالمغذيات، ونقص الأكسجين بها، وظهور الأمراض، وتغير المناخ الإقليمي.

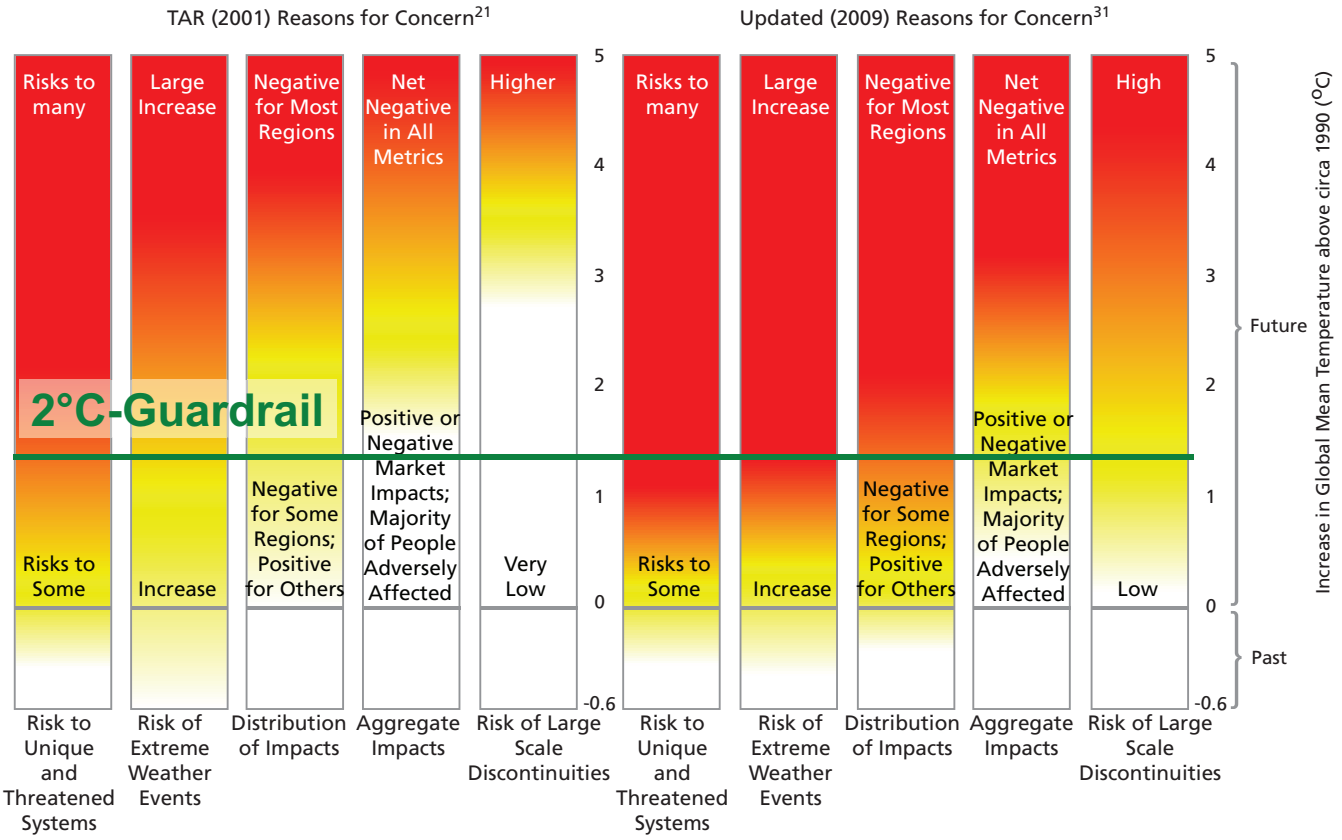
وقد ساهمت تلك التغيرات التي حدثت في النظم البيئية في تحقيق مكاسب هائلة لرفاهة البشر وتنميتهم الاقتصادية، إلا أنها تحققت مقابل تكلفة متنامية تتمثل في تدهور العديد من خدمات النظام البيئي. وتحديداً، فإن الزيادة التي تحققت في عدد الخدمات الإنتاجية (لاسيما المحاصيل، والماشية، والزراعة المائية) كانت على حساب بعض المنتجات الأخرى مثل حطب الوقود ، والمياه العذبة، وكذلك على حساب خدمات ايكولوجية تنظيمية هامة تشمل النظم المناخية الإقليمية والمحلية، وتنظيم نوعية الهواء، وتنظيم المخاطر الطبيعية، والعديد من القيم الروحية، والثقافية، والجمالية. وكثيراً ما يتسبب التدهور في خدمات النظام البيئي في الإضرار برفاهة البشر بصورة كبيرة، كما يمثل خسارة في الأصول الطبيعية للبلدان وثرواتها. وما لم يُتَصدَّ لتلك الآثار ، فإنها ستنتهي كذلك إلى تقليص المنافع التي ستجنيها الأجيال القادمة من النظم البيئية.

ومن الممكن أن يزداد تدهور خدمات النظم البيئيةً بصورة كبيرة خلال النصف الأول من القرن الحالي. ومن بين الأسباب الأخرى، تتضمن الإسهامات المباشرة لتغير المناخ ما يلي:

- الآثار المستقبلية المحتملة على التنوع البيولوجي: فبنهاية القرن، قد يصبح تغير المناخ وما له من آثار الدافع المباشر والسائد لفقدان التنوع البيولوجي، والتغيرات في خدمات النظام البيئي على مستوى العالم.
- الآثار الضارة على خدمات النظام البيئي: تشير الموازنة بين الشواهد العلمية إلى وقوع آثار ضارة كبيرة على خدمات النظام البيئي على مستوى العالم، إذا زاد المتوسط العالمي لدرجة الحرارة السطحية أكثر من 2°م فوق مستوياتها فيما قبل عصر الصناعة.



الآثار والاتجاهات الحالية للعوامل المختلفة على المواقع الأحيائية العالمية الرئيسية. على الرغم من التأكيد على أن آثار التغير المناخي في الوقت الحالي منخفضة إلى متوسطة، إلا أنه من المتوقع أن تزيد أهميتها على مدى السنوات الخمسين المقبلة. وترتبط تلك الأهمية ارتباطاً وثيقاً بالقدرة على الإبقاء على الزيادة في درجات الحرارة ما دون 2°م[26].



الشكل **8**
مخطط ربط الآثار المحتملة للتغير المناخي بالارتفاع في المتوسط العالمي لدرجة الحرارة. يناظر الصفر على مقياس درجة الحرارة تقريباً متوسط درجة الحرارة في عام *1990*، كما يناظر الطرف الأسفل لمقياس درجة الحرارة متوسط درجة الحرارة في عصر ما قبل الصناعة. يزيد مستوى المخاطر أو شدة الآثار المحتملة مع الزيادة في شدة اللون الأحمر. يبين حاجز الدرجتين المئويتين كمرجع.

وكان الانتقال إلى أماكن تكون فيها الظروف أفضل من بين أكثر الاستجابات البشرية شيوعاً تجاه الضغط البيئي الشديد، المتمثل في تردي الموارد المائية أو إمدادات الغذاء. كما أن التغير المفاجئ في أحد عناصر التحول، مثل الرياح الموسمية الآسيوية، إلى حالة أجف بصورة كبيرة، أو الفقدان المحتمل للسعة التخزينية للماء في الأنهار الجليدية بالهيمالايا، سيؤدي إلى ضغط بيئي بدرجات شديدة عن طريق تقليص توافر المياه في سهل الغانج الهندي. وزاد احتمال اضطرار أعداد كبيرة للهجرة بسبب الآثار المناخية الشديدة - من القلق بشأن تحول التغير المناخي في القريب إلى مشكلة كبرى (إطار 7).

وقد قام الفريق الحكومي الدولي المعني بتغير المناخ في عام 2001[12] بتجميع أنواع التحليلات المذكورة آنفاً مستفيداً من أفضل الشواهد العلمية المتاحة في ذلك الوقت والتي تدور حول "أسباب القلق". ويُظهر التمثيل المرئي لذلك التجميع، والذي يدعى "مخطط الجمرات المحترقة"، المخاطر المتزايدة لمختلف أنواع الآثار المناخية التي تسبب زيادة في متوسط درجة الحرارة العالمية. وباستخدام نفس المنهجية، تم تحديث أسباب القلق استناداً إلى أحدث الأبحاث[31].

ويتضح من المقارنة بين مخططي عامِ 2001 و 2009 عدة استبصارات تتعلق بتعريف التغير المناخي الخطر (الشكل 8). أولاً، ظهور مخاطر الآثار الضارة للتغير المناخي الآن عند مستويات أقل كثيراً من ارتفاع المتوسط العالمي لدرجة الحرارة في أحدث التحليلات. ثانياً، حاجز الدرجتين المئويتين، الذي كان يُعتقَد في عام 2001 أنه يمكنه تلافي المخاطر الجسيمة لجميع أسباب القلق الخمسة، أضحى الآن غير مناسب لتجنب المخاطر الجسيمة على العديد من النظم البيئية الفريدة والمهددة، ولتجنب حدوث زيادة كبيرة في المخاطر المصاحبة للظواهر الجوية بالغة الشدة. ثالثاً، مخاطر الفجوات الكبيرة، مثل عناصر التحول التي سبق الحديث عنها، كانت تعد ضئيلة للغاية في عام 2001 في حالة حدوث زيادة مقدارها 2°م، ثم أصبحت الآن تعتبر متوسطة بالنسبة لنفس القدر من الزيادة.

وباختصار، فعلى الرغم من أن الزيادة بمقدار 2°م في درجة الحرارة فوق قيمتها فيما قبل عصر الصناعة لا تزال الحاجز الأكثر اختياراً من أجل تجنب التغيرات المناخية الخطرة، إلا أنه يحمل معه مخاطر هائلة لحدوث آثار ضارة على المجتمع والبيئة.

الآثار الأمنية لتغير المناخ

Prof. Ole Wæver, ow@ifs.ku.dk

من الممكن أن يؤدي تغير المناخ إلى خلق ضغوط تزيد من معدلات النزاعات العنيفة بين المجتمعات، ويحدث ذلك عادة حيثما تكون الأسباب الرئيسية وراء النزاعات عرقية أو ناتجة عن التوترات السياسية، إلا أن الأعباء الإضافية لتغير المناخ تضعف من قدرة المجتمعات على التعامل مع التوترات. حيث تؤدي التغيرات في ظروف الاستقرار، والزراعة، والتعدين، والنقل، والأمراض والكوارث إلى نشوب نزاعات محلية بسبب التنافس، ونزاعات دولية تنتج بالأساس عن الهجرة والتحولات في النفوذ.

فعلى مدى التاريخ، تَمثَّل الهجرة رد الفعل البشري الأكبر على التغيرات المناخية التي تفوق قدرات التكيف المحلي . فعندما كانت المجتمعات البشرية في الماضي تتعرض أحياناً لتغيرات مناخية كبيرة مماثلة، لم يكن العالم وقتها منقسماً إلى دول ذات حدود إقليمية محكومة بشدة، كما كان تغير المناخ أكثر بطئاً مما هو عليه الآن. واليوم، تتعرض الهجرات كبيرة الحجم إلى مقاومة من الدول، فتصير سبباً للنزاع فيما بينها[39،40].

ويؤكد بعض الباحثين على أن الترابط بين تغير المناخ والنزاعات غير مدعم ببيانات كمية[41]؛ ويشير آخرون إلى أن ذلك الأمر مستبعد بأي حال من الأحوال بالنظر إلى طبيعة تلك المجموعات من البيانات، والحداثة النسبية لتجسد آثار التغيرات المناخية المتسارعة على المجتمعات[42،43]. ويهدف الكثير من الأعمال البحثية في الوقت الراهن إلى تقديم بيانات أفضل تركز على قياس تلك العلاقات، ومن ثم إعداد المجتمع الدولي لإدارة النزاعات الناجمة. وفي الوقت نفسه، تكثر التحليلات غير المعلنة. حيث تولي أجهزة المخابرات والجهات العسكرية أهمية كبيرة للتغير المناخي في سياق استعداداتها للنزاعات المستقبلية[44،45]. وإذا ما انخرطت القوى العظمى في نزاعات، فإن التعاون السياسي بشأن السياسة المناخية سيصبح أكثر صعوبة بكثير.

وإذا ما بدت السياسة المناخية الدولية وكأنها آخذة في الانهيار بشكل واضح، فإن المحاولات أحادية الجانب للتعامل مع الوضع الطارئ ستؤدي إلى النزاعات، على سبيل المثال، حول الهندسة الأرضية. كما أن سياسة التغير المناخي وعدمها يمكن أن تكون في ذاتها مادة لنزاع دولي أو مبرِّراً لاتخاذ تدابير دراماتيكية، ومثال ذلك، الوصف الشهير للتغير المناخي بكونه "عملاً عدائياً من جانب الأغنياء ضد الفقراء" والذي جاء على لسان الرئيس الأوغندي يوري موسيفيني.

وبصفة عامة، تزداد نزعة القادة إلى اتخاذ تدابير دراماتيكية، إذا ما صيغت القضايا في مصطلحات أمنية. ومن الأهمية القصوى أن يتم "توجيه" ذلك "التمكين المدفوع بالأمن"، في حالة التغير المناخي، إلى تعزيز المؤسسات الدولية، وليس الأعمال الطارئة أحادية الجانب[42،43،46].

إن إدخال الأمن في معادلة التغير المناخي يحمل مخاطر الدخول في حلقات مفرغة متصاعدة. ففي تلك الأجزاء من العالم التي تتأثر فيها الثروة والرفاهة سلباً بالتغير المناخي، تزيد احتمالات النزاع بشكل كبير، ومن ثم تؤدي تلك النزاعات إلى مزيد من الانخفاض في مستويات المعيشة. كما أنه من المرجح أن تعاني المناطق الأكثر حظاً من العالم في بادئ الأمر من الآثار الجانبية لتلك النزاعات، كمشاكل اللاجئين والأمراض على سبيل المثال، ومع حدوث زيادة أكبر في درجات الحرارة ستشهد تلك المناطق إعادة لترتيب أجنداتها الأمنية حول مسألة التغير المناخي.

تصوير: John McConnico

الرسالة الرئيسية الثالثة

إستراتيجية طويلة الأجل: الأهداف والجداول الزمنية العالمية

من الضروري العمل على تخفيض الانبعاثات بصورة سريعة، ومستدامة، وفعالة تستند إلى عمل عالمي وإقليمي منسق، لتفادي "التغير المناخي الخطر"، بغض النظر عن كيفية تعريفه. وإذا ما حُدِّدت أهداف أقل قوة لعام 2020 فستتزايد مخاطر وقوع آثار خطيرة، بما في ذلك اجتياز نقاط التحول، مما يُعقّد من مهمة تحقيق أهداف عام 2050 ويزيد من تكلفتها. ومن بين الجوانب الأساسية في التخفيض الفعال للانبعاثات تحديدُ سعر معقول طويل الأجل للكربون، واعتماد سياسات تعمل على تشجيع فعالية الطاقة، وتقنيات منخفضة الكربون.

إن هدف تقييد الاحترار، على زيادة متوسطة في الحرارة العالمية لا تتجاوز 2°م فوق مستوياتها فيما قبل عصر الصناعة، يلعب دوراً أساسياً في المناقشات الدائرة حالياً حول أنسب السياسات المناخية. وكما سبق بيانه في القسم السابق، فإن الاحترار بمقدار 2°م، سيتسبب، في حد ذاته، في تعريض المجتمع الإنساني والنظم البيئية الطبيعية لمخاطر هائلة. ومع ذلك، فمع حقيقة ارتفاع المتوسط العالمي لدرجة الحرارة بالفعل بمقدار 0.7°م تقريباً، مع استمرار الزيادة في انبعاثات غازات الدفيئة جراء أنشطة الإنسان (إطار 2)، سيكون من الصعوبة بمكان الوصول إلى هدف أكثر طموحاً. ونظراً للجمود الموجود في النظام المناخي وحده، فإن تقرير عام 2007 للفريق الحكومي الدولي المعني بتغير المناخ[2] يبين أن زيادة درجة الحرارة العالمية بمقدار 1.4°م فوق مستويات ما قبل عصر الصناعة أمرٌ حتمي لا يمكن تفاديه. وتوجد أيضاً قوة استمرار في الأنظمة البشرية، ولكنها أصعب قياساً، كما أنه ليس معلوماً مدى السرعة التي تستطيع بها المجتمعات تقليل انبعاثات غازات الدفيئة أو إلى أي مدى ستفعل ذلك.

ولكن ما هو مستوى خفض الانبعاث اللازم لإبقاء التغير المناخي على الجانب الآمن من حاجز الدرجتين المئويتين؟ قدر الفريق الحكومي الدولي المعني بتغير المناخ[1] مستوى التركيزات الجوية لغازات الدفيئة التي يمكن عندها احتواء ارتفاع المتوسط العالمي لدرجة الحرارة ضمن نطاقات متنوعة (الجدول 1). وقد سجلت فيها تركيزات كل من ثاني أكسيد الكربون ومكافئات ثاني أكسيد الكربون. وتشمل مكافئات ثاني أكسيد الكربون الآثار الاحترارية المركبة لكل من ثاني أكسيد الكربون، وغازات الدفيئة غير ثاني أكسيد الكربون (باستثناء بخار الماء) إضافة إلى صافي الأثر التبريدي للهباء الجوي. ويعبر عن مكافئات ثاني أكسيد الكربون بالكمية المكافئة من ثاني أكسيد الكربون التي تعطي نفس الأثر الاحتراري الصافي الذي تحدثه كل من تلك الغازات والهباء الجوي. والهباء عبارة عن جسيمات صغيرة معلقة في الجو تعكس الإشعاع القادم من الشمس، ومن ثم فإن له أثراً مبرداً. ونظراً لازدياد صرامة أنظمة منع تلوث الهواء، وبالتالي انخفاض كمية الجسيمات المنبعثة إلى الجو بفعل الأنشطة البشرية، فإن الأثر المبرد للهباء في الجو سينخفض هو الآخر.

ووفقاً لتحليلات الفريق الحكومي الدولي المعني بتغير المناخ، فإن تركيزات ثاني أكسيد الكربون الجوي لا ينبغي أن تتجاوز 400 جزء في المليون، في حالة بقاء الارتفاع في درجة الحرارة العالمية ضمن حدود 2.0-2.4°م واليوم، تبلغ تركيزات ثاني أكسيد الكربون حوالي 385 جزءاً في المليون[33]، وهي تزيد بمقدار 2 جزء في المليون سنوياً. وفي عام 2007، كانت تركيزات جميع غازات الدفيئة، أي كل من ثاني أكسيد الكربون، والغازات الأخرى غير ثاني أكسيد الكربون حوالي 463 جزءاً في المليون مكافئ ثاني أكسيد كربون. وبتعديل هذا التركيز، بأخذ الآثار المبردة للهباء في الحسبان، يصبح التركيز المكافئ لثاني أكسيد الكربون 396 جزءاً في المليون[34]. وقد قدرت دراسة حديثة[35] أن تركيزاً لمكافئات ثاني أكسيد الكربون يبلغ 450 جزءاً في المليون (شاملاً الأثر المبرد للهباء) سيعطي احتمالاً بنسبة 50 في المائة للحد من ارتفاع درجة الحرارة إلى 2°م أو أقل.

ومن ثم، فإن تركيزات ثاني أكسيد الكربون تبلغ فعلياً المستويات التي من المتوقع أن تؤدي إلى الاحترار العالمي، والتي تتراوح ما بين 2.0 و 2.4°م (الجدول 1). وإذا كانت المجتمعات ترغب في تثبيت تركيزات غازات الدفيئة عند هذا المستوى، فلذا يجب، نظرياً، خفض الانبعاثات العالمية بنسبة 80-60 في المائة، على الفور، إلا أن المقدار الفعلي يتوقف على المقدار الذي سيمتص من المحيطات واليابسة. وبالنظر إلى عدم إمكانية تحقيق مثل هذا الخفض الفوري الهائل، فإن تركيزات غازات الدفيئة ستواصل ارتفاعها على مدى العقود القليلة المقبلة. ومن ثم يصبح الارتفاع المفرط في تركيزات غازات الدفيئة في الغلاف الجوي اللازمة لتقييد الاحترار العالمي عند حد 2°م، أمراً حتمياً. وللحد من حجم ذلك الارتفاع المفرط، يجب أن تصل الانبعاثات لذروتها في المستقبل القريب. وتشير الدراسات الأخيرة[22،36،37] إلى أنه في حالة تأخر الوصول إلى ذروة انبعاثات غازات الدفيئة إلى ما بعد 2020، فإن معدلات خفض الانبعاثات اللازمة فيما بعد للحفاظ على احتمالات معقولة للبقاء ضمن نطاق حاجز الدرجتين المئويتين ستتجاوز نسبة 5 في المائة سنوياً. وإذا ما علمنا أن متوسط الزيادة السنوية طويلة الأجل للانبعاثات يبلغ 2 في المائة، فسيصير ذلك التحدي مثبطاً للهمم (إطار 2). ويمكن الخروج من تحليلات الفريق الحكومي الدولي المعني بتغير المناخ والتحليلات اللاحقة لها[38] باستنتاج بسيط - يجب تحقيق خفض هائل وفوري في جميع غازات الدفيئة، مراعاة لحاجز الدرجتين المئويتين (2°م).

ولكن الشواغل المالية قصيرة الأجل، والقيود السياسية والمؤسسية، ونقص كل من الوعي والقلق لدى الجماهير، تشكل جميعها عقبة كبيرة في سبيل بدء عمل فوري طموح لخفض الانبعاثات. فلا يزال الخلاف قائماً داخل المجتمع الاقتصادي حول ما إذا كان التغير المناخي مجرد عامل خارجي كغيره من العوامل الأخرى، أم هو عامل مختلف جوهرياً عن أي شيء آخر واجه الإنسانية من قبل[38،39].

. وثمة خلاف آخر أيضاً حول كيفية تقدير تكاليف تخفيض الانبعاثات مقارنة بالتكاليف المستقبلية للتقاعس عن العمل، وكيفية تقييم مخاطر التغير المناخي. وعلى كل حال، يشير عدد متزايد من التحليلات إلى أن تكاليف التكيف مع التغير المناخي وتخفيض الانبعاثات ستزيد إذا تم تأجيل العمل[16] (الجلستين 32 و52)، (إطار 8). وبصفة عامة، يتفق المحللون الاقتصاديون فيما بينهم على أن عدم اليقين الذي يحيط بمدى التغير المناخي في المستقبل لا يعد مبرراً منطقياً لتأجيل البرامج الرامية إلى خفض الانبعاثات. ومن ناحية أخرى، ستؤدي الهياكل والمصالح الاقتصادية الراهنة إلى الحيلولة دون البدء في اتخاذ تدابير فعالة في مجال السياسات المناخية.

تكاليف تأجيل العمل

Prof. Lord Nicholas Stern, n.stern@lse.ac.uk

إن تأجيل العمل على تخفيض الانبعاثات ستكون له تكاليف باهظة. فسيترتب عليه:

- زيادة الانبعاثات الآن مما يؤدي إلى زيادات أكبر وأكثر سرعة في درجات الحرارة، ومن ثم، زيادة الآثار وتكاليف التكيف معها.
- توطيد البنية الأساسية عالية الكربون وتأخير التطور التقني "النظيف".
- الحاجة إلى إجراء خفض هائل في الانبعاثات لاحقاً.

ومن شأن زيادة الانبعاثات في الأجل القريب أن يحبسنا في إطار تغير مناخي أكبر، يتطلب تكاليف أكبر، نتيجة للتأثيرات المناخية والحاجة إلى مزيد من الاستثمار من أجل التكيف مع آثارها. علاوة على ذلك، ستؤدي زيادة الانبعاثات إلى تسارع معدل التغير المناخي مع زيادة التحديات التي تواجه التكيف مع آثاره. كما أن مخاطر تخطي نقاط التحول ستكون أكبر، وإذا ما ثبت ذلك بالشواهد الآخذة في الظهور، فستكون هناك مشاكل في التغير إلى أهداف أكثر طموحاً.

كما أن مسارات الانبعاث المختلفة ستكون مختلفة في آثارها ومقتضيات التكيف معها، وكذلك في التكاليف المختلفة لتخفيض الانبعاثات. حيث يعني إجراء تخفيض هائل في الانبعاثات الاستغناء عن المخزون الرئيسي الإنتاجي (الاستثمارات المادية مثل السيارات ومحطات الطاقة) قبل الأوان، ومن ثم، فمن الممكن أن يكون مكلفاً للغاية. حيث سيؤدي ذلك إلى زيادة تكاليف الاستثمارات الجديدة إما نتيجة للاستعمال المبكر للتقنيات الناشئة أو الاستغناء المبكر عن استعمال التقنيات الأقدم، لاسيما في القطاعات القائمة على كثافة رأس المال ذات الاستثمارات طويلة الأجل مثل توليد الطاقة، حيث يُتوقع في الغالب أن تدوم المحطات ما بين 40 إلى 50 عاماً.

وعلى الرغم من أن نشر التقنيات قبل نضجها سيؤدي إلى تكبد تكاليف أعلى، إلا أن تلك التقنيات لن تنضج دون استثمارٍ وإشارات واضحة من السياسات. فمن شأن تطوير تقنيات جديدة أن يقلل من تكاليف خفض الانبعاثات مستقبلاً. ويتوقف الاعتماد على التخفيضات الأكبر في الانبعاثات مستقبلاً - على الابتكارات التي تقدم نهجاً منخفضة الكربون، تكون فعالة من حيث التكلفة في القطاعات التي تعد تكلفة إزالة الكربون منها باهظة في الوقت الراهن مثل الطيران والزراعة. ففي أي مستوى من مستويات الانبعاث، كلما زاد التأخر في التصرف حيال الانبعاثات ذات التكلفة المنخفضة نسبياً، مثل فعالية الطاقة وإزالة الغابات، زادت التخفيضات المطلوبة في تلك القطاعات عالية التكلفة. وعلى الرغم من وجود مخاطر على كلا الطرفين، إلا أن الشواهد المتاحة تشير إلى أن ذلك هو ثمن التراخي عن بذل الكثير من الجهد الذي يهيمن على معظم المقترحات الحالية[39].

تصوير: John McConnico

Temperature rise	CO_2	CO_2-eq.	Year of peak emissions	% change in global emissions
Global average temperature increase above pre-industrial at equilibrium, using "best estimate" climate sensitivity	CO_2 concentration at stabilisation (2005 = 379 ppm)	CO_2 -eq. concentration at stabilisation including GHGs and aerosols (2005 = 375 ppm)	Peaking year for CO_2 emissions	Change in CO_2 emissions in 2050 (percent of 2000 emissions)
°C	ppm	ppm	year	percent
2.0 - 2.4	350 - 400	445 - 490	2000 - 2015	-85 to -50
2.4 - 2.8	400 - 440	490 - 535	2000 - 2020	-60 to -30
2.8 - 3.2	440 - 485	535 - 590	2010 - 2030	-30 to +5
3.2 - 4.0	485 - 570	590 - 710	2020 - 2060	+10 to +60
4.0 - 4.9	570 - 660	710 - 855	2050 - 2080	+25 to +85
4.9 - 6.1	660 - 790	855 - 1130	2060 - 2090	+90 to +140

الجدول **1**

خصائص مسارات الانبعاث المختلفة اللازمة للوصول إلى ثبات تركيزات غازات الدفيئة في الغلاف الجوي، لكل من ثاني أكسيد الكربون ومكافئات ثاني أكسيد الكربون . وقد تم تحديد زيادة متوسط درجة حرارة الاتزان العالمية عن قيمتها فيما قبل عصر الصناعة، وذلك لكل من أهداف تثبيت تركيز الانبعاثات في مستوى الاستقرار. السيناريو الأول فقط، المبين في الصف الأول، هو الذي يمكنه تلبية الحاجز البالغ 2°م. يلاحظ أن التركيزات الحالية لغازات الدفيئة في الغلاف الجوي تبلغ *385* جزءاً في المليون لثاني أكسيد الكربونتقريباً و*396* جزءاً في المليون لمكافئات ثاني أكسيد الكربون (بما في ذلك الأثر التبريدي للهباء الجوي). معدلة من *1* (الجدول *1-5*، ص- *67*).

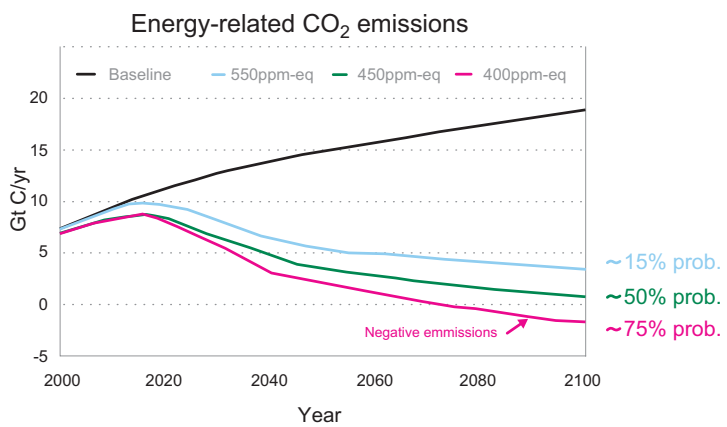
ومن الخطوات حاسمة الأهمية في خفض الانبعاثات، على الرغم من صعوبتها من الناحية السياسية، ضرورة دفع مؤسسات الأعمال والمستهلكين سعراً مناسباً عن إطلاق غازات الدفيئة[38،39]. ويمكن أن تسعر الانبعاثات إما من خلال تحديد أهداف للانبعاثات والمتاجرة فيها، أو من خلال الضرائب والرسوم المتوافقة مع مقدار الانبعاثات، أو من خلال نهج يجمع بينهما. وفي جميع الأحوال، من المرجح وجوب وضع سياسات وبرامج أخرى تتناول العوامل الخارجية الإضافية وإخفاقات الأسواق (إطار 9). وفي حالة تحقق الأهداف الطموحة لتخفيض الانبعاثات، يجب تطبيق برامج خفض الانبعاثات وتسعير الكربون في أسرع وقت ممكن، وضمن أطر سياسات مستقرة. فمن شأن ذلك أن يعطي إشارة للمستثمرين، والمستهلكين، والمخترعين، عن البيئة المستقبلية للسوق، ومن ثم يشجع الاستثمارات، ويقلل في نهاية الأمر من تكلفة الوصول إلى أي هدف من أهداف خفض الانبعاثات. ويجب، جنباً إلى جنب مع تسعير الكربون، اعتماد سياسات وأنظمة تعزز من فعالية الطاقة - على سبيل المثال، وضع معايير خاصة بالطاقة للأجهزة، والمساكن، ووسائل النقل[32،48،49] - وتبني التقنيات منخفضة الكربون كوسائل حاسمة الأهمية أيضاً في تحقيق تخفيض سريع وفعال للانبعاثات[50].

وبدون تعاون عالمي، فسيكون من المحال بالفعل تحقيق حماية طموحة للمناخ. ولتحقيق الأهداف الطموحة لتخفيض الانبعاثات، فمن الأهمية بمكان التحرك بأسرع ما يمكن باتجاه تحقيق مشاركة واسعة النطاق لجميع البلدان الكبرى في إجراءات شاملة لتخفيض الانبعاثات[16، 51، 52، 53] (الجلستين 32 و52). إلا أن الأزمة الاقتصادية العالمية الراهنة توحي بأنه ليس من الحكمة بناء نظام عالمي معقد، وعالي الترابط حتى لا يؤدي انهيار أحد عناصر النظام إلى انهيار النظام بأكمله[16] (الجلسة 23). ومع ذلك، فإن توافر خطة عمل عالمية، والتزامات عالمية، وإطار عالمي تعد من الأساسيات الضرورية لبناء مستوى مناسب من تنسيق الإجراءات على جميع الأصعدة المحلية، والوطنية، والإقليمية[16] (الجلسة 58).

وإضافة إلى القيود الاقتصادية والسياسية على خفض تركيزات غازات الدفيئة، فهناك أيضاً المعوقات الفنية التي لا تقل أهمية. حيث يتطلب تثبيت التركيزات الجوية عند أي مستوى من المستويات خفض الانبعاثات إلى مستويات قريبة من الصفر على الأجل الطويل[54]. وتشير بعض المسارات المتوقعة التي تعطي احتمالاً معقولاً للبقاء ضمن حدود حاجز الدرجتين (2°م) (الشكل 9) إلى حاجة المجتمع العالمي إلى تطوير قدراته لكي يتمكن من إزالة الكربون من الغلاف الجوي[55]. وعلى الرغم من وجود بعض التقنيات الواعدة - مثل تجميع الكربون وتخزينه، CCS - قيد التطوير[56]، إلا أنه لازال أمامها بعض الوقت قبل أن تنشر تجارياً وعلى نطاق واسع[16] (الجلسة 17).

ونظراً لضخامة تحدي تخفيض الانبعاثات، يتم الآن إيلاء اهتمام متزايد لحوافظ مشاريع تخفيض الانبعاثات الحازمة وتطبيقها عملياً. وتبدأ التحليلات من تحليل إمكانيات تدابير فعالية الطاقة[16] (الجلسة 20) والابتكارات التقنية لأنظمة الطاقة المتجددة[57] إلى التقييمات المتكاملة للجدوى التقنية ورخص التكاليف الاقتصادية لمسارات الانبعاث من أجل تثبيت تركيزات غازات الدفيئة عند مستويات 400، و450، و550 جزءاً في المليون لمكافئات ثاني أكسيد الكربون، على التوالي (الشكل 9). حيث إن التركيز المستهدف، البالغ 400 جزء في المليون لمكافئات ثاني أكسيد الكربون، وهو ما يقارب مستويات التركيز الحالية، يمكن أن يحد من الاحترار العالمي في نطاق ما دون 2°م باحتمالات قدرت بنسبة 75 في المائة[22،35]. وتشير نمذجة الطاقة والبيئة والاقتصاد إلى إمكانية تطبيق تلك المسارات منخفضة الكربون بتكلفة معقولة، إذا ما طورت واستخدمت مجموعة التقنيات الكاملة، بما فيها الاستخدام واسع النطاق للكتلة الحيوية وخيارات تجميع ثاني أكسيد الكربون وتخزينه[16] (الجلسة 27)،[60].

ويرى آخرون أن تحديات تخفيض الانبعاثات ربما تكون أكبر مما هو متصور حالياً، وأن إستراتيجيات الابتكار اللازمة قد تصطدم بعقبات فنية، واجتماعية، وبيئية. ويشير أصحاب ذلك الرأي إلى الهندسة الأرضية، التي يقوم فيها البشر بالتحكم في عمليات مناخية على المستوى العالمي من أجل تحقيق التبريد الكوكبي، بوصفها أحد الخيارات المحتملة إلى جانب إستراتيجيات تخفيض الانبعاثات[61]. إلا أنه لم يثبت حتى الآن أن أساليب الهندسة الأرضية قد كسبت القبول الاجتماعي[62].



الشكل 9
مسارات الانبعاث المرتبطة بالطاقة، من عام *2000* إلى *2100*، اللازمة للوصول إلى تثبيت استقرار غازات الدفيئة في الغلاف الجوي عند ثلاثة أهداف مختلفة لتثبيت الاستقرار (الخطوط الملونة). يمثل الخط الأسود مساراً مرجعياً على أساس عدم وجود سياسة مناخية. الاحتمالات (الوسيطة) المقدرة للحد من الاحترار العالمي في حدود درجة حرارة قصوى تبلغ 2°م مبينة لأهداف تثبيت الاستقرار الثلاثة[63،58،35].

الأدوات الاقتصادية للتصدي لتحدي تخفيض الانبعاثات

Dr. Frank Jotzo, frank.jotzo@anu.edu.au

يمثل تسعير الانبعاثات الأداة الاقتصادية الرئيسية للتحكم في انبعاث غازات الدفيئة. وتعد الضريبة على الكربون (تحديد السعر) وتجارة الانبعاثات (تحديد الكمية، "تحديد الحد الأقصى والمتاجرة") أداتي التسعير الرئيسيتين، مع توافر الإمكانية أيضاً لتطبيق برامج مختلطة. وتستخدم معظم البرامج المزمعة والمنفذة تجارة الانبعاثات، إلى جانب عناصر للتحكم في السعر في بعض الأحيان. ويختلف أداء الضرائب والمتاجرة في ظل حالة انعدام اليقين، وتواصل النقاش فيما بين خبراء الاقتصاد حول أفضلية أي من النهجين، إلا أن المبدأ الأساسي يبقى واحداً: فرض غرامة مالية على إطلاق غازات الدفيئة، ونقلها عبر الأسواق، مما يُوجِد حافزاً على خفض الانبعاثات. وبذلك يتحول كل من مؤسسات الأعمال والمستهلكين إلى العمليات أو المنتجات منخفضة الانبعاثات لتوفير الأموال. وتصبح الاستجابة الإجمالية فعالة من حيث التكلفة نظراً لاستعمال الخيارات الأقل تكلفة أولاً.

ويعد دعم التقنيات منخفضة الكربون من بين الأدوات الأخرى ذات الأهمية الحاسمة في التصدي للعوامل الخارجية وإخفاقات الأسواق التي قد تستمر حتى في ظل تسعير الانبعاثات. ومن أمثلتها، السيل الوفير من المعرفة في مجال البحث والتطوير، والقيود الائتمانية على الاستثمار، وعدم توافق الحوافز بالنسبة للمستخدمين النهائيين. وفي العديد من البلدان، تشمل حزم الحوافز المالية لمواجهة الآثار الانكماشية للأزمة المالية العالمية الاستثمارَ العام في التقنيات والبنى الأساسية منخفضة الكربون. كما تشكل النهج التنظيمية الموضوعة لكل قطاع على وجه التحديد أيضاً جزءاً من صندوق الأدوات الاقتصادية المناخية، مثل إلزام مرافق الخدمات بشراء حد أدنى من الكهرباء المنتجة من مصادر طاقة متجددة. ويمكن أن يشمل ذلك التنظيم أيضاً آليات سوقية، مثل تجارة حصص الطاقة المتجددة فيما بين المرافق.

إن الاعتبار الأساسي في اختيار السياسات الاقتصادية الرامية إلى تخفيض انبعاثات غازات الدفيئة وصياغتها، هو مدى فاعليتها من حيث التكلفة، ومدى استدامتها السياسية. والمهم هو وضع مؤشرات أسعار مستقرة، وتوقعات طويلة الأجل لأسعار الكربون المتزايدة، لمساندة الاستثمارات التي يمكن أن تدوم طويلاً في تدابير تخفيض الانبعاثات؛ وكذلك تطبيق السياسات على نطاق واسع على مستوى القطاعات والبلدان لتحقيق أقصى استفادة من حوافز خفض الانبعاثات وتقليص التكاليف الاقتصادية الإجمالية إلى أدنى حد.

الرسالة الرئيسية الرابعة

أبعاد العدالة

كان للتغير المناخي، كما سيكون له، آثار تفاضلية قوية على الشعوب في البلدان والمناطق، وفيما بينها، على هذا الجيل والأجيال القادمة، وعلى المجتمعات الإنسانية والعالم الطبيعي. ويلزم إيجاد شبكة سلامة من إجراءات التكيف، تتسم بالفعالية والتمويل الجيد، لأولئك الأقل قدرة على التصدي لآثار التغير المناخي، وإستراتيجيات عادلة لتخفيض الانبعاثات لحماية الفقراء والفئات الأكثر عرضة للمخاطر. ويجب النظر إلى التصدي للتغير المناخي باعتباره جزءاً لا يتجزأ من الأهداف الأوسع نطاقاً لتعزيز التنمية الاجتماعية الاقتصادية والعدالة في جميع أنحاء العالم.

تبرز اعتبارات العدالة في كل من أصول التغير المناخي وعواقبه، وتكتسب أهمية خاصة في وضع الحلول لمشكلة تغير المناخ. فالمناخ لا يتغير بطريقة واحدة في جميع أنحاء العالم. فدرجات الحرارة ترتفع بوتيرة أسرع بالقرب من القطبين عنها عند خط الاستواء، ويتغير هطول الأمطار بطرق معقدة حيث يزداد هطوله في بعض المناطق بينما تعاني أخرى من الجفاف، وأصبحت الظواهر الجوية الشديدة أكثر تكراراً في بعض المناطق عنها في أخرى. كما يظهر انعدام العدالة أيضاً في الأبعاد الإنسانية للتغير المناخي. ففي الوقت الذي تعد فيه البلدان المتقدمة الأكثر مسؤولية، بصفة عامة، عن تغير المناخ إلى الآن، تعاني البلدان النامية من غالبية الآثار. فعلى سبيل المثال، الآثار الصحية لتغير المناخ غير متساوية إلى حد بعيد؛ فالفقراء، والمهمشون، وغير المتعلمين، والمعرضون للخطر من الناحية الجغرافية، هم أكثر الفئات عرضة لمخاطر الإصابة والوفاة[16] (الجلسة 14). وعموماً، فإن الفقراء هم الأقل قدرة على التكيف مع التغير المناخي. وينبغي لأي حل لتحدي تغير المناخ، لكي يكون مستداماً وواسع القبول، أن يدرك أبعاد العدالة المشار إليها وأن يضعها في الحسبان في المفاوضات والاتفاقيات.

وتتفاوت العرضة لأضرار آثار التغير المناخي بصورة واسعة على مستوى العالم، وتبرز في هذا السياق قضايا الأخلاق والعدالة بوصفها عوامل أساسية في نهج التكيف. وغالباً ما تتناول المناقشات، بشأن انعدام العدالة الذي يكتنف إجراءات التكيف، والتفاعل فيما بين التكيف مع الآثار والفقر على المستوى الوطني، واختلالات التوازن في القدرة على التكيف على المستوى الإقليمي، والتكيف في سياق التاريخ الاستعماري، والمسؤولية عن تمويل إجراءات التكيف، والجوانب الأخلاقية في مسألة فرض أعباء التكيف على عالم يعاني في الواقع من عدم المساواة[16] (الجلستين 10 و11). وقد اقتُرح عدد من النماذج الرامية إلى معالجة قضايا العدالة، تدور في الغالب حول مفهوم إقامة شَبكة سلامة من إجراءات التكيف تتسم بالتمويل الجيد للفئات الأكثر ضعفاً (إطار 10).

ومن شأن إجراء تحليلات عالمية للبؤر الساخنة التي تعاني من شح المياه وضعف الأنظمة الزراعية والغذائية أن تصل إلى تحديد الناس والأماكن الأكثر عرضة لمعاناة نقص الغذاء (الشكل 10)، مما يساعد على توجيه الموارد المباشرة والخبرات، بغية التقليل من قابلية التعرض لتلك المعاناة. ومما يدعو إلى الدهشة أنه، حتى الآن، لا يتوافر سوى القليل من الأبحاث التي تتناول تحديداً الحفاظ على إنتاجية أنظمة الغذاء أو تعزيزها، في ظل مناخ متغير، أو التي تتناول شدة التأثر بتغير المناخ والخاصة بالجوانب الأخرى لأنظمة الغذاء مثل شبكات التوزيع ونوعية الغذاء. ويمثل هذا النقص في التركيز البحثي مشكلة شائعة في العديد من المناطق النامية في العالم، حيث تهيمن ضغوط محاولات البقاء في الأجل القريب على جهود التكيف طويلة الأجل مع التغير المناخي. ولكن، مع ازدياد أهمية آثار التغير المناخي، فسيكون لزاماً توفير موارد إضافية لكل من البحوث والعمل المعنيين بالتقليل من قابلية تعرض مناطق العالم الفقيرة في الغذاء للمعاناة[64، 65].

كما أن لقضايا العدالة أبعاداً زمنية إضافة لأبعادها المكانية. فكم دارت من مناقشات حول التزامات الجيل الحالي تجاه الأجيال القادمة، وعلى الرغم من حدة النقاش حول العديد من جوانب العدالة بين الأجيال، إلا أنه برز من بينها عدة مجالات للاتفاق. أولها، فشل النهج الاقتصادية التقليدية التي تعتمد على تحليل المنافع مقابل التكاليف والخصم الموحد في أن تعكس تنوع وجهات النظر بشأن الالتزامات تجاه الأجيال القادمة. ثانيها، أن العديد من وجهات النظر الفلسفية تؤدي إلى نفس الاستنتاج - الإبقاء على منهج استمرار الأعمال كالمعتاد تجاه تغير المناخ يعد ظلماً للأجيال القادمة التي لها حق أساسي في أن تتمتع ببيئة يمكنها العيش فيها. وإجمالاً، فإن الجيل الحالي يدير رأسمال كوكب الأرض الطبيعي، مُورِّثاً ديوناً بيئية هائلة سيتعين على الأجيال القادمة أن تتحمل مسؤولية سدادها[16] (الجلسة 12).

إن الكارثة الآخذة في التكشف على التنوع البيولوجي لا تثير القلق فقط بشأن القدرة على تقديم خدمات النظام البيئي إلى البشر[26]، ولكنها تثير أيضاً مسائل أخلاقية تتعلق بالعلاقة بين البشر وبين الطبيعة بأسرها. وعلى الرغم من أن المجتمعات المعاصرة تنظر إلى عالم الطبيعة في الغالب على أنه مجموعة هائلة من الموارد المتاحة للاستغلال، إلا أنه لا تزال هناك قيم ترفيهية وروحية للطبيعة محل اهتمام العديد من الناس. وعليه، فإن الانقراض المحتمل للأنواع الجذابة، مثل طائر البطريق الإمبراطوري، أو النظم البيئية الأيقونية، مثل الشعب المرجانية أو الغابات المطيرة، كنتيجة للتغير المناخي، يعد أمراً غير مقبول لدى العديد من الناس. فوجهات النظر الأخلاقية المتمحورة حول الكائنات الحية والبيئة تضفي وضعاً معنوياً على النباتات، والحيوانات، والنظم البيئية، ومن ثم يُنظر لحالات الانقراض المدفوعة بتغير المناخ كأحد أشكال الظلم عند الأخذ في الاعتبار العدالة بين الإنسان والطبيعة من حوله[16] (الجلسة 13).

كما تبرز أيضاً قضية العدالة في التخفيف من حدة التغير المناخي، وتدخل دائماً في المناقشات الدائرة عن المسؤوليات التفاضلية عن أعمال تخفيض الانبعاثات على مستوى البلدان. ويشكل ما يسمى بمشكلة الأرصدة والتدفقات الأساس العلمي لإشكالية العدالة ذات الصلة بالتخفيف من آثار التغير المناخي[18]. فالمناخ يستجيب لكمية غازات الدفيئة الموجودة في الغلاف الجوي - أي الأرصدة. ونظراً لطول مدة حياة ثاني أكسيد الكربون وبعض غازات الدفيئة الأخرى في الغلاف الجوي، فإن الأرصدة ناتجة في غالبيتها من الانبعاثات التاريخية الصادرة من البلدان المتقدمة. وبناء عليه، فإن مستوى التغير المناخي المشهود

التمويل من أجل التكيف

Prof. J. Timmons Roberts, jtrobe@wm.edu & Prof. Coleen Vogel, Coleen.Vogel@wits.ac.za

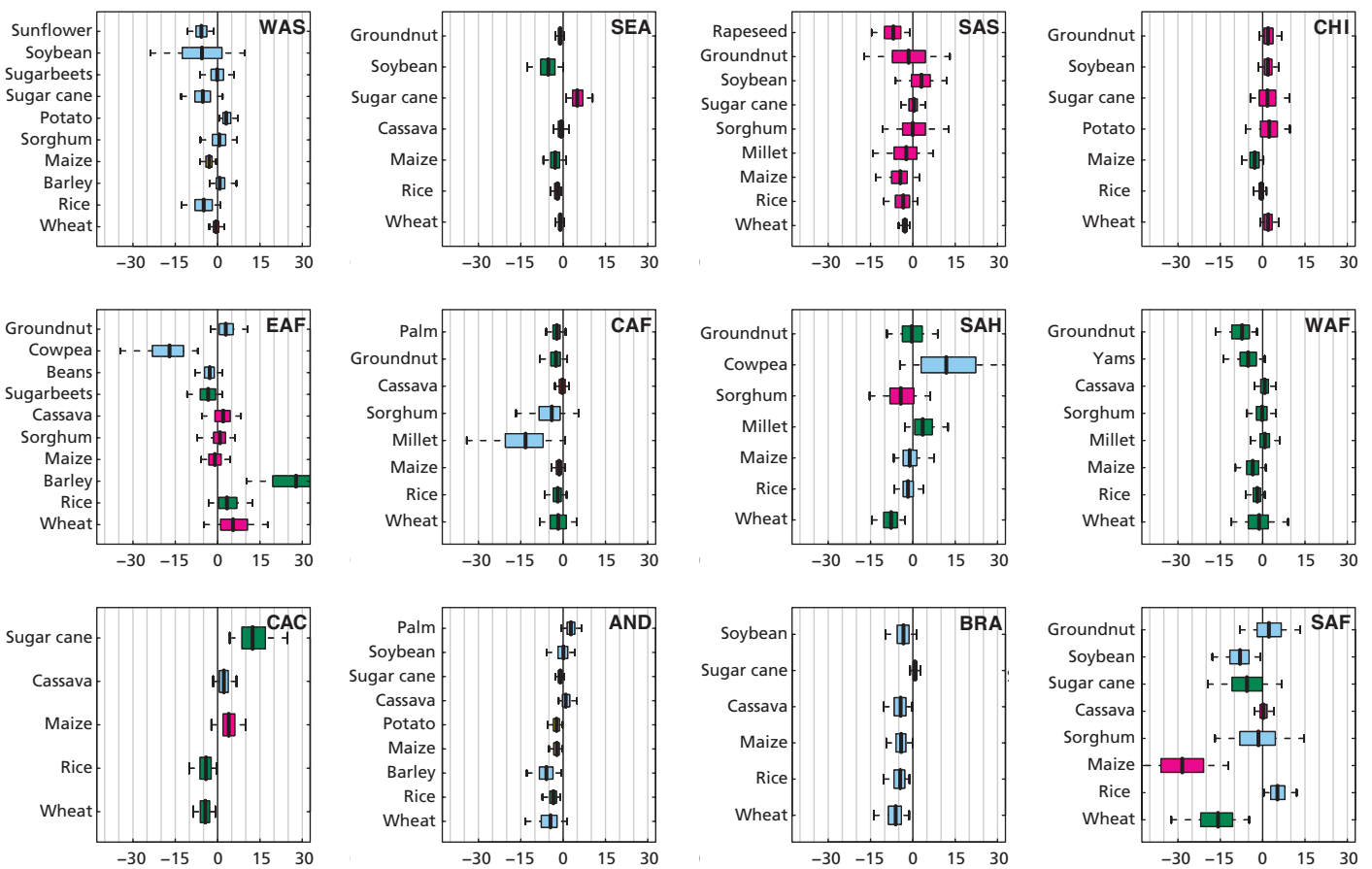
يعد فقراء العالم أكثر الفئات عرضة لتداعيات التغير المناخي، مع انهم اقل المتسببين فيها. وقد نُصَّ في كل من اتفاقية الأمم المتحدة الإطارية المعنية بتغير المناخ وبروتوكول كيوتو على ضرورة تدفق قدر هائل من التمويل من أولئك الذين يملكون "القدرة" على التعامل مع التغير المناخي وإدارته إلى أولئك الذين يفتقرون إلى تلك القدرة. ومن السهل الاتفاق على ذلك المبدأ؛ ولكنّ، على أية اتفاقية عالمية أن تجيب على مجموعة من التساؤلات الهامة. ما هو قدر التمويل اللازم لتحقيق التكيف، وكيف السبيل إلى معرفة تلك التكاليف وتقديرها، سواء على الأمدين القريب

و البعيد؟. ومن الذي يتعين عليه دفع تكاليف التكيف، وما القدر الذي ينبغي أن يدفعه كل بلد؟ وكيف يمكن جمع المدفوعات الكافية بطريقة موثوقة وعادلة؟ وكيف يمكن توزيع الأموال الدولية الموجهة لأغراض التكيف بطريقة عادلة، واستخدامها بطريقة فعالة؟ علماً بأن التقديرات بشأن المبالغ التي تلزم البلدان النامية لكي تتمكن من التكيف مع الآثار المحتملة للتغير المناخي، تتراوح في الوقت الراهن ما بين ثمانية إلى ما يزيد على مائة مليار دولار سنوياً، ولكنّ من الواضح أن ثمة ضرورة إلى حشد عشرات المليارات من الدولارات سنوياً، بدءاً من الآن. فالأموال التطوعية التي تجمع حالياً غير كافية إلى حد بعيد. وكما هو الحال مع أكثر الكوارث، فهناك العديد من الآثار والخسائر التي تقع جراء الكوارث، والتي لا يمكن إصلاحها، أو تعويضها، على الرغم من الجهود المبذولة في سبيل ذلك. ومن ناحية أخرى، يشير مبدأ "على الملوِّث أن يدفع" إلى ضرورة تحمل الطرف المتسبِّب في ظهور الحاجة إلى التكيف مع تلك الآثار تكلفة ذلك. ومن الأهمية بمكان اعتبار تلك المدفوعات بمثابة تعويضات إلزامية عن الأضرار الواقعة، ولا تعامل على أنها عمل اختياري أو خيري.

وتنص اتفاقية الأمم المتحدة الإطارية المعنية بتغير المناخ على ضرورة قيام إجراءات التصدي للتغير المناخي على أسس من المسؤولية والمقدرة. ولعل من أكثر الاساليب الواعدة في ذلك الشأن الاستفادة من العائدات التي تحققها البلدان الأكثر ثراء في سياق إدارتها لعمليات خفض الانبعاث (عن طريق الضرائب على الكربون أو عائدات مزادات بيع وشراء التراخيص) في تلبية حاجة البلدان الأكثر فقراً إلى التكيف. وفي هذا الصدد، تُعَدّ الرسوم الدولية المحصلة على المتاجرة في الكربون أو نقله أفضل من الأموال التي يتم جمعها من خلال الضرائب الوطنية، حيث

تصوير: John McConnico

تتعرض تلك الأخيرة لمخاطر الاستيلاء عليها من قبل السياسيين الوطنيين تحت وطأة ضغوط التصدي لأولويات داخلية أخرى. وأخيراً، يجب إيلاء عناية خاصة إلى التوزيع العادل والفعال للأموال المحصلة لأغراض التكيف: فثمة حاجة إلى عمليات تشاركية، وشفافية في التوزيع، وتقييم مستقل لوسائل استخدامها وذلك للحفاظ على مستوى من الثقة.



الشكل **10**
الآثار المتوقعة لتغير المناخ على الإنتاج الزراعي في عام *2030*، معبراً عنها بالنسبة المئوية للتغير نسبة إلى متوسط المحاصيل في الفترة من *1998-2002*. يشير القرنفلي، والأخضر، والأزرق إلى "ترتيب أهمية الجوع" من *1* إلى *30* (الأكثر أهمية)، *31* إلى *60*، و*61-94* (الأقل أهمية)، على التوالي. تمتد الخطوط المتقطعة من النسبة المئوية الخامسة إلى الخامسة والتسعين من التوقعات، وتمتد المربعات من النسبة المئوية الخامسة والعشرين إلى الخامسة والسبعين، ويشير الخط العمودي الأوسط داخل كل مربع إلى التوقع الوسيط. وفيما يلي رموز المناطق: *CHI* – الصين؛ *SAS* – جنوب آسيا؛ *SEA* – جنوب شرق آسيا؛ *WAS* – غرب آسيا؛ *WAF* – غرب أفريقيا؛ *SAH* الساحل؛ *CAF* – وسط أفريقيا؛ *EAF* – شرق أفريقيا؛ *SAF* – الجنوب الأفريقي؛ *BRA* – البرازيل؛ *AND* – منطقة الأنديز؛ *CAC* – أمريكا الوسطى والبحر الكاريبي[64].

في عام 2009 راجع في جزء كبير منه إلى الانبعاثات التاريخية الصادرة من البلدان الغنية (الشكل 11). ولكن منشأ انبعاثات غازات الدفيئة إلى الجو بفعل البشر يتغير بشكل سريع. فمعدل الزيادة في الانبعاثات، المشهود الآن، يرجع في غالبه إلى البلدان النامية، وقد صارت الاقتصادات الآسيوية الكبيرة، بصفة خاصة، من أكبر مصادر انبعاث ثاني أكسيد الكربون في الجو من حيث التدفقات السنوية. أما على أساس نصيب الفرد، فما تزال البلدان المتقدمة هي المهيمنة على الانبعاثات، وستظل كذلك في المستقبل المنظور.

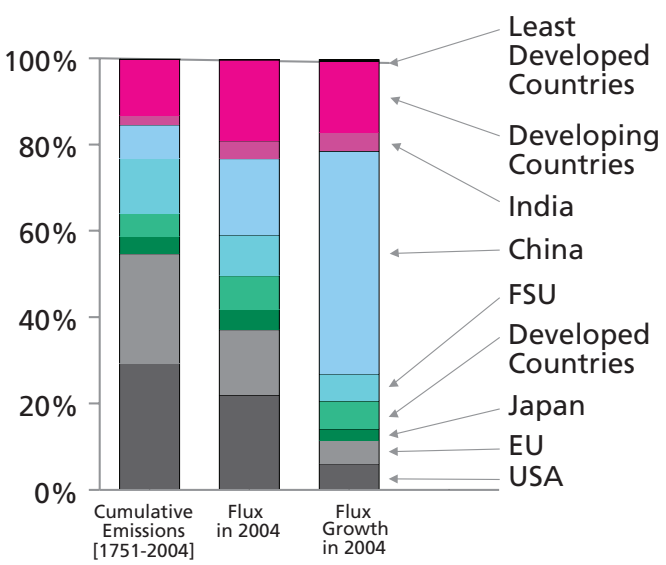
وعندما يصل تعداد سكان العالم إلى 9 مليارات في عام 2050، فيجب أن يكون نصيب الفرد من الانبعاثات حوالي 2 طن من ثاني أكسيد الكربون في العام أو أقل، من أجل الوصول إلى أهداف خفض الانبعاثات تجنباً للتغير المناخي الخطِر (الرسالة الرئيسية الثانية). وكما سبق ذكره، يتفاوت نصيب الفرد من الانبعاثات تفاوتاً واسعاً من بلد لآخر - فهو على سبيل المثال، في الولايات المتحدة الأمريكية، يزيد على 20 طناً، بينما يبلغ في بلدان شمال أوربا 11 طناً تقريباً، وفي الصين أقل من 4 أطنان[66]. ويعد تحويل القيمة المطلوبة لمتوسط نصيب الفرد إلى حقوق إطلاق انبعاثات ملزمة لكل فرد في جميع أنحاء العالم أمراً معقداً، حيث يتضمن مسائل تتعلق بالمسؤولية التاريخية (الشكل 11) إضافة إلى الوقت اللازم للقضاء على الفروق الراهنة بين البلدان.

وكذلك تكتنف تحديات العدالة أيضاً نهج تخفيض الانبعاثات على المستوى الوطني. فهي تتداخل دائماً مع التفاوتات الهيكلية بطريقة معقدة، تعود في الغالب بالضرر على الأقسام السكانية الأضعف من الناحيتين الاقتصادية والسياسية. ويجب أن تكون سياسات الطاقة المعنية بالحد من الانبعاثات حساسة لأنماط استهلاك الطاقة، التي تتفاوت فيما بين الأسر المعيشية والأفراد من ناحية الدخل، وكون المناطق حضرية أو ريفية، والنوع، والعمر. ويتطلب التصدي لتلك التحديات زيادة مشاركة جميع الفئات الاجتماعية ووضعهم في الاعتبار وذلك فيما يتعلق بوضع السياسات وتنفيذها،[16] (الجلسة 10).

ويمثل تطوير التقنيات منخفضة أو عديمة الكربون، وتوزيعها، ونشرها جوانب حاسمة الأهمية في جهود خفض الانبعاثات، والتي تتداخل كذلك بقوة مع قضايا العدالة، خاصة في التفاعل فيما بين البلدان المتقدمة والنامية. حيث يعارَض في بعض الأحيان استحداث مزيج من مصادر طاقة مختلفة من الوقود غير الأحفوري لتقليل الانبعاثات، بكونه يبطئ من خطى تخفيف حدة الفقر في البلدان النامية نظراً لمتطلباته الاستثمارية العالية[16] (الجلسة 21) على الرغم من تحقيقها للأثر المعاكس لذلك إذا ما صممت وطبقت بطريقة ملائمة. وفيما يلي بعض المبادئ الرئيسية الواجب مراعاتها عند استحداث مصادر طاقة من الوقود غير الأحفوري: (1) وضع خطط واضحة لنقل التقنية إلى البلدان النامية ونشرها، بعد الانتهاء من إقامة مشاريع البيان العملي في البلدان المتقدمة؛ و (2) تصميم فوائد مشتركة تخدم الجوانب الأخرى للتنمية الاجتماعية الاقتصادية، وتضمين حوافز صريحة لدعم أنظمة الطاقة منخفضة الكربون؛ و (3) لا يشترط أن تكون التقنيات المقدمة إلى البلدان النامية هي الأكثر تقدماً أو الأكثر كلفة لكي تكون فعالة[16] (الجلستين 21 و27). ومثال على ذلك المبدأ الأخير، هو الانتشار السريع لتقنية الخلايا الشمسية، منخفضة التكلفة، قليلة الصيانة، في كينيا[57] (الشكل 12).

يمثل استخدام الأنظمة البيولوجية في تخزين الكربون وتخفيض الانبعاثات نهجاً محتملاً لتخفيض الانبعاثات؛ تتسم اعتبارات العدالة فيه بالتعقيد وإثارة الجدل. حيث تعد التغيرات في الغطاء الأرضي للغابات مسؤولة عما يقرب من 15 في المائة من انبعاثات غازات الدفيئة العالمية بشرية المنشأ 1. لذا، فإن نهج خفض الانبعاثات الناشئة عن إزالة الغابات وتدهورها تكتسب دعماً بوصفها إستراتيجية لتخفيض الانبعاثات محتملة الفاعلية والكفاءة (الرسالة الرئيسية الخامسة)، ولكن يبقى التحدي الماثل في ضمان عدالة مثل

الشكل **12**
خلايا فولطية ضوئية صغيرة الحجم (النظام المتوسط - *18* وات) حسبما تستخدم في كينيا. ويعد معدل الإقبال على تلك التقنية أعلى في كينيا عنه في أي بلد آخر في العالم[57].



الشكل **11**
الجوانب المختلفة لانبعاثات الكربون بشرية المنشأ بحسب البلد/المنطقة، مع التركيز على ما يسمى بمشكلة الأرصدة والتدفقات. ويبين العمود الأول الانبعاثات التراكمية من بداية الثورة الصناعية إلى عام *2004*. وتعد تلك الأرصدة من الكربون الموجودة في الغلاف الجوي هي الدافع الأكبر وراء التغير المناخي الملحوظ. ويبين العمود الثاني معدل تدفق انبعاثات الكربون بشرية المنشأ في الغلاف الجوي في عام *2004*. بينما يبين العمود الثالث المعدل السنوي في عام *2004* الذي تزيد به تدفقات الكربون في الجو[18]. يرمز *FSU* إلى الاتحاد السوفييتي السابق.

تلك الإستراتيجيات، لاسيما فيما يتعلق بالحاجة إلى حماية حقوق السكان المعتمدين على الغابات ووسائل تحصيل أرزاقهم. ولتحقيق قبول واسع النطاق، يجب على تلك المشاريع أن تتفادى الأخطاء، وأن تستند إلى النجاحات التي حققتها المحاولات السابقة لمكافحة إزالة الغابات، مما يتطلب تناول أدوات السياسات للدوافع الحقيقة وراء عمليات إزالة الغابات. فغالباً ما تكون تلك الدوافع ممتدة عبر مجموعة من القطاعات، وخارج نطاق قطاع الغابات التقليدي. وعلاوة على ذلك، يجب على نهج حماية الغابات استيعاب الأوضاع المحلية المتنوعة، سواء في الاقتصاد السياسي أو في علوم البيئة[16] (الجلسة 25).

وتتضمن نهج تخفيض الانبعاثات الأخرى المستندة إلى الأنظمة البيولوجية تطوير الوقود الحيوي واستخدامه. إلا أنها، كذلك، تكتنفها اعتبارات متعلقة بالعدالة. فالارتفاع المفاجئ في أسعار الغذاء في عام 2008 والذي كان راجعاً في جزء منه على الأقل إلى التنافس مع الوقود الحيوي على الأراضي، ألقى الضوء على النزاع المحتمل المدفوع بطلب البلدان الغنية على الوقود السائل، وحاجة الفقراء في البلدان النامية إلى الأمن الغذائي. وقد صمم الجيل الثاني من أنظمة الوقود الحيوي بحيث يقضي على أسباب ذلك النزاع المحتمل عن طريق استخدام مواد أولية غير غذائية واستخدام الأراضي غير المناسبة لإنتاج الغذاء[16] (الجلسة 18).

إن قضايا العدالة تكاد تتخلل بالفعل جميع جوانب تحدي تغير المناخ. وأية محاولات لتجزئة أنشطة تخفيض الانبعاثات والتكيف إلى أقسام مستقلة أو فصلها عن الأهداف الأوسع نطاقاً للتنمية الاجتماعية الاقتصادية في العديد من مناطق العالم لن تمنى سوى بالفشل. إن التحديين المتلازمين للقرن الحادي والعشرين - تفادي التغير المناخي الخطر، والتخفيف من حدة الفقر - من الممكن، بل والواجب، التصدي لهما معا[67، 68].

الرسالة الرئيسية الخامسة

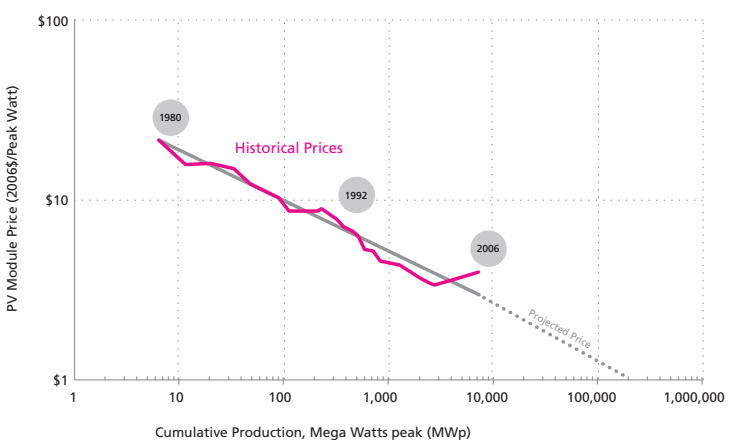
لا تَسامُح مع التقاعس عن العمل

تمتلك المجتمعات بالفعل أدوات ونهجاً كثيرة - اقتصادية، وتكنولوجية، وسلوكية، وإدارية - للتعامل بكفاءة مع تحدي تغير المناخ. وإذا لم تطبق تلك الأدوات بشكل قوي وعلى نطاق واسع، فلن يكون في الإمكان تحقيق التكيف مع التغير المناخي الحتمي، والتحول الاجتماعي اللازم لإزالة الكربون من الاقتصادات. ومن شأن بذل جهد منسق في سبيل تحقيق التكيف وتخفيض الانبعاثات على نحو سريع وفعال أن يحقق مجموعة عريضة من المنافع. منها نمو فرص العمل في قطاع الطاقة المستدامة؛ انخفاض التكاليف الصحية، والاجتماعية، والاقتصادية، والبيئية للتغير المناخي؛ وإصلاح النظم البيئية وإعادة الحياة إلى خدماتها.

إن أية استجابة من جانب المجتمع للتغير المناخي الذي يتسبب فيه البشر يجب أن تتألف من مزيج من إجراءات تخفيض الانبعاثات، التي تتخذ بمقتضاها تدابير عملية لتقليل أو تغيير الأنشطة البشرية الدافعة إلى تغير المناخ، والتكيف، حيث يزيد المجتمع من قدراته على التصدي لآثار التغير المناخي، لأقصى حد ممكن. فكل من تخفيض الانبعاثات والتكيف يمثلان إستراتيجيتي استجابة وثيقتي الصلة. فالتكيف ضروري، حتى وإن بُدِئ منذ اليوم إطلاق جهود جبارة لتخفيض الانبعاثات، فإنها لن تتمكن من القضاء على آثار التغير المناخي التي تحدث بالفعل، وتلك التي يتحتم على المجتمع المعاناة منها مستقبلاً نظراً لقوة الاستمرار التي يتسم بها المناخ. وعلى الطرف الآخر، إذا لم يبدأ في اتخاذ إجراءات لتخفيض الانبعاثات وأتيح للتغيرات المناخية التي يتسبب فيها البشر الاستمرار دون انقطاع، فستزداد بصورة كبيرة مخاطر وقوع الآثار الأكثر خطورة أو الآثار الكارثية المصاحبة لزيادة الاحترار العالمي عدة درجات. وعندها، فإن أكثر المجتمعات ثراء، وأفضلها وأكثرها من حيث توافر الموارد الجيدة لأنشطة التكيف، لن تتمكن على الأرجح من التكيف بشكل تام مع مثل تلك المستويات من التغير المناخي. إن هذه الحقيقة البسيطة تؤكد على حقيقة ضرورة جمع السياسات المناخية الفعالة بين كل من تدابير التكيف وأنشطة خفض الانبعاثات.

ولن يكون في الإمكان تحقيق خفض في انبعاثات غازات الدفيئة التي يتسبب فيها البشر إلى المستوى اللازم للبقاء ضمن حاجز الدرجتين المئويتين، ما لم تستخدم مصادر الوقود غير الأحفوري في تلبية نسبة كبيرة جداً من احتياجات المجتمع للطاقة. ويشار إلى إقامة اقتصاد أقل اعتماداً على الوقود الأحفوري بعبارة "الاقتصاد عديم الكربون". ويجري في السنوات الأخيرة تطوير العديد من تقنيات الطاقة المتجددة التي يمكنها المساهمة في تخليص الاقتصاد العالمي من الكربون (إطار 11). وعلى الرغم من عدم وجود "حل ناجع" - أي لا توجد تقنية متجددة يمكنها وحدها أن تحل محل الوقود الأحفوري بشكل كامل - إلا أنه يمكن لمزيج من التقنيات أن يسمح لبلدان ومناطق مختلفة أن تطور توليفة الطاقة المتجددة الخاصة بها لتلبية احتياجاتها. والتقنيات متوافرة بالفعل، ويمكنها إذا ما ضمت إلى التغيرات في جانب الطلب - خفض استخدام الطاقة وتحسين فعاليتها - أن تحقق القدرة على خفض غازات الدفيئة بنسبة 50 في المائة بحلول عام 2050، وفي بعض المناطق، خفض الانبعاثات إلى الصفر فعلياً بحلول ذلك الوقت[16] (الجلسة 19). ولكن تحقيق تلك الأهداف يتطلب زيادة سريعة وكبيرة في السعة الإنتاجية، عن طريق استثمارات مشتركة؛ إطار سياسات مستقر؛ وبحث، وتطوير، وبيان عملي، لتسهيل تعلم التقنية، وتقليل تكاليف الإنتاج (الشكل 13).

ولدمج نسب كبيرة من الطاقة المتجددة، سيصبح من الضروري إقامة "شبكات ذكية"، تتفاعل فيها مختلف عناصر الطاقة، بما فيها الإنتاج، والطلب المرن، وتخزين الطاقة وتحويلها، من أجل توفير نظام طاقة مستقر وفعال. وربما كان من الضروري أيضاً إقامة "شبكات ممتازة" - وهي أنظمة إقليمية لإمدادات الطاقة توفر الطاقة لمساحات جغرافية كبيرة - لتيسير الدمج بين تقنيات طاقة الرياح، والطاقة الشمسية، وغيرها من تقنيات الطاقة المتجددة الأخرى وبين مرافق تخزين الطاقة كبيرة الحجم، مثل مرافق الطاقة الكهرومائية.



الشكل **13**
هبوط سعر وحدة الخلايا الشمسية الفولطية الضوئية ذات الغشاء الرقيق مع زيادة الإنتاج التراكمي، حلقة تغذية مرتجعة معززة تبين أن الاستثمار الكبير المبكر في التقنيات المتجددة سيزيد من معدل الامتصاص، مما سيقلل من تكاليف الوحدة[69]. يظهر الخط المصمت البيانات التاريخية، ويظهر الخط المتقطع المسار المتوقع وذلك على أساس استمرار الاتجاهات التاريخية.

ويمكن لمثل تلك الشبكات أن تساعد على موازنة الأحمال، واعتدال التقلبات في الإنتاج[16] (الجلسة 19).

وفي بعض الحالات، يمكن أن تكون التقنيات المتجددة أكثر قابلية للتطبيق الفوري على متطلبات البلدان النامية مقارنة بأنظمة الطاقة الأكثر تقليدية المعتمدة على الوقود الأحفوري، وذلك لإمكانية عملها في المناطق النائية على نطاقات أصغر، ودون الحاجة سوى للقليل من الصيانة، والإمكانيات الفنية المحلية (الرسالة الرئيسية الرابعة). وربما لا تكون بعض التقنيات، مثل التقنيات الشمسية الأقدم، مناسبة لتوليد الطاقة في البلدان التي تمتلك بالفعل شبكة توزيع حديثة وموثوقة للطاقة، ولكنها قد تكون مناسبة جداً لتوليد الطاقة في المجتمعات النامية التي تفتقر إلى القدرة على الحصول على شبكات كهرباء موثوقة. وبمعنى آخر، عندما تدمج الاعتبارات المناخية في أنشطة التنمية، فمن الممكن أن تتآزر كل من أهداف التخفيف من حدة تغير المناخ والتنمية بشكل قوي.

وعلاوة على تطوير تقنيات طاقة متجددة، توفر إدارة الأنظمة البيولوجية إمكانيات هائلة لخفض الانبعاثات. فالغابات على سبيل المثال، يمكنها إزالة كميات كبيرة من ثاني أكسيد الكربون من الجو، حيث تقوم الأشجار (مثلها مثل جميع النباتات) بامتصاص ثاني أكسيد الكربون من خلال عملية التمثيل الضوئي وتحويله إلى كتلة حيوية. وحيث إن التجمعات النباتية التي تتألف من عدة أنواع، تمتص بصفة عامة كمية أكبر من الكربون من الجو،

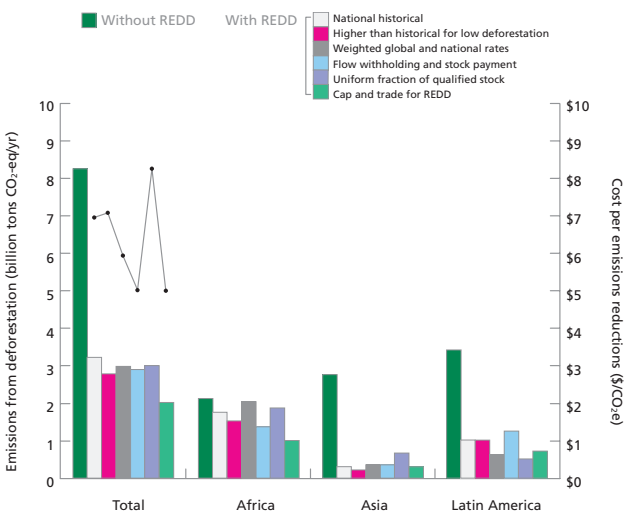
من تلك التي تمتصها التجمعات المؤلفة من نوع واحد أو أنواع قليلة[70]، فإن المحافظة على الغابات الطبيعية المتنوعة بيولوجياً أصبحت محل اهتمام كبير من جانب مبادرة REDD (تقليص الانبعاثات الناجمة عن إزالة الأحراج وتدهور الغابات) بوصفها أداة لتخفيض الإنبعاثات[16] (الجلسة 25)، (الشكل 14). وهي تهدف إلى تحقيق خفض كبير في انبعاثات غازات الدفيئة التي تصاحب تحويل الغابات الطبيعية إلى استخدامات أخرى للأرض.

وعلى الرغم من الجاذبية الكبيرة التي تحظى بها مبادرة REDD، فإنها تشكل تحديات هائلة: كيف يمكن تحديد خطوط الأساس التي يمكن قياس زيادة أو انخفاض معدل إزالة الغابات مقارنة بها؟ ما هي الشروط والآليات - المالية وغيرها - اللازمة لتقديم أفضل دعم لمبادرة REDD؟ كيف يمكن تعويض السكان المحليين بشكل عادل عن تكريس الأرض الخاصة "بهم" وقيم الكربون الموجودة فيها لخدمة غرض عالمي (الرسالة الأساسية الرابعة)؟ علاوة على ذلك، إذا ارتفعت درجة الحرارة بمقدار 2°م أو أكثر، فثمة مخاطر لتحوُّل الأنظمة البيئية الأرضية، بما فيها الغابات، إلى مصادر صافية لإطلاق الكربون في الجو، نظراً لزيادة التنفس والاضطرابات مثل الحرائق. ولو فقدت الخدمات المنظمة للكربون التي توفرها الغابات فسيؤدي ذلك إلى التعجيل بتغير المناخ على نحو خطير[16] (الجلسة 38)، (إطار 2).

حيث تعد الزراعة الأكثر انتشاراً وأهمية من بين جميع استخدامات الإنسان للأرض، كما أنها كذلك مصدر كبير لانبعاث غازات الدفيئة في الجو. ومن ناحية أخرى، يمكن للزراعة الحديثة أن تحقق تخفيضات كبيرة جداً وفعالة في غازات الدفيئة من حيث التكلفة، وذلك بشكل رئيسي من خلال الممارسات الإدارية المعدلة. فالتخزين المعزز للكربون في التربة، على وجه الخصوص، يحقق إمكانية كبيرة لخفض الانبعاث في الأجل القصير، بينما يوفر زيادة طويلة الأجل في استدامة أنظمة الزراعة. ولكن تلك القدرة على تخفيض الانبعاثات لن تتحقق على الأرجح إلا إذا ما فُرض سعر واقعي على انبعاثات غازات الدفيئة. كما توجد أيضاً عقبات أخرى - هيكلية، ومؤسسية، ومالية، وتعليمية - أمام تعديل ممارسات الإدارة الزراعية لكي تصبح أكثر مراعاة للمناخ[16] (الجلسة 24)، (الشكل 15).

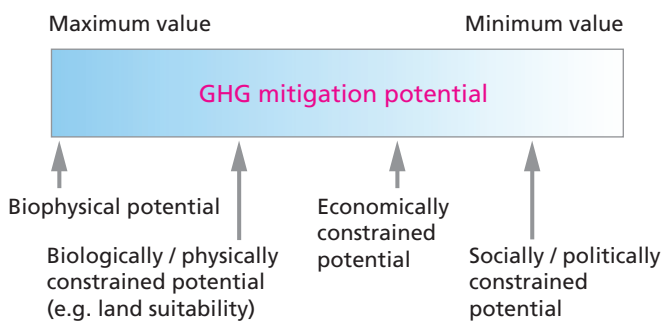
فربما كان الوقود الحيوي الأكثر إثارة للجدل من بين جميع الأدوات البيولوجية لخفض الانبعاث، حيث يتم إنتاجه من الكتلة الحيوية للنبات، وحرقه لتوليد الحرارة والطاقة كبديل للوقود الأحفوري (الجدول 2). وفي النهاية، يجب إقامة قطاع نقل أقل اعتماداً على الوقود السائل المستمد من الأحفور. حيث يعد الوقود الحيوي، في الأجل القصير، مهماً في خفض استخدام السيارات للوقود الأحفوري؛ ومن المرجح، على مدى إطار زمني أطول، أن يحل محل الوقود الأحفوري في الطائرات والسفن[16] (الجلسة 18). ويظل العامل المحدد هو مساحة الأراضي التي يمكن تخصيصها لإنتاج الوقود الحيوي. ومن ثم، تُكرَّس حالياً جهود كثيفة في تطوير الجيل الثاني من أنظمة الوقود الحيوي، المعتمدة على "فضلات" المواد النباتية بدلاً من الاعتماد على المحاصيل المزروعة لأغراض إنتاج الطاقة فقط. واستناداً إلى ذلك التفكير، وبناء على مقارنة الطاقة الإجمالية اللازمة للإنتاج بإجمالي ناتج الطاقة، يتبين عدم استدامة استخدام المحاصيل الزيتية - زيت النخيل، واللفت، وعباد الشمس، والصويا - ومن ثم، يجب تجنبها[16] (الجلسة 18).

أما فيما يتعلق بالتكيف، فإن القطاعات التي تخضع لإدارة مدققة بالفعل من جانب البشر - الأنظمة الغذائية، والحراجة، وأنظمة المياه - تعتبر الأسرع قابلية للتكيف مع آثار تغير المناخ[16] (الجلسة 38). حيث يمكن للزراعة والحراجة على سبيل المثال، التحول إلى محاصيل أو أنواع أشجار بديلة تتطلب مياهاً أقل أو تتحمل قلتها، أو تبقى منتجة تحت



الشكل **14**

الانبعاثات الناتجة عن إزالة الغابات منمذجة وفقاً لسبعة خيارات لتصميم *REDD*، حسب المنطقة. تستند خيارات التصميم المختلفة على نهج متفاوتة لتحديد خط الأساس الذي يمكن أن تقاس عليه أية إزالة إضافية للغابات، وطبيعة الآليات المالية، وتدابير مكافحة "التسرب" الداخلي لنشاط إزالة الغابات إلى البلدان التي تتسم تاريخياً بمعدلات منخفضة لإزالة الغابات، وغيرها من العوامل[16] *(الجلسة 25)*. تُظهر نتائج التحليل أن نهج *REDD* يمكنه أن يخفض الانبعاثات الناتجة عن إزالة الغابات إلى أقل من النصف، بغض النظر عن تفاصيل التصميم المحدد. وتتفاوت النتائج بشدة تبعاً للمنطقة، حيث أظهرت آسيا وأمريكا اللاتينية خفضاً كبيراً جداً في الانبعاثات باستخدام نهج *REDD*، في الوقت الذي كانت فيه المكاسب في أفريقيا منخفضة للغاية. وبناء عليه، تعتبر النتائج حساسة بدرجة كبيرة إلى الفروق الإقليمية، أكثر منها إلى طبيعة تصميم *REDD*[71].



الشكل **15**

آثار القيود المختلفة على تقليص قدرات تخفيض انبعاثات غازات الدفيئة، من قدرتها البيولوجية والفيزيائية النظرية القصوى إلى أدنى قدرة يمكن تحقيقها[72]. القيود البيئية، مثل نقص المواد الغذائية أو المياه، يمكن أن تقلص بشدة من القدرة البيولوجية النظرية لامتصاص الكربون في أنظمة الإنتاج. ويمكن أن تشكل الاعتبارات الاقتصادية، والاجتماعية، والسياسية مزيداً من القيود، مما ينتج عنه انخفاض المستوى المتحقق لامتصاص الكربون كثيراً عن القيمة القصوى النظرية.

Technology	Feedstocks	Process technology	Potential competition with food production	Conversion efficiency	Level of feed by-products
1st generation bioethanol	*Cereals, sugar cane, tubers*	*Fermentation*	*Low to high*	*30-65%*	*High*
2nd generation bioethanol	*Residues, waste, bioenergy crops*	*Fermentation*	*Low*	*30-75%*	*Low to high*
Biogas (methane)	*Manure, energy crops, organic waste*	*Mesophilic fermentation*	*Low to high*	*60-80%*	*None*
Biodiesel	*Oil crops, food & animal waste*	*Extraction & transesterification*	*Low to high*	*85%*	*Low to high*
Biomass to Liquid (diesel)	*Any biomass, preferably wood*	*Thermochemical*	*Low*	*50-60%*	*None*
Biomass for heat and power	*Any biomass, preferably waste and residues*	*Thermochemical*	*Low*	*50-65%*	*None*
3rd generation biofuels	*Algae, halophytes, waste and residues*	*Thermochemical, biological, extraction*	*None*	*< 65%*	*Unknown*

الجدول **2**
مقارنة بين تقنيات تحويل الكتلة الحيوية إلى طاقة. لاحظ التفاوت الكبير في كفاءة التحويل. ويعكس ذلك الفارقَ بين التقنيات الأقدم والتقنيات التي تمثل أحدث ما وصل إليه العلم حالياً. تستند كفاءة تحويل الكتلة الحيوية إلى حرارة وطاقة إلى متوسط الكفاءة السنوية[84-73].

درجات الحرارة الأعلى. ولكنْ، سيكون ذلك التكيف محدوداً، إذا كانت التغيرات كثيرة أو سريعة للغاية. ففي الزراعة، تنطوي كل من أعمال تخفيض الانبعاثات والتكيف على نفس إستراتيجيات الإدارة، ومن ثم يمكن تحقيقهما في نفس الوقت، مما يحقق نتائج تآزرية[85].

ولكنْ، سيكون من الأصعب وضع إستراتيجيات تكيف للأنظمة الطبيعية، التي تمد بخدمات النظام البيئي غير المباشرة، التي تستند إليها في نهاية الأمر، رفاهة البشر. ومن شأن نموذج جديد للمحافظة على الطبيعة أن يكون أكثر ملاءمة في مواجهة تغير المناخ[16] (الجلستين 31 و 38). ويجب أن يركز ذلك النموذج بصفة أساسية على تعزيز قدرات تحمل الأنظمة البيئية التي تعمل بشكل جيد. وتشمل إستراتيجيات التكيف المناسبة على توسيع نطاق شبكات المناطق المحمية والربط بينها، والسيطرة على الأنواع الغريبة، واستخدام الإدارة التكيفية الفعالة (الشكل 16). علماً بأن أدوات الحماية المستخدمة حالياً، مثل قوائم الأنواع المهددة، والمناطق المحمية الصغيرة غير المترابطة، والحدود السياسية كحدود للإعلان عن الأنواع المهددة، لا تعد أدوات فعالة للتكيف بالنسبة للتغير المناخي[16] (الجلسة 31).

وحتى في ظل أكثر نهج التكيف فعالية، فلن ينجو عدد كبير من أنواع الكائنات في ظروف التغير المناخي المستمر بدون انقطاع (الرسالة الرئيسية الثانية). ولتفادي وقوع أزمة انقراض تفاقمية، فلا بديل عن بذل جهد سريع وفعال لتخفيض الانبعاثات. علاوة على ذلك، يمكن اللجوء إلى الاستثمار في أعمال الحفظ خارج الموقع - أي الحفاظ على الكائنات الحية في الأسر أو الاحتفاظ ببنوك البذور - على أمل إمكانية إطلاق تلك الكائنات الحية، يوماً ما، إلى البرية مرة أخرى، عند استعادة ظروف المناخ الملائمة[86]. إلا أنه، في أفضل الأحوال، لن تجدي التدابير المتخذة خارج الموقع إلا مع القليل من الأنواع.

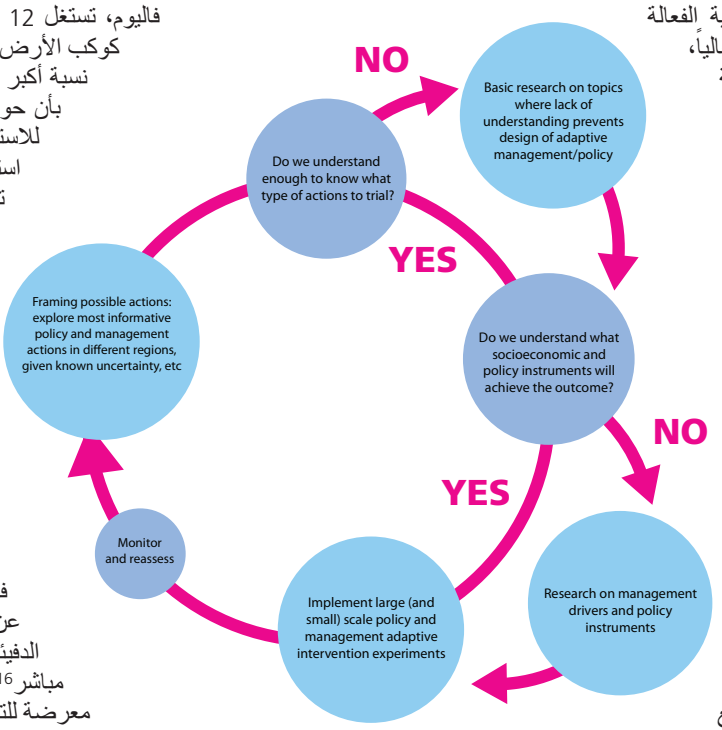
وربما كانت أهم رسالة يمكن الخروج بها من جهود التكيف الراهنة - للبلدان النامية، على وجه الخصوص - ضرورة تضمين الاعتبارات المناخية في كل من السياسات الداخلية والمساعدات الخارجية. فلا يمكن تطبيق إجراءات التكيف مع التغير المناخي، إذا عوملت بوصفها "أمراً إضافياً" وطبقت بشكل مستقل عن المبادرات الأخرى التي تهدف إلى تعزيز التنمية الاقتصادية والاجتماعية، وزيادة قدرات المجتمعات على التحمل. وعلى الرغم من عدم الإحاطة بجميع آثار التغير المناخي المستقبلي، إلا أن بعض الاتجاهات الراهنة بدأت في الاتضاح - التغير في القدرة على الحصول على المياه العذبة، وزيادة معدل العواصف والفيضانات، والمناطق الزراعية التي يضربها الجفاف. ويمكن تنفيذ العديد من إجراءات التكيف التي "لا يمكن الندم على تنفيذها" - مثل تلك التي تعمل على تحقيق استدامة إمدادات المياه، أو تأمين المساكن - من الآن، مما سيؤدي إلى زيادة قدرات المجتمع على تحمل المزيد من التغير المناخي[66].

وفي إطار بناء إجراءات فعالة للتكيف، يجب، على وجه السرعة، إجراء بحوث حول الآثار المترتبة على السياسات الحالية، والسياسات المستقبلية المحتملة المتعلقة بالتكيف: هل ستساند التكيف، أم ستعيقه، ومن أي وجه يمكن تغييرها؟ كما ينبغي أيضاً دراسة الاستثمار من أجل البنية الأساسية، في إطار التكيف مع المناخ: ما هي المشاريع التي تحقق أفضل نسبة بين المنافع والتكاليف، ومتى ينبغي اتخاذ قرارات الاستثمار؟ علاوة على ذلك، ومع اقتراب المناخ من النطاق الأعلى من التوقعات، تحتاج المجتمعات إلى سياسات، وممارسات، وبنية أساسية للتكيف قادرة على التصدي للظواهر الجوية الشديدة التي تقع ضمن الطرف الأشد في توزيع الاحتمالات. ومن ثم، يجب أن تتضمن إستراتيجيات التكيف مكوناً قوياً للاستعداد للكوارث، وزيادة التشديد على خدمات إدارة الطوارئ[16] (الجلسة 32).

وعلى الرغم من فعالية وضرورة تلك الوسائل الخاصة بخفض الانبعاثات والتكيف، كل على حدة، إلا أن دمج أنشطة التكيف وتخفيض الانبعاثات في إطار للأنظمة صار له الآن أهمية كبرى وذلك للاستفادة من أوجه التضافر التي من شأنها أن تعزز من فعالية كل منها، وتجنب النتائج المعاكسة؛ فربما تسببت أنشطة تخفيض الانبعاثات في وقوع آثار تضر بالتكيف والعكس بالعكس.. وليس ثمة مجال أحوج إلى نهج تكاملية على مستوى الأنظمة من استخدامات الأراضي. فمن بين التحديات الكبرى التي تواجه المجتمع البشري، مع تواصل النمو في تعداد السكان، تحديد أولويات استخدام الأراضي للموازنة بين الاحتياجات المحلية، مثل إنتاج الغذاء وتوفير المساحات للمساكن ومنشآت الأعمال، والاحتياجات العالمية، مثل إزالة ثاني أكسيد الكربون من الجو، وإنتاج الكتلة الحيوية من أجل الطاقة والوقود الحيوي، وحماية التنوع البيولوجي.

فاليوم، تستغل 12 في المائة تقريباً من مساحة الأراضي على كوكب الأرض في الإنتاج الكثيف للمحاصيل[88،89]، وتستغل نسبة أكبر من ذلك ككلأ ومراعي لإنتاج الماشية. علماً بأن حوالي 70 في المائة من المياه العذبة المناسبة للاستخدام البشري مخصصة للزراعة[90]. ومع استمرار الطلب على الغذاء، وزيادة النمو في تعداد السكان، إضافة إلى الطلب المتصاعد على الأنشطة الأرضية لتخفيض الانبعاثات، والحاجة المتنامية إلى "أراضٍ من أجل الطبيعة"، فقد أصبح المجتمع واقعاً تحت ضغط ضرورة التعامل بعدالة مع منافسة غير مسبوقة على الأراضي والمياه، على جميع الأصعدة، من محلية إلى عالمية.

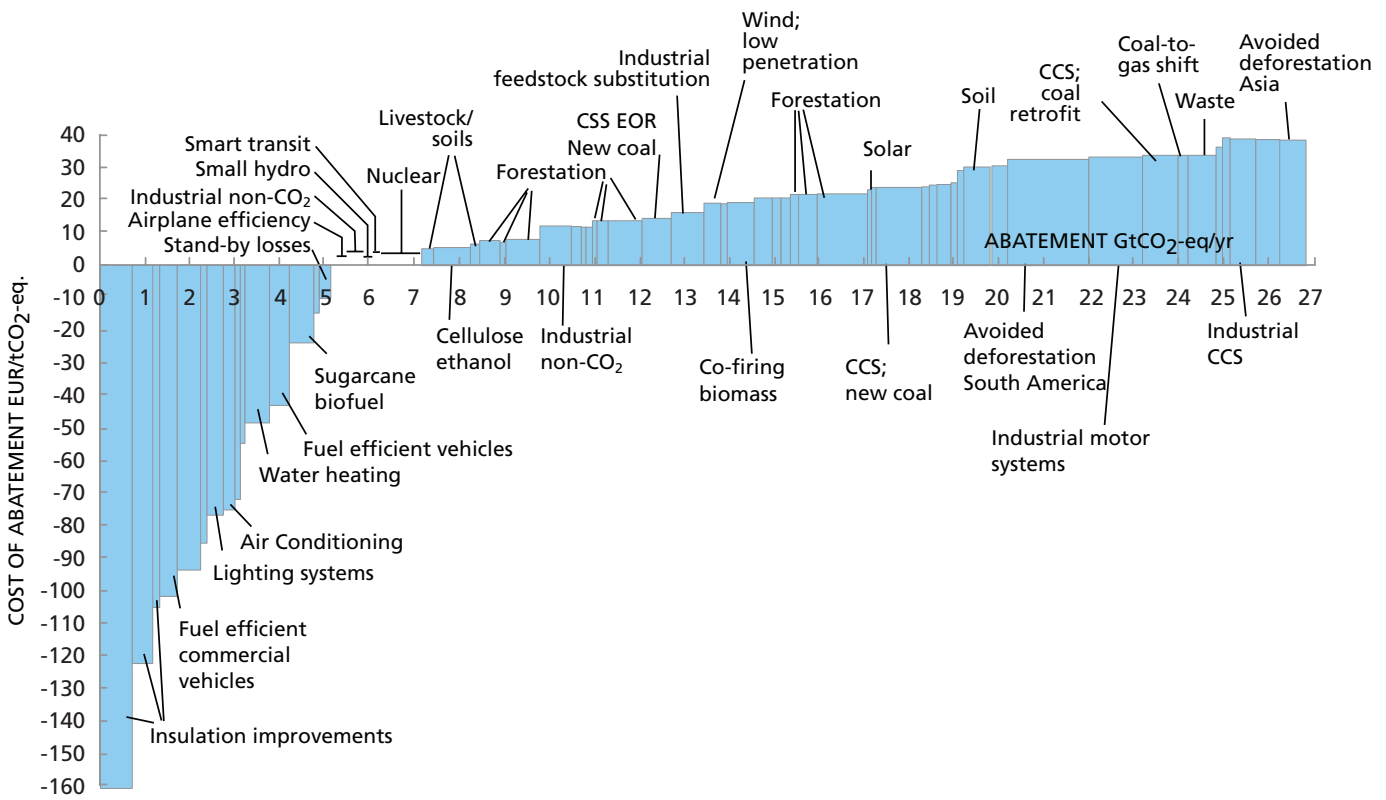
ويكمن الدافع وراء الكثير من التغيرات في سطح الأراضي على كوكب الأرض، في توفير خدمات النظام البيئي للسكان المتزايدين في المناطق الحضرية. حيث يعيش الآن ما يزيد قليلاً على نصف البشر في مدن، إلا أن المناطق الحضرية مسؤولة عن 75 في المائة تقريباً من انبعاثات غازات الدفيئة بشرية المنشأ، سواء بشكل مباشر أو غير مباشر[16] (الجلسة 33). كما أن العديد من المدن معرضة للتضرر بصفة خاصة من آثار التغير المناخي، مثل ظواهر الطقس بالغة الشدة، وارتفاع مستوى سطح



الشكل **16**
تمثيل مرئي للإدارة التكيفية الفعالة؛ نهج تكراري يدور حول عملية واضحة مستندة إلى التجربة لوضع خيارات إدارية مقبولة [86،72].

فوائد الاقتصاد عديم الكربون

Prof. Daniel Kammen, kammen@berkeley.edu



من بين أهم الدروس المستفادة من ذلك المزيج سريع الامتداد من تقنيات فعالية الطاقة، والتقنيات الشمسية، والمعتمدة على الرياح، والوقود الحيوي، وغير ذلك من التقنيات منخفضة الكربون، هو أن تكاليف نشرها أقل من كثير من التوقعات، وفي الوقت نفسه، فإن منافعها أكبر من المتوقع. وبالطبع فإن دعوى "فوز جميع الأطراف" التي تظهر من ذلك الأمر تستحق البحث، والتحقق المتواصل من صحتها.

فعلى مدى العقد الماضي، أخذت أسواق الطاقة الشمسية وطاقة الرياح في النمو بمعدلات تزيد على 30 في المائة سنوياً، كما سجل قطاع الطاقة الشمسية في السنوات العديدة الماضية معدلات نمو زادت على 50 في المائة سنوياً[91]. ويعني ذلك النمو السريع والمستدام انخفاض التكاليف بصورة مستمرة، وظهور مجموعة متنوعة من التقنيات والشركات المبتكرة. وتعمل السياسات الحكومية في عدد متزايد من المدن والولايات والبلدان على إيجاد وسائل إبداعية، وفعالة من حيث التكلفة وذلك للتوسع في بناء تلك الأسواق.

وفي الوقت الذي تجد فيه مجموعة متنوعة من التقنيات منخفضة الكربون طريقها إلى الأسواق، تزداد تقنيات فعالية الطاقة (مثل، النوافذ "الذكية"، أنظمة الإنارة والتدفئة/التهوية الفعالة في استهلاك الطاقة، ومنتجات تهيئة الطقس، والأجهزة الفعالة) وكذا ممارساتها تزداد انتشاراً على نطاق واسع. وتحقق العديد من مبتكرات فعالية الطاقة تلك تكاليف سلبية بمرور الوقت، ويعني ذلك أنه عند صف النطاق الكامل من المزايا (بما فيها تحسن نوعية خدمات الطاقة، وتحسين الصحة، وإنتاجية العمال) في جدول، فإن بعض استثمارات فعالية الطاقة تشكل وسيلة لتحقيق مزايا اجتماعية صافية بمرور الوقت.

وقد اشتهرت منحنيات تكلفة إنقاص الكربون منذ أن تعاونت شركة الطاقة السويدية فاتنفول (Vattenfall) مع شركة ماكينزي (McKinsey) في إعداد مجموعة من التقديرات لتكاليف نشر وتشغيل سلسلة من التقنيات الخاصة بفعالية الطاقة، واستخدام الأراضي، وتوليد الطاقة. وتصور منحنيات تكاليف الكربون المحفوظ تكاليف (أو وفورات، في حالة وجود عدد من خيارات "التكلفة السلبية" مثل بناء الفعالية) إمكانية الإنقاص على مدى زمن مستقبلي متوقع، وكذلك حجم ذلك الإنقاص (بالغيغا طن). ويصل الإطار الزمني لأغلب الخطط إلى عام 2030.

ويُظهر الشكل "منحنيات فاتنفول، أو ماكينزي" الشهيرة، التي تقدم مجموعة واحدة من تقديرات التكلفة/المكسب التي تجمع بين كل من تقنيات فعالية الطاقة وتقنيات توليد الطاقة النظيفة، معروضة في هذه الحالة كلمحة لعام 2030.

وتلوح العديد من الابتكارات الجديدة في الأفق القريب، بما فيها تلك التي تستخدم التمويل الشعبي المبتكر من أجل التخلص الكامل من التكاليف المبدئية لاستثمارات فعالية الطاقة والطاقة المتجددة من خلال القروض التي تسدد على مدى مدة الخدمات التي تقدمها منتجات الطاقة النظيفة والفعالة[92].

البحر. ودفع ذلك الأمم المتحدة إلى الإعلان أن المدن هي ساحة النصر أو الهزيمة في المعركة ضد تغير المناخ[16] (الجلسة 33)، كما أنها تولي أهمية خاصة لنهج متكامل للتكيف وتخفيض الانبعاثات في المناطق الحضرية (إطار 12).

وباختصار، يمتلك المجتمع العديد من الأدوات لتيسير أنشطة كل من التخفيف من وطأة التغير المناخي والتكيف مع آثاره التي لا يمكن تجنبها، إلا أن الجدل لا يزال دائراً حول الوسائل التي يمكن من خلالها تطوير وتطبيق تلك الأدوات[16] (الجلسات 40، 41 و 43). كما يمتلك المجتمع أيضاً عدداً من النهج الاقتصادية للتحفيز على اعتماد تلك الأدوات، والتشجيع على التحول في مجال الطاقة، اللازم من أجل الحد من الاحترار العالمي (إطار 8). ويبقى كل من الإرادة السياسية والقبول الاجتماعي لضرورة التغير، مكونين حاسمين مفقودين، لازمين لتحقيق التحول المجتمعي الذي يفرضه التغير المناخي.

تغير المناخ والمناطق الحضرية

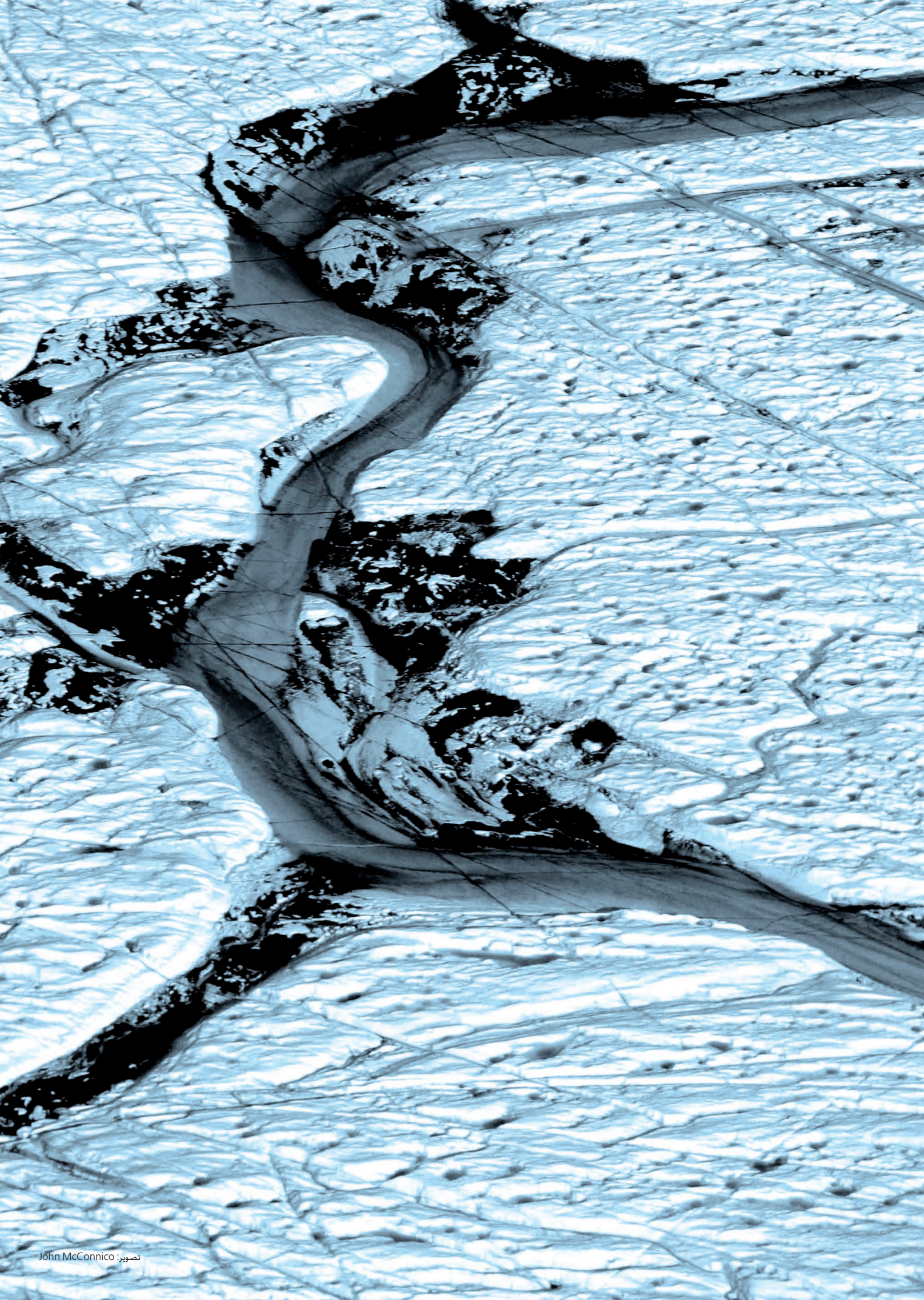
إطار **12**

Prof. Roberto Sanchez Rodriguez, roberto@ucr.edu

إن التغير المناخي يعد أكثر من مجرد مشكلة بيئية؛ فهو أحد التحديات الكبرى التي تواجه التنمية في المناطق الحضرية. حيث تعد المناطق الحضرية عرضة للأزمات والكوارث المرتبطة بتقلبات المناخ والتغير المناخي على نحو كبير. كما أن آثارها التراكمية تتسبب في خسائر اقتصادية وبشرية فادحة؛ وسرعان ما تؤدي إلى حدوث اختناقات شديدة أو أزمات طارئة في إمدادات الموارد الرئيسية كالماء، والطاقة، والغذاء؛ وتؤثر على الظروف المعيشية لعدد هائل من البشر. وتُقدِّر الأمم المتحدة تأثر ما مجموعه 2.5 مليار شخص جراء الكوارث التي وقعت بين عامي 1995 و 2004، وكانت 75 في المائة منها مرتبطة بالظروف الجوية بالغة الشدة.

ومن شأن تقليص المعاناة الاجتماعية والتعرض للمخاطر في المناطق الحضرية، وتعزيز التكيف مع آثار التغير المناخي أن يعود بمنافع اجتماعية، واقتصادية، وصحية، وبيئية واسعة النطاق على الحكومات المحلية والوطنية. ومن بين العناصر المهمة في إستراتيجيات التكيف؛ تخفيف حدة الفقر، وإستراتيجيات تحسين وسائل كسب العيش، وبناء رأس المال البشري، وحماية الأصول البيئية، وتعزيز الصحة العامة، وإيجاد الفرص من أجل تنمية مستدامة. وثمة حاجة ملحة أيضاً إلى تضمين معايير التكيف في التصميم والتخطيط للبنية الأساسية البيئية - الحضرية المنشأة، والمباني، ووسائل النقل. حيث يزيد عمر البنية الأساسية في الغالب على 75 عاماً، والمنشآت التي تُبنَى في الوقت الراهن ستعمل في ظل ظروف مناخية مختلفة في العقود المقبلة. ونادراً ما تأخذ الاستثمارات الحالية في اعتبارها الآثار المحتملة للتغير المناخي التي من الممكن أن تتسبب في حدوث خلل في تشغيلها.

ومن شأن تضمين إستراتيجيات تكيف متعددة الأبعاد في إستراتيجيات التنمية الحضرية الحالية أن يحقق كفاءة الاستفادة من الموارد المالية، والفنية، والبشرية، والطبيعية الشحيحة، لاسيما في البلدان الفقيرة والاقتصادات الناشئة. ومن الخطوات الهامة في هذا الاتجاه معاونة واضعي السياسات، ومخططي المناطق الحضرية، والجهات المعنية على تضمين إستراتيجيات التكيف وتحديد البدائل والمسارات المستدامة للنمو الحضري. وثمة فرصة هائلة في الدمج بين التنمية، وتخفيض الانبعاثات، وإستراتيجيات التكيف، لإنشاء مناطق حضرية أكثر مرونة. ولكنّ المزيد من التأخير في وضع إستراتيجيات التكيف وتنفيذها ستكون له عواقب خطيرة على الملايين من سكان المناطق الحضرية، وعلى الاقتصادات المحلية والوطنية، في نهاية الأمر.



تصوير: John McConnico

الرسالة الرئيسية السادسة

التصدي للتحدي

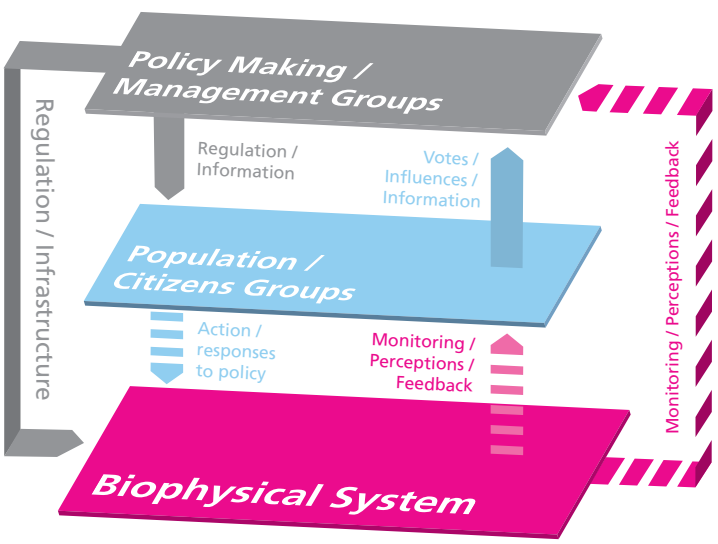
إذا كان للتحول الاجتماعي اللازم للتصدي لتحدي التغير المناخي أن يتحقق، فيجب التغلب على عدد من القيود الكبرى واغتنام الفرص الحاسمة. ويتضمن ذلك تقليل القصور في الأنظمة الاجتماعية والاقتصادية؛ الاستفادة من رغبة متزايدة لدى الجماهير في أن تتصرف الحكومات تجاه التغير المناخي؛ تقليل الأنشطة التي تزيد من انبعاث غازات الدفيئة وتقلل من المرونة (مثل الإعانات)؛ والتمهيد للتحول من الحوكمة غير الفعالة، والمؤسسات الضعيفة إلى القيادة الإبداعية في الحكومات، والقطاع الخاص، والمجتمع المدني. ومن الضروري الربط بين التغير المناخي وبين شواغل الاستهلاك والإنتاج المستدامين الأوسع نطاقاً، وقضايا حقوق الإنسان والقيم الديمقراطية للتحول بالمجتمعات نحو مسارات أكثر استدامة للتنمية.

إن الدليل الذي سبق التقديم له عن طبيعة التغير المناخي الخطر (الرسالتين الأساسيتين الأولى والثانية)، ومسارات خفض الانبعاثات اللازمة لتجنب التغير المناخي الخطر (الرسالة الأساسية الثالثة)، والحاجة إلى التصدي لذلك التحدي بطريقة عادلة (الرسالة الأساسية الرابعة)، تبعث جميعها برسالة واضحة قوية - "انتهى أمر مبدأ استمرار الأعمال كالمعتاد"[39]. فالتغيرات الهامشية في المسار الاجتماعي الاقتصادي والتقني الراهن للمجتمعات المعاصرة لن تكون كافية لتيسير التحول الاجتماعي اللازم للحفاظ على التغير المناخي ضمن حدود حاجز الدرجتين المئويتين. حيث يتوافر الآن العديد من الأدوات التقنية والإدارية، وكذلك نهج السياسات، التي يمكنها أن تقود التحول المطلوب (الرسالة الأساسية الخامسة). وتتمثل التحديات الجوهرية في تحفيز التحول، وتيسيره، ودعمه - تحطيم القيود واستغلال العديد من الفرص التي يقدمها ذلك التحول الاجتماعي.

إن البحوث اللازمة لإنارة الطريق للتحولات الاجتماعية الكبرى ودعمها، تكمن بالأساس في مجالات الدراسات الإنسانية والعلوم الاجتماعية، والتي كانت أقل بروزاً في الخطاب المتعلق بتغير المناخ عن العلوم الطبيعية والاقتصاد. وعلى الرغم من ذلك، فإن الاستبصارات التي تقدمها في الثقافات الإنسانية، والسلوكيات البشرية، والتنظيم البشري، تُعدّ حاسمة الأهمية في التصدي لتحدي تغير المناخ.

فالتحول بالمجتمع المعاصر إلى مستقبل أكثر استدامة يجب أن يتم على عدة أصعدة - فردية، ومؤسسية، وحكومية - وعلى عدة مستويات - بدءاً من التغير في السلوكيات اليومية إلى إعادة النظر في القيم الجوهرية، والمعتقدات والرؤى العالمية (الإطار 13). وبالفعل، فإن اللغة المستخدمة في مناقشة التغير المناخي الذي يتسبب فيه البشر تعكس في الكثير من الأحوال الرؤى العالمية الأساسية. وعلى سبيل المثال، فإن التركيز في العملية السياسية على إجراء "خفض" لغازات الدفيئة و"تقاسم الأعباء" يعزز النظرة إلى التخفيف من حدة التغير المناخي على أنه شر يجب اجتنابه ما أمكن. ومن ناحية أخرى، فإن التركيز على الفوائد التي يمكن تحصيلها من تفادي الآثار الخطيرة للتغير المناخي المتواصل، أو التركيز على الفرص الاقتصادية وفرص العمل التي يمكن جنيها من تخليص الاقتصاد من الكربون (إطار 11) سيؤدي إلى تكوين رؤى عالمية أكثر إيجابية وتفاؤلاً.

وتشدد رؤى عالمية عديدة على أهمية الإجراءات الحكومية في التصدي لتغير المناخ، إلا أنه يمكن تحقيق الكثير عن طريق الاعتراف بمجموعة واسعة من الأطراف الفاعلة من غير الدول التي تستخدم مناهج "الممارسة الاجتماعية" في الاستفادة من الأعمال التطوعية للأفراد والجماعات الصغيرة، وتشجيع تلك الأطراف[16] (الجلسة 48). ويمثل التغيير السلوكي جوهر أية عملية تحول، كما تُقدَّم كل من الخبرة، والتعلم الاجتماعي أملاً أكبر في المستقبل (إطار 14).



الشكل 17
التفاعلات البينية النمطية في أنظمة الحوكمة متعددة المستويات، حيث يمكن لفئات المواطنين لعب دور رئيسي في الوساطة بين صناعة السياسات التي تعمل على الصعيدين الإقليمي أو الوطني، وبين إدارة الأنظمة البيولوجية والفيزيائية على أرض الواقع، والتي تتم عادة على الصعيد المحلي. هذه العمليات متعددة المستويات، المنظمة على نحو متخصص، يمكنها أن تساعد على الحد من عدم التوافق بين الأصعدة، وكذلك الحد من عدم ترابط السياسات، وتدعم التغيرات الاجتماعية والتنظيمية المتكاملة[93].

فالأفراد وحدهم لا يمكنهم حل مشكلة التغير المناخي، ولا حتى الحكومات الوطنية بمفردها. فمن الأهمية القصوى مشاركة مجموعة واسعة من المنظمات - الشركات متعددة الجنسيات وغيرها من مجموعات الأعمال، والمنظمات البيئية غير الحكومية، ومنظمات البحوث العلمية، والهيئات الحكومية دون الوطنية - في تكوين استجابة مجتمعية. ويشدد مجتمع الأعمال - على وجه الخصوص - بشكل متزايد، على ضرورة وضع أطر سياسات لخلق بيئة إيجابية للاستثمار والتغيير. وفيما يلي بعض سمات تلك البيئة: (1) إقامة شراكات من أجل العمل تعتمد على إستراتيجية موحدة حتى وإن لم تكن الدوافع الأساسية متطابقة؛ و (2) بناء الثقة بين مؤسسات الأعمال والمجتمع المدني؛ و (3) قيادة تمكّن الناس من أسباب القوة، وتساند التعلم والإدارة التكيفية[16] (الجلستين 48 و 54).

– مشاركة المجتمع المدني – المجتمعات المحلية وأصحاب المصلحة في سياسة المناخ بشتى الطرق (شكل 17). كما أن مشاورة أصحاب المصلحة والأطراف المعنية وإشراكهم

إطار 13

الثقافات، والقيم، والرؤى العالمية بوصفها عوامل في الاستجابة للتغير المناخي

Prof. Karen O'Brien, karen.obrien@sosgeo.uio.no & Prof. Thomas Heyd, heydt@uvic.ca

لن تحصل أية سياسة متعلقة بالتغير المناخي على ما تحتاجه من دعم، سواء رسمياً على الصعيد السياسي، أو على المستوى اليومي العملي، إلا إذا وضعت الثقافات، والقيم، والمناظير العالمية في الاعتبار منذ البداية. والأسباب بسيطة. فأولاً، لن تُستقبَل المعلومات العلمية وتقييمات المخاطر مهما كانت دقتها بالضرورة بنفس الوعي والإدراك اللذين تحظى بهما من أولئك الذين أنتجوها. وثانياً، لكي تكون السياسات فعالة، يجب أن تأخذ في حسبانها البيئة التي شكلتها العوامل الاجتماعية الثقافية من قبل محاولة تطبيق السياسات. وتُبرِز النقاط التالية أهمية تلك النتيجة الأساسية:

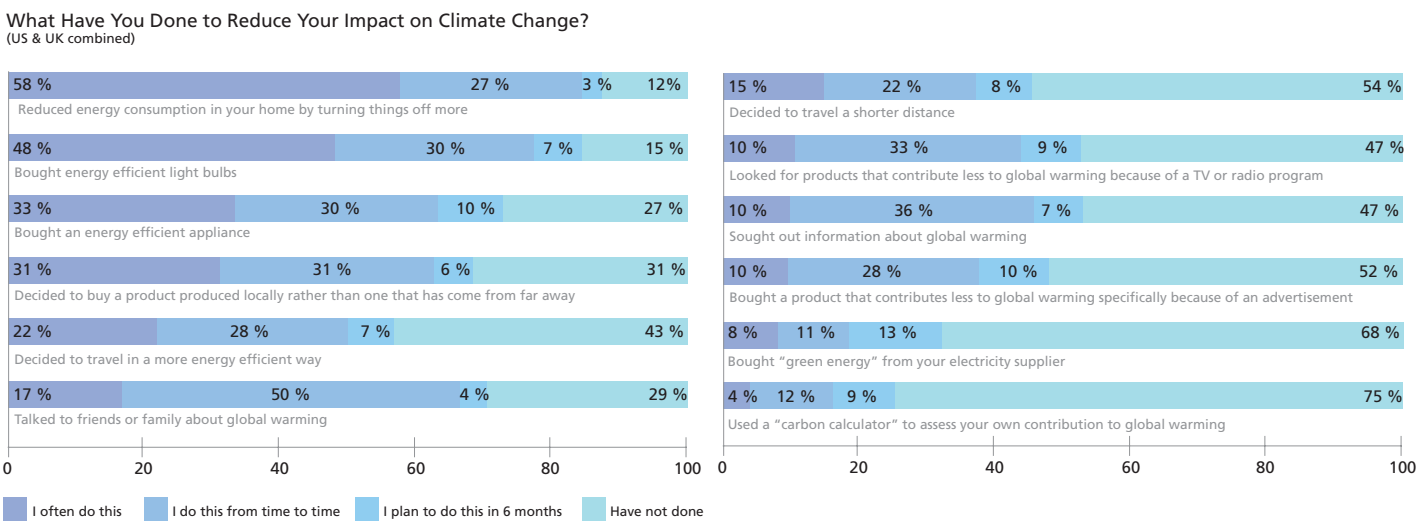
- المعلومات المتعلقة بتغير المناخ والتفسيرات المحلية لتقييمات المخاطر ينم تمييعها ثقافياً بطريق غير مباشر من خلال تفاسير انفعالية خاصة، وتحوير المعاني واستخدام مفاهيم محددة للمظهر الأرضي والتقلبات المناخية وتغير المناخ، وافكار خاصة بالتخفيف من حدة المخاطر.
- المعتقدات الدينية والروحية المحلية، وأنظمة المعرفة، وفهم العلاقة بين الطبيعة والمجتمع، والقيم والأخلاقيات، تؤثر جميعها في كيفية إدراك الأفراد والمجتمعات لتغير المناخ والاستجابة له. لذا يجب على علم تغير المناخ إدراك تلك الأطر الثقافية والتجريبية المحلية والأصيلة، وأن يحاول معرفتها فيما يتعلق بتشجيع الأنشطة المجتمعية لتخفيض الانبعاثات والتكيف مع آثاره.
- وربما تثير آثار تنفيذ إستراتيجيات التكيف قضايا تمس علاقات القوة في ظل الظروف القائمة من عدم المساواة، مما قد يؤدي إلى وقوع آثار طويلة الأجل، خارجة عن التوقعات على الأفراد والمجتمعات. ويستدعي ذلك اتباع نُهُج لتعزيز التشاور في إطار مناخ لاتخاذ القرار يتسم بالانفتاح والديمقراطية. أو بمعنى آخر، يجب تقييم العواقب الاجتماعية والثقافية لإجراءات الاستجابة للتغير المناخي، بما في ذلك مسألة "من الذي يُعتَدّ بقيمه؟"

ويجب أن تأتي في المرتبة الأولى الأبحاث المعنية بدور الثقافة، والقيم، والرؤى العالمية في كل من مسألتي التسبب في التغير المناخي وإجراءات الاستجابة له. فالأبعاد الثقافية والتجريبية للتغير المناخي يجب أن تدمج مع الأبحاث القياسية الموجهة نحو الأنظمة المعنية بالتغير المناخي، ويجب تضمينها في كل من الأبحاث المتعلقة بتخفيض الانبعاثات والتكيف وبرامج التنفيذ. وتدعو تلك النتيجة إلى دور جديد وأكبر للعلوم الاجتماعية والإنسانية في التصدي لتحديات تغير المناخ، وتشير إلى الحاجة إلى أجندة بحثية متعددة الاختصاصات ومتكاملة بالفعل، تضع تغير المناخ في سياق مجتمعي أكثر ثراءً وعمقاً.

إطار 14

أهمية التغيير السلوكي

Prof. Diana Liverman, liverman@u.arizona.edu



الإجراءات التي يتخذها الأفراد للتقليل من مساهمتهم في تغير المناخ. تستند البيانات إلى استقصاء أُجري على *2734* مواطناً في الولايات المتحدة والمملكة المتحدة، بواسطة *Accountability*، في يونيو/حزيران *2007*، بعنوان: "ما الذي يطمئن المستهلكين بشأن تغير المناخ؟" 94.

يمكن للمواطنين لعب دور مهم في الاستجابة لتغير المناخ، لاسيما باتخاذهم قرارات بتقليل مساهمتهم في انبعاث غازات الدفيئة، أو التكيف مع تغير المناخ. ويُعدّ الدعم الجماهيري أيضاً حاسم الأهمية في نجاح الإجراءات الحكومية الوطنية والإقليمية، كما يمكن لوعي الجماهير أن يقف عقبة أمام قبول تقنيات خفض الانبعاثات. وثمة شواهد كثيرة على إمكانية إسهام تغيير سلوكيات الأفراد في خفض الانبعاثات، خاصة من المنازل ووسائل النقل، وعند دعمها من خلال السياسات الحكومية، والحوافز، وأنشطة القطاع الخاص (انظر الشكل). ويتوافر العديد من الوسائل الأقل كلفة لخفض انبعاث غازات الدفيئة في القطاع السكني، حيث يؤدي استخدام العزل، والأجهزة والإنارة الفعالة من حيث الطاقة، والتغذية المرتجعة بالمعلومات التي تقدمها العدادات الذكية وفواتير مرافق الخدمات العامة - إلى خفض سريع في الطلب على الطاقة دون دفع تكلفة مقابل ذلك، بل مع تحقيق توفير مالي صاف (انظر الإطار 11).

كما تعد التغيرات في السلوكيات والمواقف مهمة أيضاً في سياق القيادة السياسية وقيادة الشركات، حيثما التزم قادة مؤسسات الأعمال وعمد المدن، على سبيل المثال، بتحقيق مستويات من خفض الانبعاثات تفوق بمراحل الالتزامات السياسية الوطنية أوالتحليل المبسط للمنافع والتكاليف . أما بالنسبة للتكيف، فقد عدل الملايين من المزارعين والرعاة من ممارساتهم لتجاوز التحولات المناخية، ويتخذون بالفعل قرارات كرد فعل تجاه بدء الاحترار وغيره من التحولات المرتبطة بتغير المناخ. ويجب على السياسة الدولية أن تساند، وأن تتأكد من عدم الحد من - وسائل العمل التي يمتلكها الأفراد في الاستجابة لتغير المناخ، وأن تقر بأهمية تقديم معلومات مناسبة للمواطنين حتى يتمكنوا من اتخاذ قرارات مستنيرة مبنية على علم بشأن مساندة السياسات، والتغيير من سلوكياتهم[16] (الجلسة 20)[95،62].

تعد ضرورية في العديد من المناهج. ويجب أن تكون المشاركة ثنائية الاتجاه - بمعنى عدم الاقتصار على نقل المعلومات من الخبراء إلى المجتمع، بل الحصول على معلومات عكسية من المجتمع كذلك[16] (الجلسة 39). ويفرض تبادل المعلومات عبر وسائل الإعلام تحديات كبيرة، حيث إن قضية تغير المناخ تُعرَض في الغالب على أنها "جدل كبير حول الاحترار العالمي" بدلاً من اظهار الاتفاق التقاربي في العلوم، والتعقيدات والدقائق في واجهة التواصل بين العلوم والسياسات[16] (الجلستين 53 و54).

إن جهود الاستجابة لتحدي تغير المناخ على مستوى المجتمع يمكن أن تكون أكثر فعالية في الكثير من الأحوال، إذا مَزَجت بين المعرفة والخبرة المحلية وإسهام الخبراء. كما يمثل التمكين مفهوماً أساسياً، وأفضل طريقة لتحقيقه هي التحديد الدقيق للغرض من مشاركة

أصحاب المصلحة، وهيكلة العمليات بحيث تسمح بالمشاركة الكاملة لأفراد المجتمع. ويتطلب الانتقال من مشاركة المجتمع إلى عمل المجتمع - وهو النتيجة الغالبة للمشاركة الفعالة – يتطلب إجراء دراسة مسبقة للمؤسسات والموارد والمساعدة الفنية اللازمة لمساندة العمل[16] (الجلسة 54).

وعلى الصعيدين الوطني والعالمي، فإن الأدوات الاقتصادية مثل تسعير الانبعاثات، والنهج المستندة إلى السوق بصفة عامة، تتسم بأهمية جوهرية. ومع ذلك، فربما تعين اللجوء إلى نهج أخرى. على سبيل المثال، من شأن إستراتيجية استثمارية وطنية الدافع وعالمية التنسيق، وربما مستفيدة من الفرصة التي تقدمها الأزمة المالية العالمية، أن تعزز بشكل فعال من مسارات التنمية المراعية للمناخ، وأن تحقق انتشاراً للتقنيات، وخفضاً أسرع للانبعاثات مقارنة بالذي يمكن أن تحققه الأدوات السوقية وحدها. ونظراً لمدى إلحاح تحدي تغير المناخ (الرسالة الرئيسية الأولى)، فإن "توفير أكبر قدر من التمويل في البداية" - على سبيل المثال، إعطاء دفعة مباشرة، وكبيرة للاستثمار في أنظمة فعالية الطاقة والطاقة المتجددة - سيكون على الأرجح أكثر فاعلية من اعتماد نهج أكثر تدرجاً[16] (الجلسة 55). وربما تعين الاستعانة بوسائل أخرى متعددة الرؤى على الصعيد الإقليمي أو العالمي الواسع لإحداث تحول في إدارة علاقتنا بالبيئة على كوكب الأرض. ومن بين تلك الوسائل يمكن أن يكون التفكير في تقسيم عالمي مبتكر لأنشطة استخدام الأراضي يحسن بصورة كبيرة من النمط الجغرافي لإنتاج الغذاء والألياف، وحماية التنوع البيولوجي، والبنية الأساسية، وتوليد الطاقة (إطار 15).

وبنفس تلك القوة يتسم تحدي تحويل المشهد الدولي الراهن للحوكمة من مجموعة من الأنظمة الفردية أو أنظمة الحوكمة إلى بنيان مؤسسي مبتكر ومتكامل لحوكمة نظام كوكب الأرض. ويجب أن تتسم الإستراتيجية الناجحة لبناء مثل ذلك البنيان بتعدد الأبعاد، مع تنسيق دقيق في بناء عدد من الترتيبات المؤسسية الحالية: (1) أنظمة بيئية أخرى، مثل اتفاقية التنوع البيولوجي (CBD)، (2) آليات تجارية ومالية دولية، مثل منظمة التجارة العالمية WTO، والبنك الدولي؛ و (3) مؤسسات ذات توجه تنموي، تهدف إلى التخفيف من حدة الفقر، مثل صندوق البيئة العالمية GEF، والمصارف الإقليمية للتنمية. وأخيراً، سيتطلب التصدي لتحدي التغير المناخي خليطاً من وسائل مختلفة تهدف إلى بناء نظام متكامل للحوكمة[16] (الجلسة 48).

في الأنظمة السياسية الديمقراطية، لن يقوم أفراد الناخبين بالدفع نحو تحقيق ذلك التغيير التحولي - من التغيرات العملية في ممارسات الجيران إلى إنشاء أنظمة جديدة متعددة الجنسيات للطاقة والنقل وبناء أنظمة مؤسسية جديدة - إلا إذا كانت لديهم قيم عميقة وقوية بالشكل الذي يكفي لاتخاذ قرارات راسخة طويلة الأجل (إطار 13). ومن ثم، فلن يكتب لأية سياسة خاصة بتغيير المناخ النجاحُ في نهاية الأمر، إلا إذا تغيرت الثقافات والرؤى العالمية والقيم الأساسية بطريقة تدعم وضع سياسات فعالة وتنفيذها[16] (الجلستين 54 و57).

وتمثل المعلومات العلمية والتقنيات والأدوات الاقتصادية جميعها جزءاً من الحل، ولكنها تفسَّر وتطبق بواسطة الثقافات والأفراد والمجتمعات ورؤاهم العالمية (الشكل 18). كما أن المعتقدات الدينية والروحية، وأنظمة المعرفة الأصيلة، وفهم العلاقات بين الطبيعة والمجتمع، والقيم والأخلاقيات، تؤثر جميعها في كيفية إدراك الأفراد والمجتمعات لتغير المناخ والاستجابة له[16] (الجلسة 57). وفي النهاية، ستُحدِّد تلك الأبعاد الإنسانية لتغير المناخ ما إذا كانت البشرية ستحقق في آخر الأمر تحولاً كبيراً وشيكاً في بداية القرن الحادي والعشرين، أم ستنهي البشرية ذلك القرن "بعيش بائس في عالم تزيد فيه درجة على الحرارة بمقدار يفوق 5°م "[101].

POLITICIANS / LOCAL GOVERNMENTS
- Seek voters´ support, dependent on media, next election is the reference point
- Have more interest in structural adaptation options because they are easier to “sell” to the electorate.

PUBLIC OPINION / MEDIA
- Allocates responsibility to the government
- Seen as not aware of climate change impacts, not aware of their choices.

ADVOCACY / INTEREST GROUPS
- Normative points of view (e.g. “space to rivers”, “plant trees in each unused space”)
- Supported by facts or beliefs (“water is from God”)

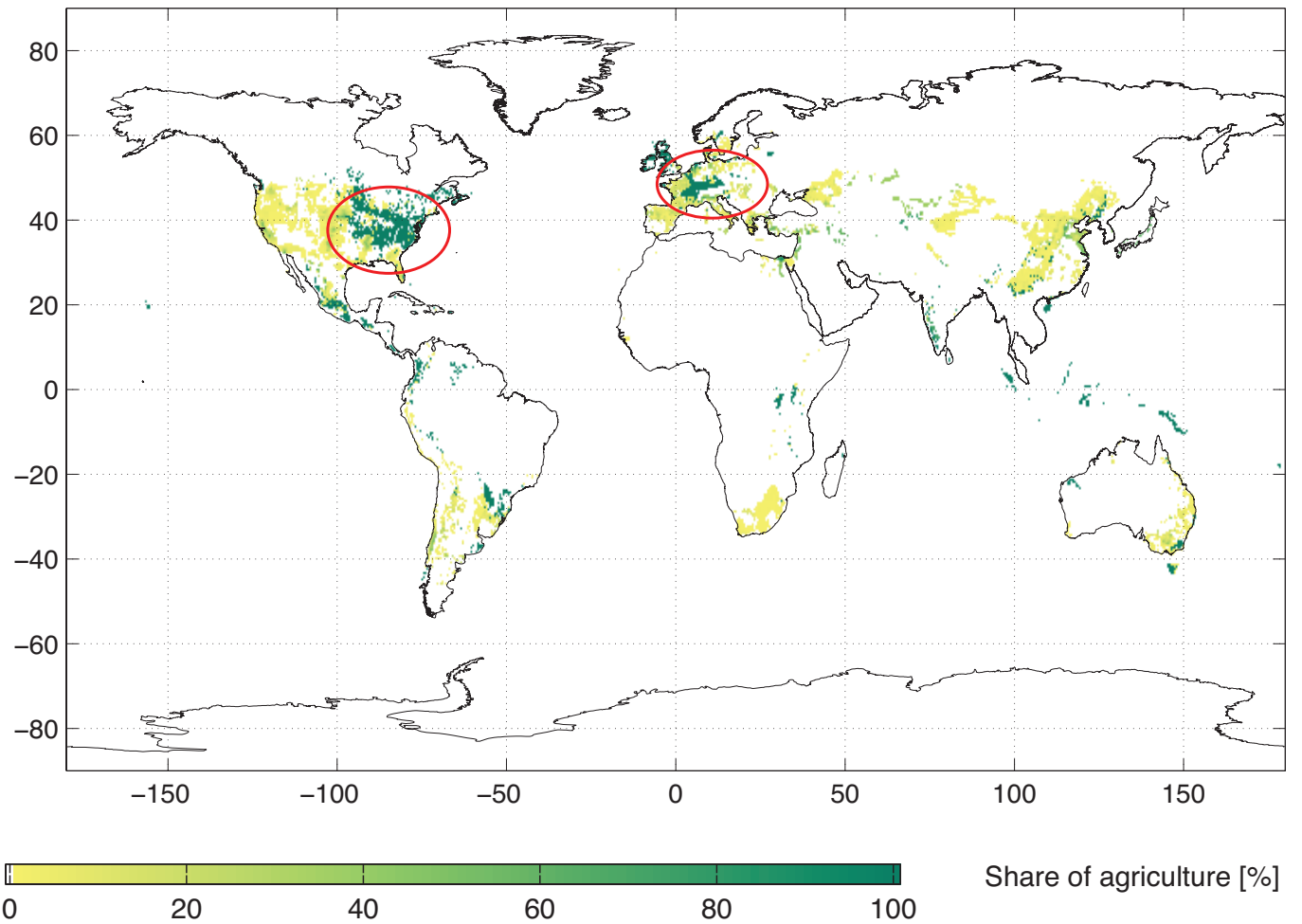
ADMINISTRATION / BUREAUCRACY
- Focuses on implementation, engineering approaches
- Hierarchical, often follows outdated procedures
- Does not directly respond to pressure from other groups;
- Often involved in power and competencies conflicts

RESEARCHERS
- Theoretically oriented, not practical, not aware of local condition or social dynamics
- Often function only within one discipline, pursue only their discipline’s point of view (“free trade and putting price on scarce resources can solve all problems”)

الشكل **18**
مجموعات من النماذج الذهنية المشتركة. تتباين النماذج الذهنية فيما بين الجماعات المختلفة في المجتمع، وتؤثر على كيفية تصور الناس لقضية تغير المناخ؛ فهي صعبة التغيير وربما شُكِّلت عقبات أمام التواصل والعمل[99]. ومن ثم، فمن بين التحديات الهامة في التعامل بكفاءة مع تغير المناخ هو بناء توافق في الآراء على مستوى المجتمع حول طبيعة تهديد التغير المناخي والإستراتيجية العامة للتعامل معه. وفي الواقع، يجب الوصول إلى نموذج ذهني - أو منظور - واحد عالي المستوى. فبدونه، من المستبعد اتخاذ إجراءات فعالة بشأن المناخ أو وضع سياسات فعالة بشأنه.

نحو تحول هائل في استخدام الأراضي؟

Prof. Hans Joachim Schellnhuber, John@pik-potsdam.de & Veronika Huber huber@pik-potsdam.de



ترتيب المواقع على مستوى العالم وفقاً لملاءمتها لإنتاج الغذاء في ظل الممارسات الإدارية الحالية (مقتبس من98). تشير علامات المجسمات الناقصة الحمراء إلى المناطق الرئيسية التي يمكن اعتبارها "مشاعات زراعية عالمية".

سيتطلب الإبقاء على الاحترار العالمي ما دون 2°م أن نكون مبدعين في تطوير الهياكل الحالية، بطريقة ذكية مناخياً، كما سيتعين أيضاً وضع تدابير تحولية واسعة النطاق. وبصفة خاصة، يجب تغيير النمط الحالي لاستخدامات الأراضي على كوكب الأرض تغييراً جذرياً، حيث إن ذلك يمثل نتيجة أدنى من المثالية لعمليات تاريخية خاطئة، كانت غافلة عن اعتبارات الاستدامة العالمية. استخدامات الأراضي مستقبلاً على كوكب الأرض يجب أن تستوعب المطالب المتعددة المتنافسة على الغذاء والألياف، والطاقة، والخدمات، والبنية الأساسية، والحفاظ على البيئة، من اجل ما يقرب من 9 مليارات نسمة يعيشون على سطح كوكبي غير قابل للتمدد. ويتعين التصدي لتحديات جديدة مثل إنشاء أسطح امتصاص صناعية للكربون من خلال الامتصاص البيولوجي، لتجنب التغير المناخي الخطر96.

ويجب على العلم أن يبين (1) ملامح النمط "الأمثل" لاستخدامات الأراضي؛ و (2) ضمان ان ذلك النمط يمكن ان يوفر المقادير الكافية من الوظائف الايكولوجية والموارد المطلوبة؛ (3) و أن يحدد أي الاستراتيجيات الاجتماعية السياسية يمكنها تحقيق التحول المنظور في إطار زمني مناسب. ولقد بدأت الدوائر البحثية الدولية لتوها في تناول تلك المسائل، ومع ذلك، تتوافر بالفعل بعض الاستبصارات حول الجانبين الأولين.

فعلى سبيل المثال، نشر المجلس الاستشاري الألماني المعني بالتغير العالمي (WBGU) مؤخراً عدة تقارير لتحديد تلك المناطق على كوكب الأرض التي يجب تكريسها لدعم التنوع البيولوجي، وإنتاج الكتلة الحيوية، وحصاد الطاقات المتجددة، على التوالي97. ومن بين النتائج المهمة التي خرج بها أن استزراع الغابات في الأراضي المتدهورة يمكنه أن يحقق قدرة مستدامة من الطاقة الحيوية تقارب 100 إكساجول. كما أشارت التحليلات التي أجراها معهد بوتسدام98 أيضاً إلى إمكانية إطعام 12 مليار شخص، لهم نفس العادات الغذائية التي كانت سائدة في عام 1995، على أقل من ثلث مساحة الأرض الزراعية الحالية - إذا ما استخدمت أفضل المواقع في زراعة أنسب المحاصيل، وإذا تمكنت تجارة الغذاء العالمية من العمل في محيط لا تشوهه السياسات الحمائية. ولن يكون ذلك النهج الجريء مجدياً إلا إذا كان من الممكن استصلاح المواقع الرئيسية (كما هو مبين في الشكل) أو الحفاظ عليها لأغراض الزراعة في إطار صفقة عالمية طويلة الأجل - بنفس الطريقة التي يرجى أن تخصص فيها الغابات الاستوائية المطيرة لأغراض المحافظة على البيئة باعتبارها جزءاً من المشاعات العالمية.

مسار المستقبل

لقد حُلَّت العديد من المشاكل البيئية في الماضي عندما أدرك البشر أن الأنشطة التي يقومون بها كانت تؤدي إلى عواقب وخيمة على صحتهم ورفاهتهم. وجاء رد فعلهم على هيئة تغيير في السلوك وتطوير تقنيات جديدة. فهل سيستجيب مجتمعنا المعاصر بطريقة مماثلة لتحدي تغير المناخ الذي يواجهنا حالياً؟ إن تغير المناخ يختلف في جوهره عن المشاكل البيئية التي سبق أن تصدى لها البشر إلى وقتنا هذا. فالمخاطر والأصعدة والجوانب ذات الدرجة العالية من عدم اليقين المرتبطة بالتغير المناخي كبيرة جداً، كما أنه مكتنف باحتمالات كبيرة للتسبب في نتيجة مدمرة على الصعيد العالمي.

وتتطلب طبيعة تحدي تغير المناخ تفكيراً تخيلياً وإبداعياً. فمفهوم كمفهوم الحدود الكوكبية[100]، الذي يهدف إلى تحديد "حيز العمل الآمن" للإنسانية، مستلهم من التجارب الأولى للمجتمعات التي نظمت سلوكياتها بنفسها عندما أتيحت لها المعرفة بعواقبها غير المرغوبة. حيث تُحدَّد الحدود الكوكبية بناء على العتبات الفيزيائية البيولوجية للأرض، والتي من شأن تجاوزها أن يؤدي إلى نتائج كارثية على المجتمعات (انظر عناصر التحول، الرسالة الرئيسية الثانية). وتشير الشواهد العلمية بقوة إلى وجود حد أعلى لتركيز غازات الدفيئة في الغلاف الجوي، أو "حد للتغير المناخي"، ينبغي للبشر العمل ضمن إطاره للحد من مخاطر وقوع نتائج كارثية. وعلى الرغم من عدم معرفتنا بعدُ بموقفنا على وجه الدقة، إلا أن الشواهد الحالية تشير إلى أن البشرية تقترب بسرعة من ذلك الحد، بل ربما تكون قد تجاوزته[16]. وبناءً عليه، تبدو الحاجة إلى تحقيق خفض سريع وهائل في انبعاث غازات الدفيئة ملحة، إذا كنا راغبين في تجنب الآثار المناخية الخطرة.

وقد يبدو العيش في ظل حد يتسم بالتحدي للتغير المناخي أمراً ذا صعوبة بالغة، في الكثير من الأحوال. ولكن، لا توجد اتفاقية واحدة، أو حل تقني "ناجع" واحد، يمكنه أن يحدث تحولاً سريعاً وعلى نحو غير مؤلم في المجتمع المعاصر. حيث أن أي تحول في مجتمع يعيش داخل حدود التغير المناخي سيستغرق وقتاً، وسيتطلب التزاماً على جميع المستويات ومن جانب جميع أفراد المجتمع. وكنقطة بداية، يجب تحديد أهداف طويلة الأجل لخفض الانبعاثات، إذا كان المجتمع راغباً في تقليص مخاطر التغير المناخي الخطر إلى مستويات مقبولة. وتعمل المسارات كمنارات على طريق تحقيق الأهداف، ولكنْ ثمة مسارات محتملة عديدة يمكن للإنسانية السير فيها من أجل البقاء داخل الحد العام لتغير المناخ.

وبناء على ذلك، فإن مجتمع عام 2009 لا يملك أن يحدد بدقة ماهية المسار "الصحيح" أو "الأفضل"، وصولاً إلى عام 2050 وما بعده. حيث سيحمل المستقبل تغيرات تقنية، واجتماعية وتغيرات في القيم من شأنها أن تغير المسار. كما يجب ألا تكون هناك عقوبة لعدم التوصل للحلول الصحيحة من المرة الاولى. بل إن الواجب الأهم هو البدء في العمل فورا من الآن. وتتمثل الخطوات الأولى في بدء حوار واسع النطاق على جميع مستويات المجتمع وبناء توافق في الآراء بشأن ضرورة التصرف والعمل. ومن الراجح تماماً، أن الأمر عندما يتعلق بالاستجابة للتغير المناخي الذي من صنع البشر، فإن "العمل الوحيد الذي لا يغتفر هو عدم اتخاذ أية خطوة على الإطلاق"[101].

هذا التجميع، الذي يستند إلى المناقشات والنتائج التي خرج بها المؤتمر العلمي الدولي للتحالف الدولي للجامعات البحثية تغير المناخ: المخاطر العالمية، التحديات والقرارات، يلخص أحدث ما وصلت إليه المعرفة في الدوائر البحثية - من علماء الطبيعة، والعلماء الاجتماعيين، وخبراء الاقتصاد، والمهندسين، وأساتذة العلوم الإنسانية - عن تغير المناخ. إن الشواهد الدالة على أن الأنشطة البشرية تُغيِّر من الظروف الأساسية للحياة على كوكب الأرض مستفيضة، والتحديات التي تفرضها تلك التغيرات مروعة. ولن يخلف تأخير العمل سوى زيادة المخاطر التي ستتعرض لها الأجيال القادمة. صحيح أنه لا يمكن لاجتماع واحد أن يُحوِّل المجتمع إلى آخر يعيش في نطاق حدود تغير المناخ، إلا أن مؤتمر الأمم المتحدة المعني بتغير المناخ، COP15، المزمع عقده في ديسمبر/كانون الأول 2009، يُقدِّم فرصة فريدة، وفي حينها، للبدء في تلك الرحلة التحولية. ويأمل الكثيرون، في حالة ما إذا نجح المجتمع في التصدي لتحدي تغير المناخ، أن تقرأ الأجيال القادمة في كتب التاريخ أن مؤتمر COP15 كان البداية الحقيقية لتلك الرحلة.

12. Canadell, J.G., Le Quéré, C., Raupach, M.R., Field, C.R., Buitenhuis, E., Ciais, P., Conway, T.J., Gillett, N.P., Houghton, R.A. and G. Marland, 2007: Contributions to accelerating atmospheric CO2 growth from economic activity, carbon intensity, and efficiency of natural sinks. Proceedings of the National Academy of Sciences 104, 18866-18870.
13. Tans, P. Trends in Atmospheric Carbon Dioxide - Mauna Loa, NOAA/ESRL, Available online at: http://www.esrl.noaa.gov/gmd/ccgg/trends/
14. Hoffman, D.J. The NOAA annual greenhouse gas index (AGGI) NOAA/ESRL. Available online at: http://www.esrl.noaa.gov/gmd/aggi/
15. Dlugokencky, E.J., R.C. Myers, P.M. Lang, K.A. Masarie, A.M. Crotwell, K.W. Thoning, B.D. Hall, J.W. Elkins, and L.P Steele, 2005: Conversion of NOAA atmospheric dry air CH4 mole fractions to a gravimetrically-prepared standard scale, J. Geophys. Res., 110, D18306, doi:10.1029/2005JD006035.
16. IOP, 2009: Mudanças Climáticas: Global Risks, Challenges and Decisions, Copenhagen 10.-12. March 2009. All sessions. IOP Conference Series: Earth and Environmental Series. Available online at: http://www.iop.org/EJ/volume/1755-1315/6
17. Caldeira, K., 2009: Ocean acidification: Humanity and the environment in geologic time, IOP Conference Series: Earth and Environmental Sciences 6 (3): 462004, available online at: http://www.iop.org/EJ/toc/1755-1315/6/46
18. Raupach, M.R., Marland, G., Giais, P., Quéré, C.L., Candadell, J.G., Klepper, G. and C.B. Field, 2007: Global and regional drivers of accelerating CO2 emissions. Proceedings of the National Academy of Sciences 104: 10288-10293.
19. Haywood, A., Bonham, S., Hill, D., Lunt D. and U. Salzmann, 2009: Lessons of the mid. Pliocene: Planet Earth's last interval of greater global warmth. IOP Conference Series: Earth and Environmental Sciences 6: 072003, Available online at: http://www.iop.org/EJ/toc/1755-1315/6/7
20. Council of the European Union, 2005: Presidency Conclusions – Brussels, 22/23 March 2005, European Commission, Brussels.
21. IPCC, 2001: Climate Change 2001: Impacts, Adaptation and Vulnerability. Contribution of Working Group II to the Third Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change, [McCarthy,J.J., Canziani, O.F., Leary, N.A., Dokken, D.J. and K.S: White (Eds.)], Cambridge University Press, Cambridge, UK.
22. Meinshausen M., Meinshausen N., Hare W., Raper S.C.B., Frieler K., Knutti R., Frame D.J., Allen M.R., 2009 Greenhouse-gas emission targets for limiting global warming to 2 degrees C. Nature, 458 (7242): 1158-U96
23. Steffen, W., 2009: Climate Change 2009: Faster Change and More Serious Risks. Report to the Department of Climate Change, Australian Government, in press.
24. Holland, G., 2009: Climate change and extreme weather. IOP Conference Series: Earth and Environmental Sciences 6: 092007, available online at: http://www.iop.org/EJ/toc/1755-1315/6/9
25. Turley, C., Blackford, J., Widdicombe, S., Lowe, D., Nightingale, P.D. and A.P. Rees, A.P., 2006: Reviewing the impact of increased atmospheric CO^2 on oceanic pH and the marine ecosystem. In: Schellnhuber, H J., Cramer,W., Nakicenovic, N., Wigley, T. and Yohe, G (Eds), Avoiding Dangerous Climate Change, Cambridge University Press, 8, 65-70.
26. Millennium Ecosystem Assessment, 2005. Ecosystems and Human Well-being: Biodiversity Synthesis. World Resources Institute, Washington, DC.
27. Lenton, T. M., Held, H., Kriegler E., Hall, J. W., Lucht, W., Rahmstorf, S, and Schellnhuber, H. J., 2008: Tipping elements in the Earth's climate system. Proceedings of the National Academy of Sciences 105 (6): 1786-1793.
28. Dahl-Jensen, D. (Lead), 2009: The Greenland Ice Sheet in a changing climate. Component 2 in SWIPA: An Arctic Council Project coordinated by AMAP – IASC – WCRP/CLiC – IPY.
29. Hofmann, M. and H.J. Schellnhuber, 2009: Oceanic acidification affects marine carbon pump and triggers extended marine oxygen holes. Proceedings of the National Academy of Sciences 106: 3017-3022
30. Schellnhuber, H.-J. and H. Held, 2002: In: Briden J and T. Downing (eds), Managing the Earth: The Eleventh Linacre Lectures, Oxford University Press, Oxford, pp 5–34.
31. Smith, J.B., Schneider, S.H., Oppenheimer, M., Yohe GW, Hare W, Mastrandrea, M.D., Patwardhan, A., Burton, I., Corfee-Morlot, J., Magadza, C.H.D., Fussel, H.-M., Pittock, A.B., Rahman, A., Suarez, A. and J.-P. van Ypersele, 2009: Assessing dangerous climate change through an update of the Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) "reasons for concern". Proceedings of the National Academy of Sciences, doi/10.1073/pnas.0812355106. In press.
32. IPCC, 2007: Climate Change 2007: Mitigation. Contribution of Working Group III to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [B. Metz, O.R. Davidson, P.R. Bosch, R. Dave, L.A. Meyer (eds)], Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA.
33. NOAA, 2009: Trends in Atmospheric Carbon Dioxide, [online] available at: http://www.esrl.noaa.gov/gmd/ccgg/trends [accessed 04/06/2009], Earth Systems Research Laboratory.
34. European Environment Agency, 2009: CSI 013 – Atmospheric greenhouse gas concentrations – Assessment published Mar 2009. Available online at: http://themes.eea.europa.eu/IMS/IMS/ISpecs/ISpecification20041007131717/IAssessment1234255180259/view_content <http://themes.eea.europa.eu/IMS/IMS/ISpecs/ISpecification20041007131717/IAssessment1234255180259/view_content>
35. Hare, B., and Meinshausen, M., 2006: How Much Warming are We Committed to and How Much can be Avoided? Climatic Change 75,1-2:111-149.
36. Meinshausen, M., Hare, B., Frieler, K., Nabel, J., Markmann, K., Schaeffer M. and J. Rogel, 2009: PRIMAP – Potsdam Real-Time Integrated Model for the probabilistic assessment of emission paths, IOP Conference Series: Earth and Environmental Sciences 6: 052008, available online at: http://www.iop.org/EJ/toc/1755-1315/6/5
37. Allen, M., Frame, D., Frieler, K., Hare, W., Huntingford, C., Jones, C., Knutti, R., Lowe, J., Meinshausen, M., Meinshausen, N. and S. Raper, 2009: The exit strategy. Nature Reports Climate Change 3: 56-58
38. Nordhaus W.D.,: 2009: Plenary presentation at the International Scientific Congress on Climate Change 2009. Available online at: http://climatecongress.ku.dk/presentations/congresspresentations
39. Stern, L. N., 2009: Plenary presentation at the International Scientific Congress on Climate Change 2009. Available online at: http://climatecongress.ku.dk/presentations/congresspresentations
40. Spring, U.O, 2009: Social vulnerability and geopolitical conflicts due to socio-environmental migration in Mexico, IOP Conference Series: Earth and Environmental Sciences 6: 562005, available online at: http://www.iop.org/EJ/toc/1755-1315/6/56.
41. Warner, K., 2009: Migration: Climate adaptation or failure to adapt? Findings from a global comparative field study, IOP Conference Series: Earth and Environmental Sciences 6: 562006, available online at: http://www.iop.org/EJ/toc/1755-1315/6/56.
42. Gleditsch, N.P. and R Nordås., 2009: IPCC and the climate-conflict nexus, IOP Conference Series: Earth and Environmental Sciences 6: 562007, available online at: http://www.iop.org/EJ/toc/1755-1315/6/56.
43. Scheffran, J., 2009: Climate-induced instabilities and conflicts. IOP Conference Series: Earth and Environmental Sciences 6: 562010, available online at: http://www.iop.org/EJ/toc/1755-1315/6/56.

قائمة الجداول

الجدول 1: خصائص سيناريوهات تثبيت الاستقرار، ص- 19
الجدول 2: مقارنة بين تقنيات تحويل الكتلة الحيوية إلى طاقة، ص- 28

قائمة الأشكال

الشكل 1: التغير في مستوى البحر من عام 1970 إلى 2008، نسبة إلى مستوى البحر في عام 1990، ص- 8
الشكل 2: التغير في محتوى الطاقة في مختلف مكونات نظام كوكب الأرض عن فترتين: 2003-1961 و2003-1993، ص- 8
الشكل 3: التغيرات في المتوسط العالمي لدرجة حرارة الهواء السطحية (منقحة عن فترة 15 عاماً) نسبة إلى عام 1990، ص- 9
الشكل 4: التغير في المحتوى الحراري للمحيطات منذ عام 1951، ص- 9
الشكل 5: اتجاهات تركيزات الغلاف الجوي لغازات الدفيئة (أ) ثاني أكسيد الكربون, CO_2 بالأجزاء في المليون منذ 1958 إلى الوقت الحاضر؛ (ب) الميثان, CH_4 بالأجزاء في المليار منذ 1979 إلى الوقت الحاضر؛ و (ج) أكسيد النيتروز, N_2O، بالأجزاء في المليار منذ 1978 إلى الوقت الحاضر، ص- 11
الشكل 6: (أ) أعداد الاعاصير شمال الأطلنطي المدارية لكل أقصى سرعة رياح مبينة على المحور الأفقي. (ب) الزيادة النسبية لكل من فئات الأعاصير التي تنشأ من الزيادات بقيمة 1، و3، و5 م/ث1- في السرعات القصوى للرياح، ص- 12
الشكل 7: خريطة "عناصر التحول" المناخي المحتملة، ص- 14
الشكل 8: مخطط ربط الآثار المحتملة للتغير المناخي بالارتفاع في المتوسط العالمي لدرجة الحرارة. ص- 16
الشكل 9: مسارات الانبعاث المرتبطة بالطاقة، من عام 2000 إلى 2100، اللازمة للوصول إلى تثبيت استقرار غازات الدفيئة في الغلاف الجوي عند ثلاثة أهداف مختلفة لتثبيت الاستقرار، ص- 20
الشكل 10: الآثار المتوقعة لتغير المناخ على الإنتاج الزراعي في عام 2030 معبراً عنها بالنسبة المئوية للتغير نسبة إلى متوسط المحاصيل في الفترة من 2002-1998، ص- 23
الشكل 11: الجوانب المختلفة لانبعاثات الكربون بشرية المنشأ بحسب البلد/المنطقة، مع التركيز على ما يسمى بمشكلة الأرصدة والتدفقات، ص- 24
الشكل 12: خلايا فولتية ضوئية صغيرة الحجم (النظام المتوسط - 18 وات) حسبما تستخدم في كينيا، ص- 24
الشكل 13: هبوط سعر وحدة الخلايا الشمسية فولتية الضوء ذات الغشاء الرقيق مع زيادة الإنتاج التراكمي، ص- 26
الشكل 14: الانبعاثات الناتجة عن إزالة الغابات، منمذجة وفقاً لسبعة خيارات لتصميم REDD، حسب المنطقة، ص- 27
الشكل 15: آثار القيود المختلفة على تقليص قدرات تخفيض انبعاثات غازات الدفيئة، من قدرتها البيولوجية والفيزيائية النظرية القصوى إلى أدنى قدرة يمكن تحقيقها، ص- 27
الشكل 16: تمثيل مرئي للإدارة التكيفية الفعالة، نهج تكراري يدور حول عملية واضحة مستندة إلى التجربة لوضع خيارات إدارية مقبولة، ص- 28
الشكل 17: التفاعلات البينية النمطية في أنظمة الحوكمة متعددة المستويات، ص- 32
الشكل 18: مجموعات من النماذج الذهنية المشتركة، ص- 34

قائمة الإطارات

إطار 1: التغيرات في صفيحة غرينلند الجليدية، ص- 9
إطار 2: دورة الكربون العالمية، ص- 11
إطار 3: آثار تغير المناخ على صحة البشر ورفاهتهم، ص- 13
إطار 4: الموارد المائية وتغير المناخ: بناء المرونة من أجل مستقبل مستدام، ص- 13
إطار 5: تحمض كوكب الأرض، ص- 15
إطار 6: التنوع البيولوجي وتغير المناخ: نتائج تقييم الألفية للنظم البيئية، ص- 15
إطار 7: الآثار الأمنية لتغير المناخ، ص- 17
إطار 8: تكاليف تأجيل العمل، ص- 19
إطار 9: الأدوات الاقتصادية للتصدي لتحدي تخفيض الانبعاثات، ص- 21
إطار 10: التمويل من أجل التكيف، ص- 23
إطار 11: فوائد الاقتصاد عديم الكربون، ص- 29
إطار 12: تغير المناخ والمناطق الحضرية، ص- 30
إطار 13: الثقافات، والقيم، والرؤى العالمية بوصفها عوامل في الاستجابة للتغير المناخي، ص- 33
إطار 14: أهمية التغيير السلوكي، ص- 33
إطار 15: نحو تحول هائل في استخدام الأراضي؟، ص- 35

ثبت المراجع

1. IPCC, 2007: Climate Change 2007: Relatório Síntese Contribution of Working Groups I, II and III to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Core Writing Team, Pachauri, R.K and Reisinger, A. (eds.)]. IPCC, Geneva, Switzerland, 104 pp.
2. IPCC, 2007: Climate Change 2007: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Solomon, S., D. Qin, M. Manning, Z. Chen, M. Marquis, K.B. Averyt, M. Tignor and H.L. Miller (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA, 996 pp.
3. Rahmstorf, S., Cazenave, A., Church, J.A., Hansen, J.E., Keeling, R.F., Parker, D.E., and R.C.J. Somerville, 2007: Recent climate observations compared to projections. Science 316 (5825): 709-709.
4. Domingues, C.M, Church, J.A:, White, N.J., Gleckler, P.J, Wijffels, S.E., Barker, P.M. and J.R. Dunn, 2008:. Improved estimates of upper-ocean warming and multi-decadal sea-level rise. Nature 453:1090-1094.
5. Church, J.A, Domingues, C., White, N., Barker, P. and P. Gleckler, 2009: Changes in global upper-ocean heat content over the last half century and comparison with climate models, IOP Conference Series: Earth and Environmental Sciences 6 (3): 032005, available online at: http://www.iop.org/EJ/toc/1755-1315/6/3
6. Steffen, K., and Huff, R.,2009: University of Colorado at Boulder, personal communication
7. Mote, T.L.,2007: Greenland surface melt trends 1973 – 2007: Evidence of a large increase in 2007, Geophys. Res. Lett., 34, L22507, doi: 10.1029/2007GL031976.
8. Wouters, B., D. Chambers, and E. J. O. Schrama 2008: GRACE observes small-scale mass loss in Greenland, Geophys. Res. Lett., 35, L20501, doi:10.1029/2008GL034816
9. Plattner, G.-K., 2009: Long-term commitment of CO2 emissions on the global carbon cycle and climate. IOP Conference Series: Earth and Environmental Sciences 6: 042008, available online at: http://www.iop.org/EJ/toc/1755-1315/6/4.
10. Solomon, S., Plattner, G.-K., Knutti, R. and P. Friedlingstein, 2009: Irreversible climate change due to carbon dioxide emissions. Proceedings of the National Academy of Sciences 106: 1704-1709.
11. Richter-Menge, J., Overland, M., Svoboda, J., Box, M.J.J.E., Loonen, A., Proshutinsky, V., Romanovsky, D., Russell, C.D., Sawatzky, M., Simpkins, R., Armstrong, I., Ashik, L.-S., Bai, D., Bromwich, J., Cappelen, E., Carmack, J., Comiso, B., Ebbinge, I., Frolov, J.C., Gascard, M., Itoh, G.J., Jia, R., Krishfield, F., McLaughlin, W., Meier, N., Mikkelsen, J., Morison, T., Mote, S., Nghiem, D., Perovich, I., Polyakov, J.D., Reist, B., Rudels, U., Schauer, A., Shiklomanov, K., Shimada, V., Sokolov, M., Steele, M.-L., Timmermans, J., Toole, B., Veenhuis, D., Walker, J., Walsh, M., Wang, A., Weidick, C. and Zöckler, 2008: Arctic Report Card 2008, Available online at: http://www.arctic.noaa.gov/reportcard.

72. Smith, P., Martino, D., Cai, Z., Gwary, D., Janzen, H.H., Kumar, P., McCarl, B., Ogle, S., O'Mara, F., Rice, C., Scholes, R.J., Sirotenko, O., Howden, M., McAllister, T., Pan, G., Romanenkov, V., Schneider, U. and S. Towprayoon, 2007: Policy and technological constraints to implementation of greenhouse gas mitigation options in agriculture. Agriculture, Ecosystems & Environment 118: 6-28
73. Shapouri, H., Duffield, J.A., and M.S. Graboski, 1995: Estimating the Net Energy Balance of Corn Ethanol. Agricultural Economic Report, United States Department of Agriculture, Lincoln NE
74. Shapouri, H., Duffield, J.A., and M. Wang, 2002: The Energy Balance of Corn Ethanol: An Update. Agricultural Economic Report, United States Department of Agriculture, Lincoln NE
75. Ulgiati, S., 2001: A comprehensive energy and economic assessment of biofuels: when "green" is not enough. Critical Reviews in Plant Sciences 20 (1): 71.
76. McLaughlin, S.B., and M.E. Walsh, 1998: Evaluating environmental consequences of producing herbaceous crops for bioenergy. Biomass and Bioenergy 14 (1): 317.
77. Kim, S., Dale, B.E. 2005: Life cycle assessment of various cropping systems utilized for producing biofuels: bioethanol and biodiesel. Biomass and Bioenergy 29 (6): 426.
78. Venendaal, R., Jørgensen, U., and C.A. Foster, 1997: European Energy Crops: A synthesis. Biomass and Bioenergy 13 (3), 147.
79. Armstrong, A.P., Baro, J., Dartoy, J., Groves, A.P., Nikkonen, J., and D.J. Rickead, 2002: Energy and greenhouse gas balance of biofuels for europe - an update. CONCAWE, Brussels.
80. Börjesson, P. 2004: Energianalys av drivmedel från spannmål og vall. Lunds Tekniska Högskola, Lund.
81. Bernesson, S. 2004: Life cycle assessment of rapeseed oil, rape methyl ester and ethanol as fuels – a comparison between large- and smallscale production. Swedish University of Agricultural Sciences, Uppsala.
82. Rosenberger, A., Kaul, H.P., Senn, T. and W. Aufhammer, 2001: Improving the energy balance of bioethanol production from winter cereals: the effect of crop production intensity. Applied Energy 68 (1): 51.
83. Elsayed, M.A., Matthews, R., and N.D. Mortimer, 2003: Carbon and energy balances for a range of biofuels options, Hallam University, Sheffield.
84. Bentsen, N.S., and C. Felby, 2009: Energy, feed and land use balance of converting winther wheat to ethanol. Biofuels, bioproducts and biorefining, in review.
85. Olesen, J.E., 2009: Measures to promote both mitigation and adaptation to climate change in agriculture, IOP Conference Series: Earth and Environmental Sciences 6: 242005, available online at: http://www.iop.org/EJ/toc/1755-1315/6/24
86. Smith, M.S., 2009: CSIRO Sustainable Ecosystems, Canberra, Australia (unpublished). Contact information: http://www.csiro.au/people/Mark.Stafford-Smith.html
87. Steffen, W., Burbidge, A., Hughes, L., Kitching, R., Lindenmayer, D., Musgrave, W., Stafford Smith, M. and P. Werner, 2009: Australia's Biodiversity and Climate Change. CSIRO Publishing, in press.
88. Ramankutty, N., Evan, A. T., Monfreda, C. and J. A. Foley, 2008: Farming the planet: 1. Geographic distribution of global agricultural lands in the year 2000, Global Biogeochem. Cycles, 22: GB1003
89. Haberl, H., Erb, K.H., Krausmann, F., Gaube, V., Bondeau, A., Plutzar, C., Gingrich, S., Lucht, W. and M. Fischer-Kowalski, 2007: Quantifying and mapping the human appropriation of net primary production in earth's terrestrial ecosystems. Proceedings of the National Academy of Sciences 104 (31): 12942-12947.
90. Aquastat, 2009: Review of global agricultural water use per country, conclusions, [online] available at http://www.fao.org/nr/water/aquastat/water_use/index6.stm [accessed on 04/06/2009]. Food and Agricultural Organisation of the United Nations
91. Kammen, D. M., 2006: The Rise of Renewable Energy, Scientific American (September): 82-91.
92. Fuller, M., Portis, S., and D.M. Kammen, 2009: Towards a low-carbon economy: municipal financing for energy efficiency and solar power, Environment, 51 (1): 22-32.
93. Daniell, K.A., Mdnez Costa, M.A., Ferrand, N., Vassileva, M., Aix, F., Coad, P. and I. S. Ribarova, 2009: Aiding multi-level decision-making processes for climate change mitigation and adaptation, IOP Conference Series: Earth and Environmental Sciences 6: 392006, available online at http://www.iop.org/EJ/toc/1755-1315/6/39
94. Forstater, M., Oelschlaegel, J., Monaghan, P., Knight, A., Shah, M., Pedersen, B., Upchurch, L., and P. Bala-Miller, 2007: What assures Consumers on Climate Change?, Research report. Available online at: http://www.accountability21.net/publications.aspx?id=1090. AccountAbility, Bejing, Geneva, London, Sao Paolo and Washington DC
95. Butler, C. and N. Pidgeon, 2009: Climate Risk Perceptions and local experiences at the 2007 summer flooding: Opportunities or obstacles to change?, IOP Conference Series: Earth and Environmental Sciences 6: 262008, available online at: http://www.iop.org/EJ/toc/1755-1315/6/26.
96. Read P., 2006: Carbon Cycle Management with Biotic Fixation and Long.Term Sinks, In: Schellnhuber, H. J., Cramer, W., Nakicenovic, N., Wigley, T., and G. Yohe (Eds.). Avoiding Dangerous Climate Change, Cambridge University Press, Cambridge, p. 373-378
97. WBGU, 2009: Politikberatung zum Globalen Wandel, [online] available at http://www.wbgu.de/ [accessed on 04/06/2009]
98. Müller, C., Bondeau, A., Lotze-Campen, H., Cramer, W., and W. Lucht, 2006: Comparative impact of climatic and nonclimatic factors on global terrestrial carbon and water cycles, Global Biogeochemical Cycles 20: GB4015, doi:10.1029/2006GB002742
99. Banaszak,I., Matczak, P. and A. Chorynski, 2009: The role of shared mental models for adaptation policies to climate change, IOP Conference Series: Earth and Environmental Sciences 6: 392001, available online at: http://www.iop.org/EJ/toc/1755-1315/6/39
100. Rockström, J., Steffen, W., Noone, K., Persson, Å., Chapin, S., Lambin, E.F., Lenton, T.M., Scheffer, M., Folke, C., Schellnhuber, J., Nykvist, B., de Wit, C.A., Hughes, T., van der Leeuw, S., Rodhe, H., Sörlin, S., Snyder, P.K., Costanza, R., Svedin, U., Falkenmark, M., Karlberg, L., Corell, R.W., Fabry, V.J., Hansen, J., Liverman, D., Richardson, K., Crutzen, P. and J. Foley, 2009: Planetary boundaries: Exploring the safe operating space for humanity. Nature, in press.
101. Lynch, A., 2009: Plenary presentation at the International Scientific Congress on Climate Change 2009. Available online at: http://climatecongress.ku.dk/presentations/congresspresentations/

تم زيارة جميع الروابط التشعبية في يونيو/حزيران 2009

44. Brauch, H.G., 2009: Climate change impacts on migration: Conflict and cooperation in the Mediterranean, IOP Conference Series: Earth and Environmental Sciences 6: 562004, available online at: http://www.iop.org/EJ/toc/1755-1315/6/56.
45. Wright, S., 2009: Emerging military responses to climate change – the new technopolitics of exclusion, IOP Conference Series: Earth and Environmental Sciences 6: 562001, available online at:http://www.iop.org/EJ/toc/1755-1315/6/56.
46. Wright, S., 2009: Climate Change & The New Techno-Politics of Border Exlusion & Zone Denial, presentation at Climate/Security, conference organised by Centre for Advanced Security Theory, Copenhagen, on March 9, 2009; http://cast.ku.dk/events/cast_conferences/climatesecurity/wrightcopenhagenpaper.doc/
47. Trombetta, J., 2009: The meaning and function of European discourses on climate security, IOP Conference Series: Earth and Environmental Sciences 6: 562009, available online at http://www.iop.org/EJ/toc/1755-1315/6/56.
48. IPCC, 2007: Summary for Policymakers. In: Climate Change 2007: Mitigation. Contribution of Working Group III to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [B. Metz, O.R. Davidson, P.R. Bosch, R. Dave, L.A. Meyer (eds)], Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA.
49. Ürge-Vorsatz, D., Koeppel, S, and S. Mirasgedis 2007: An appraisal of policy instruments for reducing buildings CO2 emissions. Building Research and Information 35(4): 458 – 477.
50. Expert Group on Energy Efficiency 2007. Jochem, E., Dadi, Z., Bashmakov, I., Chandler, W., Farinelli, U., Halpeth, M. K., Jollands, N., Kaiser, T., Laitner, J. S., Levine, M., Moisan, F., Moss, R., Park, H.-C., Platonova-Oquab, A., Schaeffer, R., Sathaye, J., Siegel, J., Urge-Vorsatz, D., Usher, E., Yanjia, W. and E. Worrell: Realizing the Potential of Energy Efficiency: Targets, Policies, and Measures for G8 Countries. United Nations Foundation Expert Report. Washington, DC., United Nations Foundation: 72 pp. Available at http://www.unfoundation.org/files/pdf/2007/Realizing_the_Potential_Energy_Efficiency_full.pdf
51. Schaeffer, M., Kram, T., Meinshausen, M., van Vuuren, D.P., and W.L. Hare, 2008: Near-linear cost increase to reduce climate-change risk. Proceedings of the National Academy of Sciences 105: 20621-20626.
52. Van Vuuren, D.P., de Vries, B., Beusen, A. and P.S.C. Heuberger, 2008. Conditional probabilistic estimates of 21st century greenhouse gas emissions based on the storylines of the IPCC-SRES scenarios. Global Environmental Change 18: 635-654.
53. Biermann, F., 2009: Earth system governance. Outline of a research programme, IOP Conference Series: Earth and Environmental Sciences 6: 482001, available online at: http://www.iop.org/EJ/toc/1755-1315/6/48
54. Matthews, H.D. and K. Caldeira, 2008: Stabilizing Climate requires near-zero emissions. Geophysical Research Letters 35 (4): L04705
55. Nakicenovic, N., 2009: Plenary presentation at the International Scientific Congress on Climate Change 2009. Available online at: http://climatecongress.ku.dk/presentations/congresspresentations/
56. Knopf, B., Edenhofer, O., Barker, T., Baumstark, L., Kitous, L., Kypreos, S., Leimbach, M., Magne, B., Scrieciu, S.and H. Turton, 2009: Low stabilization pathways: Economic and technical feasibility, IOP Conference Series: Earth and Environmental Sciences 6: 272002, available online at: http://www.iop.org/EJ/toc/1755-1315/6/27
57. Kammen, D., 2009: Plenary presentation at the International Scientific Congress on Climate Change 2009. Available online at: http://climatecongress.ku.dk/presentations/congresspresentations/
58. Knopf, B., Edenhofer, O., Barker, T.,Bauer, N., Baumstark, L., Chateau, B., Criqui, P., Held, A., Isaac, M., Jakob, M., Jochem, E., Kitous, A., Kypreos, S., Leimbach, M., Magné, B., Mima, S., Schade, W., Scrieciu, S. Turton, H. and D. van Vuuren, 2009: The economics of low stabilisation: implications for technological change and policy. In M. Hulme and H. Neufeldt (Eds) Making climate change work for us - ADAM synthesis book, Cambridge University Press, in press.
59. Meinshausen, M., 2006: What does a 2°C target mean for greenhouse gas concentrations? - A brief analysis based on multi-gas emission pathways and several climate sensitivity uncertainty estimates. In: Schellnhuber, J. S. , Cramer, W. , Nakicenovic, N. , Wigley T. M. L. and G. Yohe. Avoiding Dangerous Climate Change. Cambridge, Cambridge University Press.
60. Edenhofer, O., B. Knopf, M. Leimbach, N. Bauer (Eds), 2009: The Economics of Low Stabilization, The Energy Journal (Special Issue), forthcoming
61. Keith, D., 2009: Climate engineering as risk management, IOP Conference Series: Earth and Environmental Sciences 6: 452002, available online at: http://www.iop.org/EJ/toc/1755-1315/6/45
62. Liverman, D., 2009: Plenary presentation at the International Scientific Congress on Climate Change 2009. Available online at: http://climatecongress.ku.dk/presentations/congresspresentations/
63. Schellnhuber, J., 2009: Plenary presentation at the International Scientific Congress on Climate Change 2009. Available online at: http://climatecongress.ku.dk/presentations/congresspresentations/
64. Lobell, D.B., Burke, M.B., Tebaldi, C., Mastrandrea, M.D., Falcon, W.P. and R.L Naylor, 2008: Prioritizing Climate Change Adaptation Needs for Food Security in 2030. Science 319 (5863): 607-610
65. ESSP Global Environmental Change and Food Systems project, 2009: Global Environmental Change and Food Systems [online], available at www.gecafs.org [access date 04/06/2009]
66. UNDP, 2007: Human Development Report 2007/2008. Combatendo as Mudanças Climáticas: Human solidarity in a divided world. United Nations, New York.
67. Reid, W.V., Mooney, H.A., Cropper, A., Capistrano, D., Carpenter, S.R., Chopra, K., Dasgupta, P., Dietz, T., Duraiappah, A.K., Hassan, R., Kasperson, R., Leemans, R., May, R.M., McMichael, A.J., Pingali, P., Samper, C., Scholes, R., Watson, R.T., Zakri, A.H., Shidong, Z., Ash, N.J., Bennett, E., Kumar, P., Lee, M.J., Raudsepp-Hearne, C., Simons, H., Thonell, J. and M.B. Zurek, 2005: Millennium Ecosystem Assessment Synthesis report. Island Press, Washington DC.
68. Munasinghe, M. 2009: Sustainable Development in Practice: Sustainomics Framework and Applications, Cambridge University Press, London, UK, Chap.5.
69. Kammen, D., 2009: Figure from plenary presentation at the International Scientific Congress on Climate Change 2009. Available online at: http://climatecongress.ku.dk/presentations/congresspresentations/. Figure based on Duke and Kammen 1999; Nemet and Kammen 2007; historical data from Navigant (2007).
70. Loreau, M., Naeem, S., Inchausti, P., Bengtsson, J., Grime, J.P., Hector, A., Hooper, D.U., Huston, M.A., Raffaelli, D., Schmid, B., Tilman, D., and D.A. Wardle, 2001: Biodiversity and ecosystem functioning: Current knowledge and future challenges. Science 294: 804-808
71. Busch, J., Strassburg, B., Cattaneo, A., Lubowski, R., Boltz, F., Ashton, R., Bruner, A., Creed, A., Obersteiner, M. and R. Rice, 2009: Collaborative modelling initiative on REDD economics, IOP Conference Series: Earth and Environmental Sciences 6: 252019, available online at: http://www.iop.org/EJ/toc/1755-1315/6/25

اللجنة العلمية التوجيهية

Professor Katherine Richardson (رئيس),
University of Copenhagen

University of Copenhagen

Professor Inez Fung,
University of California – Berkeley

Professor Daniel M. Kammen,
University of California, Berkeley

Dr. F. Michael Saunders,
National University of Singapore

Professor Akimasa Sumi,
The University of Tokyo

Professor Kazuhiko Takeuchi,
The University of Tokyo

Mr. Keisuke Hanaki,
The University of Tokyo

Professor Will Steffen,
Australian National University

Dr. Frank Jotzo,
Australian National University

Professor Nina Buchmann,
ETH Zürich

Professor Christoph Schär,
ETH Zürich

Professor Daniel Esty,
Yale University

Professor Diana Liverman,
University of Oxford

Professor Lu,
Peking University

Dr. Terry Barker,
University of Cambridge

Professor Dr. Rik Leemans,
Wageningen University (مراقب)

Professor Hans Joachim Schellnhuber,
Director of the Potsdam Institute for Climate Impact Research and
Visiting Professor at University of Oxford (مراقب)

المراجعون

(بالترتيب الأبجدي)

Professor Annela Anger,
Cambridge Centre for Climate Change Mitigation Research (4CMR), University of Cambridge

Professor Rob Bailis,
Yale School of Forestry & Environmental Studies, Yale University

Professor Dennis Baldocchi,
Department of Environmental Science, Policy and Management, University of California, Berkeley

Professor C.T. Arthur Chen,
Institute of Marine Geology and Chemistry, National Sun Yat-sen University, Taiwan

Professor Lynn Dicks,
Cambridge Centre for Climate Change Mitigation Research (4CMR), University of Cambridge

Professor John Harte,
Department of Environmental Science, Policy & Management, University of California, Berkeley

Professor Kirsten Hastrup,
Department of Anthropology, University of Copenhagen

Professor Andrew Hector,
Institute of Environmental Sciences University of Zürich

Dr. Frank Jotzo,
Climate Change Institute, Australian National University

Professor Eigil Kaas,
Niels Bohr Institute, University of Copenhagen

Professor Anne Larigauderie,
Executive Director of Diversitas

Professor Katherine Law,
IPSL Service, Aéronomie Boite 102, Université Pierre et Marie Curie

Professor Harold A. Mooney,
Department of Biological Sciences, Stanford University

Professor Karsten Neuhoff,
Faculty of Economics, University of Cambridge

Professor Anand Patwardhan,
S J Mehta School of Management, Indian Institute of Technology, Powai, India

Professor Navin Ramankutty,
Department of Geography & Earth System Science Program,
McGill University

Professor Matthias Roth,
Department of Geography, National University of Singapore

Professor Serban Scrieciu,
Cambridge Centre for Climate Change Mitigation Research (4CMR), University of Cambridge

Executive Director Sybil Seitzinger,
The International Geosphere-Biosphere Programme (IGBP) Secretariat

Professor Frank Sejersen,
Department of Cross-Cultural and Regional Studies,
University of Copenhagen

Dr. Mark Stafford Smith,
CSIRO Sustainable Ecosystems & Desert Knowledge CRC, IHDP

Dr. Olga Solomina,
Department of Glaciology, Institute of Geography, Russian Academy of Sciences

Professor Liya Yu,
Division of Environmental Science and Engineering,
National University of Singapore

Professor Dr. Tong Zhu,
College of Environmental Sciences and Engineering, Peking University

يتقدم فريق التأليف بالشكر إلى مكتب المناخ بجامعة كوبنهاغن, و Dr. Dorthe Hedensted Lund و Dr. Katrine Hahn Kristensen، و Professor Ole John Nielsen، جامعة كوبنهاغن، و Veronika Huber، معهد بوتسدام لأبحاث الآثار المناخية على ما قدموه من مساعدة في إعداد هذا التقرير التجميعي.